



## **Seminario Internacional**

### **Restauración Hidrológico Forestal para la Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos**

#### **COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA INSTANTÁNEOS, PARA LA CUENCA DEL TUTUVÉN, REGIÓN DEL MAULE, CHILE.**

Ing. Cristián Jordán Díaz

Dr. Roberto Pizarro Tapia

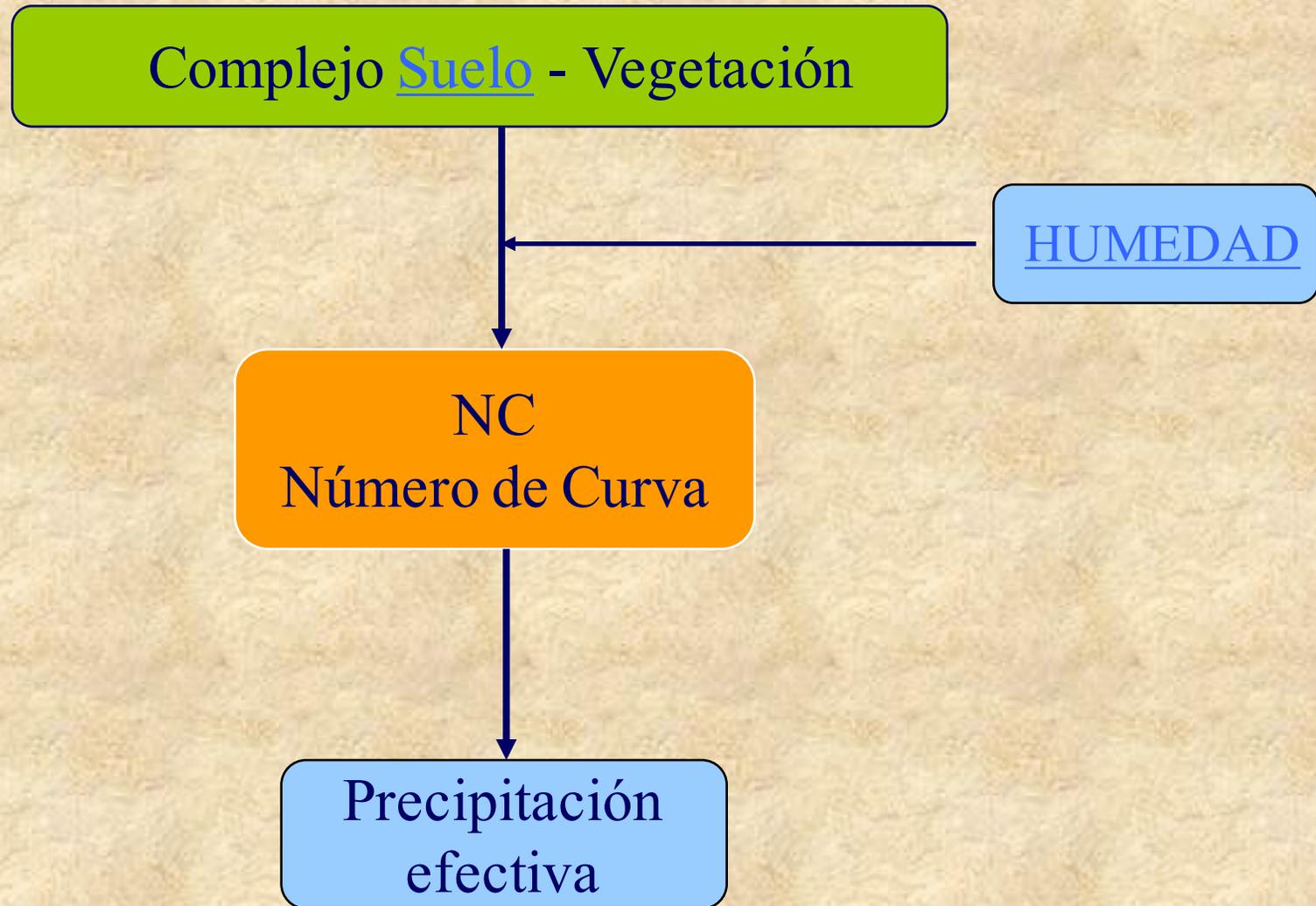
Ing. Marcela Tapia Cornejo

# INTRODUCCIÓN

- Las variaciones en la cobertura de la vegetación influyen en las escorrentías superficiales.
- El método del Número de Curva, entrega información acerca de los coeficientes de escorrentía generados en una cuenca.
- Elemento fundamental para ejecución de obras civiles y forestales.



