

GeoQ: HERRAMIENTA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA Y ESCORRENTÍA BAJO ENTORNO SIG IDRISI ANDES®.

ALFONSO RODRÍGUEZ VAGARÍA¹, FERNANDA GASPARI²
Cátedra de Manejo de Cuencas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
Universidad Nacional de La Plata
Diagonal 113 N° 469, CP 1900, La Plata. Argentina
Tel: (0054 221) 423 6616 Fax: (0054 221) 425-2346
¹alfonsovagaria@gmail.com ²fgaspari@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN

El exceso de precipitación, o precipitación efectiva, es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. El almacenamiento y procesamiento de información georreferenciada a través de Sistemas de Información Geográfica puede ser automatizado y utilizado para la obtención de nueva información útil para el análisis de la hidrología de superficie. Dentro de los métodos utilizados para determinar la lámina de escorrentía, el número de curva es el de mayor difusión. El objetivo fue generar un modelo de procesamiento automático para el cálculo de la escorrentía bajo entorno SIG *Idrisi Andes*®. Los resultados alcanzados fueron la creación de GeoQ para la modelación, en tres condiciones de humedad antecedente, de la distribución espacial de la lámina de escorrentía según el método del número de curva para cuatro cuencas experimentales bonaerenses de Argentina.

Palabras clave: Escorrentía, Número de curva, Sistemas de Información Geográfica, GeoQ.

GeoQ: AN IDRISI ANDES® GIS TOOL FOR THE DETERMINATION OF THE NUMBER OF CURVE AND RUN-OFF.

ABSTRACT

Excessive rainfall or effective rainfall, precipitation is not retained in the soil surface and also infiltrate the ground. The storage and processing of georeferenced information through Geographic Information Systems can be automatized and used to obtain new information useful for analysis of surface hydrology. Between the methods used to determine the runoff, the curve number is the most widespread. The objective was to generate an automatic processing model for the calculation of runoff under GIS environment *Idrisi Andes*®. The achievements were the creation of GeoQ, for modeling three antecedent moisture conditions, of the spatial distribution of the runoff using the method of curve number for four experimental basins of Buenos Aires of Argentina.

Keywords: Runoff, curve number, Geographical Information Systems, GeoQ.

1. Introducción

La precipitación constituye la principal fuente de agua para el desarrollo de las actividades productivas de una cuenca hidrográfica. El exceso de precipitación, también denominado precipitación efectiva-escorrentía superficial, es la lluvia que no se retiene ni se infiltra en el suelo. La abstracción inicial consiste, principalmente, en la interceptación, la infiltración durante los primeros momentos de la tormenta, y el almacenaje superficial de pequeñas depresiones del terreno (SCS, 1972; Chow *et al.*, 1994).

La cuantificación del excedente superficial de una lluvia constituye la base en la planificación del recurso agua, sea para aumentar el proceso de infiltración en el suelo con el fin de mantenerla disponible para los cultivos, como para disminuir los caudales pico generadores de inundaciones por desborde de los cauces.

La metodología del número de curva (NC) para determinar la escorrentía superficial elaborada por el *Soil Conservation Service* de Estados Unidos es el de mayor difusión cuando se desea obtener una adecuada aproximación (Kent, 1968; SCS, 1972). Es una metodología empírica para el cálculo de la transformación de lluvia-escorrentía que surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo y para distintas condiciones de humedad antecedente. El NC presenta valores de $0 \leq NC \leq 100$. A mayor valor de número de curva las condiciones de escorrentía son más críticas, determinando menor infiltración (López, 1998; Gaspari *et al.*, 2009).

El método del SCS-NC (SCS, 1972) se basa en un balance de agua ([figura1](#)), estableciendo dos hipótesis fundamentales, según las ecuaciones 1 y 2:

$$1. \quad P = Q + F + I_o$$

$$2. \quad \frac{Q}{P - I_o} = \frac{F}{S} \text{ donde } I_o = \lambda \cdot S$$

siendo la escorrentía directa generada (Q) por una tormenta (P), las abstracciones iniciales antes del encharcamiento (I_o), la infiltración (F), según la retención potencial máxima (S) y λ es la proporción de abstracciones iniciales, tradicionalmente considerado un valor de 0,2. La unidad de medida es en milímetros.

Combinando las ecuaciones 1 y 2 se obtiene Q (ecuación 3), considerando válido sólo cuando $P > I_o$, generando $Q = 0$. La ecuación 4 representa el valor de S que depende directamente de NC y de las condiciones de humedad antecedente del suelo (CHA).

$$3. \quad Q = \frac{(P - I_o)^2}{P + 4 \cdot I_o}$$

$$4. \quad S = 254 \cdot \left(\frac{100}{NC} - 1 \right)$$

Zhi-Hua Shi *et al.* (2009) mencionan que los antecedentes del valor de I_o son frecuentemente cuestionados en relación a su validez y aplicabilidad. Mishra *et al.* (2006a;2006b) han aplicado dicha metodología en 84 cuencas (área = 0,17 a 71,99 ha) de los EE.UU., donde investigaron el valor de abstracción inicial (I_a), el potencial máximo de retención (S) y las relaciones que incorporan la humedad antecedente en función de la precipitación. Jain *et al.* (2006) revisaron la relación de I_a - S y proponen una relación no lineal incorporando una tormenta (P) y S . Ponce y Hawkins (1996) sugieren que la fijación de la abstracción inicial en 0,2 puede no ser el número más apropiado y que debe ser interpretado como parámetro regional. La selección de un valor apropiado de I_o/S es crucial para la estimación de la escorrentía directa con el método de SCS-CN (Jain *et al.*, 2006).

En Argentina, el método del NC ha sido ampliamente utilizado para predecir la escorrentía superficial en estudios de diseño de medidas de conservación de suelos, aunque se discute su precisión. Desde 1973 Scotta y sus colaboradores han instalado parcelas de escurrimiento que les permitió iniciar un estudio tendiente a perfeccionar el método de NC en la Estación Experimental Agropecuaria de Paraná (Scotta *et al.*, 1989). Bertoni (1997) aplicó el NC para cuencas rurales para estimar la respuesta hidrológica de la región pampeana ante la implementación de prácticas agrícolas. En el área serrana bonaerense, Gaspari (2002) generó una zonificación del NC a partir del estudio del tipo de suelo y cobertura vegetal a nivel de cuencas hidrográficas, estableciendo un modelo óptimo del comportamiento hidrológico del suelo.

