

“MAPA NACIONAL DE NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO (N)”

PROYECTO TH1614.1

INFORME FINAL

COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA
SUBCOORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

JEFE DE PROYECTO:

M.I. Ben-Hur Ruiz Morelos

PARTICIPANTES

M.I. Pedro Rivera Ruiz

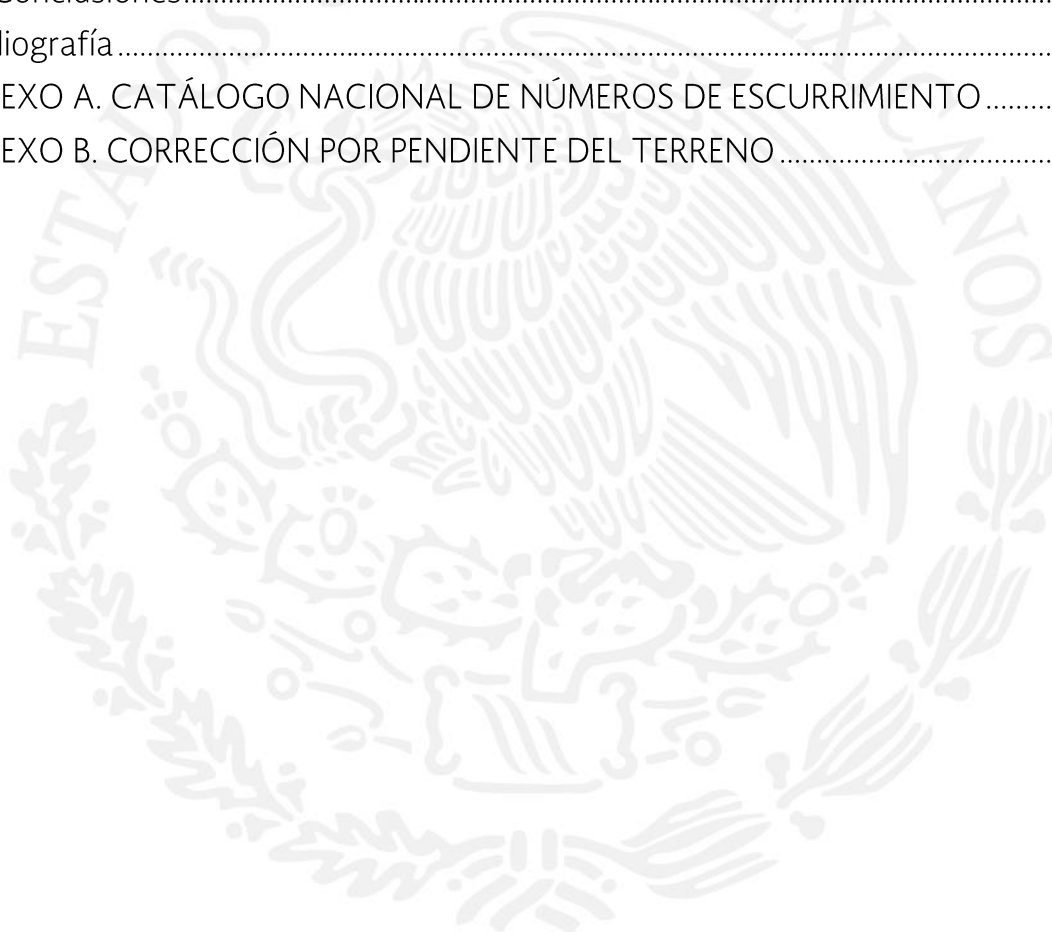
M.I. Marco A. Salas Salinas

México, diciembre de 2016

ÍNDICE

1. Resumen ejecutivo	1
2. Objetivo.....	2
3. Antecedentes	2
4. Metodología.....	4
4.1. Revisión y análisis documental para estado del arte.....	4
4.1.1. Fundamentos del método de los números de escurrimiento.....	7
4.1.2. Revisión documental para estado del arte.....	11
4.1.3. Grupo hidrológico de suelos.....	29
4.1.4. Descripción de los cuatro grupos hidrológicos de suelos.....	30
4.2. Elaboración del catálogo de números de escurrimiento	32
4.2.1. Condición hidrológica.....	32
4.2.2. Datos para el grupo hidrológico de suelos	47
4.2.3. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB)	48
4.2.4. Descripción de los Grupos de Suelos de Referencia (WRB, 2014).....	51
4.2.5. Descripción de los calificadores	66
4.2.6. Asignación de grupo hidrológico de suelos	66
4.2.7. Asignación de valores de curva numérica.....	69
4.3. Recopilación, validación y procesamiento de información en formato vectorial y raster para aplicar el método de los Números de Escurrecimiento del USSCS.....	70
4.3.1. Recopilación de la información requerida.....	70
4.3.2. Generación de los mosaicos de datos vectoriales.....	72
4.3.3. Clasificación del tipo de suelo en cuatro grupos.....	73
4.3.4. Clasificación de la cobertura vegetal y usos del suelo	75
4.3.5. Combinación de capas de edafología y cobertura vegetal y usos del suelo.....	78
4.3.6. Asignación del valor del número de escurrimiento N.....	79
4.4. Diseño y desarrollo de la aplicación informática para calcular el número de escurrimiento por cuenca	83

4.4.1. Paquetería utilizada.....	83
4.4.2. Descripción de la interface	84
4.5. Manual de usuario.....	85
4.5.1. Requerimientos para consulta.....	86
4.5.2. Ejemplo de aplicación	86
4.5.3. Metadatos.....	93
5. Resultados.....	95
5.1. Mapa y catálogo nacional de números de escurrimiento	95
5.2. Una aplicación que contiene el algoritmo para calcular el número de escurrimiento medio en cuencas nacionales mediante procesos geográficos	96
6. Conclusiones.....	97
Bibliografía.....	98
ANEXO A. CATÁLOGO NACIONAL DE NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO	104
ANEXO B. CORRECCIÓN POR PENDIENTE DEL TERRENO	116



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cartas vectoriales escala 1:250,000 que cubren el territorio nacional	71
Figura 2. Mosaico de edafología.....	72
Figura 3. Mosaico de cobertura vegetal y usos del suelo.....	73
Figura 4. Clasificación en grupos de suelo	75
Figura 5. Clasificación tipo de vegetación.....	77
Figura 6. Intersección de capas vectoriales	78
Figura 7. Mapa nacional de números de escurrimiento	82
Figura 8. Interfaze del Visor de Números de Escurrimiento, VNE.....	85
Figura 9. Cuenca localizada en el estado de Michoacán	87
Figura 10. Capa base de números de escurrimiento	88
Figura 11. Cálculo del número de escurrimiento N medio de la cuenca	91
Figura 12. Mapa nacional de números de escurrimiento	95
Figura 13. Visor de Números de Escurrimiento, VNE	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de CN tomados de Francisco N. 2005.....	13
Tabla 2. Valores de CN obtenidos por diferentes autores según (Canaca Calderón, 2008)	13
Tabla 3. Valores de CN para diferentes sitios bajo diferentes sistemas de manejo y diferentes condiciones de Humedad Antecedente, Francisco 2005.....	14
Tabla 4. Valores de CN (Tomado de Kurczyn Robledo, 2007).....	15
Tabla 5. Valores de CN para usos de suelo y su equivalente (tomado de Miranda Aragón,2008).....	16
Tabla 6. Valores de CN para los tipos de cobertura (Tomado de García Aguirre, 2008).....	17
Tabla 7. Valores de CN para estimar escurrimientos con el Software Mike (Tomado de Rodríguez Rodríguez, 2010).....	17
Tabla 8. Valores de CN para la simulación con el modeloSWAT (Tomado de Sánchez Orta,2010).....	19
Tabla 9. Valores de CN para diferentes coberturas y condiciones de humedad (tomado de Berlanaga Robles 2011).....	20
Tabla 10. Valores de CN utilizados para el desarrollo de una herramienta informática (tomado de Aguirre Salado, 2012).....	21
Tabla 11. Valores de CN para diferentes condiciones de manejo del pastizal (tomado de Velázquez Valle, 2013).....	23
Tabla 12. Valores de CN calculados por Gaspari, (2007)	24
Tabla 13. Valores de CN para diferentes manejos en una microcuenca agrícola, Chagas 2008.....	25

Tabla 14. Vegetación de Caldera y su vegetación equivalente (tomado de Mongil Manso, 2010).....	26
Tabla 15. Valores de CN para los diferentes tipos de vegetación y su correspondencia (tomado de Mongil Manso, 2010).....	26
Tabla 16. Ecosistemas vegetales de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI.....	33
Tabla 17. Tipos de vegetación de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI.....	33
Tabla 18. Tipos de cobertura de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI.....	35
Tabla 19. Desarrollo de la vegetación de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI.....	36
Tabla 20. Áreas agrícolas de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI.....	36
Tabla 21. Reclasificación de las unidades de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI, en clasificación CN.....	36
Tabla 22. Condición Hidrológica para los tipos de vegetación, tipo de ecosistema y cobertura arbórea.....	37
Tabla 23. Condición hidrológica para áreas agrícolas.....	47
Tabla 24. Unidades de suelo presentes en el continuo nacional de edafología....	48
Tabla 25. Calificadores de las unidades de suelo presentes en el continuo nacional de edafología.....	49
Tabla 26. Tabla de valores de CN más reportada en la literatura para el caso de estudios realizados en México.....	69
Tabla 16. Grupo edafológico y tipo de suelo.....	74
Tabla 28. Grupo edafológico y tipo de suelo.....	76

Tabla 29. Números de escurrimiento en función de la edafología y cobertura vegetal.....	79
Tabla 30. Cálculo del número de escurrimiento Nmedio en la cuenca de estudio.....	89
Tabla 31. Correcciones al valor de N para considerar la humedad antecedente.....	92



1. RESUMEN EJECUTIVO

La evaluación de los recursos hídricos en una cuenca requiere disponer de datos hidroclimatológicos e información geográfica detallada que apoye la planeación de obras hidráulicas para impulsar el desarrollo de las regiones de acuerdo con sus necesidades. En nuestro país, las fuentes principales de información cartográfica para el sector hídrico son el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) genera los conjuntos de datos geográficos digitales escala 1:50,000, como son los modelos digitales de elevación (MDE), los datos topográficos digitales (datos vectoriales), las imágenes cartográficas digitales (rasters), entre otros. También publica las capas vectoriales referentes a Edafología, para determinar las características de los tipos de suelos; y de Uso del Suelo y Vegetación, para determinar los distintos usos del suelo en las cuencas y su cobertura vegetal, en escala 1:250,000.

El ciclo del agua describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta. El agua puede cambiar su estado entre líquido, vapor y hielo en varias etapas del ciclo, y los procesos pueden ocurrir en cuestión de segundos o en millones de años. En este trabajo se dará especial importancia al proceso de infiltración, la cual se define como el movimiento del agua a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. La infiltración juega un papel sumamente importante en la relación lluvia escurrimiento y, por lo tanto, en los problemas de diseño y pronóstico asociados a la dimensión y operación de obras hidráulicas. Sin embargo, la infiltración recibe poca atención en los análisis hidrológicos por la falta de herramientas adecuadas para su tratamiento. En la literatura existen varios métodos para el cálculo de la infiltración, sin embargo, la mayoría requieren que la cuenca esté aforada, es decir, que se hayan medido gastos de salida al mismo tiempo que las precipitaciones.

En México, la mayor parte de las cuencas no están aforadas y con frecuencia no se cuenta con datos de escurrimiento en la zona de nuestro interés, por lo que es necesario aplicar métodos para estimar la infiltración, y por lo tanto la precipitación efectiva, a partir de las características fisiológicas de la cuenca y de la lluvia total. El método llamado "de los números de escurrimiento", propuesto por el United States Soil Conservation Service (USSCS) reúne las características mencionadas, ya que el número de escurrimiento N depende del tipo de suelo, la cobertura vegetal y uso del suelo, la pendiente del terreno y el contenido de

humedad en la cuenca, entre otros factores. Es importante comentar que el registro de gastos no es necesario.

En el presente trabajo se describe la metodología de cálculo para determinar de manera ágil el número de escurrimiento medio en cuencas nacionales, a partir de un mapa nacional de números de escurrimiento elaborado con datos geográficos digitales en escala 1:250,000, con la finalidad de contar con una herramienta que apoye en la solución de diversos problemas hidrológicos relacionados con el diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y aprovechamiento del agua.

2. OBJETIVO

Diseñar y desarrollar un programa ejecutable para calcular el número de escurrimiento medio en cuencas nacionales mediante procesos geográficos.

- 1) Homologar la información de edafología del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con la definida por el United States Soil Conservation Services (USSCS), para aplicar la metodología propuesta en el territorio mexicano.
- 2) Aplicar la metodología propuesta por el USSCS para estimar los números de escurrimiento en México.
- 3) Desarrollar el algoritmo para estimar el número de escurrimiento medio en cualquier cuenca de interés dentro del país, considerando la cobertura vegetal y uso del suelo y edafología, además de determinar el efecto de la pendiente del terreno y de la humedad antecedente.
- 4) Diseñar la interface del programa de cómputo.

3. ANTECEDENTES

La infiltración se define como el movimiento del agua a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. La infiltración juega un papel sumamente importante en la relación lluvia - escurrimiento y, por lo tanto, en los problemas de diseño y pronóstico asociados a la dimensión y operación de obras hidráulicas. Sin embargo, la infiltración recibe poca atención en los análisis hidrológicos por la falta de herramientas adecuadas para su tratamiento. En la literatura existen

varios métodos para el cálculo de la infiltración, sin embargo, la mayoría requieren que la cuenca esté aforada, es decir, que se hayan medido gastos de salida al mismo tiempo que las precipitaciones (Aparicio, 1989).

Dado que la mayor parte de las cuencas del país no están aforadas, con frecuencia no se cuenta con datos de escurrimiento, por lo que es necesario aplicar métodos para estimar la infiltración, y por lo tanto la precipitación efectiva, a partir de las características fisiológicas de la cuenca y de la lluvia total. El método llamado "de los números de escurrimiento", propuesto por el United States Soil Conservation Service (USSCS) reúne las características mencionadas, ya que el número de escurrimiento "N" depende del tipo de suelo, la cobertura vegetal y uso del suelo, la pendiente del terreno y el contenido de humedad en la cuenca, entre otros factores. Es importante comentar que el registro de gastos no es necesario.

En los últimos años, en la Subcoordinación de Hidrología Superficial se han desarrollado varios proyectos relacionados con la obtención de zonas de inundación asociadas con diferentes periodos de retorno, en varias ciudades a lo largo y ancho del territorio nacional. Para llevar a cabo lo anterior es necesario realizar la modelación del escurrimiento en sus cuencas de aportación (aforadas y no aforadas) y la modelación hidráulica en ríos y arroyos utilizando modelos bidimensionales. Dichos proyectos cumplen con los objetivos y acciones de las líneas de investigación mencionadas en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

La modelación hidráulica bidimensional en las ciudades requiere de condiciones iniciales y de frontera. Usualmente, las condiciones de frontera corresponden a los hidrogramas obtenidos con la modelación del proceso lluvia – escurrimiento en las subcuencas de aportación a la zona en estudio. Debido a que los hidrogramas, para cuencas no aforadas, se obtienen con métodos que contienen parámetros que están en función de las características de la cuenca (como es el número de escurrimiento), es necesario contar con una herramienta que ofrezca una metodología estandarizada para obtener los parámetros de una manera confiable y rápida.

En este proyecto se desarrolló una herramienta que automatiza el cálculo del número de escurrimiento medio en cualquier cuenca del país, considerando la edafología y la cobertura vegetal y uso del suelo. Se hizo una investigación para modificar dichos valores del número de escurrimiento de acuerdo con la pendiente del terreno y con la humedad antecedente en la cuenca, para que el

cálculo se realice considerando las cuatro variables descritas anteriormente. La relevancia de la aplicación es la implementación de la metodología del USSCS para apoyar en la solución de diversos problemas hidrológicos relacionados con el diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y aprovechamiento del agua.

4. METODOLOGÍA

4.1. REVISIÓN Y ANÁLISIS DOCUMENTAL PARA ESTADO DEL ARTE

Se realizó una búsqueda bibliográfica referente al método de los números de escurrimiento así como una revisión de artículos publicados en un contexto nacional e internacional, con la finalidad de comparar el valor de N en función de la edafología y cobertura vegetal y uso del suelo. También se revisó el efecto que producen las variables como la pendiente del terreno y la humedad antecedente en el valor de los números de escurrimiento. A continuación se presentan algunos apuntes importantes sobre la metodología.

El escurrimiento puede definirse como la porción de la precipitación que se presenta en una zona o cuenca y que circula sobre o debajo de la superficie terrestre y que llega a una corriente para ser drenada hasta la salida de una cuenca o bien alimentar un lago. El escurrimiento se inicia sobre el terreno una vez que en la superficie se alcanza un contenido de humedad cercano a la saturación. Posteriormente se iniciará un flujo tanto sobre las laderas, como a través de la matriz de los suelos, de las fracturas de las rocas o por las fronteras entre materiales de distintas características, esto es, un flujo su superficial (Breña P. A y Jacobo V. M, 2006).

El proceso de escurrimiento superficial sin control constituye un problema ambiental crítico, favorece la erosión hídrica del suelo, aumenta el caudal, la carga de sedimentos y de otros contaminantes en el agua.

El escurrimiento puede cuantificarse mediante mediciones directas en estaciones aforo que implican altas inversiones por la demanda de infraestructura y recursos humanos, por lo que los modelos de simulación son alternativas viables para su estimación. Estos modelos demandan consideraciones conceptuales y necesitan información básica medida en campo para integrar procesos a nivel temporal y espacial. Requiere conocer sus componentes principales, parámetros y procesos involucrados, fortalezas y debilidades e información para la integración de datos (Francisco N. et al, 2010).

Uno de los modelos empíricos de mayor difusión es el desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS-CN) de los Estados Unidos (Soil Conservation Service, 1972). Este método aplicable a pequeñas cuencas agrícolas, previa estimación de la retención máxima potencial de agua del suelo y la precipitación, permite estimar el escurrimiento con precisión aceptable (Francisco N. et al, 2010).

En 1933 se establece el Servicio de Erosión de Suelos (SES), responsable de la creación y supervisión de proyectos de conservación de suelos, la Ley de Conservación de suelos de 1935 cambia el nombre de la agencia a Servicio de Conservación de Suelos (SCS), quien da cuenta de la necesidad de obtener datos hidrológicos para establecer un procedimiento para estimar las tasas de escurrimiento.

Con la aprobación de la Ley de Control de Inundaciones de 1936, el Departamento de Agricultura fue Autorizado para realizar estudios e investigaciones en cuencas para controlar el escurrimiento y prevenir la erosión del suelo. El primer esfuerzo fue la obtención de tasas de infiltración para muchas localidades. Los esfuerzos de conservación de los años 20's y 30's fue un esfuerzo científico, la hidrología para áreas agrícolas era aún una ciencia emergente.

Para satisfacer la necesidad de datos adicionales, el SCS realizó miles de observaciones con infiltrómetros durante los años 30's y 40's, realizándose éstas en áreas demostrativas y sitios experimentales.

El SCS contrató a tres consultores privados, W. W. Horner, R. E. Horton y L. K. Sherman, para contribuir con el desarrollo de un método racional para la estimación del escurrimiento de una parcela determinada de tierra bajo diversas condiciones. El resultado de sus estudios fue una serie de curvas de retención de lluvia.

En 1949, Mockus establece que el escurrimiento superficial se puede estimar a partir de los siguientes factores: tipo de suelo, extensión del área y localización, uso del suelo, lluvia antecedente, duración y cantidad de la tormenta temperatura media anual y fecha de la tormenta.

Para el año de 1955 G. W. Musgrave describe una clasificación hidrológica de los suelos en función de su tasa de infiltración. Se agrupan todos los suelos en cuatro grupos básicos en función de la capacidad mínima infiltración, y con base en pruebas de laboratorio y la textura. Los cuatro grupos fueron A, B, C, y D, con arenas en el grupo A, y arcillas en el grupo D. En la actualidad en el Estados Unidos, se han clasificado unos 14,000 suelos. Este sistema de clasificación

hidrológica es un componente importante del sistema de Curva Numérica (CN) para la clasificación de los sitios hidrológicos.

Para 1964, Mockus notó algunas limitaciones para algunos problemas que se presentaron. Esta ecuación no contiene expresiones para tiempo. Es para estimar escurrimientos en tormentas simples. En la práctica se usa la precipitación diaria, para tormentas continuas, es decir sin interrupciones, se utiliza la ecuación para estimar el escurrimiento acumulado, para tormentas discontinuas con intervalos sin precipitación, se considera que hay una recuperación de las tasas de infiltración, pero si el periodo no excede una hora este intervalo puede ignorarse y la estimación puede tener una precisión aceptable, cuando los periodos sin lluvia exceden de una hora se debe seleccionar un valor más alto de CN con base en el cambio de humedad antecedente.

Varios investigadores han expresado la preocupación de que el procedimiento de CN no reproduce el escurrimiento medido para eventos específicos. Debe recordarse que el procedimiento de CN fue desarrollado como una metodología de diseño o un método para evaluar los impactos aguas abajo de las diversas alternativas de manejo. Las condiciones de escurrimiento antecedentes (ARC) se reconocen como las condiciones medias de las cuencas hidrográficas cuando se producen inundaciones. La variación en el ARC de evento en evento puede explicar por qué eventos específicos no siempre se reproducen.

El Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de Estados Unidos (Natural Resources Conservation Service, NRCS), antes Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service, SCS), en el NEH Part 630 aborda el tema de hidrología y en este se presenta material necesario para la conservación de recursos naturales y prevención de inundaciones y contiene métodos y ejemplos para el estudio de la hidrología de las cuencas hidrográficas; solución de problemas hidrológicos que se presentan en la planeación de proyectos de prevención y protección de inundaciones; preparación de las herramientas de trabajo necesarias para planificar o diseñar estructuras para el uso control y disposición del agua; formación del personal.

Este manual desde su elaboración ha estado en constante revisión y actualización hasta fechas recientes como se puede apreciar en la página web, en donde cada capítulo muestra su última fecha de actualización.

4.1.1. FUNDAMENTOS DEL MÉTODO DE LOS NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO

El método para estimar el escurrimiento del NRCS (Natural Resources Conservation Service), antes SCS (Soil Conservation Service) fue el producto final de un importante proyecto de investigación y el trabajo de los primeros investigadores. El principal catalizador para obtener este procedimiento fue la aprobación de la Ley de Protección de Cuencas y Prevención de las Inundaciones en agosto de 1954. Como resultado, los estudios asociados con la planeación de pequeñas cuencas que requieren soluciones a problemas hidrológicos se esperan den un gran salto en los cálculos hidrológicos. La mayoría de los trabajos están dentro de pequeñas cuencas agrícolas de tal manera que el método fue desarrollado para datos de precipitación y de la cuenca que estén disponibles o que se puedan obtener fácilmente.

La principal aplicación del método es la estimación de la cantidad de escurrimiento. Es necesario el entendimiento de los tipos de escurrimiento para una correcta aplicación del método en diferentes regiones climáticas. Se distinguen cuatro tipos, escurrimiento en canales, superficial, subsuperficial lateral y flujo base.

El escurrimiento en canales ocurre cuando la lluvia cae en una corriente, esta aparece en el hidrograma al inicio de la tormenta y continua a través de la tormenta, variando con la intensidad de la lluvia. Este tipo de escurrimiento generalmente es una cantidad despreciable en el hidrograma y es ignorado excepto en casos especiales.

El escurrimiento superficial o flujo superficial se presenta cuando la lluvia es mayor a la tasas de infiltración. La ecuación de escurrimiento fue desarrollada para esta condición. El escurrimiento fluye en la superficie de la cuenca y a través de canales al punto de referencia. Este tipo de escurrimiento aparece en los hidrogramas después de que las demandas iniciales de intercepción, infiltración y almacenamiento superficial han sido satisfechas. Varía durante la tormenta y finaliza durante o poco después de la tormenta. El volumen de escurrimiento superficial que fluye por canales secos y en cuencas en climas áridos, semiáridos o subhúmedos puede reducirse por pérdidas por transmisión y puede ser tan grande e incluso puede ser eliminado.

El flujo subsuperficial se presenta cuando la precipitación infiltrada se encuentra con un horizonte de menor conductividad hidráulica, se mueve lateralmente por encima de la superficie. Este tipo de escurrimiento a menudo es llamado flujo de

retoro rápido debido a que contribuye con el hidrograma durante o poco después de la tormenta.

El flujo base ocurre cuando hay un flujo constante a partir de un almacenamiento natural. El flujo proviene de un acuífero que es recargado por la infiltración de la precipitación o por escurrimiento superficial. Los cambios en este tipo de escurrimiento rara vez aparecen inmediatamente después de una tormenta para tener influencia en el hidrograma, pero el incremento en el flujo base a partir de una tormenta previa incrementa la tasa de flujo.

Todos los tipos de escurrimiento no aparecen regularmente en todas las cuencas. El clima es un indicador de la probabilidad de los tipos de escurrimientos que pueden presentarse en una cuenca. En regiones áridas el flujo en cuencas de menor tamaño casi siempre es superficial. El flujo subsuperficial es más común en regiones húmedas. Una larga sucesión de tormentas, sin embargo, puede producir flujo subsuperficial o cambios en el flujo base aun en climas áridos aunque la probabilidad de ocurrencia es menor que en climas áridos que en climas húmedos.

En la hidrología de inundaciones el flujo base generalmente se trata por separado y los otros tipos están combinados dentro del escurrimiento directo, los cuales consisten en escurrimiento en canales, escurrimiento superficial y flujo subsuperficial en proporciones desconocidas. El método de Curva Numérica estima este escurrimiento directo combinado.

La ecuación de escurrimiento del NRCS se desarrolló para estimar el escurrimiento total. Es decir la relación excluye la variable tiempo y la intensidad es ignorada. Una primera versión de la relación fue descrita por Mockus en 1949. El siguiente material evolucionó de este primer reporte.

La ecuación de escurrimiento de curva numérica es:

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

Para $P > I_a$

$$Q = 0$$

Para $P \leq I_a$

En donde:

- Q = Lámina de escurrimiento
- P = Lámina de precipitación
- I_a = Abstracción inicial
- S = máximo potencial de retención

Entonces la siguiente derivación de la ecuación de Mockus, debe ser vista como un esfuerzo por llegar a una curva de forma apropiada. Esta derivación no tiene una base física pero satisface el principio de conservación de la masa.

