



*Aseorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.  
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada. Toluca, Estado de México. 7223898475*

RFC: AT1120618V12

**Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.**

<http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/>

**Año: VIII**

**Número: Edición Especial.**

**Artículo no.:17**

**Período: Marzo, 2021**

**TÍTULO:** Determinación del Número de Curva (CN) de la cuenca del Río Portoviejo.

**AUTORES:**

1. Máster. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño.
2. Máster. Rafael Alberto Alulema del Salto.
3. Máster. Micheal David Caicedo Toro.

**RESUMEN:** El número de curva (CN) es un método para calcular la precipitación efectiva producida por una tormenta en una determinada área. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el Número de Curva (CN) de la cuenca hidrográfica del río Portoviejo para evaluar y conocer su potencial de escurrimiento. Para la obtención de los parámetros morfométricos de la cuenca y los grupos hidrológicos del suelo (HSG) se utilizó el software ArcGIS y la herramienta HEC-GeoHMS. Los resultados indicaron que los números de curva predominantes para condiciones normales de humedad (AMC II) son de 76, 85 y 82. El grupo hidrológico del suelo con mayor presencia en la cuenca es el tipo D, luego seguido el tipo B y C.

**PALABRAS CLAVES:** número de curva, uso del suelo, grupo hidrológico del suelo.

**TITLE:** Determination of the Curve Number (CN) of the Portoviejo River basin.

**AUTHORS:**

1. Master. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño.
2. Master. Rafael Alberto Alulema del Salto.
3. Master. Micheal David Caicedo Toro.

**ABSTRACT:** The curve number (CN) is a method for calculating the effective precipitation produced by a storm in a given area. The objective of this research work is to determine the Curve Number (CN) of the hydrographic basin of the Portoviejo river to evaluate and know its runoff potential. To obtain the morphometric parameters of the basin and the soil hydrological groups (HSG), the ArcGIS software and the HEC-GeoHMS tool were used. The results indicated that the predominant curve numbers for normal humidity conditions (AMC II) are 76, 85 and 82. The hydrological group of the soil with the highest presence in the basin is type D, followed by type B and C.

**KEY WORDS:** curve number, soil use, soil hydrological group

**INTRODUCCIÓN.**

La cuenca del río Portoviejo ha sido objeto de estudio y análisis en lo que a gestión de recursos hídricos se refiere, y se tienen como antecedentes a los estudios realizados en el Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí y el Plan Hidráulico Regional de Demarcación Hidrográfica Manabí, en donde se proyectan infraestructuras tales como presas, canales de riego, etc. Dicho lo anterior, se puede decir, que el conocimiento de los caudales producidos por una precipitación es de gran importancia al momento de toma de decisiones en la fase de diseño de una obra hidráulica, más aún en zonas donde el recurso hídrico es escaso.

El presente trabajo de investigación se refiere a la determinación del Número de Curva CN del río Portoviejo para de esta forma conocer el potencial de escurrimiento de la misma ante eventos de precipitación.

En 1972, el Soil Conservation Service (SCS) (Li., Lui., Wang & Liang, 2015), actualmente llamado Servicio de Conservación de los Recursos Naturales desarrolló un parámetro empírico llamado el número de curva (CN). El método determina la escorrentía potencial a través del conocimiento de características físicas de la cuenca tales como la densidad, el tipo y tratamiento de las coberturas del suelo y su grupo hidrológico (Díaz & Mercado, 2017). El cálculo de la escorrentía efectiva producida por una tormenta se lo realiza con la siguiente fórmula empírica (Díaz & Mercado, 2017):

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (1)$$

Donde la precipitación efectiva (Pe) del evento está en función de la lámina de agua de la lluvia y el potencial máxima de retención (S). Con el fin de utilizar un parámetro con mayor facilidad de cálculo se estableció el número de curva (CN), al cual se le asigna un número entero que puede variar de 0 a 100 (NEDC, 1999).

