

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



**ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA DIRECTA USANDO IMÁGENES DEL
GOES 12 Y MODELAMIENTO EN HEC-HMS, EN LA CUENCA ALTA DEL
HUALLAGA**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

Presentado por:

ROITER EGOAVIL FLORES

PROMOCIÓN 2006

**Tingo María – Perú
2009**

P40

E29

Egoavil Flores, Roitér.

Estimación de la Escorrentía Directa Usando Imágenes del GOES 12 y Modelamiento en HEC-HMS, en la Cuenca Alta del Huallaga. Tingo María, 2009

54 h.; 16 cuadros; 22 fgrs.; 16 ref.; 30 cm

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

ESCORRENTÍA / PRECIPITACIÓN / TELEDETECCIÓN / CAUDAL
/ HIDROLOGIA / METODOLOGIA / RIO HUALLAGA / TINGO
MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 08 de julio de 2009, a horas 07:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA DIRECTA USANDO IMÁGENES DEL GOES 12 Y MODELAMIENTO EN HEC-HMS, EN LA CUENCA ALTA DEL HUALLAGA”

Presentado por el Bachiller: **ROITER EGOAVIL FLORES**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de "MUY BUENO".

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 23 de julio de 2009

.....
Ing. M.Sc. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ
Presidente

.....
Ing. Mg. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
Vocal

.....
Ing. M.Sc. LUIS ALBERTO VALDIVIA ESPINOZA
Vocal

.....
Ing. RICARDO MARTÍN CHAVEZ ASENCIO
Asesor

DEDICATORIA

*A mis amados, virtuosos y ejemplares
padres: Walter Egoavil y Laura Flores;
quienes me brindaron su apoyo moral e
incondicional en todo momento.*

*A mis queridas hermanas: Miraliz y
Soraya; que en todo momento me
motivaron y animaron para cumplir con
este deber personal.*

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing. Ricardo Chávez Asencio, por su ilustre despliegue de conocimientos, consejos y sugerencias para poder llevar a cabo la integra ejecución de la tesis.
- Al Lic. Carlos Eche, por su invaluable soporte en la parte logística del procesamiento de la copiosa y compleja información.
- A mis compañeros de promoción Iván Albornoz A. y José Manuel Tapullima Chuquipiondo, por brindarme los medios necesarios para la obtención del material vital e indispensable para la ejecución de la tesis.
- A los compañeros de estudio José Hebraín Tuesta Reátegui, Alex Pizarro Guzmán, Novak Guzmán Diego, Fredy Rueda Zumaran, por su voluntario y desinteresado apoyo en el difícil y riesgoso trabajo de campo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	03
2.1. Satélites ambientales operacionales geoestacionarios (GOES)....	03
2.2. EL radiómetro Imager.....	03
2.3. El canal infrarrojo.....	04
2.4. Calculo de la temperatura de brillo	04
2.5. La técnica Convectivo-Estratiforme.....	05
2.5.1. Asignación de proporción de lluvia convectiva.....	06
2.5.2. Asignación de proporción de lluvia estratiforme.....	07
2.6. Cálculo de la infiltración.....	08
2.6.1. Número de curva de escurrimiento	10
2.6.2. Condiciones de humedad antecedente (CHA).....	12
2.7. Descripción y características generales del programa HEC – HMS.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Ubicación del área de estudio	16
3.2. Clima, vegetación, suelos e hidrografía.....	17
3.3. Materiales	20
3.3.1. Registros meteorológicos e hidrológicos.....	20
3.3.2. Material digital.....	20
3.3.3. Software.....	21
3.3.4. Equipo.....	21
3.4. Metodología.....	21
3.4.1. Parámetros morfométricos.....	22
3.4.2. Cobertura, grupo hidrológico de suelo y número de curva	23

3.4.3.	Intensidad y altura de precipitación.....	24
3.4.4.	Cálculo del caudal de validación.....	25
3.4.5.	Cálculo de la escorrentía directa en HEC HMS	25
IV.	RESULTADOS.....	27
4.1.	Parámetros morfométricos	27
4.2.	Parámetros de cobertura, grupo hidrológico y número de curva.....	27
4.3.	Intensidad y altura de precipitación	29
4.4.	Caudal de validación	33
4.5.	Escorrentía directa.....	37
V.	DISCUSIÓN	44
VI.	CONCLUSIONES	49
VII.	RECOMENDACIONES	50
VIII.	ABSTRACT	51
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
X.	ANEXO	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características de sensor Imager del satélite GOES 12	03
2. Conversión de niveles digitales a temperatura de brillo	04
3. Números de curva de escorrentía para usos selectos de suelo agrícola, urbana y suburbana (Condiciones antecedentes de humedad AMC II $I_a=0.2*S$)	10
4. Condiciones antecedentes de humedad básicas empleadas en el método SCS.....	12
5. Clasificación de las condiciones antecedentes de humedad	13
6. Grupos hidrológicos de suelo.....	13
7. Clasificación de coberturas y curva número.....	28
8. Asociación y grupo hidrológico de suelos	28
9. Elementos de esquematización del sistema hidrológico	29
10. Datos de precipitación de los eventos lluviosos seleccionados	29
11. Resumen del modelamiento hidráulico en HEC-RAS	35
12. Información general de los eventos lluviosos seleccionados.....	38
13. Comparación del evento 1 entre Q_v y HEC-HMS.....	40
14. Comparación del evento 2 entre Q_v y HEC-HMS.....	41
15. Comparación del evento 3 entre Q_v y HEC-HMS.....	42
16. Comparación del Q_v con caudales pico obtenidos con HEC-MS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema de \bar{T}_{1-4}	06
2. Relación entre precipitación, escurrimiento y retención	09
3. Curva masa, relación precipitación escurrimiento del SCS.....	09
4. Flujograma de la metodología utilizada.....	26
5. Procesamiento digital de imagen infrarroja del GOES12 del 27/02/2008 06:15 a.m.	30
6. Procesamiento digital de imagen infrarroja del GOES12 del 07/03/2008 08:15 a.m.	30
7. Procesamiento digital de imagen infrarroja del GOES12 del 01/04/2008 40:45 a.m.	31
8. Precipitación acumulada cada 30 minutos del evento 1	31
9. Precipitación acumulada cada 30 minutos del evento 2	31
10. Precipitación acumulada cada 30 minutos del evento 3	32
11. Intensidad de lluvia para el periodo de evaluación según registros pluviométricos	32
12. Intensidad de lluvia para el periodo de evaluación según la técnica CST	32
13. Precipitación acumulada cada 24 horas durante febrero a abril del 2008 en Tingo María	33
14. Sección hidráulica del río Huallaga en la estación hidrológica del SENAMHI en Tingo María.....	33

15. Aplicación de la ecuación de Manning	34
16. Tendencia polinómica de grado 2 sobre resultados de la ecuación de Manning	35
17. Tendencia polinómica de Manning y HEC-RAS, y caudal de validación	36
18. Curva de calibración del Caudal de validación.....	37
19. Variación temporal del Caudal de validación Q_v	39
20. Resultados en HEC-HMS y Q_v , para el evento 1 en el punto de aforo	39
21. Resultados en HEC-HMS y Q_v , para el evento 2 en el punto de aforo	40
22. Resultados en HEC-HMS y Q_v , para el evento 3 en el punto de aforo	41

RESUMEN

Se desarrolló un proceso para estimar la escorrentía directa durante febrero a abril del 2008 en la parte alta de la cuenca del Huallaga, usando imágenes del GOES 12 e información de cobertura y suelos del área considerada que cubre una extensión de 12,249.542 km² desde Pasco hasta Tingo María en Huánuco. El área fue dividida en 140 subcuencas que integraron el esquema hidrológico que se configuró con la información necesaria para el cálculo de la escorrentía directa en HEC-HMS aplicando el método del SCS. El punto de aforo del esquema representa la estación hidrológica del SENAMHI en Tingo María, donde se calculó el caudal de validación (Q_v); con el método de Maninng y HEC-RAS; para comparar la escorrentía directa obtenida en HEC-HMS. La precipitación se calculó a partir de las imágenes del GOES 12 usando la técnica CST. Considerándose 3 eventos lluviosos que reportaron 45.3, 45 y 38.3 mm sobre la ciudad de Tingo María, frente a 201.4, 126.8 y 50.0 mm según registros pluviométricos. HEC-HMS obtuvo una escorrentía directa pico de 2,584.76, 1,437.21 y 1,737.3 m³/s frente a un Q_v de 3,351.82, 1386.32 y 1,679.83 m³/s significando una variación porcentual de 22.94%, 3.67% y 3.40% para cada evento respectivamente, lo que indica la necesidad de un ajuste de la técnica CST a una escala más local para eventos con variaciones térmicas de tendencia anómala.

I. INTRODUCCION

La escasa información meteorológica en muchas zonas del Perú, es una limitante de mucha importancia para el desarrollo de modelos hidrológicos que permitan aminorar o anteceder los efectos negativos de una serie de eventos climatológicos potencialmente adversos frente a una determinada población. Es por esto, que el procesamiento digital apoyado en múltiples herramientas de teledetección y software hidrológico, resulta una alternativa interesante para generar y caracterizar información hidrológica y de suelos, indispensables en la ejecución de los mencionados modelos.

La presente investigación se enfocó en el desarrollo de un proceso sistémico para cuantificar la escorrentía directa en la parte alta de la cuenca del Huallaga, empleando únicamente imágenes del satélite GOES 12; y toda la información disponible de cobertura y suelos del área considerada. La información satelital se procesó usando la técnica Convectivo - Estratiforme, para estimar intensidad y altura de precipitación; luego los datos en conjunto se procesaron con los métodos del Servicio de Conservación de Suelos con uso del software HEC-HMS para el cálculo de la escorrentía directa o caudal durante los meses febrero a abril del 2008; teniendo como punto de aforo en el río Huallaga; la estación hidrológica del SENAMHI en la ciudad de Tingo María.

OBJETIVOS

General

- Estimar la escorrentía directa aplicando técnicas de teledetección y simulación hidrológica; de la cuenca alta del Huallaga; teniendo como punto de aforo la estación hidrológica del SENAMHI en la ciudad de Tingo María.

Específicos

- Establecer y cuantificar los parámetros hidrológicos que presenta la cuenca alta del río Huallaga.
- Estimar la intensidad de lluvia en milímetros por hora (mm/h), y la altura de lluvia en milímetros (mm), a partir de las imágenes satelitales del GOES 12 aplicando la técnica Convectivo – Estratiforme; durante los meses febrero a abril del 2008
- Realizar el modelamiento hidrológico con uso del software HEC-HMS aplicando los métodos del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), y los datos de precipitación obtenidos de las imágenes del GOES 12; para el cálculo de la escorrentía directa producida en la cuenca alta del río Huallaga, teniendo como punto de aforo la estación hidrológica del SENAMHI en la ciudad de Tingo María; durante los meses febrero a abril del 2008.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Satélites ambientales operacionales geoestacionarios

Conocidos como GOES por sus siglas en inglés; son los satélites que proveen la clase de monitoreo continuo para el análisis intenso de datos. El GOES 12-Este, ubicada sobre el Ecuador a 75° oeste, ofrece las imágenes de América del sur. Circulan la tierra en una órbita geosincrónica a una altura de unos 35,800 Km. Ya que cubren un punto constante de la tierra; vigilan la activación de condiciones climáticas severas como tornados huracanes o tormentas eléctricas (CHESTERS. 2007).

2.2. EL radiómetro Imager

A bordo del GOES, es un radiómetro de cinco canales diseñado para detectar radiancia y energía solar reflejada de las áreas sondeadas sobre la tierra. Los nuevos satélites GOES (como el GOES 12) poseen un radiómetro con cinco canales que se describen en el cuadro 1 (CHESTERS, 2007).

Cuadro 1. Características de sensor Imager del GOES 12.

	1	2	3	4	5
Número de canal	(Visible)	(Onda Corta)	(Vapor de Agua)	(IR 1)	(IR 2)
Rango de longitud de onda (um)	0.5 – 0.7	3.8 - 4.0	6.5 - 7.0	10.2 -11.2	11.50 - 12.50
Campo instantáneo geográfico de visión(IGFOV) en el nadir	1 Km.	4 Km.	8 Km.	4 Km.	4 Km.

2.3. El canal infrarrojo

Muestra una imagen térmica de las superficies emisoras, independiente de que estén o no iluminadas por el Sol. Se nota que para las escalas de grises el suelo del desierto, desprovisto de nubes, ofrece una tonalidad oscura o negra ya que su temperatura de brillo (T_b), o de emisión es alta o cálida en el canal 4. Las nubes muy altas poseen toques muy fríos y aparecen con un color blanco. Las nubes más bajas poseen toques menos fríos por lo que aparecen en tonalidades de gris. Las tonalidades grisáceas asociadas en el canal 4 nos indican que los toques nubosos no son muy fríos; así las nubes al ser blancas, frías y altas se clasifican como cirros. Si son nubes grisáceas y, por ende, son algo más cálidas y están más bajas son estratos o estratocúmulos (CHUVIECO, 2000).

2.4. Cálculo de la temperatura de brillo

La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), estableció las fórmulas de conversión del cuadro 2, para obtener la temperatura de la cima de las nubes a partir de los niveles digitales (ND), de las imágenes del canal 4 del GOES 12 (CHESTERS, 2007).

Cuadro 2: Conversión de niveles digitales a temperatura de brillo.

Para temperaturas	Fórmula de conversión	Nivel digital	Fórmula inversa
$163 < T(^{\circ}\text{K}) < 242$	$\text{ND} = 418 - T(^{\circ}\text{K})$	176 a 255	$T(^{\circ}\text{K}) = 418 - \text{ND}$
$242 < T(^{\circ}\text{K}) < 330$	$\text{ND} = 660 - 2T(^{\circ}\text{K})$	0 a 176	$T(^{\circ}\text{K}) = (660 - \text{ND})/2$

2.5. La técnica Convectivo – Estratiforme

La técnica Convectivo–Estratiforme o CST (por sus siglas en inglés), usa los datos que proporciona el canal infrarrojo del GOES. Los datos se transforman de nivel digital a temperatura de brillo (T_b) por medio de la calibración estándar del canal infrarrojo 4 del GOES 12. Luego se rastrea un mínimo de temperatura de brillo (T_{min}). Si esta temperatura mínima abarca más de un píxel en la imagen, entonces se usa el centroide de la matriz de píxeles.

Esos puntos más fríos que sus entornos serán los candidatos a tormentas, que corresponden teóricamente a regiones de realce de convección; o centros donde existen corrientes ascendentes de aire que transportan partículas del suelo a la base de las nubes.

No se consideran temperaturas mínimas mayores de 253°K (-20°C), debido a que es poco probable que estos centros de convección se presenten a temperaturas mayores que esta. Para eliminar aquellas temperaturas mínimas que en realidad representan cirros delgados o no precipitantes que están a grandes alturas (6000 – 18000 m); se calcula un pendiente S para cada T_{min} (ADLER y NEGRI, 1988).

$$S = \bar{T}_{1-4} - T_{min} \quad (1)$$

Donde \bar{T}_{1-4} es el promedio de temperatura de los cuatro píxeles más cercanos a la \bar{T}_{min} (BENDIX, 1997).

$$\bar{T}_{1-4} = (T_{i-1,j} + T_{i+1,j} + T_{i,j+1} + T_{i,j-1})/4 \quad (2)$$

	$T(i,j+1)$	
$T(i-1,j)$	$T_{min}(i,j)$	$T(i+1,j)$
	$T(i,j-1)$	

Figura 1. Esquema de \bar{T}_{1-4}

Para distinguir nubes cirros que no generan lluvias de centros convectivos con potencial de precipitar; se establece una discriminación empírica de cirros delgados de convección activa, en la línea pendiente. Si la intersección de T_{min} , y su pendiente S calculada, en el eje X y el eje Y respectivamente, cae a la izquierda de la línea discriminante, la ubicación de la T_{min} , se considera como centro convectivo precipitante; si caen en la derecha se clasifica como cirros no precipitante (ADLER y NEGRI, 1988).

Una pendiente más grande implica temperaturas mínimas definidas más claramente, así una tormenta que hace una pendiente pequeña indica una gradiente débil asociada con los cirros no precipitantes. La relación examinada por BENDIX (1997), es:

$$SLOPE = 0.277 * T_{min} - 60.07 \quad (3)$$

2.5.1. Asignación de proporción de lluvia convectiva

Una vez que la ubicación de los centros de convección se ha determinado; los parámetros de lluvia que serán asignados a esos puntos;

están basados en el modelo de nube unidimensional de ADLER y MACK (1984). De este estudio; la proporción (mm/h) se ejecuta como una función de altura máxima de nube (o temperatura mínima de nube, T_c). Entonces los resultados de ADLER y MACK (1984) y examinados por BENDIX (1997); se traducen para este fin en lo siguiente:

$$T_{\min} - T_c = 0.283 * T_{\min} - 56.6 \quad (4)$$

$$R_{\text{mean}} = 78.15 - 0.254 * T_c \quad (5)$$

Donde T_c es la temperatura corregida en °K y R_{mean} es la intensidad de lluvia media en mm/h.

2.5.2. Asignación de proporción de lluvia estratiforme

Se consideran aquellas T_{\min} cuya pendiente S , sea menor o igual a 4.0 (y haya pasado la prueba de cirros delgados). La mayoría de T_{\min} que encuentran este valor de pendiente son tormentas maduras incrustadas en los fondos de cirros, en contraste a tormentas en crecimiento y aisladas que tienen pendientes más grandes. Se define un área aproximada de 80 Km. de lado, centrado sobre la T_{\min} . Esta área es tan grande como para obtener una estadística estable y tan pequeña como para ser representativo de un punto de temperatura mínima particular. Así la temperatura umbral del yunque estratiforme (T_s) se define como la T_{mode} media.

El T_s se aproxima a 208° K en la mayoría de los casos. Los píxeles con una temperatura más baja que la T_s y que no han sido clasificados como lluvias convectivas, se les asignan una proporción de lluvia nominal

asumiendo el criterio que la proporción de lluvia estratiforme es un décimo (1/10) de la proporción convectiva máxima (ADLER y NEGRI, 1988).

2.6. Cálculo de la infiltración

ARLEN (2000), sugiere que el método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), debe aplicarse a cuencas de área inferior a 250 km². Este método establece que el volumen de escurrimiento (Q) depende del volumen de precipitación (P) y del volumen de retención (F), donde el F es la diferencia entre los volúmenes de precipitación y escurrimiento. Existe otro tipo de precipitación que se presenta al comienzo de la tormenta pero que no aparecerá como escurrimiento, a este volumen se le llama abstracción inicial (I_a). El Servicio de Conservación de Suelos (SCS) asumió la siguiente relación precipitación – escurrimiento, que se esquematiza en la figura 2.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (6)$$

En donde S es la retención máxima potencial. La retención (F), cuando la abstracción inicial (I_a) es considerada como:

$$F = (P - I_a) - Q \quad (7)$$

La cual si se sustituye en la ecuac. (6), se obtendrá:

$$\frac{Q}{P - I_a} = \frac{(P - I_a) - Q}{S} \quad (8)$$

Si se despeja Q de la ecuac. (8) se tendrá:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (9)$$

Los términos de la ecuac. (9) se explican mejor en la figura 3, donde se esquematiza la curva masa de Q vs P. El volumen de la precipitación es separada en tres partes: la abstracción inicial, la retención, y el escurrimiento. La abstracción inicial está en función de las características y usos del suelo (CHOW, 1994). Un análisis empírico hecho por el SCS encontró que la mejor forma para estimar este dato es:

$$I_a = 0.2 * S \quad (10)$$

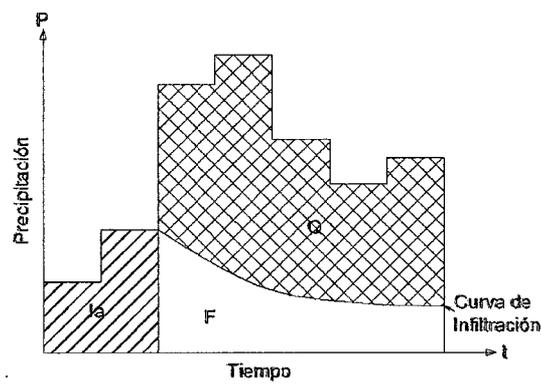


Figura 2. Relación entre precipitación, escurrimiento y retención.

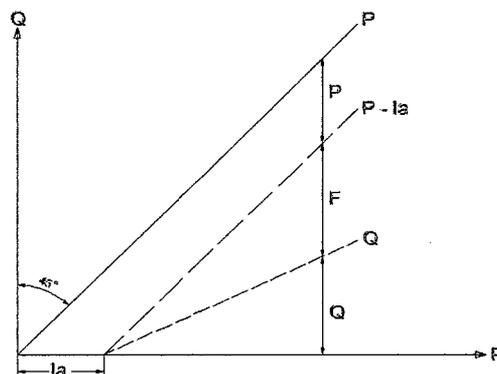


Figura 3. Curva masa, relación precipitación escurrimiento del SCS.

Si se sustituye la igualdad de I_a en la ecuac. (9) se obtiene que:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (11)$$

Para la obtención de S , estudios empíricos determinan que su cálculo se puede obtener a través de la ecuac. (12).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (12)$$

2.6.1. Número de curva de escurrimiento

El número de curva de escurrimiento CN , está en función del uso del suelo y otros factores. El número de curva puede definirse haciendo distinción del tipo de cobertura de suelo, el tipo de tratamiento que se le da al mismo y a las características edáficas que presenta, siendo este último clasificado en 4 grupos hidrológicos de suelos tal como lo muestra el cuadro 3 (CHOW y MAYS, 1994).

Cuadro 3. Números de curva de escurrimiento para usos selectos de suelo agrícola, urbana y suburbana (Condiciones antecedentes de humedad $AMC II I_a = 0.2 * S$).

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición Hidrológica	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
Cultivos alineados	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87

Cuadro 3. Números de curva de escorrentía para usos selectos de suelo agrícola, urbana y suburbana (Condiciones antecedentes de humedad AMC II $I_a=0.2*S$) (continuación).

	R + CR	Pobre	64	75	83	86	
	R + CR	Buena	60	72	80	84	
	C	Pobre	63	74	82	85	
	C	Buena	61	73	81	84	
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	C + CR	Pobre	62	73	81	84	
	C + CR	Buena	60	72	80	83	
	C + T	Pobre	61	72	79	82	
	C + T	Buena	59	70	78	81	
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81	
	C + T + CR	Buena	58	69	77	80	
		R	Pobre	66	77	85	89
		R	Buena	58	72	81	85
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	C	Pobre	64	75	83	85	
	C	Buena	55	69	78	83	
	C + T	Pobre	63	73	80	83	
	C + T	Buena	51	67	76	80	
		-	Pobres	68	79	86	89
		-	Regulares	49	69	79	84
Pastizales o pastos naturales		Buenas	39	61	74	80	
	C	Pobres	47	67	81	88	
	C	Regulares	25	59	75	83	
Pastizales	C	Buenas	6	35	70	79	
		-	30	58	71	78	
		-	Pobres	48	67	77	83
Prados permanentes		Regulares	35	56	70	77	
		Buenas	≤30	48	65	73	
		-	Pobres	57	73	82	86
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante		Regulares	43	65	76	82	
		Buenas	32	58	72	79	
		-	Pobres	45	66	77	83
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos		Regulares	36	60	73	79	
		Buenas	25	55	70	77	
		-	I Muy pobre	56	75	86	91
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastoriles)		II Pobre	46	68	78	84	
		III Regular	36	60	70	76	
		IV Buena	26	52	63	69	
		V Muy buena	15	44	54	61	
		-	-	59	74	82	86
Caseríos		-	72	82	87	89	
Caminos en tierra		-	74	84	90	92	
Caminos con firme		-					

Significado de las abreviaturas:

CR : Con cubierta de residuos vegetales que ocupe al menos el 5% de la superficie del suelo durante todo el año

R : Si las labores de la tierra (labrar, gradear, sembrar, etc.) se realizan en línea recta, sin considerar la pendiente del terreno

C : Si el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel

T : Si se trata de terrenos aterrazados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos).

2.6.2. Condiciones de humedad antecedente (CHA)

Un factor importante a tener en cuenta en estas curvas son las condiciones antecedentes de humedad o Antecedent Moisture Conditions (AMC), las cuales se agrupan en tres condiciones básicas en el cuadro 4 (CHOW y MAYS, 1994).

Cuadro 4. Condiciones antecedentes de humedad básicas empleadas en el método SCS.

AMC (I)	Condiciones secas
AMC (II)	Condiciones normales
AMC (III)	Condiciones húmedas

Los números de curva se aplican para condiciones antecedentes de humedad (AMC) normales, y se establecen las siguientes relaciones para las otras dos condiciones:

$$CN(I) = \frac{4.2 * CN(II)}{10 - 0.058 * CN(II)} \quad (13)$$

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0.13 * CN(II)} \quad (14)$$

Cuadro 5. Clasificación de las condiciones antecedentes de humedad.

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de cinco días (mm)	
	Estación inactiva	Estación activa
I	Menor que 12.70	Menor que 35.56
II	12.70 a 27.94	35.56 a 53.34
III	Sobre 27.94	Sobre 53.34

Los números de curva han sido tabulados por el Servicio de Conservación de Suelos en base al tipo y uso de suelo. En función del tipo de suelo, se definen cuatro grupos según las características edáficas, geológicas y físicas de estos presentan (CHOW y MAYS, 1994).

Cuadro 6. Grupos hidrológicos de suelo.

Grupo Hidrológico de suelo	Descripción
Grupo A	Arenas, tierras arenosas o tierras cubiertas de arena. Suelos con bajo potencial de escurrimiento y altas tasas de infiltración aun cuando están completamente mojados. Consisten principalmente de arenas o gravas profundas bien drenadas y tienen una alta transmisión de agua.
Grupo B	Marga de cienos o margas. Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están completamente húmedos y consistentes de suelos moderadamente profundos a profundos, de moderadamente bien a bien drenados con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas.
Grupo C	Margas de arenas arcillosas. Suelos con tasa de infiltración baja cuando están fuertemente húmedos y consisten principalmente de suelos con una capa que impide el movimiento del agua hacia abajo y suelos con estructura de fina a moderadamente finas,
Grupo D	Margas arcillosas, margas arcillosas encenegadas, arenas arcillosas o arenas arcillosas encenegadas. Suelos con tasa muy bajas de infiltración cuando están completamente húmedos y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de inflamamiento, suelos con una capa de agua superior, suelos con una cubierta arcillosa cerca o en la superficie y suelos someros sobre material impermeable.