En resumen, el método se basa en que las combinaciones de la zonificación del suelo (según el grupo hidrológico-GH)-vegetación de características semejantes responden de manera análoga bajo el efecto de una tormenta de intensidad variable, aplicado para diferentes condiciones de humedad antecedente (CHA) al momento de producirse una precipitación. Si la lluvia total antecedente a 5 días es menor a 12,7 mm y el suelo se presenta seco, CHA. se denomina I. Si la lluvia es entre 12,7 y 38,1 mm, es decir en condiciones normales, se denomina CHA II. Por último, si el suelo se encuentra húmedo, por una lluvia antecedente mayor a 38,1 mm, CHA es III (Chow *et al.*, 1994; Mintegui y López, 1990; López, 1998; Gaspari *et al.*, 2009).

Los métodos hidrológicos tradicionales que simulen el proceso de la precipitación-escorrentía son difíciles de implementar debido a que los datos meteorológicos son generalmente escasos. Por otra parte, los datos generados con Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, como base de entrada a modelos hidrológicos tradicionales, presentan incompatibilidades entre la estructura y las características geográficas y digitales (Rango, 1985; Pei-Jun Shi *et al.*, 2007).

Mejorar la aplicabilidad del método de NC a nivel geoespacial con bases de datos digitales desarrolla un nuevo acercamiento al procesamiento de información y accesibilidad de datos, porque permite establecer una zonificación de la escorrentía directa por un método que es ampliamente utilizado y de fácil ejecución. El almacenamiento y procesamiento de esta información georreferenciada a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) representa un gran avance en la planificación del uso y conservación los recursos.

Diversas herramientas que constituyen los SIG pueden ser automatizadas y utilizadas para la obtención de nueva información útil para el análisis de la hidrología de superficie. Xiaoyong y Min-Lang (2004) han desarrollado una herramienta informática denominada *ArcCN-Runoff*, una extensión del programa ESRI *ArcGIS*®. Esta herramienta determina el NC y calcula la escorrentía-infiltración para una precipitación a nivel de cuenca hidrográfica.

Otro ejemplo es el modelador de procesamiento de *Idrisi Andes*® (*Idrisi Macro Modeler-IMM*) que comprende un entorno gráfico para la construcción y ejecución de modelos de pasos múltiples. Además permite el procesamiento de un conjunto de mapas temáticos de entrada, a través de modelos matemáticos, para producir uno o varios mapas de respuesta. Estas capas temáticas pueden ser expresadas como una base de datos tabular, vectorial y/o en grilla (Eastman, 2006).

El objetivo del trabajo fue generar un macro-modelo de procesamiento automático geoespacial, GeoQ, para el cálculo de la escorrentía superficial, bajo entorno SIG *Idrisi Andes*®.

2. Materiales y método

La cuantificación de la escorrentía se determinó a través de la metodología del número de curva (NC) (Kent, 1968) y la generación de un modelo cartográfico para su representación geográfica.

El IMM de *Idrisi Andes*® constituye una aplicación para la construcción y procesamiento de un modelo cartográfico digital por medio de una representación gráfica de datos y procedimientos analíticos. La representación gráfica del procesamiento de un modelo cartográfico se realiza por medio de íconos según sea archivo vectorial, raster, de valores, atributos o funciones (Eastman, 2006).

El IMM permite la programación de secuencias analíticas, incluyendo la posibilidad de crear y enlazar submodelos que extiendan la funcionalidad del sistema. Crea bucles de realimentación, usando herramientas de creación automática de mapas raster y estructuras de interacción dinámicas de fácil acceso para el usuario, estableciendo un potente sistema de modelización dinámica. Permite, además, que los objetos puedan ser interconectados dinámicamente en una cadena algorítmica (Eastman, 2006).

La construcción del macro-modelo de procesamiento automático para el cálculo de la escorrentía denominado GeoQ se realizó a través de un entorno gráfico de pasos múltiples. El GeoQ genera como resultado final un mapa de distribución espacial de la lámina de escorrentía, en milímetros.

La zonificación y modelización de la escorrentía bajo entorno SIG *Idrisi Andes*® se estableció por medio de la creación de tres IMM que contemplan la metodología del NC según CHA (I, II, III), denominándose GeoQ I, GeoQ II, GeoQ III, respectivamente.

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", *GeoFocus (Informes y comentarios)*, n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

El procesamiento GeoQ incluye las ecuaciones 3 y 4, generando los mapas respectivos de S, Io y de Q, distribuidos espacialmente en la cuenca según CHA.

Como ejemplo de aplicabilidad del procesamiento automático de GeoQ para el cálculo de la escorrentía bajo entorno SIG *Idrisi Andes®*, se procedió al estudio de caso de cuatro cuencas hidrográficas bonaerenses: Río Quequén Grande, Arroyo Ventana, Arroyo Pillahuinco Grande y Río Sauce Grande ([figura.2](#)). Para ejemplificar el cálculo de la escorrentía con GeoQ se aplicó una lluvia modal extrema de 93 mm para las tres CHA.

3. Resultados y discusión

3.1. Construcción y procesamiento de GeoQ

El GeoQ genera mapas intermedios permanentes, necesarios como archivos de entrada durante las múltiples secuencias para la obtención de la zonificación de la escorrentía superficial en la cuenca (Q). La [figura 3](#) expresa la secuencia del procesamiento de IMM, bajo el entorno gráfico de pasos múltiples, que incluye conversión de archivos vectoriales a raster, asignación automática de valores, operaciones matemáticas entre mapas y reclasificación de categorías para el procedimiento interconectado dinámico.

El GeoQ requiere de tres grupos de datos de inicio ([figura 3](#)), que se describen a continuación:

1. Tres archivos vectoriales de tipo polígono: el límite de cuenca hidrográfica, la zonificación del grupo hidrológico (GH) en dicha cuenca y la distribución de la vegetación y/o uso del suelo (VU) en la cuenca (**cuenca**, **suelos**, **vegetación**, respectivamente, representados como rectángulos de color verde en la [figura 3](#)).
2. Un archivo de atributos de valor con el dato de la tormenta a modelar (en milímetros) (**base precipit**, representado como en un rectángulo de color lila en la [figura 3](#))
3. Un archivo de inicio raster que contenga las especificaciones para la rasterización automática de los archivos vectoriales (**initial**, representado como un rectángulo de color lila en la [figura 3](#)).

A continuación se detalla el listado de los archivos intermedios generados automáticamente por el IMM, expresados en la [figura 3](#), donde se visualizan los comandos ejecutables de *Idrisi Andes®*, en color rosado, y la secuencia automática de ejecución.