Una curva dibujada con el escurrimiento total de un lote contra la precipitación total para muchas tormentas en una cuenca es cóncava hacia arriba, y muestra que el escurrimiento no se presenta en tormentas pequeñas. La tendencia de la curva a medida que la tormenta incrementa su tamaño es asintótica a una línea paralela y se convierte en una línea de igualdad. El reto de Mockus fue determinar una ecuación para que la curva describiera este patrón. Primero, el consideró la condición en la cual la abstracción inicial no se tiene, por ejemplo $I_a = 0$. Mockus encontró que una curva apropiada resulta de usar la relación entre la precipitación, escurrimiento y retención (la precipitación no se convierte en escurrimiento) y está dada por:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P}$$

En donde:

F = Retención actual después de que el escurrimiento comienza

S = Máximo potencial de retención después de que el escurrimiento comienza

Q = Escurrimiento actual

P = Precipitación actual

Para satisfacer la conservación de masa:

$$F = P - Q$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$\frac{P - Q}{S} = \frac{Q}{P}$$

Resolviendo:

$$Q = \frac{P^2}{P + S}$$

Así, la relación precipitación escurrimiento en la que la abstracción inicial es cero.

Cuando la abstracción inicial no es cero, la cantidad de precipitación disponible para el escurrimiento es $(P - I_a)$ en vez de P . Sustituyendo la expresión tenemos:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

Donde:

$$F \leq S$$

$$Q \leq (P - I_a)$$

La retención total para una tormenta consiste en ambos, I_a y F , entonces la ecuación de la conservación de masa se puede expresar:

$$F = (P - I_a) - Q$$

Sustituyendo F en la ecuación:

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

Resolviendo la ecuación:

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

Entonces esta ecuación es la relación lluvia-escurrimiento con la abstracción inicial considerada explícitamente.

La abstracción inicial consiste principalmente en la interceptación, infiltración durante las primeras etapas de la tormenta y el almacenamiento en depresiones superficiales. Esta puede ser determinada por la observación de eventos precipitación escurrimiento para pequeñas cuencas. La interceptación y el almacenamiento superficial se pueden estimar de la cobertura y las condiciones superficiales, pero la infiltración durante las primeras etapas de la tormenta es

altamente variable y depende de factores como la intensidad de la lluvia, encostramiento del suelo y humedad del suelo. El establecimiento de una relación para estimar I_a no es fácil, Así, I_a se supone que es una función de la máxima retención potencial, S . Una relación empírica entre I_a y S es expresada como sigue:

$$I_a = 0.2 S$$

La relación lluvia-escurrimiento se obtiene por la sustitución en la ecuación anterior y entonces tenemos:

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

Esta ecuación se utilizó para determinar los valores de curva numérica, CN-SCS. De esta manera si una relación difiere de la abstracción inicial se tiene que desarrollar un nuevo conjunto de valores de curva numérica.

Entonces el valor del parámetro CN es una transformación de S para una retención máxima y se expresa con la ecuación:

$$CN = \frac{25400}{254 + S}$$

4.1.2. REVISIÓN DOCUMENTAL PARA ESTADO DEL ARTE

La metodología de CN-SCS es una de las más difundidas a nivel global, por lo que la cantidad de referencias de estudios realizados con esta metodología es muy vasta con resultados diversos. Además estos estudios se han complementado con el uso de otras herramientas, observaciones directas en campo, diferentes manejos y una herramienta con un aporte importante es el uso de la percepción remota y Sistemas de Información Geográfica. En el presente trabajo se presentan algunos trabajos que se consideran relevantes por ser realizados en México, o por su aporte a la metodología en otras partes del mundo.

Los trabajos realizados en México son de diferente índole así como también los resultados, puesto que se han realizado bajo diferentes condiciones climáticas, superficies y formas de abordar la problemática, así como también las fuentes de información. En este apartado se presentan las investigaciones en orden cronológico.

Tapia-Vargas, et, al. (2000) estimaron valores de CN para cultivo tradicional de maíz en Andosoles de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, siendo ligeramente mayor a los obtenidos en la investigación realizada por Medina (2006), quien encontró valores globales de CN para las tres condiciones de humedad antecedente en suelos tipo Acrisol.

Sánchez Cohen, (2003) en su trabajo parametriza el modelo de CN considerando la variación aleatoria del parámetro de retención de humedad del suelo S , de donde se obtiene los números de curva, CN, que indican la potencialidad para producir escurrimiento, en la cuenca experimental La Cruz, ubicada al norte del municipio de Tabasco, Zacatecas en el norte de México, que se caracteriza por una vegetación de matorral espinoso con pastizal natural en selva baja caducifolia afectada por pastoreo y datos de precipitación y escurrimiento medidos en campo, clima semiseco, suelos regosoles y castañozem. Obtiene un valor máximo de CN asintótico de 82.2 y sugiere que este valor debe considerarse en estudios posteriores.

Flores (2004), reportó CN con condiciones de humedad antecedente media y humedad para maíz de 84 y 85 respectivamente, en lotes de escurrimiento con área de 50 m², mientras que en microcuencas de 6 m² los valores de estas curvas se redujeron de 79 a 74, y para un área de 22 ha fue mayor la disminución de las curvas numéricas 77 y 78 respectivamente.

Francisco N. et. Al. (2005), realizan un estudio en el sureste mexicano para validar el método de curvas numéricas del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS-CN), en donde este método se validó con información de escurrimientos obtenidos en lotes de escurrimientos de 50 m bajo tres sistemas de manejo de suelo: 1) terrazas de muro vivo, TMV; 2) Labranza de conservación, LC; 3) labranza tradicional, LT. Los valores de curvas numéricas (CN) se determinaron para condiciones de humedad antecedente con la lluvia acumulada de los cinco días previos al evento como: seco, medio y húmedo. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Francisco (2005) encontró una alta variabilidad en los valores de CN para tratamientos de terrazas de muro vivo con tracción animal, labranza de conservación y labranza tradicional, de ahí que los valores promedio presentaron baja eficiencia en la predicción de escurrimiento superficial, tendiendo a sobreestimarlos. Debido a esto determinó valores de CN que aportaron la máxima eficiencia en la predicción de escurrimiento, tomando valores del intervalo de variación. Concluye que a partir de datos de escurrimiento obtenidos en lotes de

escurrimiento se pueden obtener valores de CN para estimar variables hidrológicas en parcelas agrícolas con o sin prácticas de conservación de suelos.

Tabla 1. Valores de CN tomados de Francisco N. 2005

Condición de humedad antecedente	Precipitación de cinco días previos	Sistema de manejo del suelo		
		Terrazas de muro vivo	Labranza de conservación	Labranza tradicional
	mm	Valores promedios (mínimo y máximo)		
Seca	<35.6	79 (40-96)	73 (37-96)	86 (47-99)
Media	35.6-53.3	81 (47-97)	80 (39-97)	90 (63-99)
Húmeda	>53.3	82 (48-98)	82 (47-98)	91 (46-99)

Canaca C. (2008) reporta resultados obtenidos por diversos autores en distintas regiones de la República Mexicana, entre estos Medard (1994) que encontró valores de CN entre 82 y 84 y, además de obtener coeficientes de escurrimiento medio por evento entre 0.003 y 0.043 y menciona que el método carece de flexibilidad en la estimación de la condición de humedad antecedente y establece que la misma debe ser función de la capacidad de retención del suelo y de las condiciones climáticas (temperatura, viento, evapotranspiración y el tiempo que separa la lluvia en estudio de la lluvia inmediata anterior). Así mismo expresa que las CN se prestan poco para la estimación de los escurrimientos superficiales generados a nivel de microcuencas experimentales o en condiciones de pequeñas parcelas agrícolas de superficie igual o inferior a 0.6 ha.

En la tabla 2 se presentan algunos resultados obtenidos en México por diversos autores en distintas regiones de la República Mexicana (Canaca Calderón, 2008).

Tabla 2. Valores de CN obtenidos por diferentes autores según (Canaca Calderón, 2008)

AUTOR	LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN	TRATAMIENTO	ÁREA DE LA PARCELA m ²	VALOR DE CN DEL CICLO DEL CULTIVO)
Medard (1994)	Lomas de San Juan, Chapingo Estado de México	Frijol	6000	81
Flores (2004)	Tepatitlán, Jalisco	Maíz	50	84 y 85
		Maíz	6000	79 y 74
		Agave tequilero	50	88
		Pasto nativo	50	81 y 79

Francisco (2005)	Vistahermosa Veracruz	Terrazas de muro vivo con tracción animal	50	71
		Labranza de conservación	50	71
		Labranza tradicional	50	85
Medina (2006)	Etecuaro, Morelia, Michoacán	Año y vez descanso+pastoreo, avena, descanso	1067.4	87
		Manejo mejorado, haba+veza, avena, maiz+frijol	904	87
		Manejo orgánico haba, avena, maiz+frijol	1002.4	86
		Manejo tradicional haba, avena, maiz+frijol	992.3	88

Por su parte este mismo autor, en su trabajo de investigación evalúa la relación precipitación-escurrimiento en diferentes sistemas de manejo del suelo en el cultivo de maíz en dos regiones de la República Mexicana, Ajuno, municipio de Pátzcuaro, Michoacán, y la Localidad de Vistahermosa, municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Sus resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Valores de CN para diferentes sitios bajo diferentes sistemas de manejo y diferentes condiciones de Humedad Antecedente, Francisco 2005.

SISTEMA DE MANEJO	SITIO 1			SITIO 2			SITIO 1			SITIO 2		
	$\lambda = 0.05$			$\lambda = 0.02$			$\lambda = 0.05$			$\lambda = 0.02$		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Suelo desnudo	60	78	90	79	90	96						
Labranza mínima	52	72	87	74	87	95						
Labranza de conservación	51	71	86	74	87	95	66	82	92	79	90	96
Labranza de conservación 0%	52	72	87	74	87	95						
Labranza de conservación 33%	49	69	85	72	86	94						
Labranza de conservación 66%	48	68	84	72	86	94						
Labranza de conservación 100%	47	67	84	71	85	94	36	57	77	60	78	90

Los resultados presentados en la tabla 3 corresponden al manejo, abstracción inicial y condiciones de humedad, en donde la condición de humedad II es la observada y las condiciones I y II son estimadas (Canaca Calderón, 2008).

Kurczyn Robledo, (2007) evalúa el escurrimiento superficial de una cuenca en el Valle de Guadalupe tomando como criterio un sector clave en dicha cuenca que corresponde al área de la Serranía Matcuatai. La caracterización geomorfológica toma como base los datos obtenidos a partir de la carta geológica de INEGI, imagen de satélite Ikonos, a partir del cual se calcula el NDVI y con la imagen Aster se obtiene un MDE de alta resolución a partir del cual se evalúa la pendiente del terreno. Se toman muestras superficiales de suelo en donde además se toma información de relieve, clasificación de sedimento y cobertura superficial. Con esta información se generan tres matrices de datos o rasters, con los cuales se diseñó un algoritmo que calcula las CN, las cuales se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Valores de CN (Tomado de Kurczyn Robledo, 2007).

Tipo de cobertura superficial	Valores NDVI	Condición hidrológica	Porcentaje de pendiente	B (aluvión)	C (rocas ígneas y metamórficas)	D* (rocas expuestas)
Herbácea: mezcla de maleza de pastos y hierbas.	0 – 0.2	Mala	>25%	80	87	93
		Regular	>8 – 25%	71	81	
		Buena	0 – 8%	62	74	
Encino-aspen: mezclas de maleza de montaña, formada por arbustos.	>0.2	Mala	>25%	66	74	
		Regular	>8 – 25%	48	57	
		Buena	0 – 8%	30	41	

López Paniagua, (2007) realiza un estudio de mercado del servicio ambiental hidrológico de una cuenca de Jalisco, el balance hídrico utiliza el modelo hidrológico SWAT con un ajuste de 85%, el modelo es calibrado en una subcuenca con información medida durante un periodo de observación de dos años, encontrando que puede haber sobreestimaciones de los valores cuando los valores de CN no están adecuados a las condiciones de campo, por lo que es importante definir la cobertura vegetal, tipo de suelo, pues ya se ha mencionado también que estos modelos son altamente sensibles a esta variable de CN.

Miranda Aragón, (2008) modela el proceso lluvia escurrimiento mediante el sistema HEC-HMS para tres escenarios en la Cuenca del Río Grande, Tlachalpa Guerrero. Uno de los parámetros de entrada del modelo es la Curva Numérica ponderada por subcuencas. Hace uso de imágenes Landsat para obtener el uso del suelo con apoyo de imágenes Quickbird. Menciona que no existen diferencias significativas en el escurrimiento para los periodos analizados teniendo como posible causa que los cambios de cobertura detectados no permiten alcanzar diferencias muy altas en el escurrimiento por tener valores de CN similares. Los

valores de CN para los usos de suelo y su equivalente empleados se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Valores de CN para usos de suelo y su equivalente (tomado de Miranda Aragón, 2008).

Uso Empleado	Uso de suelo equivalente con McCuen 2005			Textura	CN			
	Uso	Práctica	Condición hidrológica		Grupo de suelo			
					A	B	CN empleada	
AT	Suelo agrícola	Surcos rectos	Pobre	Gruesa	72	81	70	80
			Buena	Media	67	78		
BQ	Robles-Álamos		Regular	Media		48		
BQVS	Robles-Álamos		Buena	Media		30		
P	Salvia-pastos	Sin tratamiento mecánico	Regular	Gruesa	49			
			Regular	Media		69		
SBC	Bosque		Regular	Gruesa	36			
			Regular	Media		60		
SBCVS	Bosque		Pobre	Gruesa	45			
			Pobre	Media		66		

García Aguirre, (2008) habla de la importancia de los bosques al sur y oeste de la ciudad de México, en el suministro de agua y el efecto de la tala, incendios, plagas y enfermedades y urbanización, en la cobertura y el patrón del escurrimiento a través del tiempo, y de la importancia del Método de CN para estimar el escurrimiento en función del uso del suelo y clima, además menciona que los valores de CN se han evaluado y calibrado para muchos conjuntos de datos de escurrimiento y han demostrado que son confiables en una gran variedad de condiciones geográficas de suelo y de manejo, y menciona también que es una tecnología aceptada, utilizada en EEUU para el diseño de estructuras hidráulicas y para evaluar procesos hidrológicos en cuencas urbanas. En el caso del estudio los valores de CN se obtuvieron a partir de datos de vegetación y de suelos obtenidos en estudios previos (Jujnovsky, 2003 y COCODER, 1998). La reagrupación de la cobertura vegetal y uso del suelo, condición hidrológica y grupos hidrológicos del suelo para la obtención del valor de la CN se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Valores de CN para los tipos de cobertura (Tomado de García Aguirre, 2008).

Cobertura	Condición hidrológica	Grupos hidrológicos de suelos			
		A	B	C	D
Oyamel	Buena	25	55	70	77
Pino	Regular	36	60	73	79
Mixto	Regular	36	60	73	79
Pasto	Regular	49	69	79	84
Asentamiento Humano	-	59	74	82	86

Rodríguez Rodríguez, (2010) realiza la modelación hidrológica y análisis de factibilidad técnica y económica del proyecto de ampliación de la superficie del Distrito de Temporal Tecnificado 003 Tesechoacan con el software MIKE del Instituto Hidráulico Danés, para identificar entre otros, áreas afectadas por inundación. Este modelo tiene como componente para la simulación de tormentas el método de curva. Los valores tabulares de CN para estimar los escurrimientos utilizados en el estudio se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Valores de CN para estimar escurrimientos con el Software Mike (Tomado de Rodríguez Rodríguez, 2010).

USO DE LA TIERRA O CUBIERTA	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE	TIPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Bosques sembrados y cultivados	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso o alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, alta transpiración	15	44	54	61
Descanso sin cultivo	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curva de nivel	67	77	83	87

	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curva de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas sembradas con maquinaria o al voleo o potrero en rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curva de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero permanente	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100
Arbustos	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30	48	65	73

Sánchez Orta, (2010), menciona que ha tenido la necesidad de realizar estudios hidrológicos ante la escasez del recurso hídrico en donde las herramientas informáticas son importantes en la agilización de los procesos y en este estudio se hace una simulación del balance hídrico en la cuenca Tres Valles, San Luis Potosí, mediante el uso de SIG con el fin de obtenerlo de manera rápida y precisa. El modelo de simulación hidrológica es el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tools), para evaluar el impacto de las prácticas de manejo del suelo sobre la producción de agua y sedimentos. Estas herramientas de simulación se plantean como alternativas para evaluar la cantidad de agua en las cuencas que no cuentan con infraestructura de medición de caudales y de otras variables. Con respecto al componente hidrológico el escurrimiento es estimado con el método de Curva Numérica. Menciona que en la calibración del modelo el parámetro de Número de Curva es altamente sensible y es el que tiene mayor influencia en el cálculo de los escurrimientos superficiales (Mata Espinosa, 2008). En el caso de la cuenca del Río Amajac, la calibración de los valores de CN, que es uno de los valores más sensibles del modelo, se realizó tomando los valores de CN₂ de Torres, 2000, que es una adaptación de los valores de USDA, 1986 y se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Valores de CN para la simulación con el modeloSWAT (Tomado de Sánchez Orta,2010)

Uso de suelo y práctica mecánica				
	A	B	C	D
Área sin vegetación	77	86	91	94
Agricultura de riego	76	85	90	93
Agricultura de riego + fajas al contorno	67	78	85	89
Agricultura de riego + surcado al contorno	65	75	82	86
Agricultura de riego + terrazas	62	71	78	81
Zona Urbana	76	85	89	91
Agricultura de temporal	76	85	90	93
Agricultura de temporal + fajas al contorno	71	80	87	90
Agricultura de temporal + surcado al contorno	70	79	84	88
Agricultura de temporal + terrazas	66	74	80	82
Zona Urbana con vegetación	49	69	79	84
Bosque de encino (vegetación primaria -secundaria-arborea)	38	63	76	89
Bosque de encino (vegetación secundaria -arbustiva y arborea)	45	60	77	83
Bosque de encino (vegetación secundaria -arbustiva y herbácea)	47	68	78	84
Bosque de encino (vegetación secundaria -arbustiva)	36	62	73	79
Bosque de oyamel (vegetación primaria -secundaria-arborea)	25	55	70	77
Bosque de pino - encino (vegetación primaria -secundaria-arbustiva)	27	58	72	79
Bosque de pino - encino (vegetación secundaria -arbustiva y arborea)	45	66	77	86
Bosque de pino - encino (vegetación secundaria -arbustiva y herbacea)	47	68	79	88
Bosque de pino (vegetación primaria -secundaria-arbustiva)	26	57	72	78
Bosque de pino (vegetación secundaria -arbustiva y herbacea)	46	66	76	85
Banco de material	77	86	91	94
Cuerpo de agua	49	69	79	84
Matorral (vegetación secundaria -herbácea)	45	66	79	84
Pastizal	49	70	80	85
Plantación forestal-pastizal	45	66	75	82
Plantación forestal (vegetación arbórea densa)	26	56	71	77
Pradera de alta montaña	45	65	75	80
Vegetación de galería (pirul)	45	65	75	82

Berlanaga Robles, (2011) por su parte menciona que el uso de los SIG ha permitido el desarrollo de modelos hidrológicos espacialmente distribuidos que consideran la variación espacial en los parámetros y variables que tienen que ver con el balance de agua en una cuenca, así como pasar de las evaluaciones de eventos discretos específicos a generar estimaciones de los impactos sobre la calidad y cantidad de agua a largo plazo. Partiendo de las consideraciones anteriores, el estudio tuvo como objetivo integrar un sistema de información

geográfica (SIG) con datos de percepción remota (imágenes Landsat), cartografía digital y registros históricos de lluvia para implementar el modelo de número de curva y estimar los cambios en los patrones de escurrimiento de la cuenca Lechuguilla-Ohuira-Navachiste localizada en el norte de Sinaloa dentro de la región con el mayor desarrollo agrícola del país. El SIG permitió analizar las tendencias de cambio del uso del suelo e implementar el modelo del número de curva para estimar los volúmenes de escurrimiento en la cuenca en tres escenarios de usos del suelo. En este sentido, la implementación del modelo del número de curva en una plataforma SIG constituye una herramienta de gran utilidad ya que, a partir de la integración de relativamente poca y accesible información (mapas de uso del suelo y tipos de suelo y datos de precipitación), permite estimar y monitorear de manera eficiente los cambios en los patrones de escurrimiento en regiones con diferentes características ambientales y niveles de perturbación. Los coeficientes de escurrimiento se mantuvieron relativamente constantes y las variaciones en el volumen de escurrimiento medio anual se deben más a las variaciones en la precipitación que a los cambios de uso del suelo. Los valores de CN utilizados en el estudio se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Valores de CN para diferentes coberturas y condiciones de humedad (tomado de Berlanaga Robles 2011).

Cobertura /grupo hidrológico	Número de curva (AMC II)	Número de curva (AMC I)
HUMEDAL-100/A	100	100
HUMEDAL-100/B	100	100
HUMEDAL-100/C	100	100
HUMEDAL-100/D	100	100
FORESTAL /A	30	15
FORESTAL /B	55	35
FORESTAL/C	70	51
FORESTAL/D	77	60
ARBUSTIVA/A	39	25
ARBUSTIVA/B	61	42
ARBUSTIVA/C	74	57
ARBUSTIVA/D	80	64
AGRÍCOLA/A	64	44
AGRÍCOLA/B	75	57
AGRÍCOLA/C	82	67
AGRÍCOLA/D	85	70

SUELOS DESNUDOS/A	89	60
SUELOS DESNUDOS/B	92	71
SUELOS DESNUDOS/C	94	79
SUELOS DESNUDOS/D	95	86
RESIDENCIAL BD/B	70	51
RESIDENCIAL BD/C	80	63
RESIDENCIAL BD/D	85	70
RESIDENCIAL AD/D	92	80
HUMEDAL-0/C	0	0
HUMEDAL-0/D	0	0

Aguirre Salado, (2012) desarrolla una herramienta informática con la finalidad de apoyar a los operadores de programas de conservación de suelo y agua y que permite el diseño y presupuesto de obras. Para el cálculo de las variables hidrológicas para el diseño de obras de almacenamiento y de desagüe en las avenidas extraordinarias a partir del medio biofísico de una microcuenca se utilizó un modelo basado en las Curvas Numéricas. Para estimar los valores de escurrimiento el sistema emplea los valores de CN para condición de humedad II que se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Valores de CN utilizados para el desarrollo de una herramienta informática (tomado de Aguirre Salado, 2012)

Uso del suelo	tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupo de suelos			
			A	B	C	D
Suelo en descanso	Surcos rectos		77	86	91	94
Cultivo de escarda	Surcos rectos	Mala	71	81	88	91
	Surcos rectos	Regular	70.5	80	86	89.5
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curva a nivel	Mala	70	79	84	88
	Curva a nivel	Regular	68	76.5	82	85
	Curva a nivel	Buena	65	75	82	86
	Terraza y curva a nivel	Mala	66	74	80	82
	Terraza y curva a nivel	Regular	65.5	75	82	86
	Terraza y curva a nivel	Buena	62	71	78	81
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Mala	65	76	84	88
	Surcos rectos	Regular	64	75	83	86.5
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87

	Curva a nivel	Mala	63	74	82	85
	Curva a nivel	Regular	62	73	80.5	83.5
	Curva a nivel	Buena	61	73	81	84
	Terraza y curva a nivel	Mala	61	72	79	82
	Terraza y curva a nivel	Regular	63.5	74.5	82	83.5
	Terraza y curva a nivel	Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hileras o forraje en rotación	Surcos rectos	Mala	66	77	85	85
	Surcos rectos	Regular	65	76	84	85
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curva a nivel	Mala	64	75	83	85
	Curva a nivel	Regular	63.5	74	81.5	84
	Curva a nivel	Buena	55	69	78	83
	Terraza y curva a nivel	Mala	63	73	80	83
	Terraza y curva a nivel	Regular	65.5	76	83	86
	Terraza y curva a nivel	Buena	51	67	76	80
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	68	79	86	89
	Sin tratamiento mecánico	Regular	49	69	79	84
	Sin tratamiento mecánico	Buena	39	61	74	80
	Curva a nivel	Mala	47	67	81	88
	Curva a nivel	Regular	25	59	75	83
	Curva a nivel	Buena	6	35	70	79
Pasto de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Camino de tierra		Buena	72	82	87	89
Caminos pavimentados		Buena	74	84	90	92

El sistema fue validado con un proyecto previamente elaborado y ejecutado por parte de la Comisión Nacional de Zonas Áridas en el municipio de San Juan Bautista Cohixtlaahuaca, Oaxaca.

Velázquez Valle, (2013) comenta que los modelos hidrológicos son herramientas para la toma de decisiones en cuencas no aforadas y permiten evaluar el impacto del manejo en el comportamiento de las variables hidrológicas, como en el caso del trabajo en la cuenca experimental La Cruz, ubicada en el municipio de Tabasco en el estado de Zacatecas. Se emplea el modelo WIN TR-55, cuyo

método de cálculo del escurrimiento superficial es el de la Curva Numérica. La calibración del modelo se realizó con la lámina de escurrimiento medida en estación de aforo para eventos de precipitación observados o medidos en estaciones climatológicas. Los resultados muestran que el método de CN es aceptable en su capacidad predictiva para eventos de escurrimiento en cuencas parcialmente instrumentadas y el modelo empleado en el trabajo es capaz de detectar diferencias cuantitativas de la lámina escurrida en tres condiciones hidrológicas del pastizal de la cuenca.

Los valores de CN para los escenarios de manejo del pastizal en la cuenca de estudio se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Valores de CN para diferentes condiciones de manejo del pastizal (tomado de Velázquez Valle, 2013).

Uso del suelo	Condición hidrológica	Grupo hidrológico de suelos			
		A	B	C	D
Selva baja caducifolia (Pastizal nativo)	Pobre	48	67	77	83
	Media	35	56	70	77
	Buena	30	48	65	73

Mociño Velázquez, (2015) hace uso del modelo hidrológico SWAT para simular la producción de escurrimientos superficiales y sedimentos en una cuenca del Estado de México. La hidrología del modelo está basada en las entradas y salidas en donde el escurrimiento superficial es estimado con la metodología de Curva Numérica con datos de lluvia diarios. Los valores de CN son tomados de tablas para condiciones de humedad II y la abstracción inicial igual a 0.25. Menciona que el uso de estos modelos constituyen una herramienta valiosa en la determinación de información sobre todo en territorios en los que no se dispone de estaciones de medición aunque la calibración del modelo requiere de un ajuste continuo del uso de parámetros de entrada, además para obtener una máxima confiabilidad de los resultados, es necesario disponer de la mayor cantidad de información disponible en cuanto al manejo de la cuenca y la comparación de los resultados obtenidos con los medidos en estaciones de aforo es indispensable para la validación del modelo. La tabla de valores de CN es similar a la utilizada por (Aguirre Salado, 2012).