2.7. Descripción y características generales del programa HEC – HMS

La generación de caudales circulantes por el punto de desagüe de una determinada cuenca comienza al producirse una determinada precipitación sobre el conjunto de la misma. Aunque dicha precipitación se puede producir en forma líquida o sólida, el programa Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), sólo permite considerar la primera de las dos posibilidades indicadas. Con objeto de poder representar adecuadamente el comportamiento hidrológico de una determinada cuenca, en primer lugar, se lleva a cabo una representación esquemática de la misma, que refleje, de la mejor manera posible, su morfología y las características de su red de drenaje.

En dicho esquema se utilizan generalmente diversos tipos de elementos como subcuenca, tramo de cauce, embalse, confluencia, derivación, fuente, sumidero. HEC-HMS analiza de manera individualizada diferentes aspectos del proceso de transferencia lluvia - caudal, y uno de los principales es la precipitación en forma de series continuas en periodos largos de tiempo o bien de hietogramas de diseño de diseño en periodos cortos de tiempo. En el caso de la evapotranspiración en simulaciones continuas HEC-HMS contempla la posibilidad de definir valores medios mensuales, determinados según los métodos habitualmente utilizados en Hidrología (ARLEN, 2000).

El programa HEC-HMS contempla diferentes alternativas a la hora de cuantificar pérdidas de agua entre ellos la utilización del concepto de número de curva (CN), siendo necesario datos de abstracción inicial (Ia), y el número de curva de escurrimiento (CN), en cada subcuenca. Para analizar el desarrollo o transformación de la escorrentía superficial y su concentración en un determinado punto del cauce, el programa HEC-HMS contempla; entre otros; el modelo de Hidrograma del Servicio de Conservation de Suelos en el que el dato de entrada es el tiempo de retardo de la cuenca definido por la ecuac. (14).

$$T_r = 0.6 * T_c \quad (15)$$

Donde T_r es el tiempo de retardo de la cuenca y T_c es el tiempo de concentración de la misma, esta última obtenida por diversos criterios (anexo A del apéndice 4). En cuanto al caudal base, el programa HEC-HMS considera entre otros el criterio de caudal constante, con posible variación mensual. Aunque puede parecer excesivamente simplista, resulta válido cuando se trata de determinar el caudal máximo de un hidrograma aislado.

El programa HEC-HMS aplica entre otros el Modelo de Muskingum-Cunge para tratar de representar la transformación que experimenta el hidrograma entre los puntos inicial y final de un tramo de cauce, el cual usa como datos de entrada la longitud del cauce, la pendiente promedio del cauce, el coeficiente de rugosidad de Manning propio del cauce, el ancho medio del cauce y un valor de talud de los lados de las paredes del cauce (ARLEN, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El área de trabajo comprende un 38% del área total de la cuenca del Huallaga; lo que equivale a 12,249.542 km². Se extiende desde la cabecera sur de la cuenca en su punto más alto en el departamento de Pasco a 5,700 msnm, hasta la zona media de la cuenca en la ciudad de Tingo María en el departamento de Huánuco a 640 msnm (anexo A del apéndice 2). Esta amplitud tiene las siguientes coordenadas.

Geográficas

Sur : Desde -10° 46' 21.36" hasta -9°1' 15.26"

Oeste : Desde -76° 46' 59.88" hasta -75° 42' 29.88"

UTM

Este : Desde 303981 hasta 422289

Norte : Desde 8808753 hasta 9002403

Sobre toda esta extensión se realizaron análisis topográficos y morfométricos, definición de coberturas, cálculos de precipitación y finalmente la estimación de escorrentía directa durante los meses febrero a abril del 2008; la cual tuvo como punto de aforo la estación hidrológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la ciudad de Tingo María en las siguientes coordenadas UTM:

Este : 389936

Norte : 8972276

3.2. Clima, vegetación, suelos e hidrografía

Según la Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Alto Huallaga (MOGROVEJO, 1997); en toda la extensión a considerarse; se encuentran las siguientes zonas ecológicas:

- Estepa Espinosa Montano Baja Tropical (ee-MBT).

Ubicada en la localidad de Huánuco, el promedio máximo de precipitación total anual es de 522.4 mm y el promedio mínimo de 231.3 mm. El escenario edáfico está representado por suelos de naturaleza calcárea, relativamente profundos de textura ligeramente arcillosa, bajas en materia orgánica pertenecientes a los grupos edafogénicos, xerosoles, kostanozems e hitosoles sobre materiales litológicos diversos.

- Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT).

Esta zona de vida abarca una pequeña franja en el área de estudio, el promedio máximo de precipitación total por año de 972.9 mm y el mínimo de 449.3 mm. La evapotranspiración potencial varía entre 1 y 2 veces la precipitación, ubicándose en el nivel de humedad sub-húmeda. En las cubiertas edáficas delgadas predominan los litosoles en áreas empinadas aflorando la roca viva.

- Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT).

El promedio máximo de precipitación total por año es de 1.154 mm y el mínimo de 498 mm. Los suelos son relativamente profundos, arcillosos, de reacción ácida, de tonos rojizos a pardos y que se asimilan al grupo

edafogénico de phaeozems. Asimismo donde predominan materiales litológicos calcáreos pueden aparecer los kastanozems de tonalidades rojizas.

- Páramo muy Húmedo Subalpino Tropical (pmh-SAT).

Donde el promedio máximo de precipitación total por año es de 1254.8 mm y el promedio mínimo de 584.2 mm.

Según el mismo trabajo de evaluación en 1996, la vegetación natural existente en toda el área varía desde la Estepa Espinosa Montano Baja caracterizado por especies representativas como la "cabuya" (*Fourcroya andina*), la "tara" (*Caesalpinia tinotorea*), la "chamana" (*Dodonaea viscosa*), "molle" (*Schinus molle*) entre otras. Conforme se va ascendiendo se pasa a la zona de bosque seco y luego rápidamente al Bosque Húmedo Montano Tropical donde se encuentra especies arbustivas llamadas "chilca" (*Baccharis spp*), el "quishuar" (*Buddleia incana*) el "quinhual" (*Polylepis racemosa*) entre otras. Al continuar ascendiendo llegamos a las llamadas pasturas naturales que son formaciones de pastos naturales conformadas por las especies *Festuca* *Poa*, entre otras.

En general, el escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos, de textura media, ácidos generalmente con influencia volcánica (páramo Andosoles) o sin influencia volcánica (paramosoles). Donde existe predominio de materiales calcáreos aparecen los cambisoles eutricos y Renazinas. Completan el escenario edáfico suelos de mal drenaje (gleysoles),

suelos orgánicos (histosoles) y suelos delgados (litosoles). El área agrícola bajo riego y en secano se concentra entre los poblados de Huacar, Ambo, Tomay Kichwa, Cochamarca y Huánuco (MOGROVEJO, 1997).

La cuenca es húmeda en su integridad, sometida a precipitaciones significativas; tiene dos subcuencas principales y subcuencas secundarias: cuatro en el Alto Huallaga y tres en el río Huertas, además tiene una subcuenca lateral del río Higueras. En la subcuenca del Alto Huallaga hasta el pueblo de Ambo, se puede distinguir cuatro subcuencas secundarias: río Tingo, río Ticlacayam, río Pucurhuay y río Blanco. La línea de cumbres de la subcuenca bordea los 4,800 msnm y desciende a 3,200 msnm en su extremo inferior. El fondo del cauce está entre 2,000 y 1,200 m, por debajo de la línea de cumbres.

La subcuenca secundaria del río Tingo tiene una extensión de 306.6 km² y una longitud de cauce de 41.5 km, que baja de los 4,350 a los 2,170 msnm. La línea de cumbres va de los 4,400 a los 3,800 msnm. La subcuenca secundaria Ticlacayam tiene una extensión de 81.8 km² y una longitud de cauce de 12.5 km, que baja de los 4,200 a los 3,450 msnm. La línea de cumbres va de los 4,200 msnm. La subcuenca secundaria del río Blanco tiene una extensión de 257.8 km² y una longitud de cauce de 36.5 km, que baja de los 4,400 a los 2,450 msnm. La línea de cumbres va de los 4,800 a los 3,600 msnm.

La subcuenca principal del río Huertas tiene una extensión de 2,083.4 km² y una longitud de cauce de 93.5 km. Se puede distinguir tres subcuencas secundarias; río Yanacocha, río Chaupuhuranga y río Quío. La línea de cumbres de la subcuenca bordea los 4,500 msnm, y baja a 3,200 msnm en su extremo inferior (MOGROVEJO, 1997). La subcuenca secundaria del río Yanacocha tiene una extensión de 298,8 km² y una longitud de cauce de 38,5 km, que baja de los 4,400 a los 4,000 msnm. La línea de cumbres va de los 4,500 a los 4,250 msnm. La subcuenca secundaria del río Quío, tiene una longitud de cauce de 24.5 km y baja de los 2,400 a los 2,050 msnm, presentando un cauce meandriforme. La subcuenca lateral del río Higueras que ingresa al río Huallaga en las cercanías de la ciudad de Huánuco, tiene una extensión de 738.1 km² y una longitud de cauce de 88 km, que baja de los 3,900 msnm, presentando un cauce meandriforme. La línea de cumbres, en este tramo, va de los 3,200 a los 3,000 msnm (MOGROVEJO, 1997).

3.3. Materiales

3.3.1. Registros meteorológicos e hidrológicos

Registros pluviométricos de febrero a abril del 2008; de la estación José Abelardo Quiñones – Tingo María y registros hidrométricos (variable nivel de superficie de agua), de febrero a abril del 2008 (3 por día); de la estación SENAMHI – Tingo María.

3.3.2. Material digital

Carta nacional (cuadrantes 19j, 19k, 19l, 20j, 20k, 20l, 21j, 21k, 21l, 22j, 22k) en formato digital “*.shp”, información vectorial en formato “*.shp”,

sobre red hidrográfica, tipo de suelo, tipo de cobertura y otros, imágenes LandSat del 2001 y 2000, formato “*.tif”, bandas 3, 4 y 5, resolución espacial 28.5 metros el pixel, imagen C-BERS del 2008, formato “*.tif”, bandas 3, 4 y 5, resolución espacial 30 metros el pixel, imágenes de la banda 4 del GOES 12 sector este, en formato “*.tiff”, resolución espacial 4 km el pixel, resolución temporal 30 minutos, tamaño 1200 x 862 pixeles; periodo febrero a abril del 2008, algoritmo de la técnica SCT en código fuente Interactive Data Language (IDL) y compilación en Interactive Data Language (IDL), para el exporte de información raster a textual.

3.3.3. Software

Hidrologic Engineering Center - Geospatial Hydrologic Modeling Extensión, HEC – GeoHMS, Ver. 1.1, Hidrologic Engineering Center - River Analysis System, HEC – RAS, Ver. 4.0 y Hidrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System, HEC – HMS, Ver. 3.2.

3.3.4. Equipo

Equipo topográfico completo, embarcación motorizada (bote a motor), navegadores GPS, wincha, brújula y cuaderno de campo.

3.4. Metodología

El proceso para la obtención de la escorrentía superficial, se dividió en las siguientes etapas:

3.4.1. Parámetros morfométricos

El proceso inicia con la integración de la información topográfica en formato digital (*.shp), de los cuadrantes 19j, 19k, 19l, 20j, 20k, 20l, 21j, 21k, 21l, 22j, 22k, de la zona geográfica 18 sur, de la proyección UTM WGS 84 DATUM. A partir del mosaico de líneas de contorno, se generó el modelo de elevación digital (MED), en formato raster (*.grid) con una resolución de 20 metros el pixel. La delimitación de toda el área de trabajo se realizó manualmente usando el mosaico de curvas de nivel y automáticamente usando el MED y HEC-GeoHMS.

El área total bajo estudio fue dividida en entidades más pequeñas (o subcuencas), usando una superficie umbral de 250 km²; de modo que las características en cada una de ellas se aproxime en la medida a un estado de homogeneidad en cuanto a características morfométricas, de cobertura, de suelos e intensidad de precipitación en un evento dado. En cada una de las subcuencas fueron definidos los parámetros necesarios para el cálculo de la escorrentía por el método de la SCS.

A nivel de subcuenca se calculó el área y el perímetro de cada una con procedimientos de cálculo en HEC-GeoHMS. La pendiente media de cuenca se definió usando el método de ponderación de pendientes en un polígono cerrado usando una entidad raster de 20 metros el pixel. Se calculó también un centroide en función de la corriente más larga presente en cada subcuenca. El parámetro de Tiempo de retardo (Lag Time) fue calculado

aplicando la ecuac. (13), donde el tiempo de concentración fue tomado como el promedio aritmético de los criterios de Kirpich, Témez y Giandiotti.

La red hidrográfica se generó en función del umbral de superficie utilizado para la delimitación de las subcuencas, creándose una corriente principal para cada una. Se calculó la longitud y pendiente con los procedimientos antes ya mencionados. Además se le asignó un número de rugosidad de Manning, un ancho promedio y un talud de inclinación de la pared para cada cauce. Todos los parámetros antes mencionados fueron calculados con ayuda del software HEC-GeoHMS.

3.4.2. Cobertura, grupo hidrológico de suelo y número de curva

La cobertura de toda el área bajo estudio fue caracterizada por medio de muestreos supervisados sobre un mosaico de tres imágenes satelitales, dos imágenes LandSat del año 2001 y 2000, y una imagen CBERS del año 2008; con una resolución espacial de 28.5 y 30 metros el pixel respectivamente (fuente ESDI e INPE). Complementariamente a esto se usó información vectorial (polígonos en formato *.shp), con información de cobertura de suelos. Los tipos de cobertura fueron generados en función al cuadro 3, de la revisión de literatura citada.

El grupo hidrológico de suelos, fue definido de acuerdo al mapa de Asociación de Suelos del Perú según la clasificación FAO, donde cada

asociación con dos o tres unidades de suelo, fue ponderada según definiciones individuales para asignarles un grupo hidrológico en función al cuadro 6.

Finalmente; en esta etapa se generó el esquema de todo el sistema hidrológico compuesto de subcuencas, ríos o corrientes, puntos de convergencia y un punto de aforo que corresponde a la estación hidrológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la ciudad de Tingo María.

3.4.3. Intensidad y altura de precipitación

El cálculo de la intensidad de precipitación en milímetros por hora (mm/h), se realizó bajo las condiciones de la técnica Convectivo-Estratiforme. Para ello se desarrolló un algoritmo en lenguaje IDL (anexo A del apéndice 3), el que se ejecutó sobre 2,946 imágenes del GOES 12. Adicionalmente se calculó la intensidad promedio en una matriz de 3x3 píxeles ubicada sobre el centroide de cada una de las subcuencas; con el fin de generar una estadística más representativa y menos puntual de las condiciones meteorológicas en cada sub entidad. Paralelamente los datos fueron puestos en georeferencia con sentencias adicionales del algoritmo en IDL. Esta información fue exportada de formato raster a texto con una compilación simple en IDL (anexo B del apéndice 3). La transformación de intensidad a altura de precipitación se hizo aplicando un cálculo lineal entre datos cronológicamente adyacentes; así la altura de precipitación total en un periodo de 30 minutos se ajustó en 50% de la intensidad. De todo el periodo de evaluación (febrero a abril del 2008), se seleccionaron los eventos lluviosos con

mayor duración, altura de precipitación total, y extensión; para ser modelados en HEC-HMS.

3.4.4. Cálculo del caudal de validación

El caudal de validación se consideró aquel que debía corresponder con toda la cercanía posible al caudal real. Este se usó para comparar los resultados obtenidos del modelamiento en HEC-HMS. Para obtener este dato, se realizó el análisis topográfico de la ubicación fijada como punto de aforo de todo el sistema hidrológico. Del levantamiento batimétrico de un trecho del cauce del río Huallaga en dicho punto, se obtuvo la sección hidráulica a través de la cual toda la confluencia de caudales reales circuló durante los meses de análisis.

En función a esta sección; el registro hidrométrico correspondiente a esta ubicación, conllevó al cálculo del caudal de validación como el promedio aritmético entre la aplicación de la ecuación de Manning y el modelamiento hidráulico en HEC-RAS; ambos métodos condicionados por la rugosidad del cauce, la pendiente topográfica del lecho y principalmente por la elevación de la superficie.

3.4.5. Cálculo de la escorrentía directa en HEC-HMS

En esta etapa final se congregó toda la información de las etapas anteriores donde fueron modelados eventos lluviosos, con datos de precipitación obtenidos del procesamiento de las imágenes del GOES 12.

Todos los eventos fueron modelados en HEC-HMS, con los métodos del SCS, tanto para las pérdidas iniciales como para la transformación de caudales. Los datos del sistema hidrológico y los métodos de cálculo, permanecieron constantes, excepto el número de curva (CN); por estar condicionado por la precipitación de los cinco días anteriores como lo presenta el cuadro 5 de la literatura citada. El caudal base fue considerado aquel valor de caudal de validación que coincidía con mayor cercanía cronológica al inicio del periodo de cada evento modelado. Adicionalmente a esto; se realizaron modelamientos en AMC alternativas, siguiendo el criterio que los meses febrero a abril, coinciden con la temporada lluviosa en gran parte del área de estudio (CUBA e ITA, 2008).

Finalmente; se obtuvieron los valores de escorrentía directa expresados en metros cúbicos por segundo (m^3/s), cuya magnitud y ocurrencia cronológico fueron comparados con los datos de caudal de validación logrados con el procedimiento de la etapa anterior.

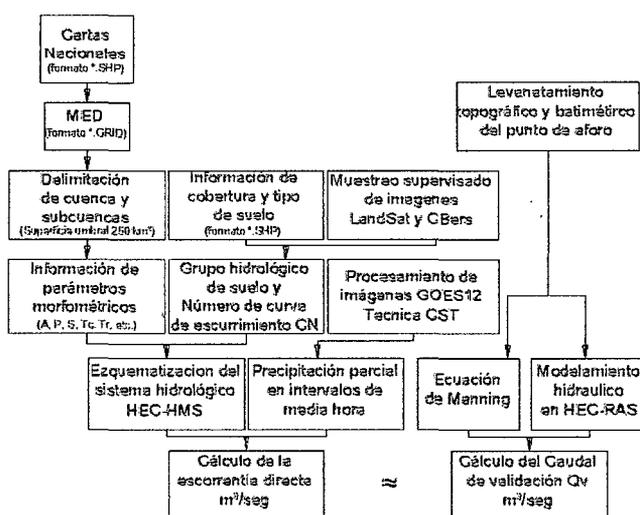


Figura 4. Flujograma de la metodología utilizada.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros morfométricos

La aplicación del umbral de superficie de 250 km², sobre el modelo de elevación digital (anexo B del apéndice 2), generó la sub división del área de estudio en 140 sub unidades o subcuencas que presentan áreas desde 11.95 hasta 264.27 km². Estas sub unidades se listan y caracterizan en el anexo A del apéndice 1, y se ilustran en el anexo C del apéndice 2.

En cuanto a la red hidrográfica; el umbral de superficie generó una red con 169 corrientes, de las cuales 83 de orden 2, fueron consideradas como tales en el esquema que representa el sistema hidrológico, y 86 de orden 1, fueron consideradas como puntos de confluencia entre subcuencas. Estos elementos se listan en el anexo B del apéndice 1 y se ilustran en el anexo D del apéndice 2.

4.2. Parámetros de cobertura, grupo hidrológico, y número de curva

El muestreo supervisado del mosaico de imágenes satelitales LandSat y CBERS (anexo D del apéndice 2), apoyada permanentemente en la información antecedente de coberturas en formato "*.shp"; resultó en 13 clasificaciones de cobertura que aproximadas al cuadro 3, presentan las

características hidrológicas que se muestran en el cuadro 7 y se ilustra en el anexo F del apéndice 2.

Cuadro 7. Clasificación de coberturas y curva número

Clasificación de Cobertura	Área km ²	Porcentaje del total	Curva Número			
			A	B	C	D
Bofedal	28.92	0.24%	95	95	95	95
Bosque húmedo de montañas	3,163.19	25.82%	36	60	73	79
Césped de puna	149.14	1.22%	49	69	79	84
Cultivos agropecuarios + Vegetación secundaria	1,437.86	11.74%	43	65	76	82
Cultivos agrícolas	177.48	1.45%	65	75	82	86
Herbazal de tundra	182.50	1.49%	48	67	77	83
Lagos y Lagunas	30.08	0.25%	100	100	100	100
Matorrales	2,766.70	22.59%	35	56	70	77
Nevados	20.27	0.17%	10	10	10	10
Pajonal / Césped de puna	2,555.28	20.86%	39	61	74	80
Pajonal de puna	1,667.82	13.62%	25	59	75	83
Poblados	5.67	0.05%	95	95	95	95
Tierras alto andinas sin vegetación	64.62	0.53%	72	82	87	89

De acuerdo al mapa de suelos del Perú (fuente INRENA), el área de estudio presenta 6 asociaciones de suelos que según el conjunto de sus características, se les asignó un grupo hidrológico, como se muestra en el cuadro 8 y se ilustra en el anexo G del apéndice 2.

Cuadro 8. Asociación y grupo hidrológico de suelos.

Asociación de Suelos	Área Km ²	Porcentaje del total	Grupo hidrológico de suelo
Leptosol dístico - Andosol vítrico	339.11	2.77%	B
Leptosol dístico - Cambisol dístico - Regosol dístico	8,577.22	70.02%	C
Leptosol éutrico - Afloramiento lítico	13.13	0.11%	B
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico - Regosol éutrico	18.65	0.15%	C
Regosol dístico - Afloramiento lítico	1,083.45	8.84%	B
Regosol dístico - Cambisol dístico	2,217.98	18.11%	C

Con la intersección de la información de suelos y cobertura, se generó en primera instancia el mapa de grupos hidrológicos de suelo y posteriormente el mapa de número de curva de escurrimiento CN, para el área de estudio (anexo H del apéndice 2). El esquema final utilizado para la modelización en HEC-HMS, consta de los elementos que se listan en el cuadro 9, y se ilustran en el anexo I del apéndice 2.

Cuadro 9. Elementos de esquematización del sistema hidrológico.

Nombre de elemento	Número de unidades
Conexión de subcuenca	140
Corriente	83
Punto de aforo	1
Subcuenca	140
Uniones	86

4.3. Intensidad y altura de precipitación

De todo el periodo de evaluación comprendido de febrero a abril del 2008; se seleccionaron 3 periodos lluviosos que se modelaron en todo el sistema hidrológico. El cuadro 10 y las figuras 8 al 13, muestran los datos obtenidos con la aplicación de la técnica CST en la ubicación de la ciudad de Tingo María; y los correspondientes registros pluviométricos (fuente: estación José Abelardo Quiñones).

Cuadro 10. Datos de precipitación de los eventos lluviosos seleccionados.

Evento	Inicio	Termino	Duración Horas	Precipitación total del periodo mm		Precipitación total antecedente de 5 días mm	
				CST	Reg. Pluv.	CST	Reg. Pluv.
1	24/02/2008 02:45 p.m.	27/02/2008 12:45 p.m.	70	45.3	157.5	4.0	201.4
2	06/03/2008 01:45 a.m.	07/03/2008 12:45 p.m.	35	45.0	8.1	43.3	126.8
3	31/03/2008 10:45 p.m.	03/04/2008 04:45 a.m.	54	38.3	19.3	18.4	50.0

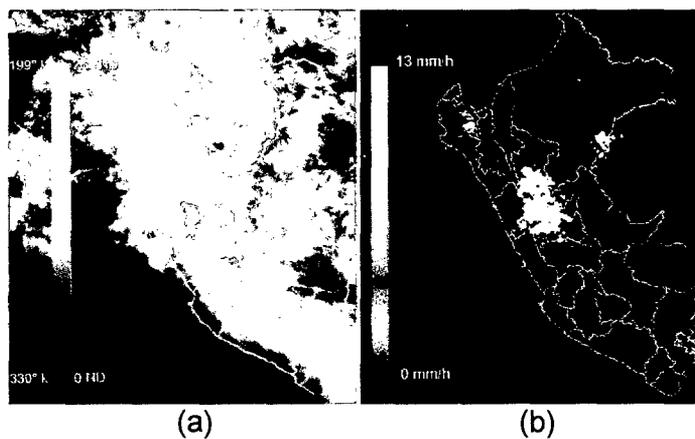


Figura 5. Procesamiento digital de imagen infrarroja del GOES12 del 27/02/2008 06:15 a.m.

(a) Imagen de nivel digital (ND) y temperatura de brillo ($^{\circ}$ K).

(b) Imagen de intensidad de precipitación en mm/h, procesada con la técnica CST.

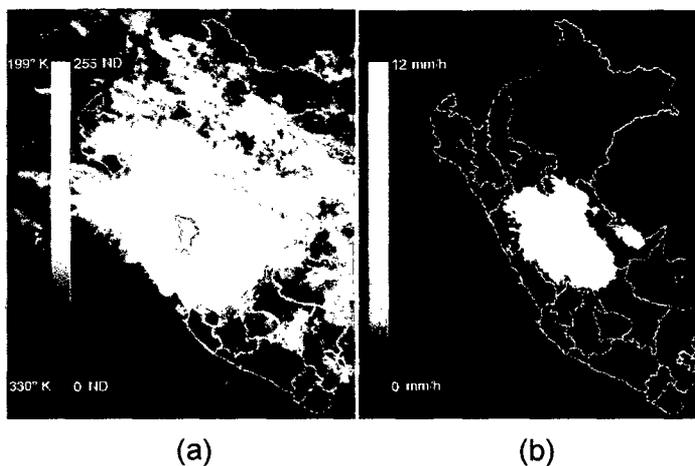


Figura 6. Procesamiento digital de imagen infrarroja del GOES12 del 07/03/2008 08:15 a.m.

(a) Imagen de nivel digital (ND) y temperatura de brillo ($^{\circ}$ K).

(b) Imagen de intensidad de precipitación en mm/h, procesada con la técnica CST.