1. **base**: mapa para la creación de archivos de constantes, con valor 1 para la cuenca.
2. **100**: mapa de constante con valor 100.
3. **254**: mapa de constante con valor 254.
4. **0.2**: mapa de constante con valor 0,2.
5. **gh**: mapa de códigos de grupos hidrológicos asignados por el usuario.

6. **usos de suelo**: mapa de códigos del uso del suelo asignados por el usuario.
7. **ghusos**: mapa resultante de la suma de **gh** y **usos del suelo**.
8. **cn***: mapa de número de curva.
9. **division***: resultado de la división de la constante **100** y **cn**.
10. **resta***: resultado de la resta entre **division** y **base**.
11. **s***: mapa de la variable S del método del número de curva.
12. **Io***: mapa de la variable Io del método del número de curva.
13. **4Io***: mapa de 4 veces la variable Io del método del número de curva.
14. **base precipit**: mapa para la creación del archivo de precipitación.
15. **pp**: mapa de precipitación asignada por el usuario.
16. **denominador***: resultado de la suma de **pp** y **4Io**.
17. **prsefect***: resultado de la resta de **pp** e **Io**.
18. **ppefect***: mapa resultante de asignar valor 0 a los valores negativos de **prsefect**.
19. **numerador***: mapa resultante de elevar a la potencia 2 **ppefect**.
20. **q1***: mapa resultante de la división entre **numerador** y **denominador**.

* Los índices numéricos adjuntos corresponden a diferentes GeoQ según la condición de humedad antecedente.

3.2. Estudios de caso para aplicación de GeoQ

Las cuencas analizadas como estudio de caso presentan características morfológicas semejantes en relación a la pendiente de la cabecera, que responde a un valor mayor del 12%, y la desembocadura se expresa en áreas de llanura. La superficie determinada con SIG de cada cuenca es: Río Quequén Grande de 994.160 ha, Arroyo Ventana 4.954 ha, Arroyo Pillahuinco Grande 25.123 ha y Río Sauce Grande 150.257 ha.

La caracterización particular de la vegetación y/o uso del suelo en cada cuenca estudiada se basó en los códigos de la [Tabla 1](#). Los valores del número de curva generados por el modelo GeoQ para los cuatro casos de estudio variaron entre 0, representando las lagunas, que no generan escorrentía, hasta alcanzar máximos de 95, indicando áreas serranas con roca en superficie y/o escasa vegetación con predominio de pastizal pobre.

Los datos de inicio para cada caso de estudio se identificaron y zonificaron según:

1. El límite de cuenca (ejemplo en [figura 4a](#)).
2. La distribución del grupo hidrológico de suelo (GH) según denominación del SCS y su respectivo código requerido por GeoQ, A=1, B=2, C=3 y D=4 (ejemplo en [figura 4b](#)), a los que asignó una capacidad de infiltración según la textura, estructura y posición en el terreno (Chow *et al.*, 1994; Mintegui y López, 1990; López, 1998; Gaspari *et al.*, 2009).
3. El mapa de caracterización y zonificación de la cobertura vegetal y uso del suelo (VU) (ejemplo en [figura 4c](#)). El archivo de VU debe ser expresado según los códigos de las Tablas 1.
4. El archivo de atributos de la lluvia aplicada (ejemplo en [figura 4d](#)).

5. El mapa de inicio (ejemplo en [figura 4e](#))

Conociendo el GH al que corresponden los diferentes suelos y la distribución de VU, GeoQ estableció automáticamente el valor del NC en las diferentes zonas de intercepción de la cuenca por un procesamiento de tabulación cruzada (Kent, 1968; Mintegui y López, 1990; Gaspari, 2002; Gaspari y Senisterra, 2006). El NC de la [Tabla 2](#) corresponde a la situación de humedad antecedente del suelo media (condición II), adaptado a la región en estudio, utilizado por GeoQ II.

Los resultados alcanzados con los ejemplos de aplicación de la modelación con GeoQ para las tres condiciones de humedad antecedente se muestran en las [figura 5](#), [figura 6](#), [figura 7](#) y [figura 8](#), que expresan la distribución espacial de los valores de lámina de escorrentía según el método del NC. Esta zonificación permitió visualizar áreas con mayor susceptibilidad a la escorrentía en correspondencia con los mayores valores de NC.

GeoQ se caracteriza por ser un IMM de código abierto ya que los usuarios pueden desarrollar, ampliar y/o adaptar su propia base de datos en GeoQ, simplemente, al corregir un archivo de texto (con el editor).

4. Conclusiones

La utilización de GeoQ permite determinar, cuantificar y zonificar la escorrentía a lo largo del período considerado según las condiciones de humedad antecedente para una lámina de tormenta precipitada sobre la cuenca.

El modelo GeoQ, con aplicación del método del número de curva, es una herramienta útil para el cálculo de la escorrentía a nivel espacial ya que se utilizan datos de suelo y vegetación y/o uso del suelo que, generalmente, son de fácil disponibilidad.

La herramienta GeoQ se puede utilizar para gestionar y para manejar cuencas hidrográficas y proyectos ambientales, sociales e hidrológicos; para estimar descargas y para predecir la respuesta según se asocie a posibles cambios, por ejemplo, medidas de conservación de suelo que induce a modificaciones sobre la topografía, cubierta vegetal, grado de ocupación del terreno y/o desarrollo de una urbanización.

Se pretende divulgar la herramienta GeoQ y su uso a nivel de cuencas hidrográficas para que pueda ser usada por la comunidad docente y de investigación para la protección de recursos hídricos, calidad y disponibilidad del agua y gestión ambiental. Las mejoras se pueden llevar a cabo con la ejecución de series de tiempo de precipitación y la incorporación de factores adicionales, tales como la influencia de la pendiente del terreno sobre la escorrentía superficial, que serán los principales esfuerzos para la versión futura de este *software*. Cabe destacar que GeoQ tiene incorporado el manejo de la información según la condición de humedad antecedente, que es un elemento que afecta directamente a la determinación del número de la curva.