## Método del Número de Curva

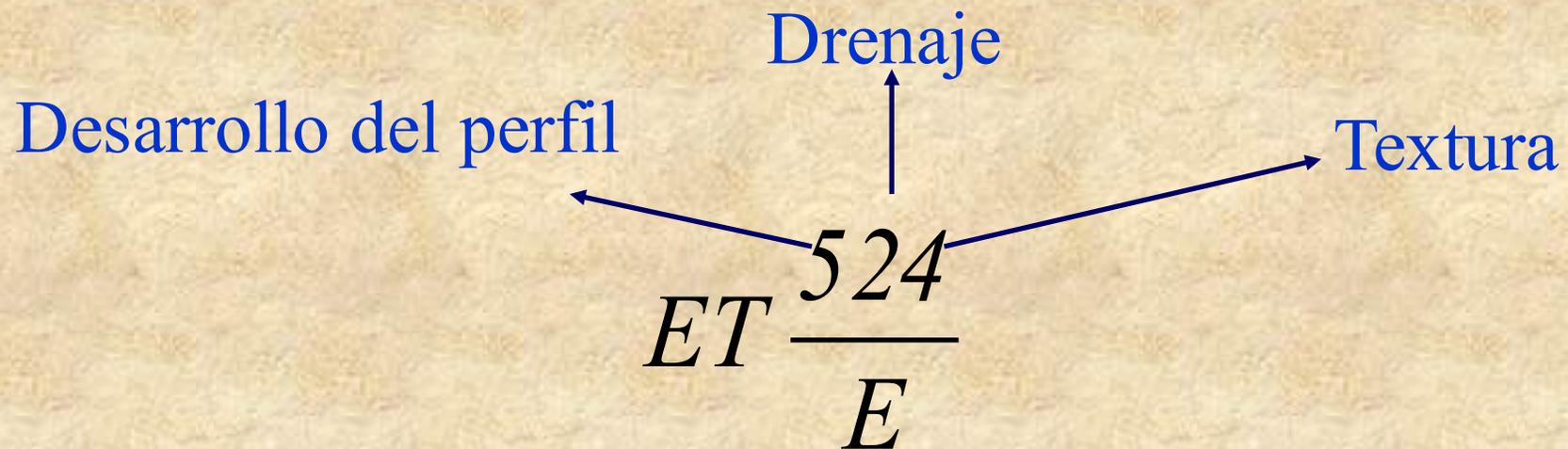


$$C = \frac{Pe}{P}$$

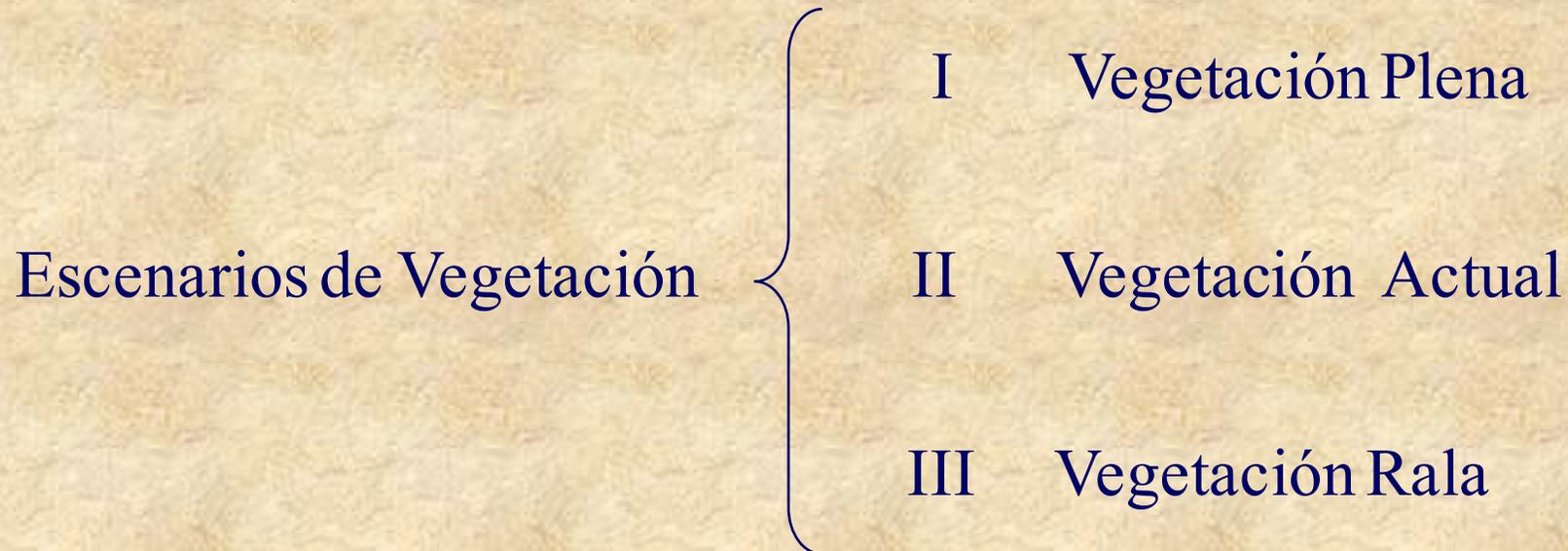
## **SELECCIÓN DE TORMENTAS**

- ✓ Precipitaciones obtenidas de la estación Melozal.
- ✓ 15 tormentas de alta intensidad y 15 de baja intensidad, duración de 24 horas.
- ✓ Intensidades de precipitación en intervalos de 1, 2 y 4 horas.