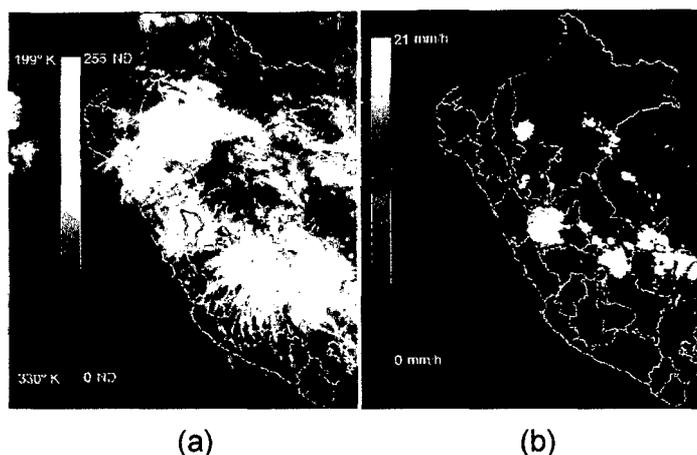


Figura 7. Procesamiento digital de imagen infrarroja del GOES12 del 01/04/2008 04:45 a.m.

(a) Imagen de nivel digital (ND) y temperatura de brillo (°K).

(b) Imagen de intensidad de precipitación en mm/h, procesada con la técnica CST.

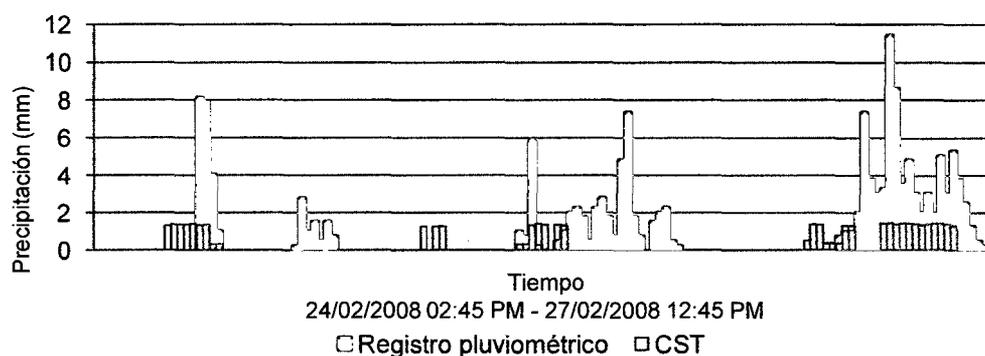


Figura 8. Precipitación acumulada cada 30 minutos del evento 1.

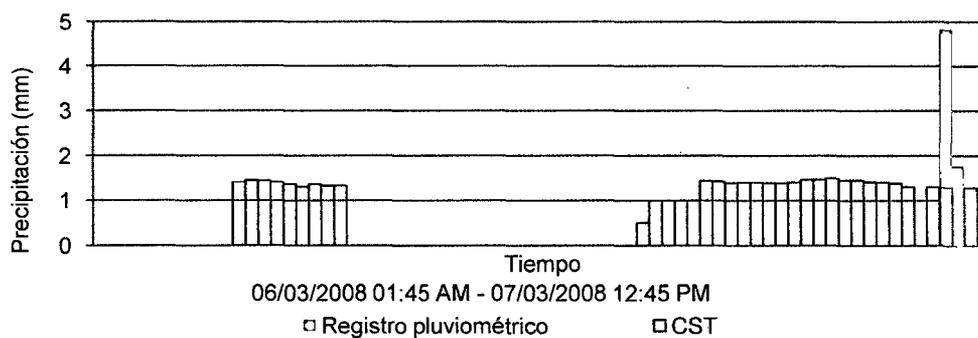


Figura 9. Precipitación acumulada cada 30 minutos del evento 2.

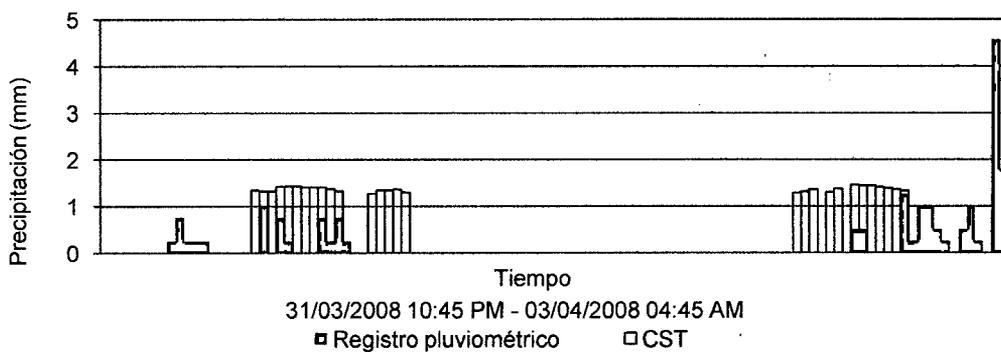


Figura 10. Precipitación acumulada cada 30 minutos del evento 3.

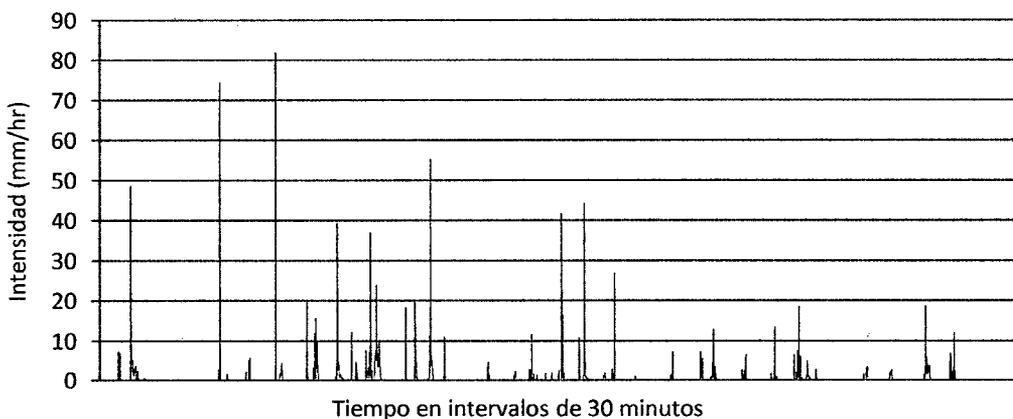


Figura 11. Intensidad de lluvia para el periodo de evaluación según registros pluviométricos.

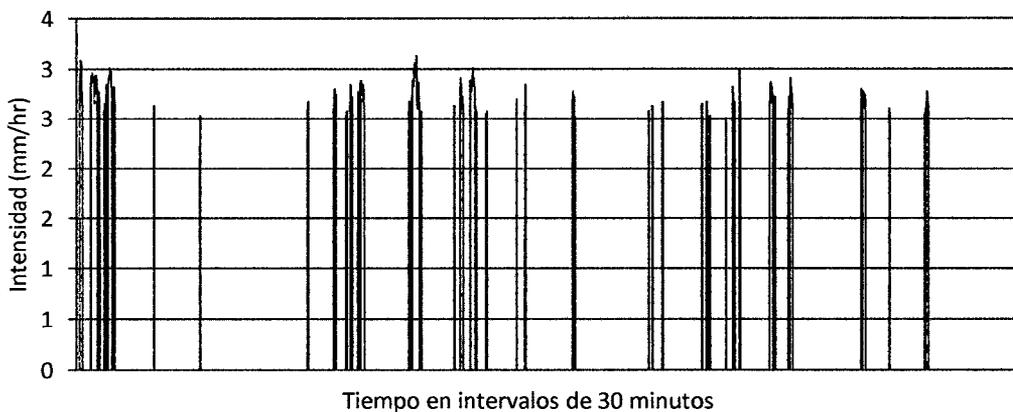


Figura 12. Intensidad de lluvia para el periodo de evaluación según la técnica CST.

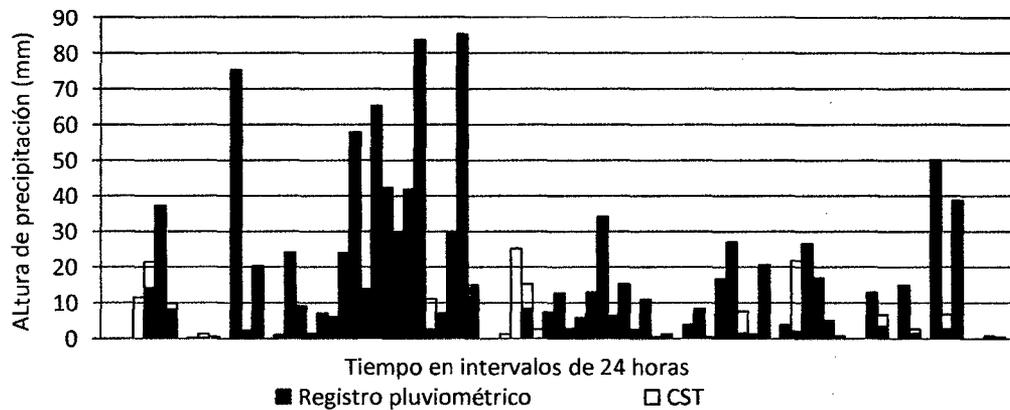


Figura 13. Precipitación acumulada cada 24 horas durante febrero a abril del 2008 en Tingo María.

4.4. Caudal de validación

Del estudio batimétrico y topográfico; se obtuvo la sección hidráulica en el punto de aforo del sistema hidrológico evaluado (anexo H del apéndice 2); a la cual se le establecieron distintos coeficientes de rugosidad de Manning, como lo muestra la figura 14.

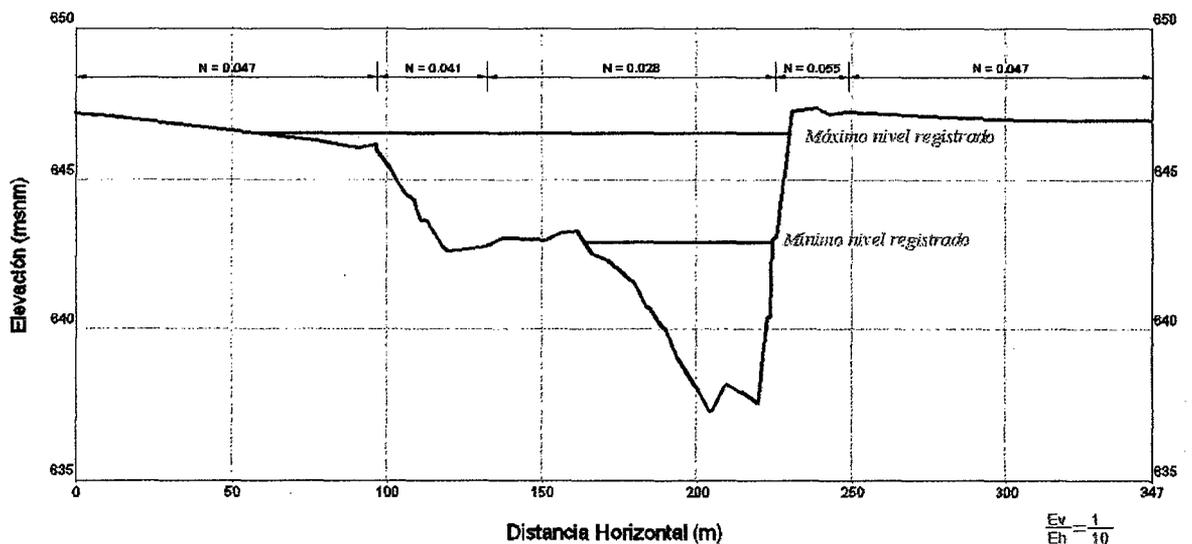


Figura 14. Sección hidráulica del río Huallaga en la estación hidrológica del SENAMHI en Tingo María.

Se observó que el nivel máximo en el periodo de evaluación fue de 646.55 msnm; el día 27/02/2008 a las 06:00 p.m. (según registros). En función a esta sección y los registros hidrométricos, se calcularon los caudales con la ecuación de Manning.

La figura 15 muestra la relación no lineal entre el nivel de la superficie del agua y el caudal; además de una sub estimación para niveles mayores de 646.09 msnm. Al aplicar una tendencia polinómica de grado 2 a los datos inferiores a este último, se obtuvo que:

$$Q = 69.25z^2 - 88507.27z + 28277137.65 \quad (16)$$

Donde Q , es el caudal en metros cúbicos por segundo (m^3/s), y z es el nivel de la superficie libre en metros sobre el nivel del mar (msnm), obteniéndose un coeficiente de correlación R^2 de 0.999.

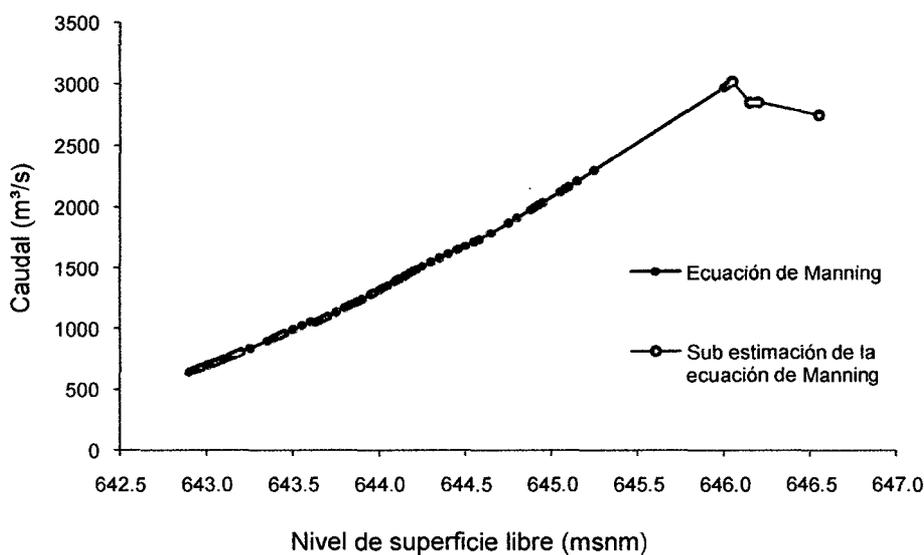


Figura 15. Aplicación de la ecuación de Manning.

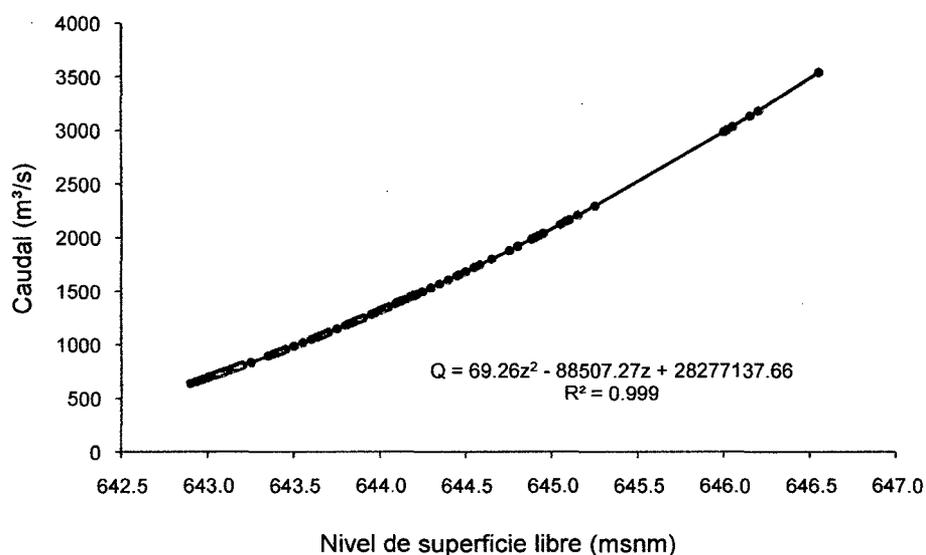


Figura 16. Tendencia polinómica de grado 2 sobre resultados de la ecuación de Manning.

Se realizaron repetidos modelamientos hidráulicos en HEC-RAS, con información topográfica de un trecho de 60 metros de cauce del río Huallaga en la ubicación del punto de aforo. El cuadro 11 muestra un resumen de los resultados obtenidos en HEC-RAS.

Cuadro 11. Resumen del modelamiento hidráulico en HEC-RAS.

Cota de superficie libre msnm	Caudal calculado con la ecuac. (15) m³/s	Caudal modelado en HEC-RAS m³/s	Diferencia m³/s
646.55	3,539.43	3,150.00	389.43
645.05	2,124.19	1,900.00	224.19
644.50	1,683.35	1,480.00	203.35
644.00	1,318.95	1,100.00	218.95
643.50	989.18	830.00	159.18
643.00	694.04	635.00	59.04
642.90	639.16	610.00	29.16

Aplicando una segunda tendencia polinomial a los resultados obtenidos con HEC-RAS, se obtuvo la ecuac. (17) con un R^2 de 0.998.

$$Q = 76.28z^2 - 97661.41z + 31256086.15 \quad (17)$$

Finalmente se promediaron los resultados de las ecuac. (16) y (17); al cual se le aplicó un tercer ajuste polinomial obteniéndose las ecuac. (18) y (19), para el cálculo del caudal de validación con un valor de R^2 de 0.999.

$$Q_v = 72.73z^2 - 93038.63z + 29751897.32 \quad (18)$$

ó

$$Q_v = 72.73h^2 + 274.32h + 6.109 \quad (19)$$

Donde Q_v , es el caudal de validación en m^3/s y h es el nivel hidrométrico correspondiente al punto de aforo del sistema hidrológico; la estación hidrológica del SENAMHI en la ciudad de Tingo María (anexo G del apéndice 2).

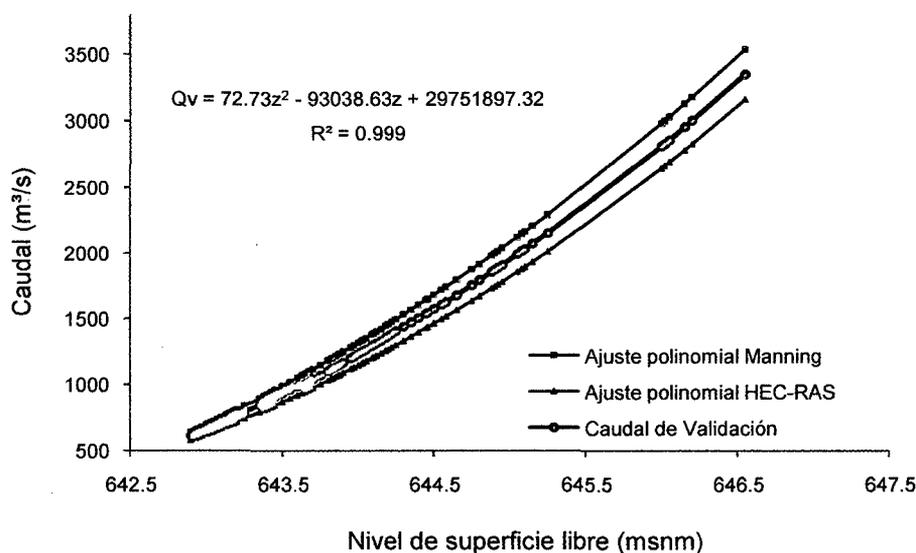


Figura 17. Tendencia polinómica de Manning y HEC-RAS, y caudal de validación.

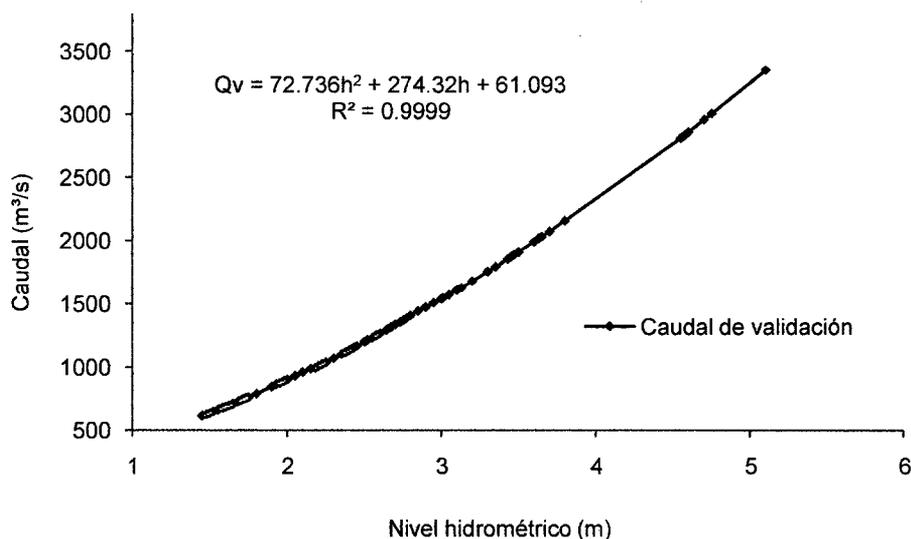


Figura 18. Curva de calibración del caudal de validación.

Aplicando la ecuac. (19), se obtuvo la serie de caudales Q_v del periodo de evaluación; febrero a abril del 2008, cuya variación temporal se muestra en la figura 19.

Se calculó un caudal de validación máximo para el día 27/02/2008 a horas 06:00 p.m. de 3,351.82 m^3/s , fecha que corresponde a la inundación producida en la ciudad de Tingo María por el desborde del río Huallaga; y un mínimo para el día 30/04/2008 a horas 01:00 p.m. de 614.04 m^3/s .

4.5. Escorrentía directa

Según los datos de precipitación estimados por la técnica CST, se seleccionaron 3 eventos o periodos lluviosos no continuos que tuvieron inicio después de un periodo sin precipitación menor a cinco días en todo el sistema.

En función al cuadro 5 y los datos de precipitación estimados por la técnica CST; la condición de humedad antecedente (AMC) de todas las subcuencas en todos los eventos fue de AMC (I). Alternativamente se modeló el evento 3 con AMC (II) para todas las subcuencas y los eventos 1 y 2 con AMC (III) de igual manera. La información general de entrada en el programa HEC-HMS para cada evento se lista en el cuadro 12.

Cuadro 12. Información general de los eventos lluviosos seleccionados.

Información general		Evento		
		1	2	3
Entrada de datos de precipitación	Inicio	24/02/2008 02:45 p.m.	06/03/2008 01:45 a.m.	31/03/2008 10:45 p.m.
	Termino	27/02/2008 12:45 p.m.	07/03/2008 12:45 p.m.	03/04/2008 04:45 p.m.
	Duración	70 Horas	35 Horas	54 Horas
	Intervalo de entrada	30 minutos	30 minutos	30 minutos
Salida de datos de escorrentía	Inicio	24/02/2008 03:00 p.m.	06/03/2008 02:00 a.m.	31/03/2008 11:00 p.m.
	Termino	01/03/2008 12:00 p.m.	09/03/2008 02:30 p.m.	08/04/2008 08:30 p.m.
	Duración	141 Horas	84 Horas	189 Horas
	Intervalo de salida	30 minutos	30 minutos	30 minutos
AMC de las subcuencas	Según precipitación de 5 días antecedentes	I : 140 subcuencas II : 0 subcuencas III : 0 subcuencas	I : 140 subcuencas II : 0 subcuencas III : 0 subcuencas	I : 140 subcuencas II : 0 subcuencas III : 0 subcuencas
	Alternativa	I : 0 subcuencas II : 0 subcuencas III : 140 subcuencas	I : 0 subcuencas II : 0 subcuencas III : 140 subcuencas	I : 0 subcuencas II : 140 subcuencas III : 0 subcuencas
Método	Perdida de precipitación (Loss)	Número de curva del SCS	Número de curva del SCS	Número de curva del SCS
	Transformación precipitación a escorrentía (Transform)	Hidrograma unitario del SCS	Hidrograma unitario del SCS	Hidrograma unitario del SCS
	Transito de caudales (Routing)	Muskingum-Cunge	Muskingum-Cunge	Muskingum-Cunge
	Caudal Base (Base flow)	1,372 m ³ /s	1,136 m ³ /s	880 m ³ /s

El modelamiento de todos los eventos con carácter estricto (AMC según precipitación de cinco días anteriores), mostró que no hubo producción de escorrentía en el sistema y que el flujo permaneció invariable hasta el final de los eventos considerados.

Por otro lado, en condiciones alternativas de AMC, los 3 eventos presentaron un incremento de la escorrentía directa máxima o caudal pico (m^3/s), similar a la variación del caudal de validación obtenida en el punto de aforo. Las figuras 20 al 22 y los cuadros 13 al 15; muestran los resultados obtenidos en HEC-HMS con AMC alternativa.

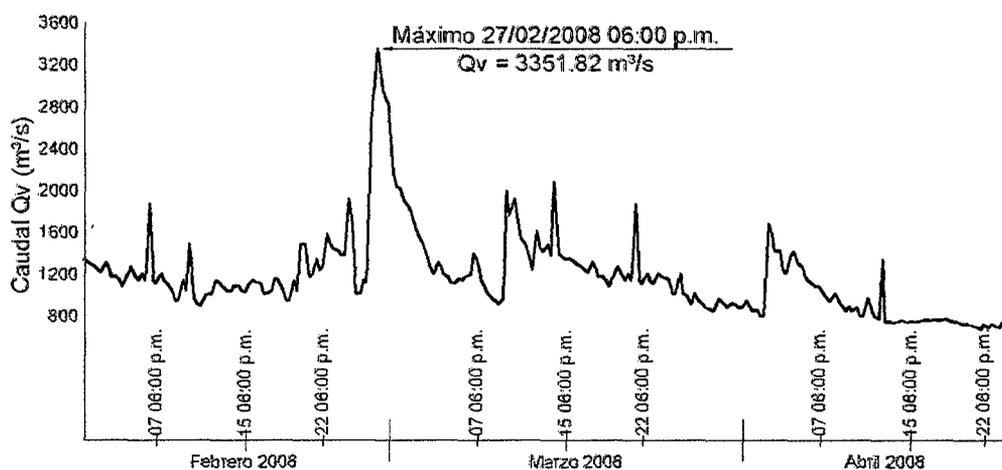


Figura 19. Variación temporal del caudal de validación Q_v .