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", *GeoFocus (Informes y comentarios)*, n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

Referencias bibliográficas

- Bertoni, J.C. (1997): *Hidrología de proyecto. Manual de control de la erosión hídrica*. Córdoba. Argentina. Ed. Universidad Nacional de Córdoba, pp. 32-35.
- Chow, V., Maidment, D. y L. Mays (1994): *Hidrología aplicada*. Colombia. Editorial Mc Graw Hill. 584 p.
- Eastman, R. (2006): *User Manual Idrisi Andes®*. USA Clark Labs, Clark University. 327 p.
- Gaspari, F.J. y Senisterra, G.E. (2006): "Zonificación del número de la curva (CN) en la Cuenca del Arroyo Pillahuinco Grande. Coronel Pringles. Buenos Aires. Argentina". *Tercer Congreso de la Ciencia Cartográfica*. Versión Digital.
- Gaspari, F.J. (2002): *Plan de ordenamiento territorial en cuencas serranas degradadas. Aplicación de sistemas de información geográfica*. Huelva. España. Ediciones Cooperativas. Buenos Aires. 179 p.
- Gaspari, F.J., Senisterra, G.E., Delgado, M.I., Rodríguez Vagaría, A.M. y Besteiro, S.E. (2009): *Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas*. Primera Edición. La Plata. 321 p.
- Jain, M.K., Mishra, S.K., Babu, P.S. y Venugopal, K. (2006): "On the Ia-S relation of the SCS-CN method". *Nordic Hydrology* 37, pp. 261-275.
- Kent, K. M. (1968): *A method for estimating volume and rate off runoff in small watersheds*. SCS-TP-149. USA Soil Conservation Service. 63 p.
- López Cadenas de Llano, F. (1998): *Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión*. Madrid. Ed. TRAGSA. 945 p.
- Mintegui Aguirre, J. A. y López Unzu, F. (1990): *La ordenación agrohidrológica en la planificación. I parte*. España. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 172 p.
- Mishra, S.K., Sahu, R.K., Eldho, T.I. y Jain, M.K. (2006 a): "An improved Ia-S relation incorporating antecedent moisture in SCS-CN methodology". *Water Resources Management* 20, pp. 643-660.
- Mishra, S.K., Tyagi, J.V., Singh, V.P. y Singh, R. (2006 b): "SCS-CN based modeling of sediment yield". *Journal of Hydrology* 324, pp. 301-322.
- Pei-Jun Shi, Yi Yuan, Jing Zheng, Jing-Ai Wang, Yi Ge y Guo-Yu Qiu. (2007): "The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China". *Catena*. Elsevier. V69, pp. 31-35.
- Ponce, V.M. y Hawkins, R.H. (1996): "Runoff curve number: has it reached maturity?". *Journal of Hydrologic Engineering-ASCE* 1, pp. 11-19.
- Rango, A., (1985): "Assessment of Remote Sensing Input to Hydrologic Models". *Water Resources Bulletin* 21 (3), pp. 423-432.
- Scotta, E., Nani, L.A. y Codromaz de Rojas, A.E. (1989): "Propuesta metodológica para el control de erosión hídrica". *Manejo de Suelos y Aguas en llanuras argentinas*. INTA-CONAPHI. Santa Fé, pp. 31-42.
- SCS (Soil Conservation Service) (1972): *SCS National Engineering Handbook*, Section 4. Hydrology, Soil Conservation Service. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Xiaoyong Zhan y Min-Lang Huang (2004): "ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps". *Environmental Modelling & Software*. 19, pp. 875-879.
- Zhi-Hua Shi, Li-Ding Chen, Nu-Fang Fang, De-Fu Qin y Chong-Fa Cai (2009): "Research on the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the Three Gorges Area, China". *Catena*. Elsevier B.V77, pp. 1-7.

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", *GeoFocus (Informes y comentarios)*, n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

Tabla 1: Códigos de vegetación y/o uso del suelo asignados al mapa vegetación.

Código	V.U.	Código	V.U.
10	Barbecho	220	Matorral, mezcla matorral y maleza Cubierta >75%
20	Cultivos alineados R P	230	Montes con pastos P
30	Cultivos alineados R B	240	Montes con pastos M
40	Cultivos alineados C P	250	Montes con pastos B
50	Cultivos alineados C B	260	Bosques MP
60	Cultivos alineados C-T P	270	Bosques P
70	Cultivos alineados C-T B	280	Bosques M
80	Cultivos no alineados o surcos pequeños R P	290	Bosques B
90	Cultivos no alineados o surcos pequeños R B	300	Bosques MB
100	Cultivos no alineados o surcos pequeños C P	310	Prados permanentes
110	Cultivos no alineados o surcos pequeños C B	320	Pastizal P
120	Cultivos no alineados o surcos pequeños C-T P	330	Pastizal M
130	Cultivos no alineados o surcos pequeños C-T B	340	Pastizal B
140	Cultivos densos leguminosas R P	350	Pastizal C P
150	Cultivos densos leguminosas R B	360	Pastizal C M
160	Cultivos densos leguminosas C P	370	Pastizal C B
170	Cultivos densos leguminosas C B	380	Residencial baja densidad
180	Cultivos densos leguminosas C-T P	390	Residencial alta densidad
190	Cultivos densos leguminosas C-T B	400	Superficies impermeables
200	Matorral, mezcla matorral y maleza Cubierta 50%	410	Espejos de agua
210	Matorral, mezcla matorral y maleza Cubierta 50-75%		

Referencias:

R Laboreo sin prácticas de conservación; **C** Curvas de nivel; **C-T** Curvas de nivel y Terrazas abiertas; **MP** Condición de infiltración muy pobres; **P** Condición de infiltración pobres; **M** Condición de infiltración mala; **B** Condición de infiltración buena; **MB** Condición de infiltración muy buena.

Tabla 2: Valores de número de curva en condiciones normales de humedad antecedente (Adaptación).

Vegetación y/o uso del suelo	Grupo hidrológico			
	A	B	C	D
Barbecho	58	72	81	87
Cultivos alineados R P	52	64	75	81
Cultivos alineados R B	46	60	70	77
Cultivos alineados C P	49	61	69	75
Cultivos alineados C B	44	56	66	72
Cultivos alineados C-T P	45	54	63	66
Cultivos alineados C-T B	41	51	60	64
Cultivos no alineados o surcos pequeños R P	44	57	69	75
Cultivos no alineados o surcos pequeños R B	42	56	67	74
Cultivos no alineados o surcos pequeños C P	42	54	66	70
Cultivos no alineados o surcos pequeños C B	40	53	64	69
Cultivos no alineados o surcos pequeños C-T P	40	52	61	66
Cultivos no alineados o surcos pequeños C-T B	38	49	60	64
Cultivos densos leguminosas R P	45	58	69	75
Cultivos densos leguminosas R B	37	52	64	70
Cultivos densos leguminosas C P	43	56	67	70
Cultivos densos leguminosas C B	34	48	60	67
Cultivos densos leguminosas C-T P	42	53	63	67
Cultivos densos leguminosas C-T B	30	46	57	63
Matorral, mezcla matorral y maleza Cubierta 50%	28	46	58	67
Matorral, mezcla matorral y maleza Cubierta 50-75%	18	35	49	58
Matorral, mezcla matorral y maleza Cubierta >75%	15	28	44	53
Montes con pastos P	26	45	58	67
Montes con pastos M	19	39	53	61
Montes con pastos B	12	34	49	58
Bosques MP	35	56	72	81
Bosques P	26	47	60	69
Bosques M	19	39	49	57
Bosques B	13	31	42	48
Bosques MB	7	25	33	40
Prados permanentes	15	37	51	60
Pastizal P	47	61	72	77
Pastizal M	29	48	61	69
Pastizal B	21	40	54	63
Pastizal C P	27	46	64	75
Pastizal C M	12	38	56	67
Pastizal C B	3	18	49	61
Residencial baja densidad	33	49	63	70

