

**SIMULACION HIDROLOGICA EN UNA CUENCA HIDROGRAFICA AGRICOLA
CASO QUEBRADA GUARICO-ESTADO LARA-VENEZUELA**

por
Eugenio Rojo Aparicio

www.bdigitalula.ve
Tesis para Optar al Grado de Magister Scientiae en Recursos Hidráulicos

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida - Venezuela
2000

INDICE

LISTA DE TABLAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE SIMBOLOS.....	ix
RESUMEN.....	xv
Capítulo	
I. EI PROBLEMA	1
Antecedentes.....	1
Justificación e importancia.....	2
Objetivos.....	3
II MARCO TEORICO	5
Antecedentes.....	5
Base Teórica.....	9
El modelo.....	9
Componente Hidrológico.....	10
Escurrentía.....	11
Caudal Pico.....	12
Percolación.....	15
Evapotranspiración.....	17
Componente Clima.....	18
Componente Producción de Sedimentos.....	18
Datos de Entrada.....	20
III METODOLOGIA	21
Naturaleza de la investigación.....	21
Area de estudio.....	21
Procedimiento.....	21
Revisión de la literatura.....	21
Planteamiento de los escenarios de uso agrícola.....	21
Escenario 1.....	21
Escenario 2.....	22
Aplicación del Modelo.....	25
Variables.....	25
Generales.....	25
Climáticas Generales.....	25
Temperatura.....	26
Precipitación.....	26
Cuenca.....	26

	Subcuenca.....	26
	Tránsito de sedimentos.....	27
	Suelo.....	27
	Cultivo.....	27
	Implementación del modelo.....	28
	Componentes Climáticos.....	28
	Componentes de la Cuenca.....	33
	Componentes de las subcuencas.....	33
	Componentes del Suelo.....	35
	Componentes del Cultivo.....	36
	Técnica de análisis.....	37
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
	Conclusiones.....	47
	Recomendaciones.....	48
	BIBLIOGRAFIA.....	49

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE TABLAS

Tabla	Pág.
1 Zonas de vida en la Cuenca Guarico.....	6
2 Riesgo de erosión actual (t/ha/año).....	8
3 Valores del factor de entrega.....	8
4 Escenario 1. Uso Actual. Situación Actual de Desarrollo Agrícola.....	22
5 Escenario 2. Uso Propuesto. Aptitud de Uso de las Tierras.....	25
6 Area de subcuencas.....	28
7 Factor de corrección de la lluvia P2.	28
8 Radiación solar. Promedio diario mensuales OBSL(i) en Ly.....	32
9 Lluvias máximas mensuales de duración > 0,5 horas, WI(i) en mm. Lapso 1980 – 1997	32
10 Probabilidad de ocurrencia y valores estadísticos de lluvias diarias por mes. Lapso 1987-1997.....	33
11 Temperatura diaria máxima promedio OBMX(i), mínima OBMN(i) y coeficiente de variación CVT(i) en mm.	33
12 Variables de la cuenca.....	33
13 Curvas Número de escorrentía para complejos hidrológicos suelo-cobertura (CN) según escenario.....	34
14 Variables del cauce.....	34
15 Longitud y pendiente de las vertientes.....	34
16 Factor prácticas de conservación de suelos. P.....	35
17 Variables del suelo.	35



18	Factor de cultivo o vegetación. Factor de erosión C.....	36
19	Variables de las subcuencas.....	36
20	Escenario 1. Uso Actual.....	39
21	Escenario 2. Uso Propuesto.....	40
22	Valores de variables.....	40
23	Variables de salida.....	41
24	Escenario 1. Escurrimiento promedio mensual.....	42
25	Escenario 2. Escurrimiento promedio mensual.....	43
26	Escurrimiento promedio mensual por escenario (mm).....	43
27	Escenario 1. Producción de sedimentos (T/ha/año).....	44
28	Escenario 2. Producción de sedimentos (T/ha/año).....	44
29	Producción anual de sedimentos por escenario (T/ha/año).....	45

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Figura 1. Escenario 1. Situación Actual de Desarrollo Agrícola.....	23
2	Figura 2. Escenario 2. Uso Propuesto. Aptitud de Uso de las Tierras.....	24
3	Figura 3. Cuenca Guarico.....	29
4	Figura 4. Subcuencas Guarico.....	30
5	Figura 5. Isoyetas. Cuenca Guarico.....	31

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo

α	:	Fracción de la lluvia diaria que ocurre durante el tiempo de concentración
λ	:	Pendiente media a lo largo de la superficie
"n"	:	Coefficiente de rugosidad de Manning
"n"	:	Coefficiente de rugosidad de Manning para superficie
δ	:	Pendiente de la curva de presión de saturación de vapor
γ	:	Constante psicrométrica
Δt	:	Intervalo de tiempo
A	:	Area de drenaje
BFF	:	Factor del caudal base
BLAI(i)	:	Máximo índice de área foliar de la vegetación
BRT	:	Tiempo de retardo del flujo sub-superficial
C	:	Coefficiente de escorrentía
CHC(i)	:	Factor de erosión C de la USLE, aplicado al segmento de cauce
CHD(i)	:	Profundidad promedio del cauce principal
CH_i	:	Conductividad hidráulica
CHK(i)	:	Conductividad hidráulica del aluvión del cauce.
CHL	:	Longitud del cauce principal
CHN	:	n de Manning para el cauce
CHS	:	Pendiente media del cauce principal.
CHW	:	Ancho promedio del cauce principal.
CHXK	:	Factor de erosión K de la USLE, aplicado al segmento de cauce.
CLA	:	Contenido de arcilla en cada estrato del suelo
CN2	:	Número de curva, condición II de humedad antecedente
CNH _j (i)	:	CN2 de acuerdo a la cosecha
CSS(i)	:	Concentración de sedimento en el flujo sub-superficial
CV	:	Cobertura del suelo (biomasa + residuos)
CVM	:	Mínimo valor de C
CVM	:	Valor anual promedio del factor C de la USLE
CVT	:	Coefficiente de variación de temperatura mensual
D	:	Profundidad del flujo

Símbolo

DA	:	Area de la cuenca
Dt	:	Intervalo de tiempo
DUR	:	Duración de la lluvia en horas calculada por la relación
ECP	:	Factor P de erosión de la USLE
EK	:	Factor de erosión K de la USLE
E _o	:	Evaporación potencial
E _p	:	Evaporación de las plantas
ET	:	Evapotranspiración diaria
FC	:	Contenido de humedad a capacidad de campo (33 Kpa)
Fci	:	Capacidad de campo para el estrato i
FFC	:	Humedad inicial en el suelo
FLU	:	Fracción de área
ha	:	Hectáreas
h _o	:	Radiación solar neta
HV	:	Calor latente de vaporización
I	:	Intensidad de precipitación de la lluvia en el tiempo de concentración
IDA	:	Día de plantación
IDAF	:	Día en que se inicia la simulación
IDAL	:	Último día de simulación
IDH	:	Día de cosecha
IGN	:	Número aleatorio que indica cuando comienza la simulación
IGRAF	:	Código gráfico
IPD	:	Código de impresión
IRAIN	:	Código que imprime los valores de lluvia generados y medidos
IRD	:	Tipo de vegetación
IRES	:	Código de simulación de embalse
IRESQ	:	Lee datos calidad de agua en reservorio
ISST	:	Código que permite acumular volúmenes de sedimentos mensual
ITEMP	:	Código que imprime los valores de temperatura
ITIL	:	Tipo de labranza
IWST	:	Código que permite acumular volúmenes de agua mensual
IYR	:	Año inicial
K	:	Factor de erosionabilidad del suelo

Símbolo

Km	:	Kilómetros
Km ²	:	Kilómetros cuadrados
Kpa	:	Kilo Pascal
L	:	Longitud del cauce
LAI	:	Índice del área foliar
L _c	:	Longitud media del cauce
L _{ca}	:	Distancia desde el punto más alejado del cauce hasta el centroide
LS	:	Factor de longitud y pendiente
LU	:	Número de divisiones de la cuenca
M	:	Metro
m m ⁻¹	:	Metro cada metro
m ³ s ⁻¹	:	Metros cúbicos por segundo
Mm	:	Milímetros
mm h ⁻¹	:	Milímetros por hora
MO	:	Mes de plantación
MOH	:	Mes de cosecha
MSIM	:	Código de los datos diarios de temperatura, máxima
NBYR	:	Número de años de simulación
NCR	:	Número de cultivos en rotación
NS	:	Número de horizontes para cada suelo
NSIM	:	Código de los datos de lluvia
O	:	Tasa de percolación
OBMN	:	Temperatura mensual promedio mínima
OBMX	:	Temperatura mensual promedio máxima
OBSL	:	Valores mensuales de radiación solar diaria promedio
OVN	:	n de Manning para escurrimiento en laderas
P	:	Percolación diaria
P2	:	Factor de corrección de datos de precipitación
PE	:	Factor de prácticas de control de erosión
POFC	:	Parámetro de retención que relaciona la porosidad y la capacidad de campo
PO _m	:	Porosidad en el estrato de suelo
POR	:	Densidad aparente

Símbolo

PRD	:	Probabilidad mensual de un día de lluvia después de un día seco
PRW	:	Probabilidad mensual de un día de lluvia después de un día de lluvia
Q	:	Escorrentía superficial diaria
Q_c	:	Caudal promedio en el cauce
q_c	:	Caudal medio por cada hectárea de cuenca
Qlat	:	Flujo lateral
Q_o	:	Caudal medio
q_p	:	Caudal pico
QR	:	Flujo de retorno diario
Q_r	:	Caudal lateral para el estrato
R	:	Precipitación diaria
RMN	:	Lluvia media diaria para el mes
RSK	:	Coefficiente de asimetría, para cada mes del año
RST	:	Desviación estandar diaria para el mes
RT	:	Tiempo que tarda el flujo sub-superficial en salir de la subcuenca
R_{tc}	:	Precipitación en el tiempo de concentración de la cuenca
S	:	Parámetro de infiltración o retención
S_1, S_3	:	Retención máxima y mínima
SALB	:	Albedo del suelo
SC	:	Conductividad hidráulica saturada del horizonte
SIL	:	Pasante 200
SL	:	Longitud promedio de las vertientes
STP	:	Pendiente promedio de las vertientes
SW	:	Contenido de humedad en la zona radical
SW_o	:	Contenido de agua en el suelo al inicio del día
T	:	Tiempo en días
t	:	Intervalo de tiempo
$T^{\circ}c$:	Temperatura media diaria al aire
T4(i)	:	Agua útil disponible
T_c	:	Tiempo de concentración
TP24	:	Número de años con lluvias máximas mensuales de 0.5 horas
TP5	:	Lluvias máximas de 0.5 horas de duración y frecuencia 10 años.

Símbolo

TP6	:	Lluvias máximas de 6 horas de duración y frecuencia 10 años
TT	:	Tiempo de viaje por el estrato
TTR	:	Tiempo de viaje del flujo lateral
V	:	Volumen de escorrentía superficial para la subcuenca
V _C	:	Velocidad media del flujo en el cauce
V _S	:	Velocidad de flujo en superficie
WI	:	Lluvia máxima de 0.5 horas de duración
WLV	:	Días de lluvias en el mes
WP	:	Contenido de humedad en punto permanente de marchitez (1500 Kpa)
XIJ	:	Coordenada X del centroide de la subcuenca
Y	:	Producción de sedimentos de la subcuenca
YIJ	:	Coordenada Y del centroide de la subcuenca i
YLT	:	Latitud de la cuenca en grados
Z	:	Profundidad del horizonte del suelo

www.bdigital.ula.ve

RESUMEN

En el presente trabajo se aplicó el modelo de simulación hidrológica, *Simulator for Water Resources in Rural Basins, SWRRB*, en su versión para sistema operativo MS-DOS a la cuenca de la Quebrada Guarico, para predecir la respuesta hidrológica en términos de producción de agua y sedimentos para dos escenarios de uso agrícola; el primero corresponde al uso actual de la tierra y el segundo a la proposición de uso en función de la metodología propuesta por la FAO. Para el primer escenario se delimitaron diez unidades de uso, mientras que para el segundo nueve.

Para procesar el modelo, la cuenca se dividió en tres subcuencas. Los resultados obtenidos muestran los beneficios de aplicar el escenario de Uso Propuesto,

El escenario propuesto muestra una serie de ventajas cualitativas y cuantitativas respecto al uso actual. El modelo predice de manera cuantitativa la respuesta hidrológica respecto a producción de agua y sedimentos para ambos escenarios y al comparar los resultados permite mostrar en forma relativa las ventajas de un escenario respecto al otro, en referencia a los procesos hidrológicos analizados.

Para los factores hidrológicos analizados, el escenario de Uso Propuesto permite una reducción del 50% en el valor del caudal máximo, 23% del escurrimiento superficial, el coeficiente de escurrimiento disminuye de 8,06% a 6,22 % y la producción de sedimentos se reduce en un 41%.

La cuenca de la quebrada Guarico presenta una clase de riesgo de erosión actual muy bajo, según los valores de producción de sedimentos reportados por el modelo para ambos escenarios.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Antecedentes

En la búsqueda permanente de beneficios o simplemente por supervivencia, el hombre interviene en forma dinámica los ecosistemas. La mayoría de las veces estas intervenciones generan respuestas con frecuencia irreversibles, las cuales se reflejan en el deterioro de la calidad ambiental.

En 1983, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, publicó estimaciones entre 50.000 a 70.000 km² de pérdidas a nivel mundial de las áreas cultivadas, debido a la degradación del suelo, para el año 2.000 la Organización predice una cifra de 100.000 km². Si se asume confiables estas estimaciones, los organismos o personas responsables de la toma de decisiones deberían desarrollar sistemas de manejo que permitan, por una parte, restaurar los ecosistemas alterados y por otra preservar los presentes, para así, garantizar la productividad y sustentabilidad de la tierra existente.

Las cuencas hidrográficas y en especial las de zona altas son ecosistemas abiertos, su manejo es importante, no sólo por la protección de los recursos naturales existentes, sino porque, a partir de su análisis, se pueden preservar otras áreas que reciben los beneficios de la cuenca.

Cuando el hombre interviene en una cuenca propicia cambios ambientales, entre otros: desmejora la capacidad actual y potencial del suelo para producir, modifica la disponibilidad del agua en el tiempo y propicia el desbordamiento de los cauces. Es importante predecir las respuestas que se generan como consecuencia de esas intervenciones, analizar su comportamiento evitaría procesos que afectarían la calidad del suelo, como el proceso de erosión.

Las técnicas empleadas para estimar las pérdidas de suelos se han desarrollado en la medida que se han ido agravando los problemas. Las primeras estimaciones fueron hechas en forma de ecuaciones, usando variables independientes simples y eran aplicables sólo a la situación y condición para la cual habían sido creadas. Más tarde se desarrollaron ecuaciones múltiples, donde intervienen más variables. La ecuación universal de pérdida de suelo, USLE, desarrollada por Wischmeier y Smith es ampliamente utilizada por los técnicos y planificadores de tierras, a los fines de estimar las pérdidas de suelo, en condiciones específicas de precipitación, suelo y topografía, para así, seleccionar alternativas de uso y manejo que garanticen no sobrepasar las pérdidas de suelo permitidas, para mantener la productividad del suelo.

Con el advenimiento de las procesadoras electrónicas se han desarrollado una serie de modelos que simulan la respuesta de una cuenca al estímulo de una serie de factores.

Existen modelos que permiten calcular la producción de sedimentos en suspensión a la salida de la cuenca basados en la ecuación universal de pérdidas de suelo modificada MUSLE, presentada por Williams en 1975 y citado por Williams y Berndt (1977) entre ellos se encuentran el EPIC, *Erosión Productivity Impact calculator*, el CREAMS, *Chemicals, Runoff, and Erosion*

From Agricultural Management Systems, modelo hidrológico que se apoya en los datos de lluvia diaria, la técnica de la curva número y los modelos de evapotranspiración y percolación, y el SWRRB, *Simulator for Water Resources in Rural Basins*, el cual es una modificación del CREAMS, para ser usado en cuencas.

En Venezuela, estos modelos matemáticos han sido poco utilizados como instrumentos de trabajo en la planificación de manejo de cuencas, a pesar de constituir una poderosa herramienta para tales fines. Una de las razones que se alude para no aplicar modelos, es la falta de información básica en la mayoría de las cuencas del país, aun cuando existen algunas de ellas que cuentan con un nivel de información suficiente para permitir iniciar la aplicación de esta herramienta.

Los principales factores que afectan la degradación de las tierras agrícolas en Venezuela son señalados por Páez (1989). Ellos son: las altas intensidades de lluvias, la presencia de suelos susceptibles a la erosión, un sistema de producción agrícola intensivo de monocultivos de ciclo corto, la excesiva mecanización y una inadecuada protección de los suelos. En cuencas altas los efectos sobre la degradación del suelo son mayores. En las cuencas altas del estado Lara estos factores están presentes, el proceso de erosión es consecuencia de las condiciones propias del clima, las actividades antrópicas y la fragilidad geomorfológica, lo cual ha permitido la remoción, el transporte y la sedimentación de grandes volúmenes de suelo. Estos problemas se magnifican cuando aguas abajo de la cuenca se encuentran áreas de desarrollo o embalses de almacenamiento de agua.

En el estado Lara, la cuenca alta del río Tocuyo es una de las más importantes; hasta el embalse Dos Cerritos ocupa un área de 917 km², es tributaria directa del embalse, principal abastecedor de agua para consumo humano de Barquisimeto, El Tocuyo, Quíbor y Bobare, todos centros poblados del estado.

La cuenca de la quebrada Guarico es una de las principales subcuencas del río Tocuyo, ocupa el 9.32 % del área total, y es abastecedora directa del embalse. En ella se desarrolla una actividad agrícola de importancia local, el uso de la tierra y la erosión constituyen uno de los principales problemas presentes. El proceso de erosión es predominante y generalizado, debido en gran medida a las actividades antrópicas presentes, las cuales generan conflictos con la capacidad de uso de los suelos y constituyen un área crítica.

Determinar para diferentes escenarios de uso agrícola, los variados procesos que tienen lugar en ella y en especial los relativos a caudales máximos y la producción de agua y sedimentos, permitirá a partir del conocimiento de los fenómenos involucrados, realizar una planificación que derive en una serie de beneficios, producto de las políticas de conservación y manejo que puedan plantearse al respecto.

Justificación e Importancia

Ordenar una cuenca hidrográfica requiere de la formulación y ejecución de una serie de acciones, donde se incluyen el manejo de los recursos propios de la cuenca para obtener beneficios y servicios, sin afectar negativamente los recursos suelos y aguas.

Gran cantidad de países en desarrollo dedican inmensa cantidad de recursos a la ordenación de las cuencas hidrográficas en zonas altas. Sin embargo, para muchos de ellos, la naturaleza y magnitud del problema de la degradación de la cuenca, acompañado de la escasez de recursos, impone soluciones integrales a mediano y largo plazo. El estudio y la planificación adecuada y precisa es el principio fundamental para la ejecución con éxito de cualquier esfuerzo que se haga en ese sentido. (FAO,1992).

Venezuela estuvo enmarcada dentro del Programa de Conservación y Manejo de Cuencas promovido por el Banco Interamericano de Desarrollo, BID. Entre los componentes básicos del Programa se encontraba la conservación de los suelos, lo cual involucra la promoción de un conjunto de medidas y acciones para el manejo, conservación y control de los procesos de erosión. La cuenca alta del río Tocuyo fue uno de esos programas.

Predecir razonablemente los picos máximos de las crecientes, las variaciones temporales de producción de agua y sedimentos en cuencas con bajos niveles de información, constituye una herramienta de primera mano para las decisiones del planificador, máximo si esas predicciones son consecuencia de los efectos de diferentes escenarios de uso, propio del desarrollo de cuencas agrícolas con expansión urbana e industrial.

El presente trabajo aporta una contribución al conocimiento de esos problemas. El modelo hidrológico, SWRRB, permite simular el comportamiento de cuencas para predecir la producción de agua y de sedimentos, así como los efectos que genera la ubicación de pequeños reservorios de agua, lagunas, o embalses; puede simular la lluvia, la radiación solar y la temperatura, para largos períodos de tiempo, y estimar la variación anual del desarrollo de los cultivos.

A partir de los resultados se pueden establecer las acciones que conlleven a disminuir la tasa de erosión para así permitir el aprovechamiento sostenible de los recursos suelo y agua. La simulación hidrológica mediante el modelo SWRRB en la cuenca de la quebrada Guarico, permitirá predecir y cuantificar los efectos que sobre la erosión provocan diferentes prácticas de manejo y conservación de cuencas.

Objetivos

1. Determinar la respuesta hidrológica de la cuenca de la quebrada Guarico, a partir del modelo matemático de simulación hidrológica, *Simulator for Water Resources in Rural Basins SWRRB*, ante dos escenarios de uso agrícola: Uso Actual de la Tierra y Uso Propuesto bajo el esquema desarrollado por la FAO.
2. Predecir la producción de agua y sedimentos para los dos escenarios de uso agrícola.
3. Comparar los resultados del modelo para los escenarios seleccionados.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes

Cuenca hidrográfica, según la FAO (1992), es un área delimitada topográficamente, que desagua en un cierto punto mediante un sistema fluvial. Es considerada como una unidad hidrológica, descrita y utilizada como unidad físico-biológica o como unidad socio-económica-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales. De allí la importancia que tiene la protección, mejora y restauración de las cuencas hidrográficas de zonas altas para lograr los objetivos generales del desarrollo.

Así mismo, define la degradación de una cuenca hidrográfica como "la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de tierras y aguas, acompañada de cambios pronunciados en el comportamiento hidrológico de un sistema fluvial, que se traduce en una peor calidad, cantidad y regularidad en el tiempo, del caudal hídrico".

La degradación de los suelos, según Mogollón y Comerma (1994), es el proceso más importante entre los que afectan la degradación de tierras. La degradación incluye el deterioro físico, químico y biológico del suelo, lo que trae como consecuencia una disminución en su capacidad de producir.

Entre los procesos más comunes causantes de esos cambios, la erosión hídrica constituye la primera causa. Gómez y Alarcón (1975), clasifican la erosión hídrica de acuerdo a la forma como el agua actúa sobre el suelo en 3 categorías, a saber: pluvial, por escurrimiento y por remoción en masa.

En la erosión pluvial, la velocidad y energía de las gotas de agua son señaladas como las causantes del desprendimiento y dispersión de las partículas del suelo. Cuando la intensidad de la lluvia es mayor que la capacidad de infiltración del suelo, el agua fluye por la superficie en el sentido de la pendiente más abrupta, ocasionando la erosión por escorrentía, la cual arrastra las partículas de suelo desprendidas. La relación intensidad, duración y frecuencia de la lluvia, aunado a la pendiente determina en gran medida la capacidad de arrastre.

La erosión por escurrimiento considera los efectos de la pendiente y las características del suelo y puede ser difusa, laminar, en surcos, cárcavas regresivas o terrazadas, mientras que la erosión por remoción en masa está representada por los deslizamientos, derrumbes y hundimientos entre otros.

López (1991) destaca los tres principios básicos aplicables para cualquier sitio donde se presenten problemas serios causados por erosión hídrica. Ellos son: (a) la reducción del impacto de las gotas sobre el suelo, (b) la reducción del volumen y velocidad de la escorrentía y (c) el incremento de la resistencia del suelo a la erosión.

El mantener la productividad del suelo, para lograr una producción agrícola sostenida y hacer el uso más eficiente del recurso agua, son los dos objetivos fundamentales de la conservación de los suelos. Páez y Rodríguez (1989), señalan a la erosión hídrica como la causal directa que afecta dichos objetivos.

Hernández (1987) hace referencia a los beneficios de la conservación y manejo de cuencas e indica los efectos que sobre el rendimiento y régimen hídrico de las cuencas altas tiene la cantidad y distribución de la lluvia dentro de ella. Reconoce el papel de la vegetación y en especial del bosque, como elemento regulador del escurrimiento anual y su efecto protector en el control de la erosión, en especial, debido a tormentas individuales y crecidas de respuesta. Entre otros beneficios destaca la reducción de la sedimentación en cauces y embalses por efecto de la erosión y transporte, y además, los efectos que genera sobre la calidad del agua, la conservación de la biodiversidad, el paisaje y el ambiente.

Von Der Osten y Zozaya (1957) y Campos et. al., (1973) realizan estudios en la cuenca alta del río Tocuyo y reportan para la cuenca de la quebrada Guarico que la geología está conformada básicamente por 3 formaciones: al oeste de la cuenca se presenta la formación Morán del Paleoceno constituida por un 75% de lutitas con gruesas capas de areniscas y esporádicos lentes de calizas, al centro de la cuenca se localiza la formación Barquisimeto del Cretáceo conformada por una espesa sección de calizas, lutitas, limolitas, margas lutitas silicias y chert y al este se presenta la formación Volcánica del Cretáceo Inferior donde predominan dos franjas, una calcárea y otra cuarzosa.

El clima y la vegetación de acuerdo con Ewel y Madrid (1968), están representados por 4 zonas de vida, las cuales se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1 Zonas de vida en la cuenca de la quebrada Guarico

Zona de Vida	Precipitación anual (mm.)	Temperatura media (°C)	Relación ETP/P	Características
Bosque seco Premontano (Bs-P)	550 - 1.100	18 - 24	1.0-2.0	Fuertemente intervenida y con serios problemas de erosión en laderas en pendientes. Grandes pérdidas de suelo que se refleja en una aridez pronunciada
Bosque húmedo Premontano (Bh-P)	1.100 - 2.200	18 - 24	0.7-1.0	Favorable para el establecimiento de gran número de cultivos
Bosque húmedo Montano Bajo (Bh-MB)	1.100 - 2.200	12 - 18	0.7-1.0	Favorable para el establecimiento de cultivos con limitación por temperatura
Bosque muy húmedo Premontano (Bmh-P)	+ 2.000	18 - 24	0.25-0.50	Limitación al establecimiento de explotaciones agropecuarias por alta humedad

Salazar y Smith, (1985) hacen referencia a la importancia de los estudios de suelos y vegetación, incluido el grado de intervención, para determinar áreas que por condiciones físicas ameriten tratamientos especiales para evitar o reducir el acarreo de sedimentos hacia el embalse Dos Cerritos, así como detectar el mejor uso de la tierra y la existencia o no de conflictos de uso. De igual manera, señalan las diferentes unidades de vegetación incluyendo el grado de intervención humana.

