



GENERACIÓN DEL MAPA TEMÁTICO DE CURVA NÚMERO (CN)

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION Y OBJETIVOS.	3
2	DESARROLLO	3
	2.1 Recursos y Métodos.....	3
	2.1.1 Cartográfica.....	3
	2.1.2 Equipos y software:.....	4
	2.2 Área de estudio	4
	2.3 Metodología.....	5
	2.3.1 Procedimiento.....	5
3	RESULTADOS	13
4	CONCLUSIONES	16
5	RECOMENDACIONES	17
6	BIBLIOGRAFÍA.....	18

RESUMEN

Un modelo hidrológico, busca representar los diferentes procesos involucrados en la distribución de la lluvia y la generación de caudales en una determinada cuenca, y una parte importante del movimiento del agua viene determinada por la infiltración, que es el proceso por el que la precipitación se mueve hacia abajo a través de la superficie del suelo, aumentando la humedad del suelo, uno de los métodos más extendidos y experimentados de los modelos empíricos de infiltración es el del SCS.

En este documento se aplica una metodología para generar mapa temático de Número de Curva para el ámbito del territorio peruano, parámetro hidrológico que utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los EEUU para el cálculo de la escorrentía.

La metodología se basa en la utilización de herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten trabajar con datos diversos como mapas de cobertura vegetal, suelos y modelos digitales de elevaciones (MDE).

Para la generación de este mapa se realiza mediante la aplicación de tablas de reclasificación, interpolación y operaciones de superposición de las distintas capas de información de las que depende, obteniendo como resultado mapas raster de “Número de Curva”, para condiciones normales, condiciones húmedas y condiciones secas, parámetros muy importantes en estudios hidrológicos.

Palabras clave: Numero de curva, Curva Numero, Modelación hidrológica y SIG para eventos máximos.

ABSTRACT

A hydrological model, seeks to represent the different processes involved in the distribution of rainfall and streamflow generation in a given basin, and an important part of water movement is determined by infiltration, which is the process by which precipitation moves downward through the soil surface, soil moisture increase, one of the most widespread and experienced empirical models is the infiltration methods of SCS.

In this paper a methodology is applied to generate thematic map of Curve Number for the scope of Peru, hydrological parameter used by the Soil Conservation Service (SCS) in the US for calculating runoff.

The methodology is based on the use of tools of Geographical Information Systems (GIS), which allow working with various data such as maps of vegetation, soils and digital elevation models (DEM).

For the generation of this map is performed by applying tables reclassification, interpolation and overlay operations of the various layers of information on which it depends, resulting raster maps of "Curve Number" to normal conditions, humid conditions and dry conditions, very important parameters in hydrological studies.

Keywords: Number of curve, Curve Number, hydrological modeling and GIS for top events.

1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

Los métodos para estimar la escorrentía a partir de la precipitación tratan de descontar de la lluvia caída sobre una cuenca todas aquellas pérdidas que se deben a factores tales como la infiltración, la evapotranspiración, la interceptación y el almacenamiento superficial. El procedimiento más generalizado y fácil de adaptar a cualquier región es el método del número de curva (NC), que es un método desarrollado por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos en 1950, es un método empírico para el cálculo de la transformación de lluvia-escorrentía, que surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo en varios estados y para distintas condiciones de humedad antecedente. Se observaron curvas al representarse en gráficos la profundidad de precipitación (P) y la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa (Pe). Para estandarizar estas curvas, se definió un número adimensional de curva CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y de agua CN = 100; para superficies naturales $CN < 100$ y para superficie sin escurrimiento CN = 0. Los números de curva se aplican para condiciones antecedentes de humedad normales (Condición II); para condiciones secas (Condición I) o condiciones húmedas (Condición III), se calculan los números de curva equivalentes.

La metodología del número de la curva (NC) es la más empleada para transformar la precipitación total en precipitación efectiva. De esta manera se constituye en una herramienta de gran valor para realizar estudios hidrológicos en cuencas hidrográficas, fundamentalmente cuando hay una deficiencia de registros extensos y confiables. Esta metodología requiere del conocimiento del tipo y uso de suelo de la cuenca en estudio y registros pluviográficos.

El objetivo del presente documento es la generación de Mapas Temático de Número de Curva para condiciones normales, condiciones húmedas y condiciones secas, siguiendo la metodología del Soil Conservation Service de los Estados Unidos.

2 DESARROLLO

2.1 RECURSOS Y MÉTODOS

2.1.1 Cartográfica.

- Mapa temático de cobertura vegetal y uso, fuente Ministerio del Ambiente, escala 1/100000.
- Mapa temático de suelo, fuente: FAO y UNESCO a una escala de 1:5 000 000
- Modelo Digital de Elevación (MDE), fuente SRTM resolución espacial 90 m.

2.1.2 Equipos y software:

- Computadora I5 2.66 Ghz DD 500 GB y 2 GB de Memoria y monitor de 17 , GPS, Softwares: Arc GIS 10.1, extensiones: 3D Analyst, Spatial Analyst, HEC – GeoHMS

2.2 ÁREA DE ESTUDIO

El Perú se localiza en el hemisferio Occidental con relación al Meridiano de Greenwich y en el hemisferio Sur en relación a la Línea Ecuatorial.