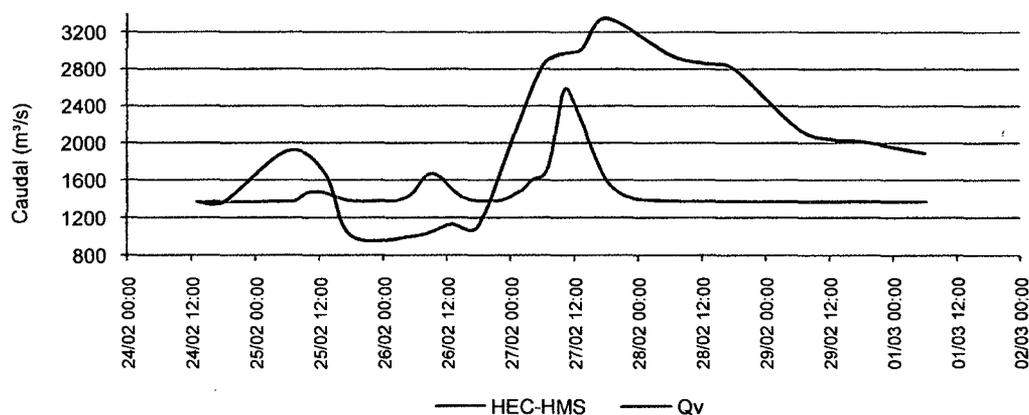


Figura 20. Resultados en HEC-HMS y Q_v , para el evento 1 en el punto de aforo.

Cuadro 13. Comparación del evento 1 entre Qv y HEC-HMS.

Fecha	Hora	Caudal de validación Qv m ³ /s	Escorrentía directa HEC-HMS m ³ /s
24-Feb-08	13:00	1,372.21	1,372.00
24-Feb-08	18:00	1,372.21	1,372.00
25-Feb-08	06:00	1,912.08	1,372.32
25-Feb-08	13:00	1,679.83	1,458.93
25-Feb-08	18:00	1,007.97	1,380.51
26-Feb-08	06:00	1,007.97	1,488.32
26-Feb-08	13:00	1,135.03	1,501.92
26-Feb-08	18:00	1,115.57	1,382.02
27-Feb-08	06:00	2,827.82	1,634.00
27-Feb-08	13:00	3,004.98	2,353.87
27-Feb-08	18:00	3,351.82	1,625.90
28-Feb-08	06:00	2,956.89	1,380.49
28-Feb-08	13:00	2,857.62	1,373.59
28-Feb-08	18:00	2,809.39	1,372.30
29-Feb-08	06:00	2,157.19	1,372.09
29-Feb-08	13:00	2,033.03	1,372.01
29-Feb-08	18:00	2,016.72	1,372.00
01-Mar-08	06:00	1,888.27	1,372.00

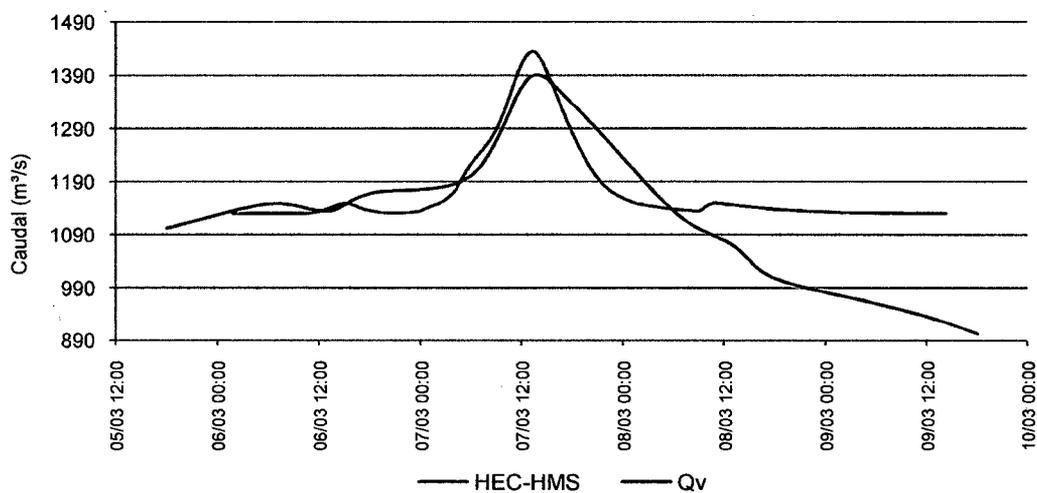


Figura 21. Resultados en HEC-HMS y Qv, para el evento 2 en el punto de aforo

Cuadro 14. Comparación del evento 2 entre Qv y HEC-HMS.

Fecha	Hora	Caudal de validación Qv m ³ /s	Escorrentía directa HEC-HMS m ³ /s
05-Mar-08	18:00	1,102.68	1,136.00
06-Mar-08	06:00	1,148.07	1,136.00
06-Mar-08	13:00	1,135.03	1,144.63
06-Mar-08	18:00	1,167.76	1,141.58
07-Mar-08	06:00	1,200.88	1,227.87
07-Mar-08	13:00	1,386.32	1,435.87
07-Mar-08	18:00	1,337.19	1,288.50
08-Mar-08	06:00	1,135.03	1,144.33
08-Mar-08	13:00	1,070.71	1,152.60
08-Mar-08	18:00	1,007.97	1,144.56
09-Mar-08	06:00	9,61.09	1,137.04
09-Mar-08	13:00	9,31.95	1,136.24
09-Mar-08	18:00	9,03.18	1,136.00

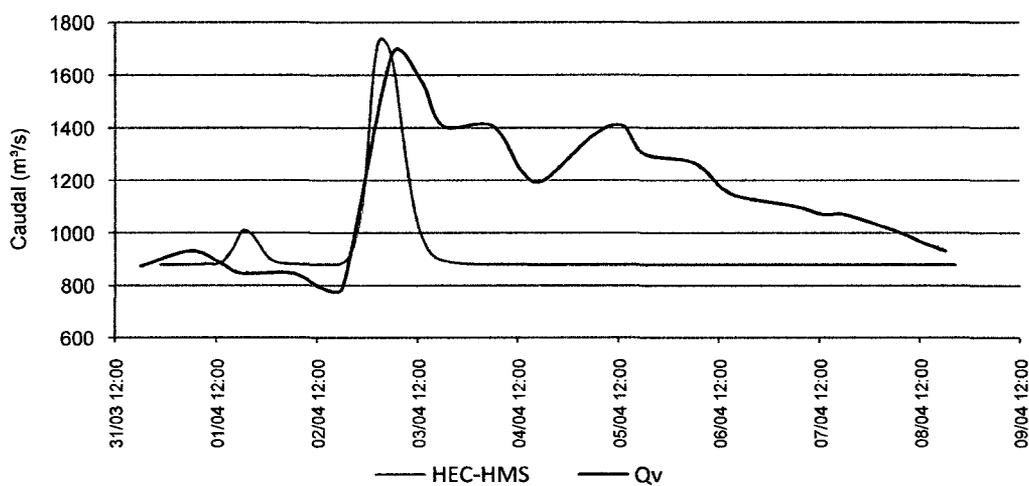


Figura 22. Resultados en HEC-HMS y Qv, para el evento 3 en el punto de aforo.

Cuadro 15. Comparación del evento 3 entre Qv y HEC-HMS.

Fecha	Hora	Caudal de validación Qv m ³ /s	Escorrentía directa HEC-HMS m ³ /s
31-Mar-08	18:00	874.78	880.00
01-Abr-08	06:00	931.95	880.02
01-Abr-08	13:00	886.09	887.04
01-Abr-08	18:00	846.75	1,003.41
02-Abr-08	06:00	846.75	882.00
02-Abr-08	13:00	791.82	880.40
02-Abr-08	18:00	791.82	886.60
03-Abr-08	06:00	1,679.83	1,653.43
03-Abr-08	13:00	1,574.11	986.02
03-Abr-08	18:00	1,407.60	896.71
04-Abr-08	06:00	1,407.60	880.40
04-Abr-08	13:00	1,234.39	880.05
04-Abr-08	18:00	1,200.88	880.00
05-Abr-08	06:00	1,372.21	880.00
05-Abr-08	13:00	1,407.60	880.00
05-Abr-08	18:00	1,302.54	880.00
06-Abr-08	06:00	1,268.28	880.00
06-Abr-08	13:00	1,167.76	880.00
06-Abr-08	18:00	1,135.03	880.00
07-Abr-08	06:00	1,102.68	880.00
07-Abr-08	13:00	1,070.71	880.00
07-Abr-08	18:00	1,070.71	880.00
08-Abr-08	06:00	1,007.97	880.00
08-Abr-08	13:00	961.09	880.00
08-Abr-08	18:00	931.95	880.00

El cuadro 16 muestra la comparación de ocurrencia y magnitud, de los caudales máximos o caudales picos de cada evento obtenido con el modelamiento hidrológico en HEC HMS, con el respectivo caudal de validación máximo obtenido.

Cuadro 16. Comparación del Qv con caudales pico obtenidos con HEC-MS.

Comparativa	Evento			
	1	2	3	
HEC-HMS	Magnitud m ³ /s	2,584.76	1,437.21	1,737.30
	Fecha y Hora	27/02/2008 10:15 a.m.	07/03/2008 01:15 p.m.	03/04/2008 03:30 a.m.
	Nivel dinámico msnm	645.75	644.31	644.72
	Nivel hidrométrico m	4.30	2.86	3.27
Qv	Magnitud m ³ /s	3,351.82	1,386.32	1,679.83
	Fecha y Hora	27/02/2008 06:00 p.m.	07/03/2008 01:00 p.m.	03/04/2008 06:00 a.m.
	Nivel dinámico msnm	646.55	644.22	644.65
	Nivel hidrométrico m	5.10	2.77	3.20
Diferencia	Magnitud m ³ /s	768.98 ⁽⁻⁾	50.89 ⁽⁺⁾	57.08 ⁽⁺⁾
	%	22.94	3.67	3.40
	Tiempo	7 h 30 min ¹	30 min ¹	2 h 30 min ¹
	Nivel m	0.80	0.09	0.07

(+) Por encima del caudal de validación Qv.

(-) Por debajo del caudal de validación Qv.

¹ Antes del caudal de validación pico.

V. DISCUSIÓN

ADLER y NEGRI (1988) desarrollaron la técnica Convectivo-Estratiforme (CST), originalmente para locaciones diferentes al ámbito en estudio; para ello establecieron ecuaciones que mostraron aceptable correlación para dichas ubicaciones. Posteriormente BENDIX (1997), realizó una investigación para evaluar las alteraciones del tiempo durante el fenómeno del niño en el norte del Perú y Ecuador, en la cual se estableció que las ecuaciones originales de la técnica CST tendían a subestimar la intensidad y cantidad de precipitación; por lo que BENDIX (1997), plantea nuevas ecuaciones para las ubicaciones estudiadas. Sin embargo al aplicar estas nuevas relaciones en la presente investigación; se observó que la técnica CST aún subestima la intensidad de las precipitaciones de los eventos evaluados y por consiguiente las alturas de precipitación, coincidiendo con lo observado por BENDIX (1997) en las ecuaciones originales de la técnica CST.

En comparación con los datos pluviométricos de la estación J. A. Quiñones - Tingo María; el cuadro 10 y las figuras 8 al 10; muestran que el evento 1 fue notablemente desestimado tanto en el valor de precipitación total del periodo como antecedente. Por otro lado los eventos 2 y 3 finalizaron al igual que el primero, con una precipitación antecedente también subestimada

pero con la sobreestimación de la precipitación del periodo. Esto puede atribuirse; como lo indican BENDIX (1997) y HEUMINSKI (2006) en sus investigaciones; a que la técnica CST tiende a sobre estimar la intensidad de lluvia estratiforme, pues esta puede decaer hasta 0.03 mm/h en la realidad; cuando en el procesamiento de la técnica; esta no decrece a menos de 2 mm/h. y además en ciertos casos las nubes cirros son clasificadas como sistemas precipitantes. Adicionalmente las figuras 11 al 13, corroboran la primera observación de BENDIX (1997); mostrando datos, que en la mayoría de los casos, se encuentran por debajo de los registrados.

Por otro lado, la ecuac. (20) de Manning, como indica CHOW (1994) derivada de la forma general de ecuaciones potenciales $Q = ah^b$ que gobierna el flujo a través de canales abiertos; establece relaciones entre las características geométricas, topográficas, y de rugosidad de la sección transversal de un cauce para la obtención de un caudal Q .

$$Q = \frac{AR^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (20)$$

La figura 15 muestra la aplicación de la ecuac. (20); donde Q es el caudal en m³/s; A es el área hidráulica en m²; R es el radio hidráulico en m; S es la pendiente de fondo en m/m y n es el coeficiente de rugosidad de Manning. Efectivamente la relación que se crea es cuasi perfectamente curvilínea entre el nivel de superficie libre y el caudal; sin embargo se observa también el resultado incoherente para aquellos niveles mayores de 646.09 msnm (para la superficie libre) ó 4.64 m (para el nivel hidrométrico); debido a la

relación anidado de $R = A/P$, componente del factor geométrico ($FG = AR^{2/3}$) donde P es el perímetro mojado de la sección en m. Puesto que la inversa proporcionalidad de R , decae al computar niveles superiores a los mencionados; la fórmula de Manning incide un cálculo deficiente y considerablemente subestimado del caudal.

HEC-RAS analiza el tránsito de caudales por un cauce desde una perspectiva más espacial. Según BRUNER (2008) el análisis si bien está basado en los principios de Manning, este incluye además las condiciones hidráulicas y el comportamiento del flujo de todo el trayecto antecedente al punto de interés. Siendo así; es de esperarse resultados diferentes pero similares con respecto a la aplicación de Manning en el cálculo del caudal.

La figura 17, muestra dicha diferencia y similitud entre Manning y HEC-RAS a la hora de calcular el caudal. Las curvas muestran que entre mayor es el nivel dinámico del flujo mayor es la diferencia entre ambos métodos; sin embargo ambas dispersiones responden muy satisfactoriamente a un ajuste de tendencia polinómica de grado 2, resultando en un coeficiente de correlación R^2 muy cercano a la unidad.

El modelamiento hidrológico en HEC-HMS; condicionado por los datos de precipitación obtenidos con la técnica CST que mostraron en la mayoría de los casos una subestimación según la comparación puntual con los registros pluviométricos; también arrojó resultados similares de escorrentía, ya

que las subcuencas al estar condicionadas estrictamente por el cuadro 5; presentaban AMC I donde todas las entradas de precipitación eran transformadas en abstracciones en su totalidad sin dejar opción a la producción de escorrentía.

Frente a este contexto, los modelamientos en condiciones AMC alternativas (como lo muestra el cuadro 12), en función a los registros pluviométricos del punto de aforo del cuadro 10, muestran resultados de escorrentía con mayor aproximación.

El primer evento (figura 20 y cuadro 13), que abarca aquellos instantes en los que se produjo la inundación de la ciudad de Tingo María por el desborde del río Huallaga; muestra que los resultados de HEC-HMS denotan una inferioridad a los valores de Q_v y la ocurrencia del caudal pico con anterioridad relativamente grande. Como señala HEUMINSKI (2006), esto sugiere que la efectividad de la técnica CST en eventos extremos disminuye en cuanto al cálculo de precipitaciones máximas y que las alteraciones térmicas de la cima de las nubes; en tales condiciones son procesadas como precipitaciones de tipo estratiforme en la mayoría de los casos.

Sin embargo la figura 20 también muestra que el caudal pico obtenido en HEC-HMS, se encuentra en el mismo intervalo de tiempo de los máximos Q_v , lo que indicaría que los datos morfométricos a nivel de sub

cuenca y la configuración del esquema hidrológico pueden clasificarse como aceptables (ARLEN, 2000).

Los eventos 2 y 3 muestran la mejor relación entre los datos de escorrentía de HEC-HMS y Q_v ; teniendo en cuenta las magnitudes y la ubicación cronológica de los caudales pico. Esto apoya lo anteriormente señalado; es decir que la técnica CST tiende a mostrar los mejores resultados de precipitación en eventos que no corresponden a anomalías extremas de temperaturas en la cima de las nubes.

Sin embargo el evento 3, muestra un súbito decaimiento de la escorrentía después del caudal pico lo que contrasta con la recesión gradual de Q_v . Este comportamiento encuentra motivo en la complejidad del proceso de convolución tridimensional del hidrograma unitario que se lleva a cabo en la ejecución de HEC-HMS, y culmina en el cálculo de un hidrograma de crecida con único caudal pico además de una ligera asimetría horizontal; que en la práctica se ve desvirtuado por el real y enormemente complejo tránsito de caudales en una cuenca de gran tamaño (ARLEN, 2000).

VI. CONCLUSIONES

1. El modelamiento en HEC-HMS con datos de precipitación obtenidos de la técnica CST, sobre el esquema hidrológico, mostró que:

- El evento 1 presentó una mejor correspondencia cronológica que de magnitud en la ocurrencia del caudal pico debido a la subestimación de datos de precipitación de la técnica CST.
- El evento 2 presentó buena correspondencia cronológica y de magnitud para el caudal pico.
- El evento 3 presentó buena correspondencia cronológica y de magnitud para el caudal pico, sin embargo una notable diferencia en la tendencia de decaimiento.

2. En general, el método SCS aplicado sobre la configuración del sistema hidrológico, arroja resultados aceptables en cuanto a la ocurrencia cronológica de los caudales picos, y que la técnica CST detecta de modo aceptable la producción de sistemas lluviosos en el transcurrir del tiempo, pero que aún necesita de un ajuste a escalas más locales para la determinación de las intensidades de dichos sistemas precipitantes; de modo que al final de todo el proceso ejecutado, se realice el cálculo de la esorrentía directa usando únicamente imágenes del GOES 12 en reemplazo de información pluviométrica proveniente de una estación meteorológica.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones de periodos relativamente largos y con objetivos enfocados con prioridad al ajuste de la técnica Convectivo - Estratiforme (CST), a niveles más locales y altitudinalmente estratificados, para permitir la optimización de los resultados del proceso de estimación de escorrentía directa utilizado en la presente investigación.
2. Además se recomienda la conformación de convenios por parte de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, con universidades que hoy en día llevan a cabo investigaciones avanzadas en el campo de la teledetección, fomentando de este modo la ampliación y difusión de los conocimientos y las potencialidades de los estudiantes.

VIII. ABSTRACT

ESTIMATE OF DIRECT RUNOFF USING GOES 12'S IMAGES AND MODELING IN HEC-HMS, IN HUALLAGA'S HIGH BASIN.

A process was developed to estimate direct runoff during February to April of 2008 in the high part of Huallaga's basin, using GOES 12 images and coverage and soils information from the considered area which covers a surface of 12,249.542 km² from Pasco to Tingo María in Huánuco. The area was split into 140 subbasins which integrated the whole hydrologic scheme configured with the indispensable information to calculate direct runoff in HEC-HMS applying the SCS method. Scheme's outlet point represents the hydrologic station of the SENAMI in Tingo María, where a validation flow (Q_v), was calculated using Manning's method and HEC-RAS to make a comparison with direct runoff obtained in HEC-MS. Precipitation was calculated from GOES 12 imagery using CST technique. Three rainy events were considered which yielded 45.3, 45 and 38.3 mm on the Tingo María city, front to 201.4, 216.8 and 50.0 mm according to pluviometric records. HEC-HMS calculated a peak direct runoff of 2,584.76, 1,437.21 and 1,737.3 m³/s front to a Q_v of 3,351.82, 1,386.32 and 1,679.83 m³/s meaning a percentage variation of 22.94%, 3.67% and 3.40% for each event respectively, what indicates the need of an adjustment of the CST technique for a more local scale for events with thermic variations of anomalous tendency.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, F.R. y MACK, R.A. 1984. Thunderstorm cloud height – rainfall rate relation for use with satellite rainfall estimation techniques. J. Appl. Meteor, Greenbelt. 23:280 – 296.
- ADLER, F.R. y NEGRI, A.J. 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. J. Appl. Meteor. 27:30-51.
- ARLEN, D.F. 2000. Hydrologic modeling system; Technical reference manual. [En línea]: HEC, (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hechms/documentation.html>), documentación, 15 Mar. 2000).
- BENDIX, J. 1997. Adjustment of the convective-stratiform technique to estimate 1991/93 el niño rainfall distribution in Ecuador and Peru by means of Meteosat-3 IR data. Int. j. remote sensing, Bonn, Alemania. 18(6):1387-1394
- BRUNER, G. 2008. River analysis system; User's manual. [En línea]: HEC, (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hechms/documentation.html>), documentación, 25 Mar. 2008).
- CABRERA, M. 2007. Instituto nacional de recursos naturales. [En línea]: INRENA, (http://www.inrena.gob.pe/biblioteca/bibli_peru_ambiental.htm, mapas del Perú ambiental, 07 jun. 2008).
- CÂMARA, G. 2008. Instituto nacional de pesquisas espaciais. [En línea]: INPE, (<http://www.inpe.br/>, catálogo de imagens CBERS, 21 ago. 2008).

- CHESTERS, D. 2007. Goes project science. [En línea]: NASA, (<http://goes.gsfc.nasa.gov/>, notas de usuario, 07 jun. 2007).
- CHOW, V. y MAYS, L. 1994. Hidrología aplicada. 1ed. Bogotá, Colombia, Mc Graw Hill. 584p.
- CHUVIECO, E. 2000. Teledetección ambiental; La observación de la tierra desde el espacio. 1 ed. Barcelona, España, Provença. 726 p.
- CUBA, S., ITA, M. 2008. Guía climática turística. [En línea]: SENAMHI, (<http://www.senamhi.gob.pe/>, publicaciones, 22 Set. 2008).
- ETCHEVEHERE, P. 1998. Normas de reconocimiento de suelos. INTA, IDIA. Buenos, Aires. 326 p.
- HEUMINSKI, A. 2006. Estimativa de precipitação em regiões tropicais utilizando imagens do satélite GOES 12. Tese do Doutorado Eng. Agrícola. Brasil. Universidad Estadual de Campinas. 135 p.
- MOGROVEJO, J. 1997. Evaluación ambiental territorial de la cuenca del río alto Huallaga. Ministerio de energía y minas, Pasco (Perú). Informe. 42 p.
- SOBRINO, A. 2000. Teledetección. 1ed. Valencia – España, Servicio de publicaciones de LaUniversidad de valencia. 557 p.
- WEINSTEIN, J. 2007. Global land cover facility. [En línea]: ESDI, (<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>, productos y datos, 12 jul. 2008).

X. ANEXO

Apéndice 1. Parámetros morfométricos e hidrológicos

Anexo A. Subcuencas delimitadas con una superficie umbral de 250 km².

ID	Nombre	Área Km ²	Perímetro Km	Pendiente media de subcuenca %	Centroide de subcuenca					CN (AMC II)	CN (AMC III)	Ia (AMC II)	Ia (AMC III)	Tc Min	Tr Min
					Este	Norte	Distrito	Provincia	Depto.						
1	C1	141.05	83.16	54.07	313406	8997543	Cochabamba	Huacaybamba	Huánuco	74	86	17.85	8.27	122.36	73.42
2	C2	79.78	60.16	37.58	341079	8989658	José Crespo y Castillo	Leoncio Prado	Huánuco	73	86	18.79	8.27	109.45	65.67
3	C3	99.09	63.16	45.12	317897	8988201	Arancay	Huamalis	Huánuco	73	86	18.79	8.27	92.10	55.26
4	C4	154.16	75.20	23.70	365379	8984122	Monzón	Huamalis	Huánuco	75	87	16.93	7.59	166.42	99.85
6	C5	216.85	111.80	50.92	332259	8989263	Cochabamba	Huacaybamba	Huánuco	74	86	17.85	8.27	168.88	101.33
9	C6	75.53	78.68	38.71	390399	8968845	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	76	87	16.04	7.59	129.86	77.92
10	C7	131.53	90.48	48.44	352571	8983983	Cochabamba	Huacaybamba	Huánuco	74	86	17.85	8.27	156.55	93.93
11	C8	115.33	74.44	43.78	322053	8981183	Jircán	Huamalis	Huánuco	73	86	18.79	8.27	104.98	62.99
12	C9	28.30	35.48	39.01	354893	8979529	Monzón	Huamalis	Huánuco	76	87	16.04	7.59	78.02	46.81
13	C10	43.47	37.80	45.10	336356	8979863	Monzón	Huamalis	Huánuco	73	86	18.79	8.27	71.63	42.98
15	C11	22.72	31.68	55.77	332240	8977404	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	65.49	39.30
16	C12	111.06	84.36	24.33	378260	8980823	Monzón	Huamalis	Huánuco	76	87	16.04	7.59	181.12	108.67
17	C13	82.87	56.28	45.98	329819	8969303	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	89.04	53.42
18	C14	50.17	48.56	47.96	351071	8975303	Monzón	Huamalis	Huánuco	75	87	16.93	7.59	84.73	50.84
19	C15	43.19	37.96	33.44	359609	8975293	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	81.60	48.96
20	C16	119.29	77.44	47.43	337723	8958219	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	110.90	66.54
21	C17	96.47	67.84	45.95	320955	8975783	Jircán	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	98.02	58.81
24	C18	76.56	50.76	46.35	342459	8975262	Monzón	Huamalis	Huánuco	75	87	16.93	7.59	102.22	61.33
25	C19	42.07	43.16	39.31	383571	8965015	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	75	87	16.93	7.59	98.14	58.89
27	C20	36.00	35.20	54.51	335392	8970750	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	62.73	37.64
29	C21	11.95	22.16	53.31	340739	8969463	Monzón	Huamalis	Huánuco	75	87	16.93	7.59	40.93	24.56
30	C22	42.33	38.96	47.23	350587	8969515	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	76.53	45.92
31	C23	57.63	52.60	29.16	364332	8971123	Monzón	Huamalis	Huánuco	73	86	18.79	8.27	104.90	62.94
32	C24	22.74	34.60	30.39	383730	8971363	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	76	87	16.04	7.59	90.24	54.15
33	C25	51.73	56.60	45.62	387917	8963443	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	74	86	17.85	8.27	120.51	72.31
34	C26	90.67	67.40	55.30	330388	8963692	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	98.88	59.33
36	C27	83.29	72.60	34.19	373659	8967845	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	74	86	17.85	8.27	119.68	71.81
38	C28	77.37	58.88	40.13	356547	8968763	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	115.36	69.22
40	C29	87.55	55.20	39.69	396313	8959263	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	75	87	16.93	7.59	103.70	62.22

Anexo A. Subcuencas delimitadas con una superficie umbral de 250 km² (continuación).