Gómez y Rodríguez, (1986) realizan una evaluación de la aptitud de uso de las tierras de la cuenca, utiliza el esquema propuesto por la FAO (1976) con algunas modificaciones. Llevan a cabo un análisis del clima, describen y delimitan mediante mapas la erosión actual, basado en la clase y grado de pendiente y delimitan 20 unidades cartográficas o mapas de suelos, con sus

respectivas fases, tomando como parámetros la geología, el clima, el relieve, la erosión y los suelos. A su vez, describen y caracterizan 19 perfiles representativos de la cuenca con sus características físico-químicas.

Los autores, señalan serios problemas de erosión, como consecuencia de una intervención antrópica desordenada, lo que ocasiona el acarreo de grandes volúmenes de sedimentos, que van a depositarse en su mayor parte al embalse Dos Cerritos. Indican que el 72.16 % de los suelos presentan una baja a moderadamente baja resistencia a la erosión, debido al bajo porcentaje de agregación o cuando la pendiente es mayor de 25%. El 27.09 % del área presenta una resistencia a la erosión de alta a moderadamente alta. Para el momento del estudio el 23.28 % del área presenta erosión severa a muy severa, causada principalmente por la escasa cobertura vegetal y uso inadecuado de los suelos, lo que limita el soporte mecánico al acarreo.

Proponen 11 alternativas de uso de la tierra basados en la metodología de la FAO (1976), y en función de la disponibilidad de nutrientes, agua, resistencia a la erosión y posibilidad de uso de implementos agrícolas.

La Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos, COPLANARH (1975), al realizar el inventario nacional de tierras determina dos unidades presentes. Una, formada como consecuencia de las bajas precipitaciones manifiestas en fuertes aguaceros de alta intensidad, el escaso cubrimiento vegetal y los procesos morfogenéticos, tales como el escurrimiento superficial, los cuales han predominado sobre los pedogenéticos trayendo como consecuencia erosión y truncamiento de los suelos. La otra unidad, caracterizada por lo visible de los fenómenos erosivos, fundamentalmente en aquellas áreas que han sido deforestadas y utilizadas para conucos, lo cual ha ocasionado en el tiempo un desmantelamiento progresivo del horizonte superficial del suelo, que no es muy acelerado debido a la condición climática no muy agresiva.

La Comisión Nacional de Reforestación, CONARE, (1982) estima un valor promedio de 1.113,26 t/km²/año para las pérdidas de suelos en la cuenca de la quebrada Guarico, indica que estos valores son muy altos si se comparan con los de un suelo erosionado en grado entre moderado a severo que está en el orden de 700 t/km²/año. Para la cuenca alta del río Tocuyo, Mata (1980), determinó valores anuales promedio de sedimentos en el orden de 145.4 TM/km²/año.

En la cuenca del río Yaracuy, Hermelin y Orée (1990) evalúan los procesos de pérdida de suelos y transporte de sedimentos a nivel de cuenca, señalan que la cuenca presenta intensidades de erosión entre 20 a 50 t/ha/año.

Para el diagnóstico del riesgo de erosión en tierras de cuencas altas Páez (1990) propone el sistema de clasificación por potencial de erosión basado en la ecuación universal de pérdidas de suelo. Calificar algunos factores de la USLE relacionadas con el riesgo y el potencial de erosión hídrica presenta las clases y valores de riesgo de erosión actual los cuales se presentan en la Tabla 2. Los valores de riesgo a la erosión actual representan la pérdida total de suelo removido y es calculada por la ecuación universal de la pérdida de suelo USLE propuesta por Wischmeir y Smith. Todo el suelo erodado necesariamente no sale de la cuenca

ya que la mayoría se deposita o deposiciona a lo largo de cuenca. La relación entre el sedimento que sale de la cuenca y el suelo removido representa el factor de entrega.

Tabla 2 Riesgo de erosión actual (t/ha/año)

	Grado	Riesgo de erosión actual (t/ha/año)
1	Muy bajo	< 12
2	Bajo	12 - 25
3	Moderado bajo	25 - 50
4	Moderado	50 - 100
5	Moderado alto	100 - 150
6	Alto	150 - 200
7	Muy alta	200 - 300
8	Extremadamente alta	>300

Guevara y Cartaya, (1991) presentan valores del factor de entrega para diferentes tamaños de cuenca, los cuales se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3 Valores del factor de entrega

Area (km ²)	Factor de entrega
0,1	0,50
1,0	0,35
2,5	0,30
10	0,25
25	0,18
250	0,10
500	0,08

Para calcular la producción de sedimentos en cuencas, a partir de los años 60, se comienza a desarrollar una gran cantidad de modelos determinísticos de simulación hidrológica. Estos incluyen modelos de simulación de eventos, que pueden modelar un evento único de lluvia-escorrentía y modelos de simulación continua, los cuales incluyen procedimientos para tomar en cuenta el contenido de humedad del suelo con el fin de simular la escorrentía causada por lluvias con intervalo de días u horas a lo largo de grandes períodos de tiempo, (Chow y Maidment 1994).

Estos modelos de simulación hidráulica e hidrológica son programas informáticos especiales, elaborados para la modelización de fenómenos hidráulicos e hidrológicos de carácter torrencial y la conservación de suelos que tienen lugar en cuencas hidrográficas.

La mayoría de los modelos que permiten calcular la producción de sedimentos en suspensión a la salida de la cuenca están basados en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Modificada MUSLE, presentada por Williams, entre ellos se encuentra el EPIC, *Erosión Productivity Impact Calculator*, el CREAMS, *Chemicals, Runoff, and Erosion From Agricultural*

Management Systems, modelo hidrológico que se apoya en los datos de lluvia diaria, la técnica de la curva número y los modelos de evapotranspiración y percolación, pero aplicable a pequeñas áreas y no calcula producción de agua y el SWRRB, *Simulator for Water Resources in Rural Basins*, el cual es una modificación del CREAMS para ser usado a nivel de cuenca.

En Venezuela, el modelo SWRRB fue aplicado por Hermelin (1987) en las cuencas de los ríos Aracay y Mucujún del Estado Mérida a los fines de desarrollar una metodología de planificación, que permita evaluar diferentes alternativas para reducir la producción de sedimentos y permita cuantificar los efectos desde el punto de vista económico de diferentes alternativas. Reporta una alta sensibilidad del modelo a las variaciones de la Curva Número CN, debido a su relación con el tipo y características del suelo y la condición de humedad antecedente, una baja sensibilidad al coeficiente de rugosidad para vertientes.

Arnold et al. (1990), indican que el escurrimiento superficial es función directa del contenido de humedad en el suelo y que todos los componentes hidrológicos que afectan directa o indirectamente a la humedad del suelo afectan el escurrimiento superficial. Para el caudal máximo señalan la poca sensibilidad para los datos de entrada por el componente estocástico presente en su cálculo. Los días de lluvias antecedentes y las lluvias máximas diarias influyen directamente. Con respecto al escurrimiento subsuperficial indican la alta sensibilidad al factor de flujo base.

La producción de sedimentos es calculada como una función del caudal superficial y en especial de los caudales máximos, por tanto es sensible a todos los factores que afecten el flujo superficial. Los sedimentos en las subcuencas son sólo sensibles a los parámetros de la MUSLE. Presenta una relación lineal con el factor de cultivo, la erosionabilidad del suelo, las prácticas de control de la erosión y la pendiente y longitud media de las laderas.

Base Teórica

El Modelo

El SWRRB, es un modelo de cuencas hidrográficas modificado del CREAMS, el cual permite la simulación de recursos hídricos en cuencas rurales y es empleado para predecir el efecto de la ordenación sobre la producción de agua y sedimentos en cuencas rurales sin aforar.

El modelo se apoya en los datos de lluvia diaria, la técnica de la curva número y los modelos de evapotranspiración y percolación. No requiere calibración ya que físicamente está basado en las relaciones del agua en el suelo y está asociado con la técnica de la curva número. Permite simular el comportamiento de subcuencas para predecir el escurrimiento de toda la cuenca. Las divisiones de la cuenca no están limitadas necesariamente por las áreas de drenaje.

Así mismo permite calcular los efectos que sobre la producción de agua y sedimentos tiene la ubicación de pequeños reservorios de agua, lagunas o embalses; simular el clima, lluvia, radiación solar y temperatura, para largos periodos de tiempo; calcular los caudales máximos, estimar las variaciones anuales en el desarrollo de los cultivos y simular el movimiento de los sedimentos.

Para el cálculo de producción de sedimento en la cuenca, SWRRB aplica la *Modified Universal Soil Loss Equation*, MUSLE.

El modelo SWRRB proporciona una serie de opciones para ser usadas, entre ellas: permite dividir la cuenca en un máximo de 10 subcuencas, basado en características del suelo, uso de la tierra, topografía, vegetación y lluvia. Permite leer o generar los valores de precipitación, temperatura y radiación solar. La información de salida puede ser diaria, mensual o anual.

Los procesos involucrados en el modelo básico descrito por Arnold et. al., (1990) son diez: (1) hidrológico, basado en la ecuación de balance de agua, (2) clima, donde se consideran las variables precipitación, temperatura y la radiación solar, (3) tránsito del flujo en el cauce, (4) presencia de reservorios de agua o lagunas y su efecto sobre la producción de agua, (5) producción de sedimentos a partir de la MUSLE, (6) tránsito de sedimentos, (7) cálculo de la temperatura en el suelo (8) producción de los cultivos presentes, (9) efectos de las prácticas de laboreo agrícolas y (10) riego. Presenta una descripción de los componentes básicos del modelo y las relaciones matemáticas usadas para simular los procesos involucrados.

Los componentes principales del modelo SWRRB son tres: hidrológico, clima y producción de sedimentos.

Componente Hidrológico

Basa su cálculo en el balance de agua, analiza la escorrentía, el caudal pico, la percolación y la evapotranspiración. La ecuación del balance de agua está expresada por la ecuación:

$$SW_t = SW + \sum (R_i - Q_i - Et_i - P_i - QR_i) \quad (1)$$

Donde

- SW_t contenido de agua en el suelo en un día cualquiera
- SW contenido de agua en el suelo menos el contenido de agua a 15 atmósferas
- t tiempo en días
- R precipitación diaria en (mm)
- Q escorrentía diaria en (mm)
- ET evapotranspiración diaria en (mm)
- P percolación diaria (mm)
- QR flujo de retorno diario (mm)

El modelo mantiene un balance de agua continuo. En cuencas complejas se puede dividir en subcuencas o subáreas para así reflejar las diferencias en la evapotranspiración de los cultivos, el suelo, el uso de la tierra. Ello permite predecir para cada subárea la escorrentía individual para luego aplicar los conceptos de tránsito a los fines de obtener la escorrentía total de la cuenca.

Escorrentía. El modelo simula los volúmenes de escorrentía superficial y el caudal máximo a partir de los datos de precipitación. El volumen de escorrentía superficial se estima para cada día de lluvia utilizando la técnica del número de curva del SCS, Servicio de Conservación de Suelo de U.S.A. El caudal máximo es calculado mediante la fórmula racional modificada del SCS.

El volumen de la escorrentía superficial se predice para cada día de lluvia utilizando la técnica del número de curva del SCS.

$$Q = (R - 0,2 S)^2 / (R + 0,8 S) \quad R \geq 0,2S \quad (2)$$

$$Q = 0.0 \quad R \leq 0,2S$$

Q escorrentía superficial diaria (mm)

R precipitación diaria en (mm)

S parámetro de infiltración o retención (mm)

El parámetro de retención varía de acuerdo a las características del suelo, uso de la tierra, manejo y pendiente de la cuenca, así como en el tiempo debido a los cambios en el contenido de humedad del suelo. Se relaciona con el número de curva (CN) mediante la ecuación:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (3)$$

La constante 254 permite expresar a S en mm.

El valor de CN toma en consideración: el suelo, su uso y el manejo, para el complejo hidrológico suelo-cobertura con una condición de humedad antecedente II y se expresa como CN₂ que representa el número de curva en condición II de humedad antecedente del SCS.

Las fluctuaciones en el contenido de humedad del suelo hacen que el parámetro de retención cambie, por ello el modelo lo relaciona con otra condición de humedad de acuerdo a la ecuación:

$$S = S_1 \left(1 - \frac{FFC}{FFC + \exp(w_1 - w_2 FFC)} \right) \quad (4)$$

donde

S parámetro de retención (mm).

S₁ asociado a CN₁

FFC contenido de humedad en el suelo menos el contenido de humedad a punto de marchitez (mm)

w₁ w₂ parámetros de forma

FFC calculado por la ecuación

$$FFC = (SW - WP) / (FC - WP) \quad (5)$$

SW contenido de humedad en la zona radical

WP contenido de humedad en punto permanente de marchitez (1500 Kpa)

FC contenido de humedad a capacidad de campo (33 Kpa)

Los valores de w_1 y w_2 se obtienen por solución simultánea en la ecuación (4) suponiendo que $S = S_2$ cuando $FCC = 0,6$ y $S = S_3$ cuando $(SW-FC)/(PO-FC) = 0,5$

Caudal pico. SWRRB permite 2 métodos para estimar el caudal máximo, la Formula Racional modificada y el método TR-55 del SCS. Este último requiere de información básica específica que no está disponible para el país, como lo es, entre otras, las curvas de caudal máximo por unidad de lluvia.

El Método de la Formula Racional modificado puede ser expresado por la relación:

$$q_p = C I A / 360 \quad (6)$$

donde

q_p caudal pico en m^3/s

C coeficiente de escorrentía que expresa las características de infiltración

I intensidad de precipitación de la lluvia en mm/h para el tiempo de concentración

A área de drenaje en ha.

360 factor de conversión por unidades

El coeficiente de escorrentía C se calcula para cada lluvia si se conoce la lluvia y escorrentía que se genera de ella, mediante la relación.

$$C = Q / R \quad (7)$$

C es calculado directamente por el modelo, ya que la precipitación R es un dato de entrada y la escorrentía Q es calculada por el modelo.

La intensidad de la precipitación se expresa por la relación:

$$I = R_{tc} / t_c \quad (8)$$

donde

R_{tc} precipitación en mm que sucede durante el tiempo de concentración de la cuenca

t_c tiempo de concentración en horas

El valor de R_{tc} está asociado con la precipitación total diaria (R). Existen tablas, ecuaciones y/o gráficas que relacionan los valores de lluvia para diferentes duraciones y

frecuencias. Generalmente R_{t_c} y R_{24} (Precipitación de 24 horas) son proporcionales para varias frecuencias. Entonces R_{t_c} puede expresarse en función de R_{24} mediante la relación

$$R_{t_c} = \alpha R_{24} \quad (9)$$

α es un parámetro adimensional que expresa la fracción de la lluvia diaria que ocurre durante el t_c

El caudal máximo q_p se obtiene sustituyendo las ecuaciones 10, 11 y 12 en la ecuación 9

$$q_p = \alpha Q A / 360 t_c \quad (10)$$

El tiempo de concentración se calcula como la suma del tiempo de concentración en la superficie t_{CS} más el tiempo de concentración en el cauce t_{CC}

$$t_c = t_{CC} + t_{CS} \quad (11)$$

A su vez el t_{CC} es calculado mediante la relación

$$t_{CC} = L_c / V_c \quad (12)$$

donde

L_c longitud media del cauce en km.

V_c velocidad media del flujo en el cauce expresada en $m\ s^{-1}$

La longitud media del cauce (L_c) se estima mediante la ecuación:

$$L_c = (L \cdot L_{ca})^{1/2} \quad (13)$$

donde

L longitud del cauce desde el punto mas alejado de la cuenca hasta el punto de drenaje considerado, expresado en Km.

L_{ca} distancia desde el punto más alejado del cauce hasta el centroide de la cuenca en km

La velocidad media se calcula usando la ecuación de Manning, se asume que el cauce es de sección trapecial con taludes laterales 2:1 y una relación ancho-tirante de 10:1.

Sustituyendo estos valores y los estimados en la ecuación de Manning se obtiene:

$$t_{cc} = \frac{\sqrt{(L)(L_{ca})} (n)^{0,75}}{0,46 (q_c)^{0,25} (s)^{0,375}} \quad (14)$$

donde

"n" coeficiente de rugosidad de Manning para cauce

q_c caudal promedio en el cauce expresado en m^3s^{-1}

s pendiente media del cauce en $m m^{-1}$

Asumiendo que $L_{ca} = 0.5 L$ y transformando unidades (L de m a Km , L_{ca} de segundos a horas y q_c de $m^3 s^{-1}$ a $mm h^{-1}$) en la ecuación 22 se obtiene la ecuación

$$t_{cc} = \frac{1,75 (L^*) n^{0,75}}{(q_c^* A)^{0,25} s^{0,375}} \quad (15)$$

L^* longitud del cauce en km

q_c caudal promedio en $mm h^{-1}$

El caudal promedio se estima del caudal medio por unidad de área de la cuenca por la relación

$$q_c^* = q_o^* A^{-0,5} \quad (16)$$

q_o^* caudal medio por cada hectárea de cuenca en $mm h^{-1}$

El caudal unitario q_o^* es estimado por la ecuación

$$q_o^* = Q / DUR \quad (17)$$

DUR duración de la lluvia en horas calculada por la relación

$$DUR = 4,605 / (-2 \log (1 - \alpha_5)) \quad (18)$$

α_5 se calcula de la ecuación (12) utilizando la lluvia de duración 0,5 horas (R_5) en lugar de R_{24} . La ecuación (21) se aplica asumiendo que la intensidad de lluvia se distribuye exponencialmente.

Sustituyendo la ecuación (20) en la (18) se obtiene

$$t_{cc} = \frac{1,75 (L^*) n^{0,75}}{(q_c^*)^{0,25} A^{0,125} s^{0,375}} \quad (19)$$

En forma similar puede estimarse el valor del tiempo de concentración en la superficie t_{cs}

$$T_{cs} = \lambda / V_s \quad (20)$$

λ representa la pendiente media a lo largo de la superficie en m y V_s es la velocidad de flujo en superficie en $m s^{-1}$

Para estimar la velocidad media en superficie, se aplica la ecuación de Manning, suponiendo una franja de 1 m de ancho en el sentido de la pendiente y se asume que el flujo se concentra en un cauce de formato trapecial de taludes 1:1 y una relación ancho-tirante de 5:1.

La relación se expresa mediante la ecuación 24, se llevan a cabo las mismas relaciones que para el tiempo de concentración en el cauce (t_{cc}), así:

$$V_s = \frac{8,8375 d^{0,666} s^{0,5}}{n} \quad (21)$$

donde

- V_s velocidad media del flujo en $m s^{-1}$
- d profundidad del flujo en m
- s pendiente de la superficie del terreno en $m m^{-1}$
- " n " coeficiente de rugosidad de Manning para superficie

La profundidad media del flujo(d), se calcula por la ecuación de Manning en función de caudal.

$$d = \left(\frac{q_o n}{5,025 s^{0,5}} \right)^{0,375} \quad (22)$$

q_o es el flujo medio en $m^3 s^{-1}$

Sustituyendo las ecuaciones (24) y (25) en la ecuación (23) se obtiene

$$t_{cs} = \frac{0,0216 (\lambda n)^{0,75}}{(q_o^*)^{0,25} (s)^{0,375}} \quad (23)$$

Las variaciones en el patrón de la lluvia son consideradas y conviene evaluar α . Para lluvias de duración menor que el tiempo de concentración α se aproxima al límite superior de 1.0. mientras que intensidades uniformes causan que el valor se aproxime al límite inferior.

Sustituyendo el producto de intensidad y tiempo en la ecuación 12 se obtiene el valor de α_{min} a partir de α .

$$\alpha_{min} = t_c / 24 \quad (24)$$

Los rangos de α están entre los valores $t_c/24 \leq \alpha \leq 1.0$

Percolación. El modelo utiliza una técnica de tránsito en embalse combinada con un modelo que predice el flujo a través de diferentes horizontes de la zona radicular. Para estimar la percolación se asume que una vez que el agua percola por debajo de la zona radicular ya no forma parte de la subcuenca y pasa a formar parte del flujo subterráneo o se incorpora como flujo de retorno aguas abajo, esta técnica de tránsito se fundamenta en la ecuación:

$$SW = SW_{oi} \exp(-\Delta t / TT_i) \quad (25)$$

donde:

SW_i y SW contenidos de humedad en el suelo al inicio y final del día en mm

Δt intervalo de tiempo (24 h)

TT tiempo de viaje por el estrato y en h

La tasa de percolación se calcula por la diferencia entre SW_o y SW mediante la ecuación

$$O_i = SW_{oi} \exp(-\Delta t / TT_i) \quad (26)$$

donde

i estrato del suelo

O tasa de percolación en mm/d

SW_o contenido de agua en el suelo al inicio del día en (mm).

dt intervalo de tiempo (24h)

TT tiempo de viaje a través del estrato i en h el cual se calcula para cada estrato del suelo como una función de la humedad, la capacidad de campo, la conductividad hidráulica y el contenido real de humedad en el estrato

$$TT_i = (SW_i - FC_i) / H_i \quad (27)$$

H_i conductividad hidráulica en mm h⁻¹

Para calcular el Flujo Subsuperficial Lateral se utiliza el modelo de Kinematic y Storage desarrollado por Sloan et al (1983) y citado por Arnolds (1990) el cual utiliza la ecuación de continuidad de masa. Este flujo se calcula simultáneamente con la percolación. Es un diferencial finito, donde:

$$\frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1} = iL - \frac{q_{lat 1} + q_{lat 2}}{2} \quad (28)$$

S volumen de agua drenada de la zona saturada

t tiempo en horas

q_{lat} flujo lateral en m³ h⁻¹

i velocidad con que el agua entra a la zona saturada en m² h⁻¹

L longitud de la ladera en m

Los subíndices 1 y 2 se refieren al inicio y final del período tiempo

Por cada 4 mm de espesor se tiene la oportunidad de percolar primero y lo restante pasa a formar parte de la función de flujo lateral. No obstante, el flujo lateral se presenta cuando el almacenamiento, en cualquiera de los estratos excede la capacidad de campo después de la percolación. La función de flujo lateral se expresa mediante la ecuación

$$QR_i = (SW_i - FC_i) \left(1 - e^{-d / TTR_i} \right) \quad (29)$$

- Qri caudal lateral para el estrato i en mm/d.
 Fci contenido de humedad a capacidad de campo menos el contenido a marchitamiento para el estrato i en (mm)
 T intervalo de tiempo (24h)
 TTRi tiempo de viaje del flujo lateral en d, el cual se calcula como una función de la conductividad hidráulica saturada del estrato, su espesor y la profundidad a la que se encuentra.

Evapotranspiración. Aun cuando el modelo ofrece dos (2) opciones para estimar la evapotranspiración potencial se aplica el modelo de Priestley y Taylor (1972), citado por Arnold y Williams (1994), el cual requiere datos de radiación solar y temperatura. La ecuación matemática que relaciona los datos es:

$$E_o = 1,28 (h_o / HV) (\delta / (\delta + \gamma)) \quad (30)$$

Donde:

- www.bdigital.ula.ve
- Eo evaporación potencial en mm
 δ pendiente de la curva de presión de saturación de vapor en Kpa °C⁻¹
 γ constante psicrométrica Kpa °C⁻¹
 h_o radiación solar neta en MJ m⁻²
 HV calor latente de vaporización MJ kg⁻¹

HV se estima por la función

$$HV = 2,50 - 0,0022 T \quad (31)$$

donde:

T temperatura media diaria al aire en °C

La presión de saturación de vapor se estima como una función de la temperatura usando la ecuación

$$e_a = 0,1 \exp (854,88 - 5.03 \ln (T + 273) - 6791 / (T + 273)) \quad (32)$$

La pendiente de la curva de presión de saturación de vapor se estima mediante la ecuación



$$\delta = (e_a / (T + 273)) ((6791 / (T + 273)) - 5,03) \quad (33)$$

El modelo calcula la evaporación del suelo y plantas separadamente.

$$\begin{aligned} E_p &= (E_p \text{ LAI}) / 3,0 & 0 < \text{LAI} \leq 3,0 \\ E_p &= E_o & \text{LAI} > 3,0 \end{aligned} \quad (34)$$

donde:

E_p evaporación de las plantas en mm d^{-1} .

LAI es el índice del área foliar

La evaporación potencial en el suelo toma en consideración la cobertura vegetal.

Componente Clima

Las variables del clima necesarias para utilizar el modelo son: precipitación, temperatura del aire y radiación solar.

Si se dispone de datos de lluvia y precipitación diaria, éstos pueden introducirse directamente al modelo, en caso contrario el componente clima del modelo simula la lluvia y temperatura diaria. También puede simular la radiación solar.

Cuando no se dispone de estos datos, el modelo puede simularlos. Para la precipitación emplea el modelo desarrollado por Nicks en 1974, citado por Arnold y Williams (1994), usando un modelo de cadenas de Markov de primer orden, para ello se debe suministrar los datos mensuales de la probabilidad que llueva si el día previo fue seco o si fue lluvioso.

La radiación solar y las temperaturas diarias también pueden ser simuladas por su correlación con la precipitación diaria, para ello el modelo utiliza el modelo de Richardson (1981), citado por Arnold y Williams (1994), mediante ecuaciones de la distribución normal multivariada.

El modelo matemático y las ecuaciones empleadas son descritos por Arnold y Williams (1990).

Componente Producción de Sedimentos

La producción de sedimentos se calcula para cada subcuenca utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo modificada (MUSLE).

$$Y = 11,8 (V q_p)^{0,56} (K) (C) (PE) (LS) \quad (35)$$

donde

Y producción de sedimentos de la subcuenca en t

V volumen de escorrentía superficial para la subcuenca en m^3

q_p caudal pico para la subcuenca en m^3/s

- K factor de erosionabilidad del suelo
- C factor de manejo del cultivo
- PE factor de prácticas de control de erosión
- LS factor de longitud y pendiente

El factor LS se calcula mediante la ecuación propuesta por Wischmeier y Smith (1978)

$$LS = (\lambda / 22.1)^\phi (65,41 S^2 + 4,565 S + 0,065) \quad (36)$$

El exponente ϕ es calculado en el modelo con la ecuación

$$\phi = 0,6 [1 - \exp (- 35,835 S)] \quad (37)$$

El factor manejo y cultivo C se evalúa para los días que se produce escorrentía mediante la relación

$$C = \exp [(- 0,2231 - CVM) \exp (- 0,00115 CV) + CVM] \quad (38)$$

CV cobertura del suelo (biomasa + residuos) en Kg ha⁻¹

CVM mínimo valor de C, se estima en función del promedio anual del factor C

El valor de CVM como el promedio anual del factor C se determina mediante la ecuación

$$CVM = 1,463 \ln (CVA) + 0,1034 \quad (39)$$

Los valores de K se obtienen de los análisis de suelo y PE para cada subcuenca usando la información propuesta por Wischmeier y Smith.