Está ubicado en la parte central y occidental de América del Sur. Tiene una extensión de 1 285 215,60 km² que corresponde a 0,87% de la superficie continental del planeta, el Perú se constituye en el decimonoveno país más grande del mundo, el sexto del continente americano y el tercer país más grande de América del Sur.

Su localización en relación a las coordenadas geográficas es: entre los 0° 01' 48" y los 18° 21' 03" de latitud sur y los 68° 39' 27" y los 81° 19' 34 05" de longitud oeste.

El Perú es un país mega diverso, cuenta con 11 ecorregiones y 84 zonas de vida de las 117 que existen en el mundo. Posee una enorme multiplicidad de paisajes debido a sus condiciones geográficas, lo que a su vez le otorga una gran diversidad de recursos naturales. En su territorio se pueden identificar tres grandes regiones, que ha sido la forma tradicional de dividirlo según sus altitudes: Costa, Sierra y Selva.



Figura 1: Ubicación de la Republica del Perú.

2.3 METODOLOGÍA.

Se procedió de acuerdo al Modelo Conceptual, esto contempla los factores que intervienen en la generación de valores de Número de Curva.

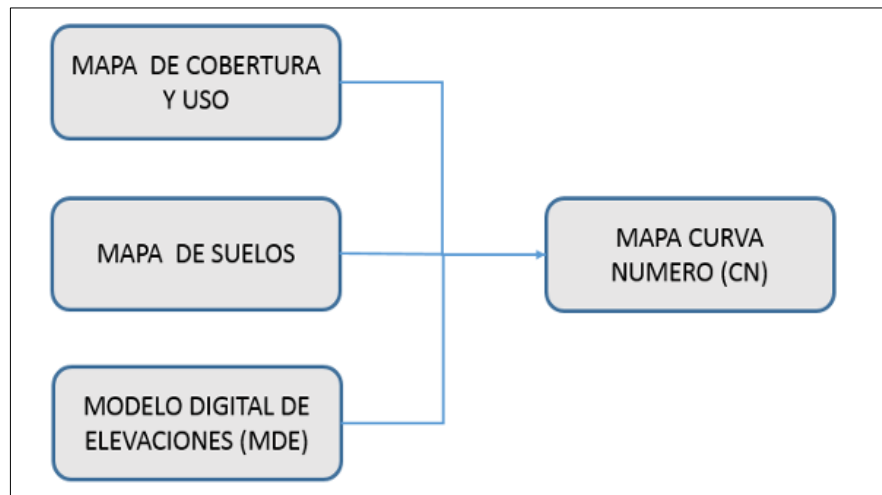


Figura 2: Modelo Conceptual

2.3.1 Procedimiento.

a. Modelo Digital de Elevaciones – MDE

Desde el Link <http://srtm.csi.cgiar.org> del **Shuttle Radar Topography Mission** (SRTM) se obtuvo data de elevación a escala mundial, los datos están en una resolución de 3 arcosegundos (90 metros de resolución), y utilizando el programa ArcGIS 10.1 se procesó la data descargada corrigiendo las celdas que pudiera tener errores.