$$CN = \frac{25.400}{S + 254} \quad (S \text{ en milímetros}) \quad (2)$$

El CN se estima a partir de la combinación de la cobertura del suelo y el grupo hidrológico del suelo (HSG) área en estudio, el cual se clasifica en los siguientes grupos (NRCS, 2009):

- Grupo A: Aquellos suelos en los cuales su composición predominan las partículas arenosas, lo que permite que el agua se percole fácilmente y deriva en un bajo nivel de escorrentía cuando se encuentran húmedos.
- Grupo B: En este grupo entran los suelos cuyas partículas son moderadamente gruesas a moderadamente finas. Se consideran suelos con una capacidad de escorrentía efectiva moderadamente baja cuando se encuentran húmedos.

- Grupo C: Suelos en los que en su composición predominan partículas moderadamente finas a finas. Se caracterizan por tener un potencial de escorrentía moderadamente alto.
- Grupo D: Aquellos suelos cuyas partículas son mayoritariamente finas (texturas arcillosas) en donde la tasa de infiltración es baja. Tienen un potencial de escorrentía alto.

Cabe recalcar, que en cuencas donde los tipos de uso de suelo varían dentro del área de la misma se puede calcular un CN compuesto considerando el porcentaje de incidencia en la cuenca de acuerdo al uso de tierra (Chow, 1994).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas que han facilitado a través del tiempo la gestión cálculo de parámetros hidrológicos de cuencas hidrográficas (Mejía, 2018) y utilizó las herramientas GIS Sara V 1.0 y ARCL-THIA para calcular el Número de Curva de la cuenca de la quebrada “El Colegio” con diferentes antecedentes de humedad zonificando 51 subcuencas de acuerdo al CN.

La cuenca del río Portoviejo tiene una extensión 2.061,78 Km<sup>2</sup> y ocupa total y parcialmente los cantones Portoviejo, Jipijapa, Montecristi, Pichincha, Rocafuerte, Santa Ana, Sucre y 24 de mayo y sus recursos son fuentes de abastecimiento para la mayor parte de los mismos.

En el presente trabajo de investigación se busca determinar el número de curva CN de la cuenca del río Portoviejo, así como también determinar sus parámetros morfométricos, identificar los usos y tipos del suelo y clasificar los grupos hidrológicos (HSG) del suelo de la cuenca.

## **DESARROLLO.**

### **Materiales y métodos.**

#### *Área de estudio.*

La cuenca del río Portoviejo forma parte de la Demarcación Hidrográfica de Manabí y tiene un área de 2,061,78 km<sup>2</sup>. Su río principal lleva el mismo nombre y a él le llegan 87 tributarios: 74 esteros, 8 son quebradas y 5 ríos (Departamento de Desarrollo Regional Portoviejo, 1989).