Una vez calculado los sedimentos, el modelo realiza el tránsito en cauce para lo cual considera dos factores que operan simultáneamente (deposición y degradación). La deposición está basada en la velocidad de caída de una partícula Arnold et al. (1990) y la degradación en el concepto de potencia del cauce, propuesto por Bagnoid (1977) citado por Arnold et al. (1990).

El modelo estima una distribución del tamaño de las partículas una vez separadas del suelo, a partir de valores típicos de las fracciones primarias de suelo. A través de una técnica de coeficiente de tránsito, el modelo estima la distribución de partículas para el sedimento que sale de la subcuenca.

La deposición en el cauce, DEP, desde la salida de la subcuenca hasta la salida de la cuenca, es calculado en base al tamaño de las partículas SED y a la velocidad de rescate de sedimentos DR, en el tiempo de viaje que debe recorrer el flujo.

$$DEP = SED_{in} (1 - DR) \quad (40)$$

La cantidad de sedimento degradado DEG es la suma de la degradación del material del lecho DEG_B y los que entran al cauce DEG_R . El modelo considera que el poder del cauce es usado para capturar el material depositado, hasta que todo se haya agotado.

La cantidad de sedimento que sale de la cuenca SED_{out} se calcula como

$$SED_{out} = Y - DEP + DEG \quad (41)$$

Datos de Entrada

El modelo requiere para su ejecución, información básica relativa al clima, suelo, cultivos, características topográficas e hidráulicas del cauce y vertientes de la cuenca, tal como se describe en Arnold et al. (1990). Los principales datos de entrada requeridos y procedimientos recomendados para su estimación se presentan en el Apéndice I.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO III

METODOLOGIA

Naturaleza de la investigación

El presente trabajo es una investigación de campo tipo predictiva. Se estudia la respuesta hidrológica de la cuenca de la quebrada Guarico, apoyado en el modelo hidrológico *Simulator for Water Resources in Rural Basins*, SWRRB, (versión sistema operativo MS-DOS) para los escenarios de uso agrícola; Uso Actual de la Tierra y Uso Propuesto, según el esquema desarrollado por la FAO, a los fines de predecir las variaciones de en la producción de agua, sedimentos y el caudal máximo.

Area de estudio

La cuenca de la quebrada Guarico se localiza políticamente en la parroquia Guarico, municipio Morán del Estado Lara, Venezuela, entre las coordenadas 09° 34' 03" y 09° 36' 57" latitud Norte y 69° 46' 45" y 69° 53' 07" longitud oeste, ocupa una superficie de 8.544 hectáreas, abastece al embalse Dos Cerritos y forma parte de la cuenca del río Tocuyo afluente del mar Caribe.

Procedimiento

Revisión de la literatura

Se realizó una revisión de la concepción básica, características y requerimiento de información del modelo SWRRB. Luego se procede a recabar, analizar y seleccionar la información básica existente para la aplicación del modelo.

Planteamiento de los escenarios de uso agrícola

Para establecer los escenarios, se procedió a recopilar la información recurriendo a los elementos fundamentales de este tipo de trabajo: la revisión de los datos existentes en el tema objeto de estudio, la selección de la información básica y el trabajo de campo.

Se utilizó como marco de referencia la información básica disponible con respecto al desarrollo actual del área y planes de desarrollo propuestos, ambos enmarcados en el área agrícola.

A partir de la información disponible se definieron dos escenarios. Estos escenarios de uso agrícola sirvieron de base para recabar y seleccionar la información requerida por el modelo. Una vez evaluado, se procede a comparar la respuesta de la cuenca en producción de agua y sedimentos para ambos escenarios.

Escenario 1

Este primer escenario, Uso Actual, representa la situación actual de desarrollo agrícola de la cuenca. Las áreas de desarrollo se delimitan a partir de los mapas: zonas de vida de

Venezuela de Ewel y Madrid (1968) y el mapa de vegetación elaborado por Salazar y Smith (1985).

El mapa resultante (Figura 1) fue elaborado mediante superposición de los mapas. Se identifican las unidades homogéneas y se agrupan las áreas con características similares. Las unidades delimitadas constituyen la base del mapa de uso actual de la tierra. Estas se caracterizan por su homogeneidad en relación con la situación actual del uso de la tierra, los factores de erosionabilidad, pendiente y vegetación además de las características físicas y naturales de la cuenca. La definición de los límites se estableció una vez realizado el chequeo de campo. En la Tabla 4 se identifican y presenta los valores de las diferentes áreas delimitadas

**Tabla 4 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Escenario 1. Uso Actual. Situación Actual de Desarrollo Agrícola**

Uso	Descripción	Total	%
B1	Bosque	280	3,28
B2	Bosque + tierras agropecuarias intervenidas	922	10,80
V1	Vegetación secundaria	1955	22,88
V2	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención mediana	1201	14,06
V3	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención fuerte	1311	15,35
A	Tierras agropecuarias	1398	16,36
S	Sabanas	159	1,86
M	Matorral	1149	13,45
D	Sin vegetación	105	1,22
AU	Area urbana	64	0,75
Total		8544	100,00

Escenario 2

El segundo escenario, Uso Propuesto, está representado por la aptitud de uso de las tierras, propuesto por Gómez y Rodríguez. (1986), bajo el esquema desarrollado por la FAO (1976), establece que el tipo de uso de la tierra es tan importante para determinar su aptitud como la tierra misma. Las unidades de utilización de la tierra fueron definidas en función de los rubros y niveles o tecnología de manejo a aplicar. La tradición agrícola del área fue considerada, así como los requerimientos agroecológicos de los cultivos. Los niveles de manejo utilizados como criterios para definir las unidades homogéneas fueron la utilización del riego, el uso de fertilizantes y la aplicación de prácticas conservacionistas. Producto de ello se elabora el mapa propuesto por los autores y se definen las unidades. Los autores proponen cuatro (4) unidades de uso para cultivos de ciclo corto, los cuales, para el presente trabajo, se engloban en dos, agrupados por el uso o no de prácticas de conservación de suelos. En el mapa, Figura 2, se mantienen las unidades originales. La Tabla 5 presenta la descripción de las unidades y en las misma se indican las superficies delimitadas.

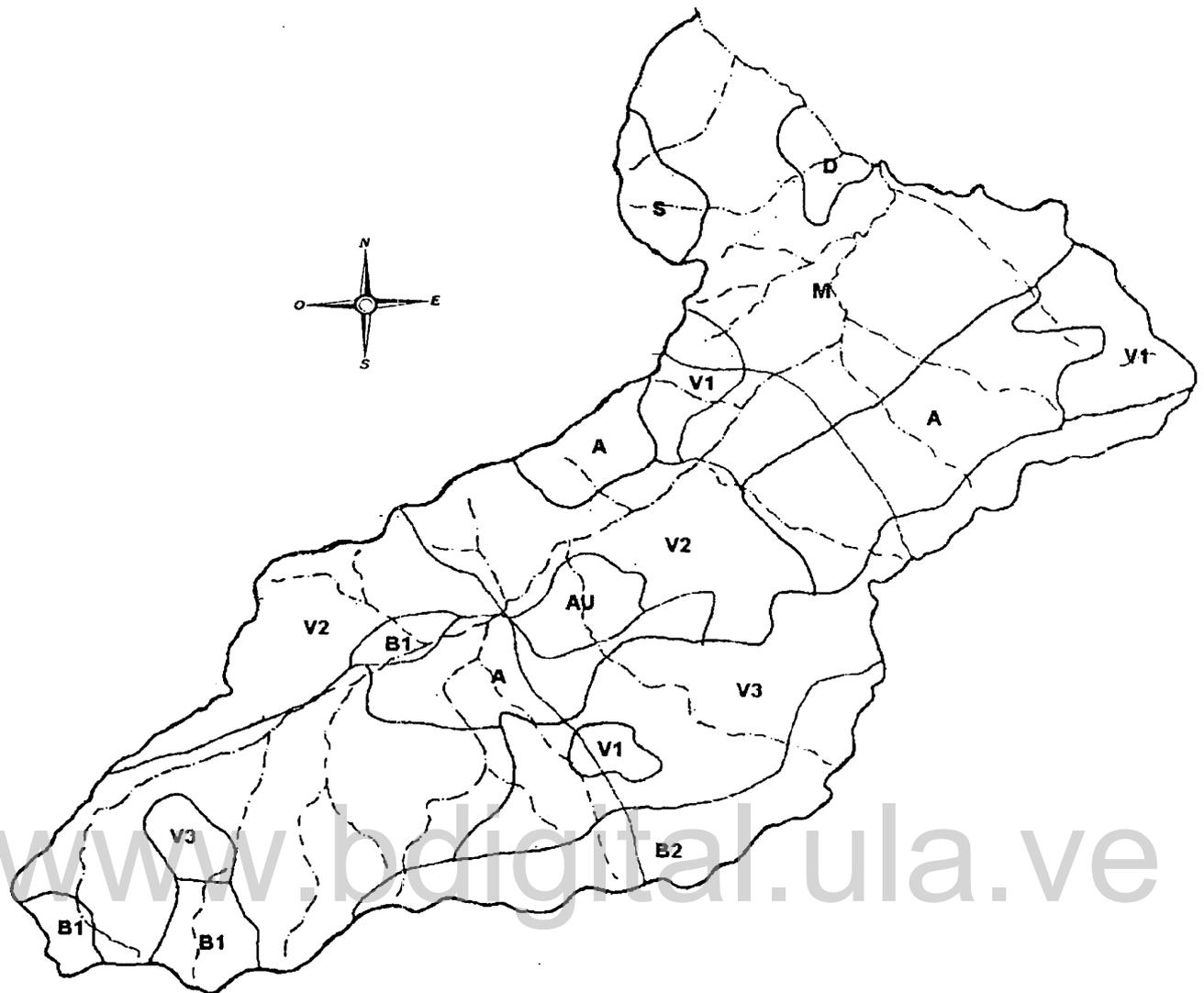


Figura 1

Cuenca Guarico.

Escenario 1. Situación Actual de Desarrollo Agrícola

Uso	Descripción
B1	Bosque
B2	Bosque + tierras agropecuarias intervenidas
V1	Vegetación secundaria
V2	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención mediana
V3	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención fuerte
A	Tierras agropecuarias
S	Sabanas
M	Matorral
D	Zona descubierta
AU	Area urbana

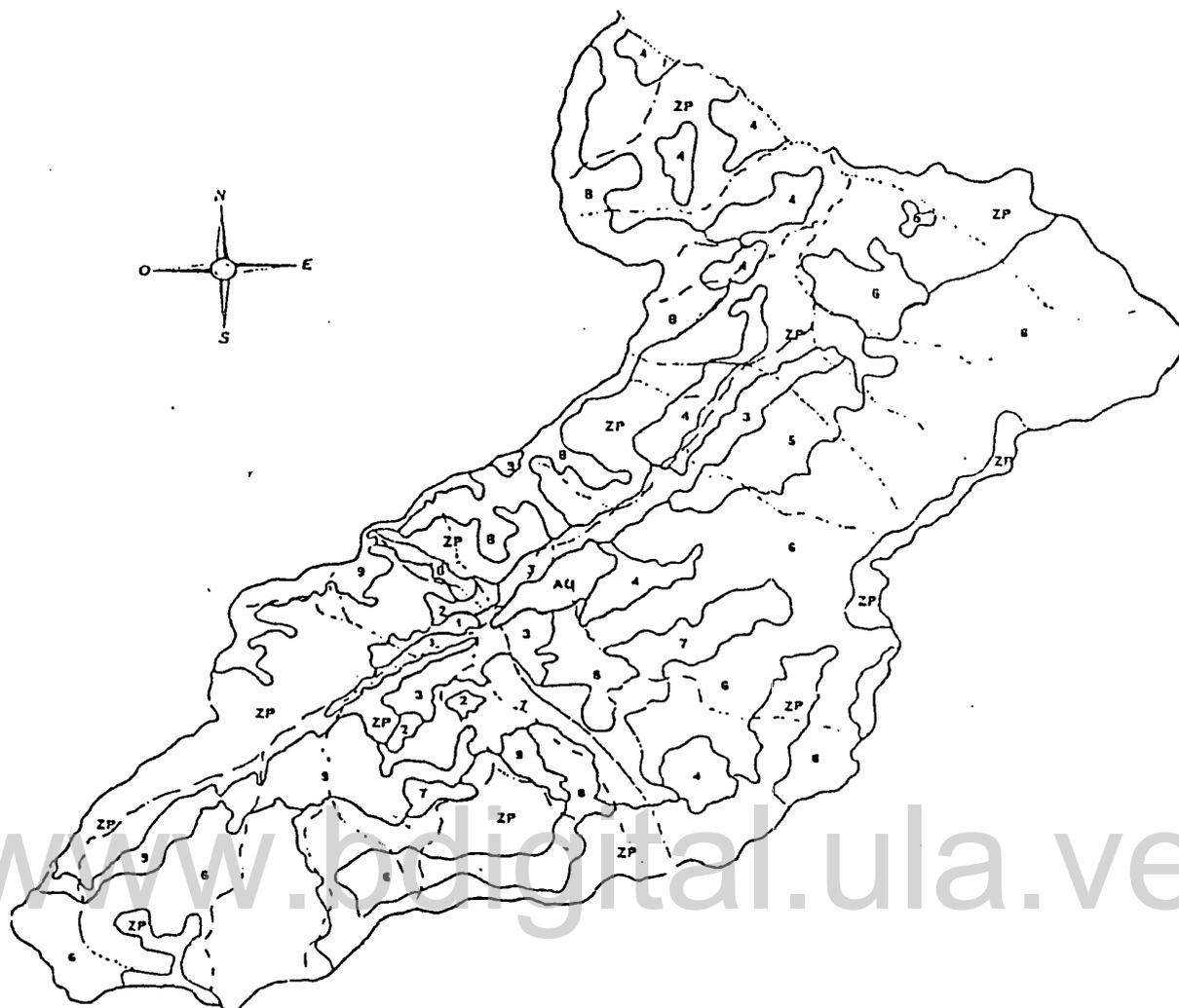


Figura 2

**Cuenca Guarico.
Escenario 2. Uso Propuesto. Aptitud de Uso de las Tierras**

Uso	Descripción
1-3	Cultivos de ciclo corto en seco.
2-4	Cultivos de ciclo corto en seco con prácticas de conservación de suelos.
5	Frutales, con prácticas de conservación de suelos
6	Café bajo sombra en seco con prácticas de conservación de suelos
7	Café a pleno sol en seco con prácticas de conservación de suelos
8	Pastos en seco.
9	Pastos en seco uso de asociaciones vegetal, corte y rotación
ZP	Zona protectora o de reserva
AU	Area urbana

**Tabla 5 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Escenario 2. Uso Propuesto. Aptitud de Uso de las Tierras**

Uso	Descripción	Total	%
1-3	Cultivos de ciclo corto en seco.	410	4,80
2-4	Cultivos de ciclo corto en seco con prácticas de conservación de suelos.	466	5,46
5	Frutales, con prácticas de conservación de suelos	323	3,78
6	Café bajo sombra en seco con prácticas de conservación de suelos	2888	33,80
7	Café a pleno sol en seco con prácticas de conservación de suelos	536	6,27
8	Pastos en seco.	495	5,79
9	Pastos en seco uso de asociaciones vegetal, corte y rotación	579	6,78
ZP	Zona protectora o de reserva	2783	32,57
AU	Area urbana	64	0,75
Total		8544	100,00

Aplicación del Modelo

Una vez definido los escenarios se procedió a asignar los valores a las diferentes variables empleadas por el modelo para los archivos de entrada. A continuación se presenta un resumen de las principales variables usadas por el modelo.

Variables

El modelo maneja gran cantidad de variables, la mayoría de uso común, independiente del escenario. Se presentan las variables requeridas por el modelo y las fuentes que sirven de base para determinar los parámetros. Luego se presentan los valores obtenidos y se indican las diferencias para los escenarios estudiados.

Generales. Para definir el área de estudio se recurrió a las hojas cartográficas 6244-IV-SE, 6244-IV-NE, 6244-I-NO, 6245-III-SE, 6245-II-SO escala 1:25.000.

El factor de corrección de la precipitación se determinó a partir de la lluvia media de cada subcuenca, la cual se calculó por el método de las isoyetas, usando como base el mapa elaborado por López (1996).

El factor de caudal base BBF se asumió a partir de las características del flujo según de los valores de "Factor de Caudal Base" presentados en el Apéndice II.

El tiempo de retardo del flujo sub-superficial y la humedad inicial del suelo se asumieron de los rangos sugeridos por el modelo.

Debido a que los datos de lluvia son suministrados, las coordenadas de las subcuencas no se calculan.

Climáticas Generales. La lluvia máxima de duración 0.5 y 6 horas se determinó a partir del análisis de probabilidad Tipo I (Gumbel), aplicado a los registros recopilados de la División de Hidrología del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables. El número de años de lluvias máximas de 0.5 horas se selecciona de los registros de lluvias.

Temperatura. La estación Guarico no dispone de datos de temperatura máxima y mínima mensual promedio exigidos por el modelo. Los valores se generan calculando el gradiente altitudinal, entre dos estaciones pluviométricas cercanas, ellas son la estación El Tocuyo-Dos Cerritos, serial 2268, de coordenadas latitud $09^{\circ} 44' 40''$, longitud $69^{\circ} 48' 25''$ y altitud 698 msnm y la estación Cubiro, serial 2225 de coordenadas latitud $09^{\circ} 47' 28''$, longitud $67^{\circ} 35' 02''$ y altitud 1502 msnm las cuales presentan registros en el lapso 1974 – 1990. Para cada mes se calcula el gradiente de temperatura máxima y mínima, como la diferencia de temperatura promedio mensual entre ambas estaciones dividida entre la diferencia de altitud, con dichos valores se calcula las temperaturas mensuales de la estación Guarico, afectando la temperatura mensual de la estación Dos Cerritos por el gradiente calculado y la diferencia de altitud entre las estaciones Dos Cerritos y Guarico. Del análisis estadístico se calcula el coeficiente de variación exigido por el modelo.

La radiación solar se determinó a partir de los mapas mensuales del Atlas Climatológico del año 1984.

Precipitación. Los valores de precipitación diaria se toman de la estación Guarico, serial 2245, ubicado en las coordenadas $09^{\circ} 37' 31''$, latitud norte y $69^{\circ} 47' 20''$ longitud oeste a una altitud de 1117 m.s.n.m. para lo cual se seleccionaron los años correlativos 1987-1997 ya que existe información de lluvia diaria, para luego elaborar el archivo de datos que requiere el modelo.

La lluvia máxima de 0.5 hora de duración para cada mes se lee de los registros de la estación Guarico.

La probabilidad de que ocurra un día de lluvia después de un día seco, un día de lluvia después de un día húmedo y los parámetros estadístico exigidos por el modelo: lluvia media diaria $WLV(i)$, desviación estándar diaria $RST(i)$ y coeficiente de asimetría $RSK(i)$, se determinaron a partir del análisis de los valores de lluvias diarias.

Cuenca. La longitud y pendiente del cauce se establecen del mapa cartográfico, para las vertientes, la pendiente se calcula por el método de la malla de contorno, mientras que la longitud se calcula por el método de los puntos extremos de contorno propuesto por Williams y Bernd (1976).

Los valores de "n" para cauce y vertientes se estiman de los valores de rugosidad "n" de Manning presentados en el Apéndice III

Subcuenca. Basado en criterios de topografía, pisos altitudinales y precipitación media, la cuenca se divide en tres (3) subcuencas, ubicando para cada uno de ellas los puntos de drenaje los cuales son importantes para determinar la producción de sedimentos.

Una vez definidos los escenarios, a partir de los valores de Curvas Número de escorrentía para complejos hidrológicos suelo-cobertura para una condición II de humedad antecedente presentados en el Apéndice IV, se calculan los valores de número de curva (CN2) para cada una de las unidades y para cada escenario según el uso de la tierra, práctica agronómica y condición hidrológica. En el caso de usos de la tierra que no aparecen explícitamente indicados se asume una semejante. Una vez obtenido los valores se calcularon los promedios ponderados en función del área para cada subcuenca.

Los valores de "n" de Manning para cauce y vertientes para cada una de las subcuencas se estiman con los mismos criterios empleados para toda la cuenca.

El factor de prácticas de conservación de suelos o factor de erosión P, de la USLE para las vertientes se asume en función de la longitud y pendiente, se determinan de los valores presentados en el Apéndice V.

Tránsito de sedimentos. Se evalúa desde la salida de la subcuenca estudiada hasta la salida de toda la cuenca. Para estimar las variables requeridas por el modelo se usa los mismos criterios empleados para las variables de la cuenca y subcuencas.

La conductividad hidráulica en el tramo se asume de los valores indicados en el Apéndice VI, Conductividad Hidráulica Efectiva para Pérdidas de Infiltración en Canales Aluvionales.

Para el factor de erosión de erosionabilidad del suelo o factor de erosión K y el factor de cultivos y/o vegetación, conocido como factor de erosión C de la USLE aplicados a segmentos de canales se toma el valor medio del rango propuesto por el modelo.

Suelo. Las características físico-químicas de los perfiles de suelos descritos por Gómez y Rodríguez (1986) sirven de base para el cálculo de los parámetros exigidos por el modelo. En función del análisis textural se estimó para cada estrato: la densidad aparente y el agua útil aprovechable a partir de los valores indicados en el Apéndice VII, mientras que la conductividad hidráulica saturada se asume según las características texturales de los valores de propuesto por Israelsen y Hansen (1965) y presentados en el Apéndice VIII. De los resultados de los análisis de suelo se toma el contenido de arcilla y el factor de erosionabilidad K, calculado a partir de los monogramas d Wischmeier y Smith, 1978.

Los valores promedio para cada subcuenca, se calculan como un promedio ponderado tomando en consideración en primer lugar la profundidad del estrato y luego el área ocupada dentro de la subcuenca.

Cultivo. El número de cultivos, fecha de plantación, tipo de vegetación y cultivo, así como la labranza empleada se determina para cada escenario seleccionado.

La máxima profundidad de las raíces debe estar en el rango de 100 a 3000 mm. Para el tipo cultivo se selecciona entre no leguminosa o leguminosa.

Si el potencial de producción de los cultivos se desconoce, el modelo sugiere tomar cero, para el factor de conversión de la biomasa el rango está entre 0 y 95, para el factor de producción por estrés entre 0 y 0.2 y para el índice de cosecha entre 0.01 y 0.95.

El factor cultivo o factor vegetación C de la USLE para cultivos, se asume de los valores propuestos por Wischmeier y Smith, (1978) y Mintegui y Robredo, (1993), para cada uno de los escenarios. En el Apéndice IX se muestran los valores.

El máximo índice de área foliar se selecciona de los valores que ofrece el modelo.

Implementación del Modelo

La cuenca de la quebrada Guarico, delimitada hasta el punto de drenaje seleccionado comprende una superficie de 8544 hectáreas, está ubicada altitudinalmente entre las cotas 800 y 1800 msnm en la Figura 3 se presenta el área de la cuenca.

Basado en criterios de topografía, pisos altitudinales y precipitación media, la cuenca se dividió en tres (3) subcuencas homogéneas ubicando para cada una de ellas los puntos de drenaje. La Figura 4 muestra las tres (3) subcuencas. En la Tabla 6 se presenta los valores del área de cada una de ellas.

Tabla 6 Cuenca de la Quebrada Guarico
Área de subcuencas

Subcuenca	Área	
	(km ²)	Fracción
A1	31,00	0,363
A2	27,33	0,320
A3	27,11	0,317
Total	85,44	1,000

Se asumió como característica del flujo la de río efímero para lo cual se asume el factor de caudal base BBF igual a 0.

Se estimó que todo el flujo subsuperficial es drenado el mismo día que ocurre la precipitación, por tanto el tiempo de retardo del flujo sub-superficial expresados en días BRF se toma igual a 0.

La humedad inicial del suelo la cual se expresa como fracción de la capacidad de campo FFC, se asume igual a 0 ya que el modelo lo estima.

Una vez preparado el mapa isoyético, Figura 5, se calcula la precipitación media de cada subcuenca utilizando el método de las isoyetas. Dichos valores se dividen entre la lluvia media anual registrada por la estación Guarico, 1139,9 mm, para obtener los factores de corrección de lluvia. En la Tabla 7 se presentan los valores y en el Apéndice X los cálculos.

Tabla 7 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Factor de corrección de la lluvia P2.

Subcuenca	Área (ha)	Precipitación media (mm)	Factor de corrección P2
A1	3100	1301,0	1,14
A2	2733	1132,1	0,99
A3	2711	963,5	0,85

Componentes Climáticos. La evaluación hidrológica para cada escenario se realiza para el lapso comprendido entre los años 1987 a 1997 por cuanto se dispone de valores medidos de precipitación diaria.