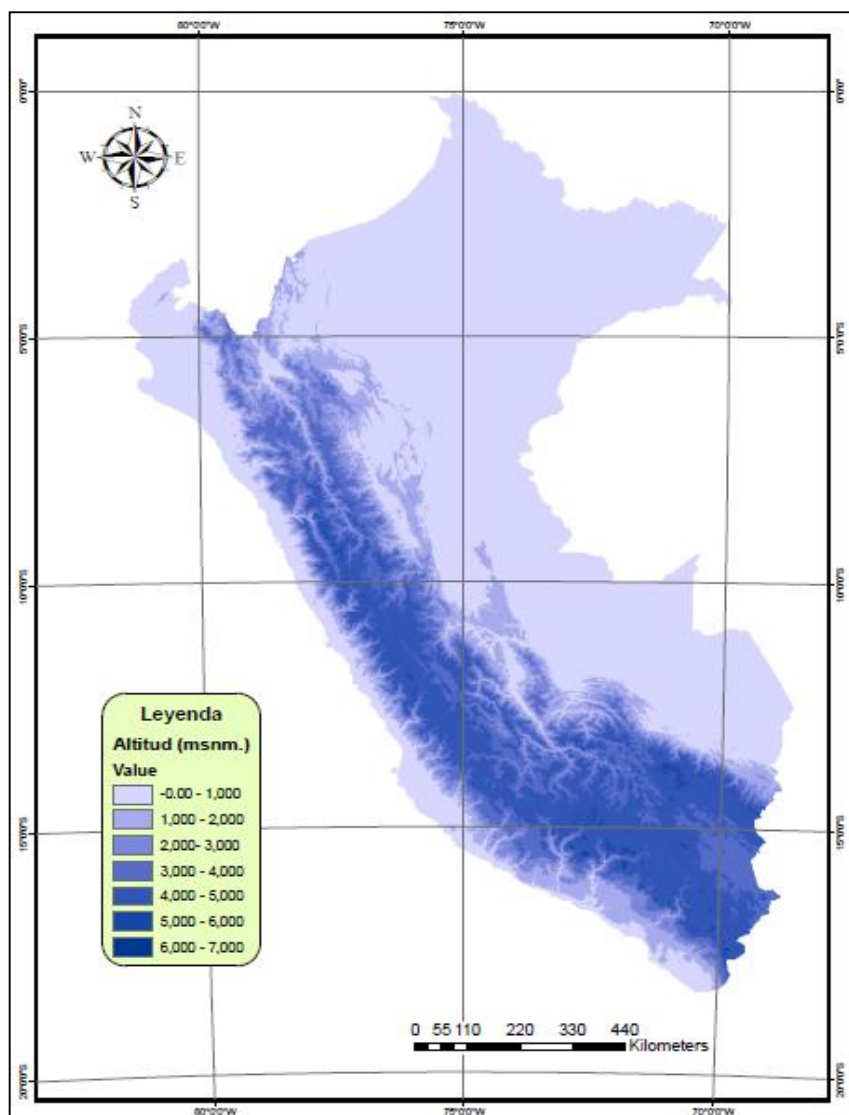


Figura 3: Modelo Digital de Elevación

b. Mapa Temático de Cobertura

El Ministerio del Ambiente, MINAM, como ente encargado de conducir el proceso de inventario y evaluación nacional integrada de los recursos naturales y de los servicios ambientales, ha elaborado el Mapa de Cobertura Vegetal del Perú, el cual constituye una herramienta de gestión del patrimonio natural y a la vez de soporte en la implementación de la Política Nacional del Ambiente.

Este mapa fue elaborado mediante el análisis visual de imágenes satelitales del año 2009, luego verificado en el terreno a nivel aéreo, terrestre y fluvial. La escala de interpretación o mapeo fue de 1/100 000,

con un área mínima de mapeo de 25 ha y, excepcionalmente, de 5 ha en casos especiales.

El mapa muestra la distribución y características generales de la florística y del terreno, de los diversos tipos de cobertura vegetal que cubren el país, como por ejemplo, los bosques lluviosos de tierra firme y pantanosos (aguajales) de la Selva Baja, los bosques lluviosos de la Selva Alta, los bosques secos del noroeste, los bosques relictos andinos, los herbazales altoandinos (pajonales, bofedales), los matorrales andinos, entre otros.