En el ámbito internacional se tienen muchos trabajos utilizando esta metodología, sin embargo, solo se presentan algunos trabajos importantes:

Gaspari, (2007) en su trabajo realizado en la Cuenca del Arroyo Pillahuinco Grande en el sureste de la provincia de Buenos Aires, Argentina hacen una zonificación de la vegetación y uso de suelo mediante el procesamiento de imágenes LANDSAT y con el uso de sistemas de información geográfica. Concluye que esta metodología permite la obtención de valores de Curva Numérica de forma eficiente y a bajo costo, y menciona también que si se pretende el ordenamiento de la cuenca es posible actualizar los valores según los cambios de uso del suelo. Los valores de CN para las coberturas vegetales obtenidos se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Valores de CN calculados por Gaspari, (2007)

Tipo de cobertura vegetal y uso del suelo	CN
Pastizal serrano	61
Agricultura extraserrana	75
Agricultura	78
Agrícola-ganadera en derrame	81
Urbanización	98
Lagunas	100

Pese a la cantidad importante de investigaciones realizadas con el uso de esta metodología, por otro lado existen investigaciones que ahondan en el sustento hidrológico y matemático de las ecuaciones y de sus supuestos, como es el caso de Paz-Pellat, (2009).

Ferrér, Rodríguez, y Estrela, (1995) proponen una metodología para la obtención de manera automática del número de curva basada en la utilización de SIG, en donde menciona que este parámetro, CN, está en función de diversas variables relacionadas con las características físicas de la cuenca y la relación de dichas variables es tabular, teniendo como ventaja esta metodología una actualización de los mapas de CN más eficiente. Esta metodología la aplica en la Cuenca del Río Guadiana en España.

Chagas, (2008) estudiaron la aplicabilidad del método de Curva Numérica para una microcuenca agrícola ubicada en la cuenca media del Arroyo del Tala, San Pedro, Provincia de Buenos Aires, Argentina, bajo labranza convencional y siembra directa y presenta en la tabla 13 los valores de CN para los manejos enunciados.

Tabla 13. Valores de CN para diferentes manejos en una microcuenca agrícola, Chagas 2008.

Labranza	Valores de CN según condición antecedente		
	AMCI	AMCII	AMCIII
Convencional	56	82	96
Siembra directa	68	81	97

Hong y Adler (2008), mediante técnicas de percepción remota y siguiendo la metodología SCS CN, intentan obtener un mapa global de Curva Numérica, utilizando como fuentes de información el Mapa Digital de Suelos del Mundo publicado por la FAO en 1993, la información de cubierta vegetal se obtuvo a través de MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Uno de los objetivos del mapa global de CN es poder auxiliar en la estimación del potencial de inundación en lugares que carecen de información, incorporando como datos de entrada de precipitación la obtenida por ejemplo con NOAA-CPC o con estimaciones de precipitación obtenidas con satélite en tiempo real.

D'Asaro, (2010) menciona que el método de CN es ampliamente usado en hidrología porque se basa únicamente en un parámetro que representa la absorción de la cuenca. Evalúa CN a escala de cuenca en eventos diarios de lluvia-escurrimiento en el periodo de observación de 1940, 1997 para 61 cuencas de Sicilia por tres métodos diferentes: método NEH4, método de ajuste asintótico y método de mínimos cuadrados. Con respecto al primer método menciona que este no permite identificar correctamente los valores de CN de la cuenca. En el método de ajuste asintótico (asymptotic fitting method), distingue tres comportamientos o respuestas: el estándar, que es aquel que se caracteriza por una disminución de CN con respecto a P, pero que se aproxima a un valor constante en tormentas grandes; comportamiento suficiente (complacent behavior), que se caracteriza por una disminución de CN con respecto a P pero sin aproximarse a un valor constante en tormentas grandes; comportamiento violento (violent behavior), caracterizado por una disminución de CN en lluvias bajas e incrementos repentinos de CN en el límite de algunos valores de lluvia, aproximándose a algunos valores casi estables de CN en tormentas grandes, típicamente en el rango de 85-95. En este método encontró que el comportamiento más frecuente es el estándar.

Mongil Manso, (2010) realiza un estudio en el Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, situado al interior de la Isla de La Palma en las Islas Canarias, en este trabajo se realizan transectos al interior del parque para tomar información sobre tipos de vegetación, afloramientos rocosos, suelos, condiciones hidrológicas y

pendientes. Menciona que la determinación de los Números de Curva deben hacerse mediante la instalación de parcelas experimentales con aforadores de escurrimiento, sin embargo, comenta que las tablas de CN, construidas para la vegetación y uso de suelos para los Estados Unidos pueden adaptarse por analogía de tipos de vegetación, como lo hicieron ya algunos autores para las zonas áridas del sureste de la Península Ibérica. Concluye que la aproximación de los valores de CN para diversos tipos de vegetación por comparación con tipos de vegetación similares que posean comportamientos hidrológicos análogos, pero que en este caso deben tomarse como aproximaciones hasta no ser validados mediante ensayos experimentales.

Las correspondencias de tipos de vegetación para las tablas de CN se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Vegetación de Caldera y su vegetación equivalente (tomado de Mongil Manso, 2010).

VEGETACIÓN DE LA CALDERA	VEGETACIÓN EQUIVALENTE
Pinar de <i>Pinus canariensis</i>	Pinar de <i>Pinus ponderosa</i> del Oeste de EEUU
Matorrales	Matorral con vegetación herbácea
Terrenos desprovistos de vegetación (pedregales, roquedos)	Rocas permeables o impermeables

Los números de curva para las formaciones vegetales de la Caldera se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Valores de CN para los diferentes tipos de vegetación y su correspondencia (tomado de Mongil Manso, 2010).

TIPO DE VEGETACIÓN	FCC (%)	TIPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Pinares de <i>Pinus canariensis</i>	20	56	67	78	89
	40	47	60	72	85
	60	40	55	69	84
	80	34	50	66	83
Matorrales	< 50	48	67	77	83
	50 - 75	35	56	70	77
	> 75	30	48	65	73

Soulis & Valiantzas, (2012) señala que el método CN-SCS ha sido uno de los más populares debido a la relativa facilidad de la obtención de los insumos de entrada, en contraste de su principal debilidad, que no considera el impacto de la intensidad de la precipitación, no aborda tampoco los efectos de la escala

espacial, es altamente sensible a los cambios en los cambios del parámetro CN y es ambiguo al considerar el efecto de la humedad antecedente. Además dice que ha sido adaptado para varias regiones, usos de suelo y condiciones climáticas, y ha evolucionado más allá de sus alcances originales para llegar a ser parte integral de los modelos de simulación. Sin embargo, la principal dificultad es que los valores de CN calculados a partir de datos medidos de escurrimiento-precipitación varían significativamente de tormenta a tormenta en cualquier cuenca. Este efecto puso en duda la adecuación del modelo de número de curva para predecir el escurrimiento.

Cita a autores que señalan como posibles fuentes de variación el efecto de la variabilidad espacial y temporal de las tormentas y propiedades de la cuenca, la calidad de los datos medidos y el efecto de la precipitación antecedente asociada a la humedad del suelo. Para investigar las consecuencias de la variabilidad espacial en la relación CN vs P en una cuenca hidrográfica, en una primera etapa del análisis se supone el esquema simplificado, según el cual toda el área de la cuenca considerada se compone de zonas relativamente homogéneas. Considerando el análisis teórico, el análisis sistemático utilizando datos sintéticos y los estudios de casos detallados concluye el autor que la correlación observada entre el valor calculado del CN y la lámina de precipitación en una cuenca puede atribuirse a la variabilidad espacial de los suelos y la cubierta terrestre de la cuenca y que el sistema de dos CN propuesto puede describir suficientemente la variación de la precipitación de CN observada en las cuencas naturales. Indican que el método SCS-CN utilizando los valores de CN obtenidos mediante la metodología de determinación de CN propuesta proporciona predicciones superiores de escurrimiento en la mayoría de los casos y amplía la aplicabilidad del método SCS-CN original para una gama más amplia de precipitaciones en cuencas heterogéneas. Además, la metodología propuesta permite la determinación de CN en cuencas "complacientes". Aunque el método sugerido aumenta el número de parámetros desconocidos a tres, se presenta un razonamiento físico claro para ellos. También se presenta un procedimiento simplificado para identificar la distribución espacial de los dos valores de la CN a lo largo de las cuencas hidrográficas. Teniendo en cuenta esta capacidad adicional, es decir, proporcionar información sobre la distribución espacial de los valores de CN y, por tanto, las estimaciones de escurrimiento distribuidas espacialmente, el método propuesto puede usarse en otras aplicaciones ambientales, por ejemplo estudios de calidad del agua o estimación del riesgo de erosión. El siguiente paso de este enfoque podría ser la validación de la metodología propuesta a cuencas experimentales adicionales con características conocidas. Esto es necesario para una validación más definitiva y podría conducir

a algunas adaptaciones del modelo conceptual propuesto para explicar la correlación intrínseca de los datos de CN-P. Sin embargo, a pesar de estas reservas, es bastante interesante que la correlación observada de CN-P en cuencas hidrográficas pueda ser el efecto de una característica intrínseca de las cuencas naturales, que es la heterogeneidad espacial. Esta observación puede facilitar futuros estudios con miras a la extensión de la documentación del método SCS-CN para diferentes regiones y diferentes condiciones de suelo, uso de la tierra y clima.

Tedela, et. al, (2012) evalúa la precisión y consistencia en diez microcuencas de montaña en el este de los Estados Unidos y mencionan que a pesar de la amplia aplicación para la estimación del escurrimiento el método presenta incertidumbre en la aplicación en cuencas forestales de montañas del este de Estados Unidos. Las estimaciones de escurrimiento usando datos tabulares de Curva Numérica no fueron confiables en nueve de diez cuencas estudiadas.

Lavao Pastrana, (2014) en un estudio para determinar la oferta hídrica de la Cuenca del Río Murca, Colombia a nivel mensual, utilizó Sistemas de Información Geográfica e imágenes satelitales Landsat para identificar coberturas y usos de suelo y con esto obtener los valores de CN y concluye que de esta manera se hace mas eficiente el trabajo ya que son procesos rápidos y dada también la tendencia a una mayor facilidad en la adquisición de la información.

Moore, (2015) comenta en su estudio que los incendios forestales provocan grandes daños por lo que las consecuencias posteriores a estos eventos requieren atención, ya que estos cambios repentinos provocados por el fuego dejan vulnerables a las comunidades a inundaciones, sedimentación y flujo de escombros. En su estudio hace un análisis hidrológico posterior a un incendio en una cuenca de Estados Unidos incluyendo el desempeño de un modelo con un evento observado. Se realizó un análisis hidrológico para evaluar el potencial de inundación de una comunidad en Nuevo México, ya que se habían experimentado inundaciones posteriores a un incendio forestal. Los escenarios evaluados fueron previo al incendio, inmediatamente después del incendio y un año posterior al incendio. Se utilizó información de datos medidos para verificar que el modelo produjera resultados razonables. El modelo utilizado fue HEC-HMS. El estudio menciona que la literatura no reporta metodologías para estudios hidrológicos post incendio. La nota técnica del USDA-NRCS proporciona algunas tablas de CN compiladas de trabajos previos y generalmente estos valores han sido seleccionados bajo juicios hidrológicos y no derivados de datos y menciona también que en una cuenca forestal en los Apalaches los valores medidos de CN variaron significativamente de los valores sugeridos publicados. Algunas fuentes

de variación son inherentes a los modelos, aunque el autor menciona que el efecto más difícil de modelar es la hidrofobicidad que el suelo adquiere después de un incendio.

Her y Jeong, (2016) mencionan que en la estimación del valor ponderado de CN el método tiende a subestimar el valor de escurrimiento directo, por lo que propone métodos alternativos de ponderación de CN para manejar este problema de subestimación y los denomina promediación cuadrática y promediación exacta. Como resultado menciona que el método cuadrática reduce el nivel de subestimación en la lámina de escurrimiento directo y además el método exacto puede proporcionar la misma lámina de escurrimiento directo que el método de promediación de área ponderada, además del tamaño menciona que el valor de CN representativa está en función del tamaño de la lluvia así como del paisaje de la cuenca y la subestimación es relativamente mayor para eventos de lluvia pequeños y medianos y finalmente menciona que la mejora en la estimación del escurrimiento con los métodos propuestos es particularmente benéfico para para el manejo del agua de lluvia, control de inundaciones y control de la erosión para eventos con periodos de retorno corto.

4.1.3. GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELOS

Los suelos originalmente fueron asignados a grupos hidrológicos basados en la medición de la precipitación, escurrimiento e infiltración. Ya que los trabajos iniciales fueron hechos para establecer estos grupos, la asignación ha estado basada en el juicio de los científicos del suelo (capítulo 7, 2009), Las asignaciones se basaron en la comparación de las características de los perfiles de suelos sin clasificar con los perfiles de suelos ya ubicados dentro de un grupo hidrológico. La mayoría de las agrupaciones fueron basadas en la premisa de que los suelos encontrados dentro de una región climática que son similares en profundidad hasta una capa restrictiva o capa freática, tasas de transmisividad de agua, textura, estructura y grado de expansión cuando están saturados, tienen una respuesta al escurrimiento similar. Las clases están basadas en los siguientes factores:

- Consumo y transmisividad de agua bajo condiciones de máxima humedad anual (completamente mojado)
- Suelos no congelados
- Superficie de suelo desnudo
- Hinchado máximo de las arcillas expandibles

La pendiente de la superficie del suelo no es considerada cuando se asigna el grupo hidrológico de suelos.

De esta forma simple, los grupos hidrológicos están determinados por la transmisividad de agua de la capa con menor conductividad hidráulica y la profundidad de cualquier capa que sea más o menos impermeable (tal como un fragipan o duripan) o la profundidad de la capa freática (si está presente). La capa con menos transmisividad puede ser cualquier horizonte que transmite el agua a una menor tasa con relación a las capas superiores o inferiores.

La conductividad hidráulica a saturación de una capa impermeable o casi impermeable puede estar en el rango de 0 a $0.9 \mu\text{m s}^{-1}$. Para efectos prácticos ambos casos son considerados impermeables. En algunos casos, los datos de conductividad hidráulica a saturación (característica medida cuantitativamente) no siempre se dispone u obtiene rápidamente. En estas situaciones, otras propiedades del suelo como la textura, compactación (densidad aparente) estructura, mineralogía de arcillas y materia orgánica son usados para estimar el movimiento del agua.

4.1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS CUATRO GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS

Grupo A

Los suelos de este grupo tienen bajo potencial de escurrimiento cuando está completamente mojado. El agua se transmite libremente a través del suelo. Estos suelos tienen típicamente menos del 10% de arcilla y más del 90% de arena o grava y tienen textura gravosa o arenosa. Suelos con textura franco arenosa, arena francosa, franca, franco limosa pueden ubicarse en este grupo si están bien agregados, de baja densidad aparente o si contienen más del 35% de fragmentos de roca.

Los límites en las características físicas diagnósticas son como sigue: la conductividad hidráulica a saturación de todos los suelos excede $40.0 \mu\text{m s}^{-1}$. La profundidad de cualquier capa impermeable es mayor a 50 cm. La profundidad de la capa freática es mayor a 60 cm. Los suelos con capas impermeables y con capa freática a profundidad mayor a 100 cm se pueden ubicar en este grupo si la conductividad hidráulica a saturación de todas las capas dentro de los 100 cm excede los $10 \mu\text{m s}^{-1}$.

Grupo B

Los suelos de este grupo tienen un potencial de escurrimiento moderadamente bajo cuando se encuentran totalmente mojados. La transmisividad de agua a través del suelo no presenta obstáculos. Los suelos de este grupo típicamente tienen entre 10% y 20% de arcilla y entre 50% y 90% de arena y texturas franco arenosas y arcillo arenosa pueden ser ubicadas en este grupo si están bien agregados, de baja densidad aparente o contienen más de 35% de fragmentos de rocas.

Los límites de las características físicas diagnósticas de este grupo son como sigue: la conductividad hidráulica a saturación en la capa de menor transmisividad en los 50 cm superficiales está entre el rango de $10 \mu\text{m s}^{-1}$ y $40 \mu\text{m s}^{-1}$. La profundidad a cualquier capa impermeable es mayor de 50 cm. La profundidad de la capa freática es mayor a 60 cm. Los suelos con capas impermeables y con capa freática a profundidad mayor a 100 cm se pueden ubicar en este grupo si la conductividad hidráulica a saturación de todas las capas dentro de los 100 cm excede los $4 \mu\text{m s}^{-1}$, pero es menor de $10 \mu\text{m s}^{-1}$.

Grupo C

Los suelos de este grupo tienen un potencial de escurrimiento moderadamente alto cuando se encuentra totalmente mojado. La transmisividad del agua a través del suelo presenta alguna restricción. Los suelos típicamente presentan entre 20% y 40% de arcilla y menos del 50% de arena y presentan texturas francas, francas limosas y franco arcillo limosa. Algunos suelos que tienen textura arcillosa, limo arcillosa o arcillo arenosa pueden ubicarse en este grupo si están bien agregados o presentan baja densidad aparente o contienen más de 35% de fragmentos de roca.

Los límites en las características físicas diagnósticas en este grupo son: La conductividad hidráulica a saturación en la capa de menor transmisividad entre la superficie y 50 cm es entre 1 y $10 \mu\text{m s}^{-1}$. La profundidad a cualquier capa impermeable es mayor a 50 cm. La profundidad a la capa freática es mayor a 60 cm. Los suelos con capas impermeables y con capa freática a profundidad mayor a 100 cm se pueden ubicar en este grupo si la conductividad hidráulica a saturación de todas las capas dentro de los 100 cm excede los $0.4 \mu\text{m s}^{-1}$, pero es menor de $4.0 \mu\text{m s}^{-1}$.

Grupo D

Los suelos de este grupo tienen alto potencial de escurrimiento cuando se encuentra totalmente mojado. El movimiento del agua a través del suelo está restringida o muy restringida. Los suelos de este grupo típicamente tienen un porcentaje de arcilla mayor de 40%, menos del 50% de arena y tienen texturas arcillosas. En algunas áreas también presentan alto potencial de expansión-contracción. Todos los suelos que tiene una capa impermeable a menos de 50 cm y todos los suelos con capa freática a una profundidad menor de 60 cm se ubican dentro de este grupo, aunque algunos pueden tener una doble clasificación si pueden ser drenados adecuadamente.

Los límites en las características físicas diagnósticas de este grupo son: para suelos con una capa impermeable entre 50 y 100 cm, la conductividad hidráulica de la capa de menor transmisividad es menor o igual a $1.0 \text{ } 4.0 \text{ } \mu\text{m s}^{-1}$. Los suelos con capas impermeables y con capa freática a profundidad mayor a 100 cm la conductividad hidráulica a saturación de todas las capas dentro de los 100 cm es menor o igual a $0.4 \text{ } \mu\text{m s}^{-1}$.

La combinación de los grupos hidrológicos de suelo y las clases de uso y manejo del suelo forman complejos hidrológicos suelos-cobertura y a dichos complejos se asigna un valor de Curva Numérica en donde este valor indica el potencial de escurrimiento. Un valor alto de Curva Numérica indica un alto potencial de escurrimiento.

4.2. ELABORACIÓN DEL CATÁLOGO DE NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO

4.2.1. CONDICIÓN HIDROLÓGICA

Para la obtención de los archivos vectoriales de Uso de Suelo y Condición Hidrológica para la obtención del valor de la curva numérica, se utilizaron los archivos vectoriales de uso de suelo y vegetación serie V escala 1:250,000 publicados por el Instituto de Geografía y Estadística (INEGI). En esta serie se incluyen varias capas de información de las cuales se utilizaron las capas "us250s5d.shp", "usvs5v.shp" y "usv250s5g.shp". Estas capas contienen información de tipo de ecosistema vegetal (Tabla 16), tipo de vegetación (Tabla 17), cobertura arbórea (Tabla 18), y desarrollo de la vegetación (Tabla 19), tipo de agricultura (Tabla 20).

Tabla 16. Ecosistemas vegetales de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI

TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL (TIP_ECOV)
BOSQUE DE CONÍFERAS
BOSQUE DE ENCINO
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA
MATORRAL XERÓFILO
NO APLICABLE
OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN
PASTIZAL
SELVA CADUCIFOLIA
SELVA ESPINOSA
SELVA PERENNIFOLIA
SELVA SUBCADUCIFOLIA
VEGETACIÓN HIDRÓFILO
VEGETACIÓN INDUCIDA

Tabla 17. Tipos de vegetación de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI

TIPO DE VEGETACIÓN (TIP_VEG)	CLAVE
BOSQUE DE AYARÍN	BS
BOSQUE DE CEDRO	BB
BOSQUE DE ENCINO	BQ
BOSQUE DE ENCINO-PINO	BQP
BOSQUE DE GALERÍA	BG
BOSQUE DE MEZQUITE	MK
BOSQUE DE OYAMEL	BA
BOSQUE DE PINO	BP
BOSQUE DE PINO-ENCINO	BPQ
BOSQUE DE TÁSCATE	BJ
BOSQUE INDUCIDO	BI
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	BM
CHAPARRAL	ML

TIPO DE VEGETACIÓN (TIP_VEG)	CLAVE
MANGLAR	VM
MATORRAL CRASICAULE	MC
MATORRAL DE CONÍFERAS	VSh/MJ
MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO	MDM
MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	MDR
MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO	MET
MATORRAL ROSETÓFILO COSTERO	MRC
MATORRAL SARCO-CRASICAULE	MSCC
MATORRAL SARCO-CRASICAULE DE NEBLINA	MSN
MATORRAL SARCOCAULE	MSC
MATORRAL SUBMONTANO	MSM
MATORRAL SUBTROPICAL	MST
MEZQUITAL	VSa/MK
MEZQUITAL TROPICAL	MKE
MEZQUITAL XERÓFILO	MKX
NO APLICABLE	ADV
PALMAR INDUCIDO	VPI
PALMAR NATURAL	VPN
PASTIZAL GIPSÓFILO	PY
PASTIZAL HALÓFILO	PH
PASTIZAL INDUCIDO	PI
PASTIZAL NATURAL	PN
POPAL	VA
PRADERA DE ALTA MONTAÑA	VW
SABANA	VS
SABANOIDE	VSI
SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SAP
SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA	SAQ
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	SBC

TIPO DE VEGETACIÓN (TIP_VEG)	CLAVE
SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA	SBK
SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	SBQ
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	SBP
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA	SBS
SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA	SBQP
SELVA DE GALERÍA	SG
SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	SMC
SELVA MEDIANA PERENNIFOLIA	SMP
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	SMS
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	SMQ
SIN VEGETACIÓN APARENTE	DV
TULAR	VT
VEGETACIÓN DE DESIERTOS ARENOSOS	VD
VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS	VU
VEGETACIÓN DE GALERÍA	VG
VEGETACIÓN DE PETÉN	PT
VEGETACIÓN GIPSÓFILA	VY
VEGETACIÓN HALÓFILA HIDRÓFILA	VHH
VEGETACIÓN HALÓFILA XERÓFILA	VH

Tabla 18. Tipos de cobertura de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI

COBERTURA ARBÓREA (COB_ARB)
ABIERTO
CERRADO
NINGUNO
NO APLICABLE
SIN COBERTURA APARENTE

Tabla 19. Desarrollo de la vegetación de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI

DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN (DESVEG)
NO APLICABLE
NO DISPONIBLE
PRIMARIA
SECUNDARIA

Tabla 20. Áreas agrícolas de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI

TIPO DE AGRICULTURA (TIPAGES)	CLAVE
ACUÍCOLA	ACUI
AGRICULTURA DE HUMEDAD	HA
AGRICULTURA DE RIEGO	RA
AGRICULTURA DE TEMPORAL	TA
BOSQUE CULTIVADO	BC
NO APLICABLE	ADV
PASTIZAL CULTIVADO	PC

De las definiciones para los usos de suelo y cubiertas vegetales, se realizó una reclasificación de los usos de suelo y vegetación para quedar como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Reclasificación de las unidades de la SERIE V de uso de suelo y vegetación INEGI, en clasificación CN

CLASIFICACIÓN INEGI	CLASIFICACIÓN CN
ACUICOLA	ACUICOLA
AGRICULTURA DE HUMEDAD	TIERRA CULTIVADA
AGRICULTURA DE RIEGO	
AGRICULTURA DE TEMPORAL	
BOSQUE CULTIVADO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS
BOSQUE DE CONIFERAS	BOSQUE Y SELVA
BOSQUE DE ENCINO	

BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	
ESPECIAL (OTROS TIPOS)	ARBUSTO DESERTICO
MATORRAL XEROFILO	
NO APLICABLE	PAIS EXTRANJERO
PASTIZAL	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO
PASTIZAL CULTIVADO	
SELVA CADUCIFOLIA	BOSQUE Y SELVA
SELVA ESPINOSA	
SELVA PERENNIFOLIA	
SELVA SUBCADUCIFOLIA	
SIN VEGETACION APARENTE	GRAVA
VEGETACION HIDROFILO	BOSQUE Y SELVA
VEGETACION INDUCIDA	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS

Con la información anterior y realizando sobreposiciones con la información de tipo de ecosistema, tipo de vegetación, tipo de agricultura, cobertura aérea y desarrollo de la vegetación, se determina la condición hidrológica para quedar como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Condición Hidrológica para los tipos de vegetación, tipo de ecosistema y cobertura arbórea

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
BOSQUE DE AYARÍN	BOSQUE DE CONÍFERAS	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
BOSQUE DE CEDRO	BOSQUE DE CONÍFERAS	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			SIN COBERTURA	BOSQUE Y SELVA	MALA

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
			APARENTE		
BOSQUE DE ENCINO	BOSQUE DE ENCINO	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA	
BOSQUE DE ENCINO-PINO	BOSQUE DE ENCINO	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA	
BOSQUE DE GALERÍA	VEGETACIÓN HIDRÓFILA	PRIMARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
		SECUNDARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
		NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA	
BOSQUE DE MEZQUITE	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	PRIMARIA	ABIERTO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
			CERRADO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	BUENA
		NINGUNO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR	
BOSQUE DE OYAMEL	BOSQUE DE CONÍFERAS	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
BOSQUE DE PINO	BOSQUE DE CONÍFERAS	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
		SECUNDARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
BOSQUE DE PINO-ENCINO	BOSQUE DE CONÍFERAS	PRIMARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
BOSQUE DE TÁSCATE	BOSQUE DE CONÍFERAS	SECUNDARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
BOSQUE INDUCIDO	VEGETACIÓN INDUCIDA	NO DISPONIBLE	ABIERTO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
			CERRADO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	BUENA
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
CHAPARRAL	MATORRAL XERÓFILO	NO DISPONIBLE	ABIERTO	ARBUSTO DESERTICO	BUENA
			SIN COBERTURA APARENTE	ARBUSTO DESERTICO	MALA