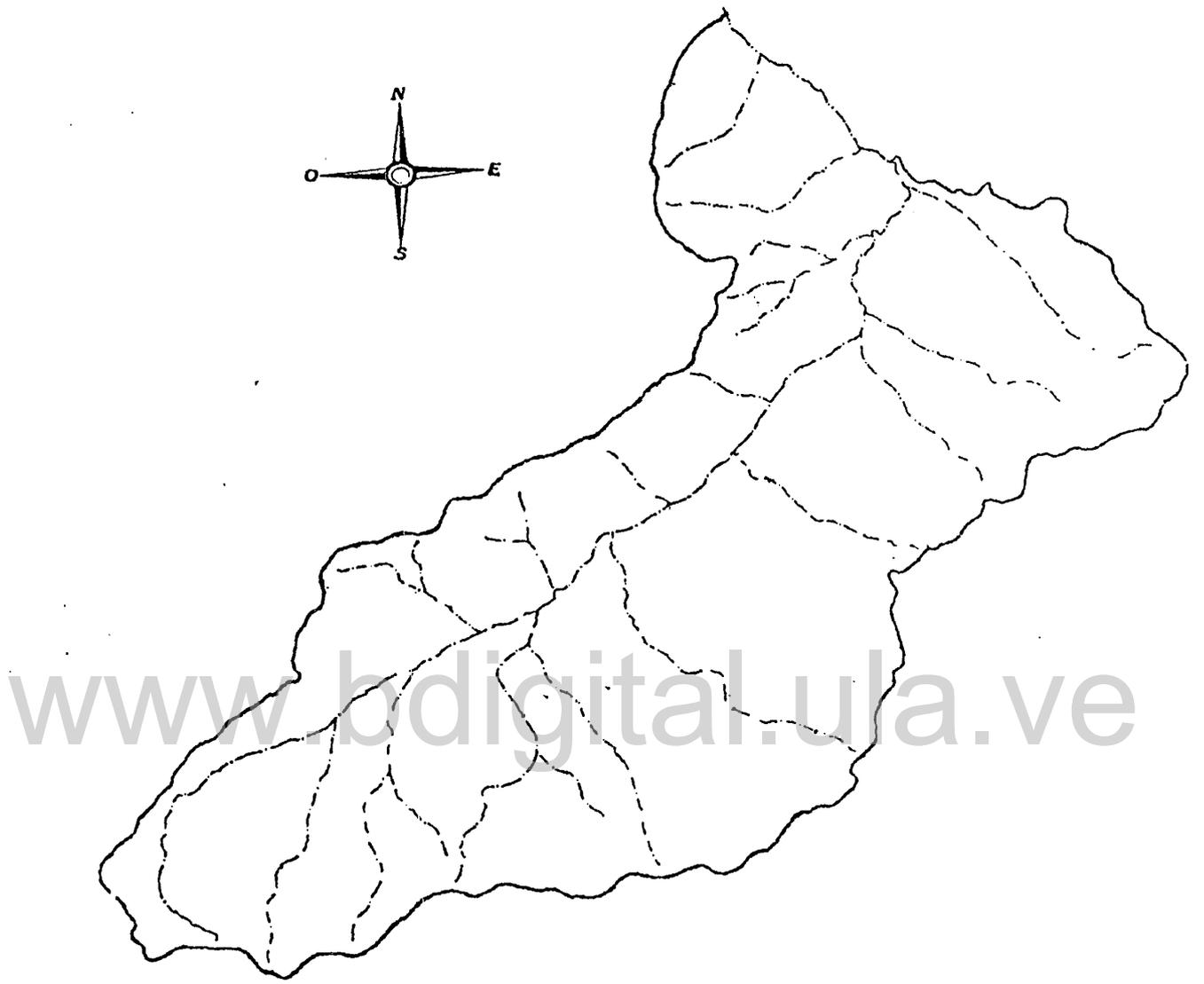


Figura 3

Cuenca Guarico.

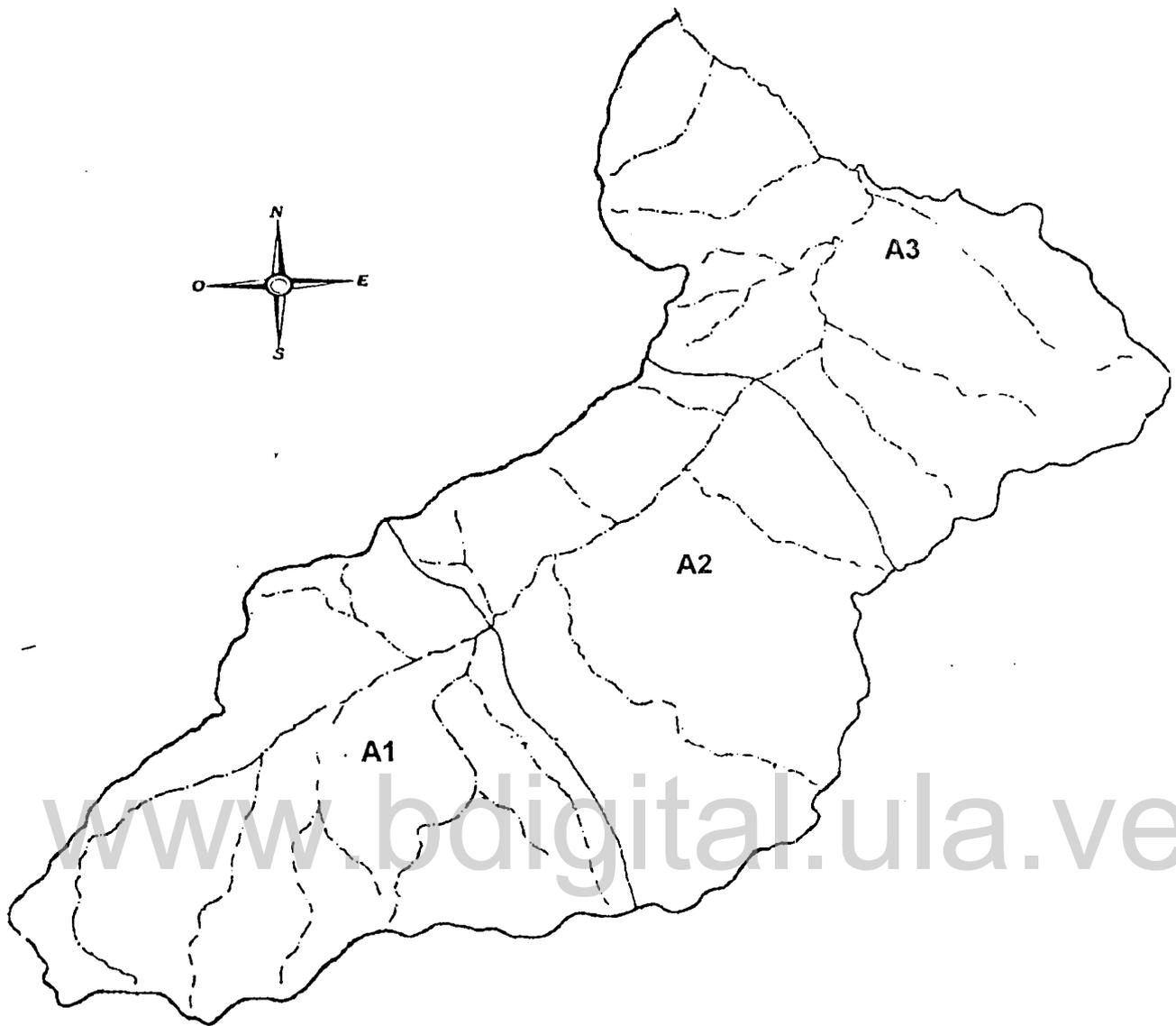


Figura 4

Cuenca Guarico.

Subcuencas

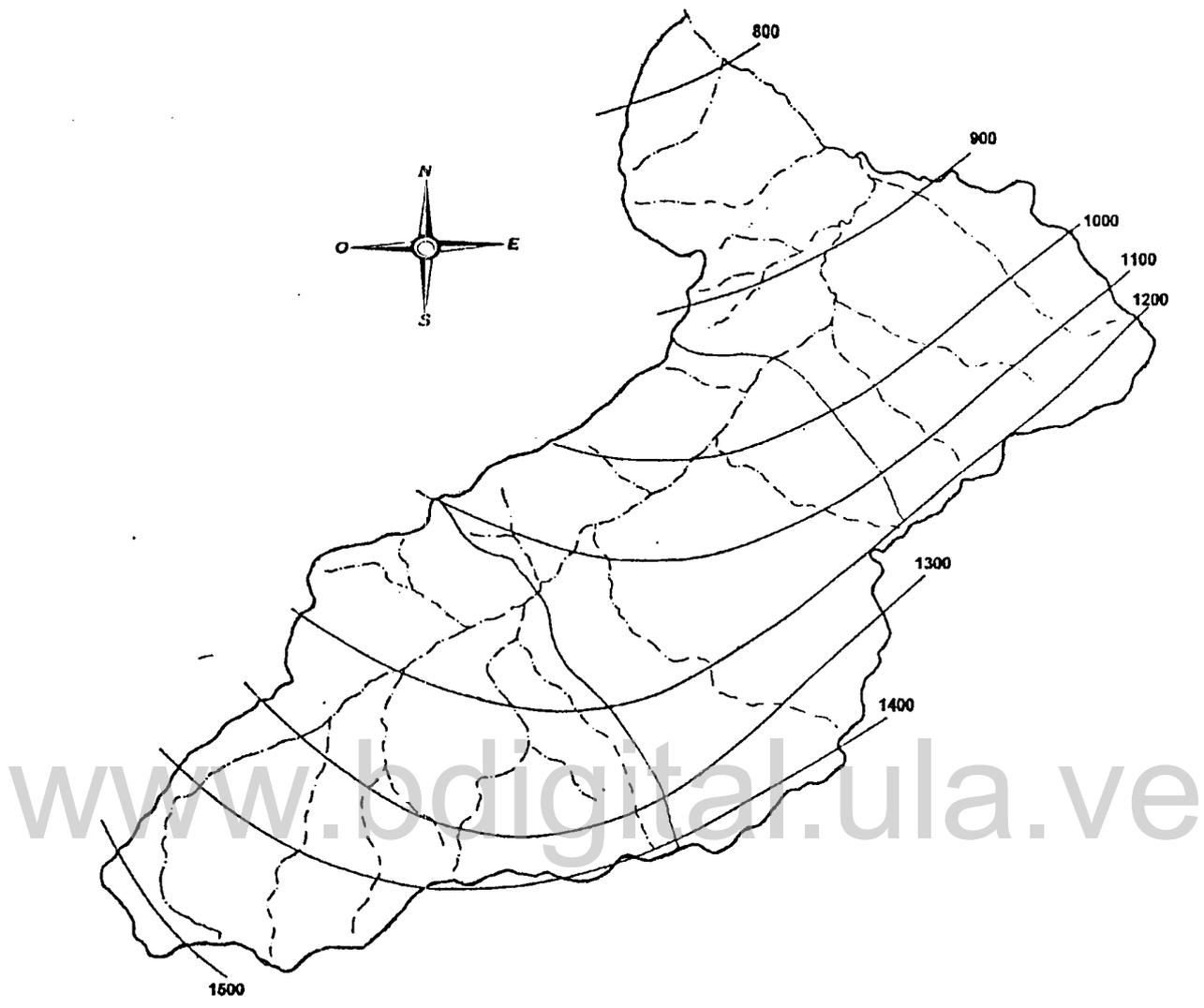


Figura 5

Cuenca Guarico.

ISOYETAS

Las lluvias máximas de duración 0,5 horas (TP5) y 6 horas (TP6) para 10 años de período de retorno se determinan aplicando el modelo de análisis de frecuencia para eventos extremos propuesto por Gumbel a los datos de lluvias máximas anuales de la estación Guarico, para el lapso 1987-1997, los valores se presentan en el Apéndice XI. Los valores obtenidos son:

$$TP5 = 30,7 \text{ mm} \qquad TP6 = 65,4 \text{ mm}$$

El número de años con lluvias máximas mensuales de duración 0,5 horas TP24 corresponde a los 11 años de registro.

Como latitud de la cuenca YLT se toma la correspondiente a la estación pluviométrica cuyo valor es $9^{\circ} 37'$.

Los promedios diarios mensuales de radiación solar OBSL(i) se seleccionan a partir de los mapas del Atlas Climatológico. En la Tabla 8 se indican los valores de radiación solar promedio mensual en Lingley (Ly) $\text{cal cm}^2 \text{ día}^{-1}$.

**Tabla 8 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Radiación solar. Promedio diario mensuales OBSL(i) en Ly.**

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
500	530	525	520	475	500	525	550	525	475	450	475

Las lluvias máximas mensuales de duración 0,5 horas WI(i) se obtienen al procesar la información para el lapso 1980 – 1997 de la estación Guarico. Los resultados se presentan en la Tabla 9 y los valores y cálculos en el Apéndice XII.

**Tabla 9 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Lluvias máximas mensuales de duración 0,5 horas, WI(i) en mm.
Lapso 1980 – 1997**

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20,0	17,2	31,5	22,0	19,5	14,6	12,7	27,2	32,2	34,8	21,1	23,3

La probabilidad de ocurrencia de un día de lluvia después de un día seco, PRD(i), un día de lluvia después de un día de lluvia PRW(i), los días de lluvia del mes y los parámetros estadístico exigidos por el modelo, lluvia media diaria WLV(i), desviación estándar diaria RST(i) y coeficiente de asimetría RSK(i) se determinan al procesar mediante una hoja de cálculo los datos diarios de precipitación para el lapso 1987-1997. En la Tabla 10 se presentan los resultados de ocurrencia y los parámetros estadísticos.

A partir de los valores promedio mensuales de la estación El Tocuyo – Dos Cerritos y Cubiro para el lapso 1974 – 1990 se generan los valores medios mensuales de temperatura máxima OBMX(i), mínima OBMN(i) y el coeficiente de variación CVT(i) de la estación Guarico, corregidos por gradiente altitudinal. La Tabla 11 señala los valores obtenidos y el Apéndice XIII muestra los cálculos.

Tabla 10 Cuenca de la Quebrada Guarico.

Probabilidad de ocurrencia y valores estadísticos de lluvias diarias por mes en mm. Lapsó 1987-1997

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P(S/H)	0,191	0,236	0,240	0,275	0,367	0,273	0,249	0,396	0,442	0,358	0,321	0,284
P(H/H)	0,079	0,124	0,152	0,266	0,402	0,615	0,672	0,478	0,373	0,422	0,458	0,199
Días de lluvia	5,5	7,0	8,6	12,3	18,5	23,0	24,9	21,3	18,0	18,9	18,9	10,8
Media (mm)	2,398	4,478	4,225	6,866	5,524	6,077	5,389	4,735	5,424	5,931	4,809	4,259
Desv.	4,221	6,095	7,690	10,340	7,971	7,784	6,577	6,884	8,375	9,394	6,360	8,824
Asim.	3,531	2,725	3,423	2,256	2,490	2,449	2,726	2,918	3,971	3,521	2,155	5,435

Tabla 11 Cuenca de la Quebrada Guarico.

Temperatura diaria máxima promedio OBMX(i), mínima OBMN(i) y coeficiente de variación CVT(i) en mm.

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Max (OBMX)	29,8	31,3	31,7	31,6	30	28,9	29,1	30,3	30,5	30,6	29,9	28,1
Min (OBMN)	12,4	12,7	14	15,1	15,3	15,4	15,3	14,7	15,3	15,3	15,1	12,6
C.V. (CVT)	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04

Componentes de la Cuenca. La longitud, pendiente y ancho del cauce principal se calcula para el drenaje principal. El "n" de Manning para el cauce se asume igual a 0.05 para todos los tramos. La longitud y pendiente promedio de las vertientes m/m se calcula para cada subcuenca. El "n" de Manning para escurrimiento en vertientes se estimó a partir de los datos mostrado en el Apéndice III para cada uno de los escenarios propuestos, en la Tabla 12 se presentan los resultados y en el Apéndice XIV se presentan los cálculos.

Tabla 12 Cuenca de la Quebrada Guarico.

Variables de la cuenca

Concepto	Subcuencas			Cuenca Total
	A1	A2	A3	
Longitud del cauce en CHL km.	9,175	6,100	7,850	23,125
Pendiente media CHS m/m	0,073	0,021	0,028	0,044
"n" de Manning en cauce CHN	0,050	0,050	0,050	0,050
"n" de Manning en vertientes OVN (Uso Actual)	0,237	0,184	0,170	0,199
"n" de Manning en vertientes OVN (Uso Propuesto)	0,452	0,395	0,439	0,430

Componentes de las subcuencas. El albedo del suelo, SALB(i) para todas las subcuencas se asume igual a 0,10

La Curva Número con condición de humedad antecedente II, (CN2) se calcula para cada una de las subcuencas y para cada uno de los escenarios propuestos, los cálculos se presentan en el Apéndice XV. Se le asignan valores de CN2 a las unidades determinadas y se calcula el promedio ponderado en función del área que ocupan. En la Tabla 13 se indican los resultados para cada uno de los escenarios.

Tabla 13 Cuenca de la Quebrada Guarico.**Curvas Número de escorrentía para complejos hidrológicos suelo-cobertura (CN) según escenario.**

Escenario	Curva Número CN2		
	A1	A2	A3
Uso Actual	80	75	75
Uso Propuesto	73	73	72

La longitud y pendiente promedio del cauce para las subcuencas se calcula como si ellas representasen una cuenca en sí misma. La conductividad hidráulica para cada tramo de subcuenca se estima a partir de los valores presentados en el Apéndice VI. El "n" de Manning para el tramo de cauce se asume constante para todos los tramos e igual a 0,05. En la Tabla 14 se presentan los valores estimados.

Tabla 14 Cuenca de la Quebrada Guarico.**Variables del cauce**

Tramo De Subcuenca	Longitud (km.)	Pendiente (m/m)	Ancho (m)	Conductividad	
				Hidráulica (mm/h)	"n" Mannig Cauce
A1	9,175	0,073	1,5	1.0	0,05
A2	11,350	0,070	2,0	2.0	0,05
A3	10,580	0,096	4,0	2.5	0,05

El tiempo que tarda el flujo sub-superficial en salir de la subcuenca se asume 0 y la concentración de sedimento en el flujo sub-superficial en 500 ppm.

Para calcular la longitud promedio de las vertientes de la cuenca y subcuencas, el número de puntos extremos se afectó por un factor de escala igual a 2,5 resultante de la diferencia promedio de puntos extremos, contados en un mapa cartográfico escala 1:5.000 con respecto a uno escala 1:25.000. Los valores de longitud y pendiente promedio de las vertientes se muestran en la Tabla 15 y en los Apéndices XVI y XVII se presentan los cálculos.

Tabla 15 Cuenca de la Quebrada Guarico.**Longitud y pendiente de las vertientes**

Subcuenca	Longitud de vertiente	Pendiente de vertiente
A1	81	0,110
A2	126	0,120
A3	67	0,162

El factor de erosión P de la USLE se estima igual a 1 para todas las subcuencas del escenario Uso Actual ya que no existen prácticas de conservación de suelos, mientras que para el escenario de Uso Propuesto se asignan los valores a las áreas según la propuesta de conservación en función de la pendiente y longitud de ellas, para luego calcular un promedio por subcuenca. El Apéndice XVIII muestra los cálculos mientras que los valores obtenidos se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 16 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Factor prácticas de conservación de suelos. P**

Escenario	Subcuenca		
	A1	A2	A3
Uso Actual	1,0	1,0	1,0
Uso propuesto	0.887	0.824	0.840

Componentes del Suelo Utilizando el mapa de suelos y las características físico-químicas de los perfiles descritos por Gómez y Rodríguez (1986), se realiza una selección de los parámetros exigidos por el modelo. En el Apéndice XIX se presenta la información de las características físico-químicas para los dieciocho tipos o series de suelo. El número de estratos para incorporar al modelo se selecciona como igual a tres. El primer estrato de espesor 10 mm se selecciona del primer horizonte el segundo horizonte, corresponde al complemento del primer horizonte y los siguientes constituyen el tercero. Se calculan los valores promedio para cada una de las subcuencas como un valor medio ponderado en función de la profundidad.

Del mismo mapa se calcula, para cada subcuenca la superficie ocupada por cada unidad de suelo. Se obtiene el producto de cada uno de los parámetros por su respectiva área. Los valores medios se calculan dividiendo la sumatoria de cada producto entre el área total de la subcuenca. En la Tabla 17 se indican los parámetros exigidos por el modelo y los Apéndices XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV y XXV muestran los cálculos.

**Tabla 17 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Variables del suelo.**

Concepto	Unidades	Estrato	Subcuenca		
			A1	A2	A3
Profundidad del estrato	(mm)	1H	10	10	10
		2H	254	276	219
		3H	968	921	821
		Total	1231	1208	1049
Densidad	ton/m ³	1H	1,52	1,52	1,49
		2H	1,52	1,52	1,49
		3H	1,52	1,52	1,49
Agua Util	(%)	1H	0,120	0,124	0,122
		2H	0,114	0,117	0,117
		3H	0,121	0,122	0,121
Conductividad Hidráulica	(mm/h)	1H	1,1	1,6	1,7
		2H	1,1	1,6	1,7
		3H	0,9	1,2	1,5
Arcilla	(%)	1H	21,2	20,2	19,8
		2H	21,2	20,2	19,8
		3H	27,1	25,9	24,2
Factor K		1H	0,12	0,13	0,09
		2H	0,12	0,13	0,11
		3H	0,15	0,16	0,10

El albedo del suelo, SALB, se asume igual a 0,1 para todas las subcuencas. Estas variables son comunes para ambos escenarios.

Componentes del Cultivo. Para los dos escenarios y para todas las subcuencas se asume que la profundidad máxima de las raíces es igual a la profundidad media del suelo. El potencial de producción de los cultivos se toma igual a cero, el factor de conversión de la biomasa igual a 35, el factor de producción por estrés igual a 0.05 y el índice de cosecha de 0.5.

En el caso de vegetación perenne se asume todo el año como periodo de crecimiento, siendo el 1 de enero la fecha de siembra y 31 de diciembre la de cosecha. Para ambos escenarios y para cada subcuenca se asume que la vegetación es perenne, no leguminosa y sin ningún tipo de labranza. Los valores de CN2 para siembra y cosecha se toma el mismo calculado para la cuenca, mientras que el Factor C se calcula según el uso, asignándole peso en función del área ocupada por la vegetación. La Tabla 18 presenta los valores del Factor C para cada escenario, mientras que los Apéndice XXVI y XXVII muestran los criterios y los cálculos.

**Tabla 18 Cuenca de la Quebrada Guarico
Factor de cultivo o vegetación. Factor de erosión C**

Escenario	Subcuenca		
	A1	A2	A3
Uso Actual	0,045	0,102	0,061
Uso Propuesto	0,031	0,052	0,037

En la Tabla 19 se presenta un resumen de las variables y sus valores más importantes para cada una de las subcuencas y comunes para los escenarios seleccionados.

**Tabla 19 Cuenca de la Quebrada Guarico
Variables de las subcuencas**

Variables de entrada	Subcuencas		
	1	2	3
DATOS DE LAS SUBCUENCAS (desde el punto más distante hasta la salida de la subcuenca)			
Fracción de área	0,363	0,320	0,317
Albedo del suelo	0,1	0,1	0,1
Contenido de agua como nieve (mm)	0	0	0
Longitud del cauce principal (km.)	9,175	11,350	10,580
Pendiente del cauce principal (m/m)	0,073	0,070	0,096
Ancho promedio del cauce principal (m)	1.5	2.0	4.0
Conductividad hidráulica efectiva del aluvión del cauce (mm/hr)	1	2	2,5
"n" de Manning para el cauce	0,05	0,05	0,05
Tiempo de retardo del flujo sub-superficial (días)	0	0	0
Concentración de sedimentos en el flujo sub-superficial (ppm)	500	500	500
Longitud promedio de las laderas (m)	81	126	67
Pendiente promedio de las laderas (m/m)	0,110	0,120	0,162
TRANSITO DE SEDIMENTOS (desde la salida de la subcuenca a la salida de la cuenca)			
Ancho promedio del cauce (m)	3.0	4.0	0
Profundidad media del cauce (m)	0,50	0,90	0
Pendiente del cauce (m/m)	0,025	0,028	0

Longitud del cauce (km.)	13,95	7,85	0
"n" de Manning para el cauce	0,05	0,05	0
Conductividad hidráulica efectiva del aluvión del cauce (mm/hr)	2,25	2,5	0
Factor de erosión K para cauce USLE	0,32	0,32	0
Factor de erosión C para cauce USLE	0,05	0,05	0

Técnica de análisis

Una vez examinados los conceptos básicos, características y requerimientos de información del modelo, definidos los escenarios y obtenida la información requerida, se procedió a la codificación, preparación y montaje de los archivos, para ello se elaboró el archivo de precipitación diaria para los lapsos indicados, y los archivos para cada uno de los escenarios. En el Apéndice XXVIII se listan los archivos de datos elaborados para cada uno de los escenarios. Procesado el modelo SWRRB (versión para trabajar en sistema MS-DOS) para cada uno de los escenarios, se ajustan las variables y una vez obtenidos los resultados se analizan los elementos objeto de estudio: la producción de agua y sedimentos, para luego comparar y presentar los resultados.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

Para procesar el modelo, la cuenca se dividió en tres subcuencas. Se plantearon dos escenarios de uso de la tierra, Uso Actual y Uso Propuesto. El primero corresponde al uso actual de la tierra y el segundo a la proposición de uso (Gómez y Rodríguez, 1986) en función de la metodología propuesta por la FAO. Para el primer escenario se delimitaron diez unidades de uso, mientras que para el segundo, nueve. Las superficies ocupadas por las unidades para cada escenario se indican en las Tablas 20 y 21

**Tabla 20 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Escenario 1. Uso Actual**

Descripción	Area (ha)				
	A1	A2	A3	Total	%
Bosque	280	0	0	280	3,28
Bosque + tierras agropecuarias intervenidas	378	429	116	923	10,80
Vegetación secundaria	1460	46	449	1955	22,88
Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención mediana	454	747	0	1201	14,06
Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención fuerte	254	720	335	1309	15,32
Tierras agropecuarias	274	569	556	1399	16,37
Sabanas	0	0	159	159	1,86
Matorral	0	158	991	1149	13,45
zona descubierta	0	0	105	105	1,23
Area urbana	0	64	0	64	0,75
Total	3100	2733	2711	8544	100,00

De los valores mostrados en la Tabla 20, se evidencia el grado de deterioro de la cuenca en su uso actual. El área ocupada por el bosque sin ningún grado de intervención representa tan solo el 3,28 % del área total y está ubicado en su totalidad en la subcuenca superior, mientras que el bosque con algún grado de intervención, producto del desarrollo de tierras con fines agropecuarios ocupa un 10,80 %. La vegetación secundaria con o sin desarrollo con fines agropecuarios representa el 52,52% del área total, más de la mitad de la cuenca, lo que evidencia el grado de intervención, mientras que las unidades representadas por el matorral, sabanas y zonas descubiertas ocupan un 16,54%.