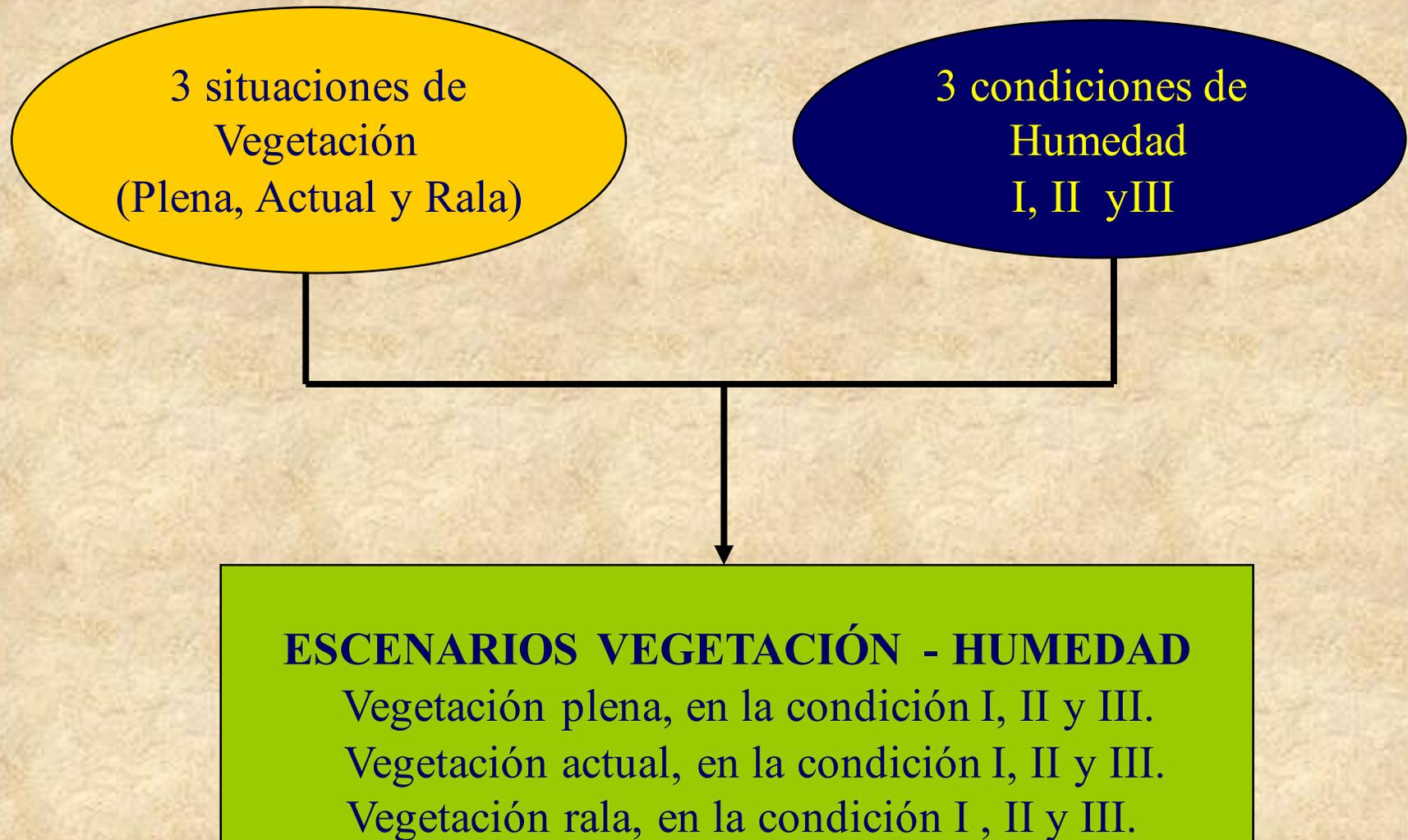
# CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA