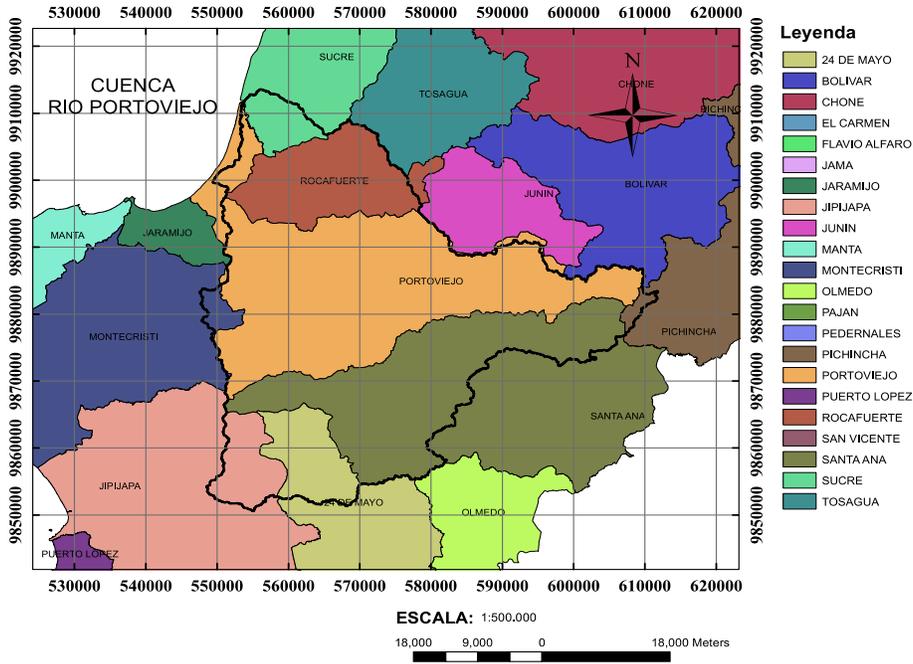


Ilustración 1. Delimitación de la cuenca del río Portoviejo y ubicación geográfica. Fuente: DEM obtenido de U.S. Geological Survey, datos procesados en ArcGIS por el autor.

### Software ArcGIS.

ArcGIS es un software desarrollado y comercializado por ESRI que permite la captura, edición, análisis y tratamiento de información geográfica. Junto a la herramienta HEC-GeoHMS (desarrollada por US Army Corps of Engineers), el software permite el análisis y determinación de datos hidrológicos de cuencas en una determinada área.

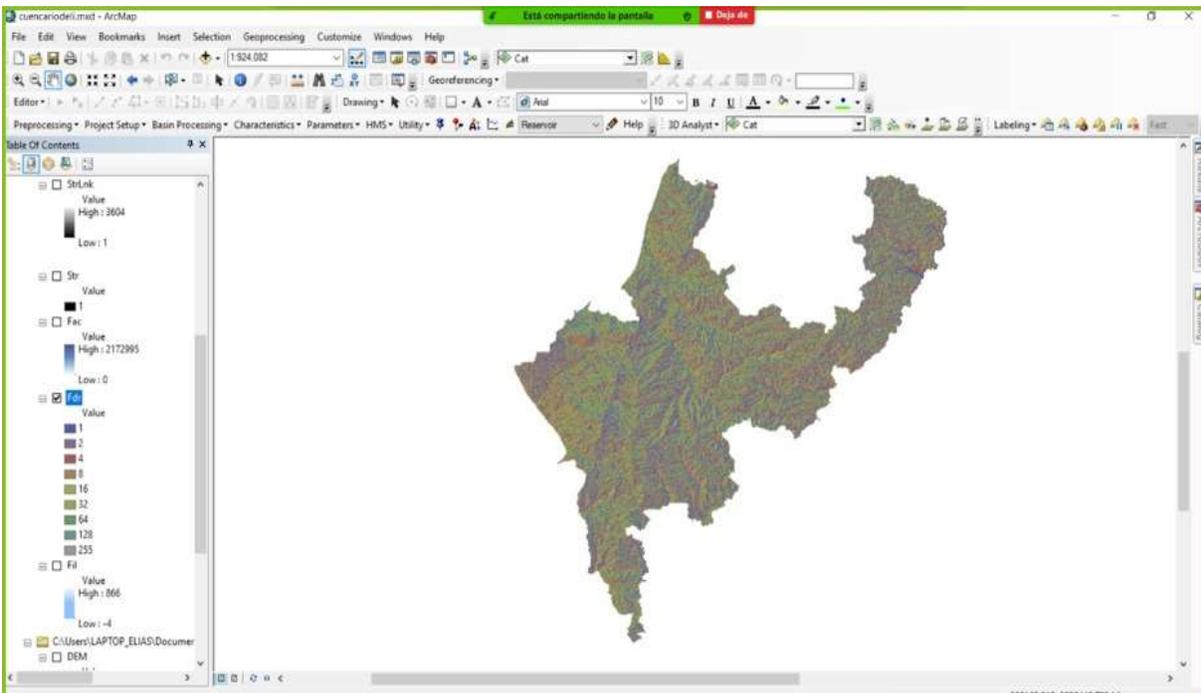


Ilustración 2. Interfaz del software ArcGIS.