Esta condición de uso de la tierra en suelos originados a partir de formaciones geológicas constituidas en su mayoría por lutitas, algunas veces acompañadas por capas de areniscas presenta una baja disponibilidad de nutrientes, consecuencia de un bajo pH. Los análisis reportan que el 75% presenta una baja resistencia a la erosión y están ubicados en pendiente promedio de 13%. Las lluvias anuales promedio de 1140 mm, con lluvias máximas de duración de 0,5 horas y frecuencia 10 años del orden de 30.7 mm, determina un ambiente propicio para el desarrollo de procesos erosivos que se reflejan en la producción de sedimentos.

En el escenario de Uso Propuesto se plantea un uso más racional de la tierra, tal como lo indican los valores de la Tabla 21. El área bajo bosque, corresponde a la unidad zona protectora o de reserva, representa el 32,57% de la superficie total y está distribuida en toda la cuenca.

**Tabla 21 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Escenario 2. Uso Propuesto**

Descripción	Area (ha)			Total	%
	A1	A2	A2		
Cultivos de ciclo corto sin prácticas de conservación de suelos	188	200	22	410	4,80
Cultivos de ciclo corto con prácticas de conservación de suelos	50	182	234	466	5,45
Frutales, con prácticas de conservación de suelos	0	140	183	323	3,78
Café bajo sombra en seco con prácticas de conservación de suelos	811	1050	1027	2888	33,80
Café a pleno sol en seco con prácticas de conservación de suelos	302	234	0	536	6,27
Pastos en seco.	2	184	309	495	5,79
Pastos en seco, uso de asociaciones vegetal, corte y rotación	548	31	0	579	6,78
Zona protectora o de reserva	1199	648	936	2783	32,57
Area urbana	0	64	0	64	0,75
Total	3100	2733	2711	8544	100,00

El desarrollo agrícola se plantea en función de cultivos permanentes, donde el café es el principal cultivo. Ocupa una superficie de 3424 hectáreas que representa el 40.07% del área total. Su desarrollo está siempre acompañado de prácticas de conservación de suelos. El 33.8% del cultivo es bajo sombra.

El establecimiento de 876 hectáreas de cultivos de ciclo corto se propone en superficie planas y de baja pendiente con alto grado de resistencia a la erosión. El área total de pasto de seco con diferentes formas de manejo ocupa un área de 1074 hectáreas, lo cual representa el 12.57% y se encuentra en suelos que ofrecen un bajo riesgo de erosión.

Las variables físicas empleadas por el modelo no cambian para los escenarios seleccionados ya que las áreas de las subcuencas son idénticas. Sin embargo, las unidades delimitadas por uso definen cambios en los valores de algunas de las variables empleadas por el modelo, en especial las relativas al valor de la curva número para condición II de humedad antecedente, las variables de cultivo, el "n" de Manning, los factores de prácticas de conservación de suelo P para ser aplicadas en las vertientes y el factor de cultivo o vegetación C, ambos de la MUSLE. En la Tabla 22 se presentan los valores de las variables que difieren para los dos escenarios.

**Tabla 22 Cuenca de la Quebrada Guarico
Valores de variables**

Escenario	Variables	Subcuencas			Cuenca
		A1	A2	A3	
Uso Actual	Curva Número CN2	80	76	77	78
	"n" de Manning en vertientes	0,237	0,184	0,170	0,199
	Factor P	1,0	1,0	1,0	1,0
	Factor cultivo o vegetación C	0,045	0,102	0,061	0,069
Uso Propuesto	Curva Número CN2	73	73	72	73
	"n" de Manning en vertientes	0,452	0,395	0,439	0,430
	Factor P	0,887	0,824	0,840	0,850
	Factor cultivo o vegetación C	0,031	0,052	0,037	0,040

Se observa que los valores de CN2 para las subcuencas son menores en el escenario Uso Propuesto en comparación con al Uso Actual, ello se debe al incremento de áreas con mejor cobertura de suelo, como bosque y frutales bajo sombra en el segundo escenario.

Los valores del "n" de Manning para vertientes en el caso del escenario de Uso Propuesto casi triplican los del escenario Uso Actual, esto, como consecuencia del incremento de las zonas protectoras y el establecimiento de cultivos perennes acompañado de prácticas de conservación de suelos.

El factor P de prácticas de conservación de suelos, se asumió igual a 1 para el primer escenario ya que las prácticas de conservación de suelo son casi nulas, mientras que en el segundo escenario se plantean proposiciones de prácticas de conservación de suelo, lo cual permite variación en dicho factor. Una vez calculadas, estas representan aproximadamente un 85% del valor asumido para el escenario 1. Las propuestas indicadas para el escenario 2 muestran una serie de ventajas que se refleja en la producción de sedimentos.

Ya que no existen registros de caudales, ni sedimentos medidos para la cuenca, no es posible realizar una calibración de los parámetros que intervienen en el modelo. Sin embargo comparar los valores simulados para ambos escenarios permite determinar en forma relativa las diferencias entre ambos escenarios y las ventajas de uno con respecto al otro.

Los valores producidos por el modelo para cada uno de los escenarios, se presentan en el Apéndice XXIX, donde se indican solo los más resaltantes para el presente estudio. En la Tabla 23 se presenta un resumen de los más importantes para los objetivos del presente estudio.

Tabla 23 Cuenca de la Quebrada Guarico

Variables de salida

Variables	Unidades	Uso Actual	Uso Propuesto
CN			
Medio		76,253	67,412
Máximo		94,352	95,817
Mínimo		62,935	52,588
Predicción del Caudal			
Medio de los máximos	m ³ /s	8,230	6,811
Desviación de máximos	m ³ /s	16,138	12,295
Número de picos máximos	Número	299	260
Caudal Máximo	m ³ /s	156,4	77,9
Precipitación	mm	1078,8	1078,8
Escurrimiento superficial Q	mm	85,78	62,50
Escurrimiento Sub-superficial	mm	1,87	4,92
Producción de agua	mm	87,37	67,16
Percolación profunda	mm	24,17	62,76
Evapotranspiración	mm	969,50	950,6
Producción de sedimentos	t/ha/año	0,403	0,166

Aun cuando el SWRRB no está concebido para calcular caudales máximos, el modelo los determina. El caudal máximo de 78 m³/s, que predice el modelo para el escenario 2 representa el 50% del estimado para el escenario de Uso Actual, aun cuando para los caudales promedio esa diferencia sea tan solo del 17%. Esta diferencia en los valores de caudal máximo es producto del componente estocástico que presenta el modelo para su cálculo, así como de las variaciones del "n" de Manning, y del CN2, producto de un mejor uso de la tierra, el establecimiento de prácticas agronómicas y el poder amortiguador de la vegetación.

Para el presente estudio, el término escorrentía se entiende como la cantidad de agua que drena como consecuencia de un evento de precipitación. La sumatoria de las escorrentías durante un ciclo de tiempo se entenderá como escurrimiento. El escurrimiento total es la suma de las escorrentías superficial y subsuperficial como una respuesta al estímulo de la lluvia y es función del contenido de humedad del suelo. En las Tablas 24 y 25 se muestran los valores de salida del modelo para cada uno de los escenarios con respecto a producción promedio mensual de agua, se indica la precipitación promedio mensual y los valores de evapotranspiración. En la Tabla 26 se comparan los valores de escurrimiento promedio mensual para los dos escenarios.

**Tabla 24 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Escenario 1. Escurrimiento promedio mensual**

Mes	Precipitación (mm)	Escurrimiento Superficial (mm)	Escurrimiento Subsuperficial (mm)	Escurrimiento Total (mm)	Evapotranspiración (mm)
1	14,27	0,29	0,01	0,30	17,77
2	35,31	1,33	0,03	1,35	24,8
3	39,83	2,28	0,04	2,31	32,14
4	91,93	11,66	0,15	11,79	68,65
5	111,21	12,95	0,30	13,21	95,25
6	152,50	12,40	0,25	12,56	120,59
7	146,46	9,96	0,37	10,27	143,88
8	109,89	5,23	0,13	5,34	119,51
9	106,52	5,79	0,11	5,89	96,39
10	122,34	13,52	0,23	13,74	98,34
11	99,21	4,34	0,16	4,47	94,32
12	50,27	6,08	0,09	6,16	58,45
Total	1079,74	85,83	1,87	87,39	970,09

Para el escenario 2, Uso Propuesto, se observa una disminución del escurrimiento superficial con respecto al Uso Actual. El escurrimiento disminuye un 23%, de 87 mm en el caso del escenario 1 baja a 67 mm. en el segundo caso. Como se ve, el coeficiente de escurrimiento varía de 8,09% a 6,22 %, la razón es que en el segundo escenario se plantea un mejor uso de la tierra y las proposiciones de prácticas de cultivo influyen en la penetración del agua al suelo. Lo anterior se corrobora en el flujo subsuperficial, el cual se incrementa, de un 2,14% del escurrimiento total en el caso del escenario 1, a un 7,32% en el escenario propuesto. Para ambos escenarios se evidencia que los mayores valores de escurrimiento se suceden en los meses de mayo y octubre aún cuando no corresponde con los meses de máxima precipitación promedio. Al analizar la lluvia, se observa que su distribución anual es bimodal con un primer pico en los meses de junio-julio y un segundo pico en octubre. Sin embargo los datos de lluvias diarias muestran que para el primer pico en el meses de mayo se concentran las lluvias máximas diarias.

En la Tabla 26 se observa que los valores promedios mensuales de producción de agua superficial son menores para todos los meses en el escenario 2, dado que el estímulo es idéntico para ambos escenarios se observa un mejor uso del agua por la cuenca para el escenario propuesto, lo se evidencia una menor producción de agua superficial.

**Tabla 25 Cuenca de la Quebrada Guarico.
Escenario 2. Ecurrimiento promedio mensual**

Mes	Precipitación (mm)	Ecurrimiento superficial (mm)	Ecurrimiento Sub-superficial (mm)	Ecurrimiento Total (mm)	Evapotranspiración (mm)
1	14,27	0,08	0,03	0,11	17,52
2	35,31	1,00	0,08	1,07	24,77
3	39,83	1,24	0,11	1,35	32,21
4	91,93	8,59	0,42	8,99	69,46
5	111,21	10,42	0,85	11,23	92,64
6	152,50	8,81	0,60	9,35	117,29
7	146,46	7,56	0,92	8,43	138,88
8	109,89	3,06	0,34	3,39	118,05
9	106,52	3,08	0,31	3,38	95,74
10	122,34	10,65	0,63	11,26	95,75
11	99,21	2,95	0,40	3,33	92,78
12	50,27	5,08	0,23	5,30	56,13
Total	1079,74	62,52	4,92	67,19	951,22

En los valores mostrados en la Tabla 23 se observa como la disminución en el ecurrimiento superficial se corresponde con un incremento de la percolación profunda, la cual varía de 24,17 mm para el escenario Uso Actual a 62,76 mm. en el Uso Propuesto. Esa disminución del ecurrimiento superficial, no debe considerarse como una pérdida de agua de la cuenca, ya que el agua percolada constituye un aporte de agua al final de la cuenca como flujo subterráneo.

**Tabla 26 Cuenca de la Quebrada Guarico
Ecurrimiento promedio mensual por escenario (mm)**

Escenario	ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Uso Actual	0,30	1,35	2,31	11,79	13,21	12,56	10,27	5,34	5,89	13,74	4,47	6,16	87,39
Uso Propuesto	0,11	1,07	1,35	8,99	11,23	9,35	8,43	3,39	3,38	11,26	3,33	5,30	67,19
Precipitación	14,3	35,3	39,8	91,9	111,2	152,5	146,5	109,9	106,5	122,3	99,2	50,3	1079,7

El modelo calcula la producción de sedimentos producto de la erosión laminar y en surcos que se estima para las laderas de cada subcuenca. La suma de ellas representa la producción anual promedio de sedimentos. La producción total de la cuenca se calcula a la salida de la cuenca una vez transitados los sedimentos.

Los valores de producción de sedimentos de 0,403 y 0,166 t/ha/año reportados por el modelo e indicados en la Tabla 23, para los escenarios 1 y 2 respectivamente, corresponde a valores con una clase de riesgo de erosión actual muy bajo. Para la cuenca de la quebrada Guarico cuya superficie es de 85 km² le corresponde un factor de entrega de 0,18 según los valores reportados por Guevara y Cartaya (1991) y presentados en la Tabla 3, que corresponden a valores de riesgo a la erosión de 2,3 a 0,9 t/ha/año, valores menores de 12 t/ha/año límite inferior de la escala.

Las Tablas 27 y 28 reportan los valores estimados de producción de sedimentos mensuales para cada uno de los escenarios, en los 11 años de análisis (1987-1997), mientras

que la Tabla 30 resume los valores de producción anual de sedimentos (t/ha) para los años de análisis.

Los valores reportados por el modelo para la situación actual, aun cuando no pueden considerarse como cifras reales indican el grado de deterioro que presenta la cuenca, si se compara con los valores del escenario propuesto. Se observa en ambos escenarios que la producción de sedimentos promedio mensual responde a la precipitación, se presentan picos de producción en los meses de abril-mayo y octubre lo cual coincide con la temporada de lluvia.

**Tabla 27 Cuenca de la Quebrada Guarico
Escenario 1. Producción de sedimentos (t/ha)**

Mes	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Promedio
Ene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Feb	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01
Mar	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,01
Abr	0,00	0,00	0,01	0,20	0,04	0,10	0,02	0,04	0,22	0,00	0,00	0,06
May	0,01	0,00	0,00	0,48	0,00	0,07	0,03	0,02	0,02	0,03	0,00	0,06
Jun	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,14	0,06	0,00	0,00	0,01	0,15	0,04
Jul	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,05	0,01	0,00	0,10	0,00	0,22	0,04
Ago	0,00	0,07	0,03	0,00	0,00	0,01	0,11	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02
Sep	0,02	0,12	0,00	0,00	0,10	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Oct	0,02	0,19	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01	0,13	0,50	0,02	0,09
Nov	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,11	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02
Dic	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,35	0,00	0,03
Total	0,05	0,41	0,11	0,75	0,28	0,49	0,28	0,08	0,59	0,90	0,48	0,40

**Tabla 28 Cuenca de la Quebrada Guarico
Escenario 2 Producción de sedimentos (t/ha)**

Mes	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Promedio
Ene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Feb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Mar	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Abr	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,05	0,01	0,02	0,08	0,00	0,00	0,02
May	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02
Jun	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,07	0,02
Jul	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,04	0,01	0,09	0,02
Ago	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01
Sep	0,01	0,05	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Oct	0,01	0,08	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,05	0,17	0,01	0,03
Nov	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Dic	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,01
Total	0,03	0,16	0,05	0,31	0,11	0,24	0,11	0,05	0,22	0,35	0,19	0,17

Se evidencia que la producción de sedimento disminuye en todos los meses y años en el escenario propuesto con respecto a la situación actual. Para ambos casos, los mayores valores (50% de los sedimentos anuales) se presentan en los meses de mayo de 1990 y octubre de 1996; al analizar los datos de lluvias diarias para los meses y años indicados, se observa que corresponden a meses de altas precipitaciones con varios días consecutivos de lluvias antecedentes. Las diferencias entre los años 90 y 96 para ambos escenarios, parecen corresponder a la condición de la humedad antecedente para el complejo suelo-cobertura. En la

Tabla 29 se visualiza que los años donde hay una mayor producción de sedimentos corresponde a aquellos de mayor precipitación.

**Tabla 29 Cuenca de la Quebrada Guarico
Producción anual de sedimentos por escenario (t/ha/año)**

Escenario	Año											Promedio
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Uso Actual	0,05	0,41	0,11	0,75	0,28	0,49	0,28	0,08	0,59	0,90	0,48	0,40
Uso Propuesto	0,03	0,16	0,05	0,31	0,11	0,24	0,11	0,05	0,22	0,35	0,19	0,17
Precipitación (mm)	823	1047	912	1465	1041	1175	1042	946	1168	1181	1067	1079

Para establecer la influencia de los parámetros de la MUSLE en la producción de sedimentos se calculó la producción de sedimentos variando los factores prácticas de conservación de suelo P y el factor de cultivo o vegetación, C. En el Apéndice XXX se muestran los resultados en términos absolutos y porcentuales de producción de sedimentos con relación al valor base empleado en los cálculos. La sensibilidad al factor P es semejante para ambos escenarios disminuyendo la producción en la medida que disminuye el valor del factor.

Se observa que la producción de sedimentos varía en mayor grado en la medida que el factor de cultivo C se incrementa comparado con la misma variación del factor P, esto se corresponde con los reportes de análisis de sensibilidad indicados por Arnold y Williams (1994).

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos al aplicar el modelo SWRRB a la cuenca de la quebrada Guarico, se formulan las siguientes conclusiones:

El modelo SWRRB permite predecir la respuesta hidrológica de una cuenca en producción agrícola para los escenarios de uso agrícola analizados: Uso Actual de la Tierra y Uso Propuesto bajo el esquema desarrollado por la FAO.

Cualitativamente la propuesta de uso plantea un uso más racional de la tierra. El área de bosque y equivalente se incrementa en 62%; aproximadamente el 50% del área bajo cultivo de ciclo corto se propone con prácticas de conservación de suelo al igual que el establecimiento de cultivos perennes. La siembra de pastos y el desarrollo de cultivos de ciclo corto se establece en suelo de baja pendiente y alta resistencia a la erosión.

Los valores reportados por el modelo permiten comparar en forma relativa las diferencias entre ambos escenarios y mostrar las ventajas cuantitativas de uno con respecto al otro.

Dividir el área de la cuenca en subcuencas iguales para ambos escenarios, permite que las variables físicas empleadas por el modelo no cambien. Las diferencias en la respuesta del modelo en producción de agua y sedimento se debe a los cambios que se realizan en los valores de algunas variables empleadas por el modelo, en especial las relativas al valor de la curva número para condición II de humedad antecedente, las variables de cultivo, el "n" de Manning, los factores de prácticas de conservación de suelo P para ser aplicadas en las vertientes y el factor de cultivo o vegetación C, ambos de la MUSLE.

El escenario 2 de Uso Propuesto muestra una serie de ventajas comparativas con respecto al Uso Actual para los factores hidrológicos analizados, que se cuantifica en una reducción del 50% en el valor del caudal máximo. El escurrimiento superficial disminuye en un 23%, que se traduce en un incremento del agua subterránea, el coeficiente de escurrimiento varía de 8,09% a 6,22% y la producción de sedimentos se reduce en un 41%.

La propuesta indicada para el escenario 2 muestra una serie de ventajas cualitativas respecto al escenario 1. El modelo predice de manera cuantitativa la respuesta hidrológica "producción de agua y sedimentos" para ambos escenarios de uso agrícola, y al comparar los resultados permite mostrar en forma relativa las ventajas de un escenario respecto al otro con relación a los procesos hidrológicos analizados.

Según los valores de producción de sedimentos reportados por el modelo para ambos escenarios, la cuenca de la quebrada Guarico presenta una clase de riesgo de erosión actual muy bajo.



Aun cuando, según los valores reportados los problemas de erosión son bajos, aplicar una política de desarrollo agrícola en la cuenca de la quebrada Guarico, teniendo como referencia el escenario de Uso Propuesto, reducirá el proceso erosivo presente y permitirá un uso racional del recurso agua.

Recomendaciones

Se recomienda:

Realizar esfuerzos que permitan establecer unidades de medición de caudales y sedimentos en cuencas con alto desarrollo agrícola y en especial las abastecedoras directas de embalses, a los fines de lograr una interpretación real del sistema cuenca.

Propiciar políticas de investigación y desarrollo agrícola en la cuenca de la quebrada Guarico, teniendo como marco de referencia el escenario de Uso Propuesto.

Considerar la producción de sedimentos como uno de los factores a tomar en cuenta en la planificación de uso de la tierra en la cuenca de la quebrada Guarico.

Siendo la medición de sedimentos una técnica laboriosa y a largo tiempo se debe promover la aplicación de otras metodológicas que permitan cuantificar la producción de agua y sedimentos para comparar los resultados.

Propiciar políticas dirigidas a resolver los problemas de erosión presentes en la cuenca Guarico.

Aplicar el modelo en otras subcuencas altas del río Tocuyo con equivalente grado de información básica que permita establecer la confiabilidad de los datos aportados por el modelo SWRRB.

BIBLIOGRAFIA

- Arnold J.G., J.R. Williams. 1994. A Watershed Scale Model for Soil and Water Resources Management. Texas. USA.
- Arnold J.G., J.R Williams., A. Nicks, y N. Sammons. 1990. SWRRB: A basing Scale Simulation for Soil and Water Resources Management. Texas A & M Univ. Press, College Station. USA.
- Atlas Climatológico. 1984. Ministerio de la Defensa. Servicio de Meteorología. F.A.V. Venezuela.
- Campos, V., S. Osuna. y V. Guedez. 1973. Geología de la región Noroeste de Acarigua y al sur de la falla de Boconó. Memorias. II Congreso Latinoamericano de Geología. Caracas.
- Chow, V. T., D. Maidment, L. Mays. 1994. Hidrología aplicada. McGraw-Hill. Bogotá. Colombia.
- CONARE. 1982. Proyecto de reforestación de la cuenca alta del río Tocuyo. Agua Santa. Estado Lara.
- COPLANARH. 1975. Inventario Nacional de Tierras de las regiones costa nor-oriental, centro-occidental y central. Vol. 1. Publicación N° 43. Caracas. Venezuela.
- Ewel, J. y A. Madrid. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Dirección de Investigación. MAC. Caracas.
- FAO. 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Publicación N° 53. ONU. Roma. Italia
- FAO. 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Guía FAO Conservación 13/6. Roma.
- Gómez, A. y H. Alarcón 1975. Erosión. Manual de la degradación y pérdida de los suelos agrícolas.
- Gómez, J. y O. Rodríguez. 1986 Evaluación de la aptitud de uso de las tierras de la cuenca de la quebrada Guarico. Estado Lara. Serie Investigación N° 5. UCLA. Barquisimeto.
- Guevara, E. y H. Cartaya. 1991 Hidrología. Una Introducción a la ciencia hidrológica aplicada. Ed. Gueca Valencia-Venezuela.
- Hermelin, S. 1987. Estimación de los efectos de las diferentes prácticas de conservación de suelos a nivel de cuencas. Tesis de Grado. CIDIAT. ULA. Mérida.
- Hermelin, S. y H.Oree. 1990. Diagnóstico de la erosión y producción de sedimentos a nivel de la cuenca (Borrador final) Taller de conservación de cuencas. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Barquisimeto.
- Hernández, E. 1987. Manejo de Cuencas: Fundamentos y Aplicaciones. facultad de Ciencias Forestales de la ULA. Mérida.

- Israelsen O.W. y Hansen V.E. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Editorial Reverté 2da ed. Barcelona.
- López, J. 1996. Caracterización climática de la zona sur del Estado Lara. Trabajo de Ascenso. UCLA. Barquisimeto.
- López, R. Serie: Suelos y Clima SC-65. CIDIAT. Mérida.
- Lopez R. 1991. La degradación y pérdida de los suelos agrícolas. Serie Suelos y Clima. CIDIAT. Mérida.
- Mata, A. 1980 Estudio de las alternativas para el aprovechamiento de las aguas del embalse Félix de los Ríos. Dos Cerritos. Estado Lara. DGI. MARNR. Caracas.
- Mintegui, J. Y Robredo, J. 1993 Métodos para la estimación de los efectos torrenciales en una cuenca hidrográfica. Fundación Conde del Valle de Salazar. España.
- Mogollón, L. y J. Comerma. 1994. Suelos de Venezuela. PDVSA. Caracas.
- Páez, M. L. 1989. Riesgos de erosión hídrica y alternativas de conservación en las tierras agrícolas del valle medio del Yaracuy. Rev. Fac. Agronomía. Alcance 37. Maracay.
- Páez, M. y O. S. Rodríguez .1989. Factores de la ecuación Universal de pérdidas de suelo en Venezuela. Rev. Fac. Agronomía. Alcance 37. Maracay.
- Páez, M. 1990. Diseño y evaluación de prácticas conservacionistas a nivel de parcelas. Metodologías y estimación de costos. Taller de conservación de cuencas. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Barquisimeto.
- Salazar, A. y R. Smith. 1985. Levantamiento de información básica en vegetación, fase II. Cuenca alta del río Tocuyo. MARNR. Zona 3. Barquisimeto.
- USDA-SCS, Hydrology Handbook. 1972.
- Von Der Osten, E. y D. Zozaya. 1957. Geología de la parte suroeste del estado Lara, región de Quibor. Boletín de Geología. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. N° 4.
- Williams, J. R. y H. D. Berndt. 1976. Determining the universal soil loss equation's length-slope factor for watersheds. Proceedings of the National Soil Erosion Conference. May 25-26. ASAE. 20(6).
- Williams, J. R. y H. D. Berndt. 1977. Sediment yield prediction based on watershed hydrology, Trans ASAE. 20(6).
- Wischmeier, W. H. y D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA. Agric. Handbook N°. 282.

www.bdigital.ula.ve **APENDICE**

APENDICE I

Datos de Entrada

Control.

NBYR número de años de simulación, puede ser hasta 100 debe indicarse el año inicial.

IYR año inicial.

LU número de divisiones de la cuenca, puede hacerse basado en las características del suelos, uso de la tierra, vegetación, topografía, precipitación, etc. No hay restricciones para trazar los límites de las subcuencas, sin embargo, cada una debe tener un segmento de cauce. El Programa tiene un límite de 10 subcuenca.

IPD código de impresión, permite al usuario especificar si los datos de salida serán diarios, mensual o anual.

NSIM código de los datos de lluvia, provee cuatro opciones al usuario:

(1) Lectura directa en una estación.

(2) Generar los datos de lluvia en la estación.

(3) Lectura directa en varias estaciones.

(4) Generar los datos en varias estaciones.

Las opciones de generación hacen que el modelo simule la lluvia diaria.

MSIM código de los datos diarios de temperatura, máxima, ofrece también cuatro opciones al usuario. Estas son análogas al caso de la precipitación. Si NSIM es igual a 2 o 4 es necesario suministra las coordenadas X,Y de los centroides de cada subcuenca, (XIJ y YIJ).