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", *GeoFocus (Informes y comentarios)*, n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

Residencial alta densidad	58	70	79	83
Superficies impermeables	95	95	95	95
Espejos de agua	0	0	0	0

Referencias:

R Laboreo sin prácticas de conservación; **C** Curvas de nivel; **C-T** Curvas de nivel y Terrazas abiertas; **MP** Condición de infiltración muy pobres; **P** Condición de infiltración pobres; **M** Condición de infiltración mala; **B** Condición de infiltración buena; **MB** Condición de infiltración muy buena.

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", *GeoFocus (Informes y comentarios)*, n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

FIGURAS

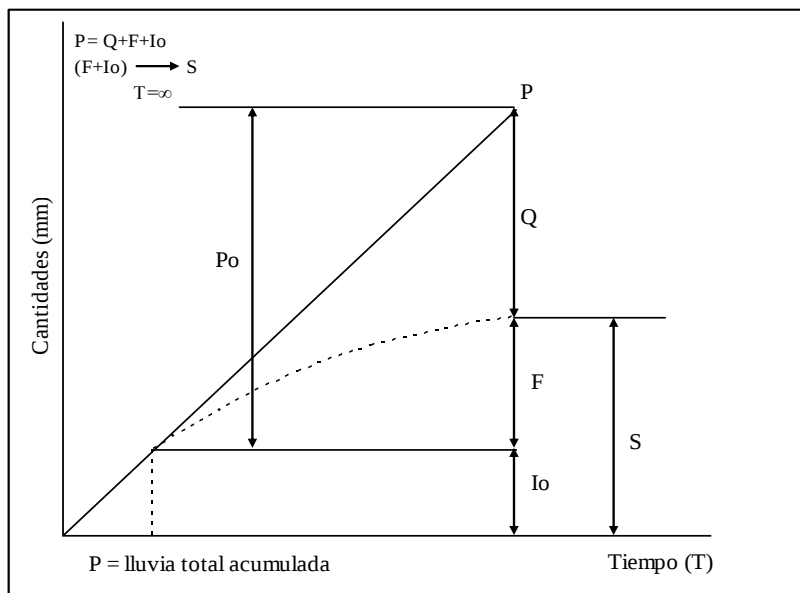


Figura 1. Balance de agua

Fuente: López (1998)

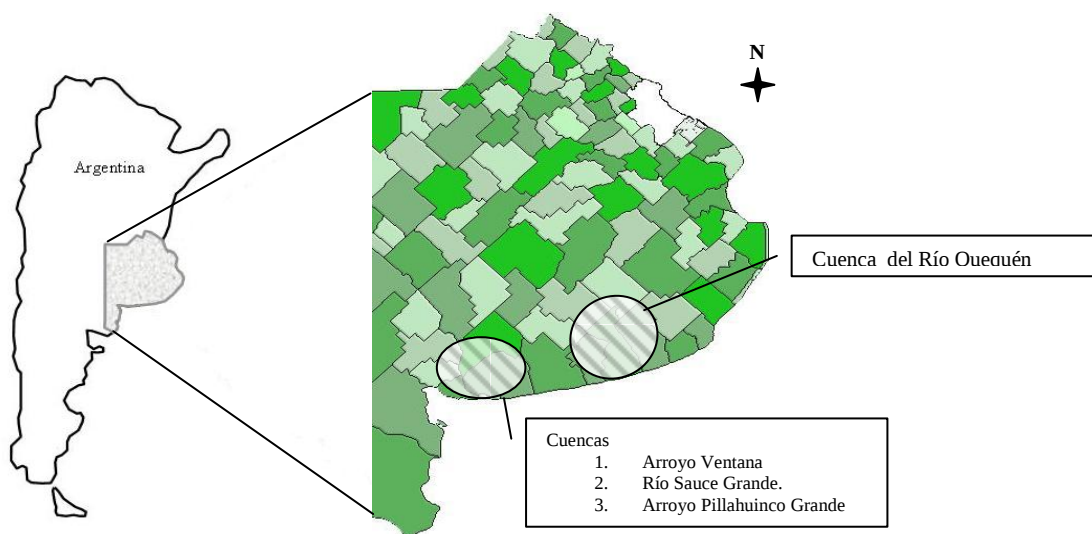


Figura 2. Distribución geográfica de las cuencas hidrográficas para la aplicación de GeoQ.

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escurrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", GeoFocus (Informes y comentarios), n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