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
		PRIMARIA	ABIERTO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
			NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
MANGLAR	VEGETACIÓN HIDRÓFILA	PRIMARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
			NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
		SECUNDARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
			NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
MATORRAL CRASICAULE	MATORRAL XERÓFILO	NO DISPONIBLE	SIN COBERTURA APARENTE	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		PRIMARIA	ABIERTO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
			CERRADO	ARBUSTO DESERTICO	BUENA
			NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
MATORRAL DE CONÍFERAS	BOSQUE DE CONÍFERAS	SECUNDARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	ABIERTO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
			CERRADO	ARBUSTO DESERTICO	BUENA
			NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	ABIERTO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
			CERRADO	ARBUSTO DESERTICO	BUENA
			NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
MATORRAL ROSETÓFILO COSTERO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
MATORRAL SARCO-CRASICAULE				COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
MATORRAL SARCO-CRASICAULE DE NEBLINA				COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
SECUNDARIA		NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR	
MATORRAL SARCOCAULE				COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
SECUNDARIA		NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR	
MATORRAL SUBMONTANO	MATORRAL XERÓFILO	NO DISPONIBLE	SIN COBERTURA APARENTE	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		PRIMARIA	ABIERTO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
			CERRADO	ARBUSTO DESERTICO	BUENA
			NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR		
MATORRAL SUBTROPICAL	SELVA CADUCIFOLIA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
MEZQUITAL	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	SECUNDARIA	ABIERTO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
			CERRADO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	BUENA
			NINGUNO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
	SELVA ESPINOSA	SECUNDARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
MEZQUITAL TROPICAL	SELVA ESPINOSA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
MEZQUITAL XERÓFILO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	ABIERTO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
			CERRADO	ARBUSTO DESERTICO	BUENA
			NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
NO APLICABLE				CUERPO DE AGUA	MALA
				ESTACIONAMIENTOS	MALA

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA				
	NO APLICABLE	NO APLICABLE	NO APLICABLE	CALLES Y CARRETERAS					
				PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA				
				TIERRA CULTIVADA	MALA REGULAR				
				ACUICOLA	MALA				
				BOSQUE Y SELVA	BUENA				
				COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR				
				CUERPO DE AGUA	MALA				
				ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	MALA				
				GRAVA	MALA				
				PAIS EXTRANJERO	MALA				
				PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA				
				TIERRA CULTIVADA	BUENA MALA REGULAR				
				PALMAR INDUCIDO	VEGETACIÓN INDUCIDA	NO DISPONIBLE	ABIERTO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
							CERRADO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	BUENA
NINGUNO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	MALA							
PALMAR NATURAL	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	PRIMARIA	ABIERTO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR				
			CERRADO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	BUENA				
		SECUNDARIA	ABIERTO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR				
			NINGUNO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR				
PASTIZAL GIPSÓFILO	PASTIZAL	PRIMARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA				
		SECUNDARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	REGULAR				

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
				PASTOREO	
PASTIZAL HALÓFILO	PASTIZAL	PRIMARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA
		SECUNDARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	REGULAR
PASTIZAL INDUCIDO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA
		SECUNDARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	REGULAR
	VEGETACIÓN INDUCIDA	NO DISPONIBLE	ABIERTO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	MALA
		NINGUNO	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	MALA
PASTIZAL NATURAL	PASTIZAL	PRIMARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	REGULAR
			NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	REGULAR
POPAL	VEGETACIÓN HIDRÓFILO	NO DISPONIBLE	NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
PRADERA DE ALTA MONTAÑA	PASTIZAL	PRIMARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA
SABANA	PASTIZAL	PRIMARIA	NINGUNO	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO FORRAJE PARA	BUENA
SABANOIDE	VEGETACIÓN INDUCIDA	NO DISPONIBLE	NINGUNO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	MALA
SELVA ALTA PERENNIFOLIA	SELVA PERENNIFOLIA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
			SIN	BOSQUE Y SELVA	MALA

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	
			COBERTURA APARENTE			
SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA	SELVA PERENNIFOLIA	PRIMARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA	
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	SELVA CADUCIFOLIA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
		SECUNDARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA	SELVA ESPINOSA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
		SECUNDARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	SELVA ESPINOSA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
		SECUNDARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
	SELVA PERENNIFOLIA	SECUNDARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA	
			PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA	
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	SELVA PERENNIFOLIA	PRIMARIA	SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA	
			ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR	

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA	SELVA SUBCADUCIFOLIA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
SELVA BAJA SUBPERENNIFOLIA	SELVA PERENNIFOLIA	PRIMARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
SELVA DE GALERÍA	VEGETACIÓN HIDRÓFILA	PRIMARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	SELVA CADUCIFOLIA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
SELVA MEDIANA PERENNIFOLIA	SELVA PERENNIFOLIA	PRIMARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	SELVA SUBCADUCIFOLIA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	SELVA PERENNIFOLIA	PRIMARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA
		SECUNDARIA	ABIERTO	BOSQUE Y SELVA	REGULAR
			CERRADO	BOSQUE Y SELVA	BUENA

TIPO DE VEGETACIÓN	TIPO DE ECOSISTEMA VEGETAL	DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	COBERTURA ARBÓREA	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
			SIN COBERTURA APARENTE	BOSQUE Y SELVA	MALA
SIN VEGETACIÓN APARENTE				COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	MALA
	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	NO APLICABLE	NO APLICABLE	GRAVA	MALA
TULAR	VEGETACIÓN HIDRÓFILO	NO DISPONIBLE	NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
		PRIMARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
VEGETACIÓN DE DESIERTOS ARENOSOS	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR
VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	PRIMARIA	ABIERTO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
			NINGUNO	COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	REGULAR
VEGETACIÓN DE GALERÍA	VEGETACIÓN HIDRÓFILO	PRIMARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
			NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
VEGETACIÓN DE PETÉN	VEGETACIÓN HIDRÓFILO	PRIMARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
		SECUNDARIA	CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
VEGETACIÓN GIPSÓFILO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
VEGETACIÓN HALÓFILO HIDRÓFILO	VEGETACIÓN HIDRÓFILO	PRIMARIA	ABIERTO	CUERPO DE AGUA	MALA
			CERRADO	CUERPO DE AGUA	MALA
			NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	CUERPO DE AGUA	MALA
VEGETACIÓN HALÓFILO XERÓFILO	MATORRAL XERÓFILO	PRIMARIA	CERRADO	ARBUSTO DESERTICO	BUENA
			NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	MALA
		SECUNDARIA	NINGUNO	ARBUSTO DESERTICO	REGULAR

Para el caso del uso agrícola, la condición hidrológica se determinó considerando el tipo de agricultura, tipo de plantación y tipo de cultivo, como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Condición hidrológica para áreas agrícolas

TIPO DE AGRICULTURA	TIPO DE PLANTACIÓN	TIPO DE CULTIVO	CLASIFICACIÓN CN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
ACUÍCOLA	NINGUNO	NO APLICABLE	ACUICOLA	MALA
AGRICULTURA DE HUMEDAD	NINGUNO	ANUAL	TIERRA CULTIVADA	MALA
		SEMIPERMANENTE	TIERRA CULTIVADA	REGULAR
	PLANTACIÓN AGRÍCOLA	PERMANENTE	TIERRA CULTIVADA	BUENA
AGRICULTURA DE RIEGO	NINGUNO	ANUAL	TIERRA CULTIVADA	REGULAR
		SEMIPERMANENTE	TIERRA CULTIVADA	BUENA
	PLANTACIÓN AGRÍCOLA	PERMANENTE	TIERRA CULTIVADA	BUENA
AGRICULTURA DE TEMPORAL	NINGUNO	ANUAL	TIERRA CULTIVADA	MALA
		SEMIPERMANENTE	TIERRA CULTIVADA	REGULAR
	PLANTACIÓN AGRÍCOLA	PERMANENTE	TIERRA CULTIVADA	BUENA
BOSQUE CULTIVADO	PLANTACIÓN FORESTAL	PERMANENTE	BOSQUE Y SELVA	BUENA
PASTIZAL CULTIVADO	NINGUNO	PERMANENTE	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	BUENA

4.2.2. DATOS PARA EL GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELOS

Para la obtención del grupo hidrológico de suelos se tomó como insumo el conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1:250,000 Serie II publicado por el INEGI, que es un continuo nacional y que utiliza para la clasificación de los suelos el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (por sus siglas en inglés World Reference Base for Soil Resources WRB).

4.2.3. BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO (WRB)

Es una clasificación de suelos que utiliza como caracteres diferenciadores, propiedades del suelo medibles cuantitativamente en campo o en laboratorio, además estos caracteres diferenciadores son numerosos, de manera que las clases establecidas quedan definidas de manera rigurosa y precisa. Al utilizar criterios cuantitativos, las clases definidas resultan ser mutuamente excluyentes.

Dada la importancia de los procesos pedogenéticos, se utilizan como caracteres diferenciadores a aquellas propiedades que son el resultado de la actuación de estos procesos, por ello es que aunque se consideran de clasificaciones morfométricas, éstas se pueden calificar como morfogenéticas, las propiedades importantes para la utilización del suelo también son tomadas en cuenta.

Para la clasificación se hace uso del concepto de horizonte diagnóstico, el cual es un horizonte definido morfométricamente, con la mayor precisión posible, con datos de campo y laboratorio, además existen para la clasificación caracteres diferenciadores, llamadas propiedades diagnósticas, ambos elementos esenciales para la clasificación.

De tal manera que la clave de clasificación nos da información de las características del suelo que influyen en sus propiedades hidrológicas.

Para identificar el grupo hidrológico al que pertenece cada unidad de clasificación se utilizó el continuo nacional de unidades edafológicas escala 1:250,000, en el cual se encuentran las unidades edafológicas que se presentan en la tabla 24.

Tabla 24. Unidades de suelo presentes en el continuo nacional de edafología

CLAVE DE LA UNIDAD	NOMBRE DE LA UNIDAD
AC	ACRISOL
AL	ALISOL
AN	ANDOSOL
AR	ARENOSOL
CH	CHERNOZEM
CL	CALCISOL
CM	CAMBISOL
DU	DURISOL
FL	FLUVISOL

GL	GLEYSOL
GY	GIPSISOL
HS	HISTOSOL
KS	KASTAÑOZEM
LP	LEPTOSOL
LV	LUVISOL
LX	LIXISOL
NT	NITISOL
PH	PHAEOZEM
PL	PLANOSOL
PT	PLINTOSOL
RG	REGOSOL
SC	SOLONCHAK
SN	SOLONETZ
UM	UMBRISOL
VR	VERTISOL

También se encontraron los calificadores que se presentan en la Tabla 25, tanto para unidades primarias como secundarias y terciarias.

Tabla 25. Calificadores de las unidades de suelo presentes en el continuo nacional de edafología

CLAVE CALIFICADOR	NOMBRE DEL CALIFICADOR	CLAVE CALIFICADOR	NOMBRE DEL CALIFICADOR	CLAVE CALIFICADOR	NOMBRE DEL CALIFICADOR
ap	Abrúptico	eu	Éutrico	me	Melánico
ab	Álbico	fl	Ferrálico	ms	Mesotrófico
ax	Alcálico	fr	Férrico	mo	Mólico
an	Ándico	fi	Fíbrico	hum	Molihúmico
ar	Arénico	fv	Flúvico	na	Nátrico
ad	Arídico	fo	Fólico	ni	Nítico
ca	Calcárico	ge	Gélico	cco	Orticálico
cc	Cálcico	gy	Gípsico	dyo	Ortidístrico

CLAVE CALIFICADOR	NOMBRE DEL CALIFICADOR	CLAVE CALIFICADOR	NOMBRE DEL CALIFICADOR	CLAVE CALIFICADOR	NOMBRE DEL CALIFICADOR
cr	Crómico	gp	Gipsílico	ph	Páquico
ct	Cutánico	gl	Gléyico	lir	Paralítico
dy	Dístrico	gm	Grúmico	pe	Pélico
skn	Endoesquelético	ha	Háplico	pt	Pétrico
gln	Endogléyico	cch	Hipercálcico	pc	Petrocálcico
ha	Endoléptico	dyh	Hiperdístrico	ps	Petrosálico
ptn	Endopétrico	skh	Hiperesquelético	pl	Plíntico
pcn	Endopetrocálcico	eu	Hiperéutrico	lep	Profóndico
pdn	Endopetrodúrico	gyh	Hipergípsico	pr	Prótico
pgn	Endopetrogípsico	ohh	Hiperócrico	rh	Reico
pln	Endoplíntico	szh	Hipersálico	rz	Réndzico
szn	Endosálico	soh	Hipersódico	ro	Ródico
son	Endosódico	ccw	Hipocálcico	ru	Rúbico
dyp	Epidístrico	flw	Hipoferrálico	sz	Sálico
skp	Epiesquelético	glw	Hipogléyico	ans	Silándico
glp	Epigléyico	lvw	Hipolúvico	sl	Síltico
lep	Epiléptico	szw	Hiposálico	so	Sódico
ptp	Epipétrico	sow	Hiposódico	st	Stágnico
pcp	Epipetrocálcico	hi	Hístico	ty	Takírico
pdp	Epipetrodúrico	hu	Húmico	tf	Téfrico
pgp	Epipetrogípsico	le	Léptico	um	Ámbrico
plp	Epiplíntico	li	Lítico	huv	Umbrihúmico
szp	Episálico	lv	Lúvico	vr	Vértico
sk	Esquelético	mz	Mázico	vi	Vítrico

4.2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS DE SUELOS DE REFERENCIA (WRB, 2014)

Acrisols

Los Acrisols, tienen un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo, como resultado de procesos edafogénicos (especialmente migración de arcilla) que conduce a la formación de un horizonte árgico en el suelo subsuperficial. Estos suelos tienen arcillas de baja actividad en el horizonte árgico y una baja saturación de bases en la profundidad de 50-100 cm.

Connotación: del latín acer, agudo. Suelos ácidos fuertemente meteorizados con baja saturación de bases en alguna profundidad.

Material parental: Sobre una amplia gama de materiales parentales, especialmente de rocas ácidas meteorizadas; y sobre todo, en arcillas fuertemente meteorizadas que están sometidas a constante degradación.

Medio ambiente: Principalmente antiguas superficies terrestres con topografía accidentada u ondulada, en las regiones con clima húmedo tropical/monzónico, subtropical o templado cálido. La vegetación natural típica es el bosque. En América del Sur, los Acrisols también se encuentran en la sabana.

Desarrollo del perfil: Diferenciación edafogénica en el contenido de arcilla, con un menor contenido en la capa superior y un mayor contenido en el suelo subsuperficial; la lixiviación de cationes básicos es debido a la humedad ambiental y el avanzado grado de meteorización. La pérdida de óxidos de hierro, junto con minerales de arcilla, puede conducir a un horizonte de eluviación blanquecino entre el horizonte superficial y el horizonte árgico subsuperficial, pero los Acrisols carecen de las propiedades réticas de los Retisols.

Alisols

Los Alisols, tienen un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo, como resultado de procesos edafogénicos (especialmente migración de arcilla) que conduce a la formación de un horizonte árgico en el suelo subsuperficial. Los Alisols tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y una baja saturación de bases en una profundidad de 50-100 cm. Se forman predominantemente en regiones de clima húmedo tropical, húmedo subtropical y regiones templadas húmedas.

Connotación: Suelos con baja saturación de bases en cierta profundidad; del latín *alumen*, alumbre.

Material parental: En una amplia variedad de materiales parentales. La mayoría de los Alisols, registrados hasta ahora aparece en productos de meteorización de rocas básicas y materiales no consolidados.

Medio ambiente: Generalmente en topografía montañosa u ondulada, en climas húmedo tropical, húmedo subtropical y monzónico además de climas húmedos templados.

Desarrollo del perfil: Diferenciación edafogenética en el contenido de arcilla, con un menor contenido en la capa superior y un mayor contenido en el suelo subsuperficial, lixiviación de cationes básicos debido al ambiente húmedo sin una meteorización avanzada de arcillas de alta actividad. La pérdida de óxidos de hierro, junto con minerales de arcilla, puede conducir a un horizonte de eluviación blanquecino entre el horizonte superficial y el horizonte subsuperficial *árgico*, pero los Alisols carecen de las propiedades *réticas* de los Retisols.

Andosols

Los Andosols integran los suelos que se desarrollan en eyecciones volcánicas ricas en vidrio bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los Andosols también se pueden desarrollar en otros materiales ricos en silicato bajo meteorización ácida en climas húmedo y perhúmedo.

Connotación: Típicamente suelos oscuros de paisajes volcánicos; del japonés *an*, oscuro, y *do*, suelo.

Material parental: Eyecciones volcánicas ricas en vidrio (principalmente cenizas, pero también toba, piedra pómez, escoria y otros) bajo casi cualquier clima, o cualquier otro material rico en silicato bajo meteorización ácida en climas húmedo y perhúmedo.

Medio ambiente: De ondulado a montañoso, del Ártico a las regiones tropicales húmedas, en su mayoría con una amplia gama de tipos de vegetación.

Desarrollo del perfil: La meteorización rápida de vidrio volcánico resulta en la acumulación de complejos órgano-minerales estables (calificador Aluandic) o minerales de bajo grado de ordenamiento tales como alofano e imogolita (calificador Silandic). Además se forma ferrihidrita. La meteorización ácida de

otros materiales ricos en silicato en climas húmedo y perhúmedo también conduce a la formación de complejos órgano-minerales estables.

Arenosols

Los Arenosols comprenden suelos arenosos profundos. Esto incluye suelos de arenas residuales después de una meteorización in situ de sedimentos o rocas generalmente ricos en cuarzo. También incluye suelos de arenas recientemente depositadas tales como dunas en desiertos y tierras de playas.

Connotación: Suelos arenosos; del latín *arena*, arena.

Material parental: Materiales de textura arenosa, no consolidados, traslocados, a veces calcáreos; áreas relativamente pequeñas de Arenosols aparecen en roca silícea extremadamente meteorizada.

Medio ambiente: Desde árido a húmedo y perhúmedo, y de extremadamente frío a extremadamente caliente; la topografía varía de dunas recientes, crestas de playa y llanuras de arena hasta antiguas mesetas; los rangos de vegetación desde desiertos con vegetación dispersa (principalmente herbácea) al bosque ligero.

Desarrollo del perfil: En zonas secas, hay poco o ningún desarrollo del suelo. Arenosols en los trópicos perhúmedos tienden a desarrollar horizontes de eluviación gruesos compuestos de material *álbico* (donde el horizonte *spódico* puede aparecer por debajo de los 200 cm desde la superficie del suelo) o tiende a evolucionar desde Ferralsols después de la meteorización de la caolinita.

Chernozems

Los Chernozems incluyen suelos con una capa mineral superficial gruesa, negruzca rica en materia orgánica. El ruso V.V. Dokuchaev, edafólogo, acuñó el nombre Chernozem en 1883 para denotar los suelos típicos de las estepas de pastos altos en la Rusia continental.

Connotación: Suelos negruzcos ricos en materia orgánica; del ruso *chorniy*, negro, y *zemlya*, tierra.

Material parental: Principalmente sedimentos eólicos y sedimentos eólicos removilizados (loess).

Medio ambiente: Regiones con clima continental con inviernos fríos y veranos calurosos, que están secos al menos a finales del verano; en llanuras onduladas o

planas con vegetación de pastos altos (bosque de madera dura especialmente en la zona de transición del norte).

Desarrollo del perfil: Horizonte chérnico superficial negruzco, en muchos casos, sobre un horizonte cámbico o árgico; con carbonatos secundarios (propiedades *protocálcicas* u horizonte cálcico) en el subsuelo.

Calcisols

Los Calcisols integran suelos con una sustancial acumulación de carbonatos secundarios. Los Calcisols están muy extendidos en ambientes áridos y semiáridos, con frecuencia asociados con materiales parentales altamente calcáreos. Muchos Calcisols anteriormente han sido llamados *Suelos de Desierto*.

Connotación: Suelos con una acumulación sustancial de carbonatos secundarios; del latín *calx*, cal.

Material parental: Principalmente depósitos aluviales, coluviales y eólicos de material meteorizado rico en bases.

Medio ambiente: De tierras llanas a montañosas en regiones áridas y semiáridas. La vegetación natural es escasa y dominada por árboles y arbustos xerófilos y/o pastos y hierbas efímeros.

Desarrollo del perfil: Los Calcisols típicos tienen un horizonte superficial de color pardo claro; una sustancial acumulación de carbonatos secundarios se produce dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

Cambisols

Los Cambisols combinan suelos con formación al menos de un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y coloración principalmente parduzca, el aumento de porcentaje de arcilla, y/o remoción de carbonatos.

Connotación: Suelos con al menos la formación de un horizonte incipiente de diferenciación en el subsuelo, evidente por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato; del latín *cambire*, cambiar.

Material parental: Materiales de textura media y fina derivados de una amplia gama de rocas.

Medio ambiente: De terrenos llanos a montañosos en todos los climas; amplia gama de tipos de vegetación.

Desarrollo del perfil: Los Cambisols se caracterizan por la meteorización leve o moderada de material parental y por la ausencia de cantidades apreciables de iluviación de arcilla, materia orgánica o compuestos de Al y/o Fe. Los Cambisols también abarcan suelos que no cumplen una o más características de diagnóstico de otros GSR, incluyendo aquellos altamente meteorizados.

Durisols

Están asociados principalmente con superficies antiguas en ambientes áridos y semiáridos e incluyen a los suelos someros a moderadamente profundos, moderadamente bien a bien drenados que contienen sílice (SiO₂) secundaria cementada dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

Connotación: Suelos con sílice secundaria endurecida; del latín *durus*, duro.

Material parental: Materiales ricos en silicatos, principalmente depósitos aluviales y coluviales de todas clases texturales.

Medio ambiente: Llanuras aluviales planas y ligeramente inclinadas, terrazas y planicies de pie de monte con suave pendiente en regiones áridas, semiáridas y mediterráneas.

Desarrollo del perfil: Suelos fuertemente meteorizados con una capa dura de sílice secundaria (horizonte petrodúrico) o nódulos de sílice secundaria (horizonte *dúrico*); son comunes los Durisols erosionados con horizonte petrodúrico expuesto en terrenos con pendientes suaves.

Fluvisols

Los Fluvisols contienen suelos genéticamente jóvenes en depósitos fluviales, lacustres o marinos. A pesar de su nombre, los Fluvisols no se restringen a sedimentos fluviales (latín, *fluvius*, río); también aparecen en depósitos marinos y lacustres.

Connotación: Suelos desarrollados en depósitos fluviales; del latín *fluvius*, río.

Material parental: Predominantemente depósitos recientes fluviales, lacustres y marinos.

Medio ambiente: Llanuras de ríos y abanicos fluviales, valles, depresiones lacustres y marismas en todos los continentes y en todas las zonas climáticas; no hay agua freática ni alto contenido de sales en el suelo superficial; muchos Fluvisols en condiciones naturales se inundan periódicamente.

Desarrollo del perfil: Perfiles con evidencia de estratificación; débil diferenciación de horizontes pero puede tener presente un horizonte superficial diferente.

Gleysols

Los Gleysols comprenden suelos saturados con agua subterránea durante períodos suficientemente largos para desarrollar *condiciones reductoras* que resultan en propiedades *gléyicas*, incluyendo suelos submarinos y de marea. Este patrón se compone esencialmente de un color rojizo, marrón o amarillento en las superficies de los agregados y/o en las capas superiores del suelo en combinación con colores gris/azulado dentro de los agregados y/o más profundo en el suelo. Muchos suelos submarinos tienen sólo este último. Son comunes los Gleysols con un horizonte *tiónico* o material *hipersulfídico* (suelos con sulfato ácido). Los procesos redox también pueden ser causados por gases de movimiento ascendente, como el CO₂ o CH₄.

Connotación: Suelos con clara evidencia de influencia de agua subterránea; del ruso *gley* (introducido como nombre de suelo por G.N. Vysotskiy en 1905), masa de suelo lodosa.

Material parental: Una amplia gama de materiales no consolidados, principalmente sedimentos fluviales, marinos y lacustres.

Medio ambiente: Áreas deprimidas con nivel freático elevado, zonas de marea, lagos de baja profundidad y costas marinas.

Desarrollo del perfil: Evidencia de procesos de reducción con segregación de compuestos de Fe que comienzan dentro de 40 cm de la superficie del suelo.

Gypsisols

Los Gypsisols son suelos con acumulación sustancial de yeso secundario (CaSO₄·2H₂O). Estos suelos se encuentran en las partes más secas de la zona de clima árido, lo que explica porqué sistemas principales de clasificación de suelos los denominaron como *Desert gray-brown soils* (antigua Unión Soviética).

Connotación: Suelos con acumulación sustancial de sulfato de calcio secundario; del griego *gyposos*, yeso.

Material parental: Principalmente depósitos no consolidados de material meteorizable rico en bases.

Medio ambiente: Predominantemente áreas planas a onduladas y depresiones (por ejemplo, antiguos lagos interiores) en regiones con clima árido. La vegetación natural es escasa y dominada por arbustos xerófilos y árboles y/o pastos efímeros y hierbas.

Desarrollo del perfil: Horizonte superficial de color claro; acumulación de sulfato de calcio, con o sin carbonatos en el subsuelo.

Histosols

Los Histosols comprenden suelos formados en material *orgánico* acumulado como turba de agua freática (pantano), turba de agua de lluvia (turbera), manglares o en áreas frías montañosas sin saturación de agua. Estos varían desde suelos desarrollados predominantemente en turba de musgo en regiones árticas, subárticas y boreales, a turba de musgo (*Sphagnum spp.*), turba de juncos/cañas (pantano) y turba de bosque en regiones templadas hasta turba de manglar y turba de bosque pantanoso en los trópicos húmedos. Los Histosols se encuentran en todas las altitudes, pero la gran mayoría aparecen en tierras bajas.

Connotación: Suelos de turba y pantanos; del griego *histos*, tejido.

Material parental: Restos de plantas parcialmente descompuestas, con o sin mezcla de arena, limo y arcilla.

Medio ambiente: Los Histosols aparecen ampliamente en regiones árticas, subárticas y boreales. En otras áreas se limitan a cuencas y depresiones mal drenadas, pantanos y marismas con aguas freáticas poco profundas y zonas frías de montaña con una relación precipitación/evapotranspiración alta.

Desarrollo del perfil: La mineralización es lenta y la transformación de los residuos vegetales a través de la descomposición bioquímica y la formación de sustancias húmicas crea una capa superficial orgánica con o sin saturación de agua prolongada.

Kastanozems

Los Kastanozems integran suelos de praderas secas, entre ellos los suelos de la estepa euroasiática del cinturón de pastos cortos al sur del cinturón de pastos altos con Chernozems. Los Kastanozems tienen un perfil similar a los Chernozems pero el horizonte superficial rico en humus es más delgado y no tan oscuro como el de los Chernozems, y muestran más prominente acumulación de carbonatos secundarios. El color castaño de la superficie del suelo está reflejado en el nombre Kastanozem.

Connotación: Suelos pardos oscuros ricos en materia orgánica; del latín castanea y ruso *kashtan*, castaño, y ruso *zemlya*, tierra.