Los datos diarios de lluvia y temperatura no se requieren cuando se ha seleccionado las opciones 2 o 4 de NSIM y MSIM. Si la lluvia o temperatura se lee, debe emplearse un registro para cada día, durante el número de días de simulación. Los datos de lluvia y temperatura van en archivos separados. Si se emplea una estación por subcuenca los datos del día, para cada estación, se colocan en el mismo registro.

IGN número aleatorio que indica cuando comienza la simulación

IWST código que permite acumular volúmenes de agua mensual 0 = no, 1= sí.

ISST código que permite acumular volúmenes de sedimentos mensual 0 = no, 1= sí.

IRES código de simulación de embalse 0 = en subcuenca 1 = a la salida de la cuenca

IGRAF código gráfico 0 = no gráfica, 1 = gráfica

IRAIN código que imprime los valores de lluvia generados y medidos 0 = no, 1 = sí.

ITEMP código que imprime los valores de temperatura 0 = no, 1 = sí.

IRESQ lee datos calidad de agua en reservorio 0 = no, 1 = sí.

IDAF día en que se inicia la simulación

IDAL último día de simulación

Generales

DA área de la cuenca en km^2 , para cuencas menores de 5000 km^2
P2(1) factor de corrección ó ajuste de los datos de precipitación para la subcuenca 1.
BFF factor del caudal base.
BRT tiempo de retardo del flujo sub-superficial en días.
FFC humedad inicial en el suelo, se indica como fracción de la capacidad de campo
P2(2) factor de corrección lluvia para la subcuenca 2, si existe más subcuenca se indica.

Coordenadas de las Subcuencas

XIJ(i) coordenada X del centroide de la subcuenca i en km.
YIJ(i) coordenada Y del centroide de la subcuenca i en km.

Climáticas Generales

TP5 lluvias máximas de 0.5 horas de duración y frecuencia 10 años.
TP6 lluvias máximas de 6 horas de duración y frecuencia 10 años.
TP24 número de años con lluvias máximas mensuales de 0.5 horas
YLT latitud de la cuenca en grados

Temperatura

OBMX temperatura mensual promedio máxima
OBMN temperatura mensual promedio mínima
CVT coeficiente de variación de temperatura mensual

Radiación

OBSL valores mensuales de radiación solar diaria promedio. Se leen de los registros de la estación ó en ausencia, de mapas climatológicos con isólinas de radiación solar (isoactinas) que cubran la zona en estudio.

Lluvias Mensuales

WI lluvia máxima de 0.5 horas de duración para cada mes registrada en la estación.

Precipitación

PRD probabilidad mensual para el mes i de un día de lluvia después de un día seco.
PRW probabilidad mensual de un día de lluvia después de un día de lluvia.
WLV días de lluvias en el mes

RMN	lluvia media diaria para el mes
RST	desviación standar diaria para el mes
RSK	coeficiente de asimetría, para cada mes del año.

Cuenca

CHL1	longitud del cauce principal en km.
CHS	pendiente media del cauce principal.
CHN	n de Manning para el cauce
OVN	n de Manning para escurrimiento en laderas
SL	longitud promedio de las vertientes.
STP	pendiente promedio de las vertientes

Subcuencas

FLU	fracción de área para la subcuenca i.
CN2	número de curva, condición II de humedad antecedente.
SALB	albedo del suelo
CHL	longitud del cauce.
CHS	pendiente promedio del cauce
CHW	ancho promedio del cauce principal.
CHK	conductividad hidráulica del aluvión del cauce.
CHN	n de Manning para el tramo de cauce
OVN	n de Manning para escurrimiento en laderas
RT	tiempo que tarda el flujo sub-superficial en salir de la subcuenca i.
CSS	concentración de sedimento en el flujo sub-superficial en ppm
ECP	factor de prácticas de conservación de suelos P de la USLE para las vertientes.
SL	longitud promedio de las vertientes.
STP	pendiente promedio de las vertientes

Tránsito de sedimentos

Estas variables son utilizadas para el tránsito de sedimentos, desde la salida de la subcuenca i hasta la salida de la cuenca y está referida a esos tramos de cauce. Cuando la cuenca no se divide, estos valores no se requieren.

CHW2	ancho promedio del cauce principal
CHD	profundidad promedio del cauce principal.
CHSS	pendiente del tramo de cauce principal

CHL2	longitud del tramo de cauce principal
CHK2	conductividad hidráulica en el tramo de cauce
CHNN	"n" de Manning, en el tramo de cauce.
CHXK	factor de erosionabilidad del suelo K de la USLE, aplicado al cauce.
CHC	factor de cultivo y/o vegetación C de la USLE, aplicado al cauce.

Suelo

NS	número de horizontes para cada suelo
EK	factor de erosionabilidad del suelo K de la USLE
SIL	pasante 200
Z	profundidad de cada horizonte del suelo. Se puede dividir hasta 10 estratos
POR	densidad aparente
T4	agua útil disponible.
SC	conductividad hidráulica saturada del horizonte.
CLA	contenido de arcilla en cada estrato del suelo.

Cultivo

El prefijo j se refiere al cultivo (máximo 3 cultivos), (i) subcuena

NCRj(i)	número de cultivos en rotación
MOj(i)	mes de plantación
IDAj(i)	día de plantación
MOHj(i)	mes de cosecha
IDHj(i)	día de cosecha
CNHj(i)	CN2 de acuerdo ala cosecha
IRDj(i)	tipo de vegetación (1) = anual, caso cultivos (2) = perenne, caso de bosques o pastos.
ITILj(i)	tipo de labranza. (1) = arado en sentido de la pendiente, (2) = arado en (3) = labranza conservacionista, (4) = cero labranza
CVMj(i)	valor anual promedio del factor C de la USLE. Un valor para cada subcuena.
BLAI(i)	máximo índice de área foliar de la vegetación. Se asume igual a 5.0 para toda vegetación con suficiente precipitación anual promedio.

APENDICE II

Factor de caudal Base

	Características del flujo	BFF
1	Ríos permanentes, caudal más del 75 % del tiempo	1,00
2	Caudal entre el 55 a 75 % del tiempo	0,75
3	Caudal entre el 40 a 45 % del tiempo	0,50
4	Caudal entre el 20 a 40 % del tiempo	0,25
5	Ríos efimeros	0,00

Tomado de Boughton (1984) citado por Arnold, J. Williams, J. (1994)

www.bdigital.ula.ve

APENDICE III

Valores de rugosidad "n" de Manning

	Condición	Valor medio	Rango
I	Flujo de canales (1)		
A	Excavado o dragado		
	1 Tierra, recto y uniforme	0,025	0,016 - 0,033
	2 Tierra, sinuoso e inactivo	0,035	0,023 - 0,050
	3 No estable con hierbas y matorrales	0,075	0,040 - 0,140
B	Canal natural		
	1 Pocos árboles, piedras y matorrales	0,05	0,025 - 0,065
	2 Troncos y matorrales.	0,10	0,500 - 0,150
II	Flujo en laderas (2)		
	Tierra arada, sin residuos	0,01	0,008 - 0,012
	Cultivo convencional, sin residuos	0,09	0,060 - 0,120
	Cultivo convencional, con residuos	0,19	0,160 - 0,220
	Sin cultivar, sin residuo	0,07	0,040 - 0,100
	Sin cultivar (0.5 - 1 t/ha)	0,12	0,070 - 0,170
	Sin cultivar (2 - 9 t/ha.)	0,30	0,170 - 0,470
	Gran extensión de pasto (20% de cobertura)	0,60	
	Pradera con vegetación baja	0,15	0,100 - 0,200
	Vegetación densa	0,24	0,170 - 0,300
	Pasto bermudas	0,41	0,300 - 0,480

Fuente: (1) Chow (1959), (2) Engman (1983), citados por Arnold et al (1990).

APENDICE IV

Curvas Número de escorrentía para complejos hidrológicos suelo-cobertura

Condición II de humedad antecedente e $Ya = 0,2$ S. Fuente: USDA (1972), citado por Arnold et al (1990).

Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Condición Hidrológica	Grupo hidrológico de suelos			
			A	B	C	D
Rastrojo	Hileras rectas		77	86	91	94
Cultivos en hileras	Hileras rectas	Mala	72	81	88	91
	Hileras rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	65	82	86
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	62	71	78	81
Cultivos en hileras Estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
	Hileras rectas	Buena	63	75	83	87
Leguminosas (1) Hileras estrechas o Rotación	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	59	70	78	81
	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras rectas	Buena	58	72	81	85
Pastos de pastoreo	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	51	67	76	80
		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
Pasto de corte		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Mala	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Bosque		Buena	30	58	71	78
		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
Pastos		Buena	25	55	70	77
			59	74	82	86
Caminos de tierra (2)			72	82	87	89
Pavimentos (2)			74	84	90	92

(1) siembra tupida al voleo (2) Incluye derecho de vía

La condición hidrológica que aparece en la Tabla se refiere al grado de cobertura vegetal

Buena = cobertura en más del 75% del área

Regular = entre 50 y 75% del área

Mala = menos del 50% del área

APENDICE V

Factor de erosión P. Para práctica de conservación en curvas de nivel Valores función de la pendiente y máxima longitud de laderas

Pendiente de la ladera %	Valor de P	Máxima longitud (pies) (1)
1 a 2	0,6	400
3 a 5	0,5	300
6 a 8	0,5	200
9 a 12	0,6	120
13 a 16	0,7	80
17 a 20	0,8	60
21 a 25	0,9	50

(1) Se incrementa en un 25% si existe una cobertura por residuos vegetal mayor del 50%
Fuente: Wischmeier y Smith (1978)

www.bdigital.ula.ve

APENDICE VI

Conductividad hidráulica efectiva para pérdidas de infiltración en canales aluviales

	Material del lecho	Características del lecho	Conductividad mm/h
	Pérdida por infiltración		
1	Muy alta.	Grava muy limpia y arena gruesa $d_{50} > 2\text{mm}$.	> 127
2	Alta	Arena limpia y grava bajo las condiciones de campo.	51 - 127
3	Moderadamente alta.	Mezcla de arena y grava con porcentaje de limo y arcilla	25 - 76
4	Moderada.	Mezcla de arena y grava con cantidades significativas de limo y arcillas.	6,4 - 25
5	Muy bajas.	Material del lecho consolidado con alto contenido de arcilla y limo.	0.025 - 2.5

Fuente: Lane (1982), citado por Arnold et al (1990).

www.bdigital.ula.ve

APENDICE VII

Propiedades físicas de suelos.

Textura	Densidad (gr / cm)	Volumen (mm/mm)			
		Porosidad Total	Capacidad de campo (1/3 bar)	Punto de marchitez (15 bar)	Capacidad de aprovechamiento
Arena gruesa	1,6	0,4	0,11	0,03	0,08
Arena	1,6	0,4	0,16	0,03	0,13
Arena fina	1,5	0,43	0,18	0,03	0,15
Arena muy fina	1,5	0,43	0,27	0,03	0,25
Arena media gruesa	1,6	0,4	0,16	0,05	0,11
Franco arenoso	1,6	0,4	0,19	0,05	0,14
Franco arenoso fino	1,6	0,4	0,22	0,05	0,18
Franco arenoso muy fino	1,6	0,4	0,37	0,05	0,32
Franco arenoso grueso	1,6	0,4	0,19	0,08	0,11
Franco arenoso	1,6	0,4	0,22	0,08	0,14
Franco arenoso fino.	1,7	0,36	0,27	0,08	0,19
Franco arenoso muy fino	1,6	0,4	0,37	0,08	0,29
Franco	1,6	0,4	0,26	0,11	0,15
Franco limoso	1,5	0,43	0,32	0,12	0,2
Limoso	1,4	0,47	0,27	0,03	0,24
Franco arcillo-arenoso	1,6	0,4	0,3	0,18	0,12
Franco arcilloso	1,6	0,4	0,35	0,22	0,13
Franco arcillo limoso	1,4	0,47	0,36	0,2	0,16
Arcillo-arenoso	1,6	0,4	0,28	0,2	0,13
Arcillo-limoso	1,5	0,48	0,4	0,3	0,14
Arcilla	1,4	0,47	0,39	0,28	0,11

Fuente: Svetlosanov and Knisel (1982), citado por Arnold et al (1990).-----

APENDICE VIII

TABLA RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Textura del suelo	Filtración ¹ y permeabilidad cm/hora I_f	Total espacio poroso % W'	Peso específico aparente A_s	Capacidad del campo % FC	Marchitez permanente % PW	Humedad total utilizable ²		
						Peso seco " $P_s = FC \cdot PW$	Volumen " $P_v = P_s \cdot A_s$	cm/m $d = \frac{P_s}{100} \cdot A_s \cdot D$
Arenoso	5 (2,5-25,5)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco-arenoso	2,5 (1,3-7,6)	43 (40-47)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franco	1,3 (0,8-2,0)	47 (43-49)	1,40 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-19)
Franco-arcilloso	0,8 (0,25-1,5)	49 (47-51)	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (17-22)
Arcillo-arenoso	0,25 (0,03-0,5)	51 (49-53)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	23 (18-23)
Arcilloso	0,5 (0,01-0,1)	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

NOTA: Los intervalos normales son consignados entre paréntesis.

1. Los intervalos filtración real varían mucho con la estructura del suelo y su estabilidad estructural, incluso más aún de lo indicado en esta columna.

2. La humedad fácilmente utilizable representa un 75 % de la totalmente utilizable.

APENDICE IX

Valores medio anuales del Factor cultivo y/o vegetación: C

Cubierta vegetal	Valor de C
Arborado forestal denso	0,01
Arborado forestal claro	0,03
Matorral con buena cobertura	0,08
Matorral ralo y eriales	0,2
Cultivos arbóreos y viñedos	0,4
Cultivos anuales y herbáceos	0,25
Cultivos en regadío	0,04

Fuente: Mintegui y Robredo (1993)

Valores de C (x 10⁻³) para matorrales y arbustos

Cubierta vegetal		Cubierta en contacto con el suelo						
Tipo y altura de cubierta	% de Recubrimiento	Tipo	Porcentaje de cobertura del suelo					
			0	20	40	60	80	>95
Inapreciable		G	450	200	100	42	13	3
		W	450	240	150	90	43	11
Plantas	25	G	360	170	90	38	12	3
		W	360	200	130	82	41	11
Herbáceas (< = 0,5 m)	50	G	260	130	70	35	12	3
		W	260	160	110	75	39	11
-	75	G	170	100	60	31	11	3
		W	170	120	90	67	38	11
Matorral (< = 2,0 m.)	25	G	400	130	90	40	13	3
		W	400	220	140	85	42	11
-	50	G	340	160	85	38	12	3
		W	340	190	130	81	41	11
-	75	G	280	140	80	36	12	3
		W	280	170	120	77	40	11
Arborado joven sin matorral	25	G	420	190	100	41	13	3
		W	420	230	140	87	42	11
Apreciable (< =4,0 m)	50	G	390	180	90	40	13	3
		W	390	210	140	83	42	11
-	75	G	360	170	90	39	13	3
		W	360	200	130	83	41	11

G: cubierta en contacto con el suelo formado por pastizales con menos de 5 cm de humus

W: idem. con plantas herbáceas con resto de vegetales sin descomponer.

Fuente: Wischmeier y Smith (1978), citado por Mantegui y Robredo (1993)

Factor C para bosques

% de cubierta	% de cubierta en contacto con el suelo (1)	Tipo de ordenación (2)	
		C	NC
100 - 75	100 - 90	0,001	0,003 - 0,011
75 - 40	90 - 75	0,002 - 0,004	0,010 - 0,040
40 - 20 (3)	70 - 40	0,003 - 0,009	0,020 - 0,090

(1) Formada por al menos de 5 cm. de restos vegetales ó plantas herbáceas

(2) C = montes con control de pastoreo

NC = montes sin control de pastoreo

(1) para cubiertas en contacto con el suelo inferiores al 40 % ó cubida cubierta menor del 20 %, deben usarse valores de la Tabla matorrales y arbustos.

Fuente: Wischmeier y Smith (1978), citado por Mintegui y Robrero (1993)

www.bdigital.ula.ve

Factor C en función de: Formación, Fracción de cabida cubierta en copas y Fracción de cabida cubierta en superficie. Tomado de Mintegui y Robrero (1993).

Tipo de Formación	
1	BOSQUE
2	ARBOLADO
3	MATORRAL (h < 2 m)
4	PLANTAS HERBACEAS Y MALAS HIERBAS
5	ERIAL A CUBIERTA DESPRECIABLE
6	PRADOS y PRADERAS
7	RIBERAS
8	CULTIVOS ANUALES Y HERBACEOS
9	CULTIVOS ARBOREOS y VIÑEDOS
10	CULTIVOS DE REGADIO
11	IMPRODUCTIVO

F.C.C. Fracción de cabida cubierta

a) F.C.C. EN COPAS < 35%

Formación	% F.C.C. en superficie					
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 90	90 - 100
1	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
2	0,420	0,210	0,120	0,063	0,027	0,007
3	0,400	0,175	0,115	0,062	0,027	0,007
4	0,360	0,185	0,110	0,060	0,026	0,007
5	0,450	0,220	0,125	0,066	0,027	0,007
6	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
7	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
8	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
9	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
10	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

b) F.C.C. EN COPAS 35% - 65%

Formación	% F.C.C. en superficie					
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 90	90 - 100
1	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
2	0,390	0,195	0,115	0,061	0,027	0,007
3	0,340	0,175	0,112	0,059	0,026	0,007
4	0,260	0,145	0,090	0,055	0,025	0,007

c) F.C.C. EN COPAS > 65%

Formación	% F.C.C. en superficie					
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 90	90 - 100
1	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
2	0,360	0,185	0,110	0,061	0,026	0,007
3	0,280	0,155	0,100	0,056	0,026	0,007
4	0,170	0,110	0,075	0,049	0,024	0,007

APENDICE X

Quebrada Guarico.

Cálculo del factor P2

Precipitación media anual = 1044,1 mm

Subcuenca	Isoyeta	Area (ha)	Volumen (m3)	Precipitación	
				media (mm)	Factor P2
1	1550	78	120900		
	1450	593	859850		
	1350	778	1050300		
	1250	1034	1292500		
	1150	617	709550		
Sub-total		3100	4033100	1301,0	1,25
2	1450	30	43500		
	1350	237	319950		
	1250	510	637500		
	1150	889	1022350		
	1050	572	600600		
	950	495	470250		
Sub-total		2733	3094150	1132,1	1,08
3	1250	105	131250		
	1150	235	270250		
	1050	680	714000		
	950	679	645050		
	850	924	785400		
	750	88	66000		
Sub-total		2711	2611950	963,5	0,92
TOTAL		8544		1044,1	1,00

APENDICE XI

Cuenca Guarico

Estación Guarico Serial 2245

Lluvias máximas (mm) de duración 0,5 y 6 horas

Años	Duración (horas)	
	0,5	6
80	18,4	34,8
81	19,0	83,8
82	20,0	43,6
83	18,6	33,4
84	22,0	53,0
85	29,6	49,7
86	32,2	46,0
87	12,6	29,3
88	34,8	56,1
89	25,5	28,7
90	16,0	53,4
91	13,5	63,0
92	18,8	47,0
93	12,6	41,3
94	23,6	26,2
95	31,5	45,7
96	23,3	65,8
97	15,9	38,9
Media	21,9	47,1
Desviación	6,9	15,0

Lluvias máximas (mm)

Frecuencia	Duración (horas)	
	0,5	6
Años		
10	30,9	66,7

www.bdigital.ula.ve

APENDICE XII

Estación Guarico

Lluvias máximas mensuales (mm) de duración 0,5 horas

Mes	Año																		
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	Max
ene	2,0	5,4	20,0	6,2	6,6	0,6	4,3	2,1	1,0	5,5	1,3	2,1	2,3	1,8	0,2	3,7	1,7	15,9	20,0
feb	0,2	12,8	7,0	9,4	0,8	7,0	8,3	2,2	4,6	0,0	7,5	4,7	6,3	1,8	17,2	7,8	9,1	6,3	17,2
mar	4,4	13,6	2,8	2,0	6,9	29,6	2,5	6,3	10,4	25,5	5,0	9,4	5,3	6,0	23,6	31,5	0,3	1,4	31,5
abr	12,2	17,0	19,0	5,4	22,0	4,7	9,8	8,6	5,0	7,2	14,5	10,0	8,8	12,6	10,0	15,8	9,0	4,0	22,0
may	8,0	14,0	15,0	18,6	4,0	7,5	7,9	11,5	4,1	6,5	16,0	4,6	8,3	7,0	19,5	14,7	15,0	8,9	19,5
jun	7,6	14,0	10,0	12,6	6,4	7,2	10,7	3,0	8,9	9,0	6,8	10,3	7,3	10,2	6,4	7,1	11,4	14,6	14,6
jul	9,0	5,4	7,8	11,0	6,7	12,7	8,8	6,4	7,2	11,3	5,5	8,2	7,9	10,7	8,4	12,5	8,0	7,3	12,7
ago	9,2	10,6	5,0	6,0	4,8	4,0	5,8	7,5	15,2	13,1	8,0	4,4	8,0	7,7	13,4	27,2	3,0	5,3	27,2
sep	11,8	19,0	7,0	14,0	9,6	9,3	32,2	12,6	30,5	16,9	8,3	13,5	13,8	11,3	8,9	7,6	12,1	14,9	32,2
oct	5,2	19,0	7,0	4,0	7,9	13,9	22,7	12,4	34,8	7,1	4,8	8,8	7,9	5,4	18,9	20,7	23,3	9,5	34,8
nov	2,8	12,4	4,2	6,6	7,2	21,1	8,3	4,2	19,1	10,2	8,3	13,4	18,8	10,8	3,6	16,5	15,3	5,0	21,1
dic	18,4	10,0	0,0	2,2	5,5	6,7	3,4	2,6	3,3	0,0	12,2	5,5	2,5	8,8	2,7	14,3	23,3	3,0	23,3
Max	18,4	19,0	20,0	18,6	22,0	29,6	32,2	12,6	34,8	25,5	16,0	13,5	18,8	12,6	23,6	31,5	23,3	15,9	34,8
Media	7,6	12,8	8,7	8,2	7,4	10,4	10,4	6,6	12,0	9,4	8,2	7,9	8,1	7,8	11,1	15,0	11,0	8,0	23,0
Desv	5,1	4,5	6,2	5,1	5,1	8,1	8,6	4,0	11,0	7,0	4,2	3,7	4,5	3,6	7,5	8,3	7,5	4,9	7,1

www.bdigital.ula.ve

Estación Guarico

Lluvias máximas mensuales (mm) de duración 0,5 horas

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
20,0	17,2	31,5	22,0	19,5	14,6	12,7	27,2	32,2	34,8	21,1	23,3

APENDICE XIII

Cuenca de la Quebrada Guarico

Generación de valores de temperatura máxima Estación Guarico

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dos Cerritos	33,5	34,7	35,4	34,9	33,1	32,3	33,0	34,1	34,1	34,1	33,6	30,0
Cubiro	26,5	28,2	28,4	28,6	27,1	25,8	25,6	26,8	27,3	27,4	26,5	26,3
Gradiente	-0,876	-0,801	-0,864	-0,784	-0,747	-0,803	-0,917	-0,906	-0,842	-0,827	-0,886	-0,460
Guarico	29,8	31,3	31,7	31,6	30,0	28,9	29,1	30,3	30,5	30,6	29,9	28,1

Cuenca de la Quebrada Guarico

Generación de valores de temperatura mínima Estación Guarico

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dos Cerritos	15,1	15,8	16,2	17,5	17,6	17,5	17,3	16,1	17,2	17,5	17,2	15,3
Cubiro	11,5	11,5	11,9	13,0	13,2	13,4	13,4	13,5	13,5	13,4	13,3	11,8
Gradiente	-0,449	-0,533	-0,533	-0,556	-0,544	-0,509	-0,487	-0,328	-0,463	-0,507	-0,493	-0,443
Guarico	12,4	12,7	14,0	15,1	15,3	15,4	15,3	14,7	15,3	15,3	15,1	12,6

Estación	Altitud (m.s.n.m.)
Dos Cerritos	698
Cubiro	1502
Guarico	1117

APENDICE XIV

Quebrada Guarico.

Calculo del "n" de Manning en laderas

Escenario 1. Areas según Uso Actual

Uso	Descripción	A1	A2	A3	"n"	A1	A2	A3
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)*(4)	(2)*(4)	(3)*(4)
B1	Bosque	280	0	0	0,6	168	0	0
B2	Bosque + tierras agropecuarias intervenidas	378	429	116	0,35	132,3	150,15	40,6
V1	Vegetación secundaria	1460	46	449	0,19	277,4	8,74	85,31
V2	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención mediana	455	746	0	0,19	86,45	141,74	0
V3	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención fuerte	254	720	337	0,12	30,48	86,4	40,44
A	Tierras agropecuarias	274	569	556	0,15	41,1	85,35	83,4
S	Sabanas	0	0	159	0,15	0	0	23,85
M	Matorral	0	158	991	0,18	0	28,44	178,38
D	Sin vegetación	0	0	105	0,08	0	0	8,4
U	Area urbana	0	64	0	0,05	0	3,2	0
Total		3100	2733	2711		735,73	504,02	460,38
						"n" = 0,237	0,184	0,170

"n" cuenca = 0,199

Quebrada Guarico.

Calculo del "n" de Manning

Escenario 2. Areas según Uso Propuesto

Uso	Descripción	A1	A2	A3	"n"	A1	A2	A3
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)*(4)	(2)*(4)	(3)*(4)
1-3	Cultivos de ciclo corto sin prácticas de conservación de suelos	188	200	22	0,12	22,56	24	2,64
2-4	Cultivos de ciclo corto con prácticas de conservación de suelos	50	182	234	0,25	12,5	45,5	58,5
5	Frutales, con prácticas de conservación de suelos		140	183	0,35	0	49	64,05
6	Café bajo sombra en secano con prácticas de conservación de suelos	811	1050	1027	0,40	324,4	420	410,8
7	Café a pleno sol en secano con prácticas de conservación de suelos	302	234		0,35	105,7	81,9	0
8	Pastos en secano	2	184	309	0,30	0,6	55,2	92,7
9	Pastos en secano uso de asociaciones vegetal, corte y rotación	548	31		0,40	219,2	12,4	0
ZP	Zona protectora o de reserva	1199	648	936	0,60	719,4	388,8	561,6
AU	Area urbana		64		0,05	0	3,2	0
Total		3100	2733	2711		1404,36	1080	1190,29
						"n" = 0,453	0,395	0,439

"n" cuenca = 0,430

Valores de "n" de Manning según escenario y subcuencas

Escenario	A1	A2	A3	cuenca
Uso Actual	0,237	0,184	0,170	0,199
Uso Propuesto	0,453	0,395	0,439	0,430

APENDICE XV

Quebrada Guarico.