## Geoportal SIGTierras.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería dispone de una plataforma del Geoportal del Agro Ecuatoriano, en donde se encuentra información geoespacial, la cual se encuentra publicada en distintos formatos para visualización directa y descarga.

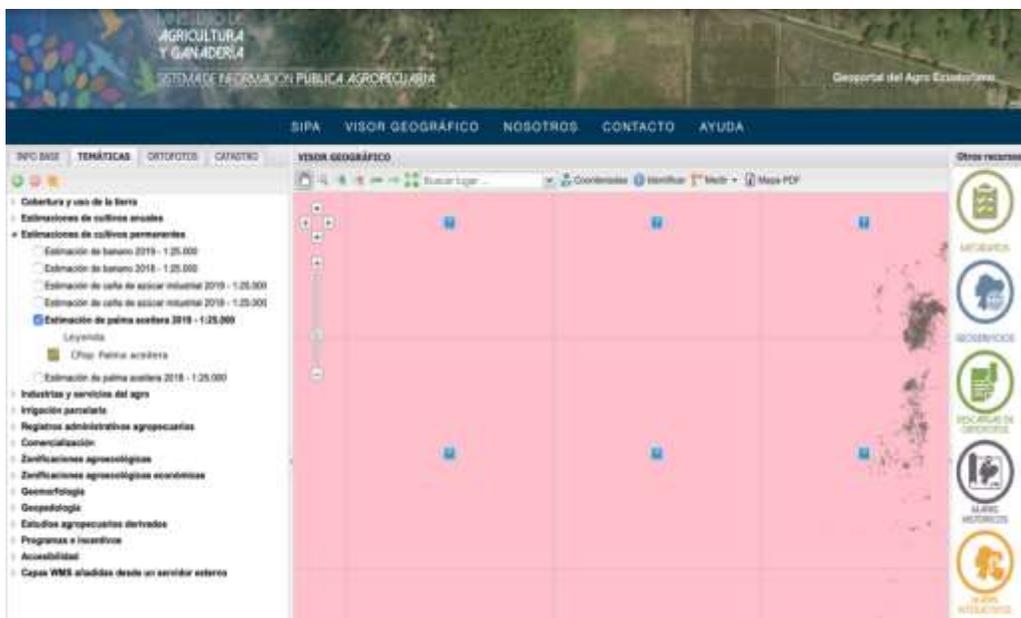


Ilustración 3. Interfaz de geoportal SIGTierras.

## Resultados y discusión.

### *Parámetros morfométricos de la cuenca.*

La altura de la cuenca oscila entre los 7 y 721 m.s.n.m. En su periodo seco, que va de mayo a diciembre, se tiene una precipitación media de 77,2 mm; febrero es el mes con más lluvia con un promedio de 144,7 mm, y por el contrario, septiembre es el mes menos lluvioso con un promedio de 1,8 mm (Ríos, Zurita & Montalvo, 2016). Los parámetros morfométricos de la cuenca a determinar son los siguientes: coeficiente de forma de Horton, coeficiente de compacidad, altura media de la cuenca, pendiente media del cauce principal y razón de elongación. Previamente se obtuvieron los datos presentados a continuación:

**Tabla 1:** Datos y parámetros físicos de la cuenca del río Portoviejo

|  |         |                 |
|--|---------|-----------------|
| Perímetro de la cuenca                               | 384,59  | km              |
| Área de la cuenca                                    | 2061,78 | km <sup>2</sup> |
| Longitud de la cuenca                                | 62,22   | km              |
| Longitud máxima de la cuenca                         | 63,41   | km              |
| Ancho máximo   | 63,91   | km              |
| Altura máxima de la cuenca                           | 721,00  | m.s.n.m.        |
| Altura mínima de la cuenca                           | 7,00    | m.s.n.m.        |
| Longitud del río principal                           | 106,60  | km              |
| Altura máxima del río principal                      | 113,00  | m.s.n.m.        |
| Altura mínima del río principal                      | 7,00    | m.s.n.m.        |
| Orden de corriente de la cuenca (método de Strahler) | 6       | orden           |
| Longitud total de todas las corrientes               | 1607,23 | km              |

Fuente: Datos procesados en software ArcGIS y herramienta HEC-GeoHMS por el autor.