# **DETERMINACIÓN DE ESCENARIOS DE VEGETACIÓN**



## CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA



## CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA TABLA DE PONCE (1989)

Cubierta del suelo			Número de Curva correspondiente a grupos de suelo			
Clase	Laboreo	Condiciones Fisiológicas	A	B	C	D
Cultivos alineados	R	Pobres	77	86	91	94
	C	Pobres	70	79	84	88
Cultivos alineados o con surcos pequeños	R	Pobres	65	76	84	88
	CT	Pobres	61	72	79	82
	CT	Buenas	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternativa	R	Pobres	66	77	84	88
	C	Pobres	64	75	83	85
	CT	Buenas	51	67	76	80
Pastizales (pastos naturales)	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
Montes con pastos (ganadero- forestal)	----	Pobres	45	66	77	83
	----	Regulares	36	60	73	79
Bosques ( forestales)	----	Pobres	46	68	78	84
	----	Regulares	36	60	70	76
	----	Buenas	26	52	63	69

CONDICIÓN I

CONDICIÓN II

CONDICIÓN III

CONVERSIÓN DEL NÚMERO DE CURVA DE LA  
CONDICIÓN II A LAS CONDICIONES I Y III.

CONDICIÓN II	CONDICIÓN I	CONDICIÓN III
100	100	100
95	87	98
90	78	96
85	70	94
80	63	91
75	57	88
7	51	85
<b>65</b>	<b>45</b>	<b>82</b>
60	40	78
55	35	74
50	31	70
45	27	65
40	23	60
30	15	50
25	12	43
20	9	37
15	7	30
10	4	22
5	2	13
0	0	0

## DETERMINACIÓN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Máxima Infiltración (mm)

$$S = 254 * \left( \frac{100}{N} - 1 \right)$$

**ESCORRENTÍA  
SUPERFICIAL**

$$Q_i = 0$$

$$\text{Si } P \leq 0,2 * S$$

$$Q_i = \frac{\left( \sum P_j - 0,2 * S \right)^2}{\sum P_j + 0,8 * S}$$

$$\text{Si } P > 0,2 * S$$

## DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA

$$Pe_{ij} = Q_{ij} - Q_{i(j-1)}$$

## CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

$$C_{ij} = \frac{\frac{d(Pe_{ij} - Pe_{i(j-1)})}{dt}}{\frac{d(P_{ij} - P_{i(j-1)})}{dt}}$$

## **Coeficiente de escorrentía en función del Manual de Carreteras**

**K**

- **Relieve**
- **Permeabilidad**
- **Vegetación**
- **Capacidad de almacenaje del agua**