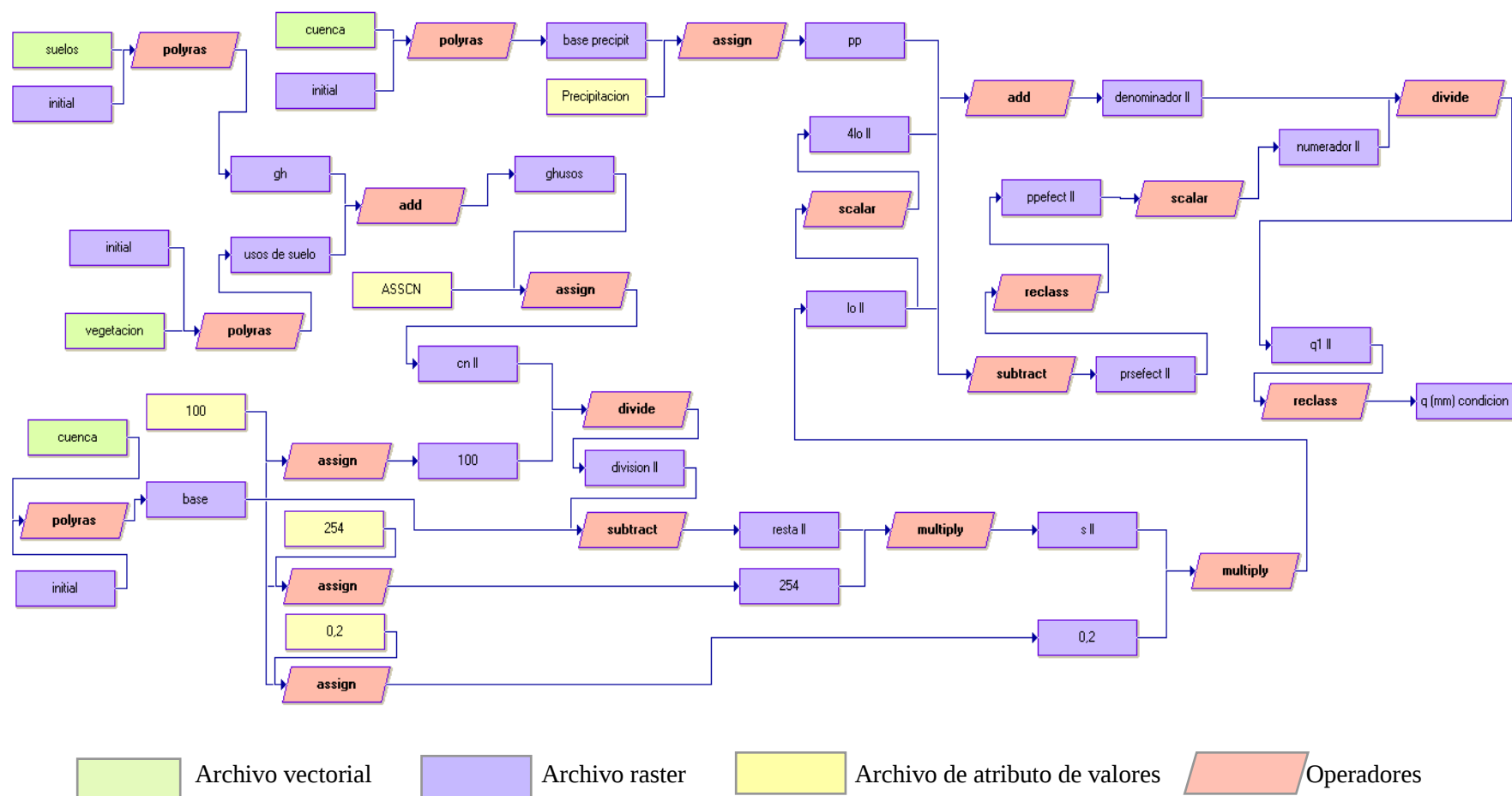


Figura 3. Entorno gráfico de GeoQ para la condición de humedad antecedente II.

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", *GeoFocus (Informes y comentarios)*, n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

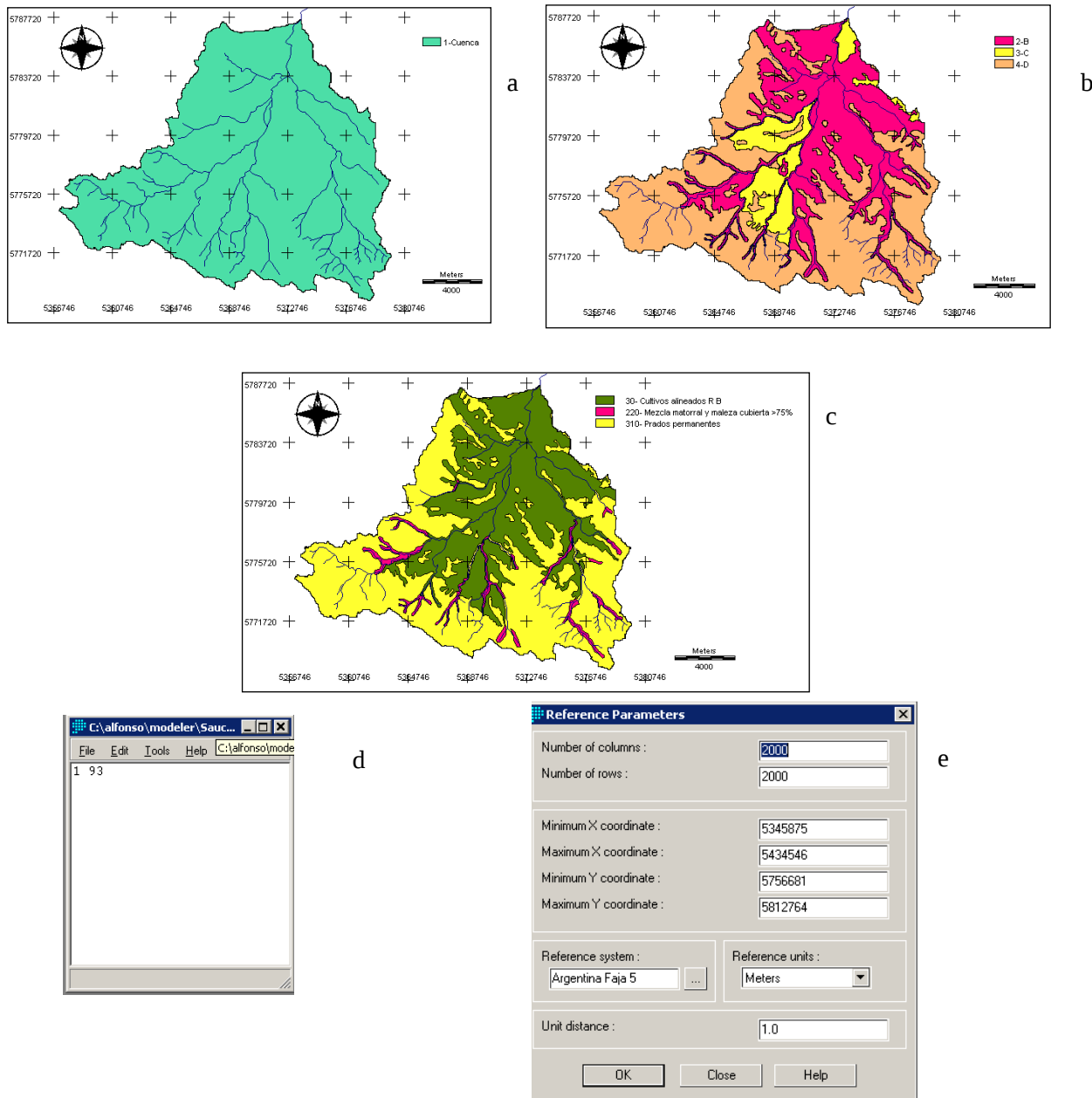


Figura 4. Ejemplo de datos de inicio para el procesamiento con GeoQ: Cartografía base vectorial. (a) Límite de cuenca (cuenca); (b) Grupos hidrológicos según código (suelos); (c) Vegetación y usos de suelo según código de [Tabla 1](#) (vegetacion); (d) Formato del archivo de atributos de valor para la precipitación (precipitacion); (e) Especificaciones para la creación del archivo para la rasterización automática (inicial).