Material parental: Una amplia gama de materiales no consolidados; una gran parte de Kastanozems se ha desarrollado en loess.

Medio ambiente: Seco y continental, con inviernos relativamente fríos y veranos calurosos; praderas planas y onduladas dominadas por pastos cortos efímeros.

Desarrollo del perfil: Un horizonte *móllico*, marrón de espesor medio, en muchos casos sobre un horizonte *cámbico* marrón o canela o un horizonte *árgico*; con carbonatos secundarios (propiedades *protocálcicas* u horizonte *cálcico*) en el suelo subsuperficial, en algunos casos también con yeso secundario.

Leptosols

Los Leptosols comprenden suelos muy delgados sobre roca continua y suelos que son extremadamente ricos en fragmentos gruesos. Son particularmente comunes en regiones montañosas.

Connotación: Suelos delgados; del griego *leptos*, delgado.

Material parental: Varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos del 20% (en volumen) de tierra fina.

Medio ambiente: Principalmente terrenos en elevada o mediana altitud y con fuerte pendiente topográfica. Los Leptosols se encuentran en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en zonas secas cálidas o frías), particularmente en áreas intensamente erosionadas.

Desarrollo del perfil: Los Leptosols tienen roca continua en o muy cerca de la superficie o son extremadamente pedregosos. En material calcáreo meteorizado pueden tener un horizonte *móllico*.

Luvissols

Los Luvissols tienen un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo, como resultado de procesos edafogenéticos (especialmente migración de arcilla) que conduce a la formación de un horizonte árgico en el suelo subsuperficial. Los Luvissols tienen arcillas de alta actividad en todo el espesor del horizonte árgico y una alta saturación de bases en una profundidad de 50-100 cm. Muchos Luvissols son conocidos como *Suelos texturalmente diferenciados*.

Connotación: Suelos con una diferenciación edafogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre una capa superior con un menor contenido y una capa subsuperficial con un mayor contenido de arcilla, arcillas de alta actividad y alta saturación de bases en alguna profundidad; del latín *eludere*, lavar.

Material parental: Una amplia variedad de materiales no consolidados incluyendo till glacial y depósitos eólicos, aluviales y coluviales.

Medio ambiente: Más frecuente en terrenos llanos o ligeramente inclinados en regiones templadas frías y en regiones cálidas (por ejemplo, mediterráneas) con marcadas estaciones secas y húmedas.

Desarrollo del perfil: Diferenciación edafogenética en el contenido de arcilla, con un menor contenido en la capa superior y un mayor contenido en el suelo subsuperficial, sin una marcada lixiviación de cationes básicos o meteorización avanzada de arcillas de alta actividad. La pérdida de óxidos de hierro, junto con minerales de arcilla, puede conducir a un horizonte de eluviación blanquecino entre el horizonte superficial y el horizonte árgico subsuperficial, pero los Luvissols carecen de las propiedades *réticas* de los Retissols.

Lixissols

Los Lixissols, tienen un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo, como resultado de procesos edafogenéticos (especialmente migración de arcilla) que conduce a la formación de un horizonte árgico en el suelo subsuperficial. Los Lixissols tienen arcilla de baja actividad en el horizonte árgico y una alta saturación de bases entre 50-100 cm de profundidad.

Connotación: Suelos con una diferenciación edafogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre una capa superior con un menor contenido y una capa subsuperficial con un mayor contenido de arcilla, arcillas de

baja actividad y alta saturación de bases en alguna profundidad; del latín *lixivia*, sustancias lavadas.

Material parental: En amplia variedad de materiales parentales, especialmente materiales no consolidados de textura fina, químicamente fuertemente meteorizados.

Medio ambiente: Regiones con clima tropical, subtropical o templado cálido con una estación seca pronunciada. Muchos Lixisols se supone que son suelos poligenéticos con características formadas bajo un clima más húmedo en el pasado.

Desarrollo del perfil: Diferenciación edafogenética en el contenido de arcilla, con un menor contenido en la capa superior y un mayor contenido en el suelo subsuperficial; meteorización avanzada sin una pérdida marcada de cationes básicos. La pérdida de óxidos de hierro, junto con minerales de arcilla, puede conducir a un horizonte de eluviación blanquecino entre el horizonte superficial y el horizonte árgico subsuperficial, pero los Lixisols carecen de las propiedades réticas de los Retisols.

Nitisols

Son suelos rojos tropicales profundos, bien drenados, con límites de horizontes difusos y un horizonte subsuperficial con al menos 30% de arcilla y de moderada a fuerte estructura de bloques angulares que se fragmentan en elementos poliédricos, o de bordes planos, o en forma de nuez, en estado húmedo con caras de agregados brillantes. Aunque la meteorización sea relativamente avanzada, los Nitisols son mucho más productivos que la mayoría de los suelos tropicales rojos.

Connotación: Suelos rojos tropicales, profundos, bien drenados con un horizonte *nítico* arcilloso que tiene estructura típica de bloques angulares que rompen en formas poliédricas, bordes planos o elementos nuciformes con, en estado húmedo, las caras de los agregados brillantes; del latín *nitidus*, brillante.

Material parental: Productos meteorizados finamente texturados de roca madre básica o intermedia, en algunas regiones rejuvenecido por recientes adiciones de ceniza volcánica.

Medio ambiente: Estos suelos se encuentran principalmente de tierras planas a montañosas bajo bosque tropical o vegetación de sabana.

Desarrollo del perfil: Son suelos rojos arcillosos o de color marrón rojizo con un horizonte subsuperficial *nítico* de alta estabilidad de agregados. El conjunto de la

arcilla de los Nitisols está dominado por Caolinita/(meta)Haloisita. Los Nitisols son ricos en Fe y tienen poca arcilla dispersable en agua.

Phaeozems

Este grupo integra suelos de praderas relativamente húmedos y regiones de bosque en climas moderadamente continentales. Los Phaeozems son muy parecidos a los Chernozems y Kastanozems pero están lixiviados de manera más intensa. En consecuencia, tienen un horizonte superficial oscuro, rico en humus que, en comparación con los Chernozems y Kastanozems, es menos rico en bases. Los Phaeozems están libres de carbonatos secundarios o los tienen sólo a mayores profundidades. Todos ellos tienen una alta saturación de bases en el metro superior del suelo.

Connotación: Suelos oscuros, ricos en materia orgánica, del griego *phaios*, oscuro, y el ruso *zemlya*, tierra.

Material parental: Eólico (loess), till glacial y otros no consolidados, predominantemente materiales básicos.

Medio ambiente: Cálido a frío (por ejemplo, las tierras altas tropicales) en regiones moderadamente continentales, con humedad suficiente para que exista, en la mayoría de los años, algo de percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seque; terreno plano u ondulado; la vegetación natural es de praderas, como la estepa de pastos altos, y/o bosque.

Desarrollo del perfil: Un horizonte *móllico* o, menos común, un horizonte *chérnico* (más delgado y en muchos suelos menos oscuro que en los Chernozems), principalmente sobre un horizonte subsuperficial *cámbico* o *árgico*.

Planosols

Los Planosols son suelos con un horizonte, principalmente de color claro, que muestra signos de estancamiento periódico de agua y que sobreyace abruptamente a un denso suelo subsuperficial lentamente permeable con significativamente más arcilla.

Connotación: Suelos con un horizonte superficial de textura gruesa abruptamente sobre un horizonte subsuperficial denso y de textura más fina, generalmente en áreas planas estacionalmente anegadas; del latín *planus*, plano.

Material parental: Principalmente depósitos aluviales y coluviales.

Medio ambiente: Áreas planas (mesetas) estacional o periódicamente húmedas, principalmente en zonas subtropicales y templadas, semiáridas y subhúmedas, con bosque poco denso o vegetación herbácea.

Desarrollo del perfil: Estratificación geológica o edafogénesis (destrucción y/o remoción de arcilla), o ambos, han producido un suelo superficial de textura relativamente gruesa y de color claro que abruptamente sobreyace a un suelo subsuperficial de textura más fina; la percolación impedida del agua provoca *condiciones reductoras* temporales con propiedades *stágnicas*, al menos cercanas a la *diferencia textural abrupta*.

Plinthosols

Los Plinthosols son suelos con plintita, petroplintita o pisolitos. La plintita es una mezcla de arcilla caolinítica (y otros productos de una fuerte meteorización como la gibsitita), rica en Fe (en algunos casos también rica en Mn), pobre en humus, con cuarzo y otros constituyentes. Por lo general cambia irreversiblemente a una capa con concreciones o nódulos duros o bien, a una capa dura por la exposición repetida a humectación y secado. La petroplintita es una lámina continua o fracturada de fuertemente cementados a endurecidos nódulos o concreciones o concentraciones en patrones laminares, poligonales o reticulados. Los pisolitos son concreciones o nódulos fuertemente cementados a endurecidos. Ambos, petroplintita y pisolitos se desarrollan de la plintita por endurecimiento.

Connotación: Suelos con plintita, petroplintita o pisolitos; del griego *plinthos*, ladrillo.

Material parental: La plintita es más común en material meteorizado de rocas básicas que en meteorización de rocas ácidas. En cualquier caso, es fundamental que haya suficiente Fe presente, originado bien del material parental, o incorporado de otros lugares por filtraciones de agua freática ascendente o de aguas subterráneas.

Medio ambiente: La formación de plintita está asociada con áreas de pendiente suave con fluctuación de aguas freáticas o estancamiento de las aguas superficiales. Una opinión ampliamente aceptada es que la plintita está asociada a la selva tropical mientras que los suelos petroplínticos y pisolíticos son más comunes en bosques secos y sabanas.

Desarrollo del perfil: Fuerte meteorización con la subsecuente segregación de Fe (y Mn) y la formación de plintita en profundidad debida a la fluctuación de las aguas freáticas o al drenaje de agua superficial impedido. El endurecimiento de

plintita a pisolitos o petroplintita tiene lugar debido al repetido secado y humedecimiento. Esto puede ocurrir durante los intervalos de recesión de una capa freática fluctuante estacionalmente o después del levantamiento geológico del terreno, erosión del suelo superficial, disminución del nivel de las aguas freáticas, aumento de la capacidad de drenaje, y/o cambios climáticos hacia condiciones más secas. La cementación o endurecimiento requiere cierta concentración mínima de óxidos de hierro. La petroplintita puede romperse en agregados irregulares o gravas, los cuales pueden ser transportados para formar depósitos aluviales o coluviales con suelos que pertenecen a un GSR distinto a los Plinthosols.

Regosols

Los Regosols son suelos poco desarrollados en materiales no consolidados que carecen de un horizonte *móllico* o *úmbrico*, no son muy delgados o muy ricos en fragmentos gruesos (Leptosols), tampoco arenosos (Arenosols), ni con materiales *flúvicos* (Fluvisols). Los Regosols son muy extensos en tierras erosionadas y zonas de acumulación, en particular en zonas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.

Connotación: Suelos poco desarrollados en material no consolidado, del griego *rhegos*, manto.

Material parental: Material no consolidado, generalmente de grano fino.

Medio ambiente: En todas las zonas climáticas sin permafrost y a todas altitudes. Estos suelos son particularmente comunes en zonas áridas (incluyendo los trópicos secos) y en regiones montañosas.

Desarrollo del perfil: No hay horizontes de diagnóstico. El desarrollo del perfil es mínimo como una consecuencia de su corta edad y/o una formación del suelo muy lenta, por ejemplo, debido a la aridez.

Solonchaks

Los Solonchaks tienen una alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Estos suelos se encuentran esencialmente en las zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas.

Connotación: Suelos Salinos; del ruso *sol*, sal.

Material parental: Prácticamente cualquier material no consolidado, muchos de ellos conteniendo sales.

Medio ambiente: Regiones áridas y semiáridas, principalmente en áreas donde el agua freática ascendente alcanza la parte superior del suelo o donde está presente algo de agua superficial, con vegetación de pastos y/o hierbas halófilas, y en zonas de riego manejado inadecuadamente. Solonchaks en zonas costeras aparecen en todos los climas.

Desarrollo del perfil: Desde débilmente a fuertemente meteorizados, muchos Solonchaks tienen propiedades gléyicas a cierta profundidad. En zonas bajas con nivel freático superficial, la acumulación de sal es más intensa en la superficie del suelo (Solonchaks externos). Los Solonchaks donde el agua freática ascendente no alcanza la superficie del suelo tiene la mayor acumulación de sales a cierta profundidad por debajo de la superficie del suelo (Solonchaks internos).

Solonetz

Los Solonetz son suelos con un horizonte subsuperficial arcilloso, denso, fuertemente estructurado, que tiene una alta proporción de Na adsorbido y en algunos casos también iones Mg. Los Solonetz que contienen sodio libre (Na_2CO_3) son fuertemente alcalinos (pH de campo de > 8.5).

Connotación: Suelos con un alto contenido de Na intercambiable y en algunos casos también iones Mg; del ruso *sol*, sal.

Material parental: Materiales no consolidados, principalmente sedimentos de textura fina.

Medio ambiente: Los Solonetz están normalmente asociados con tierras planas en un clima cálido con veranos secos o con antiguos depósitos costeros que contienen una alta proporción de iones Na. Las principales concentraciones de Solonetz están en pastizales planos o suavemente inclinados con materiales francos o arcillosos (frecuentemente derivados de loess) en regiones semiáridas templadas y subtropicales.

Desarrollo del perfil: Suelo superficial pobre en arcilla sobre un horizonte *nátrico* más arcilloso que tiene generalmente una estructura columnar o prismática. En un Solonetz bien desarrollado, la parte más baja del horizonte de eluviación puede tener material *álbico*. Un horizonte *cálcico* o *gípsico* puede estar presente por debajo del horizonte *nátrico*. Muchos Solonetz tienen un pH de campo alrededor de 8.5, indicio de la presencia de carbonato de sodio libre.

Umbrisols

Los Umbrisols tienen una importante acumulación de materia orgánica en el suelo superficial mineral y una baja saturación de bases en algún lugar dentro del primer metro (en la mayoría de los casos en la parte superficial del suelo mineral). Los Umbrisols son la contraparte lógica de suelos con un horizonte *chérnico* o *móllico* y alta saturación de bases en todo el espesor (Chernozems, Kastanozems y Phaeozems).

Connotación: Suelos con parte superficial oscura; del latín *umbra*, sombra.

Material parental: Material meteorizado de roca silíceo o de roca básica fuertemente lixiviada.

Medio ambiente: Climas húmedos; común en regiones montañosas con poco o ningún déficit de humedad, principalmente áreas templadas o frías pero incluyendo montañas tropicales y subtropicales.

Desarrollo del perfil: Horizonte superficial *úmbrico* marrón oscuro (pocas veces *móllico*), en algunos casos sobre un horizonte *cámbico* subsuperficial con baja saturación de bases.

Vertisols

Los Vertisols son suelos de arcillas pesadas con una alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman profundas y anchas grietas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo cual sucede en la mayoría de los años. El nombre Vertisols (del latín *vertere*, dar vuelta) se refiere a los constantes movimientos internos del material del suelo.

Connotación: Suelos de arcillas pesadas revueltas; del latín *vertere*, dar vuelta.

Material parental: Sedimentos que contienen una alta proporción de arcillas expandibles o arcillas expandibles producidas por neoformación a causa de la meteorización de rocas.

Medio ambiente: Depresiones y áreas planas a onduladas, principalmente en climas tropicales y subtropicales, semiárido a subhúmedo y húmedo con alternancia de marcadas estaciones secas y húmedas. La vegetación clímax es de sabana, praderas naturales y/o bosques.

Desarrollo del perfil: La expansión y retracción alternada de arcillas expandibles dan lugar a grietas profundas en la temporada seca y la formación de slickensides y elementos estructurales en forma de cuña en el suelo subsuperficial. El

comportamiento expansión-retracción puede ocasionar que se forme un microrelieve gilgai, especialmente en climas secos.

4.2.5. DESCRIPCIÓN DE LOS CALIFICADORES

En este apartado se consideran solo los calificadores que por sus características influyen en el comportamiento hidrológico de los suelos. Las características para ser agrupadas en algún grupo hidrológico fueron descritas en apartados anteriores.

Petric (pt) (del griego *petros*, roca): que tiene una capa cementada o endurecida que comienza a < 100 cm de la superficie del suelo (se refiere a un horizonte de diagnóstico del respectivo GSR) (1: Epi- y Endo- solamente).

Nudipetric (np) (del latín *nudus*, desnudo): que tiene una capa cementada o endurecida que comienza en la superficie del suelo (se refiere a un horizonte de diagnóstico del respectivo GSR).

Petrocalcic (pc) (del griego *petros*, roca, y latín *calx*, cal): que tiene un horizonte *petrocálcico* que comienza a \leq 100 cm de la superficie del suelo.

Petroduric (pd) (del griego *petros*, roca, y latín *durus*, duro): que tiene un horizonte *petrodúrico* que comienza a \leq 100 cm de la superficie del suelo.

Petrogypsic (pg) (del griego *petros*, roca, y *gypsos*, yeso): que tiene un horizonte *petrogípsico* que comienza a \leq 100 cm de la superficie del suelo.

Petrosalic (ps) (del griego *petros*, roca, y latín *sal*, sal): que tiene una capa, de \geq 10 cm de espesor, dentro de \leq 100 cm de la superficie del suelo, la cual está cementada por sales más solubles que el yeso.

Plinthic (pl) (del griego *plinthos*, ladrillo): que tiene un horizonte *plíntico* que comienza a \leq 100 cm de la superficie del suelo.

4.2.6. ASIGNACIÓN DE GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELOS

De acuerdo con la descripción de los Grupos Hidrológicos de Suelos y de las características mostradas en el continuo nacional se reagrupan las unidades de suelo en como sigue:

Se asignó el grupo A a los siguientes suelos:

Suelos de textura gruesa que no presentaran ninguna de las características del grupo D.

Suelos clasificados como:

Arenosol

Leptosol

Regosol

Se asignó grupo B a los suelos de textura media clasificados como sigue:

Cambisoles

Andosol

Chernozem

Fluvisol

Kastañozem

Phaeozem

Solonchak

Estos suelos presentan como principal característica un horizonte de diagnóstico mólico.

Se asignó grupo C a los suelos textura media clasificados como sigue:

Acrisoles

Luvisoles

Alisoles

Calcisol

Gipsisol

Solonchak

Los suelos enlistados anteriormente, tienen como principal característica la presencia de un horizonte subsuperficial rico en arcillas.

Se asignó el grupo D a los suelos que presentaran una o varias de las características siguientes:

Suelos que presentaron los siguientes calificadores primarios:

Epipétrico

Epipetrocálcico

Epipetrogypsico

Epipetrodúrico

Endopétrico

Endopetrocálcico

Endopetrogypsico

Endopetrodúrico

Pétrico

Suelos de textura fina, que según la FAO, son suelos con porcentaje mayor a 35%

Las siguientes unidades de suelos:

Vertisols

Gleysols

Planosols

Stagnosols

Cuerpo de agua

Localidad

Los siguientes objetos que se encuentran en el continuo nacional:

Cuerpo de agua

Localidad

Todo lo anterior se realizó considerando solamente la primera unidad de suelos presentada en la clave.

4.2.7. ASIGNACIÓN DE VALORES DE CURVA NUMÉRICA

Los valores de Curva Numérica se obtuvieron mediante un Sistema de Información Geográfica, por medio de operaciones de sobreposición e intersección y con operaciones lógicas en programas estadísticos y hojas de cálculo. Estos valores se obtuvieron de la tabla 26:

Tabla 26. Tabla de valores de CN más reportada en la literatura para el caso de estudios realizados en México

USO DE SUELO	CONDICION HIDROLOGICA	GRUPO DE SUELOS			
		A	B	C	D
ACUICOLA	MALA	100	100	100	100
ARBUSTO DESERTICO	MALA	63	77	85	88
	REGULAR	55	72	81	86
	BUENA	49	78	79	84
BOSQUE Y SELVA	MALA	45	66	77	83
	REGULAR	36	60	73	79
	BUENA	30	55	70	70
COMBINACION DE MADERABLES Y PASTOS	MALA	57	73	82	86
	REGULAR	43	65	76	82
	BUENA	32	58	72	79
CUERPO DE AGUA	MALA	100	100	100	100
	REGULAR	100	100	100	100
	BUENA	100	100	100	100
ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	MALA	98	98	98	98
	REGULAR	98	98	98	98
	BUENA	98	98	98	98
GRAVA	MALA	76	85	89	91
	REGULAR	76	85	89	91
	BUENA	76	85	89	91
HERBACEO	MALA	73	80	87	93
	REGULAR	61	71	81	89
	BUENA	55	62	74	85
PAIS EXTRANJERO	MALA	100	100	100	100
	REGULAR	100	100	100	100

	BUENA	100	100	100	100
PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	MALA	68	79	86	89
	REGULAR	49	69	79	84
	BUENA	39	61	74	80
TIERRA CULTIVADA	MALA	71	81	88	91
	REGULAR	71	81	88	91
	BUENA	67	78	85	89

Como resulta inoperante presentar los valores de CN obtenidos en tablas, dada la gran cantidad de campos, ésta se integra a la base de datos de un archivo geográfico vectorial para poder ser representados cartográficamente y en una hoja de cálculo de uso comercial.

4.3. RECOPIACIÓN, VALIDACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN EN FORMATO VECTORIAL Y RASTER PARA APLICAR EL MÉTODO DE LOS NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO DEL USSCS

A continuación se detalla la metodología que se realizó para calcular los valores del número de escurrimiento en cuencas nacionales, a partir de información sobre edafología y usos del suelo y cobertura vegetal.

4.3.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA

Primeramente se elaboró una guía de los datos vectoriales en escala 1:250,000 que cubren la zona de estudio, en este caso la extensión es el territorio nacional. Con estas claves se realizó una búsqueda temática en el portal oficial del INEGI, para descargar los temas sobre Edafología y Usos del suelo y Cobertura Vegetal, que son los principales insumos del método de los números de escurrimiento.

La búsqueda se llevó a cabo de esta manera, debido a que los datos geográficos de la capa unida a nivel nacional que publica el INEGI sobre estos dos temas tiene muy poca información descriptiva dentro de la tabla de atributos. En cambio, los archivos de manera individual contienen mucha más información sobre los grupos de suelo y coberturas vegetales, que permiten hacer una mejor valoración y por lo tanto, poder asignarles un valor de número de escurrimiento más acorde con sus características. Las cartas consultadas se muestran en la figura 1.

Se puede apreciar que el país está cubierto por un total de 122 cartas escala 1:250,000, de las cuales 121 corresponden al territorio continental y 1 a la parte insular del país. El análisis de la información se realizó sobre la parte continental únicamente.

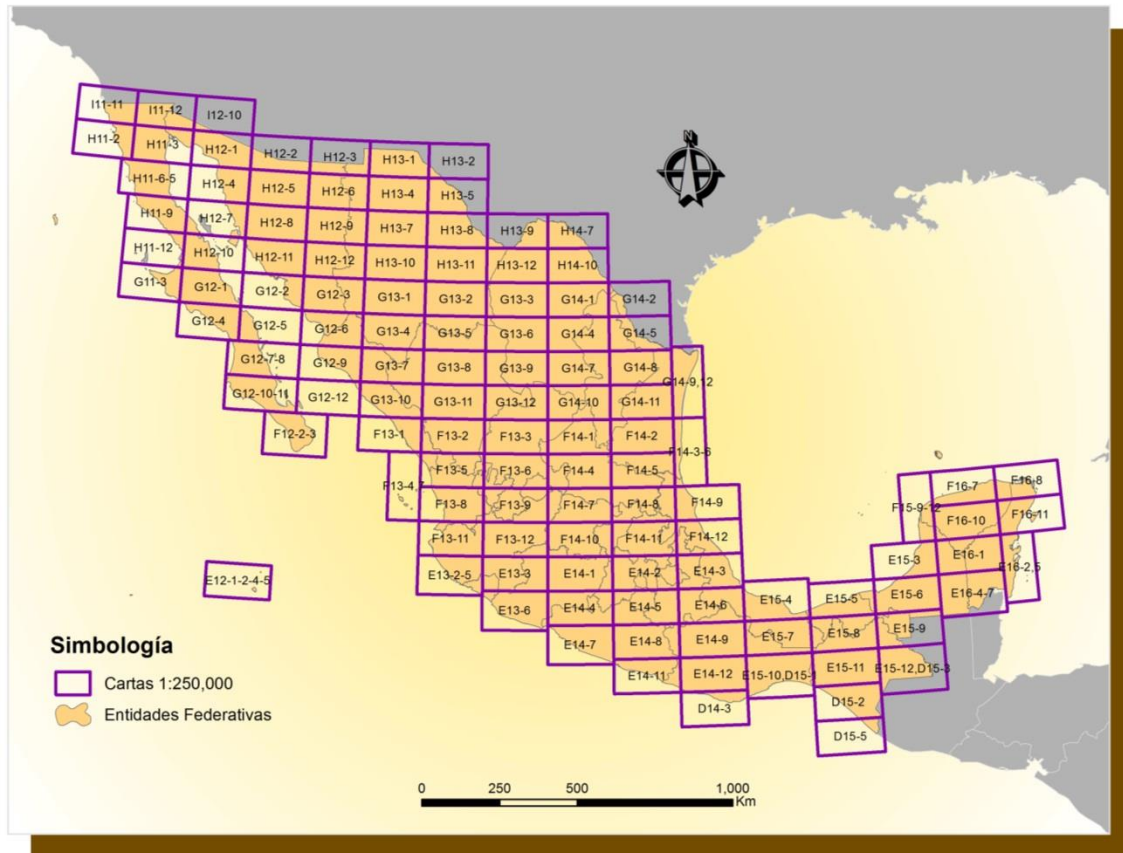


Figura 1. Cartas vectoriales escala 1:250,000 que cubren el territorio nacional

Cabe mencionar que la información vectorial se recabó a partir de la Dirección General de Geografía del INEGI, al ser la fuente oficial sobre estos temas. Esta información presenta la proyección geográfica Cónica Conforme de Lambert con datum ITRF92. Esta proyección cuenta con los siguientes parámetros:

Falso Este: 2'500,000.0

Falso Norte: 0.0

Meridiano Central: -102.0

1er Paralelo Estándar: 17.5

2o Paralelo Estándar: 29.5

Latitud al Origen: 12.0

Unidad Lineal: Metro (1.0)

Datum: ITRF1992.