Curvas Número de escorrentia para complejos hidrologicos suelo-cobertura (CN).

Escenario 1. Areas según Uso Actual

Uso	Descripción	Area (ha)				CN2	A1	A2	A3
		A1	A2	A3	Total				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)x(5)	(2)x(5)	(3)x(5)
B1	Bosque	280	0	0	280	73	20440		
B2	Bosque + tierras agropecuarias intervenidas	378	429	116	923	77	29106	33033	8932
V1	Vegetación secundaria	1460	46	449	1955	85	124100	3910	38165
V2	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención mediana	454	747	0	1201	81	36774	60507	
V3	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención fuerte	254	720	335	1309	70	17780	50400	23450
A	Tierras agropecuarias	274	569	556	1399	75	20550	42675	41700
S	Sabanas	0	0	159	159	68			10812
M	Matorral	0	158	991	1149	78		12324	77298
D	Sin vegetación	0	0	105	105	78			8190
AU	Area urbana	0	64	0	64	90		5760	
Total		3100	2733	2711	8544		248750	208609	208547

CN2 = 80 76 77

CN2 cuenca 78

Quebrada Guarico.

Curvas Número de escorrentia para complejos hidrologicos suelo-cobertura (CN).

Escenario 2. Areas según Uso Propuesto

Uso	Descripción	Area (ha)				CN2	A1	A2	A3
		A1	A2	A3	Total				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)x(5)	(2)x(5)	(3)x(5)
1-3	Cultivos de ciclo corto sin prácticas de conservación de suelos	188	200	22	410	85	15980	17000	1870
2-4	Cultivos de ciclo corto con prácticas de conservación de suelos	50	182	234	466	80	4000	14560	18720
5	Frutales, con prácticas de conservación de suelos		140	183	323	70		9800	12810
6	Café bajo sombra en seco con prácticas de conservación de suelos	811	1050	1027	2888	68	55148	71400	69836
7	Café a pleno sol en seco con prácticas de conservación de suelos	302	234		536	68	20536	15912	
8	Pastos en seco.	2	184	309	495	78	156	14352	24102
9	Pastos en seco uso de asociaciones vegetal, corte y rotación	548	31		579	78	42744	2418	
ZP	Zona protectora o de reserva	1199	648	936	2783	73	87527	47304	68328
AU	Area urbana		64		64	90		5760	
Total		3100	2733	2711	8544		226091	198506	195666

CN2= 73 73 72

CN2 cuenca 73

APENDICE XVI

Cuenca Guarico

Cálculo de longitud de laderas por el método de las curvas de contorno

factor de corrección 2,5

Area 1				
curva	Longitud (m)		Puntos extremos	
	curva	curva base	leidos	corregidos
	LC	LB		EP
L25	9975	7400	22	55
L50	23500	15300	50	125
L75	25750	17050	61	152,5
Total	59225	39750	133	332,5

Long = 81

Area 2				
curva	Longitud (m)		Puntos extremos	
	curva	curva base	leidos	corregidos
	LC	LB		EP
L25	32250	23900	31	78
L50	22000	14350	49	123
L75	9750	6375	19	48
Total	64000	44625	99	248

Long = 126

Area 3				
curva	Longitud (m)		Puntos extremos	
	curva	curva base	leidos	corregidos
	LC	LB		EP
L25	14000	10375	42	105
L50	9250	6000	27	68
L75	9000	5950	24	60
Total	32250	22325	93	233

Long = 67

Cuenca				
	Longitud (m)		Puntos extremos	
	curva	curva base	leidos	corregidos
	LC	LB		EP
A1	59225	39750	133	333
A2	64000	44625	99	248
A3	32250	22325	93	233
Total	155475	106700	325	813

Long = 90

APENDICE XVII

Cuenca Guarico

Pendiente de laderas por el método de las cuadrículas de contorno

Area 1		
Sentido longitudinal (SI)		
Número cuadrícula	Longitud m	número de curvas cortadas
1	1825	2
2	2950	2
3	5800	5
4	6900	5
5	7600	6
6	7300	5
7	5400	1
Total	37775	26

SI = 0,0688

Area 1		
Sentido transversal (Sw)		
Número	Longitud m	número de curvas cortadas
1	6850	5
2	5900	5
3	4950	4
4	4100	4
5	3600	4
6	3400	3
7	2700	2
Total	31500	27

Sw = 0,0857

S1 = 0,110

Area 2		
Sentido longitudinal (SI)		
Número cuadrícula	Longitud m	número de curvas cortadas
1	3400	2
2	4825	3
3	4950	3
4	5400	2
5	5700	2
6	5375	1
7	4300	1
Total	33950	14

SI = 0,0412

Area 2		
Sentido transversal (Sw)		
Número	Longitud m	número de curvas cortadas
1	3600	6
2	4800	6
3	5100	6
4	5600	7
5	6075	6
6	6350	6
7	6800	6
Total	38325	43

Sw = 0,1122

S2 = 0,120

Area 3		
Sentido longitudinal (SI)		
Número cuadrícula	Longitud m	número de curvas cortadas
1	2500	6
2	6500	7
3	6900	9
4	7500	10
5	7800	10
6	8900	10
7	4500	8
Total	44600	60

SI = 0,1345

Area 3		
Sentido transversal (Sw)		
Número	Longitud m	número de curvas cortadas
1	3450	4
2	4675	2
3	4450	2
4	3600	2
5	3850	4
6	2950	5
7	2500	4
Total	25475	23

Sw = 0,0903

S3 = 0,162

Resumen

Area	Subcuenca			Cuenca
	A1	A2	A3	
Pendiente	0,110	0,120	0,162	0,130

APENDICE XVIII

Quebrada Guarico.

Cálculo del factor P. Sin prácticas culturales

Escenario I. Areas según Uso Actual

Uso	Descripción	Area (ha)			P	A1	A2	A3
		A1	A2	A3				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)*(4)	(2)*(4)	(3)*(4)
B1	Bosque	280	0	0	1,000	280	0	0
B2	Bosque + tierras agropecuarias intervenidas	378	429	116	1,000	378	429	116
V1	Vegetación secundaria	1460	46	449	1,000	1460	46	449
V2	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención mediana	454	747	0	1,000	454	747	0
V3	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención fuerte	254	720	335	1,000	254	720	335
A	Tierras agropecuarias	274	569	556	1,000	274	569	556
S	Sabanas	0	0	159	1,000	0	0	159
M	Matorral	0	158	991	1,000	0	158	991
D	Sin vegetación	0	0	105	1,000	0	0	105
U	Area urbana	0	64	0	1,000	0	64	0
Total		3100	2733	2711		3100	2733	2711

Factor P = 1,000 1,000 1,000

Quebrada Guarico.

Cálculo del factor P. Para siembra en curvas de nivel

Areas según Uso Propuesto

Factor P cuenca = 1,000

Uso	Descripción	Area (ha)			P	A1	A2	A3
		A1	A2	A3				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)*(4)	(2)*(4)	(3)*(4)
1-3	Cultivos de ciclo corto sin prácticas de conservación de suelos	188	200	22	1,000	188	200	22
2-4	Cultivos de ciclo corto con prácticas de conservación de suelos	50	182	234	0,700	35	127,4	163,8
5	Frutales, con prácticas de conservación de suelos		140	183	0,700	0	98	128,1
6	Café bajo sombra en seco con prácticas de conservación de suelos	811	1050	1027	0,700	567,7	735	718,9
7	Café a pleno sol en seco con prácticas de conservación de suelos	302	234		0,700	211,4	163,8	0
8	Pastos en seco.	2	184	309	1,000	2	184	309
9	Pastos en seco uso de asociaciones vegetal, corte y rotación	548	31		1,000	548	31	0
ZP	Zona protectora o de reserva	1199	648	936	1,000	1199	648	936
AU	Area urbana		64		1,000	0	64	0
Total		3100	2733	2711		2751,1	2251,2	2277,8

Factor P = 0,887 0,824 0,840

Factor P cuenca = 0,850

Valores de P según escenario y subcuencas

Escenario	A1	A2	A3
Areas según uso actual	1,000	1,000	1,000
Areas según uso propuesto	0,887	0,824	0,840

APENDICE XIX

Cuenca Guarico Suelos Guarico características Físico- Químicas

PERFIL N° 1												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-25	10	7,1	86	8	6	af	36,4	1,4	0,04	3,4	3,6	
25-60	15	6,5	84	10	6	af	30	0,8	0,05	3,8	4	
60-90	20		86	10	4	af		0,2		3,8	4,3	
PERFIL N° 2												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-27	80	7,9	56	12	32	FAa	27,6	3,2	0,06	4	3,8	
27-45	70	7,2	52	12	36	FAa	30	2,1	0,06	4,1	4	
45-120	50		38	20	42	A		0,9		4	3,9	
PERFIL N° 3												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-15	3	2,9	28	26	46	A	58,3	3,4	0,11	4	4,3	
15-45	5	2,9	22	24	54	A	58,4	3,4	0,11	3,4	3,6	
45-80	30		16	30	54	A		0,9		2,8	3,6	
PERFIL N° 4												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-20	5	7	52	22	26	FAa	25	2,8	0,11	3,4	3,6	
20-46	50	7,3	52	24	24	FAa	20,5	2,4	0,18	3,3	3,7	
46-90	50		36	18	46	A		0,9		3	3,6	
PERFIL N° 5												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-32	5	13	84	8	8	aF	34,5	0,9	0,19	4,1	4,3	
32-60	5	12,3	82	12	6	aF	20,7	0,7	0,23	4,2	4,3	
60-90	10		78	12	10	Fa		0,6		4,8	5,1	
90-123	10		72	14	14	Fa		0,6		4,7	4,9	
123-160	10		70	14	16	Fa		0,4		3,9	4,2	
PERFIL N° 6												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-20	0	14,8	76	16	8	Fa	52,8	2,4	0,19	3,5	3,7	
20-45	2	13,5	80	12	8	aF	30,6	2,4	0,13	3,1	3,5	
45-105	2		82	14	4	aF		1,8		3	3,7	
PERFIL N° 7												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-30	0	7,4	26	40	24	F	77,5	3,9	0,16	5,2	5,1	
30-56	0	5,6	20	42	38	FA-FAL	72,6	3,3	0,15	3,3	3,5	
56-110	5		20	36	44	A		1,4		3,2	3,5	
PERFIL N° 8												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-20	5	6,5	70	25	5	Fa	75	3,2	0,18	5,1	5,3	
20-37	5	7,2	74	21	5	Fa	81,6	2,4	0,18	5,1	5,5	
37-64	20		60	32	8	Fa		1,2		5,1	5,4	
64-110	5		48	34	18	F		0,3		6,7	6,4	
PERFIL N° 9												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-10	0	11	40	34	26	F	83,2	7,4	0,18	6	5,6	
oct-35	0	10,9	42	32	26	F	77,5	4,7	0,18	5,9	5,5	
35-60	0		52	28	20	F-FAa		1,6		5,6	4,9	
60-120	0		60	26	14	Fa		2,1		5,6	4,8	
PERFIL N° 10												pH
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-20	20	6	76	19	5	aF	25,6	5,5	0,07	7	7	
20-38	40	6,3	76	19	5	aF	26,1	6,5	0,06	7	7	
38-75	8		74	21	5	Fa		3,3		7,3	7,3	
75-140	80		66	24	10	Fa		1,4		7,4	7,5	

Cuenca Guarico
Suelos Guarico características Físico- Químicas

PERFIL N° 11											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-1	0	6,8	56	32	12	Fa	83,2	5,4	0,21	7,2	7,3	
15-42	10	4,7	50	36	14	F	80,3	3,5	0,32	7,4	7,4	
42-90	15		50	36	44	A		1,4		7,6	7,3	
PERFIL N° 12											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-30	5	5,6	70	14	16	Fa	52,3	2,4	0,13	4,6	3,9	
30-50	10	6	64	16	20	Fa-FAa	47,7	1,8	0,15	4,8	4,3	
50-100	5		66	16	18	Fa		1,4		4,3	4	
PERFIL N° 13											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-32	20	5,4	62	16	22	FAa	84,3	2,9	0,1	4,4	3,8	
32-60	40	6,6	56	16	28	FAa	66,1	1,6	0,12	4,4	3,9	
60-112	50		50	14	36	Aa		0,8		4,3	4,2	
112-160	40		52	16	32	Aa		0,6		4,4	4	
PERFIL N° 14											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-40	5	4	58	18	24	FAa	52,5	3,5	0,09	4,3	3,6	
40-60	5	4,5	52	22	26	FAa	45,9	1,5	0,17	4,3	3,2	
60-85	5		50	20	30	FAa		0,8		4,5	3,9	
85-190	10		50	16	34	FAa		0,5		4,6	3,9	
PERFIL N° 15											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-40	20	4,2	46	26	28	FAa	79,6	3,8	0,14	3,7	3,5	
40-65	20	4,2	38	24	38	FA	87,8	3,7	0,11	4	3,7	
65-135	10		36	22	42	A		0,9		4	3,6	
135-190	20		33	24	43	A		0,6		4	3,6	
PERFIL N° 16											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-28	0	7,6	40	20	32	FAa	58,3	2,7	0,19	6,5	6,5	
28-55	2	7,7	46	22	32	FAa	51,3	1,8	0,17	5,6	5,3	
55-80	5		42	20	38	FA		1,4		5,8	5,5	
80-150	35		40	27	33	FAa		0,6		5,5	4,9	
PERFIL N° 17											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-15	5	7,1	58	14	28	FAa	72,1	2,5	0,13	5,6	5,5	
15-48	5	7,2	60	14	26	FAa	67,5	1,7	0,15	5,6	5,3	
48-80	0		56	10	34	FAa		0,9		5,7	5,5	
80-110	0		52	12	36	Aa		0,8		5,6	5,6	
PERFIL N° 18											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-50	3	8,4	60	22	18	Fa	83,1	1,7	0,21	4,2	4	
50-78	5	8,6	58	22	20	FAa-Fa	67,4	0,8	0,26	4,2	4	
78-116	5		44	20	36	FA		0,4		3,8	3,8	
116-160	10		50	14	36	Aa		0,4		3,8	3,8	
PERFIL N° 19											pH	
Prof (cm)	Esq grueso %	amf	a	L	A	C. T.	% Agreg	M.O. %	C. Erod	H2O	KCl	
0-18	5	7,4	30	41	29	FA	21,7	2,9	0,11	4,3	4	
18-37	15	7,3	32	40	28	FA	12	1,2	0,12	4,1	3,9	

Tomado de Gómez, J. y Rodríguez, O. 1986

APENDICE XX

Cuenca Guarico

Profundidad del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Profundidad				
	A1	A2	A3	Total	(mm)	A1	A2	A3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
1		7	292	299	10	0	70	2920
1		7	292	299	240	0	1680	70080
1		7	292	299	650	0	4550	189800
2		139	426	565	10	0	1390	4260
2		139	426	565	260	0	36140	110760
2		139	426	565	930	0	129270	396180
3		59	226	285	10	0	590	2260
3		59	226	285	140	0	8260	31640
3		59	226	285	650	0	38350	146900
4	395	230		625	10	3950	2300	0
4	395	230		625	190	75050	43700	0
4	395	230		625	700	276500	161000	0
5		196		196	10	0	1960	0
5		196		196	310	0	60760	0
5		196		196	1280	0	250880	0
6	119	52		171	10	1190	520	0
6	119	52		171	190	22610	9880	0
6	119	52		171	850	101150	44200	0
7	5	28		33	10	50	280	0
7	5	28		33	290	1450	8120	0
7	5	28		33	800	4000	22400	0
8	59	5		64	10	590	50	0
8	59	5		64	190	11210	950	0
8	59	5		64	900	53100	4500	0
9	30	80		110	10	300	800	0
9	30	80		110	90	2700	7200	0
9	30	80		110	1100	33000	88000	0
10			335	335	10	0	0	3350
10			335	335	190	0	0	63650
10			335	335	1200	0	0	402000

continua

continua profundidad del estrato

Cuenca Guarico

Profundidad del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	Profundidad			
	A1	A2	A3		(mm)	A1	A2	A3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
11			122	122	10	0	0	1220
11			122	122	140	0	0	17080
11			122	122	750	0	0	91500
12	463	809	681	1953	10	4630	8090	6810
12	463	809	681	1953	290	134270	234610	197490
12	463	809	681	1953	700	324100	566300	476700
13	546	158		704	10	5460	1580	0
13	546	158		704	310	169260	48980	0
13	546	158		704	1280	698880	202240	0
14	319	69		388	10	3190	690	0
14	319	69		388	390	124410	26910	0
14	319	69		388	1500	478500	103500	0
15		156	45	201	10	0	1560	450
15		156	45	201	390	0	60840	17550
15		156	45	201	1500	0	234000	67500
16	117	100	19	236	10	1170	1000	190
16	117	100	19	236	270	31590	27000	5130
16	117	100	19	236	1220	142740	122000	23180
17	642	222	398	1262	10	6420	2220	3980
17	642	222	398	1262	140	89880	31080	55720
17	642	222	398	1262	950	609900	210900	378100
18	253	305	48	606	10	2530	3050	480
18	253	305	48	606	490	123970	149450	23520
18	253	305	48	606	1100	278300	335500	52800
otros	152	118	119	389	10	1520	1180	1190
Total	3100	2733	2711					

Profundidad por estrato (mm)

Estrato	A1	A2	A3
1H	10	10	10
2H	254	276	219
3H	968	921	821
Total	1231	1208	1049

APENDICE XXI

Cuenca Guarico

Densidad del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	Densidad			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
1		7	292	299	1,5	0	11	438
1		7	292	299	1,5	0	11	438
1		7	292	299	1,5	0	11	438
2		139	426	565	1,6	0	222	682
2		139	426	565	1,6	0	222	682
2		139	426	565	1,6	0	222	682
3		59	226	285	1,4	0	83	316
3		59	226	285	1,4	0	83	316
3		59	226	285	1,4	0	83	316
4	395	230		625	1,6	632	368	0
4	395	230		625	1,6	632	368	0
4	395	230		625	1,6	632	368	0
5		196		196	1,5	0	294	0
5		196		196	1,5	0	294	0
5		196		196	1,5	0	294	0
6	119	52		171	1,6	190	83	0
6	119	52		171	1,6	190	83	0
6	119	52		171	1,5	179	78	0
7	5	28		33	1,6	8	45	0
7	5	28		33	1,6	8	45	0
7	5	28		33	1,5	8	42	0
8	59	5		64	1,6	94	8	0
8	59	5		64	1,6	94	8	0
8	59	5		64	1,6	94	8	0
9	30	80		110	1,6	48	128	0
9	30	80		110	1,6	48	128	0
9	30	80		110	1,6	48	128	0
10			335	335	1,5	0	0	503
10			335	335	1,5	0	0	503
10			335	335	1,5	0	0	503

continua

continua densidad

Cuenca Guarico

Densidad del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	Densidad	Densidad		
	A1	A2	A3			A1	A2	A3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
11			122	122	1,6	0	0	195
11			122	122	1,6	0	0	195
11			122	122	1,6	0	0	195
12	463	809	681	1953	1,6	741	1294	1090
12	463	809	681	1953	1,6	741	1294	1090
12	463	809	681	1953	1,6	741	1294	1090
13	546	158		704	1,6	874	253	0
13	546	158		704	1,6	874	253	0
13	546	158		704	1,6	874	253	0
14	319	69		388	1,6	510	110	0
14	319	69		388	1,6	510	110	0
14	319	69		388	1,6	510	110	0
15		156	45	201	1,6	0	250	72
15		156	45	201	1,6	0	250	72
15		156	45	201	1,6	0	250	72
16	117	100	19	236	1,6	187	160	30
16	117	100	19	236	1,6	187	160	30
16	117	100	19	236	1,6	187	160	30
17	642	222	398	1262	1,6	1027	355	637
17	642	222	398	1262	1,6	1027	355	637
17	642	222	398	1262	1,6	1027	355	637
18	253	305	48	606	1,6	405	488	77
18	253	305	48	606	1,6	405	488	77
18	253	305	48	606	1,6	405	488	77
Otros	152	118	119	389		0	0	0
Total	3100	2733	2711					

Densidad por estrato

Estrato	A1	A2	A3
1H	1,52	1,52	1,49
2H	1,52	1,52	1,49
3H	1,52	1,52	1,49

APENDICE XXII

Cuenca Guarico

Porcentaje de Agua Util del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	A.U. (%)	A1	A2	A3
	A1	A2	A3					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
1		7	292	299	0,15	0	1	44
1		7	292	299	0,15	0	1	44
1		7	292	299	0,14	0	1	39
2		139	426	565	0,12	0	17	51
2		139	426	565	0,12	0	17	51
2		139	426	565	0,11	0	15	47
3		59	226	285	0,11	0	6	25
3		59	226	285	0,11	0	6	25
3		59	226	285	0,12	0	7	26
4	395	230		625	0,12	47	28	0
4	395	230		625	0,12	47	28	0
4	395	230		625	0,12	47	28	0
5		196		196	0,13	0	25	0
5		196		196	0,13	0	25	0
5		196		196	0,14	0	27	0
6	119	52		171	0,14	17	7	0
6	119	52		171	0,11	13	6	0
6	119	52		171	0,12	14	6	0
7	5	28		33	0,13	1	4	0
7	5	28		33	0,12	1	3	0
7	5	28		33	0,13	1	4	0
8	59	5		64	0,14	8	1	0
8	59	5		64	0,14	8	1	0
8	59	5		64	0,13	8	1	0
9	30	80		110	0,13	4	10	0
9	30	80		110	0,13	4	10	0
9	30	80		110	0,12	4	10	0
10			335	335	0,11	0	0	37
10			335	335	0,11	0	0	37
10			335	335	0,14	0	0	47

continua

continua agua útil

Cuenca Guarico

Porcentaje de Agua Util del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	A.U. (%)	A1 (2)x(6)	A2 (3)x(6)	A3 (4)x(6)
	A1	A2	A3					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
11			122	122	0,14	0	0	17
11			122	122	0,13	0	0	16
11			122	122	0,13	0	0	15
12	463	809	681	1953	0,14	65	113	95
12	463	809	681	1953	0,12	56	97	82
12	463	809	681	1953	0,13	60	105	89
13	546	158		704	0,12	66	19	0
13	546	158		704	0,12	66	19	0
13	546	158		704	0,13	69	20	0
14	319	69		388	0,12	38	8	0
14	319	69		388	0,12	38	8	0
14	319	69		388	0,12	38	8	0
15		156	45	201	0,12	0	19	5
15		156	45	201	0,14	0	22	6
15		156	45	201	0,11	0	18	5
16	117	100	19	236	0,12	14	12	2
16	117	100	19	236	0,12	14	12	2
16	117	100	19	236	0,13	15	13	2
17	642	222	398	1262	0,12	77	27	48
17	642	222	398	1262	0,12	77	27	48
17	642	222	398	1262	0,13	83	29	52
18	253	305	48	606	0,14	35	43	7
18	253	305	48	606	0,12	30	37	6
18	253	305	48	606	0,14	35	42	7
Otros	152	118	119	389		0	0	0
Total	3100	2733	2711					

Agua Util por estrato

Estrato	A1	A2	A3
1H	0,120	0,124	0,122
2H	0,114	0,117	0,117
3H	0,121	0,122	0,121



APENDICE XXIII

Cuenca Guarico

Conductividad Hidráulica del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	C.H.			
	A1	A2	A3		(mm/h)	A1	A2	A3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
1		7	292	299	3,00	0	21	876
1		7	292	299	3,00	0	21	876
1		7	292	299	3,00	0	21	876
2		139	426	565	0,60	0	83	256
2		139	426	565	0,60	0	83	256
2		139	426	565	0,55	0	76	234
3		59	226	285	0,50	0	30	113
3		59	226	285	0,50	0	30	113
3		59	226	285	0,50	0	30	113
4	395	230		625	0,60	237	138	0
4	395	230		625	0,60	237	138	0
4	395	230		625	0,55	217	127	0
5		196		196	2,50	0	490	0
5		196		196	2,50	0	490	0
5		196		196	2,50	0	490	0
6	119	52		171	2,50	298	130	0
6	119	52		171	2,50	298	130	0
6	119	52		171	2,50	298	130	0
7	5	28		33	1,30	7	36	0
7	5	28		33	1,30	7	36	0
7	5	28		33	0,65	3	18	0
8	59	5		64	2,50	148	13	0
8	59	5		64	2,50	148	13	0
8	59	5		64	2,10	124	11	0
9	30	80		110	1,30	39	104	0
9	30	80		110	1,30	39	104	0
9	30	80		110	1,60	48	128	0
10			335	335	2,50	0	0	838
10			335	335	2,50	0	0	838
10			335	335	2,50	0	0	838

continua

continua conductividad hidráulica

Cuenca Guarico

Conductividad Hidráulica del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	C.H. (mm/h)	A1	A2	A3
	A1	A2	A3					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
11			122	122	2,50	0	0	305
11			122	122	2,50	0	0	305
11			122	122	0,90	0	0	110
12	463	809	681	1953	2,50	1158	2023	1703
12	463	809	681	1953	2,50	1158	2023	1703
12	463	809	681	1953	2,25	1042	1820	1532
13	546	158		704	0,60	328	95	0
13	546	158		704	0,60	328	95	0
13	546	158		704	0,37	200	58	0
14	319	69		388	0,60	191	41	0
14	319	69		388	0,60	191	41	0
14	319	69		388	0,60	191	41	0
15		156	45	201	0,60	0	94	27
15		156	45	201	0,60	0	94	27
15		156	45	201	0,60	0	94	27
16	117	100	19	236	0,60	70	60	11
16	117	100	19	236	0,60	70	60	11
16	117	100	19	236	0,67	78	67	13
17	642	222	398	1262	0,60	385	133	239
17	642	222	398	1262	0,60	385	133	239
17	642	222	398	1262	0,48	310	107	192
18	253	305	48	606	2,50	633	763	120
18	253	305	48	606	2,50	633	763	120
18	253	305	48	606	0,52	131	158	25
Otros	152	118	119	389		0	0	0
Total	3100	2733	2711					