### **Coeficiente de forma de Horton (Kf).**

Coeficiente que indica cuan cuadrada es una cuenca, relaciona el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca (Horton R.E., 1932). La cuenca del río Portoviejo tiene una forma moderadamente achatada (Fuentes, 2004).

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

$$Kf = \frac{2061,78}{(62,22)^2} = 0,53 \quad (3.1)$$

Donde:

Kf: Coeficiente de forma de Horton

A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

L: Longitud de la cuenca (km)

### **Coeficiente de compacidad (kc).**

Este coeficiente propuesto por Gravelius compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia.

De acuerdo al coeficiente obtenido, se determinó que la cuenca en estudio es oblonga (Campos, 1992).

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (4)$$

$$Kc = 0,28 * \frac{384,59}{\sqrt{2061,78}} = 2,37 \quad (4.1)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

### **Altura media de la cuenca.**

La altura media se puede determinar a través de la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\sum_l^n A_i * e_i}{A_t} \quad (4)$$

Donde:

Em: Elevación media de la cuenca (m).

$A_i$ : Área de cada franja ( $\text{km}^2\text{-m}^2$ ).

$e_i$ : Promedio de las curvas de nivel de delimitación de cada franja.

$A_t$ : Área de la cuenca ( $\text{km}^2\text{-m}^2$ ).

Tabla 2: Parámetro de cálculo de altura media de la cuenca.

| Intervalo (msnm)         |     | Promedio de las curvas ( $e_i$ ) (m) | Promedio de las curvas ( $e_i$ ) (km) | Área de cada Franja ( $\text{Km}^2$ ) | $E_i \times A_i$ ( $\text{Km}^2 \times \text{Km}$ ) | $A_t$ ( $\text{Km}^2$ ) |
|--------------------------|-----|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------|
| 7                        | 80  | 43,50                                | 0,0435                                | 372,92                                | 16,22   | 2061,78                 |
| 80                       | 150 | 115,00                               | 0,115                                 | 441,21                                | 50,74   |                         |
| 150                      | 290 | 220,00                               | 0,22                                  | 628,45                                | 138,26  |                         |
| 290                      | 360 | 325,00                               | 0,325                                 | 243,07                                | 79,00   |                         |
| 360                      | 430 | 395,00                               | 0,395                                 | 275,74                                | 108,92  |                         |
| 430                      | 450 | 440,00                               | 0,44                                  | 43,62                                 | 19,19   |                         |
| 450                      | 500 | 475,00                               | 0,475                                 | 40,9                                  | 19,43   |                         |
| 500                      | 570 | 535,00                               | 0,535                                 | 12,53                                 | 6,70  |                         |
|                          |     |                                      |                                       |                                       |   |                         |
| 570                      | 640 | 605,00                               | 0,605                                 | 2,63                                  | 1,59  |                         |
| 640                      | 721 | 680,50                               | 0,680                                 | 0,61                                  | 0,42  |                         |
| $\Sigma(A_i \times e_i)$ |     |                                      |                                       |                                       | <b>440,47</b>                                       |                         |
| $E_m$ (Km)               |     |                                      |                                       |                                       |   | <b>0,2136</b>           |
| $E_m$ (m)                |     |                                      |                                       |                                       |   | <b>213,63</b>           |

Fuente: Datos procesados en Excel por el autor.

### Pendiente media del cauce principal.

Para calcular la pendiente media del cauce principal se realiza la relación entre el desnivel de la cota más alto y bajo del río y la longitud del cauce principal. La clase de pendiente del río Portoviejo es plana o casi nivel (Fuente, 2004).

$$S = \frac{H}{Lc} \quad (5)$$

$$S = \frac{(0,113 - 0,007)}{106,60} = 0,1\% \quad (5.1)$$

Donde:

S: Pendiente media del cauce principal.