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentia bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", GeoFocus (Informes y comentarios), n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

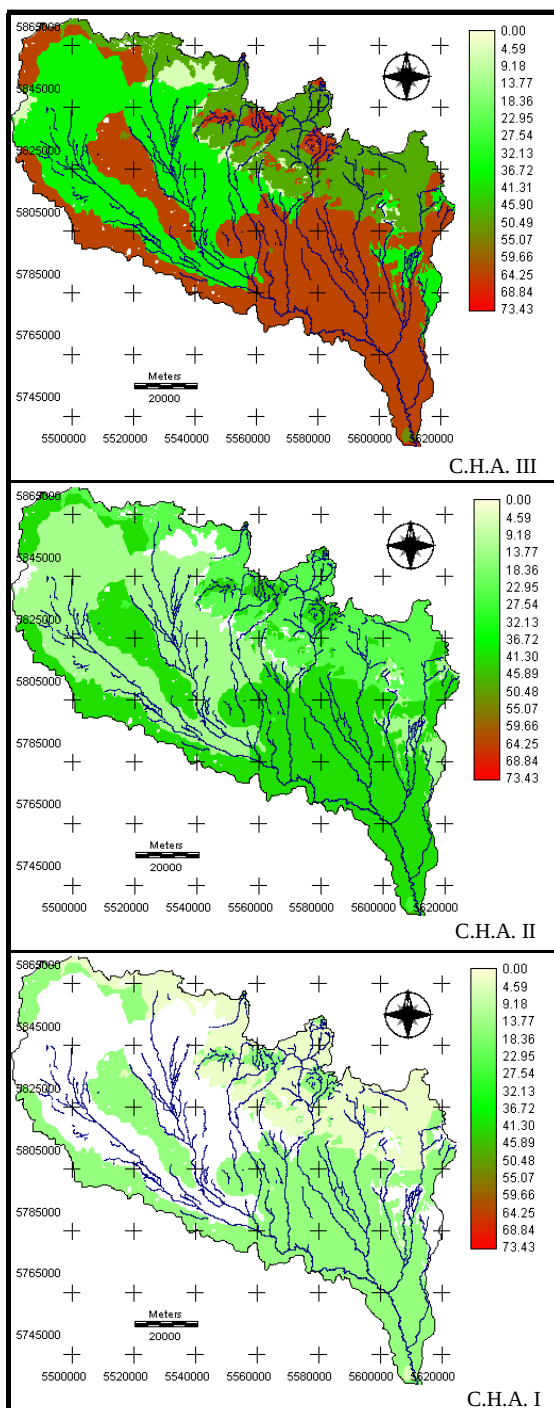


Figura 5. Mapas de escurrimiento según condiciones de humedad antecedente obtenidos por GeoQ para la cuenca del Río Quequén Grande.

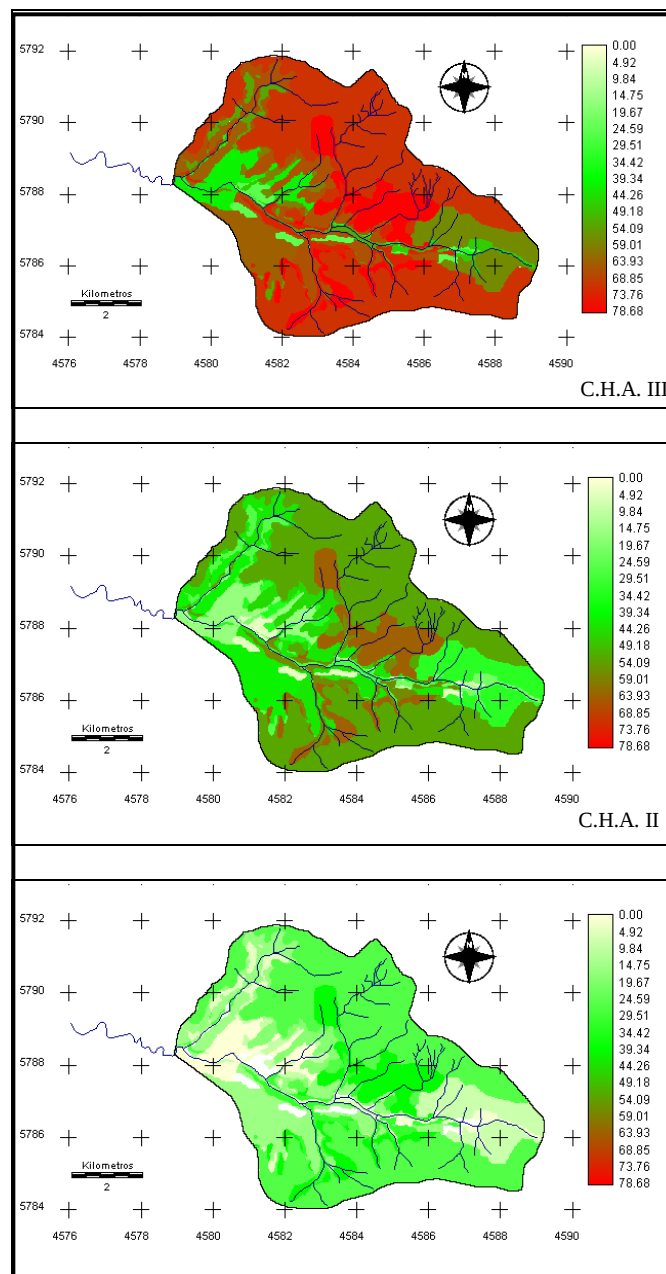


Figura 6. Mapas de escurrimiento según condiciones de humedad antecedente obtenidos por GeoQ para la cuenca del Arroyo Ventana.