ID	Nombre	Área Km ²	Perímetro Km	Pendiente media de subcuenca %	Centroide de subcuenca					CN (AMC II)	CN (AMC III)	Ia (AMC II)	Ia (AMC III)	Tc Min	Tr Min
					Este	Norte	Distrito	Provincia	Depto.						
42	C30	73.69	56.28	43.46	364188	8966872	Monzón	Huamalis	Huánuco	73	86	18.79	8.27	90.38	54.23
45	C31	59.68	63.64	43.72	353245	8963897	Monzón	Huamalis	Huánuco	73	86	18.79	8.27	89.95	53.97
47	C32	141.07	83.28	44.51	372780	8962623	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	73	86	18.79	8.27	126.13	75.68
48	C33	31.30	35.12	55.37	393819	8953764	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	76	87	16.04	7.59	78.72	47.23
49	C34	42.16	40.20	48.84	325619	8956782	Monzón	Huamalis	Huánuco	75	87	16.93	7.59	74.35	44.61
50	C35	122.20	75.88	48.74	370207	8951403	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	74	86	17.85	8.27	112.55	67.53
52	C36	48.68	44.48	50.15	387979	8957999	Mariano Dámaso Beraún	Leoncio Prado	Huánuco	74	86	17.85	8.27	88.39	53.03
55	C37	63.61	57.76	47.46	362059	8956745	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	74	87	17.85	7.59	105.96	63.58
56	C38	18.14	26.84	64.42	360294	8946389	Churubamba	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	49.45	29.67
58	C39	151.90	85.64	51.85	346051	8957152	Monzón	Huamalis	Huánuco	74	86	17.85	8.27	120.05	72.03
59	C40	23.98	34.76	39.24	398387	8952623	Chinchao	Huánuco	Huánuco	75	87	16.93	7.59	70.32	42.19
61	C41	45.12	40.60	52.22	353099	8951565	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	74	87	17.85	7.59	63.88	38.33
62	C42	111.38	83.36	54.93	384312	8952123	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	167.00	100.20
63	C43	15.81	23.52	64.73	358531	8948835	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	74	86	17.85	8.27	40.72	24.43
64	C44	79.42	56.48	50.00	332899	8950888	Monzón	Huamalis	Huánuco	75	87	16.93	7.59	94.96	56.98
65	C45	63.03	51.76	55.19	349665	8946523	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	74	87	17.85	7.59	81.98	49.19
66	C46	56.13	55.88	53.57	362839	8950693	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	74	86	17.85	8.27	80.97	48.58
69	C47	95.43	69.24	43.83	397478	8942003	Chinchao	Huánuco	Huánuco	75	87	16.93	7.59	108.18	64.91
71	C48	63.68	53.60	39.56	377720	8945184	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	105.38	63.23
72	C49	51.33	50.96	45.71	334748	8942303	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	75	87	16.93	7.59	94.09	56.46
74	C50	48.84	42.76	53.95	405194	8941383	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	68.29	40.98
75	C51	100.46	66.84	53.43	341839	8942958	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	75	87	16.93	7.59	123.77	74.26
76	C52	46.39	48.52	46.67	375209	8935753	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	83.11	49.87
77	C53	62.28	57.12	49.15	355240	8939762	Churubamba	Huánuco	Huánuco	75	87	16.93	7.59	95.15	57.09
78	C54	141.54	84.88	52.66	361574	8938278	Churubamba	Huánuco	Huánuco	74	87	17.85	7.59	118.94	71.36
79	C55	192.82	100.28	48.32	386566	8938289	Chinchao	Huánuco	Huánuco	75	87	16.93	7.59	164.38	98.63
80	C56	79.32	54.88	44.60	335552	8936070	Mariás	Dos de Mayo	Huánuco	75	87	16.93	7.59	100.35	60.21
81	C57	170.68	98.60	67.78	412534	8914638	Chaglla	Pachitea	Huánuco	74	86	17.85	8.27	135.26	81.16
83	C58	62.39	43.96	45.90	416785	8933498	Chinchao	Huánuco	Huánuco	73	86	18.79	8.27	81.82	49.09
84	C59	97.73	65.32	58.55	408897	8936481	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	106.95	64.17

Anexo A. Subcuencas delimitadas con una superficie umbral de 250 km² (continuación).

ID	Nombre	Área Km ²	Perímetro Km	Pendiente media de subcuenca %	Centroide de subcuenca					CN (AMC II)	CN (AMC III)	Ia (AMC II)	Ia (AMC III)	Tc Min	Tr Min
					Este	Norte	Distrito	Provincia	Depto.						
85	C60	157.75	87.12	52.95	345478	8935042	Churubamba	Huánuco	Huánuco	75	87	16.93	7.59	130.65	78.39
86	C61	65.99	52.32	54.10	401642	8930585	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	86.80	52.08
88	C62	174.16	91.20	53.58	371948	8930574	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	136.81	82.09
89	C63	85.66	59.88	60.01	406822	8923946	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	89.59	53.75
94	C64	195.81	105.00	39.99	386764	8930863	Chinchao	Huánuco	Huánuco	73	86	18.79	8.27	194.56	116.74
96	C65	78.92	56.20	42.65	360919	8926031	Churubamba	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	115.31	69.18
97	C66	53.51	51.56	40.54	365399	8926101	Churubamba	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	97.29	58.37
98	C67	93.93	59.00	49.51	355639	8926721	Santa María del valle	Huánuco	Huánuco	74	87	17.85	7.59	102.88	61.73
100	C68	63.16	54.76	31.25	393711	8918932	Chinchao	Huánuco	Huánuco	75	87	16.93	7.59	77.17	46.30
101	C69	85.40	60.76	48.75	418146	8922696	Chaglla	Pachitea	Huánuco	74	86	17.85	8.27	96.03	57.62
103	C70	98.66	62.60	41.69	379434	8919658	Chinchao	Huánuco	Huánuco	74	86	17.85	8.27	105.42	63.25
104	C71	33.49	39.00	43.06	369796	8909943	Santa María del valle	Huánuco	Huánuco	70	84	21.77	9.68	66.78	40.07
106	C72	78.61	68.16	44.92	367957	8917203	Churubamba	Huánuco	Huánuco	71	85	20.75	8.96	104.56	62.73
107	C73	66.94	54.72	44.40	357640	8916183	Santa María del valle	Huánuco	Huánuco	71	84	20.75	9.68	91.73	55.04
108	C74	66.10	50.76	66.92	403867	8917383	Chaglla	Pachitea	Huánuco	73	86	18.79	8.27	85.58	51.35
109	C75	66.77	50.96	46.81	375842	8913306	Churubamba	Huánuco	Huánuco	70	84	21.77	9.68	100.30	60.18
110	C76	79.18	58.80	44.71	365216	8910146	Santa María del valle	Huánuco	Huánuco	70	84	21.77	9.68	77.89	46.73
111	C77	237.41	117.52	47.48	348394	8915169	Santa María del valle	Huánuco	Huánuco	73	86	18.79	8.27	181.71	109.03
113	C78	99.61	63.52	48.62	387126	8913970	Umari	Pachitea	Huánuco	73	86	18.79	8.27	116.42	69.85
114	C79	58.86	49.72	48.75	347896	8908367	Quisqui	Huánuco	Huánuco	72	85	19.76	8.96	97.65	58.59
122	C80	86.63	69.64	41.41	371910	8901952	Amarilis	Huánuco	Huánuco	71	85	20.75	8.96	88.42	53.05
128	C81	141.65	75.64	52.55	343182	8897985	Yarumayo	Huánuco	Huánuco	71	84	20.75	9.68	129.52	77.71
147	C82	43.22	45.12	45.61	380788	8907512	Churubamba	Huánuco	Huánuco	75	87	16.93	7.59	78.48	47.09
148	C83	124.78	70.68	47.11	339682	8906063	Quisqui	Huánuco	Huánuco	72	85	19.76	8.96	123.83	74.30
149	C84	138.53	95.04	43.36	401406	8904690	Panao	Pachitea	Huánuco	75	87	16.93	7.59	140.26	84.16
152	C85	202.49	103.48	43.52	390119	8905682	Umari	Pachitea	Huánuco	78	88	14.33	6.93	158.34	95.00
153	C86	142.78	83.52	48.18	381813	8891296	Molino	Pachitea	Huánuco	75	87	16.93	7.59	130.36	78.22
154	C87	102.71	66.64	45.03	356418	8902903	Huánuco	Huánuco	Huánuco	71	84	20.75	9.68	109.01	65.40
159	C88	62.96	58.00	40.27	341299	8886004	San Pedro de Chaulan	Huánuco	Huánuco	68	82	23.91	11.15	114.78	68.87
160	C89	95.63	68.56	32.95	336891	8883911	Margos	Huánuco	Huánuco	66	81	26.17	11.92	122.49	73.50

Anexo A. Subcuencas delimitadas con una superficie umbral de 250 km² (continuación).

ID	Nombre	Área Km ²	Perímetro Km	Pendiente media de subcuenca %	Centroide de subcuenca					CN (AMC II)	CN (AMC III)	Ia (AMC II)	Ia (AMC III)	Tc Min	Tr Min
					Este	Norte	Distrito	Provincia	Depto.						
162	C90	63.34	48.16	40.65	366041	8892863	Amarilis	Huánuco	Huánuco	70	84	21.77	9.68	92.36	55.41
163	C91	51.21	42.12	43.55	371549	8890983	Conchamarca	Ambo	Huánuco	71	85	20.75	8.96	70.76	42.45
165	C92	80.98	58.00	42.74	386433	8894077	Molino	Pachitea	Huánuco	76	87	16.04	7.59	96.01	57.61
166	C93	93.75	64.08	51.69	358331	8893734	San Francisco de Cayran	Huánuco	Huánuco	70	84	21.77	9.68	109.06	65.43
168	C94	141.38	77.72	32.46	332823	8894280	Margos	Huánuco	Huánuco	71	84	20.75	9.68	127.78	76.67
169	C95	40.95	44.68	46.53	349561	8887445	San Pedro de Chaulan	Huánuco	Huánuco	70	84	21.77	9.68	82.99	49.79
171	C96	84.50	58.48	44.86	370538	8886242	Tomay Kichwa	Ambo	Huánuco	71	84	20.75	9.68	101.47	60.88
172	C97	69.69	63.68	45.38	359590	8886343	Conchamarca	Ambo	Huánuco	70	84	21.77	9.68	102.05	61.23
175	C98	61.20	50.84	44.10	352339	8882199	San Pedro de Chaulan	Huánuco	Huánuco	62	79	31.14	13.50	97.31	58.38
177	C99	137.67	81.32	48.19	358984	8877038	Huacar	Ambo	Huánuco	69	83	22.82	10.40	140.17	84.10
179	C100	100.39	67.68	45.57	379049	8876433	Ambo	Ambo	Huánuco	73	86	18.79	8.27	112.82	67.69
180	C101	102.15	68.24	46.48	369699	8875637	Ambo	Ambo	Huánuco	71	84	20.75	9.68	99.76	59.85
181	C102	43.57	40.08	48.07	364099	8871108	Huacar	Ambo	Huánuco	70	84	21.77	9.68	73.87	44.32
182	C103	36.35	39.24	50.46	373008	8869551	San Rafael	Ambo	Huánuco	70	84	21.77	9.68	72.84	43.70
189	C104	135.85	79.36	44.17	341259	8870705	San Pedro de Chaulan	Huánuco	Huánuco	69	83	22.82	10.40	124.41	74.65
190	C105	69.46	65.12	45.92	349698	8870544	Cayna	Ambo	Huánuco	66	81	26.17	11.92	111.89	67.13
191	C106	112.49	60.28	53.62	355175	8864703	San Francisco	Ambo	Huánuco	69	83	22.82	10.40	109.56	65.73
209	C107	77.04	61.88	45.83	339231	8864592	Colpas	Ambo	Huánuco	66	81	26.17	11.92	112.75	67.65
211	C108	52.76	57.60	49.45	345426	8859690	Paucar	Daniel Alcides Carrión	Pasco	68	83	23.91	10.40	107.99	64.80
212	C109	63.98	49.72	46.91	361556	8862939	San Francisco	Ambo	Huánuco	71	84	20.75	9.68	82.36	49.42
213	C110	37.86	38.40	58.10	358041	8857683	San Francisco	Ambo	Huánuco	71	85	20.75	8.96	66.44	39.87
214	C111	183.68	86.72	46.72	370640	8856544	San Rafael	Ambo	Huánuco	71	84	20.75	9.68	158.65	95.19
215	C112	49.76	43.80	47.37	364123	8849039	Pallanchacra	Pasco	Pasco	69	83	22.82	10.40	71.87	43.12
216	C113	48.46	40.56	48.91	356813	8849150	Santa Ana de Tusi	Daniel Alcides Carrión	Pasco	66	81	26.17	11.92	72.14	43.28
217	C114	264.27	118.64	42.95	377570	8855533	San Rafael	Ambo	Huánuco	74	86	17.85	8.27	179.55	107.73
219	C115	150.68	89.36	51.08	345319	8852894	Chacayan	Daniel Alcides Carrión	Pasco	70	84	21.77	9.68	166.96	100.18
220	C116	58.18	55.16	31.11	328916	8846503	San Pedro de Pillao	Daniel Alcides Carrión	Pasco	69	83	22.82	10.40	100.48	60.29
221	C117	47.45	48.84	45.47	369779	8845883	Huariaca	Pasco	Pasco	71	84	20.75	9.68	90.07	54.04
222	C118	57.51	55.36	38.81	322719	8842860	Yanahuanca	Daniel Alcides Carrión	Pasco	68	82	23.91	11.15	97.15	58.29
224	C119	44.22	41.60	46.26	342299	8842020	Chacayan	Daniel Alcides Carrión	Pasco	64	80	28.58	12.70	84.28	50.57
227	C120	22.34	29.92	56.90	370739	8839132	Ticlacayan	Pasco	Pasco	70	84	21.77	9.68	68.96	41.38

Anexo A. Subcuencas delimitadas con una superficie umbral de 250 km² (continuación).

ID	Nombre	Área Km ²	Perímetro Km	Pendiente media de subcuenca %	Centroide de subcuenca					CN (AMC II)	CN (AMC III)	Ia (AMC II)	Ia (AMC III)	Tc Min	Tr Min
					Este	Norte	Distrito	Provincia	Depto.						
229	C121	50.34	49.76	45.05	326967	8840735	Yanahuanca	Daniel Alcides Carrión	Pasco	71	84	20.75	9.68	91.44	54.87
230	C122	72.51	58.12	35.44	360560	8839944	Santa Ana de Tusi	Daniel Alcides Carrión	Pasco	69	83	22.82	10.40	105.89	63.53
231	C123	178.67	107.80	35.22	361816	8833060	Santa Ana de Tusi	Daniel Alcides Carrión	Pasco	73	85	18.79	8.96	217.58	130.55
232	C124	43.10	41.44	27.51	347005	8834683	Chacayan	Daniel Alcides Carrión	Pasco	63	79	29.83	13.50	93.93	56.36
233	C125	160.31	94.72	41.19	335156	8840143	Yanahuanca	Daniel Alcides Carrión	Pasco	67	82	25.02	11.15	154.53	92.72
234	C126	153.62	77.72	44.27	377986	8837163	Ticlacayan	Pasco	Pasco	73	86	18.79	8.27	138.09	82.86
241	C127	53.53	46.40	33.53	367311	8823183	Yanacancha	Pasco	Pasco	74	86	17.85	8.27	95.63	57.38
242	C128	180.53	99.20	33.52	352219	8841068	Santa Ana de Tusi	Daniel Alcides Carrión	Pasco	67	81	25.02	11.92	190.49	114.29
243	C129	124.60	68.16	36.08	315015	8837139	Yanahuanca	Daniel Alcides Carrión	Pasco	65	78	27.35	14.33	145.21	87.13
244	C130	28.96	35.08	31.64	373356	8822503	Ticlacayan	Pasco	Pasco	74	86	17.85	8.27	88.95	53.37
247	C131	45.44	47.40	44.45	370012	8830530	Yanacancha	Pasco	Pasco	74	86	17.85	8.27	98.85	59.31
248	C132	77.40	58.28	37.70	375319	8830256	Ticlacayan	Pasco	Pasco	73	86	18.79	8.27	116.32	69.79
249	C133	84.41	61.84	33.34	321639	8830398	Yanahuanca	Daniel Alcides Carrión	Pasco	65	81	27.35	11.92	117.64	70.58
250	C134	85.17	66.24	23.81	342428	8830415	Vilcabamba	Daniel Alcides Carrión	Pasco	63	79	29.83	13.50	131.87	79.12
251	C135	59.08	58.36	26.50	381239	8819850	Ticlacayan	Pasco	Pasco	74	86	17.85	8.27	134.72	80.83
256	C136	69.04	56.64	24.01	330323	8813047	Simón Bolívar	Pasco	Pasco	65	80	27.35	12.70	103.68	62.21
258	C137	227.75	104.44	19.46	333494	8823238	Yanahuanca	Daniel Alcides Carrión	Pasco	64	80	28.58	12.70	233.13	139.88
259	C138	58.83	52.80	28.26	369959	8816844	Yanacancha	Pasco	Pasco	74	86	17.85	8.27	112.47	67.48
260	C139	106.69	67.36	33.03	323999	8817816	Simón Bolívar	Pasco	Pasco	65	79	27.35	13.50	124.69	74.81
261	C140	74.185	51.04	23.82	377054	8816503	Ticlacayan	Pasco	Pasco	74	86	17.85	8.27	123.55	74.13

Anexo B. Corrientes generadas con una superficie de drenaje umbral de 250 km².

ID	Pertenencia	Consideración	Longitud km	Talud de pared de cauce xH:1V	Ancho medio m	Coficiente de rugosidad de Manning	Pendiente media m/m
1	Subcuenca C1	Punto de confluencia	14.76	1	25.00	0.031	0.078
2	Subcuenca C1	Punto de confluencia	6.06	1	25.00	0.031	0.059
3	Subcuenca C1	Corriente	28.87	1	25.00	0.031	0.024
4	Subcuenca C2	Punto de confluencia	5.87	1	25.00	0.031	0.055
5	Subcuenca C4	Punto de confluencia	1.48	1	20.00	0.028	0.001
6	Subcuenca C4	Corriente	1.75	1	50.00	0.028	0.001
7	Subcuenca C4	Punto de confluencia	3.26	1	20.00	0.028	0.001
8	Subcuenca C3	Corriente	21.38	1	30.00	0.029	0.008
9	Subcuenca C4	Corriente	11.47	2	30.00	0.028	0.004
10	Subcuenca C3	Corriente	3.17	2	40.00	0.028	0.001
11	Subcuenca C12	Punto de confluencia	2.00	2	30.00	0.028	0.044
12	Subcuenca C12	Corriente	4.00	2	30.00	0.028	0.010
13	Subcuenca C3	Corriente	0.01	1	99.00	0.028	0.001
14	Subcuenca C8	Punto de confluencia	9.76	1	25.00	0.029	0.067
15	Subcuenca C17	Punto de confluencia	10.06	1	30.00	0.030	0.140
16	Subcuenca C17	Corriente	2.76	1	30.00	0.030	0.036
17	Subcuenca C17	Corriente	4.66	1	30.00	0.030	0.026
18	Subcuenca C17	Punto de confluencia	1.24	1	30.00	0.030	0.037
19	Subcuenca C14	Corriente	8.35	1	35.00	0.029	0.010
20	Subcuenca C17	Corriente	5.56	1	30.00	0.030	0.014
21	Subcuenca C18	Corriente	11.36	1	30.00	0.029	0.011
22	Subcuenca C7	Corriente	15.98	1	50.00	0.028	0.003
23	Subcuenca C7	Corriente	4.48	1	60.00	0.028	0.001
24	Subcuenca C15	Punto de confluencia	10.89	1	30.00	0.030	0.063
25	Subcuenca C17	Punto de confluencia	8.03	1	30.00	0.031	0.149
26	Subcuenca C22	Corriente	9.58	1	40.00	0.028	0.017
27	Subcuenca C23	Punto de confluencia	4.23	1	25.00	0.028	0.028
28	Subcuenca C22	Corriente	5.30	1	60.00	0.028	0.001
29	Sub cuenca C3	Corriente	10.57	2	60.00	0.028	0.004
30	Subcuenca C24	Punto de confluencia	0.71	1	25.00	0.028	0.113
31	Subcuenca C24	Punto de confluencia	0.75	1	18.00	0.028	0.001
32	Subcuenca C21	Corriente	4.12	1	30.00	0.029	0.030
33	Subcuenca C18	Corriente	7.70	1	30.00	0.029	0.021
34	Subcuenca C32	Punto de confluencia	6.10	1	30.00	0.029	0.072
35	Subcuenca C3	Corriente	16.02	1	70.00	0.028	0.003
36	Subcuenca C32	Punto de confluencia	2.72	1	30.00	0.028	0.029
37	Subcuenca C22	Punto de confluencia	16.77	1	35.00	0.028	0.029

Anexo B. Corrientes generadas con una superficie de drenaje umbral de 250 km² (continuación).

ID	Pertenencia	Consideración	Longitud km	Talud de pared de cauce xH:1V	Ancho medio m	Coefficiente de rugosidad de Manning	Pendiente media m/m
38	Subcuenca C32	Corriente	5.57	1	45.00	0.028	0.001
39	Subcuenca C26	Corriente	16.88	1	25.00	0.031	0.077
40	Subcuenca C34	Punto de confluencia	1.44	1	25.00	0.031	0.085
41	Subcuenca C32	Punto de confluencia	5.56	1	20.00	0.029	0.057
42	Subcuenca C32	Punto de confluencia	13.76	1	25.00	0.030	0.081
43	Subcuenca C32	Punto de confluencia	14.98	1	25.00	0.032	0.118
44	Subcuenca C33	Corriente	3.92	1	45.00	0.028	0.010
45	Subcuenca C34	Punto de confluencia	0.90	1	15.00	0.028	0.045
46	Subcuenca C34	Punto de confluencia	5.99	1	25.00	0.032	0.146
47	Subcuenca C33	Corriente	6.43	1	45.00	0.028	0.006
48	Subcuenca C34	Punto de confluencia	8.44	1	20.00	0.032	0.171
49	Subcuenca C35	Corriente	14.96	1	27.00	0.029	0.034
50	Subcuenca C40	Corriente	2.87	1	45.00	0.028	0.001
51	Subcuenca C39	Corriente	19.40	1	27.00	0.028	0.011
52	Subcuenca C40	Corriente	4.80	1	27.00	0.029	0.036
53	Subcuenca C41	Punto de confluencia	0.11	1	20.00	0.031	0.001
54	Subcuenca C39	Punto de confluencia	7.58	1	20.00	0.029	0.071
55	Subcuenca C43	Corriente	3.58	1	25.00	0.030	0.030
56	Subcuenca C40	Corriente	5.34	1	27.00	0.030	0.045
57	Subcuenca C42	Corriente	7.09	1	25.00	0.030	0.042
58	Subcuenca C48	Punto de confluencia	6.59	1	20.00	0.032	0.193
59	Subcuenca C40	Corriente	9.67	1	45.00	0.028	0.004
60	Subcuenca C49	Punto de confluencia	4.39	1	20.00	0.032	0.080
61	Subcuenca C48	Corriente	12.04	1	20.00	0.031	0.071
62	Subcuenca C40	Punto de confluencia	12.00	1	20.00	0.031	0.103
63	Subcuenca C51	Punto de confluencia	6.57	1	20.00	0.032	0.091
64	Subcuenca C48	Corriente	5.58	1	40.00	0.028	0.014
65	Subcuenca C51	Punto de confluencia	2.50	1	20.00	0.029	0.096
66	Subcuenca C48	Punto de confluencia	13.51	1	20.00	0.031	0.085
67	Subcuenca C40	Corriente	25.87	1	25.00	0.029	0.029
68	Subcuenca C52	Punto de confluencia	3.71	1	25.00	0.029	0.081
69	Subcuenca C62	Punto de confluencia	15.73	1	25.00	0.029	0.054
70	Subcuenca C51	Corriente	10.86	1	40.00	0.028	0.007
71	Subcuenca C62	Punto de confluencia	2.77	1	20.00	0.029	0.058
72	Subcuenca C48	Punto de confluencia	25.68	1	25.00	0.029	0.055
73	Subcuenca C63	Corriente	4.06	1	40.00	0.029	0.010
74	Subcuenca C64	Corriente	5.37	1	20.00	0.029	0.045

Anexo B. Corrientes generadas con una superficie de drenaje umbral de 250 km² (continuación).