H: Diferencia entre cota más alta y baja del río principal (km)

Lc: Longitud del cauce principal (km)

### **Razón de elongación (Re).**

Para determinar la razón de elongación, se estima la relación entre el diámetro de un círculo con la misma superficie de una cuenca y su longitud máxima (Shumm, 1956).

$$Re = \frac{1,1284\sqrt{A}}{Lm} \quad (6)$$

$$Re = \frac{1,1284\sqrt{2061,78}}{63,41} = 0,80 \quad (6.1)$$

Donde:

Re: Razón de elongación

A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Lm: Longitud máxima de la cuenca (km)

### **Uso del suelo.**

Para la identificación de la cobertura del uso del suelo y litología de la cuenca del río Portoviejo, se acudió a la información geográfica del portal SIGTierras del Ministerio de Agricultura y Ganadería y a través del procesamiento de los datos en la cuenca hidrográfica en el software ArcGIS se procedió a obtener las áreas por cada tipo de uso de suelo.



Tabla 3: Cálculo de CN(II), CN(III) y CN(I) en función de HSG y uso del suelo de la cuenca del río Portoviejo.

| Uso del suelo                   | Área (km2) | % HSG |    |     |     | CN (II) | CN (III) | CN (I) |
|---------------------------------|------------|-------|----|-----|-----|---------|----------|--------|
|                                 |            | A     | B  | C   | D   |         |          |        |
| Acuícola                        | 0,01       | 0     | 0  | 100 | 0   | 100     | 100      | 100    |
| Agrícola                        | 486,66     | 0     | 5  | 15  | 80  | 85      | 93       | 71     |
| Agropecuario mixto              | 81,82      | 0     | 0  | 80  | 20  | 84      | 92       | 68     |
| Bioacuático                     | 1,35       | 0     | 0  | 10  | 90  | 100     | 100      | 100    |
| Conservación y producción       | 171,58     | 0     | 0  | 15  | 85  | 76      | 88       | 57     |
| Conservación y protección       | 889,99     | 0     | 5  | 5   | 90  | 76      | 88       | 57     |
| Energía                         | 0,13       | 0     | 0  | 0   | 100 | 86      | 93       | 72     |
| Extractivo                      | 1,31       | 0     | 0  | 20  | 80  | 85      | 93       | 70     |
| Habitacional                    | 41,68      | 0     | 0  | 5   | 95  | 86      | 93       | 72     |
| Improductivo                    | 0,28       | 0     | 0  | 5   | 95  | 86      | 93       | 72     |
| Industrial                      | 0,72       | 0     | 0  | 0   | 100 | 86      | 93       | 72     |
| No aplica                       | 5,66       | 0     | 0  | 60  | 40  | 83      | 92       | 67     |
| Ocio                            | 0,25       | 0     | 20 | 40  | 40  | 81      | 91       | 65     |
| Otro                            | 0,04       | 0     | 0  | 0   | 100 | 86      | 93       | 72     |
| Pecuario                        | 360,45     | 0     | 40 | 10  | 50  | 81      | 91       | 65     |
| Pecuario avícola                | 1,52       | 0     | 0  | 20  | 80  | 85      | 93       | 71     |
| Riego consumo                   | 0,16       | 0     | 0  | 80  | 20  | 100     | 100      | 100    |
| Riego consumo energía           | 3,9        | 0     | 0  | 40  | 60  | 100     | 100      | 100    |
| Riego energía                   | 4,6        | 0     | 0  | 0   | 100 | 100     | 100      | 100    |
| Riego extractivo ocio           | 0,44       | 0     | 0  | 10  | 90  | 100     | 100      | 100    |
| Sin uso                         | 8,49       | 0     | 0  | 20  | 80  | 85      | 93       | 70     |
| Social                          | 0,2        | 0     | 0  | 5   | 95  | 86      | 93       | 72     |
| Tratamiento y depósito residuos | 0,54       | 0     | 0  | 0   | 100 | 86      | 93       | 72     |

Fuente: Datos procesados en Excel por el autor.