## **Estimación de C en función de las precipitaciones**

$$C = f(P)$$

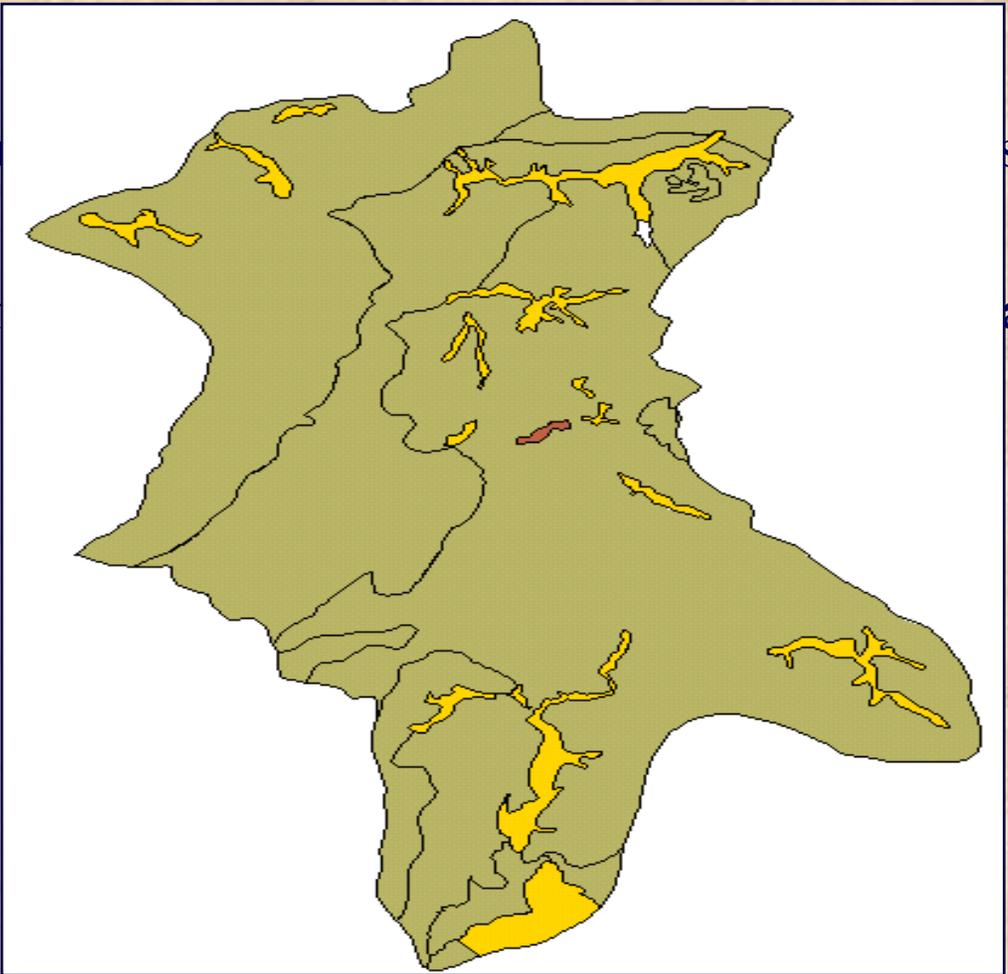
# RESULTADOS

## 1. Grupos de suelos

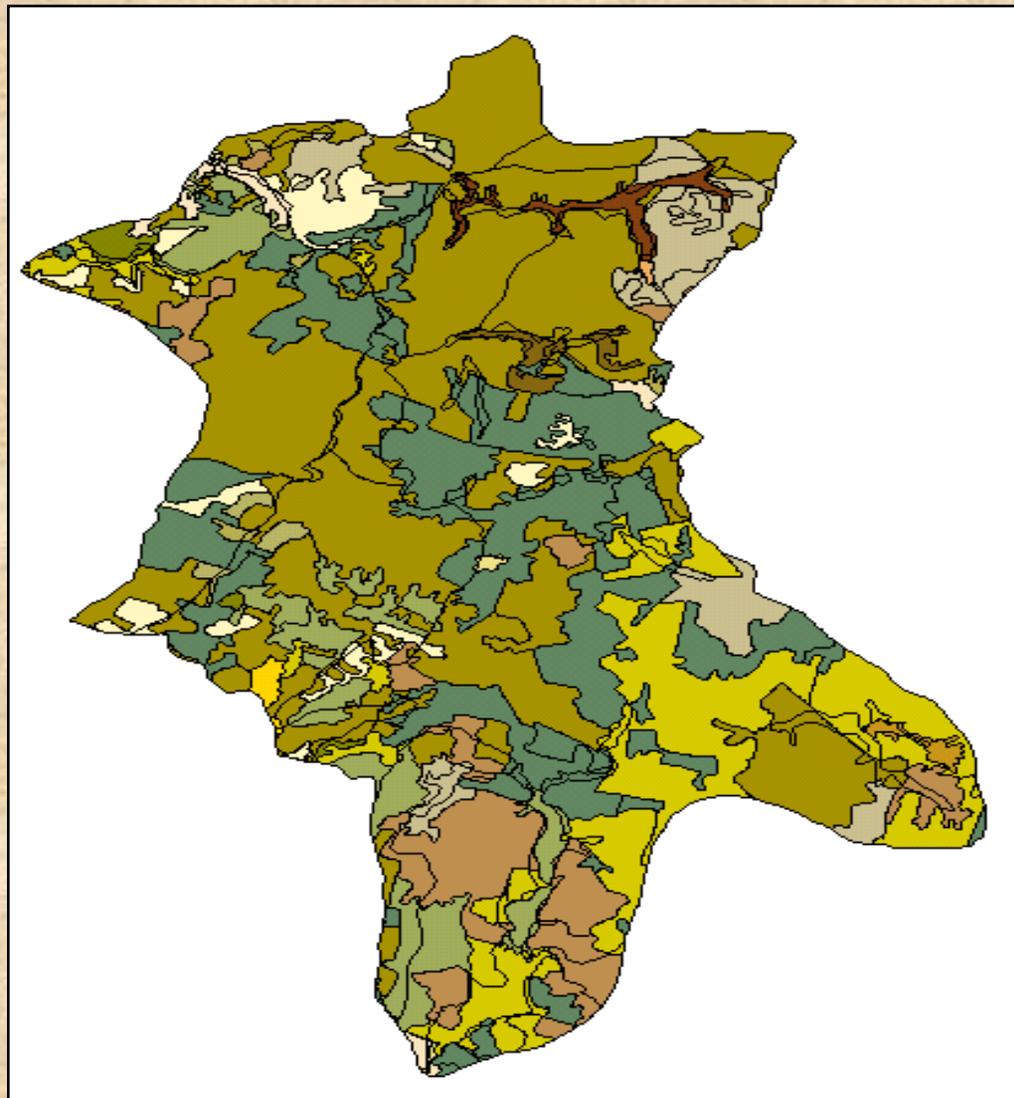
- ✓ Gr
- ✓ Gr

saturado.

ado.