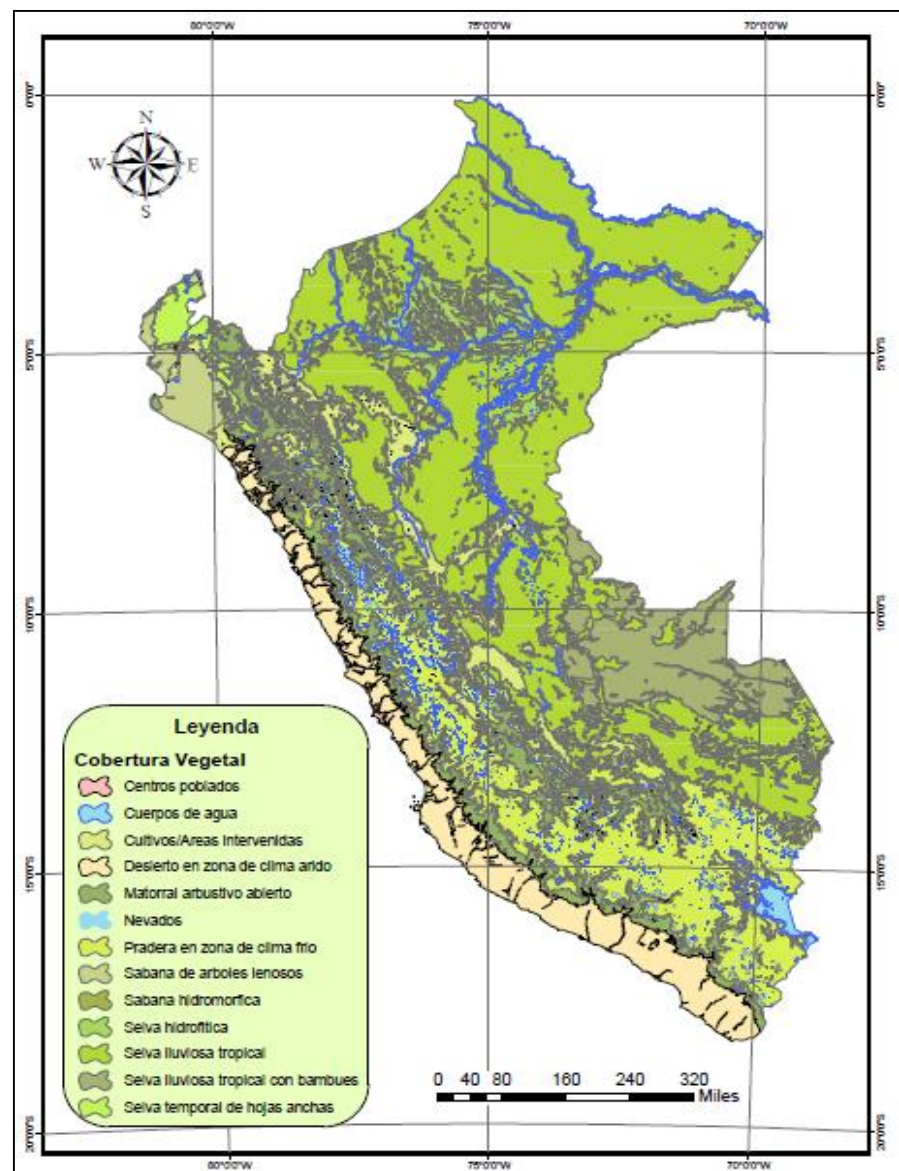


Figura 4: Mapa Temático de Cobertura y Uso.

De acuerdo al tipo de cobertura y uso del suelo se asigna un código de reclasificación para cada uno, se muestra en el siguiente cuadro:

DESCRIPCION DE COBERTURAS	RECLASIFICACION
Cuerpos de agua	1
Nevados	2
Centros poblados	3
Cultivos/Áreas intervenidas	4
Matorral arbustivo abierto	5
Pradera en zona de clima frío	6
Sabana de árboles leñosos	7
Sabana hidromorfica	8
Selva lluviosa tropical	9
Selva lluviosa tropical con bambúes	10
Selva temporal de hojas anchas	11
Selva hidrolítica	12
Desierto en zona de clima árido	13

Tabla 1: Reclasificación del Mapa de cobertura.

c. Mapa Temático de Suelo

Se trabajó con información publicado por la FAO y UNESCO a una escala de 1:5 000 000, es un proyecto que se desarrolló en colaboración entre los innumerables científicos de suelo en el mundo, se finalizó tras un esfuerzo de 20 años. Hasta ahora el Mapa Mundial de Suelos ha permanecido como la única visión global de los recursos del suelo.

La Figura 4 presenta el mapa de tipos de suelo para Perú.

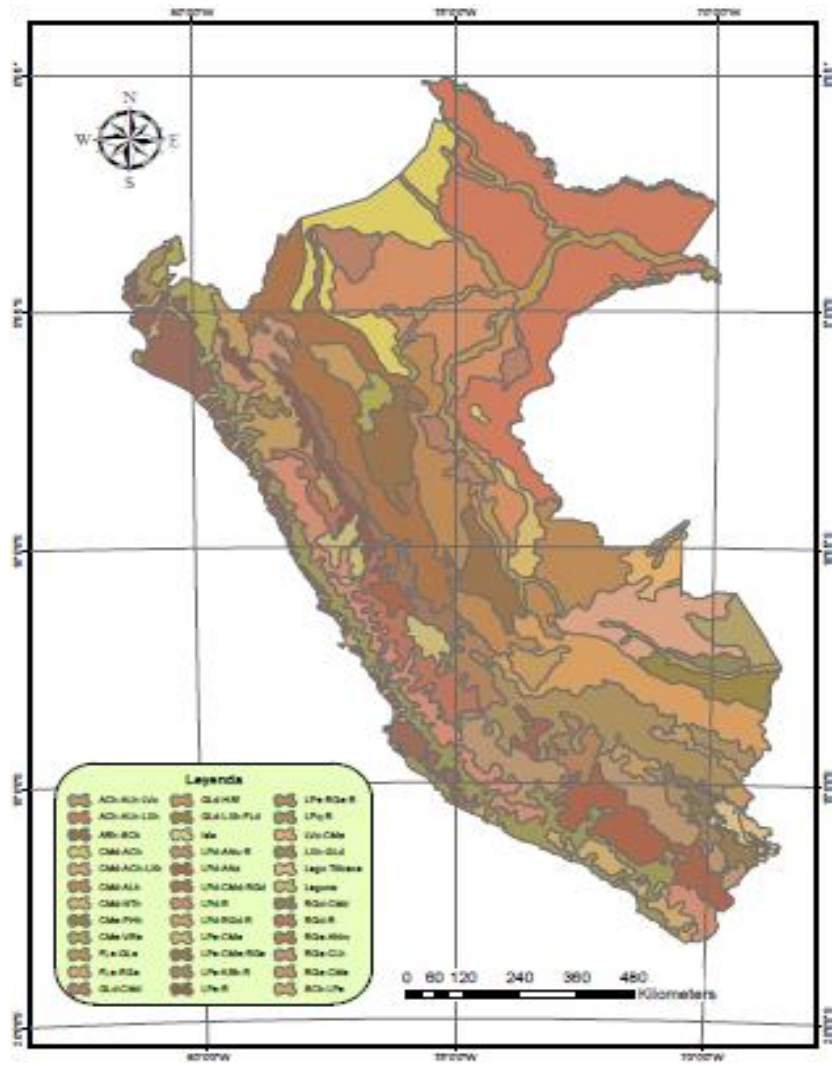


Figura 5: Temático de Suelo.