El cálculo del número de curva para condiciones secas CN (I) y condiciones húmedas CN(III) se calculan a través de las siguientes ecuaciones (Chow et al., 1994):

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,058CN(II)} \quad (7)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 - 0,13CN(II)} \quad (8)$$

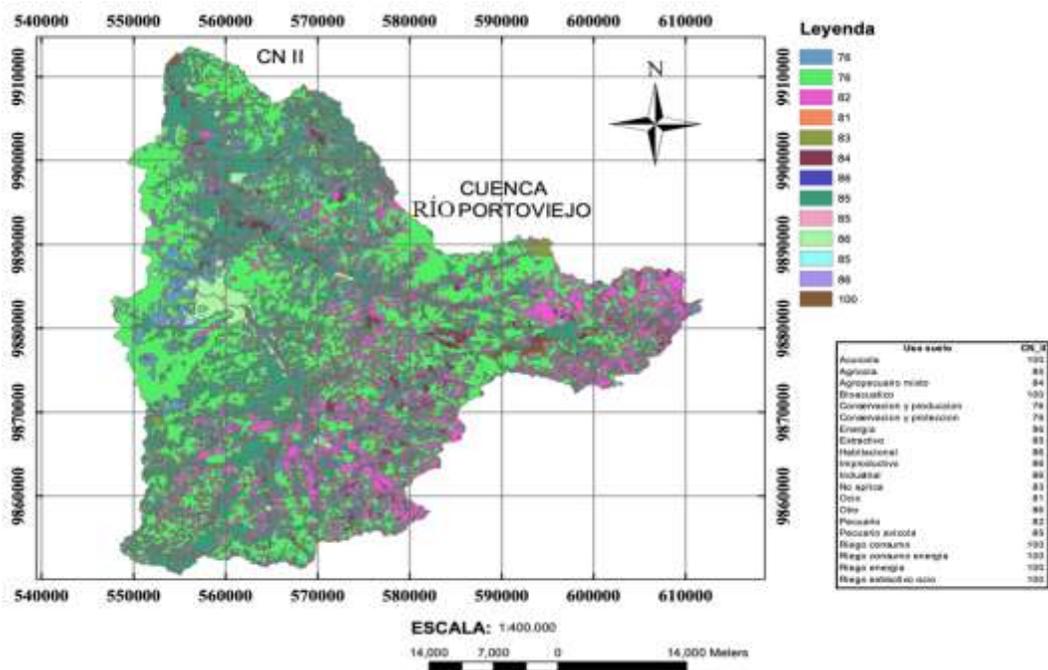


Ilustración 6. Zonificación de la cuenca del río Portoviejo en función de CN(II). Fuente: Datos obtenidos del portal SIGTierras del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Procesado en ArcGIS por el autor.