## 1.b. Complejo suelo-vegetación

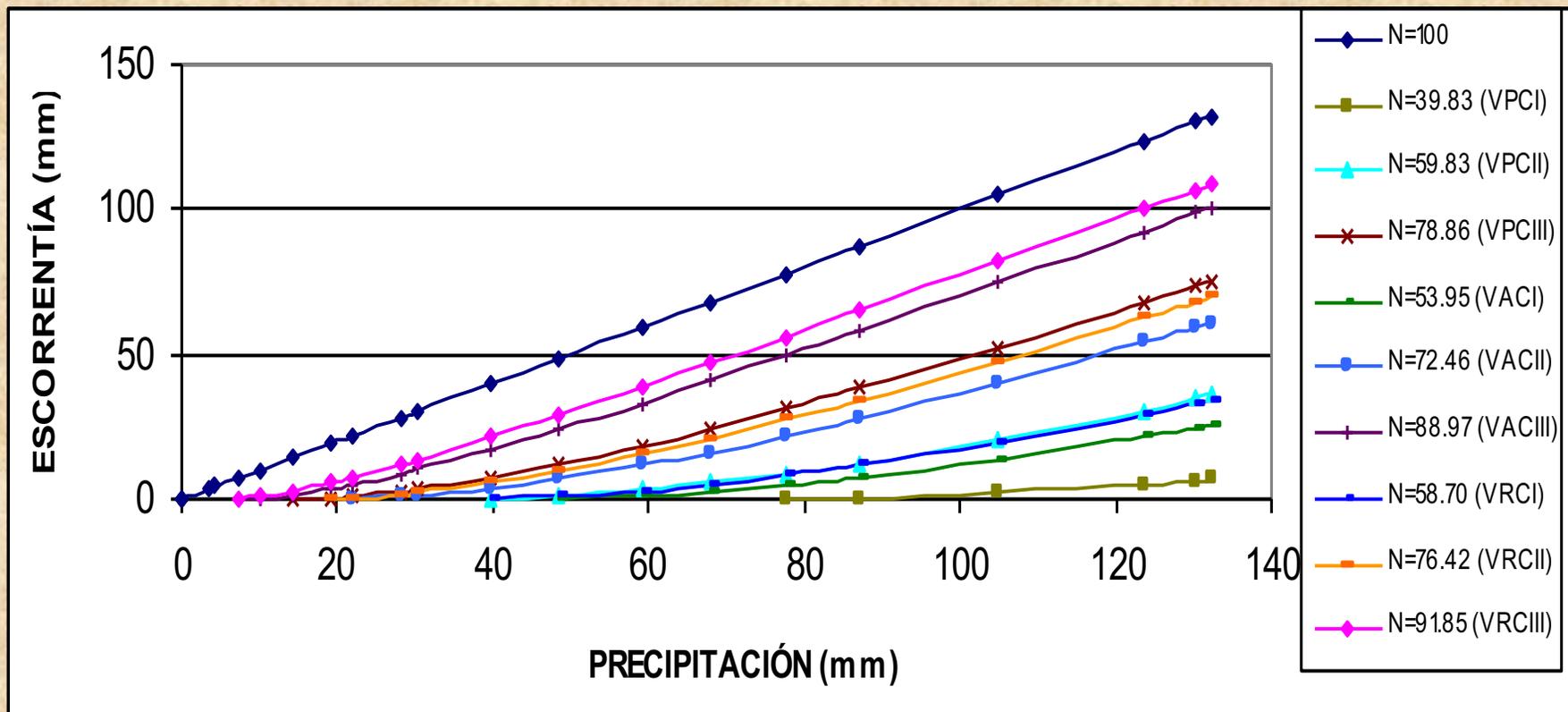


**Números de curva y valor de S para los 9 escenarios.**

Vegetación	Condición del estado de humedad previa					
	I		II		III	
	NC	S (mm)	NC	S (mm)	NC	S (mm)
Plena	39,83	383,71	59,83	170,54	78,86	68,09
Actual	53,95	216,81	72,46	96,54	88,97	31,49
Rala	58,70	178,71	76,42	78,37	91,85	22,54