Rodríguez Vagaría, A. y Gaspari, F. (2010): "GeoQ: Herramienta para la determinación del número de curva y escorrentía bajo entorno SIG. Idrisi Andes®", GeoFocus (Informes y comentarios), n° 10, p.11-26. ISSN: 1578-5157

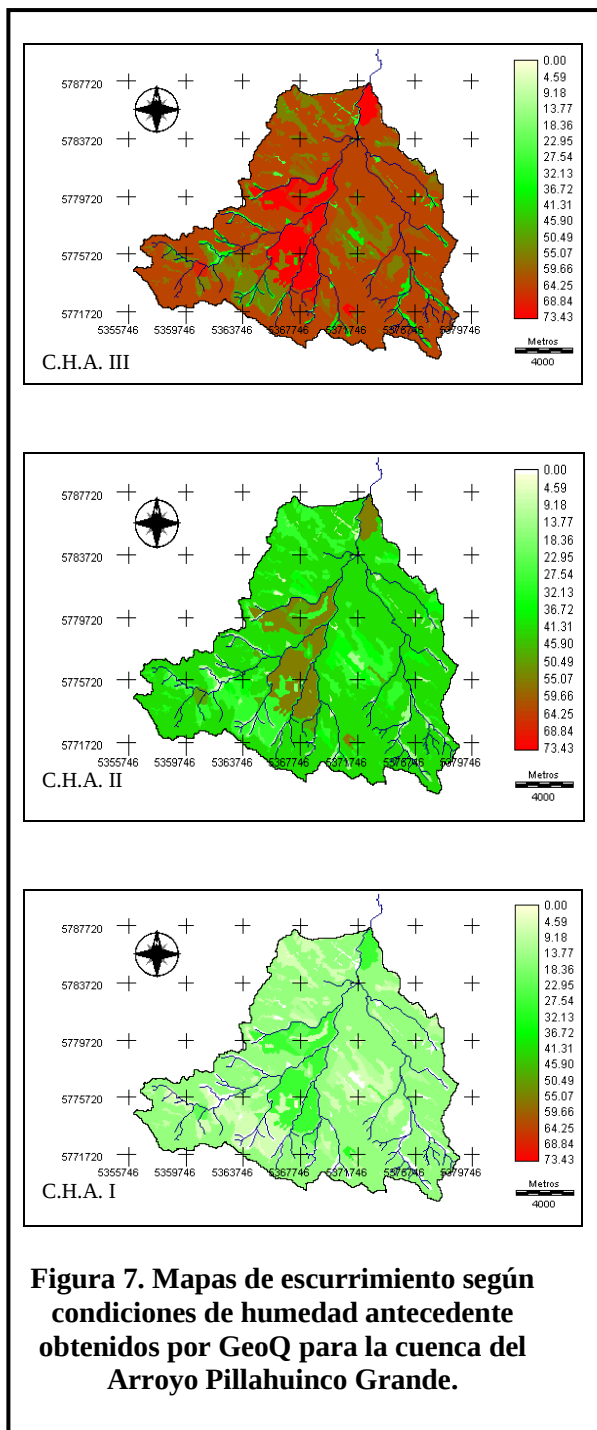


Figura 7. Mapas de escurrimiento según condiciones de humedad antecedente obtenidos por GeoQ para la cuenca del Arroyo Pillahuinco Grande.

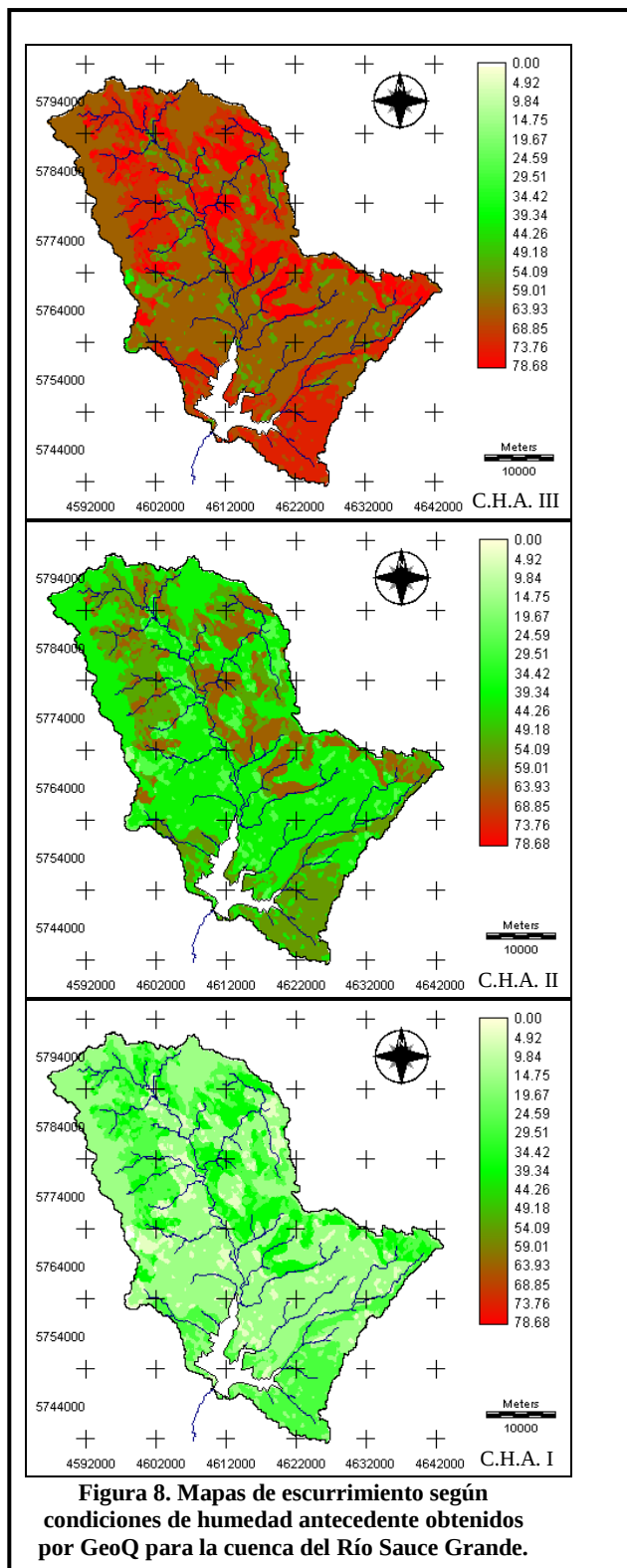


Figura 8. Mapas de escurrimiento según condiciones de humedad antecedente obtenidos por GeoQ para la cuenca del Río Sauce Grande.