4.3.2. GENERACIÓN DE LOS MOSAICOS DE DATOS VECTORIALES

Una vez que se tienen los datos vectoriales requeridos en escala 1:250,000, éstos se desplegaron en una plataforma geográfica para visualizarlos y llevar a cabo el proceso de pegado o unión de las 121 cartas vectoriales. El mosaico es un solo archivo para cada tema a nivel nacional. A continuación se muestran imágenes con los mosaicos generados:

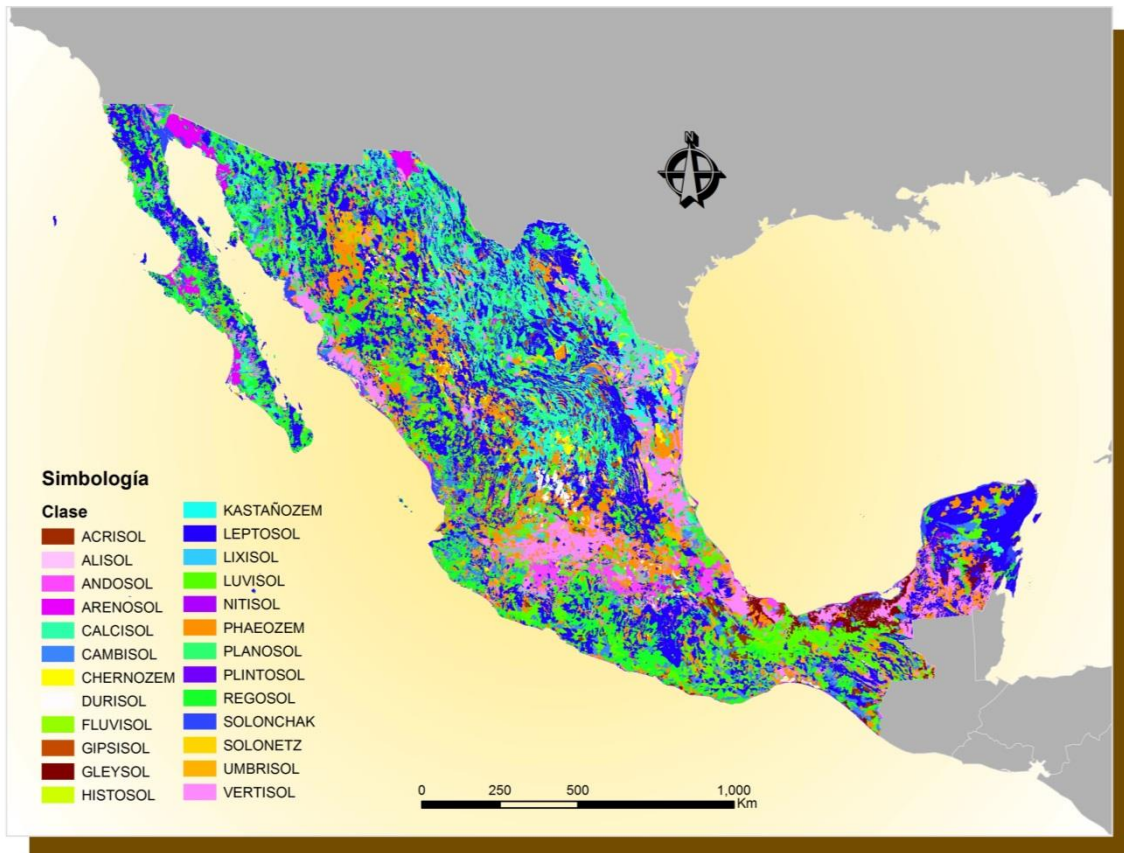


Figura 2. Mosaico de edafología

cuencas no aforadas ya que depende exclusivamente del uso del suelo y de la cobertura vegetal, del tipo de suelo, de la pendiente y de la humedad antecedente.

El valor del número de escurrimiento es un valor que oscila entre 6, para suelos muy permeables, y 100, para suelos impermeables.

Para estimar el coeficiente N , el primer paso fue clasificar la edafología, o tipos del suelo, que conforman la cuenca, de acuerdo con los grupos siguientes:

- Tipo A.- Suelos de gravas y de arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas. Estos generan el menor escurrimiento.
- Tipo B.- Suelos de arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena y limo. Generan escurrimiento inferior al medio.
- Tipo C.- Suelos de arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezcla de arena, limo y arcilla. Generan escurrimiento superior al medio.
- Tipo D.- Suelos arcillosos de alta plasticidad, con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie. Generan el mayor escurrimiento.

A cada grupo edafológico se le asignó una clasificación de tipo de suelo de acuerdo con su calificador y textura, como ejemplo se tiene la siguiente tabla:

Tabla 27. Grupo edafológico y tipo de suelo

Suelo	Calificador	Textura	Tipo
ACRISOL	Húmico	Fina	C
ACRISOL	N	Media	C
ACRISOL	Ródico	Media	C
ANDOSOL	Dístrico	Gruesa	A
ANDOSOL	Dístrico	Media	B

De acuerdo con lo anterior, se debe contar con la Edafología clasificada en 4 grupos de suelo, de acuerdo con las características de cada elemento. Dicho de otra manera, se generó un catálogo de tipos de suelo a nivel nacional.

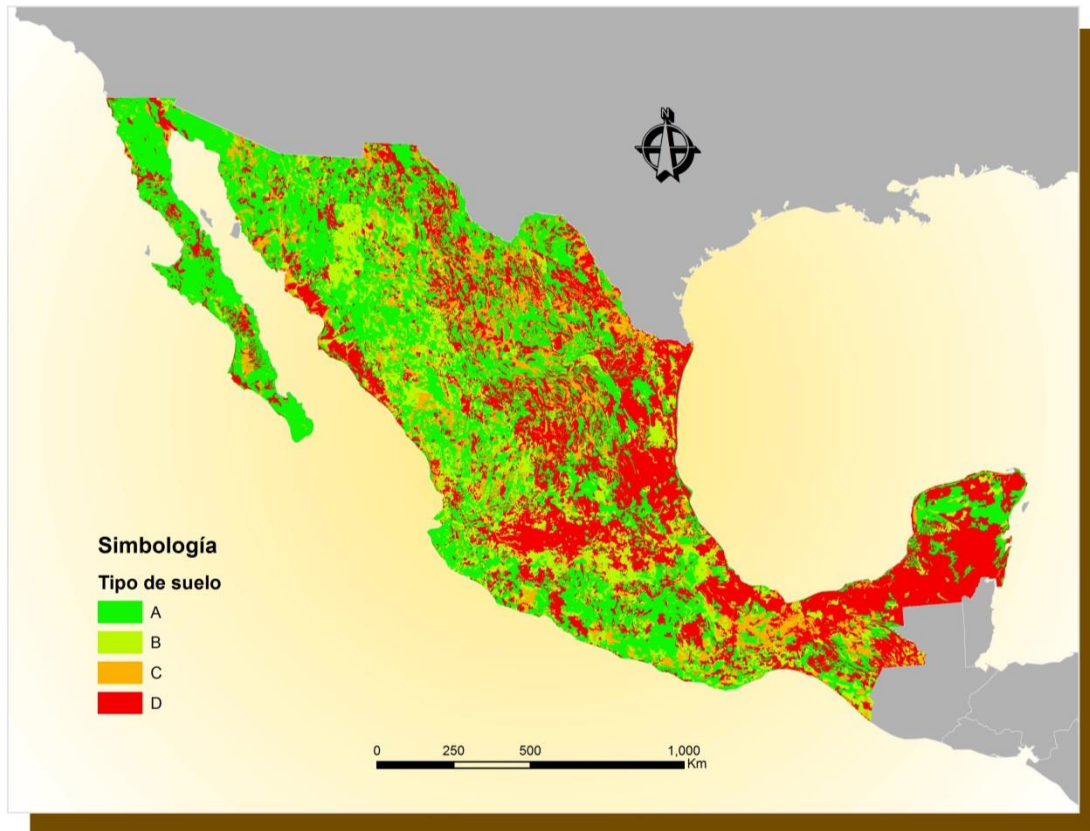


Figura 4. Clasificación en grupos de suelo

4.3.4. CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

El siguiente paso fue identificar los usos del suelo y cobertura vegetal a nivel nacional, en otras palabras, se generó un catálogo nacional de usos de suelo y cobertura vegetal. Lo anterior para posteriormente asignar valores de número de escurrimiento considerando el tipo y el uso del suelo.

Esta capa vectorial es una versión sintética del conjunto nacional de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000 Serie V, que consta de 13 capas de información. Presenta la información de las áreas agrícolas clasificadas de acuerdo a la forma de recibir el agua los cultivos y por su ciclo agrícola y la distribución de la cubierta

vegetal en su estado original, en sus fases sucesionales y la vegetación inducida de acuerdo con el sistema de clasificación de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI. Esta capa se generó durante el periodo 2011 - 2012, se derivó con base en la información presentada en la Serie IV de Uso del Suelo y Vegetación y actualizada con imágenes del satélite LANDSAT del año 2011. Se presenta en un conjunto nacional los 149 conjuntos de datos escala 1:250 000 del país.

Dicho catálogo nacional se obtuvo del mosaico generado en la actividad 4.3.2 anteriormente descrita. Como ejemplo se muestran algunas de las muchas clasificaciones del uso del suelo y cobertura vegetal que existen en el país.

Tabla 28. Grupo edafológico y tipo de suelo

Cobertura vegetal o uso del suelo	Cobertura vegetal o uso del suelo
Agrícola-Pecuaria	Palmar inducido
Agrícola-pecuaria-forestal	Pastizal
Agricultura de riego	Pastizal Cultivado
Agricultura de temporal	Pastizal Hallofilio
Agua	Pastizal inducido
Área sin vegetación	Pastos Naturales
Asentamientos humanos	Popal
Bosque de Ayarín	Sabana
Bosque de coníferas	Selva alta perennifolia
Bosque de encino	Selva alta Superennifolia
Bosque de encino pino	Selva baja caducifolia
Bosque de oyamel	Selva baja perennifolia
Bosque de pino	Selva baja subcaducifolia
Bosque de pino-encino	Selva baja subperennifolia
Bosque de Táscate	Selva caducifolia
Bosque Latifoliado	Selva mediana subcaducifolia
Bosque mesofilo de montaña	Selva mediana subperennifolia
Chaparral	Semi -Urbanizado

Complementaria	Sin vegetación aparente
Cuerpo de agua	Tular
Desprovisto de vegetación	Vegetación inducida
Humedal con Bosque	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino
Manglar	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino
Matorral desértico microfilo	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino
Matorral desértico rosetófilo	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia
Matorral xerófilo	Zona Urbana

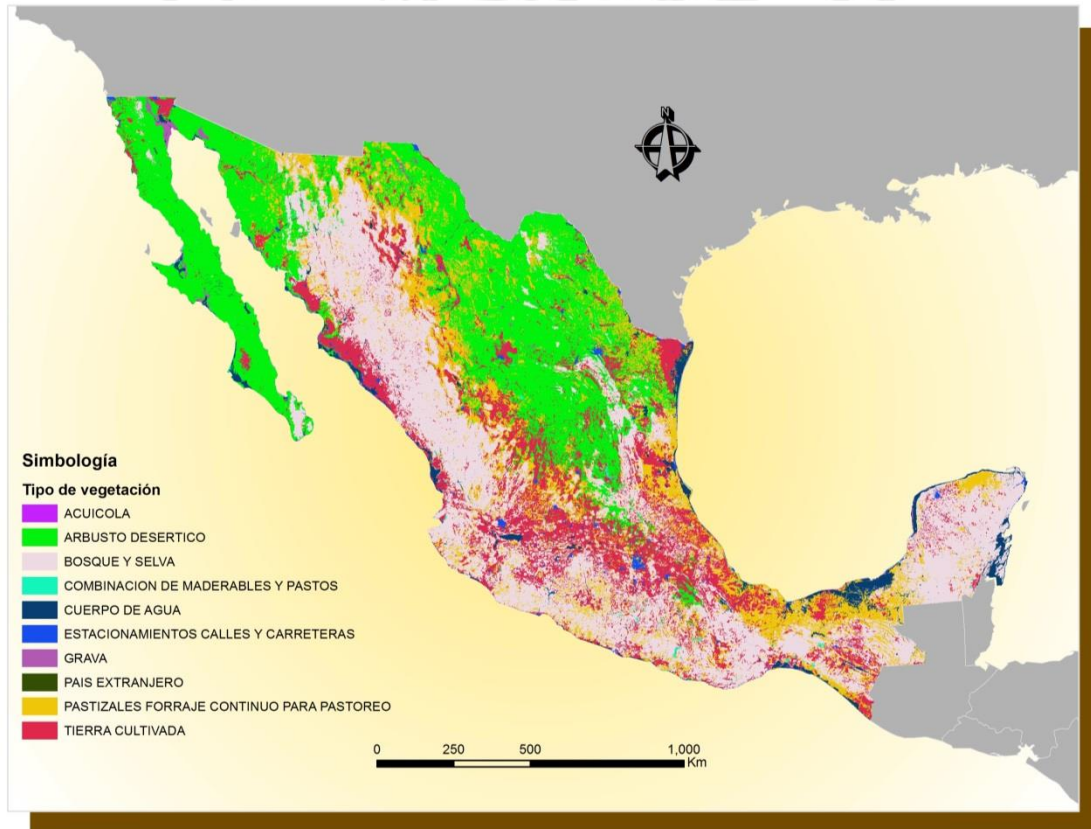


Figura 5. Clasificación tipo de vegetación

4.3.5. COMBINACIÓN DE CAPAS DE EDAFOLOGÍA Y COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

Se combinaron las dos capas generadas anteriormente, las cuales corresponden a los tipos de suelo y cobertura vegetal. El proceso específicamente fue intersectar las capas vectoriales en contexto nacional, con el fin de que se cruzaran las capas tanto espacial como tabularmente.

Con el paso anterior se consiguió reorganizar la información en elementos más detallados, es decir, las dos capas anteriores se dividen en elementos más pequeños pero con toda la información tabular contenida en las dos capas.

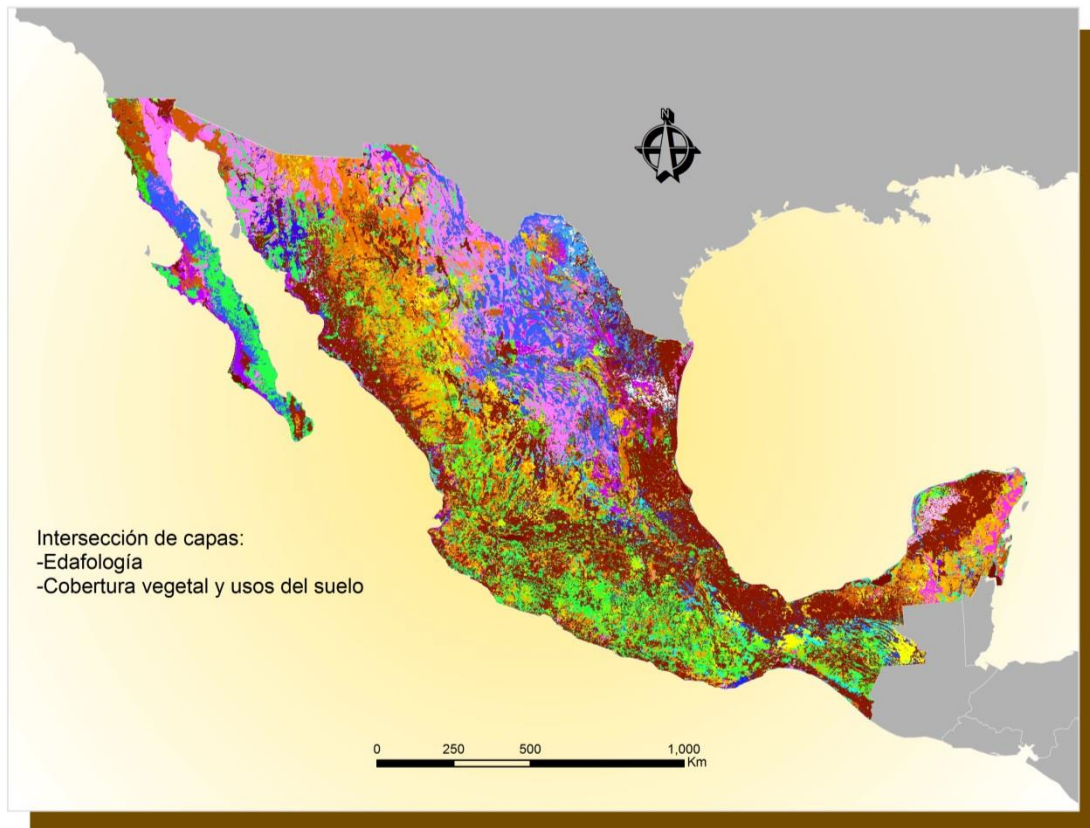


Figura 6. Intersección de capas vectoriales

4.3.6. ASIGNACIÓN DEL VALOR DEL NÚMERO DE ESCURRIMIENTO N

Una vez con la información clasificada por tipo de suelo (A, B, C o D) y con el dato de cobertura vegetal y usos del suelo, se asignó un valor del coeficiente de escurrimiento N a cada uno de los elementos de la capa nacional.

Cabe señalar que a este coeficiente se le conoce con diferentes términos en la literatura hidrológica, se le conoce como coeficiente de escurrimiento, número de escurrimiento, curva numérica, número de curva, entre otros. De cualquier manera, se refiere al valor del número de escurrimiento de alguna zona específica, cuyo valor medio se calcula con base en la ponderación de todos los elementos que intervienen dentro de una cuenca. Este procedimiento se detalla en otra sección posterior de este documento.

Para asignar el valor del número de escurrimiento a cada elemento de la capa nacional, a partir del tipo de suelo y cobertura vegetal, se contó con el catálogo nacional que contiene dichos valores. La asignación del valor se puede hacer de diferentes maneras, la más recomendable fue a partir de sistemas de información geográfica mediante las herramientas de uniones de tablas. Otra manera es con el uso de lenguajes de programación donde se dan las instrucciones de fusión de archivos. También se puede establecer la relación a partir de hojas de cálculo mediante comandos de búsqueda, criterios de selección con elementos condicionales.

Como ejemplo de un catálogo de números de escurrimiento se muestra la siguiente tabla, donde a partir del tipo de suelo y la cobertura vegetal se le asigna un valor de N a cada elemento.

Tabla 29. Números de escurrimiento en función de la edafología y cobertura vegetal

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Agrícola-Pecuaria	49	69	79	84
Agrícola-pecuaria-forestal	49	69	79	84
Agricultura de riego	62	71	78	81
Agricultura de temporal	67	78	85	89
Agua	90	90	90	90
Área sin vegetación	77	86	90	92

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Asentamientos humanos	79	86	90	92
Bosque de Ayarín	40	62	76	81
Bosque de coníferas	36	55	70	77
Bosque de encino	36	60	73	79
Bosque de encino pino	36	60	73	79
Bosque de oyamel	36	55	70	77
Bosque de pino	40	62	76	81
Bosque de pino-encino	36	60	74	80
Bosque de Tásbate	37	60	71	78
Bosque Latifoliado	26	52	62	69
Bosque mesofilo de montaña	36	60	70	77
Chaparral	50	69	79	84
Complementaria	30	58	71	78
Cuerpo de agua	95	95	95	95
Desprovisto de vegetación	77	86	90	92
Humedal con Bosque	36	60	70	77
Manglar	36	60	70	77
Matorral desertico microfilo	50	69	79	84
Matorral desértico rosetófilo	50	69	79	84
Matorral xerofilo	48	67	77	83
Otros tipos de vegetacion	50	69	79	84
Palmar inducido	76	85	88	90
Pastizal	48	67	77	83
Pastizal Cultivado	25	59	75	83
Pastizal Hallofilio	48	67	77	83
Pastizal inducido	25	59	75	83
Pastos Naturales	49	69	79	84
Popal	87	89	92	94
Sabana	39	61	74	80
Selva alta perennifolia	36	60	70	77
Selva alta Superennifolia	36	60	70	77

Cobertura vegetal o uso del suelo	Grupo de suelo			
	A	B	C	D
Selva baja caducifolia	39	63	74	80
Selva baja perennifolia	46	68	78	84
Selva baja subcaducifolia	39	63	74	80
Selva baja subperennifolia	36	60	70	77
Selva caducifolia	39	61	74	80
Selva mediana subcaducifolia	39	63	74	80
Selva mediana subperennifolia	39	63	74	80
Semi -Urbanizado	79	86	90	92
Sin vegetación aparente	68	79	86	89
Tular	90	90	90	90
Vegetación inducida	50	69	79	84
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	40	62	76	81
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	40	62	76	81
Zona Urbana	79	86	91	94

Con la información de la tabla anterior, se estimó la variación espacial del número de escurrimiento en cualquier cuenca dentro del país, a partir de una capa base de números de escurrimiento. Cabe señalar que el catálogo de números de escurrimiento resulta fundamental para la correcta aplicación del método propuesto por el USSCS, ya que con base en estos valores contenidos en la capa base se calcula el valor medio para una zona específica, ponderando los valores de N de acuerdo con la extensión que tenga cada elemento en relación con la superficie total analizada.

A continuación se muestra la capa nacional de números de escurrimiento, la cual se generó con el catálogo debidamente analizado con valores de N en función del tipo de suelo y cobertura vegetal.

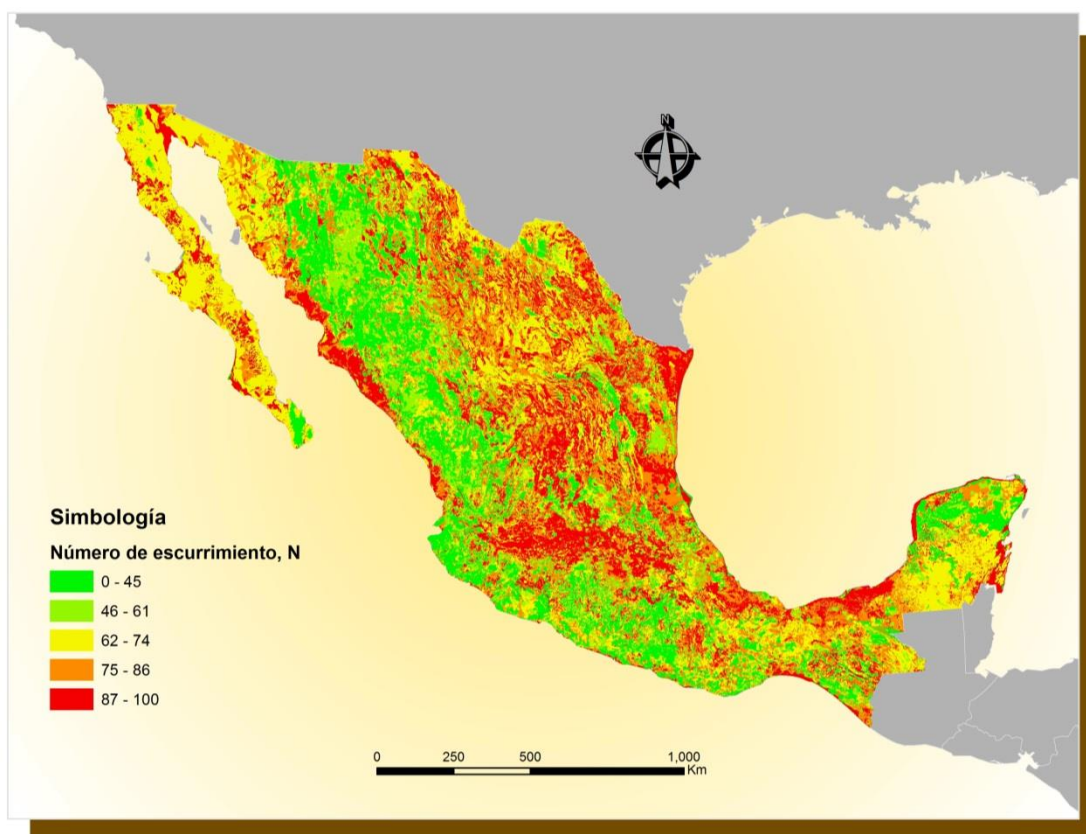
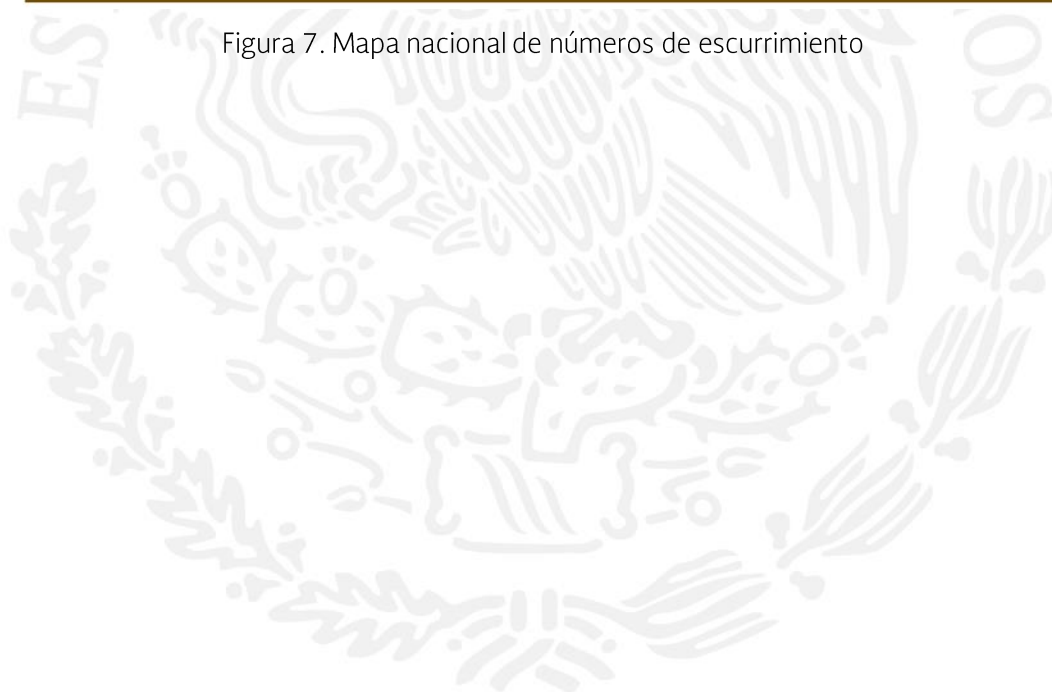


Figura 7. Mapa nacional de números de escurrimiento



4.4. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA CALCULAR EL NÚMERO DE ESCURRIMIENTO POR CUENCA

La aplicación se implementó utilizando estándares abiertos y tecnologías Open Source para realizar consultas y generar resultados sobre información geográfica. La aplicación se desarrolló utilizando varios lenguajes de programación para definir la parte estructural de la aplicación, así como las rutinas de cálculo y la generación de los resultados.