✓ Escorrentía superficial



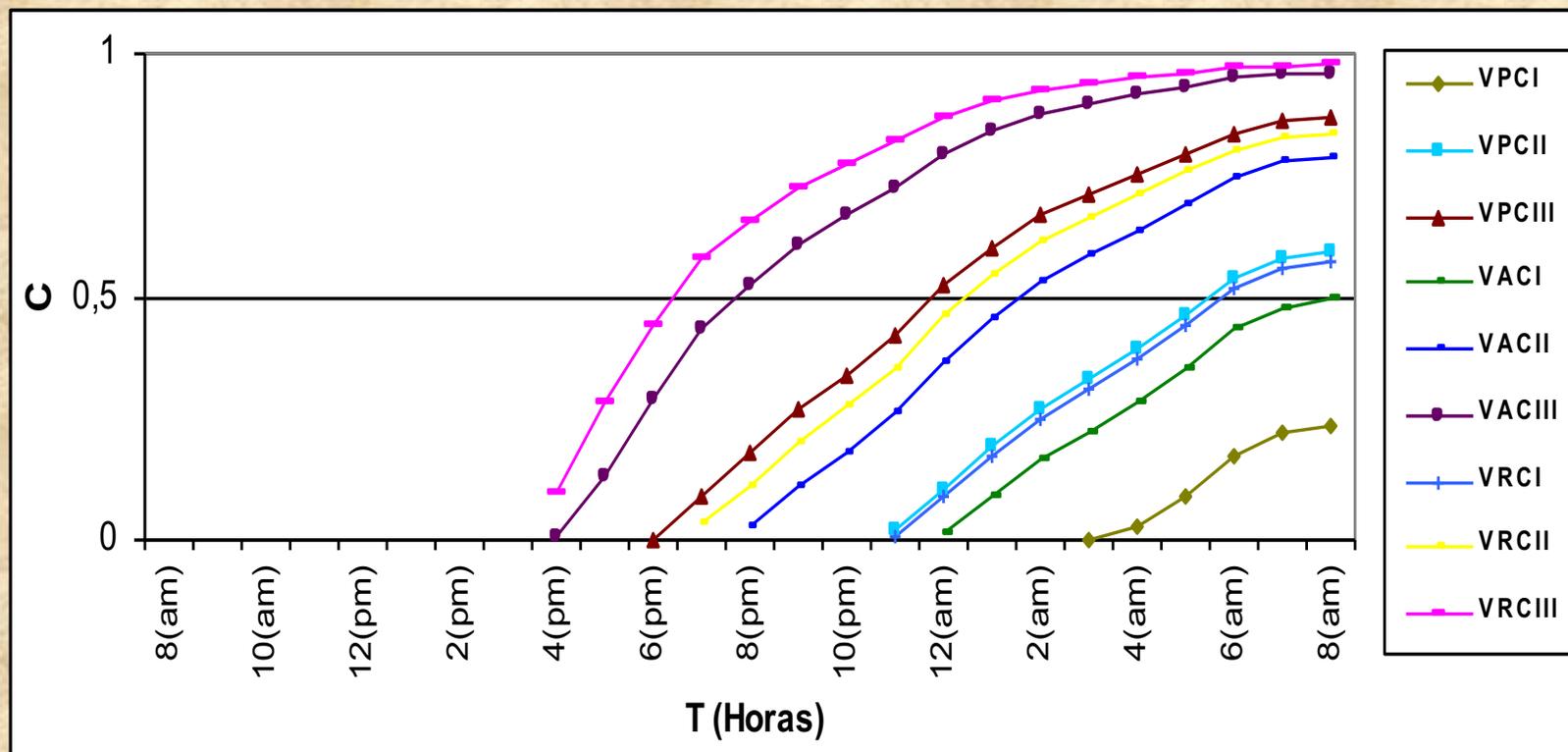
- A medida que aumentan las intensidades de precipitación, aumentan las escorrentías superficiales.
- Menor cubierta vegetal, mayores son las escorrentías superficiales.