ID	Pertenencia	Consideración	Longitud km	Talud de pared de cauce xH:1V	Ancho medio m	Coefficiente de rugosidad de Manning	Pendiente media m/m
75	Subcuenca C63	Punto de confluencia	4.22	1	20.00	0.029	0.095
76	Subcuenca C64	Punto de confluencia	6.82	1	20.00	0.029	0.070
77	Subcuenca C65	Punto de confluencia	6.96	1	19.00	0.031	0.101
78	Subcuenca C64	Punto de confluencia	3.60	1	18.00	0.030	0.125
79	Subcuenca C64	Punto de confluencia	1.66	1	15.00	0.030	0.185
80	Subcuenca C64	Punto de confluencia	3.37	1	15.00	0.030	0.119
81	Subcuenca C68	Punto de confluencia	3.02	1	20.00	0.029	0.220
82	Subcuenca C68	Corriente	2.23	1	40.00	0.028	0.018
83	Subcuenca C69	Corriente	12.14	1	40.00	0.029	0.023
84	Subcuenca C70	Corriente	1.00	1	40.00	0.028	0.001
85	Subcuenca C70	Punto de confluencia	8.10	1	20.00	0.029	0.049
86	Subcuenca C78	Corriente	13.46	1	40.00	0.028	0.015
87	Subcuenca C64	Corriente	19.80	1	40.00	0.029	0.014
88	Subcuenca C82	Punto de confluencia	2.25	1	20.00	0.029	0.089
89	Subcuenca C74	Corriente	13.14	1	20.00	0.029	0.050
90	Subcuenca C78	Corriente	9.73	1	40.00	0.029	0.005
91	Subcuenca C78	Corriente	11.47	1	20.00	0.030	0.048
92	Subcuenca C85	Corriente	4.83	1	40.00	0.029	0.001
93	Subcuenca C85	Corriente	8.54	1	20.00	0.029	0.018
94	Subcuenca C85	Punto de confluencia	27.61	1	18.00	0.030	0.062
95	Subcuenca C85	Corriente	6.83	1	40.00	0.029	0.007
96	Subcuenca C85	Punto de confluencia	2.34	1	15.00	0.029	0.102
97	Subcuenca C85	Punto de confluencia	12.91	1	15.00	0.030	0.073
98	Subcuenca C85	Punto de confluencia	4.51	1	15.00	0.029	0.074
99	Subcuenca C85	Corriente	3.95	1	40.00	0.029	0.004
100	Subcuenca C85	Corriente	3.75	1	18.00	0.029	0.030
101	Subcuenca C78	Punto de confluencia	17.35	1	30.00	0.030	0.116
102	Subcuenca C87	Corriente	13.50	1	20.00	0.029	0.014
103	Subcuenca C78	Corriente	22.84	1	25.00	0.029	0.037
104	Subcuenca C87	Corriente	4.41	1	35.00	0.029	0.008
105	Subcuenca C87	Punto de confluencia	2.97	1	20.00	0.029	0.034
106	Subcuenca C87	Punto de confluencia	1.31	1	20.00	0.029	0.077
107	Subcuenca C87	Punto de confluencia	5.52	1	20.00	0.030	0.045
108	Subcuenca C87	Punto de confluencia	9.66	1	15.00	0.031	0.057
109	Subcuenca C87	Corriente	18.70	1	20.00	0.029	0.048
110	Subcuenca C87	Corriente	7.97	1	35.00	0.029	0.006
111	Subcuenca C88	Corriente	2.17	1	18.00	0.029	0.023

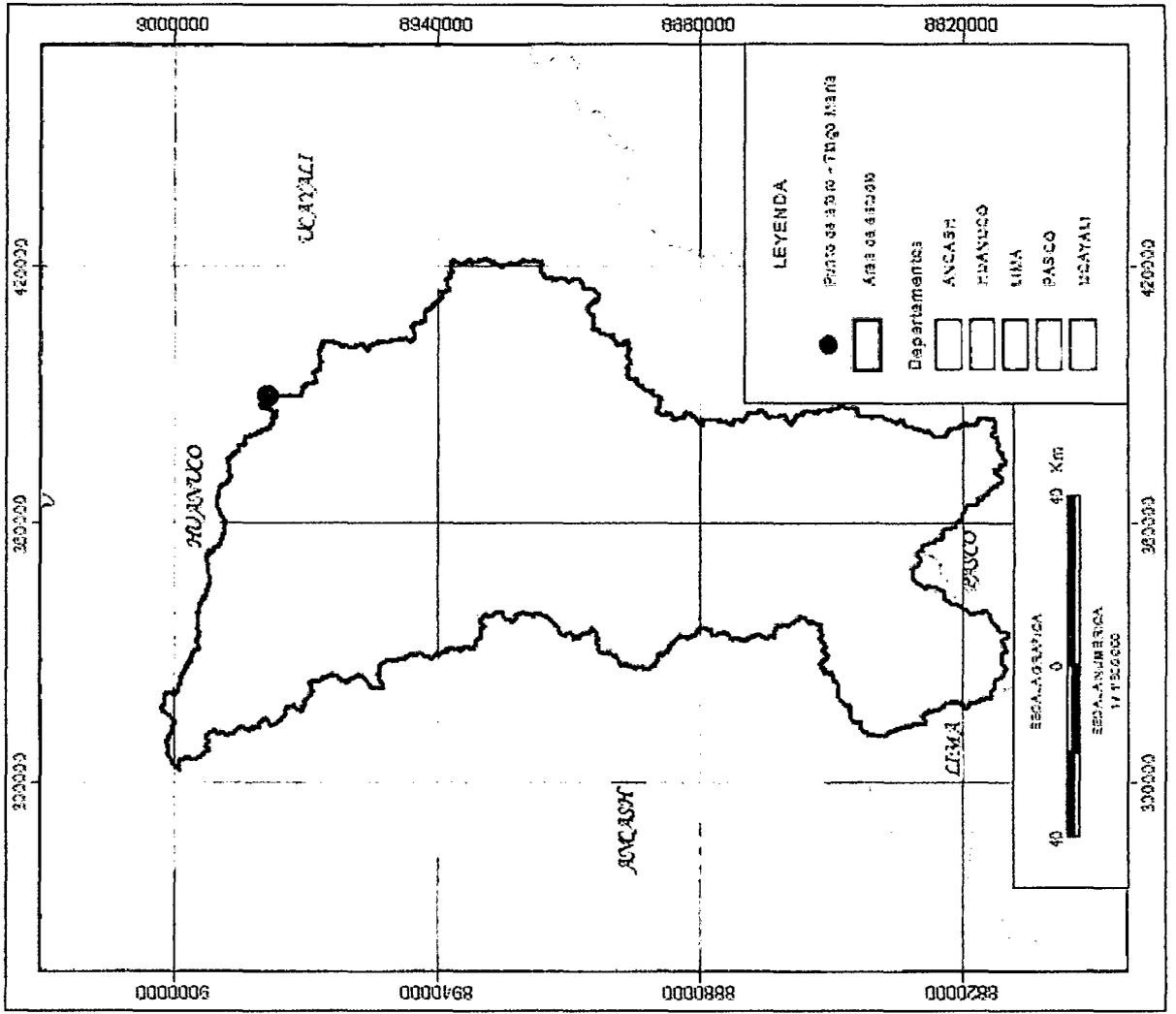
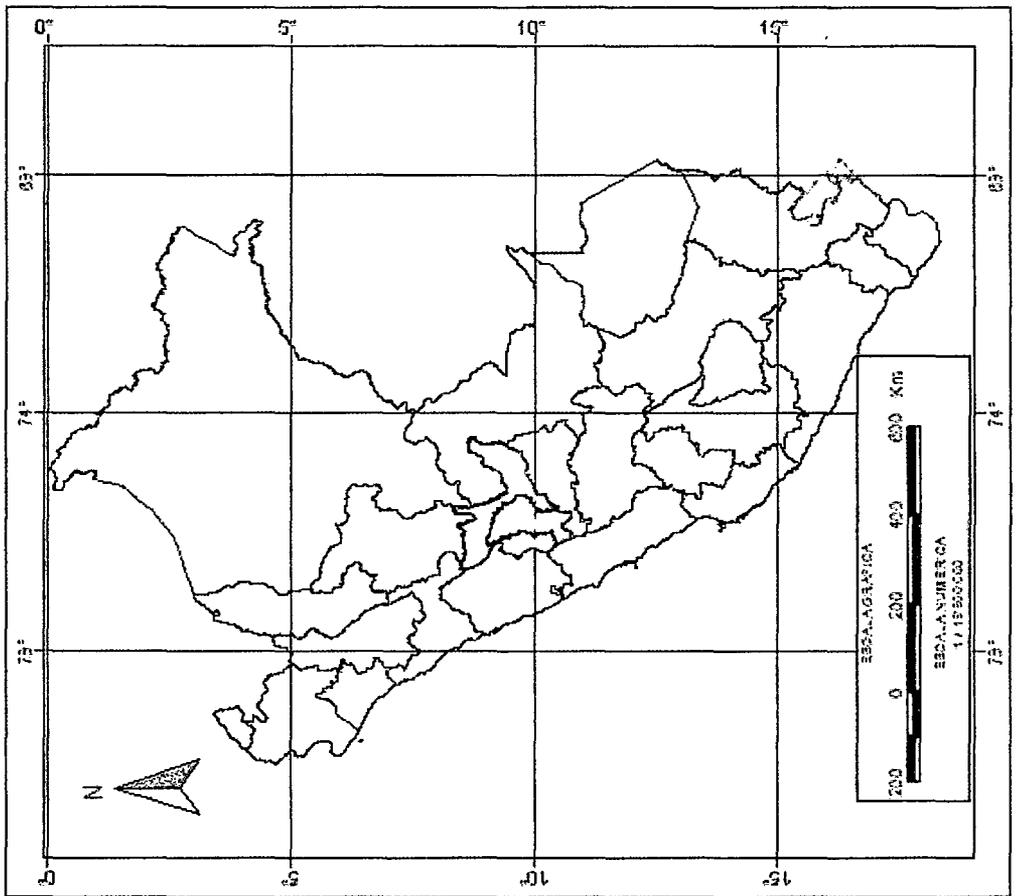
Anexo B. Corrientes generadas con una superficie de drenaje umbral de 250 km² (continuación).

ID	Pertenencia	Consideración	Longitud km	Talud de pared de cauce xH:1V	Ancho medio m	Coefficiente de rugosidad de Manning	Pendiente media m/m
112	Subcuenca C88	Corriente	2.84	1	30.00	0.029	0.001
113	Subcuenca C91	Punto de confluencia	4.63	1	15.00	0.030	0.098
114	Subcuenca C87	Punto de confluencia	10.46	1	20.00	0.031	0.086
115	Subcuenca C97	Punto de confluencia	1.09	1	15.00	0.029	0.092
116	Subcuenca C87	Corriente	18.27	1	20.00	0.029	0.052
117	Subcuenca C88	Punto de confluencia	5.39	1	15.00	0.031	0.074
118	Subcuenca C98	Punto de confluencia	2.15	1	15.00	0.030	0.116
119	Subcuenca C88	Punto de confluencia	8.50	1	15.00	0.030	0.059
120	Subcuenca C89	Punto de confluencia	6.98	1	18.00	0.031	0.057
121	Subcuenca C96	Corriente	7.94	1	30.00	0.029	0.006
122	Subcuenca C99	Corriente	7.23	1	20.00	0.029	0.014
123	Subcuenca C99	Punto de confluencia	6.96	1	15.00	0.030	0.058
124	Subcuenca C99	Corriente	10.46	1	30.00	0.029	0.019
125	Subcuenca C100	Punto de confluencia	11.25	1	15.00	0.030	0.098
126	Subcuenca C99	Corriente	9.09	1	18.00	0.029	0.006
127	Subcuenca C103	Corriente	7.43	1	25.00	0.029	0.034
128	Subcuenca C103	Punto de confluencia	2.78	1	15.00	0.029	0.072
129	Subcuenca C103	Corriente	12.17	1	18.00	0.029	0.012
130	Subcuenca C104	Punto de confluencia	10.60	1	15.00	0.030	0.047
131	Subcuenca C105	Punto de confluencia	9.23	1	15.00	0.031	0.133
132	Subcuenca C103	Corriente	0.31	1	19.00	0.029	0.001
133	Subcuenca C114	Punto de confluencia	10.93	1	15.00	0.031	0.073
134	Subcuenca C114	Corriente	7.78	1	15.00	0.029	0.032
135	Subcuenca C103	Corriente	3.69	1	20.00	0.029	0.014
136	Subcuenca C115	Corriente	6.36	1	18.00	0.029	0.039
137	Subcuenca C115	Punto de confluencia	1.88	1	15.00	0.029	0.106
138	Subcuenca C111	Corriente	21.16	1	20.00	0.029	0.014
139	Subcuenca C114	Punto de confluencia	24.89	1	20.00	0.030	0.060
140	Subcuenca C115	Corriente	21.42	1	20.00	0.030	0.019
141	Subcuenca C115	Corriente	7.54	1	18.00	0.030	0.060
142	Subcuenca C115	Corriente	8.63	1	15.00	0.029	0.023
143	Subcuenca C115	Punto de confluencia	5.11	1	10.00	0.031	0.069
144	Subcuenca C125	Punto de confluencia	6.39	1	15.00	0.031	0.094
145	Subcuenca C115	Punto de confluencia	19.82	1	18.00	0.030	0.068
146	Subcuenca C115	Corriente	17.03	1	18.00	0.030	0.029
147	Subcuenca C115	Corriente	10.19	1	18.00	0.030	0.049
148	Subcuenca C126	Punto de confluencia	1.68	1	15.00	0.032	0.060

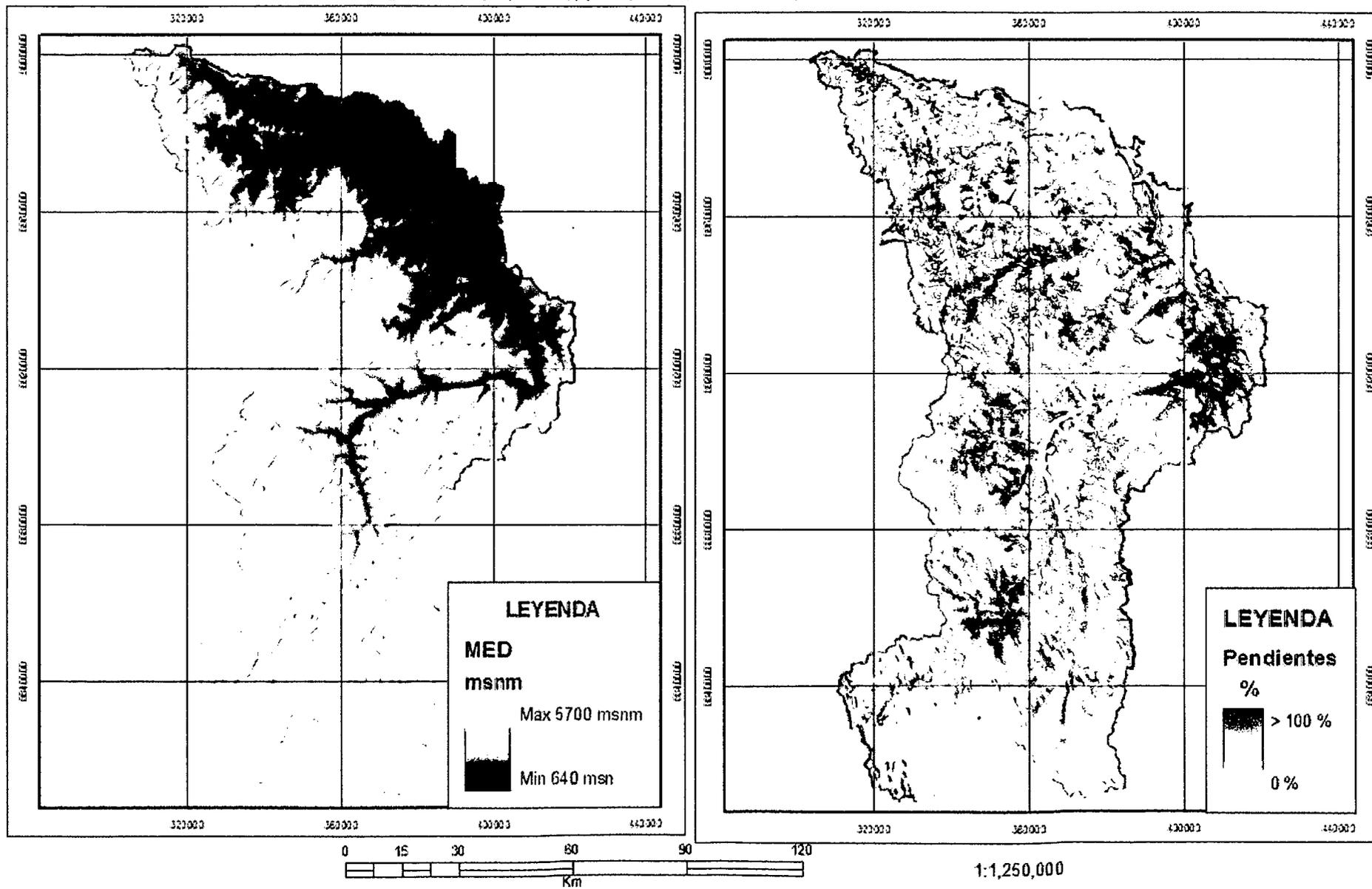
Anexo B. Corrientes generadas con una superficie de drenaje umbral de 250 km² (continuación).

ID	Pertenencia	Consideración	Longitud km	Talud de pared de cauce xH:1V	Ancho medio m	Coefficiente de rugosidad de Manning	Pendiente media m/m
149	Subcuenca C126	Punto de confluencia	1.29	1	10.00	0.031	0.116
150	Subcuenca C126	Corriente	7.13	1	19.00	0.030	0.028
151	Subcuenca C126	Punto de confluencia	9.37	1	15.00	0.032	0.043
152	Subcuenca C126	Corriente	3.54	1	15.00	0.031	0.085
153	Subcuenca C126	Punto de confluencia	10.77	1	10.00	0.031	0.042
154	Subcuenca C126	Corriente	1.10	1	15.00	0.031	0.001
155	Subcuenca C125	Corriente	8.26	1	16.00	0.031	0.042
156	Subcuenca C123	Punto de confluencia	19.25	1	10.00	0.032	0.031
157	Subcuenca C126	Punto de confluencia	8.51	1	15.00	0.031	0.035
158	Subcuenca C132	Punto de confluencia	8.02	1	10.00	0.032	0.051
159	Subcuenca C126	Punto de confluencia	11.50	1	15.00	0.032	0.070
160	Subcuenca C126	Corriente	10.91	1	16.00	0.032	0.028
161	Subcuenca C134	Punto de confluencia	3.91	1	10.00	0.031	0.064
162	Subcuenca C134	Corriente	5.12	1	10.00	0.032	0.020
163	Subcuenca C134	Corriente	2.69	1	10.00	0.032	0.037
164	Subcuenca C135	Punto de confluencia	5.08	1	10.00	0.032	0.030
165	Subcuenca C126	Corriente	21.55	1	15.00	0.031	0.023
166	Subcuenca C135	Punto de confluencia	7.39	1	10.00	0.032	0.020
167	Subcuenca C135	Punto de confluencia	3.34	1	10.00	0.031	0.030
168	Subcuenca C135	Punto de confluencia	5.72	1	10.00	0.032	0.044
169	Subcuenca C136	Punto de confluencia	4.42	1	10.00	0.032	0.057

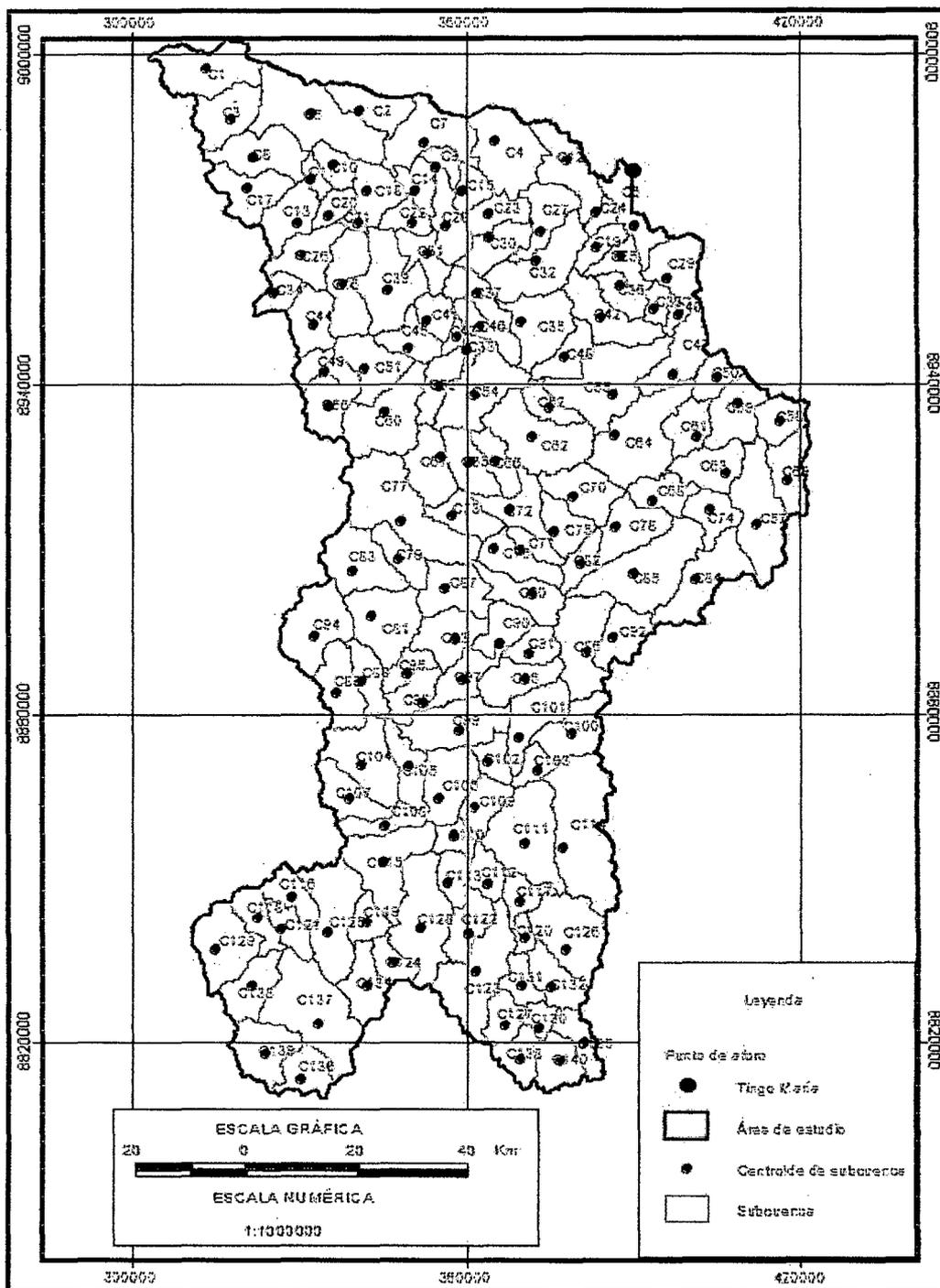
Apéndice 2. Mapas y planos
Anexo A. Mapa de ubicación del área de estudio



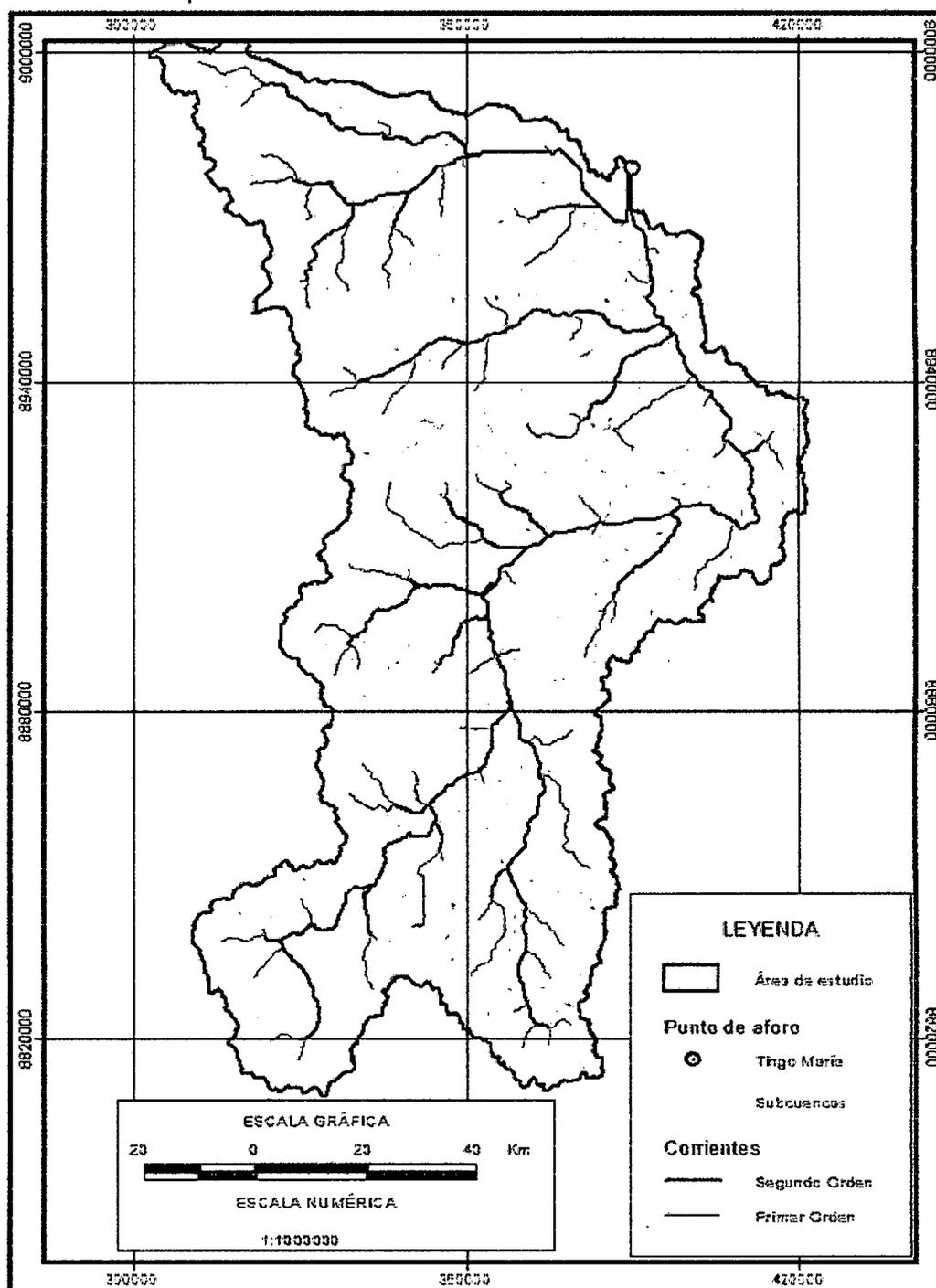
Anexo B. Modelo de elevación digital MED (izquierda), y Mapa de pendientes (derecha)



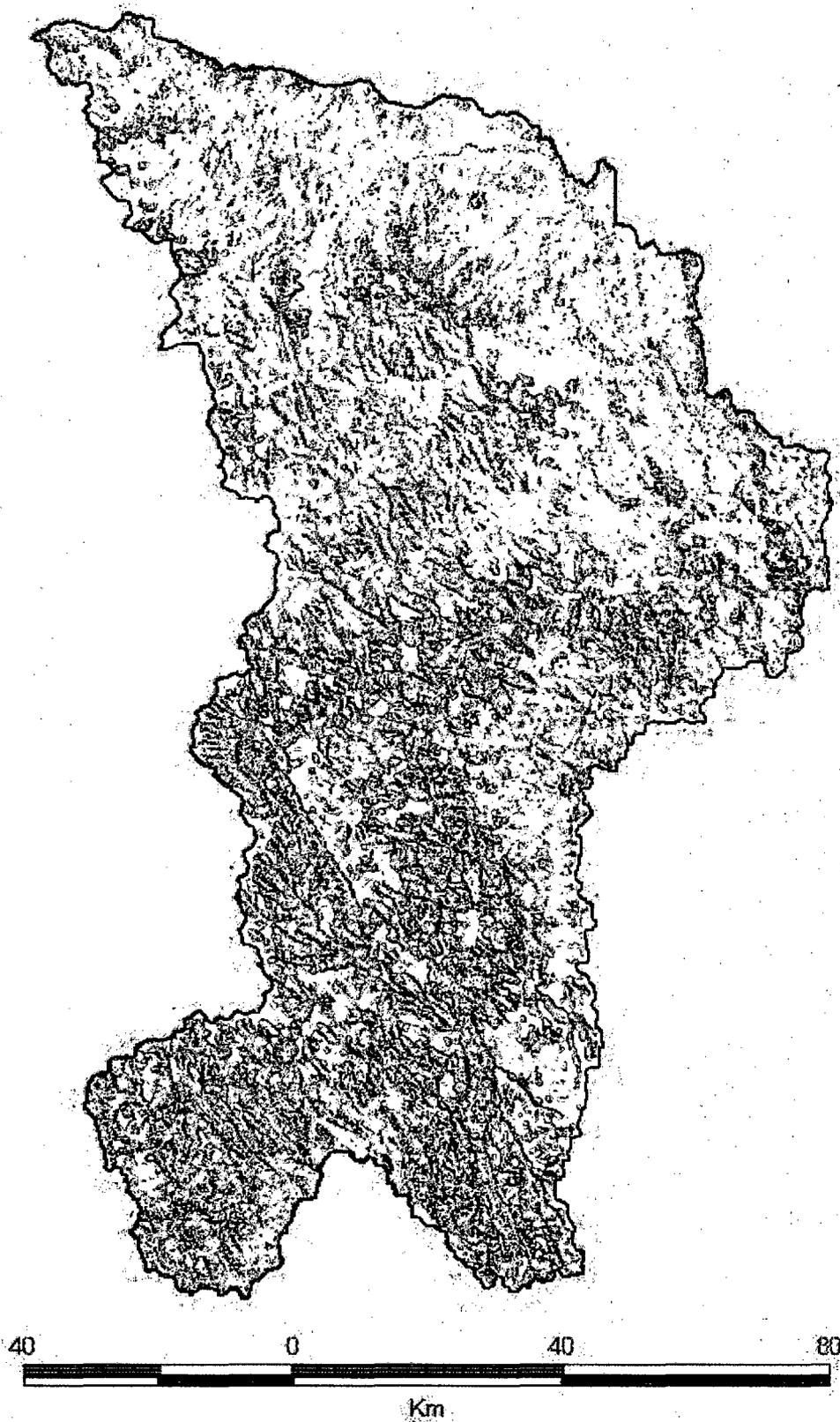
Anexo C. Mapa de delimitación de subcuencas del área de estudio.