4.4.1. PAQUETERÍA UTILIZADA

El sistema web para el cálculo de números de escurrimiento se desarrolló en plataforma .Net Framework utilizando las tecnologías para desarrollo web Cliente-Servidor con los lenguajes de programación por parte del cliente AspX.Net, servicios de mapa de Google Maps y la Api de desarrollo para javascript de Google Maps v3, complementos de desarrollo javascript jQuery v1.11.1 y hojas de estilo CSS3. Del lado del servidor se utilizó el lenguaje C# WebForm, servicios web para la petición de datos en tiempo real del cálculo, el servidor web utilizado es Internet Information Service 7 (IIS 7), utilizando librerías de MapWindowGIS v4.9.4.0 para la manipulación de capas geográficas (ShapeFile de ESRI), manipulación de archivos .zip con las librerías de Ionic.Zip y propias de C# .Net Framework v4.5, una base de datos para guardar los datos y valores de escurrimiento de los polígonos que conforman el mapa nacional. La base de datos se encuentra en el servidor de base de datos SQL Server 2008 Express.

El sistema de escritorio para el cálculo de números de escurrimiento se desarrolló con las librerías de C# .Net Framework v4.5, utilizando las librerías de MapWindowGIS v4.9.4.0 de escritorio para el manejo de capas geográficas (ShapeFile ESRI), generando un ejecutable (setup.exe) para la instalación en equipos de cómputo personales que lo requieran. Dicho ejecutable se puede descargar desde el sitio web del Visor de Números de Escurrimiento.

El sistema coordenado que se definió fue la proyección Cónica Conforme de Lambert con los parámetros propuestos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el país, con datum ITRF92:

Cónica Conforme de Lambert

False Easting: 2'500,000.0

False Northing: 0

Central Meridian: -102.0

Standard Parallel 1:	17.5
Standard Parallel 2:	29.5
Central Parallel:	12.0
Unidad Lineal:	Meter
Datum:	ITRF 1992

4.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFACE

La liga para consultar el Visor de Números de Esguerrimieuto (VNE) es la siguiente direccióu, y su desarrollo e implementación se describen en su respectiva sección dentro de este documento:

<http://hidrosuperf.imta.mx/VNE>

La interfaz presenta básicamente una pantalla de visualización con un basemap de fondo para dar referencia de la zona a estudiar. Desde ahí se ejecutan los cálculos del valor de Nmedio mediante el ícono **Nuevo Cálculo**.

Al seleccionar este ícono se despliega un asistente donde el usuario deberá elegir su archivo de subcuencas en formato Shapefile contenido en una carpeta comprimida en formato .zip. El archivo Shapefile deberá estar en proyección Cónica Conforme de Lambert con datum ITRF92. Posteriormente se debe asignar un nombre al resultado del cálculo, el cual se podrá descargar al equipo de cómputo del usuario.

Dicho resultado se visualizará en pantalla con la simbología de acuerdo con su valor de N medio. El resultado que descarga el usuario se encuentra en formato Shapefile dentro de una carpeta comprimida .zip, con la misma proyección geográfica.



Figura 8. Interfaz del Visor de Números de Esguimiento, VNE

Adicionalmente, la interface muestra información general de la herramienta así como los datos de contacto. También está la posibilidad de descargar la versión de escritorio del VNE, para lo cual, una vez descargados los archivos, se deberán seguir las siguientes instrucciones:

- 1.- Instalar MWGISv4.9.4.0-Win32.exe previamente antes de VNE.exe
- 2.- Instalar VNE (Setup.exe)

4.5. MANUAL DE USUARIO

El manual de usuario describe los requerimientos mínimos del equipo de cómputo, la instalación de las herramientas requeridas para el funcionamiento del sistema, la metodología de cálculo y los anexos necesarios para su correcta utilización. Dicho documento se puede consultar directamente desde la interfaz del VNE. Enseguida se detalla el contenido del manual de usuario.

4.5.1. REQUERIMIENTOS PARA CONSULTA

Para realizar una consulta en el VNE versión web se deben considerar los siguientes requerimientos: el archivo de subcuencas que cargue el usuario deberá estar en proyección Cónica Conforme de Lambert con datum ITRF92, contenido en una carpeta comprimida en formato .zip. Para la versión VNE de escritorio únicamente se debe considerar que el archivo Shapefile esté en proyección Cónica Conforme de Lambert con datum ITRF92, ya que lee directamente el formato geográfico shapefile.

4.5.2. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para realizar el cálculo del número de escurrimiento medio en cuencas nacionales se debe partir de la capa base nacional anteriormente descrita, la cual contiene los valores de N de todo el país para cada uno de los elementos tipo polígono dentro de la capa.

Para explicar a detalle el procedimiento se tomará como ejemplo una pequeña cuenca localizada en el estado de Michoacán, la cual cuenta con una extensión de 113.371619 km².

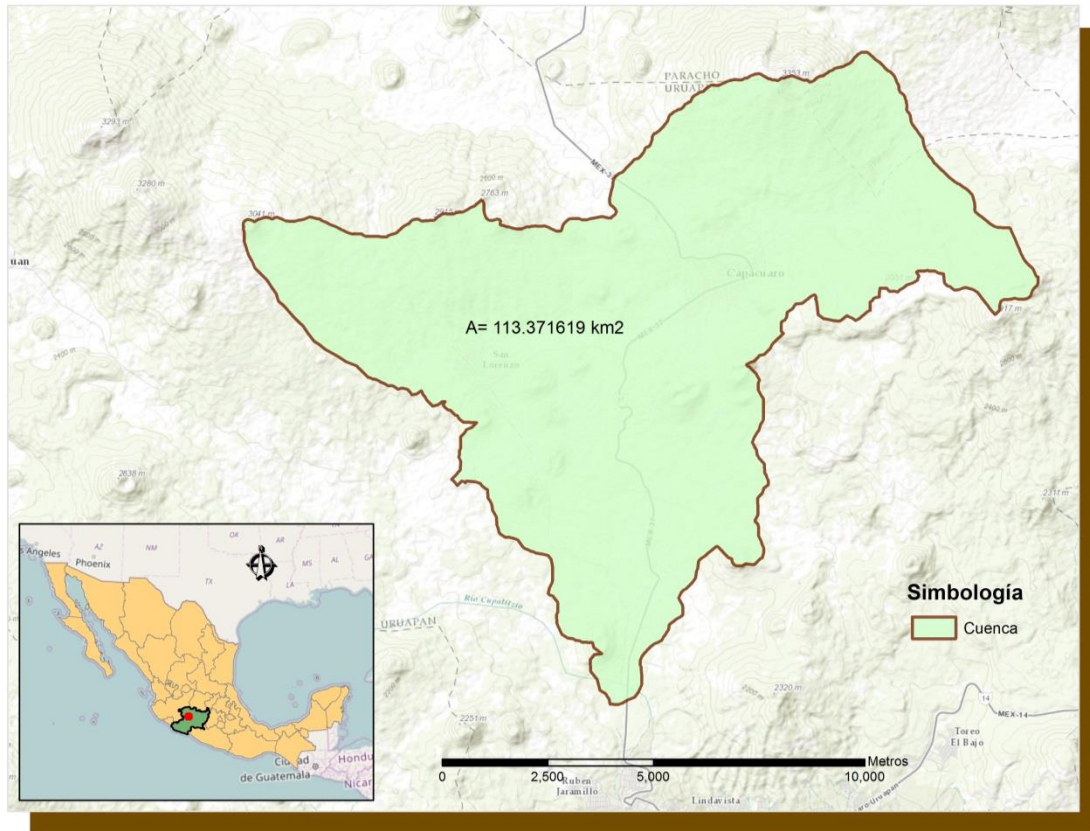


Figura 9. Cuenca localizada en el estado de Michoacán

A continuación se muestra la capa base nacional de números de escurrimiento y el contorno de la cuenca a la que se requiere calcular el valor de N medio.

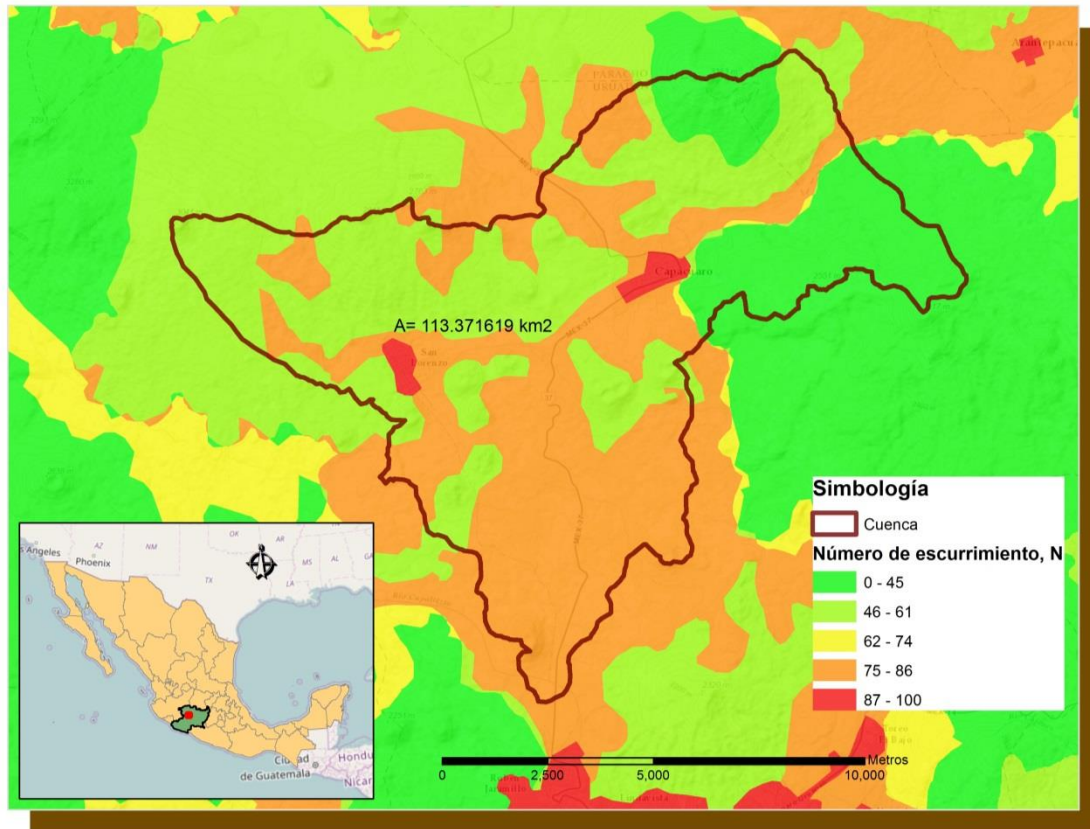


Figura 10. Capa base de números de escurrimiento

A continuación se recorta la capa base conforme al contorno de la cuenca de estudio. Posteriormente se calculan las áreas de los polígonos del recorte y se hace la ponderación del número de escurrimiento N, es decir, se multiplica el valor de N de cada polígono por su porcentaje de área respecto al área total de la cuenca.

La tabla número 30 muestra los resultados del número de escurrimiento N medio para la cuenca de estudio, el valor del campo ponderación resulta de multiplicar el campo **VALOR DE N** por el campo **ÁREA, M2** dividido entre 1,000,000 para fines de conversión a kilómetros cuadrados, dividido entre el área total de la cuenca. La expresión es la siguiente:

$$[\text{PONDERACIÓN}] = [\text{VALOR DE N}] * (([\text{ÁREA, M2}]/1000000) / 113.371619)$$

Finalmente, la sumatoria del campo PONDERACIÓN corresponde al valor del número de escurrimiento N medio para la cuenca analizada, cuyo valor resulta de **N= 63.24**.

Tabla 30. Cálculo del número de escurrimiento Nmedio en la cuenca de estudio

GRUPO	CLASIFICACIÓN	TIPO DE VEGETACIÓN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	VALOR DE N	ÁREA, M ²	PONDERACIÓN
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	279211.64	0.20
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	BUENA	78	2459532.86	1.69
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	REGULAR	60	2411447.08	1.28
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	144009.13	0.10
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	136829.70	0.10
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	1775437.60	0.86
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	REGULAR	60	1326210.48	0.70
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	934765.76	0.67
LEPTOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	30	1303007.97	0.34
LEPTOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	30	7320075.13	1.94
LEPTOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	71	227956.46	0.14
LEPTOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	71	1911.79	0.00
LEPTOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	30	1499995.64	0.40
LEPTOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	30	3646106.02	0.96
LEPTOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	71	82769.48	0.05
ANDOSOL	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	NO APLICABLE	MALA	98	0.81	0.00
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	341171.32	0.24
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	55	1300258.70	0.63
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	12503728.15	6.07
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	2386504.38	1.71
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	27156.79	0.01
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	REGULAR	60	1487118.31	0.79
ANDOSOL	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	NO APLICABLE	MALA	98	1402.25	0.00
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	REGULAR	60	797152.13	0.42
ANDOSOL	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	NO APLICABLE	MALA	98	74.41	0.00
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	55	187520.24	0.09
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	55	199594.93	0.10
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	61671.38	0.03
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	705445.78	0.34

ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	19983645.58	14.28
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	11096584.70	7.93
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	BUENA	78	5333233.80	3.67
ANDOSOL	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	NO APLICABLE	MALA	98	93.97	0.00
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	1137889.00	0.81
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	4682691.57	2.27
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	2358047.34	1.14
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	55	2248468.79	1.09
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	1949799.79	1.39
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	30	4755547.03	1.26
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	55	734.12	0.00
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	52321.08	0.04
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	55	42302.88	0.02
ANDOSOL	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	55	10177236.24	4.94
ANDOSOL	PASTIZALES CONTINUO PASTOREO	FORRAJE PARA PASTIZAL INDUCIDO	MALA	79	1726833.37	1.20
ANDOSOL	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	81	2499550.40	1.79
LOCALIDAD	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	NO APLICABLE	MALA	98	749259.67	0.65
LOCALIDAD	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO-ENCINO	BUENA	70	20.47	0.00
LOCALIDAD	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	91	189.77	0.00
LOCALIDAD	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	NO APLICABLE	MALA	98	1028803.72	0.89
LOCALIDAD	BOSQUE Y SELVA	BOSQUE DE PINO	BUENA	70	88.80	0.00
LOCALIDAD	TIERRA CULTIVADA	NO APLICABLE	MALA	91	210.17	0.00
Valor del número de escurrimiento medio $\Sigma =$						63.24

A continuación se muestra una imagen correspondiente al valor del número de escurrimiento N medio para la cuenca bajo condiciones normales, cuyo valor se encuentra en el campo **N_condN** dentro de la tabla de atributos del archivo geográfico resultante:

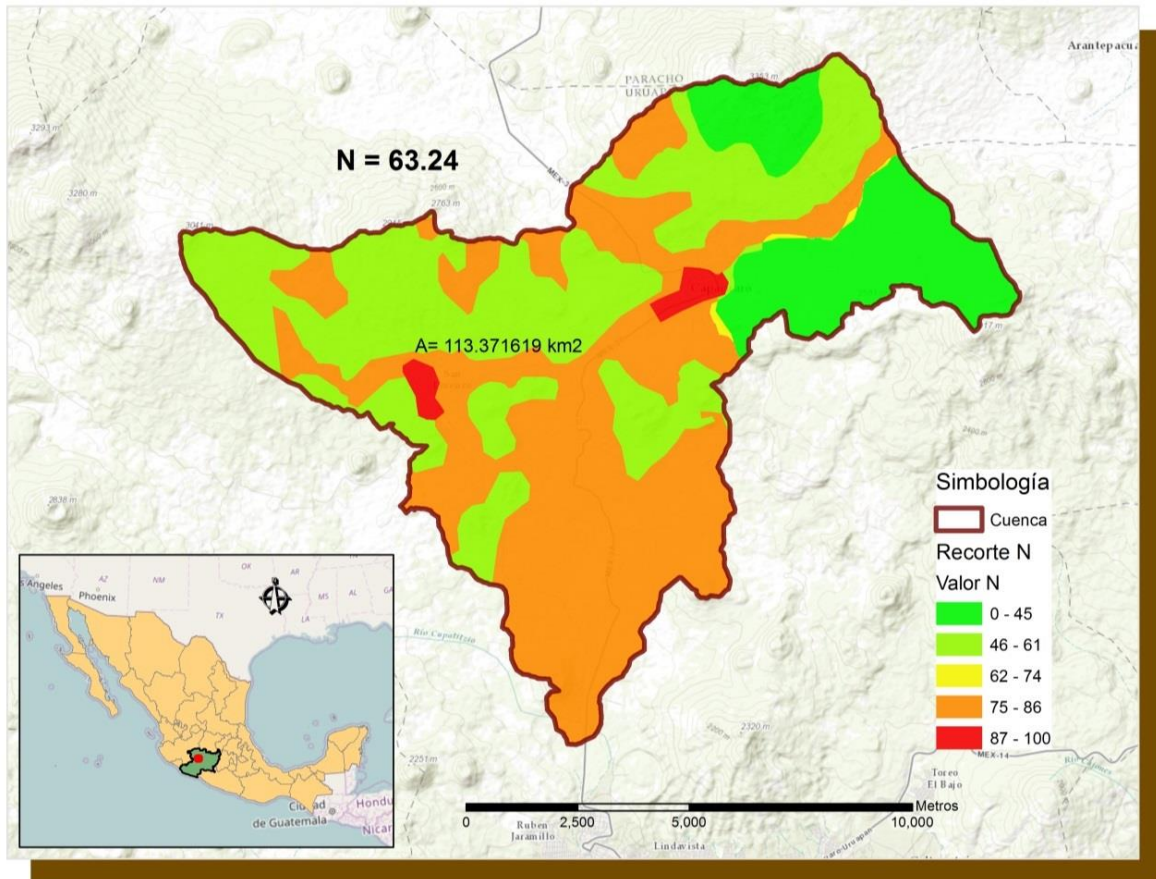


Figura 11. Cálculo del número de escurrimiento N medio de la cuenca

Para tomar en cuenta las condiciones iniciales de humedad del suelo, se hace una corrección a los números de escurrimiento N según la altura de precipitación acumulada cinco días antes de la fecha que se está analizando.

Si la precipitación acumulada está en un rango menor de 2.5 cm se consideran como condiciones secas y se realiza una corrección para disminuir el valor de N (corrección A), si es mayor a 5.0 cm se considera como condiciones húmedas y se aumenta el valor de N (corrección B), si se encuentra entre 2.5 y 5.0 cm el valor de N no se modifica, lo que se considera como condiciones normales de humedad.

Las correcciones por humedad antecedente se realizan conforme a la tabla 31. Cabe aclarar que para valores intermedios de N se debe interpolar entre dichos valores recomendados. Los campos que contienen los valores ajustados por humedad antecedente dentro de la tabla resultante son: **N_CorrA**, para condiciones secas y **N_CorrB**, para condiciones húmedas.

Tabla 31. Correcciones al valor de N para considerar la humedad antecedente

N, condiciones normales	N, corrección A (seco)	N, corrección B (húmedo)
0	0	0
10	4	22
20	9	37
30	15	50
40	22	60
50	31	70
60	40	78
70	51	85
80	63	91
90	78	96
100	100	100

Para considerar la pendiente del terreno en la aplicación del método, se hace referencia al trabajo sobre la descripción del modelo EPIC (Sharpley & Williams, 1990), que es un modelo que predice el impacto de la erosión del suelo en la productividad de los cultivos y el cual también simula erosión, se asume que el valor de CN del manual para la condición de humedad II (condiciones normales) es adecuado para terrenos con pendiente de hasta 5%, por lo que proponen la siguiente ecuación para ajustar el valor para otras pendientes, ya sea una pendiente muy baja cercana a cero %, o mayores de 5%:

$$CN_{2S} = \frac{1}{3}(CN_3 - CN_2)(1 - 2e^{-13.86S}) + CN_2$$

Donde: **CN_{2S}** es el valor del número de escurrimiento corregido por pendiente; **CN₃**, **CN₂** son los valores del número de escurrimiento para condiciones húmedas y normales por lluvia antecedente respectivamente; **S** es el valor de la pendiente del terreno en porcentaje.

Las correcciones por pendiente se realizan conforme a la ecuación anterior. Los campos dentro de la tabla de atributos del archivo resultante que contienen los valores ajustados por pendiente son: **N_corrS0**, para pendientes muy bajas cercanas a cero y **N_corrS**, para pendientes mayores a 5%.

4.5.3. METADATOS

A continuación se presentan los datos generales sobre el archivo resultante de la consulta en el Visor de Números de Esgurrimiento (VNE).

Propósito: Mostrar la variación del número de escurrimiento en la cuenca de estudio de acuerdo con el tipo de suelo, cobertura vegetal y usos del suelo, pendiente del terreno y humedad antecedente, para obtener el valor del número de escurrimiento medio de la cuenca.

Resumen: El Visor de Números de Esgurrimiento (VNE) es una herramienta que calcula el número de escurrimiento “N” medio en cualquier cuenca del país, considerando el tipo de suelo o edafología y la cobertura vegetal y uso del suelo. También se realizan cálculos para corregir el valor de “N” de acuerdo con la pendiente del terreno y con la humedad antecedente en la cuenca. Los insumos principales para desarrollar la aplicación fueron el Conjunto de Datos Vectorial Edafológico escala 1:250,000 Serie II y los archivos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie V escala 1:250,000, publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La información vectorial fue reclasificada de acuerdo con la metodología de los números de escurrimiento N, propuesto por el United States Soil Conservation Service (USSCS, hoy NRCS).

Palabras clave: Edafología, Hidrología, número de escurrimiento, cobertura vegetal, usos del suelo.

Créditos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Hidrología, Subcoordinación de Hidrología Superficial.

Cita: Para citar la aplicación se deberá realizar de la siguiente manera:

Ben-Hur Ruiz Morelos, Pedro Rivera Ruiz, Marco A. Salas Salinas. (2016). Visor de Números de Esgurrimiento (VNE), versión 1.0. Diciembre 2016, Subcoordinación de Hidrología Superficial, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Sitio web: <http://hidrosuperf.imta.mx/VNE/>

Estado: Publicado. Diciembre, 2016.

Referencia espacial: Proyección Cónica Conforme de Lambert datum ITRF92

(CCL_ITRF_1992)

Falso Este: 2'500,000.0

Falso Norte: 0.0

Meridiano Central: -102.0

1er Paralelo Estándar: 17.5
2o Paralelo Estándar: 29.5
Latitud al Origen: 12.0
Unidad Lineal: Metro (1.0)
Datum: ITRF1992

Mantenimiento: Conforme sea necesario, de acuerdo con la disponibilidad de nueva información geográfica sobre edafología y cobertura vegetal y usos del suelo.

Restricciones: Ninguna. Es responsabilidad del usuario interpretar los resultados que genera la aplicación para su posterior utilización en cálculos hidrológicos.

Tabla de atributos: Los resultados del cálculo se encuentran en los siguientes campos:

N_condN: valor del número de escurrimiento medio de la cuenca bajo condiciones normales.

N_CorrA: corrección al valor del número de escurrimiento medio de la cuenca para condiciones secas.

N_CorrB: corrección al valor del número de escurrimiento medio de la cuenca para condiciones húmedas.

N_corrS0: corrección al valor del número de escurrimiento medio de la cuenca para pendientes muy bajas, cercanas a cero.

N_corrS: corrección al valor del número de escurrimiento medio de la cuenca para pendientes mayores a 5%.

La tabla de atributos contiene además otros campos con información del INEGI que describen las características del tipo de suelo y la cobertura vegetal y usos del suelo.

Contacto: M.I. Ben-Hur Ruiz Morelos

Subcoordinación de Hidrología Superficial.

Coordinación de Hidrología.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550.

Tel: (777) 329-3600, ext. 807

ben_morelos@tlaloc.imta.mx

5. RESULTADOS

5.1. MAPA Y CATÁLOGO NACIONAL DE NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO

Se generó un mapa a nivel nacional con el que se calcula el número de escurrimiento N medio en cualquier cuenca nacional de interés. El mapa nacional se presenta en una interfaz de usuario amigable y de fácil uso en la cual se realizan los cálculos de esta variable hidrológica y se visualizan los resultados.

El mapa nacional presenta dentro de su tabla de atributos, el catálogo nacional de números de escurrimiento, el cual se contruyó a partir de los datos de tipo de suelo y cobertura vegetal y usos del suelo. Dicho catálogo se muestra parcialmente en el Anexo A, y se adjunta de manera completa y digital en archivo adjunto al presente informe.

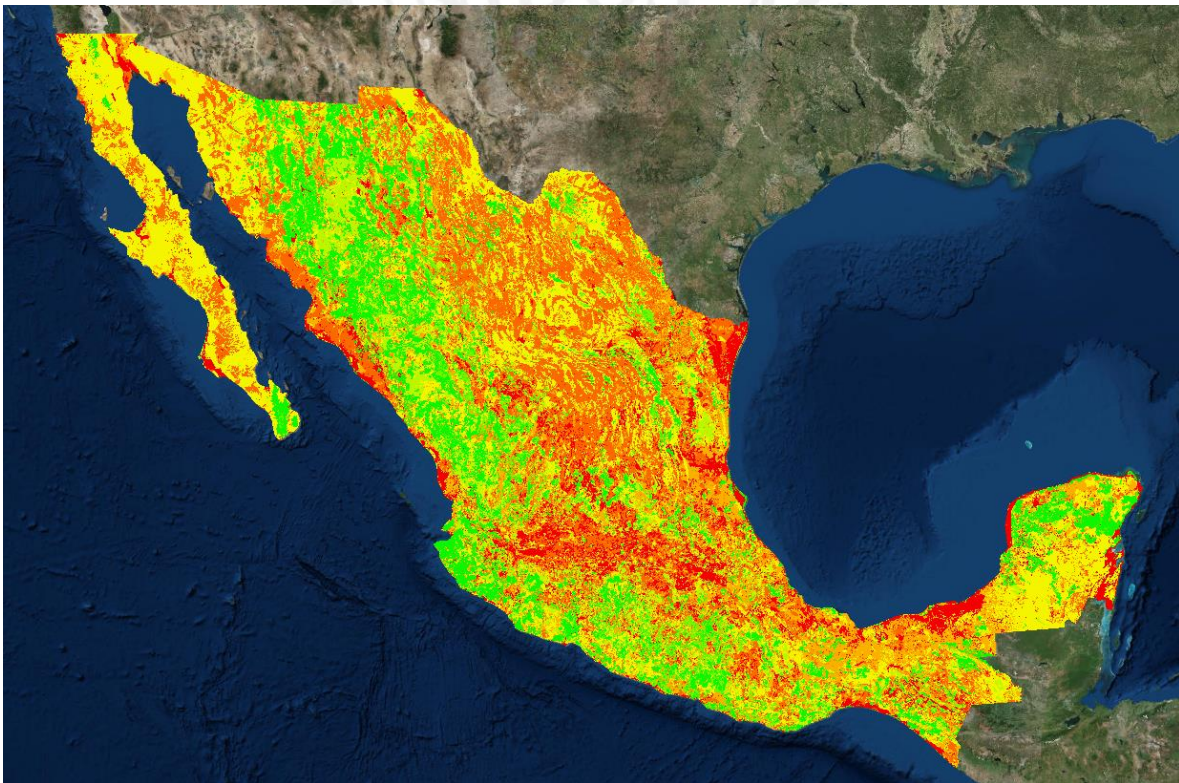


Figura 12. Mapa nacional de números de escurrimiento

5.2. UNA APLICACIÓN QUE CONTIENE EL ALGORITMO PARA CALCULAR EL NÚMERO DE ESCURRIMIENTO MEDIO EN CUENCAS NACIONALES MEDIANTE PROCESOS GEOGRÁFICOS

Se desarrolló una aplicación que contiene el algoritmo para calcular el número de escurrimiento medio en cuencas nacionales a partir de procesos geográficos.