De acuerdo al tipo de Suelo, se asignó el grupo hidrológico de suelo a la pertenece, se muestra en el siguiente cuadro:

<i>DESCRIPCION DE SUELOS</i>	<i>SIMBOLOGIA</i>	<i>GRUPO HIDROLOGICO</i>
Acrisol háplico - Alisol háplico - Lixisol háplico	ACh-ALh-LXh	C
Acrisol háplico - Alisol háplico - Luvisol crómico	ACh-ALh-LVx	C
Arenosol háplico - Solonchak háplico	ARh-SCh	A
Cambisol dístrico - Acrisol háplico	CMd-ACh	C
Cambisol dístrico - Acrisol háplico - Lixisol háplico	CMd-ACh-LXh	C
Cambisol dístrico - Alisol háplico	CMd-ALh	C
Cambisol dístrico - Nitisol háplico	CMd-NTh	C
Cambisol éutrico - Phaeozem háplico	CMe-PHh	B
Cambisol éutrico - Vertisol éutrico	CMe-VRe	C
Fluvisol éutrico - Gleysol éutrico	FLe-GLe	B
Fluvisol éutrico - Regosol éutrico	FLe-RGe	B
Gleysol dístrico - Cambisol dístrico	GLd-CMd	B
Gleysol dístrico - Histosol fíbrico	GLd-HSf	D
Gleysol dístrico - Lixisol háplico - Fluvisol dístrico	GLd-LXh-FLd	A
Leptosol dístrico - Afloramiento lítico	LPd-R	B
Leptosol dístrico - Andosol mbrico - Afloramiento lítico	LPd-ANu-R	B
Leptosol dístrico - Andosol vítrico	LPd-ANz	B
Leptosol dístrico - Cambisol dístrico - Regosol dístrico	LPd-CMd-RGd	B
Leptosol dístrico - Regosol dístrico - Afloramiento lítico	LPd-RGd-R	B
Leptosol éutrico - Afloramiento lítico	LPe-R	B
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico	LPe-CMe	C
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico - Regosol éutrico	LPe-CMe-RGe	B
Leptosol éutrico - Kastanozem háplico - Afloramiento lítico	LPe-KSh-R	B
Leptosol éutrico - Regosol éutrico - Afloramiento lítico	LPe-RGe-R	B
Leptosol lítico - Afloramiento lítico	LPq-R	B

Lixisol háplico - Gleysol dístrico	LXh-GLd	B
Luvisol crómico - Cambisol éútrico	LVx-CMe	C
Regosol dístrico - Afloramiento lítico	RGd-R	B
Regosol dístrico - Cambisol dístrico	RGd-CMd	C
Regosol éútrico - Andosol móllico	RGe-ANm	C
Regosol éútrico - Calcisol háplico	RGe-CLh	C
Regosol éútrico - Cambisol éútrico	RGe-CMe	C
Solonchak háplico - Leptosol éútrico	SCh-LPe	A

Tabla 2: Reclasificación del Mapa de suelo.

d. Tabla de CN según descripción Uso de la tierra y Grupo hidrológico.

En base de valores de los grupos hidrológicos que se muestra en la tabla 3, se elabora la Tabla CN que será ingresado como información para generar los mapas de Número de Curva.

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

Tabla 3: Valores de los grupos hidrológicos.

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow.

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLOGICO			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frio	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromorfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrofítica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Tabla 4: Valores de los grupos hidrológicos para nuestro modelo.

e. Generación de Rastre CN.

Para este proceso se utilizó la extensión HEC-geoHMS para ArcGIS 10.1, y habiéndose acondicionado la información temática de cobertura vegetal y suelo de acuerdo a las clasificaciones indicada en la tabla N° 1 y N° 2, se siguieron los siguientes pasos:

- Inicialmente se carga el MDE, este raster se debe de corregir con la herramienta Fill para eliminar celdas nulas.
- Se acondiciona la información temática de cobertura vegetal y mapa de suelos, de acuerdo a la clasificación indicada en la tabla N° 1 y N° 2, se procede a realizar la herramienta Unión, generando un nuevo mapa en formato vectorial. En este proceso en el campo FID se crearán valores -1, esto debe ser eliminado por ser valores no intersectado.
- Utilizando la herramienta HEC-geoHMS, desde el menú **Utility** cargar **Generate CN GRID**, en la ventana que aparece se carga el MDE corregido, la información vectorial producto de la unión (mapa de cobertura vegetal y suelos), y la tabla N° 4 (valores de los grupos hidrológicos), que es lo requiere esta herramienta para generar el mapa de Numero de Curva.

3 RESULTADOS

Realizado el geoprocesamiento mencionado anteriormente se obtuvo como resultado el Mapa de Numero de Curva a escala nacional, ver figura 5, se muestran las distribuciones espaciales de los valores de **Número de Curva** para condiciones Normales.