Conductividad Hidráulica por estrato

Estrato	A1	A2	A3
1H	1,126	1,556	1,655
2H	1,126	1,556	1,655
3H	0,853	1,235	1,461

APENDICE XXIV

Cuenca Guarico

Porcentaje de arcilla del estrato por subcuenca

unidad	Area Subcuenca (ha)			Total	Arcilla			
	A1	A2	A3		(%)	A1	A2	A3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
1		7	292	299	6,0	0	42	1752
1		7	292	299	6,0	0	42	1752
1		7	292	299	5,0	0	35	1460
2		139	426	565	32,0	0	4448	13632
2		139	426	565	32,0	0	4448	13632
2		139	426	565	39,0	0	5421	16614
3		59	226	285	46,0	0	2714	10396
3		59	226	285	46,0	0	2714	10396
3		59	226	285	54,0	0	3186	12204
4	395	230		625	26,0	10270	5980	0
4	395	230		625	26,0	10270	5980	0
4	395	230		625	35,0	13825	8050	0
5		196		196	8,0	0	1568	0
5		196		196	8,0	0	1568	0
5		196		196	11,5	0	2254	0
6	119	52		171	8,0	952	416	0
6	119	52		171	8,0	952	416	0
6	119	52		171	6,0	714	312	0
7	5	28		33	24,0	120	672	0
7	5	28		33	24,0	120	672	0
7	5	28		33	41,0	205	1148	0
8	59	5		64	5,0	295	25	0
8	59	5		64	5,0	295	25	0
8	59	5		64	10,3	610	52	0
9	30	80		110	26,0	780	2080	0
9	30	80		110	26,0	780	2080	0
9	30	80		110	20,0	600	1600	0
10			335	335	5,0	0	0	1675
10			335	335	5,0	0	0	1675
10			335	335	6,7	0	0	2233

continua

continua porcentaje de arcilla

Cuenca Guarico

Porcentaje de arcilla del estrato por subcuena

unidad	Area Subcuena (ha)			Total	Arcilla			
	A1	A2	A3		(%)	A1	A2	A3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)x(6)	(3)x(6)	(4)x(6)
11			122	122	12,0	0	0	1464
11			122	122	12,0	0	0	1464
11			122	122	29,0	0	0	3538
12	463	809	681	1953	16,0	7408	12944	10896
12	463	809	681	1953	16,0	7408	12944	10896
12	463	809	681	1953	19,0	8797	15371	12939
13	546	158		704	22,0	12012	3476	0
13	546	158		704	22,0	12012	3476	0
13	546	158		704	32,0	17472	5056	0
14	319	69		388	24,0	7656	1656	0
14	319	69		388	24,0	7656	1656	0
14	319	69		388	30,0	9570	2070	0
15		156	45	201	28,0	0	4368	1260
15		156	45	201	28,0	0	4368	1260
15		156	45	201	41,0	0	6396	1845
16	117	100	19	236	32,0	3744	3200	608
16	117	100	19	236	32,0	3744	3200	608
16	117	100	19	236	34,3	4017	3433	652
17	642	222	398	1262	28,0	17976	6216	11144
17	642	222	398	1262	28,0	17976	6216	11144
17	642	222	398	1262	32,0	20544	7104	12736
18	253	305	48	606	18,0	4554	5490	864
18	253	305	48	606	18,0	4554	5490	864
18	253	305	48	606	30,7	7759	9353	1472
Otros	152	118	119	389		0	0	0
Total	3100	2733	2711					

Arcilla (%) por estrato

Estrato	A1	A2	A3
1H	21,2	20,2	19,8
2H	21,2	20,2	19,8
3H	27,1	25,9	24,2

APENDICE XXVI

Quebrada Guarico
 Criterios de selección del factor C
 Escenario 1. Areas según Uso Actual

Uso	Criterio de selección
B1	% cobertura = 80% con alto control al pastoreo
B2	% cobertura = 50% con mediano control al pastoreo
V1	Arborado joven con 80% de recubrimiento con cubierta de pastizal y 80% de cobertura del suelo
V2	Arborado joven con 50% de recubrimiento con plantas herbáceas y malezas con 50% de recubrimiento y 50% de cobertura del suelo
V3	Arborado joven con 30% de recubrimiento con plantas herbáceas y malezas con 50% de recubrimiento y 20% de cobertura del suelo
A	Plantas herbáceas y malezas con 60% de recubrimiento, cubierta con pastizal y 60% de cobertura del suelo
S	Plantas herbáceas y matorros con 75% de recubrimiento y 80% de cobertura del suelo
M	50% de recubrimiento con cubierta del suelo por plantas herbáceas con restos vegetales sin descomponer con un 70% de cobertura del suelo
D	Improductivo = 0
U	Improductivo = 0

www.bdigital.ula.ve

Quebrada Guarico.
 Criterios de selección del factor C
 Escenario 2. Areas según Uso Propuesto

Uso	Criterio de selección
1-3	Cultivos anuales y herbáceos con fracción de cubierta por las copas menor del 35% y cubierta de la superficie de 50%
2-4	Cultivos anuales y herbáceos con fracción de cubierta por las copas menor del 35% y cubierta de la superficie de 50%
5	Arbolado con fracción de cubierta por las copas menor del 35% y cubierta de la superficie de 50%
6	Bosque con fracción de cubierta por las copas entre el 35% y 65% cubierta de la superficie de 70%
7	Arbolado con fracción de cubierta por las copas entre 35% y 65% y cubierta de la superficie de 60%
8	Plantas herbáceas y malezas con 75% de recubrimiento, cubierta con pastizal y 80% de cobertura del suelo
9	Plantas herbáceas y malezas con 75% de recubrimiento, cubierta con pastizal y 80% de cobertura del suelo
ZP	% cobertura = 90% con control al pastoreo
AU	Improductivo

APENDICE XXVII

Quebrada Guarico

Calculo del factor C

Escenario 1. Areas según Uso Actual

Uso	Descripción	A1	A2	A3	C	A1	A2	A3	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)*(4)	(2)*(4)	(3)*(4)	
B1	Bosque	280	0	0	0,003	0,84	0	0	
B2	Bosque + tierras agropecuarias intervenidas	378	429	116	0,008	3,024	3,432	0,928	
V1	Vegetación secundaria	1460	46	449	0,012	17,52	0,552	5,388	
V2	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención mediana	454	747	0	0,110	49,94	82,17	0	
V3	Vegetación secundaria + tierras agropecuarias con intervención fuerte	254	720	335	0,230	58,42	165,6	77,05	
A	Tierras agropecuarias	274	569	556	0,030	8,22	17,07	16,68	
S	Sabanas	0	0	159	0,033	0	0	5,247	
M	Matorral	0	158	991	0,061	0	9,638	60,451	
D	Sin vegetación	0	0	105	0,000	0	0	0	
U	Area urbana	0	64	0	0,000	0	0	0	
Total		3100	2733	2711		137,96	278,46	165,74	
						Factor C =	0,045	0,102	0,061
						Factor C cuenca =	0,069		

Quebrada Guarico.

Calculo del factor C

Escenario 2. Areas según Uso Propuesto

Uso	Descripción	Subcuenca			C	Subcuenca			
		A1	A2	A3		A1	A2	A3	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)*(4)	(2)*(4)	(3)*(4)	
1-3	Cultivos de ciclo corto sin practicas de conservación de suelos	188	200	22	0,250	47	50	5,5	
2-4	Cultivos de ciclo corto con prácticas de conservación de suelos	50	182	234	0,250	12,5	45,5	58,5	
5	Frutales, con prácticas de conservación de suelos		140	183	0,090		12,6	16,47	
6	Café bajo sombra en secano con prácticas de conservación de suelos	811	1050	1027	0,015	12,165	15,75	15,405	
7	Café a pleno sol en secano con prácticas de conservación de suelos	302	234		0,061	18,422	14,274		
8	Pastos en secano.	2	184	309	0,011	0,022	2,024	3,399	
9	Pastos en secano uso de asociaciones vegetal, corte y rotación	548	31		0,011	6,028	0,341		
ZP	Zona protectora o de reserva	1199	648	936	0,001	1,199	0,648	0,936	
AU	Area urbana		64		0,000	0	0	0	
Total		3100	2733	2711		97,34	141,14	100,21	
						Factor C =	0,031	0,052	0,037
						Factor C cuenca =	0,040		

Valores del factor C según escenario y subcuencas

Escenario	Subcuenca		
	A1	A2	A3
Areas según uso actual	0,045	0,102	0,061
Areas según uso propuesto	0,031	0,052	0,037

.000	.000	.000							
3	.12	92.000							
10.000	254.000	968.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
1.520	1.520	1.520	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
.120	.114	.121	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
1.100	1.100	.900	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
21.200	21.200	27.100	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
.000	.000								
.00	.00	.00							
.00	.00	.00	.00	.00					
1231.000									
1	1	1 85.	12	31 85.	0	0	0	0	0
2	4	1	0.00	35.000	.050	0.50	.045		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
5.000	0.00								

0									
.320	76.000	.100	0.0	11.350	.070	2.000	2.000	0.0500	
.184									
0.0	500.000	1.000	126.000	.120					
4.000	.900	.028	7.850	.050	2.500	.320	.050		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00									
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							

.000	.000	.000							
3	.13	92.00							
10.000	276.000	921.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.520	1.520	1.520	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
.124	.117	.122	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1.600	1.600	1.200	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
20.200	20.200	25.900	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
.000	.000								
.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
.000									
1208.000									
1	1	1 82.	12	31 82.	0	0	0.	0	0.
2	4	1	.000	35.000	.050	0.50	.102		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
5.000	0.00								

0	.317	77.000	.100	0.0	10.580	.096	4.000	2.500	.050
.170	0.0	500.000	1.000	67.000	.162				
	.000	.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00									
0.00									
0.00	0.00	0.00	0.00						
0.00	0.00	0.00	0.00						
0.00	0.00	0.00	0.00						
0.00	0.00	0.00	0.00						
0.00	0.00	0.00	0.00						

	.000	.000	.000												
3	.11	92.00													
10.000	219.000	821.000	.00	.00	.00	.00									
1.490	1.490	1.490	.00	.00	.00	.00									
.122	.117	.121	.00	.00	.00	.00									
1.700	1.700	1.500	.00	.00	.00	.00									
19.800	19.800	24.200	.00	.00	.00	.00									
.000	.000														
.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00								
1049.000															
1	1	1 80.	12	31 80.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0
1	4	1	.000	35.000	.100	.500	.061								
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000								
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000								
5.000	0.00														

.000	.000	.000							
3	.12	92.000							
10.000	245.000	968.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
1.520	1.520	1.520	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
.120	.114	.121	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
1.100	1.100	.900	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
21.200	21.200	27.100	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
.000									
.000	.000								
.00	.00	.00							
.00	.00	.00	.00	.00					
1231.000									
1	1	1 73.	12	31 73.	0	0	0	0	0
2	4	1	0.00	35.000	.050	0.50	.031		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
5.000	0.00								

0									
.320	73.000	.100	0.0	11.350	.070	2.000	2.000	0.0500	
.395									
0.0	500.000	.824	126.000	.120					
4.000	.900	.028	7.850	.050	2.500	.320	.050		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00									
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							
0.00	0.00	0.00							

.000	.000	.000							
2	.13	92.00							
10.000	276.000	921.000	.00	.00	.00	.00	.00		
1.520	1.520	1.520	.00	.00	.00	.00	.00		
.124	.117	.122	.00	.00	.00	.00	.00		
1.600	1.600	1.200	.00	.00	.00	.00	.00		
20.200	20.200	25.900	.00	.00	.00	.00	.00		
.000	.000								
.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		
.000									
1208.000									
1	1	1 73.	12	31 73.	0	0	0	0	0
2	4	1	.000	35.000	.050	0.50	.052		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000		
5.000	0.00								

0	.317	72.000	.100	0.0	10.580	.096	4.000	2.500	.050
.439	0.0	500.000	.840	67.000	.162				
	.000	.000	.000	0.000	.000	.000	.000	.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00								
	0.00	0.00	0.00						
	0.00	0.00	0.00						
	0.00	0.00	0.00						
	0.00	0.00	0.00						
	0.00	0.00	0.00						

	.000	.000	.000										
3	.11	92.00											
10.000	219.000	821.000	.00	.00	.00	.00							
1.490	1.490	1.490	.00	.00	.00	.00							
.122	.117	.121	.00	.00	.00	.00							
1.700	1.700	1.500	.00	.00	.00	.00							
19.800	19.800	24.200	.00	.00	.00	.00							
.000	.000												
.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00						
1049.000													
1	1	1 72.	12	31 72.	0	0	0.	0	0.	0	0	0.	0
1	4	1	.000	35.000	.100	.500	.037						
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000						
0	0	0	0.00	.000	.000	.000	.000						
5.000	0.00												

ANEXO XXIX

SWRRBWQ 07/06/92 IBM PC VERSION 1.0
3/18/00 15:34:33

Cuenca Quebrada Guarico
Escenario 1 Uso Actual
Guarico Estado Lara Venezuela
NO YRS = 11
BASIN AREA = 85.440 KM**2
AVE A RAINFALL/AVE A FOR GAGE
SUBBASIN
1 1.25
2 1.10
3 .90
BASEFLOW FACTOR = .000
BASIN LAG TIME = .00 D
GENERATOR CYCLES = 0
WATER STATS = 0
SEDIMENT STATS = 0

GENERATOR SEEDS

9	98	915	92
135	28	203	85
43	54	619	33
645	9	948	65
885	41	696	62
51	78	648	0
227	57	929	37
20	90	215	31
320	73	631	49

CENTROID COORDINATES OF SUB AREAS (KM)
.00 .00 .00

CENTROID COORDINATES OF SUB AREAS (KM)
.00 .00 .00

TP-40 RAINFALL AMOUNTS (10 YR FREQ) FOR DUR
0.5 H = 30.70 MM
6H= 65.40 MM

NO YRS RECORD MAX.5H RAIN= 11.0

LATITUDE= 9.37 DEG

SWRRBWQ 07/06/92 IBM PC VERSION 1.0
 3/18/00 15:34:33

Cuenca Quebrada Guarico
 Escenario 1 Uso Actual
 Guarico Estado Lara Venezuela
 CLIMATE DATA

RAINFALL DATA USED IN THIS RUN ARE:
 MEASURED SINGLE RAINGAGE

TEMPERATURE DATA USED IN THIS RUN ARE;
 SIMULATED SINGLE TEMP FOR ENTIRE BASIN

-MO RAIN PROB--		-MO STATS FOR DAILY RAIN-		
W/D	W/W	MEAN	ST DV	SKW CF
.191	.079	2.398	4.221	3.531
.236	.124	4.478	6.095	2.725
.240	.152	4.225	7.690	3.423
.275	.266	6.866	10.340	2.256
.367	.402	5.524	7.971	2.490
.273	.615	6.077	7.784	2.449
.249	.672	5.389	6.577	2.726
.398	.478	4.735	6.884	2.918
.442	.373	5.424	8.375	3.971
.358	.422	5.931	9.394	3.521
.321	.458	4.809	6.360	2.155
.284	.198	4.259	8.824	5.435

	R5MX	TMX	TMN	RA	CVT	RAIN	DAYP	ALPH
JAN	3.00	29.80	12.40	500.00	.04	12.77	5.32	.61
FEB	18.60	31.30	12.70	550.00	.04	27.56	6.15	.52
MAR	27.30	31.70	14.00	525.00	.03	28.89	6.84	.63
APR	16.50	31.60	15.10	520.00	.05	56.14	8.18	.41
MAY	12.60	30.00	15.30	475.00	.05	65.13	11.79	.35
JUN	10.80	28.90	15.40	500.00	.05	75.64	12.45	.23
JUL	2.70	29.10	15.30	525.00	.06	72.09	13.38	.30
AUG	18.90	30.30	14.70	550.00	.06	63.50	13.41	.52
SEP	37.40	30.50	15.30	525.00	.04	67.28	12.40	.54
OCT	14.40	30.60	15.30	475.00	.04	70.32	11.86	.50
NOV	16.20	29.90	15.10	450.00	.04	53.66	11.16	.41
DEC	10.90	28.10	12.60	475.00	.04	34.53	8.11	.37
YR	15.77	30.15	14.43	505.83	.04	627.51	121.05	.45

Cuenca Quebrada Guarico
 Escenario 1 Uso Actual
 Guarico Estado Lara Venezuela
 SUB-BASIN STATISTICS

AVE ANNUAL VALUES

SUB-BASIN NO	RAIN (MM)	SUB SUR Q (MM)		Y (T/HA)
		SUR Q	SUR Q	
1	1236.0	151.5	2.7	.4
2	1087.7	72.0	1.9	.8
3	889.9	24.4	.9	.1

AVE MONTHLY BASIN VALUES

MO	R (MM)	SNOW		SUB SUR Q (MM)		WATER YIELD (MM)	ET (MM)	Y (T/HA)
		FALL (MM)	SUR Q (MM)	SUR Q (MM)	SUR Q (MM)			
1	14.27	.00	.29	.01	.30	17.77	.00	
2	35.31	.00	1.33	.03	1.35	24.80	.01	
3	39.83	.00	2.28	.04	2.31	32.14	.01	
4	91.93	.00	11.66	.15	11.79	68.65	.06	
5	111.21	.00	12.95	.30	13.21	95.25	.06	
6	152.50	.00	12.40	.25	12.56	120.59	.04	
7	146.46	.00	9.96	.37	10.27	143.88	.04	
8	109.89	.00	5.23	.13	5.34	119.51	.03	
9	106.52	.00	5.79	.11	5.89	96.39	.03	
10	122.34	.00	13.52	.23	13.74	98.34	.09	
11	99.21	.00	4.34	.16	4.47	94.32	.02	
12	50.27	.00	6.08	.09	6.16	58.45	.03	

BASIN STATISTICS

CN--MEAN = 76.253 MAX = 94.352 MIN = 62.935

PRED PK FLOW

MEAN = 8.823 M**3/S ST DEV = 16.138 M**3/S
 NO PKS = 299
 MAX = 156.378 M**3/S

PRED MO WATER YLD

MEAN = 7.28 MM
 ST DEV = 14.28 MM

SWRRBWQ 07/06/92 IBM PC VERSION 1.0
3/18/00 15:34:33

Cuenca Quebrada Guarico
Escenario 1 Uso Actual
Guarico Estado Lara Venezuela
AVE ANNUAL BASIN VALUES

PRECIP = 1078.8 MM
SNOW FALL = .00 MM
SNOW MELT = .00 MM
PRED SURFACE Q = 85.78 MM
SUB-SUR Q = 1.87 MM
PRED H2O YLD = 87.37 MM
DEEP PERC = 24.17 MM
ET = 969.5 MM
TRANS LOSSES = .29 MM
TOTAL SUB-BASIN SED YLD = .431 T/HA
BASIN SED YLD = .403 T/HA

www.bdigital.ula.ve

SWRRBWQ 07/06/92 IBM PC VERSION 1.0
3/18/00 15:34:47

Cuenca Quebrada Guarico
Escenario 2 Uso Propuesto
Guarico Estado Lara Venezuela
NO YRS = 11
BASIN AREA = 85.440 KM**2
AVE A RAINFALL/AVE A FOR GAGE
SUBBASIN
1 1.25
2 1.10
3 .90
BASEFLOW FACTOR = .000
BASIN LAG TIME = .00 D
GENERATOR CYCLES = 0
WATER STATS = 0
SEDIMENT STATS = 0

GENERATOR SEEDS
9 98 915 92
135 28 203 85
43 54 619 33
645 9 948 65
885 41 696 62
51 78 648 0
227 57 929 37
20 90 215 31
320 73 631 49

CENTROID COORDINATES OF SUB AREAS (KM)
.00 .00 .00

CENTROID COORDINATES OF SUB AREAS (KM)
.00 .00 .00

TP-40 RAINFALL AMOUNTS (10 YR FREQ) FOR DUR
0.5 H = 30.70 MM
6H= 65.40 MM

NO YRS RECORD MAX.5H RAIN= 11.0

LATITUDE= 9.37 DEG

1

SWRRBWQ 07/06/92 IBM PC VERSION 1.0
 3/18/00 15:34:47

Cuenca Quebrada Guarico
 Escenario 2 Uso Propuesto
 Guarico Estado Lara Venezuela
 CLIMATE DATA

RAINFALL DATA USED IN THIS RUN ARE:

MEASURED SINGLE RAINGAGE

TEMPERATURE DATA USED IN THIS RUN ARE;

SIMULATED SINGLE TEMP FOR ENTIRE BASIN

-MO RAIN PROB--		-MO STATS FOR DAILY RAIN-		
W/D	W/W	MEAN	ST DV	SKW CF
.191	.079	2.398	4.221	3.531
.236	.124	4.478	6.095	2.725
.240	.152	4.225	7.690	3.423
.275	.266	6.866	10.340	2.256
.367	.402	5.524	7.971	2.490
.273	.615	6.077	7.784	2.449
.249	.672	5.389	6.577	2.726
.398	.478	4.735	6.884	2.918
.442	.373	5.424	8.375	3.971
.358	.422	5.931	9.394	3.521
.321	.458	4.809	6.360	2.155
.284	.198	4.259	8.824	5.435

	R5MX	TMX	TMN	RA	CVT	RAIN	DAYP	ALPH
JAN	3.00	29.80	12.40	500.00	.04	12.77	5.32	.61
FEB	18.60	31.30	12.70	550.00	.04	27.56	6.15	.52
MAR	27.30	31.70	14.00	525.00	.03	28.89	6.84	.63
APR	16.50	31.60	15.10	520.00	.05	56.14	8.18	.41
MAY	12.60	30.00	15.30	475.00	.05	65.13	11.79	.35
JUN	10.80	28.90	15.40	500.00	.05	75.64	12.45	.23
JUL	2.70	29.10	15.30	525.00	.06	72.09	13.38	.30
AUG	18.90	30.30	14.70	550.00	.06	63.50	13.41	.52
SEP	37.40	30.50	15.30	525.00	.04	67.28	12.40	.54
OCT	14.40	30.60	15.30	475.00	.04	70.32	11.86	.50
NOV	16.20	29.90	15.10	450.00	.04	53.66	11.16	.41
DEC	10.90	28.10	12.60	475.00	.04	34.53	8.11	.37
YR	15.77	30.15	14.43	505.83	.04	627.51	121.05	.45

SWRRBWQ 07/06/92 IBM PC VERSION 1.0
 3/18/00 15:34:47

Cuenca Quebrada Guarico
 Escenario 2 Uso Propuesto
 Guarico Estado Lara Venezuela
 SUB-BASIN STATISTICS

AVE ANNUAL VALUES

SUB-BASIN NO	RAIN (MM)	SUR Q (MM)	SUB SUR Q (MM)		Y (T/HA)
			SUR Q	SUR Q	
1	1236.0	57.8	5.2		.1
2	1087.7	121.3	8.4		.4
3	889.9	8.6	1.1		.0

AVE MONTHLY BASIN VALUES

MO	R (MM)	SNOW		SUB SUR Q (MM)		WATER YIELD (MM)	ET (MM)	Y (T/HA)
		FALL (MM)	SUR Q (MM)	SUR Q (MM)	SUR Q (MM)			
1	14.27	.00	.08	.03		.11	17.52	.00
2	35.31	.00	1.00	.08		1.07	24.77	.00
3	39.83	.00	1.24	.11		1.35	32.21	.00
4	91.93	.00	8.59	.42		8.99	69.46	.02
5	111.21	.00	10.42	.85		11.23	92.64	.02
6	152.50	.00	8.81	.60		9.35	117.29	.02
7	146.46	.00	7.56	.92		8.43	138.88	.02
8	109.89	.00	3.06	.34		3.39	118.05	.01
9	106.52	.00	3.08	.31		3.38	95.74	.01
10	122.34	.00	10.65	.63		11.26	95.75	.03
11	99.21	.00	2.95	.40		3.33	92.78	.01
12	50.27	.00	5.08	.23		5.30	56.13	.01

BASIN STATISTICS

CN--MEAN = 67.412 MAX = 95.817 MIN = 52.588

PRED PK FLOW

MEAN = 6.811 M**3/S ST DEV = 12.295 M**3/S
 NO PKS = 260
 MAX = 77.934 M**3/S

PRED MO WATER YLD

MEAN = 5.60 MM
 ST DEV = 12.55 MM

SWRRBWQ 07/06/92 IBM PC VERSION 1.0
3/18/00 15:34:47

Cuenca Quebrada Guarico
Escenario 2 Uso Propuesto
Guarico Estado Lara Venezuela
AVE ANNUAL BASIN VALUES

PRECIP = 1078.8 MM
SNOW FALL = .00 MM
SNOW MELT = .00 MM
PRED SURFACE Q = 62.50 MM
SUB-SUR Q = 4.92 MM
PRED H2O YLD = 67.16 MM
DEEP PERC = 62.76 MM
ET = 950.6 MM
TRANS LOSSES = .26 MM
TOTAL SUB-BASIN SED YLD = .177 T/HA
BASIN SED YLD = .166 T/HA

www.bdigital.ula.ve

APENDICE XXX

Cuenca Guarico
Sensibilidad del modelo

		Producción (t/ha)	Producción/Base
Factor C			
Escenario 1			
	-50%	0,685	0,260
	-25%	1,424	0,550
	Base	2,595	1,000
	+25%	4,343	1,670
	+50%	6,655	2,560
Escenario 2			
	-50%	0,143	0,300
	-25%	0,276	0,580
	Base	0,474	1,000
	+25%	0,757	1,600
	+50%	1,149	2,420
Factor P			
Escenario 1			
	Base		
	-75	2,595	1,000
	-50	1,953	0,753
Escenario 2			
	Base	1,308	0,504
	-75	0,474	1,000
	-50	0,342	0,721
		0,232	0,489