✓ **Coeficientes de escorrentía**

15 tormentas de alta intensidad



Tormenta N° 5 y N° 13  
situación más crítica

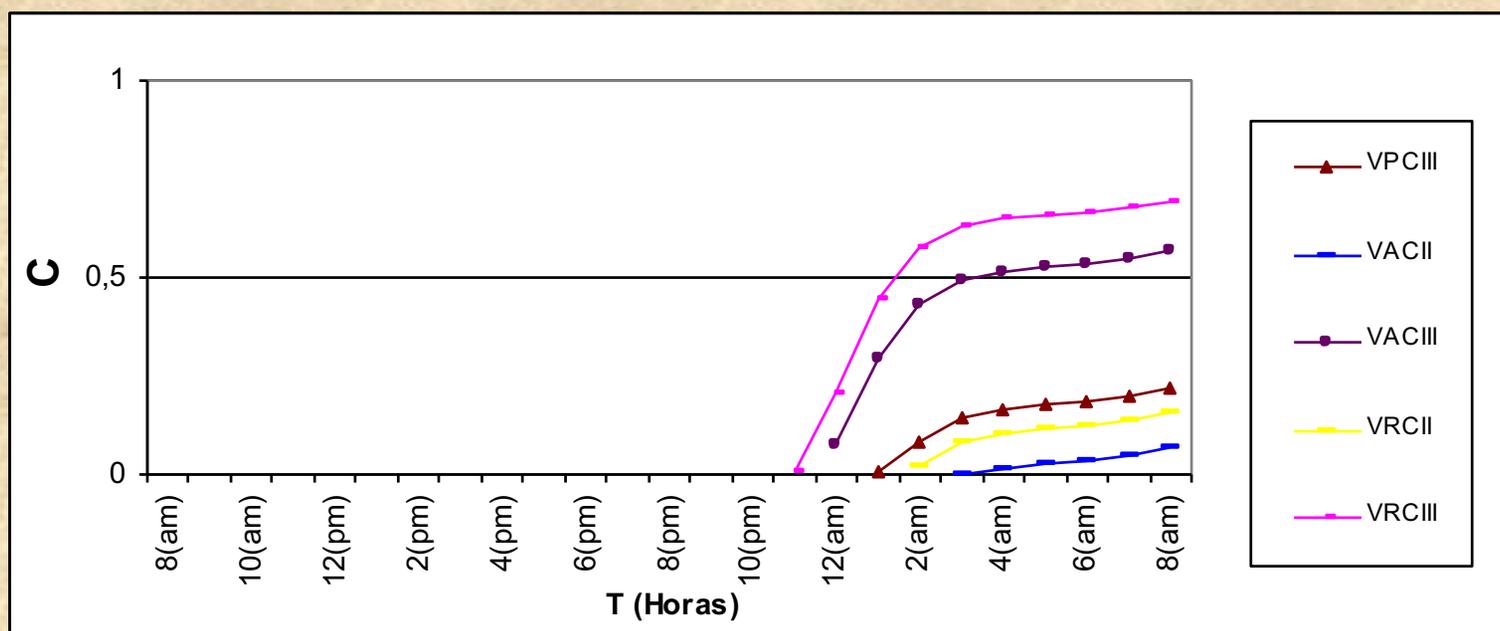


✓ **Coefficientes de escorrentía**

15 tormentas de baja intensidad



Tormenta N° 8 situación más crítica



### Coeficientes de escorrentía instantáneos para el escenario más crítico (VRCIII)

Tormenta	Intensidad	Intervalos de Tiempo			Manual de Carreteras
		1 hora	2 horas	4 horas	
N° 5	Alta	0,9772	0,924	0,749	0,70
N° 13	Alta	0,9544	0,867	0,672	
N° 8	Baja	0,6938	0,398	0,078	

- Coeficientes de escorrentía disminuyeron a medida que aumentó el tiempo.
- C se acerca a valores de alta intensidad, pero tiende a subestimar en condiciones más extremas

## Modelos ajustados para cada escenario planteado

Escenario	Modelo	R <sup>2</sup>	EEE
VPCII	$C = 0,00520673 P - 0,0697121$	97,32 %	0,029
VPCIII	$C = 0,126146 \sqrt{P} - 0,387769$	96,99 %	0,057
VACI	$C = 0,00367608 P - 0,0605934$	91,58 %	0,036
VACII	$C = (0,0104331 P - 0,0459641)^2$	87,95 %	0,090
VACIII	$C = 0,344158 \text{ Log } P - 0,574467$	98,19 %	0,031
VRCI	$C = 0,00488989 P - 0,0681395$	96,93 %	0,028
VRCII	$C = (0,0107717 P - 0,016137)^2$	84,33 %	0,149
VRCIII	$C = 0,0798527 + 0,101038 \sqrt{P}$	87,85 %	0,096

# CONCLUSIONES

- El comportamiento de los coeficientes de escorrentía está determinado por la intensidad de precipitación, y principalmente por las condiciones precedentes de humedad del suelo. Esto implica que, a pesar de la presencia de cobertura forestal, bajo ciertas condiciones de precipitación y humedad, su efecto reductor de las escorrentías superficiales, tiende a anularse.
- Los modelos determinados, presentan una muy buena calidad de ajuste, lo que asegura una estimación del valor de C, en marcos confiables superiores al Manual de Carreteras.

# GRUPOS DE SUELOS

## Grupo A

Menor escorrentía, terrenos arenosos  
Arenosos limosos, loess, etc.

## Grupo B

Moderada permeabilidad, textura  
Franco arenosa- francos profundos

## Grupo C

Poca permeabilidad, textura franco  
Arcillosa o arcillosas

## Grupo D

Mayor escorrentía, terrenos muy  
arcillosos



## CONDICIONES PRECEDENTES DE HUMEDAD (mm)

Condición	Periodo seco (Oct- Mar)	Periodo húmedo (Abr - Sep)
I	Menos de 12,5	Menos de 35,5
II	De 12,5 a 28,0	De 35,5 a 53,0
III	Más de 28,0	Más de 53,0



## Tormentas utilizadas

Tormenta	Pp (mm)	Tormenta	Pp (mm)	Tormenta	Pp (mm)
1	62	11	56,2	21	22
2	76,3	12	69,4	22	15
3	62,9	13	132,4	23	23,1
4	70,1	14	77,1	24	16,2
5	87,6	15	52,3	25	24,1
6	63,5	16	5,9	26	10,1
7	74,5	17	9	27	15,1
8	71,6	18	12	28	11,4
9	48,2	19	11,3	29	7,5
10	50,5	20	11,8	30	8,9