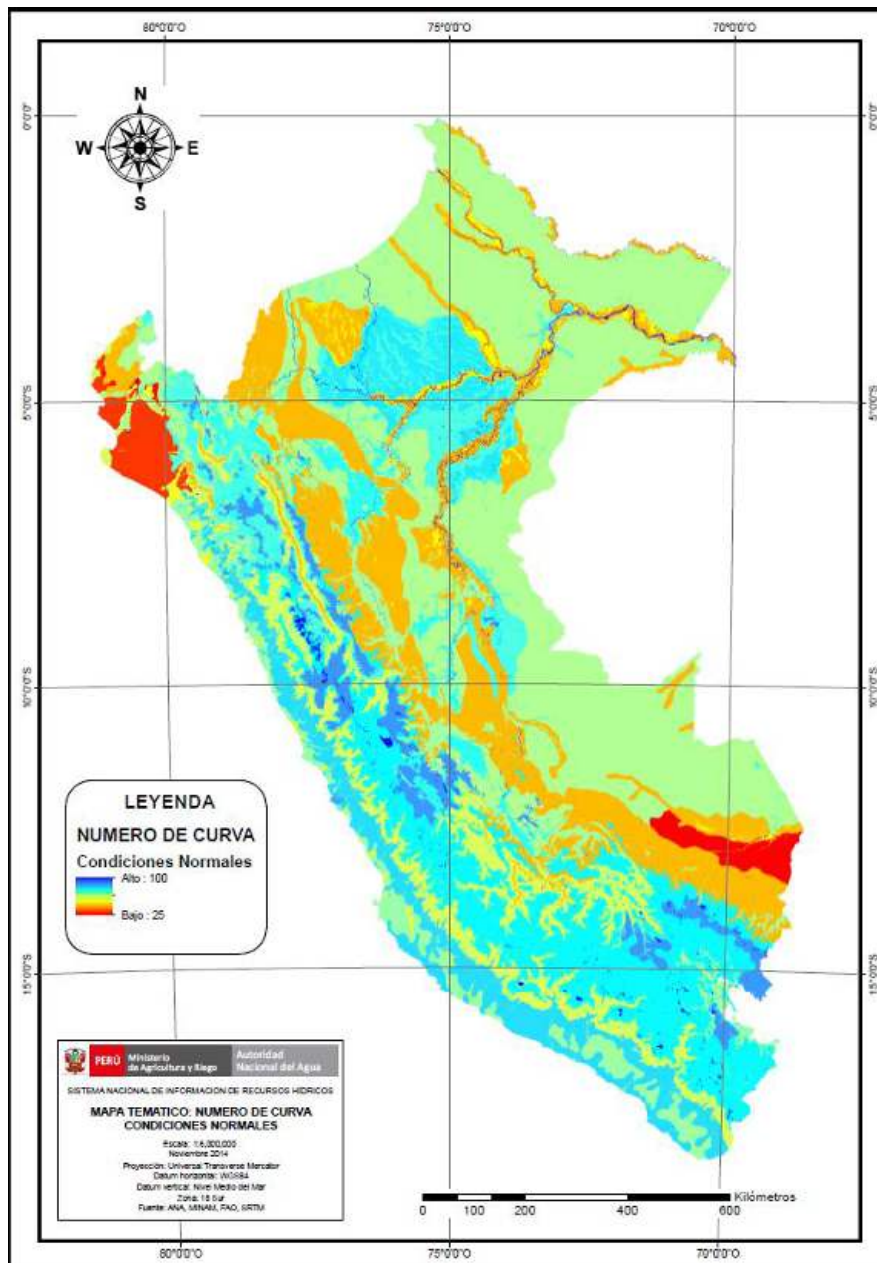


Figura 6: Mapa Numero de Curva – Condiciones normales

Tomando como base el Mapa de Numero de curva en condiciones normales y aplicando la relación (1), con la herramienta de Algebra de Mapas se genera Mapa de Numero de Curvas para condiciones secas.