La aplicación permite localizar una zona de estudio en particular, realizando la activación de capas geográficas de contexto (basemaps).

La aplicación se implementó utilizando estándares abiertos y tecnologías libres (Open Source) para la consulta y procesamiento de la información geográfica. A partir de la aplicación web se puede descargar un ejecutable que instala la versión de escritorio de esta aplicación en cualquier equipo de cómputo personal.

La liga para consultar el VNE es la siguiente dirección:

<http://hidrosuperf.imta.mx/VNE>



Figura 13. Visor de Números de Esgurrimiento, VNE

6. CONCLUSIONES

El uso de la metodología CN-SCS, ahora NRCS, es una de las más difundidas a nivel global para estimar escurrimientos. Algunos autores cuestionan el sustento hidrológico y matemático de las ecuaciones además de sus supuestos, sin embargo su uso se ha difundido debido a la disponibilidad de la información o a la relativa facilidad para obtenerla. Algunos autores para dar certidumbre a sus trabajos han realizado observaciones directas en lotes y parcelas bajo condiciones controladas para obtener valores de CN para condiciones específicas. Sin embargo dada la necesidad de establecer la modelación de la relación precipitación escurrimiento en la gestión y manejo de cuencas, el uso de esta metodología resulta conveniente puesto que en el caso particular de México la disponibilidad de información es más bien escasa. También en el caso de México, los trabajos se han enfocado en condiciones de alto potencial de escurrimiento, como es el caso del trópico y en sitios bajo condiciones experimentales, por lo que no existen valores de CN que puedan generalizarse a todo el territorio nacional, de ahí que es necesario en el empleo de esta metodología la utilización de la tabla de valores de CN presentada en la fuente original.

En el presente trabajo, la obtención de los grupos hidrológicos de suelos y de las condiciones hidrológicas para los tipos de vegetación, se realizó con base en las descripciones que se hacen de cada grupo hidrológico en la fuente original y la descripción general de las unidades de suelo y de sus descriptores primarios, de los cuales se infieren características que permiten ubicarlos dentro de los grupos descritos. Para el caso de la vegetación, los campos de la información geográfica describen de manera general las condiciones de dicha vegetación y uso de suelo, de los que también se infiere las condiciones hidrológicas. Con esta información se espera que los valores obtenidos de CN sean bastante aproximados al considerar también la escala de trabajo, sin embargo para trabajos más específicos a una mayor escala la información se tendrá que validar con observaciones de campo.

Se cuenta con un mapa nacional del número de escurrimiento N, a partir del cual se calcula el valor de N medio en cualquier cuenca de interés, para apoyar en la solución de diversos problemas hidrológicos. La aplicación se desarrolló utilizando estándares abiertos y tecnologías libres (Open Source) para la consulta y procesamiento de la información geográfica.

El catálogo y mapa nacionales de números de escurrimientos deberá ser actualizado en la medida que se cuente con nueva información sobre edafología y cobertura vegetal y usos del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Salado, O. T. (2012). Sistema para la planeación y diseño de obras de conservación de suelo y agua. Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de Mexico, México: Colegio de Posgraduados. Obtenido de: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/756/Aguirre_Salado_OT_MC_Hidrociencias_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aparicio Mijares, F. J. (1989). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa. México.
- Canaca Calderón, R. L. (2008). Relación precipitación-escurrimiento para diferentes sistemas de majeo de suelos. Montecillo, Estado de México: Colegio de Posgraduados.
- Chagas, C. I., Santanatoglia, O. J., Cadtiglioni, M. G., Massobrio, M. J., Bujan, A., & Irurtia, C. (2008). Número de curva de escurrimiento para una microcuenca de pama ondulado bajo labranza convencional siembra directa. *Ciencia del suelo*, 26(1), 63-69.
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97. Recuperado el 21 de 05 de 2016, de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000501>
- d'Oleire-Oltmanns, S., Marzloff, I., Daniel Peter, K., & Ries, J. (2012). Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion. *Remote Sensing*, 4, 3390-3416. Recuperado el 23 de 5 de 2012, de: https://www.researchgate.net/publication/235916895_Unmanned_Aerial_Vehicle_UAV_for_Monitoring_Soil_Erosion_in_Morocco
- D'Asaro, F., & Grillone, G. (27 de June de 2010). Runoff cuerve number method in Sicily: CN etermination and analisys of the initial abstraction ratio. 2nd Joint Federal Interagency Conference. Las Vegas, Nevada. Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de: https://acwi.gov/sos/pubs/2ndJFIC/Contents/11E_D'Asaro_Grillone.pdf

- Ferrér, M., Rodríguez, J., & Estrela, T. (Diciembre de 1995). Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica. *Ingeniería del agua*, 2(4), 43-58.
- Fogleman, B. (28 de April de 2009). Use of Multiple-Return and Bare-Earth LIDAR Data to Identify Bare Areas Susceptible to Erosion MacRidge, Training Area J, Fort Bragg, NC. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de: http://www.geomodeler.com/Documents/bragg_Main_optimized.pdf
- Francisco Nicolás, N., Turrent Fernandez, A., Flores López, H. E., Martínez Menes, M. R., & Enriquez Quiroz, J. F. (2010). Estimación del escurrimiento superficial con el método SCS-CN en el trópico subhúmedo de México. *Terra Latinoamericana*, 28(1), 71-78.
- García Aguirre, M. C. (2008). Efecto de la deforestación en la hidrología del sur y oeste de la Ciudad de México 1973-2002. Tesis de Doctorado. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México: Colegio de Posgraduados. Obtenido de: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1479/Garcia_Aguirre_MC_Botanica_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gaspari, F. J., Senisterra, G. E., & Marlats, R. M. (2007). Relación precipitación - escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso de suelo. Cuenca modal del sistema serrano de la Ventana, Argentina. *REvista de la Facultad de Ciencias Agrícolas*, XXXIX(1), 21-28.
- Her, Y., & Jeong, J. (July de 2016). Alternative CN averaging methods for determining representative CN of a watershed. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 142(6).
- Hong, Y., & Adler, R. F. (20 de January de 2008). Estimation of global SCS curve numbers using satellite remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 29(2), 471-477.
- Huang, M., Gallichand, J., Dong, C., Wang, Z., & Shao, M. (2006). Use of soil moisture data and curve number metod for estimating runoff in the Loess Plateau of Chicna. *Hydrological Processes*, 21(11), 1471-1481. doi:10.1002/hyp.6312

Jenkins, D., & Vasigh, B. (March de 2013). The economic impact of unmanned aircraft systems integration in the United States. AUVSI Economic Report 2013. Recuperado el 15 de Mayo de 2016, de: http://robohub.org/_uploads/AUVSI_New_Economic_Report_2013_Full.pdf

Juárez Méndez, J., Ibañez Castillo, L. A., Pérez Nieto, S., & Arellano Monterosas, J. L. (2009). Uso de suelo y su efecto sobre los escurrimientos en la cuenca del Río Huehuetán. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 1(2), 69-76.

Kurczyn Robledo, J. A., Kretzchmar, T., & Hinojosa Corona, A. (2007). Evaluación del escurrimiento superficial en el noreste del Valle de Guadalupe, B. C., México, usando el método de curvas numeradas y datos de satélite. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24(1), 1-14. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57224101>

Lavao Pastrana, S. A. (Julio de 2014). Aplicación de la teoría del Número d Curva (CN) a una cuenca de montaña. Caso de estudio: Cuenca del Río Murca, mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica. Diplomado SIG y sensores remotos aplicados a recursos hídricos. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Estudios a Distancia. Obtenido de: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13331/1/Trabajo%20de%20Grado%20Sergio%20Lavao.pdf>

López Paniagua, C. (2007). Estudio de mercado del servicio ambiental hidrológico en la Cuenca de Tapalpa, Jalisco. Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México: Colegio de Posgraduados. Obtenido de: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1606/Lopez_Paniagua_C_MC_Forestal_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mata Espinosa, H. A. (2008). El modelo de simulación hidrológica SWAT aplicado en la Cuenca del Río Amajac, Hidalgo, México. Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México: Colegio de Posgraduados. Obtenido de:

http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1600/Mata_Espinosa_HA_MC_Hidrociencias_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Miranda Aragón, L. (2008). Dinámica de uso de suelo y su efecto en el escurrimiento superficial en la cuenca del Río Grande, Tlachalpa, Guerrero. Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México: Colegio de Posgraduados.
- Mishra, S. K., & Singh, V. P. (2003). Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) methodology (Vol. 42). Springer Science Business Media, B. V. doi:10.1007/978-94-017-0147-1
- Mociño Velázquez, K. G. (2015). La cobertura y uso de suelo en la producción de sedimentos y escurrimientos superficiales en la Cuenca El Tejocote, México, mediante el modelo hidrológico SWAT. Tesis de Maestría. Toluca, Estado de México: Facultad de Química. UAEMEX.
- Mongil Manso, J. (2010). Adaptación de las tablas del Numero de Curva para las formaciones vegetales del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (Isla de la Palma, España). Boletín Geológico y Minero, 121(2), 179-188.
- Moore, D. S. (2015). NRCS post-fire hydrologic modeling in New Mexico 2012. Proceedings of papers of the 5th Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference and the 10th Federal Interagency Sedimentation Conference. Reno, Nevada. Obtenido de: <https://acwi.gov/sos/pubs/3rdJFIC/Contents/5E-Moore.pdf>
- Paz-Pellat, F. (2009). Mitos y falacias del método hidrológico del número de curva del SCS/NRCS. *Agrociencias*, 43(5), 521-528.
- Rodríguez Rodríguez, J. (2010). Modelación hidrológica y análisis de factibilidad técnica y económica del proyecto de temporal tecnificado de ampliación del Bajo Papaloapan-Tesechoacan, Estado de Veracruz. Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México: Colegio de Posgraduados. Obtenido de: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1>

76/Rodriguez_Rodriguez_J_MC_Hidrociencias_2010.pdf?sequence=1
&isAllowed=y

Sánchez Cohen, I., Velázquez Valle, M., Jasso Ibarra, R., & González Barrios, J. L. (Julio-septiembre de 2003). Caracterización de la retención potencial máxima de humedad en el suelo del método SCS-CN. Aplicación a una cuenca de México. *Ingeniería hidráulica en México*, XVIII(3), 111-117.

Sánchez Orta, S. (2010). Caracterización morfométrica y simulación del balance de la Cuenca "Tres Valles S. L. P". Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México: Colegio de Posgraduados.

Obtenido de:

http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/160/Sanchez_Orta_S_MC_Hidrociencias_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sharpley, A. N., & Williams, J. R. (1990). EPIC Erosion Productivity Impact Calculator. Model documentation. Technical bulletin Number 1768. United States: USDA. Obtenido de:

<http://epicapex.tamu.edu/files/2015/05/EpicModelDocumentation.pdf>

Soulis, K. X., & Valiantzas, J. D. (28 de Abril de 2012). SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watersheds-the two-CN system approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1001-1015. doi:10.5194/hess-16-1001-2012

Tapia Vargas, M., Tiscareño López, M., Oropeza Mota, J. L., Stone, J. J., & Velázquez Valle, M. (2000). Simulación de escurrimiento y salida de sedimentos en cinco prácticas de manejo de suelo. *Agrociencia*, 34(6), 663-675. Obtenido de:

<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2000/nov-dic/art-1.pdf>

Tedela, N. H., McCutcheon, S. C., Rasmussen, T. C., & Hawkins, R. H. (November de 2012). Runoff Curve Numbers for 10 Small Forested Watersheds in the Mountains of the Eastern United States. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17, 1188-1198.

Velázquez Valle, M. A., Muñoz Villalobo, J. A., Sánchez Cohen, I., Macías Rodríguez, H., & Flores López, H. E. (2013). Simulación del impacto del manejo sobre la respuesta hidrológica en una cuenca de pastizal parcialmente instrumentada. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XII(1), 1-12. doi:10.5154/r.rchsza.2012.06.033

Wehmeyer, L. L., Weirich, F. H., & Cuffney, T. F. (2011). Effect of land cover change on runoff curve number estimation in Iowa, 1832–2001. *Ecohydrology*(4), 315–321. doi:10.1002/eco.162



ANEXO A. CATÁLOGO NACIONAL DE NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO

Al conformar un continuo nacional para grupos hidrológicos de suelo y otro continuo nacional para condición hidrológica, el catálogo de valores resultante de la combinación de estas variables resulta una base de datos inoperable al momento de su presentación en tablas, por lo que este catálogo queda integrado en la base de datos de un archivo geográfico vectorial que puede ser desplegado con cualquier software geográfico y en hoja de cálculo que se anexa en formato digital a este informe. Se muestran únicamente los primeros 300 registros.

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
0	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
1	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	HPCC	IEFF	CUERPO DE AGUA	VM	MANGLAR	MALA	100
2	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
3	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
4	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
5	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
6	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
7	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
8	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
9	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	CPC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
10	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
11	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
12	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
13	0	LPmo+RGeulep/2R	LEPTOSOL	Mólico	A	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
14	0	LPcamo/2	LEPTOSOL	Mólico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
15	0	LPcamo/2	LEPTOSOL	Mólico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
16	0	LPcamo/2	LEPTOSOL	Mólico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
17	0	LPcamo/2	LEPTOSOL	Mólico	A	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
18	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
19	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
20	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CPC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
21	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
22	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
23	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
24	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	H2O	H2O	CUERPO DE AGUA	H2O	NO APLICABLE	MALA	100
25	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	HICN	IEFF	CUERPO DE AGUA	VT	TULAR	MALA	100
26	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
27	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
28	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
29	0	RGeulep+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
30	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
31	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
32	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
33	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
34	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
35	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
36	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
37	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
38	0	LPeu+RGeu+PHha/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
39	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
40	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	CPC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	70
41	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	HSCC	IEFF	CUERPO DE AGUA	VSA/VM	MANGLAR	MALA	100
42	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	HSNA	IEFF	CUERPO DE AGUA	Vsa/VM	MANGLAR	MALA	100
43	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
44	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
45	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	66
46	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	66
47	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	HICN	IEFF	CUERPO DE AGUA	VT	TULAR	MALA	100

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
48	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61
49	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	78
50	0	PHlen+RGeu/2	PHAEZEM	Endoléptico	B	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
51	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
52	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
53	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
54	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	HICN	IEFF	CUERPO DE AGUA	VT	TULAR	MALA	100
55	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	HSCC	IEFF	CUERPO DE AGUA	VSA/VM	MANGLAR	MALA	100
56	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	HSNA	IEFF	CUERPO DE AGUA	Vsa/VM	MANGLAR	MALA	100
57	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
58	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
59	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
60	0	RGeu+PHha/2	REGOSOL	Éutrico	A	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
61	0	AReupr/1	ARENSOL	Prótico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
62	0	AReupr/1	ARENSOL	Prótico	A	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
63	0	AReupr/1	ARENSOL	Prótico	A	HSCC	IEFF	CUERPO DE AGUA	VSA/VM	MANGLAR	MALA	100
64	0	AReupr/1	ARENSOL	Prótico	A	HSNA	IEFF	CUERPO DE AGUA	Vsa/VM	MANGLAR	MALA	100
65	0	AReupr/1	ARENSOL	Prótico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
66	0	PHha/2	PHAEZEM	Háplico	B	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
67	0	PHha/2	PHAEZEM	Háplico	B	HSNA	IEFF	CUERPO DE AGUA	Vsa/VM	MANGLAR	MALA	100
68	0	PHha/2	PHAEZEM	Háplico	B	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	81
69	0	PHha/2	PHAEZEM	Háplico	B	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	78
70	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
71	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
72	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
73	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
74	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
75	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
76	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
77	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
78	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
79	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
80	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
81	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
82	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
83	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
84	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
85	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
86	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
87	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
88	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
89	0	LPcali+PHcalep+RGca/2	LEPTOSOL	Lítico	A	ZU	ZU	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	ZU	NO APLICABLE	MALA	98
90	0	RGeulep+LPeu/2	REGOSOL	Epiléptico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
91	0	RGeulep+LPeu/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
92	0	RGeulep+LPeu/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
93	0	RGeulep+LPeu/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
94	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
95	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
96	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
97	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
98	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
99	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
100	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
101	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
102	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
103	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
104	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSh/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
105	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
106	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
107	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
108	0	LPeuli+PHha+RGeu/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
109	0	RGeulep+VRmzcr/3	REGOSOL	Epiléptico	D	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
110	0	RGeulep+VRmzcr/3	REGOSOL	Epiléptico	D	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
111	0	RGeulep+VRmzcr/3	REGOSOL	Epiléptico	D	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	80
112	0	RGeulep+VRmzcr/3	REGOSOL	Epiléptico	D	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	80
113	0	RGeulep+VRmzcr/3	REGOSOL	Epiléptico	D	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	91
114	0	RGeulep+VRmzcr/3	REGOSOL	Epiléptico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
115	0	RGeulep+VRmzcr/3	REGOSOL	Epiléptico	D	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	70
116	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
117	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
118	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
119	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
120	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
121	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSh/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
122	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
123	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
124	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
125	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
126	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
127	0	LPeu+RGeu+PHlen/2	LEPTOSOL	Éutrico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
128	0	LPeuli/3	LEPTOSOL	Lítico	D	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
129	0	LPeuli/3	LEPTOSOL	Lítico	D	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	Vsa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	83
130	0	LPeuli/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	91
131	0	LPeuli/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
132	0	LPeuli/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
133	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
134	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
135	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
136	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
137	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
138	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
139	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSh/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
140	0	LPcali+PHcalep/2	LEPTOSOL	Lítico	A	SSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	MALA	45
141	0	LPcali/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
142	0	LPcali/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
143	0	LPcali/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
144	0	RGeu/1	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
145	0	RGeu/1	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
146	0	RGeu/1	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TS	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	69
147	0	RGeulen/3	REGOSOL	Endoléptico	D	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	91
148	0	RGeulen/3	REGOSOL	Endoléptico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
149	0	RGeulen/3	REGOSOL	Endoléptico	D	IAPF	TS	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	90
150	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
151	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
152	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
153	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	83
154	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	83
155	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	83
156	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	91
157	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
158	0	VRszwso+RGeulep+LPeuli/3	VERTISOL	Sódico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
159	0	LPcali/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
160	0	LPcali/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
161	0	LPcali/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
162	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
163	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
164	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
165	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
166	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
167	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
168	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
169	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
170	0	FLeu/1	FLUVISOL	Éutrico	A	SSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMS	SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	BUENA	30
171	0	RGeu+PHlep/2R	REGOSOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
172	0	RGeu+PHlep/2R	REGOSOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
173	0	RGeu+PHlep/2R	REGOSOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
174	0	RGeu+PHlep/2R	REGOSOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
175	0	RGeu+PHlep/2R	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
176	0	RGeu+PHlep/2R	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
177	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	83
178	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	91
179	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	91
180	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
181	0	LPeuli+LVcr/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TS	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	90
182	0	RGeu/1	REGOSOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
183	0	RGeu/1	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
184	0	RGeu/1	REGOSOL	Éutrico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
185	0	AREupr/1	ARENOSOL	Prótico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
186	0	AREupr/1	ARENOSOL	Prótico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
187	0	AREupr/1	ARENOSOL	Prótico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
188	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
189	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSCA	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	REGULAR	36
190	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
191	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
192	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
193	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	H2O	H2O	CUERPO DE AGUA	H2O	NO APLICABLE	MALA	100
194	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
195	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
196	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TS	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	69
197	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	70
198	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	70
199	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	83
200	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	83
201	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	80
202	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	80
203	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
204	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	80
205	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	80
206	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	91
207	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	89
208	0	LPeuli+LVcrlep/3	LEPTOSOL	Lítico	D	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	80
209	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
210	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
211	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
212	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
213	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
214	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
215	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
216	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
217	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
218	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
219	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	TP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	67
220	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
221	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epiléptico	A	IAPF	RAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	69
222	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
223	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
224	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
225	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
226	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
227	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
228	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
229	0	LPeuli+PHlen/2	LEPTOSOL	Lítico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
230	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
231	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
232	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
233	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
234	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
235	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
236	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	RAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	69
237	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
238	0	FLeu/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
239	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
240	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
241	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSCA	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	REGULAR	36
242	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
243	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
244	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
245	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
246	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
247	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
248	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
249	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
250	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
251	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	45
252	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
253	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
254	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
255	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
256	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	IAPF	TA	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
257	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
258	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
259	0	LPmosk+PHsklep+RGeu/2R	LEPTOSOL	Esquelético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	30
260	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
261	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	BUENA	30
262	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
263	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
264	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
265	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	IAPF	RAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	69
266	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
267	0	RGeulep+LPeuli+PHlep/2	REGOSOL	Epilético	A	IAPF	TAS	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
268	0	FLeu+PHha/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
269	0	FLeu+PHha/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	BUENA	30
270	0	FLeu+PHha/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45
271	0	FLeu+PHha/1R	FLUVISOL	Éutrico	A	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	45

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
272	0	FLeu+PHha/1R	FLUVISOL	Éútrico	A	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	39
273	0	FLeu+PHha/1R	FLUVISOL	Éútrico	A	IAPF	RAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	REGULAR	69
274	0	FLeu+PHha/1R	FLUVISOL	Éútrico	A	IAPF	TAS	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	71
275	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	AH	AH	ESTACIONAMIENTOS CALLES Y CARRETERAS	AH	NO APLICABLE	MALA	98
276	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	55
277	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	55
278	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CPCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	55
279	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSCA	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	REGULAR	60
280	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	55
281	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	BUENA	55
282	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSCC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSA/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	BUENA	55
283	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	66
284	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	66
285	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	66
286	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	MALA	66
287	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	CSSC	IEFF	BOSQUE Y SELVA	VSa/SMC	SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	MALA	66
288	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	H2O	H2O	CUERPO DE AGUA	H2O	NO APLICABLE	MALA	100
289	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	H2O	H2O	CUERPO DE AGUA	H2O	NO APLICABLE	MALA	100
290	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	H2O	H2O	CUERPO DE AGUA	H2O	NO APLICABLE	MALA	100
291	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61
292	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61
293	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61
294	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61
295	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61
296	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	81
297	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	TAP	TIERRA CULTIVADA	IAPF	NO APLICABLE	MALA	81
298	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61
299	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61

FID	D_R	CLAVE_WRB	N_G1	N_CP_G1	GH_SUELO	CVE_D	CVE_G	CLASS_CN	CVE_V	TIP_VEG	COND_HIDRO	VALOR_CN
300	0	PHsklep+RGeu/2	PHAEOZEM	Epiléptico	B	IAPF	PC	PASTIZALES FORRAJE CONTINUO PARA PASTOREO	IAPF	NO APLICABLE	BUENA	61



ANEXO B. CORRECCIÓN POR PENDIENTE DEL TERRENO

A continuación se muestra un ejercicio para validar la fórmula utilizada para realizar la corrección por pendiente del terreno. Dicha fórmula está en función del valor del número de escurrimiento para condiciones normales y para condiciones húmedas por lluvia antecedente. Se muestra la corrección que se hace para pendientes muy cercanas a cero, para lo cual se asumió un valor de 0%. También se hace el ajuste para pendientes mayores a 5%, utilizando un valor de 20%. Cabe aclarar que el resultado para un valor de 6% y 20% es el mismo. También se muestran los porcentajes en que se modifican los valores del número de escurrimiento.

CORRECCIÓN POR PENDIENTE DE LA CUENCA

CN2s= 100 CN2= 100 CN3= 100 S= 20 % 0	CN2s= 92 CN2= 90 CN3= 96 S= 20 % 2.22	CN2s= 83.7 CN2= 80 CN3= 91 S= 20 % 4.58	CN2s= 75 CN2= 70 CN3= 85 S= 20 % 7.14	CN2s= 66 CN2= 60 CN3= 78 S= 20 % 10	CN2s= 56.67 CN2= 50 CN3= 70 S= 20 % 13.33	CN2s= 46.67 CN2= 40 CN3= 60 S= 20 % 16.67	CN2s= 36.7 CN2= 30 CN3= 50 S= 20 % 22.2	CN2s= 25.7 CN2= 20 CN3= 37 S= 20 % 28.3	CN2s= 14 CN2= 10 CN3= 22 S= 20 % 40	CN2s= 0 CN2= 0 CN3= 0 S= 20 %
CN2s= 100 CN2= 100 CN3= 100 S= 5 % 0	CN2s= 92 CN2= 90 CN3= 96 S= 5 % 2.22	CN2s= 83.7 CN2= 80 CN3= 91 S= 5 % 4.58	CN2s= 75 CN2= 70 CN3= 85 S= 5 % 7.14	CN2s= 66 CN2= 60 CN3= 78 S= 5 % 10	CN2s= 56.67 CN2= 50 CN3= 70 S= 5 % 13.33	CN2s= 46.67 CN2= 40 CN3= 60 S= 5 % 16.67	CN2s= 36.7 CN2= 30 CN3= 50 S= 5 % 22.2	CN2s= 25.7 CN2= 20 CN3= 37 S= 5 % 28.3	CN2s= 14 CN2= 10 CN3= 22 S= 5 % 40	CN2s= 0 CN2= 0 CN3= 0 S= 5 %
CN2s= 100 CN2= 100 CN3= 100 S= 0 % 0	CN2s= 88 CN2= 90 CN3= 96 S= 0 % -2.2	CN2s= 76.3 CN2= 80 CN3= 91 S= 0 % -4.58	CN2s= 65 CN2= 70 CN3= 85 S= 0 % -7.1	CN2s= 54 CN2= 60 CN3= 78 S= 0 % -10	CN2s= 43.33 CN2= 50 CN3= 70 S= 0 % -13.3	CN2s= 33.33 CN2= 40 CN3= 60 S= 0 % -16.7	CN2s= 23.3 CN2= 30 CN3= 50 S= 0 % -22.2	CN2s= 14.3 CN2= 20 CN3= 37 S= 0 % -28.3	CN2s= 6 CN2= 10 CN3= 22 S= 0 % -40.0	CN2s= 0 CN2= 0 CN3= 0 S= 0 %

CN2= Valor de N, en condiciones normales
 CN3= Valor de N, en condiciones húmedas
 CN2s= Valor de N, por corrección de pendiente
 S= Pendiente media de la cuenca
 N_corr0 y N_corrS= Campos por corrección de pendiente cero y pendientes mayores a 5%, respectivamente.

$$CN_{2s} = \frac{1}{3} (CN_3 - CN_2) [1 - 2 \exp(-13.86 S)] + CN_2$$