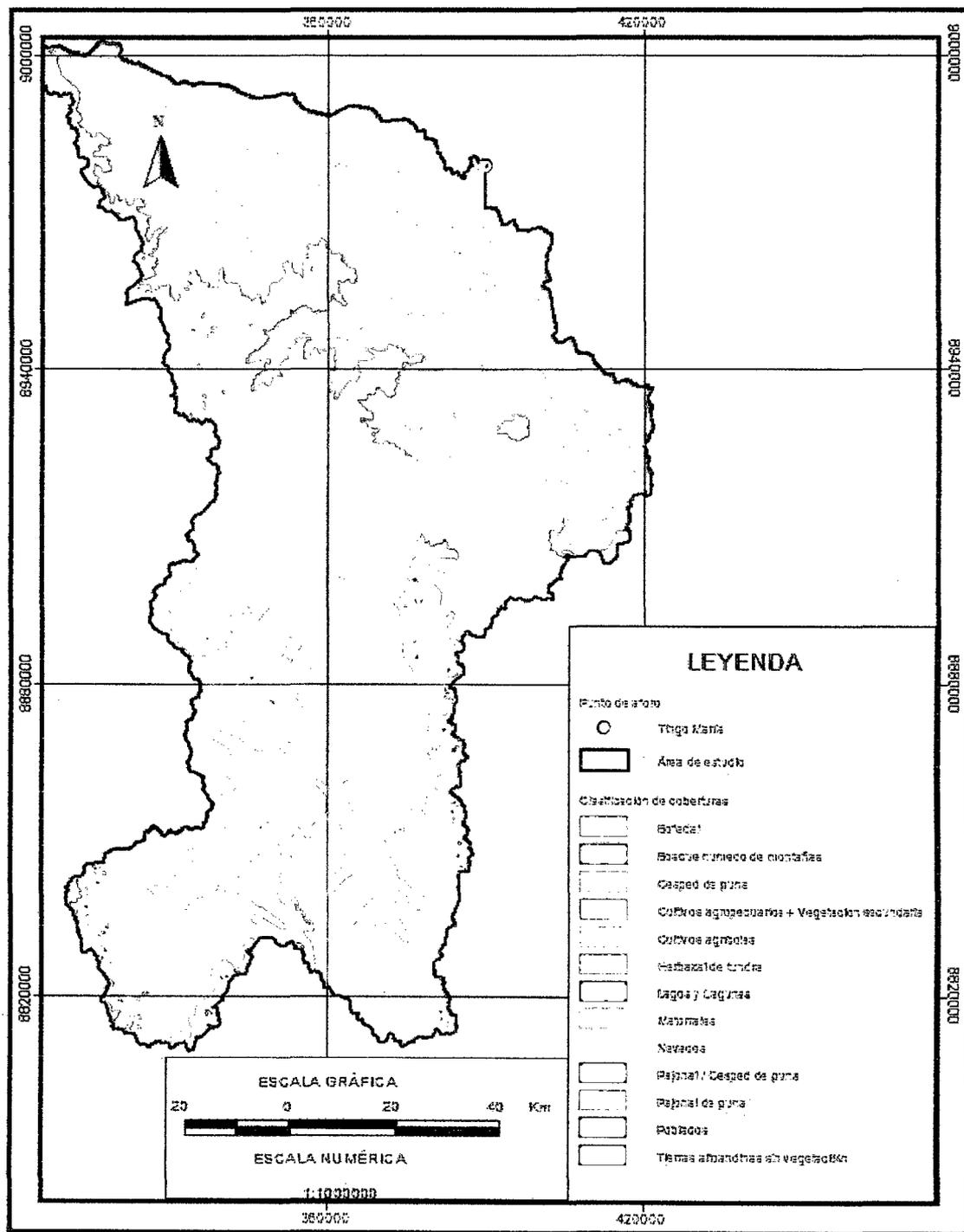
Anexo D. Mapa de corrientes del área de estudio.



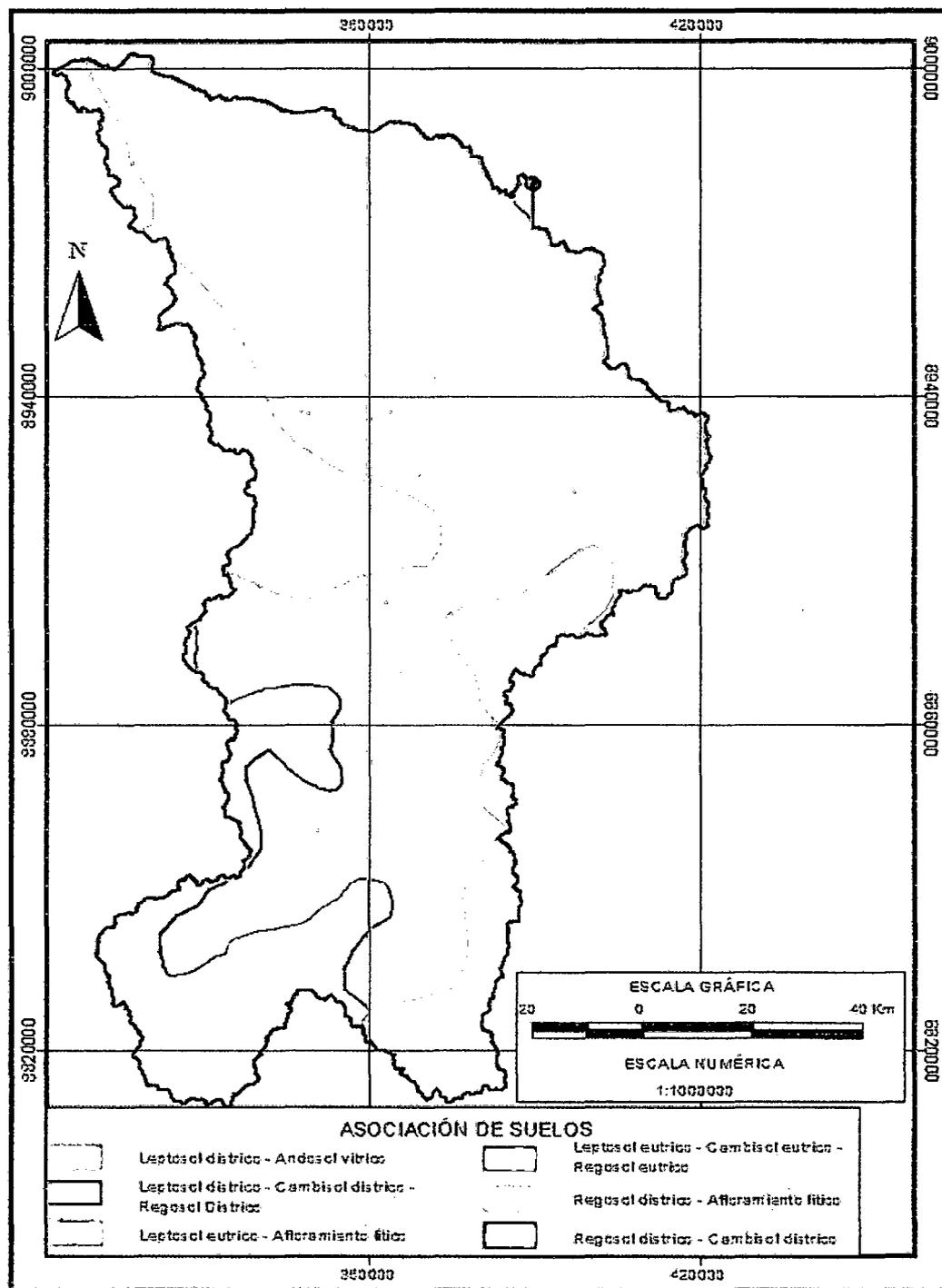
Anexo E. Mosaico de imágenes satelitales Landsat y CBERS del área de estudio.



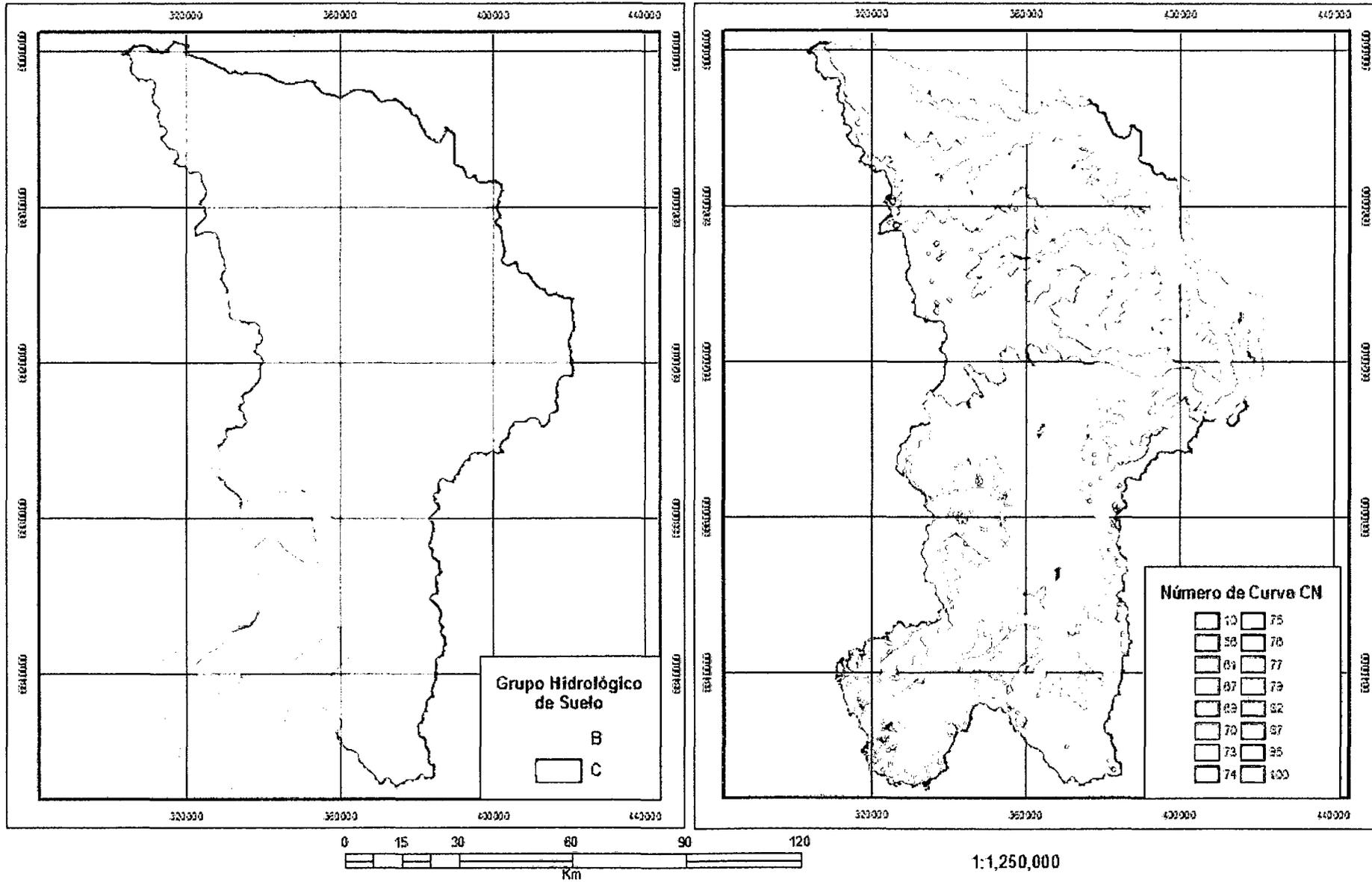
Anexo F. Mapa de clasificación de coberturas del área de estudio.



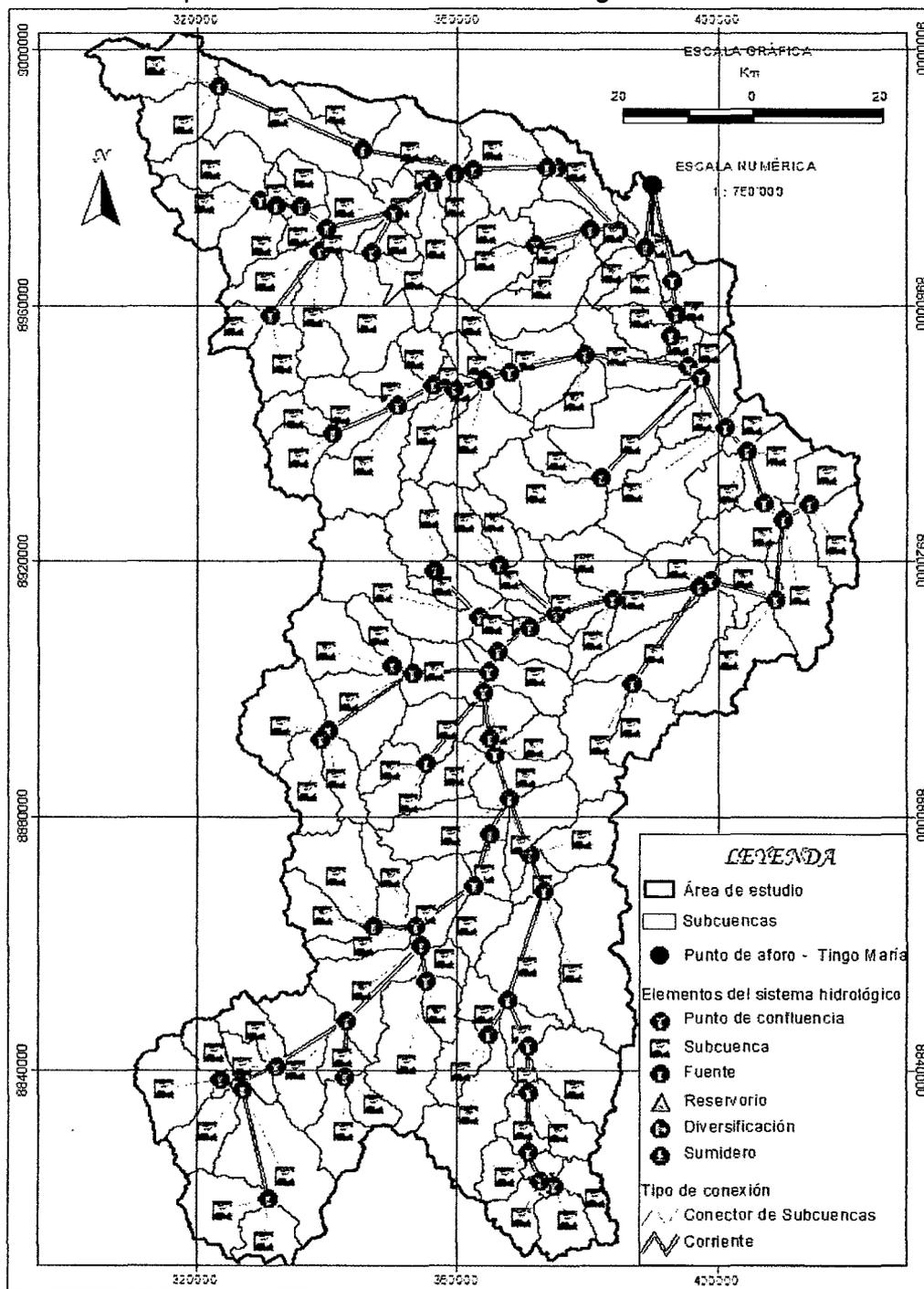
Anexo G. Mapa de Asociación de suelos del área de estudio.



Anexo H. Mapa de Grupos Hidrológicos de Suelo (izquierda), y Mapa de Número de Curva de Escurrimiento CN (derecha).



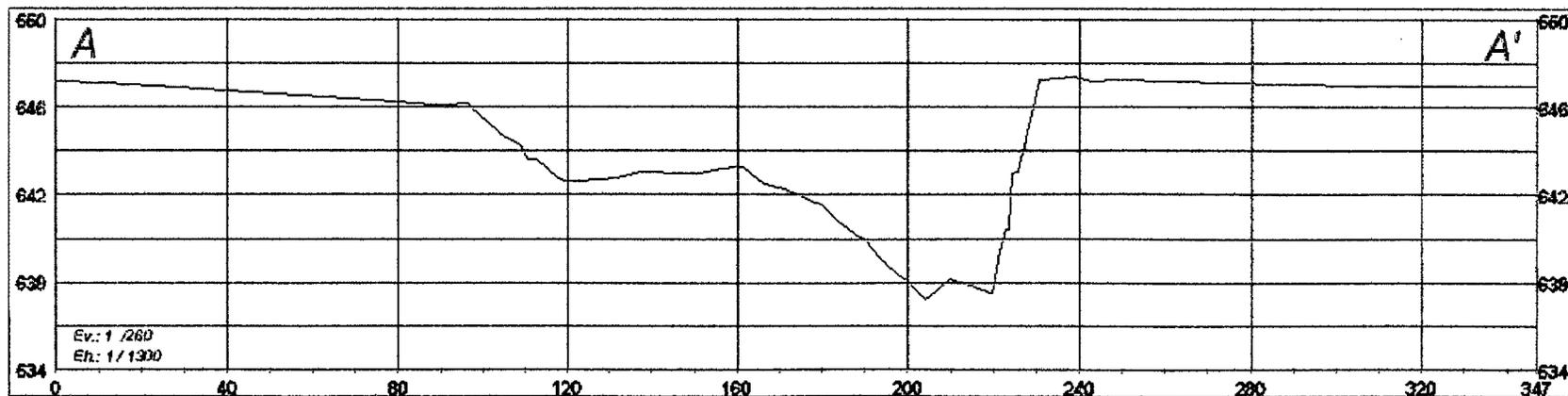
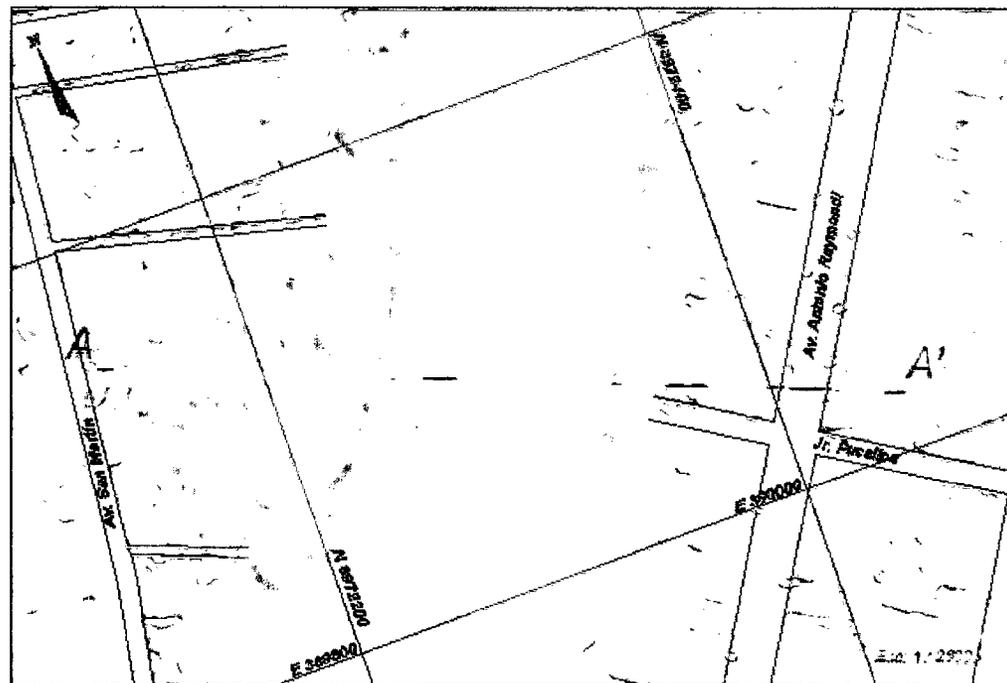
Anexo I. Esquematización del sistema hidrológico del área de estudio.



Anexo J. Ubicación del punto de aforo del sistema hidrológico (arriba derecha), vista en planta (arriba izquierda) y sección transversal (abajo).



Tingo María - Huánuco
Perú
1/30000



Apéndice 3. Codificación en IDL.