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (1)$$

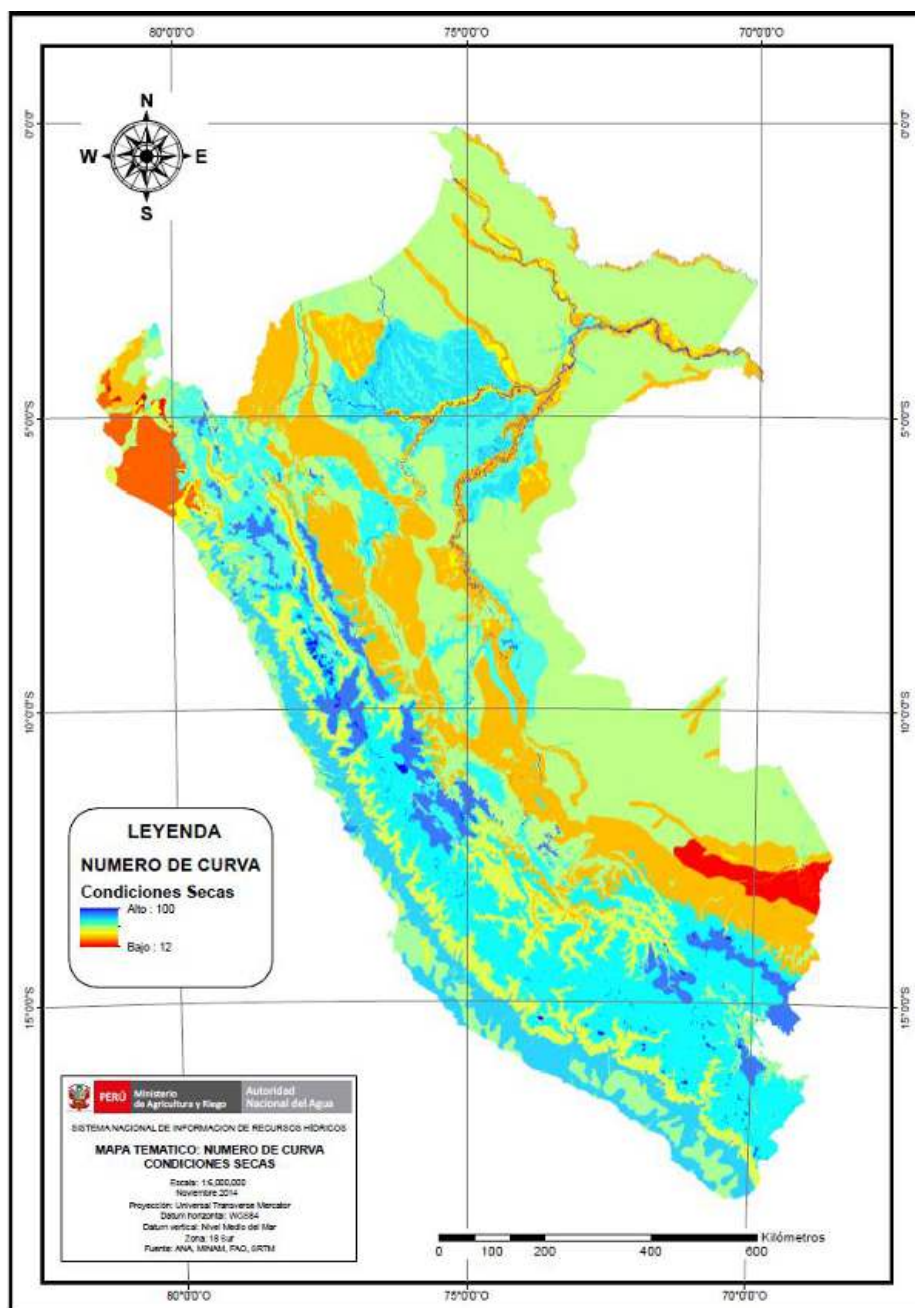


Figura 7: Mapa Numero de Curva – Condiciones Secas

De forma similar que la anterior, tomando como base el Mapa de Numero de curva en condiciones normales y aplicando la relación (2), con la herramienta de Algebra de Mapas se genera Mapa de Numero de Curvas para condiciones húmedas.