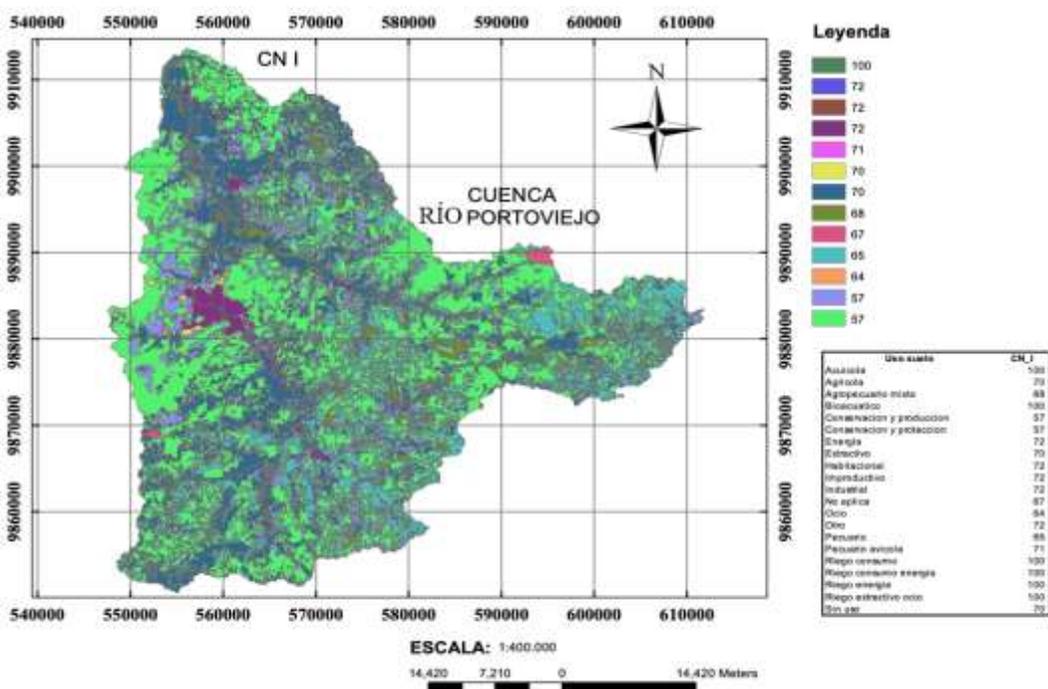


Ilustración 7. Zonificación de la cuenca del río Portoviejo en función de CN(I). Fuente: Datos obtenidos del portal SIGTierras del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Procesado en ArcGIS por el autor.



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Campos, V. F. (1992). TQC: controle da qualidade total. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 11.
2. Chow, V. T. (1994). Hidráulica de canales abiertos (No. 627.13 C552h). Bogotá, CO: McGraw-Hill.
3. Departamento de Desarrollo Regional Portoviejo-Ecuador. (1989). Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí. Obtenido de: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea41s/oea41s.pdf>
4. Diaz Carvajal, Á., & Mercado Fernández, T. (2017). Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí (Córdoba, Colombia) mediante teledetección y SIG. Ingeniería y Desarrollo, 35(2), 452-470.
5. Fuentes, J. J. (2004). Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro. México: Instituto Nacional de Ecología.
6. Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. Eos, transactions american geophysical union, 13(1), 350-361.
7. Li, J., Liu, C., Wang, Z., & Liang, K. (2015). Two universal runoff yield models: SCS vs. LCM. Journal of Geographical Sciences, 25(3), 311-318.
8. Mejía, J. (2018). Determinación del número de curva (cn) para evaluar el potencial de escurrimiento de la cuenca de la quebrada el colegio, con la aplicación de las herramientas: sara v1.0 y arcl-thia. Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador.
9. NEDC, "Module 205 SCS runoff equation". (1999). En Engineering Hydrology Training Series, National Employee Development Center, Ed. USA: USDA, pp.5-8
10. NRCS, "Hydrologic soil groups". (2009). Part 630 Hydrology National Engineering Handbook, Natural Resources Conservation Service, Ed. USA: USDA, cap. 7, pp. 1-3.

11. Ríos, S. C., Zurita, S., & Montalvo, V. (2016). Métodos de ajuste y homogenización de datos climáticos para determinar índice de humedad de Lang en la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica*, (16), 94-106.
12. Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.

#### **DATOS DE LOS AUTORES.**

1. **Fabián Rodrigo Espinales Cedeño.** Máster en Construcción de Obras Viales. Docente de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí. PUCEM-Ecuador. E-mail: [fespinales@pucem.edu.ec](mailto:fespinales@pucem.edu.ec)
2. **Rafael Alberto Alulema del Salto.** Máster en Ciencias de Gestión Ambiental. Docente de la Universidad Central del Ecuador. E-mail: [raalulema@uce.edu.ec](mailto:raalulema@uce.edu.ec)
3. **Micheal David Caicedo Toro.** Magíster en Ciencias Ambientales Mención Tecnologías y Gestión. Docente de la Carrera de Ingeniería Hidráulica, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí. PUCEM-Ecuador. E-mail: [mcaicedo@pucesm.edu.ec](mailto:mcaicedo@pucesm.edu.ec)

**RECIBIDO:** 1 de febrero del 2021.

**APROBADO:** 10 de febrero del 2021.