Anexo A. Algoritmo en IDL de la técnica CST para estimar intensidad de precipitación en imágenes del GOES 12.

```

.....
PRO CST_BETA
;
; LECTURA DE IMAGENES *.TIF
Files = File_Search('D:\Tesis\Imagenes\*.tif', Count=nfiles)
Dirsalida = File_DirName(files, /Mark Directory)
Ninicial = File_BaseName(files, '.tif')
Filesalida = Dirsalida + Ninicial + '_CST.tiff'
FOR k=0,nfiles-1 DO BEGIN
    banda=STRMID(files[k],29,3)
    imagen = Read_Tiff(files[k])
    imagen = Reverse(imagen,2)
    s = size(imagen)
;
; CONVERSION A TEMPERATURA DE BRILLO
BEGIN
T_brillo= fltarr(1200,862)
for i=0,1199 do for j=0,861 do begin
if (imagen(i,j) lt 255 and imagen(i,j) gt 176) then begin
T_brillo(i,j)=418-imagen(i,j)
endif else begin
T_brillo(i,j)=(660.00-imagen(i,j))/2.00
endif
endif
;Write_TIFF, Filesalida(k), Reverse(T_brillo, 2), /float
END
;
; CALCULO DE PENDIENTE TERMICA
BEGIN
S_Term= fltarr(1200,862)
for i=1,1198 do for j=1,860 do begin
if (T_brillo(i,j) gt 253) then begin
S_term(i,j)=0
endif else begin
S_term(i,j)=(T_brillo(i-1,j)+T_brillo(i+1,j)+T_brillo(i,j-1)+T_brillo(i,j+1))/4)-
T_brillo(i,j)
endif
endif
endif
END
;
; DISCRIMINACION DE CIRROS Y CÁLCULO DE TEMPERATURA CORREGIDA
BEGIN
T_Corr= fltarr(1200,862)
for i=0,1199 do for j=0,861 do begin
if (S_Term(i,j) lt (0.277*(T_brillo(i,j))-60.07)) then begin
T_Corr(i,j)=0
endif else begin
T_Corr(i,j)=0.95*(T_brillo(i,j))
endif
endif
Write_TIFF, Filesalida(k), Reverse(T_Corr, 2), /float
END
;
; CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA
BEGIN
Int= fltarr(1200,862)
for i=0,1199 do for j=0,861 do begin
if (T_Corr(i,j) eq 0 ) then begin
Int(i,j)=0
endif else begin
if (S_term(i,j) lt 4 or T_Corr(i,j) gt 208) then begin
Int(i,j)=(78.15-(0.254*T_Corr(i,j)))/10
endif else begin
Int(i,j)=78.15-(0.254*T_Corr(i,j))
endif
endif
endif
END
;
; INTENSIDAD MEDIA DE LLUVIA EN UNA MATRIS DE 3x3 EN EL CENTROIDE DE LA CUENCA
BEGIN
Int_m= fltarr(1200,862)
for i=1,1198 do for j=1,860 do begin
Int_m(i,j)=(Int(i,j)+Int(i-1,j-1)+Int(i,j-1)+Int(i+1,j-1)+Int(i-1,j)+Int(i+1,j)+Int(i-1,j+1)+Int(i,j+1)+Int(i+1,j+1))/9
endif
endif
END

```

Anexo A. Algoritmo en IDL de la técnica CST para estimar intensidad de precipitación en imágenes del GOES 12 (continuación).

```

;
; GEOFERENCIACION DEL PRODUCTO FINAL
;
IF (banda NE 'I01') THEN BEGIN
  Sam=2400
  Fil=862
  File='D:\Tesis\Prueba\peru_0801041745_G12I04_L_float.nav'
  Filelat='D:\Tesis\Prueba\peru_0801041745_G12I04_L_float.nav_lat'
  Filelon='D:\Tesis\Prueba\peru_0801041745_G12I04_L_float.nav_lon'
  openu, 1, file
  matrix_read=assoc(1, fltarr(sam,fil))
  matrix=matrix_read(0)
  close, 1
  lat=fltarr(Sam/2,Fil)
  peru_lat=fltarr(Sam/2,Fil)
  peru_lon=fltarr(Sam/2,Fil)
  For i=0,sam-1,2 do begin
    lat(i/2,*)=matrix(i,*)
    peru_lat(i/2,*)= REVERSE(lat(i/2,*),2)
    peru_lon(i/2,*)=matrix(i+1,*)
  Endfor
  lat_center = peru_lat[s[1]/2, s[2]/2]
  lon_center = peru_lon[s[1]/2, s[2]/2]
  lon_cindex = s[1]/2 ; punto central de
  lat_cindex = s[2]/2
  left_lon = peru_lon[0, lat_cindex]
  top_lon = peru_lon[lon_cindex, s[2]-1]
  right_lon = peru_lon[s[1]-1, lat_cindex]
  bottom_lon = peru_lon[lon_cindex, 0]
  left_lat = peru_lat[0, lat_cindex]
  top_lat = peru_lat[lon_cindex, s[2]-1]
  right_lat = peru_lat[s[2]-1, lat_cindex]
  bottom_lat = peru_lat[lon_cindex, 0]
  Print, Reform([[left_lon, top_lon, right_lon, bottom_lon], $
    [left_lat, top_lat, right_lat, bottom_lat]], 2, 4)
  alberMap = MAP_PROJ_INIT('Albers Equal Area Conic', $
    DATUM=0, $ ; WGS84
    CENTER_LAT=lat_center, $
    CENTER_LON=lon_center, $
    STANDARD_PAR1=-19, $
    STANDARD_PAR2=20)
  uv = MAP_PROJ_FORWARD([[left_lon, top_lon, right_lon, bottom_lon], $
    [left_lat, top_lat, right_lat, bottom_lat]], $
    MAP_STRUCTURE=alberMap)
  Print, 'Sides of warped image in UV coordinates'
  Print, uv
  xscale = Abs(uv[0,0] - uv[0,2]) / (s[1] )
  yscale = Abs(uv[1,1] - uv[1,3]) / (s[2])
  tp = [uv[0,0], uv[1,1]]
  Print, 'Scales For GeoTiff File: ', xscale, yscale
  Print, 'Scales For GeoTiff File: ', xscale, yscale
  Print, 'Tie Point for GeoTiff File: ', tp
  geotag = { MODELPIXELSCALETAG: [xscale, yscale, 0], $
    MODELTIEPOINTTAG: [ 0, 0, 0, tp, 0], $
    GTMODELTYPEGEOKEY: 1, $
    GTRASTERTYPEGEOKEY: 1, $
    GEOGRAPHICTYPEGEOKEY: 4326, $
    GEOGLINEARUNITSGEOKEY: 9001, $
    GEOGANGULARUNITSGEOKEY: 9102, $
    PROJECTEDCSTYPEGEOKEY: 32767, $
    PROJECTIONGEOKEY: 32767, $
    PROJCOORDTRANSFORMGEOKEY: 11, $
    PROJLINEARUNITSGEOKEY: 9001, $
    PROJSTDPARALLEL1GEOKEY: -19.000000, $
    PROJSTDPARALLEL2GEOKEY: 21.000000, $
    PROJNATORIGINLONGGEOKEY: -75.0282, $
    PROJNATORIGINLATGEOKEY: -2.99379, $
    PROJFALSEEASTINGGEOKEY: 0, $
    PROJFALSENORTHINGGEOKEY: 0 }
    ; Write the GeoTiff file
  write_TIFF, Filesalida(k), Reverse(Int_m, 2), GEOTIFF=geotag, BITS_PER_SAMPLE=8
  ENDIF
  ENDFOR
END

```

Anexo B. Compilación en IDL para el exporte de datos de intensidad de precipitación de formato raster a texto.

```

.....
PRO GETDATA
OPENW, 2, 'D:\TESIS\DATA\INT_CST.TXT'
FILES = FILE_SEARCH('D:\TESIS\IMAGENES\*.TIFF', COUNT=NFILES)
FOR K=0,NFILES-1 DO BEGIN
  IMAGEN = READ_TIFF(FILES[K])
  DATA1 = FLTARR(140,1)
  data1[0,*] = imagen(554,598) data1[35,*] = imagen(572,608) data1[70,*] = imagen(567,619) data1[105,*] = imagen(564,630)
  data1[1,*] = imagen(560,600) data1[36,*] = imagen(565,608) data1[71,*] = imagen(567,618) data1[106,*] = imagen(560,630)
  data1[2,*] = imagen(555,600) data1[37,*] = imagen(565,610) data1[72,*] = imagen(564,618) data1[107,*] = imagen(561,631)
  data1[3,*] = imagen(566,601) data1[38,*] = imagen(562,608) data1[73,*] = imagen(576,618) data1[108,*] = imagen(565,631)
  data1[4,*] = imagen(558,600) data1[39,*] = imagen(574,609) data1[74,*] = imagen(569,619) data1[109,*] = imagen(564,632)
  data1[5,*] = imagen(572,605) data1[40,*] = imagen(563,609) data1[75,*] = imagen(566,619) data1[110,*] = imagen(567,632)
  data1[6,*] = imagen(563,601) data1[41,*] = imagen(571,609) data1[76,*] = imagen(562,618) data1[111,*] = imagen(566,634)
  data1[7,*] = imagen(556,602) data1[42,*] = imagen(565,610) data1[77,*] = imagen(571,618) data1[112,*] = imagen(564,634)
  data1[8,*] = imagen(564,602) data1[43,*] = imagen(558,609) data1[78,*] = imagen(562,620) data1[113,*] = imagen(569,633)
  data1[9,*] = imagen(559,602) data1[44,*] = imagen(562,610) data1[79,*] = imagen(568,621) data1[114,*] = imagen(561,633)
  data1[10,*] = imagen(558,603) data1[45,*] = imagen(566,609) data1[80,*] = imagen(561,622) data1[115,*] = imagen(557,635)
  data1[11,*] = imagen(569,602) data1[46,*] = imagen(574,612) data1[81,*] = imagen(570,620) data1[116,*] = imagen(567,635)
  data1[12,*] = imagen(558,605) data1[47,*] = imagen(569,611) data1[82,*] = imagen(560,620) data1[117,*] = imagen(556,636)
  data1[13,*] = imagen(563,603) data1[48,*] = imagen(559,611) data1[83,*] = imagen(575,621) data1[118,*] = imagen(561,636)
  data1[14,*] = imagen(565,603) data1[49,*] = imagen(576,612) data1[84,*] = imagen(572,620) data1[119,*] = imagen(567,636)
  data1[15,*] = imagen(560,608) data1[50,*] = imagen(561,611) data1[85,*] = imagen(570,624) data1[120,*] = imagen(557,636)
  data1[16,*] = imagen(555,603) data1[51,*] = imagen(569,613) data1[86,*] = imagen(564,621) data1[121,*] = imagen(565,636)
  data1[17,*] = imagen(561,603) data1[52,*] = imagen(564,612) data1[87,*] = imagen(560,625) data1[122,*] = imagen(565,638)
  data1[18,*] = imagen(571,606) data1[53,*] = imagen(565,612) data1[88,*] = imagen(559,626) data1[123,*] = imagen(562,638)
  data1[19,*] = imagen(559,605) data1[54,*] = imagen(571,612) data1[89,*] = imagen(566,623) data1[124,*] = imagen(559,636)
  data1[20,*] = imagen(560,605) data1[55,*] = imagen(559,613) data1[90,*] = imagen(568,624) data1[125,*] = imagen(569,637)
  data1[21,*] = imagen(563,605) data1[56,*] = imagen(578,618) data1[91,*] = imagen(571,623) data1[126,*] = imagen(567,640)
  data1[22,*] = imagen(566,604) data1[57,*] = imagen(579,614) data1[92,*] = imagen(564,623) data1[127,*] = imagen(563,636)
  data1[23,*] = imagen(571,604) data1[58,*] = imagen(577,613) data1[93,*] = imagen(558,623) data1[128,*] = imagen(554,637)
  data1[24,*] = imagen(572,606) data1[59,*] = imagen(561,613) data1[94,*] = imagen(562,625) data1[129,*] = imagen(568,641)
  data1[25,*] = imagen(558,606) data1[60,*] = imagen(575,614) data1[95,*] = imagen(567,625) data1[130,*] = imagen(567,639)
  data1[26,*] = imagen(568,605) data1[61,*] = imagen(568,614) data1[96,*] = imagen(565,625) data1[131,*] = imagen(569,639)
  data1[27,*] = imagen(564,605) data1[62,*] = imagen(576,616) data1[97,*] = imagen(563,626) data1[132,*] = imagen(555,639)
  data1[28,*] = imagen(574,607) data1[63,*] = imagen(571,614) data1[98,*] = imagen(565,627) data1[133,*] = imagen(561,639)
  data1[29,*] = imagen(566,606) data1[64,*] = imagen(565,615) data1[99,*] = imagen(569,627) data1[134,*] = imagen(570,641)
  data1[30,*] = imagen(563,606) data1[65,*] = imagen(566,615) data1[100,*] = imagen(567,628) data1[135,*] = imagen(558,643)
  data1[31,*] = imagen(568,607) data1[66,*] = imagen(564,615) data1[101,*] = imagen(566,629) data1[136,*] = imagen(558,640)
  data1[32,*] = imagen(573,609) data1[67,*] = imagen(573,617) data1[102,*] = imagen(568,629) data1[137,*] = imagen(567,642)
  data1[33,*] = imagen(557,608) data1[68,*] = imagen(579,616) data1[103,*] = imagen(560,629) data1[138,*] = imagen(556,642)
  data1[34,*] = imagen(567,609) data1[69,*] = imagen(570,617) data1[104,*] = imagen(562,629) data1[139,*] = imagen(569,642)
  PRINTF, 2, DATA1, FORMAT='(157F5.1)'
ENDFOR
CLOSE, 2
END

```

Apéndice 4. Ecuación y fórmulas.

Anexo A. Criterios para el cálculo del Tiempo de concentración de cuencas.

1. KIRPICH

$$T_c = 0.0195 \left(L^3 / H \right)^{0.385}$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración en minutos.

L : Longitud del cauce más largo en metros.

H : Diferencia de cotas entre los extremos de L , en metros.

2. TÉMEZ

$$T_c = 0.3 \left(L / S^{0.25} \right)^{0.75}$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración en horas.

L : Longitud del cauce más largo en kilómetros.

S : Diferencia de cotas entres los extremos de L sobre L , en porcentaje.

3. GIANDIOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{LS}}$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración en horas.

A : Área de la cuenca en kilómetros cuadrados.

L : Longitud del cauce más largo en kilómetros.

S : Diferencia de cotas entres los extremos de L sobre L , adimensional.

Fuente: CHOW y MAYS, 1994.

Apéndice 5. Descripción de los tipos de suelo según la clasificación FAO.

Anexo A. Asociaciones de suelo del área de estudio.

Según ETCHEVEHERE (1998).

1. Leptosol districo - Andosol vitrico

1.1. Leptosoles.

Suelos de baja evolución limitados en profundidad por una roca dura continua o por materiales muy calcáreos (carbonato cálcico equivalente de más del 40%) o por una capa cementada continua dentro de una profundidad de 30 cm a partir de la superficie o con menos del 20% de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm a partir de la superficie; que carecen de otros horizontes de diagnóstico distintos de un horizonte A móllico, úmbrico u ócrico con o sin un horizonte B cámbico.

1.1.1. Leptosoles dísticos.

Otros Leptosoles con un horizonte A ócrico y con un grado de saturación en bases (por NH_4OAc) menor del 50%.

1.2. Andosoles:

Suelos de baja evolución condicionados por el material originario. Con un alto contenido en materiales amorfos o de baja cristalinidad. Casi siempre a partir de materiales volcánicos piroclásticos. Sólo presenta los horizontes: ándico, vítrico, melánico, fúlvico, hístico, móllico, úmbrico, ócrico, cámbico o dúrico. Perfil A-Bw-C ó A-C.

1.2.1. Andosoles vítricos.

Otros Andosoles que no tienen consistencia untuosa o una textura franca limosa o más fina como textura promedio (en peso) de todos los horizontes dentro de una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie, o ambas condiciones.

2. Leptosol districo - Cambisol districo - Regosol districo.

2.1. Cambisoles.

Suelos típicamente de clima templado húmedo. Suelos con cámbico. Sólo con: úmbrico u ócrico, también móllico pero entonces el cámbico está desaturado. Perfil: A-Bw-C y A-Bw-R. Otros suelos con un horizonte B cámbico.

2.1.1. Cambisol districo.

Otros Cambisoles con un grado de saturación menor del 50% (en NH₄OAc), por lo menos en alguna parte del horizonte B.

2.2. Regosoles.

Suelos de baja evolución condicionados por el material originario. Sobre materiales originales sueltos (o con roca dura a + de 25cm). Son suelos de muy baja evolución sin otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico o úmbrico; presentan perfil A-C.

2.2.1. Regosoles dístricos.

Otros Regosoles con un grado de saturación (por NH₄OAc) menor del 50%, más o menos entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie.

3. Leptosol eutríco - Afloramieno lítico

3.1. Leptosoles eútrícos.

Otros Leptosoles, con un horizonte A ócríco y una saturación en bases mayor del 50%. Incluye afloramiento de rocas en la superficie.

4. Leptosol eutríco - Cambisol eutríco - Regosol eutríco.

4.1. Cambisoles eútrícos.

Otros Cambisoles.

4.2. Regosoles eútrícos.

Otros Regosoles.

5. Regosol dístrico - Afloramimiento lítico.

Igual que 2.2.1. Incluye afloramiento de rocas en la superficie.

6. Regosol dístrico - Cambisol dístrico.

Anteriormente descrito.

Apéndice 6. Registros pluviométricos e hidrológicos.

Anexo A. Registros pluviométricos acumulados diarios de los meses febrero marzo y abril, de la estación José Abelardo Quiñones de la ciudad de Tingo María.

FEBRERO		MARZO		ABRIL	
Fecha	Altura de Precipitación mm	Fecha	Altura de Precipitación mm	Fecha	Altura de Precipitación mm
01/02/2008	0.00	01/03/2008	5.84	01/04/2008	0.00
02/02/2008	0.25	02/03/2008	29.46	02/04/2008	5.84
03/02/2008	14.22	03/03/2008	85.34	03/04/2008	4.32
04/02/2008	43.18	04/03/2008	14.99	04/04/2008	26.16
05/02/2008	2.29	05/03/2008	0.00	05/04/2008	18.29
06/02/2008	0.25	06/03/2008	0.00	06/04/2008	0.76
07/02/2008	0.00	07/03/2008	0.00	07/04/2008	0.00
08/02/2008	0.76	08/03/2008	8.38	08/04/2008	0.00
09/02/2008	0.00	09/03/2008	0.00	09/04/2008	0.00
10/02/2008	15.75	10/03/2008	6.60	10/04/2008	16.51
11/02/2008	61.72	11/03/2008	2.03	11/04/2008	0.00
12/02/2008	0.25	12/03/2008	12.95	12/04/2008	0.00
13/02/2008	20.32	13/03/2008	3.30	13/04/2008	16.51
14/02/2008	0.00	14/03/2008	16.76	14/04/2008	0.00
15/02/2008	22.86	15/03/2008	2.54	15/04/2008	8.89
16/02/2008	2.29	16/03/2008	37.59	16/04/2008	43.94
17/02/2008	9.14	17/03/2008	1.02	17/04/2008	6.10
18/02/2008	1.52	18/03/2008	14.73	18/04/2008	32.77
19/02/2008	13.21	19/03/2008	12.95	19/04/2008	0.00
20/02/2008	2.29	20/03/2008	1.02	20/04/2008	0.76
21/02/2008	50.55	21/03/2008	0.00	21/04/2008	0.00
22/02/2008	29.46	22/03/2008	1.27	22/04/2008	0.51
23/02/2008	19.81	23/03/2008	2.54	23/04/2008	0.00
24/02/2008	82.55	24/03/2008	1.78	24/04/2008	8.13
25/02/2008	40.13	25/03/2008	7.87	25/04/2008	24.89
26/02/2008	9.65	26/03/2008	1.02	26/04/2008	0.00
27/02/2008	43.69	27/03/2008	21.34	27/04/2008	0.00
28/02/2008	83.31	28/03/2008	23.11	28/04/2008	2.03
29/02/2008	1.27	29/03/2008	0.00	29/04/2008	0.00
		30/03/2008	21.08	30/04/2008	1.27
		31/03/2008	0.25		
Sub Total	570.74 mm	Sub Total	335.79 mm	Sub Total	217.68 mm
ALTURA DE PRECIPITACIÓN TOTAL					
1,124.21 mm					

Anexo B. Registros hidrométricos de la estación hidrológica del SENAMHI en la ciudad de Tingo María durante los meses febrero, marzo y abril del 2008.

FECHA	HORA					
	06:00 a.m.		01:00 p.m.		06:00 p.m.	
	Nivel hidrométrico m	Qv m ³ /s	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s
01/02/2008	2.70	1,337.19	2.67	1,316.35	2.64	1,295.66
02/02/2008	2.60	1,268.28	2.55	1,234.39	2.52	1,214.24
03/02/2008	2.65	1,302.54	2.57	1,247.90	2.45	1,167.76
04/02/2008	2.45	1,167.76	2.40	1,135.03	2.30	1,070.71
05/02/2008	2.50	1,200.88	2.60	1,268.28	2.50	1,200.88
06/02/2008	2.40	1,135.03	2.50	1,200.88	2.40	1,135.03
07/02/2008	3.45	1,872.47	2.40	1,135.03	2.35	1,102.68
08/02/2008	2.50	1,200.88	2.40	1,135.03	2.35	1,102.68
09/02/2008	2.25	1,039.14	2.05	931.95	2.05	931.95
10/02/2008	2.40	1,135.03	2.25	1,039.14	2.90	1,475.02
11/02/2008	2.10	961.09	2.00	903.18	1.98	891.77
12/02/2008	2.15	990.59	2.18	995.61	2.18	995.61
13/02/2008	2.40	1,135.03	2.37	1,115.57	2.30	1,070.71
14/02/2008	2.23	1,026.63	2.23	1,026.63	2.30	1,070.71
15/02/2008	2.30	1,070.71	2.25	1,039.14	2.22	1,020.39
16/02/2008	2.35	1,102.68	2.40	1,135.03	2.38	1,122.04
17/02/2008	2.35	1,102.68	2.20	1,007.97	2.20	1,007.97
18/02/2008	2.25	1,039.14	2.42	1,148.07	2.40	1,135.03
19/02/2008	2.25	1,039.14	2.05	931.95	2.05	931.95
20/02/2008	2.40	1,135.03	2.25	1,039.14	2.90	1,475.02
21/02/2008	2.90	1,475.02	2.50	1,200.88	2.45	1,167.76
22/02/2008	2.70	1,337.19	2.55	1,234.39	2.60	1,268.28
23/02/2008	3.05	1,574.11	2.90	1,475.02	2.85	1,442.63
24/02/2008	2.80	1,407.60	2.75	1,372.21	2.75	1,372.21
25/02/2008	3.50	1,912.08	3.20	1,679.83	2.20	1,007.97
26/02/2008	2.20	1,007.97	2.40	1,135.03	2.37	1,115.57
27/02/2008	4.57	2,827.82	4.75	3,004.98	5.10	3,351.82
28/02/2008	4.70	2,956.89	4.60	2,857.62	4.55	2,809.39
29/02/2008	3.80	2,157.19	3.65	2,033.03	3.63	2,016.72

Anexo B. Registros hidrométricos de la estación hidrológica del SENAMHI en la ciudad de Tingo María durante los meses febrero, marzo y abril del 2008 (continuación).

FECHA	HORA					
	06:00 a.m.		01:00 p.m.		06:00 p.m.	
	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s
01/03/2008	3.47	1,888.27	3.43	1,856.73	3.35	1,794.33
02/03/2008	3.13	1,628.12	3.01	1,547.40	2.95	1,507.73
03/03/2008	2.75	1,372.21	2.58	1,254.68	2.50	1,200.88
04/03/2008	2.65	1,302.54	2.60	1,268.28	2.50	1,200.88
05/03/2008	2.45	1,167.76	2.37	1,115.57	2.35	1,102.68
06/03/2008	2.42	1,148.07	2.40	1,135.03	2.45	1,167.76
07/03/2008	2.50	1,200.88	2.77	1,386.32	2.70	1,337.19
08/03/2008	2.40	1,135.03	2.30	1,070.71	2.20	1,007.97
09/03/2008	2.10	961.09	2.05	931.95	2.00	903.18
10/03/2008	2.10	961.09	3.60	1,992.36	3.30	1,755.80
11/03/2008	3.50	1,912.08	3.30	1,755.80	3.00	1,540.76
12/03/2008	2.90	1,475.02	2.75	1,372.21	2.55	1,234.39
13/03/2008	3.10	1,607.77	2.85	1,442.63	2.80	1,407.60
14/03/2008	2.90	1,475.02	2.75	1,372.21	3.70	2,074.06
15/03/2008	2.77	1,386.32	2.73	1,358.15	2.70	1,337.19
16/03/2008	2.70	1,337.19	2.67	1,316.35	2.64	1,295.66
17/03/2008	2.60	1,268.28	2.55	1,234.39	2.52	1,214.24
18/03/2008	2.65	1,302.54	2.57	1,247.90	2.45	1,167.76
19/03/2008	2.45	1,167.76	2.40	1,135.03	2.30	1,070.71
20/03/2008	2.50	1,200.88	2.60	1,268.28	2.50	1,200.88
21/03/2008	2.40	1,135.03	2.50	1,200.88	2.40	1,135.03
22/03/2008	3.45	1,872.47	2.40	1,135.03	2.35	1,102.68
23/03/2008	2.50	1,200.88	2.40	1,135.03	2.35	1,102.68
24/03/2008	2.50	1,200.88	2.45	1,167.76	2.43	1,154.62
25/03/2008	2.40	1,135.03	2.20	1,007.97	2.20	1,007.97
26/03/2008	2.50	1,200.88	2.20	1,007.97	2.15	990.59
27/03/2008	2.00	903.18	2.20	1,007.97	2.10	961.09
28/03/2008	2.00	903.18	1.95	874.78	1.93	863.52
29/03/2008	1.90	846.75	2.00	903.18	2.10	961.09
30/03/2008	2.00	903.18	1.95	874.78	2.00	903.18
31/03/2008	2.00	903.18	1.95	874.78	1.95	874.78

Anexo B. Registros hidrométricos de la estación hidrológica del SENAMHI en la ciudad de Tingo María durante los meses febrero, marzo y abril del 2008 (continuación).

FECHA	HORA					
	06:00 a.m.		01:00 p.m.		06:00 p.m.	
	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s	Nivel Hidrométrico m	Qv m ³ /s
01/04/2008	2.05	931.95	1.97	886.09	1.90	846.75
02/04/2008	1.90	846.75	1.80	791.82	1.80	791.82
03/04/2008	3.20	1,679.83	3.05	1,574.11	2.80	1,407.60
04/04/2008	2.80	1,407.60	2.55	1,234.39	2.50	1,200.88
05/04/2008	2.75	1,372.21	2.80	1,407.60	2.65	1,302.54
06/04/2008	2.60	1,268.28	2.45	1,167.76	2.40	1,135.03
07/04/2008	2.35	1,102.68	2.30	1,070.71	2.30	1,070.71
08/04/2008	2.20	1,007.97	2.10	961.09	2.05	931.95
09/04/2008	2.20	1,007.97	2.10	961.09	2.00	903.18
10/04/2008	1.90	846.75	1.97	886.09	1.90	846.75
11/04/2008	1.95	874.78	1.80	791.82	1.80	791.82
12/04/2008	2.10	961.09	1.95	874.78	1.80	791.82
13/04/2008	1.75	764.93	2.70	1,337.19	1.70	738.41
14/04/2008	1.70	738.41	1.69	733.15	1.70	738.41
15/04/2008	1.72	748.97	1.71	743.68	1.70	738.41
16/04/2008	1.71	743.68	1.70	738.41	1.71	743.68
17/04/2008	1.73	754.27	1.72	748.97	1.73	754.27
18/04/2008	1.74	759.59	1.72	748.97	1.72	748.97
19/04/2008	1.75	764.93	1.72	748.97	1.70	738.41
20/04/2008	1.70	738.41	1.68	727.91	1.65	712.28
21/04/2008	1.65	712.28	1.64	707.10	1.62	696.78
22/04/2008	1.60	686.53	1.55	663.95	1.65	712.28
23/04/2008	1.60	686.53	1.65	712.28	1.62	696.78
24/04/2008	1.60	686.53	1.70	738.41	1.60	686.53
25/04/2008	1.58	677.09	1.56	667.98	1.55	663.95
26/04/2008	1.72	748.97	1.65	712.28	1.60	686.53
27/04/2008	1.60	686.53	1.58	677.09	1.55	663.95
28/04/2008	1.65	712.28	1.60	686.53	1.58	677.09
29/04/2008	1.59	681.68	1.52	648.81	1.48	628.84
30/04/2008	1.50	638.80	1.45	614.04	1.50	638.80