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10+0.13CN(II)} \quad (2)$$

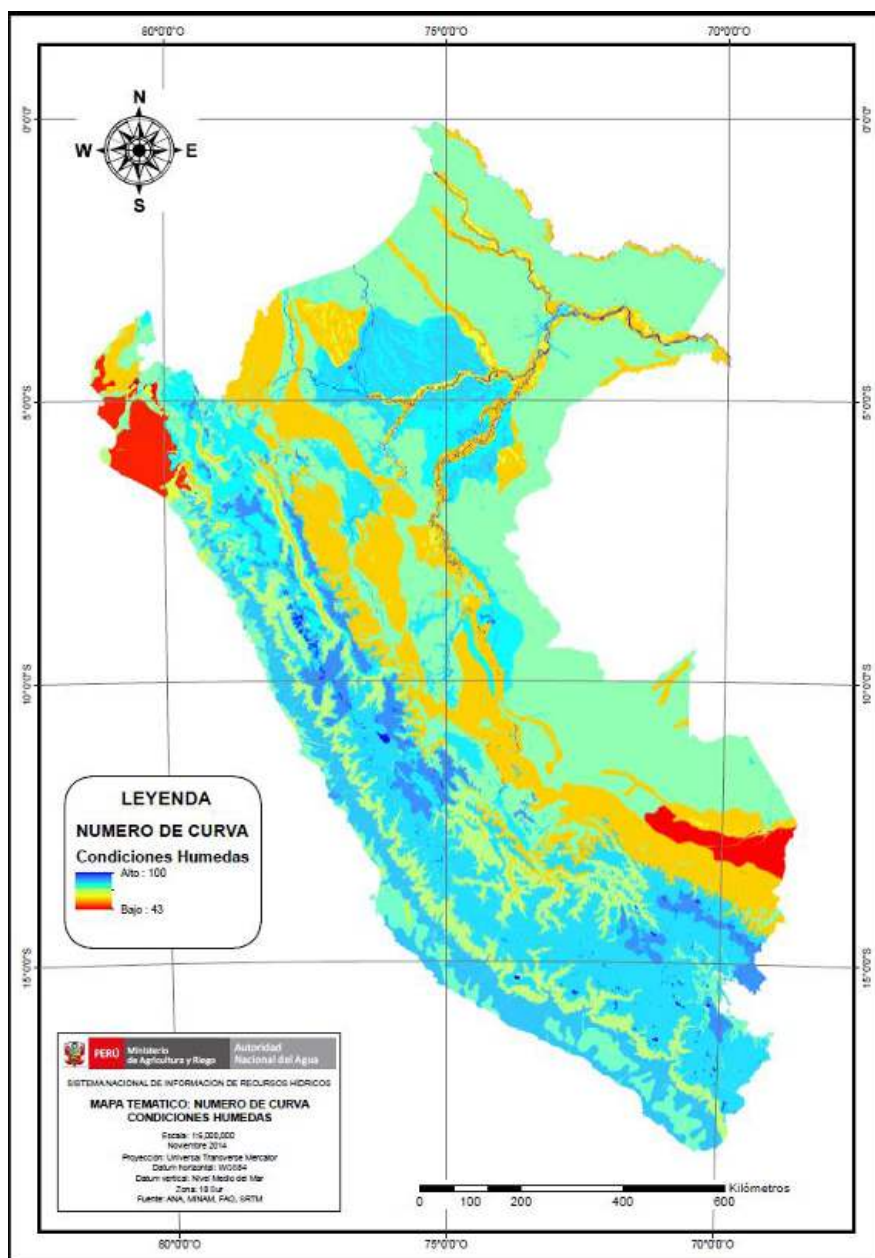


Figura 8: Mapa Numero de Curva – Condiciones Húmedas.

4 CONCLUSIONES

- Los modelos digital de elevación es obtenida de la Misión Topográfica Shuttle Radar (SRTM), abarca la zona del globo terráqueo entre 56° S a 60° N, a una escala global es una base cartográfica utilizado ampliamente en diferentes campos del conocimiento relacionados con la geomática al poderse descargar gratuitamente a través de Internet.

- Los Mapa de cobertura vegetal es una información gráfica actualizada al año 2009 sobre la distribución geográfica de los diversos tipos de cobertura vegetal que conforman el patrimonio natural nacional, una escala 1/100 000.
- Los mapas de suelos fue desarrollado por la Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas (FAO), que ofrece generalizaciones útiles acerca de la pedogénesis de suelos en relación con las interacciones de los factores principales formadores del suelo, a escala 1/5000 000.
- Para cada mapa temático (cobertura vegetal y suelo), se realizaron una reclasificación correspondiendo al tipo de cobertura y otra correspondiendo al tipo de textura según al grupo hidrológico de suelo.
- Con información de mapas temáticos de cobertura y uso, mapa temático de suelo y Modelo Digital de Elevación, y en base a valores para cada grupo hidrológico de suelos teóricos, se generó el mapa de Numero de Curva, a escala nacional, que es un insumo importantes en modelos hidrológicos de Precipitación – escorrentía..
- A partir de Mapa Numero de Curva que se generó inicialmente (Condiciones Normales), y utilizando las ecuaciones CN(I) y CN(III), y utilizando las herramientas de algebra de mapas se generaron los mapas Numero de Curva para condiciones Secas y Húmedas.
- Los valores de Número de Curva para condiciones normales varían desde 25 hasta 100, para condiciones secas de 12 a 100 y para condiciones húmedas de 43 a 100.
- La resolución espacial del Mapa de Numero de Curva es de 90 metros, a cada celda le corresponde un valor adimensional

5 RECOMENDACIONES

- La generación del Mapa de Numero de Curva, está en función de los mapas temáticos de Cobertura, Suelo y Modelo Digital de Elevación, el mapa de cobertura es una de las variables más vulnerables, ya que tiene que ver con las actividades que el hombre realiza en su actividad diaria, y estos cambio de uso altera directamente a los valores adimensional de Numero de Curva que se hayan generado, motivo por lo cual se recomienda que en todo estudio hidrológico sean ajustados estos valores.
- En estudios hidrológicos, estos valores obtenidos (Numero de Curva) serán data de inicio, al utilizarlo en modelos hidrológicos Precipitación – escorrentía, en la fase de calibración estos valores deben ser ajustados.

6 BIBLIOGRAFÍA

- CHOW V. T., MAIDMENT D. R., Hidrología Aplicada, Editorial Mc GRAW HILL - Primera Edición, Bogota Colombia, 1994
- Ministerio del Ambiente - MInam, Memoria descriptiva Mapa de Cobertura Vegetal del Peru, - Agosto 2012.
- Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas (FAO), Bases de Datos Globales del Suelo - 1974
- Misión Topográfica Shuttle Radar (SRTM - Shuttle Radar Topography Mission) – febrero 2000.
- Proyecto FAOSWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia, Guía para la descripción de Suelos – Roma 2009.
- Venkatesh Merwade, Creating SCS Curve Number Grid using HEC-GeoHMS - Purdue University – 2007.

ANEXOS

