

## Diferentes soluciones para la delimitación y codificación de cuencas superficiales cubanas

Ing. Xanay Vega Sagarra e-mail: [xany.vegasagarra@gmail.com](mailto:xany.vegasagarra@gmail.com)

Graduada Adiestrada.

Univ. Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae)

### RESUMEN

La cuenca superficial es la zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. En el presente trabajo se desarrolla una comparación entre diferentes métodos para la delimitación y codificación de cuencas superficiales, como son el Método de Horton – Strahler, de Shreve y de Nancy Mora, indicándole a cada uno de ellos ventajas y desventajas, mediante el empleo del Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.2.1.

**Palabras clave:** ArcMap 10.2.1., cuenca superficial, delimitar y codificar, métodos.

## Different solutions for the delimitation and coding of surface basins

### ABSTRACT

The surface basin is the area of the earth's surface where the raindrops that fall on it tend to be drained by the system of currents to the same exit point. In the present work, a comparison between different methods for the delimitation and codification of surface basins is developed, such as the Horton-Strahler, Shreve and Nancy Mora Method, indicating to each of them advantages and disadvantages, through the use of ArcMap Geographic Information System (GIS) 10.2.1.

**Keywords:** ArcMap 10.2.1., surface watershed, delimit and code, methods.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un factor determinante en el desarrollo económico – social y, al mismo tiempo, cumple la función básica de mantener la integridad del entorno natural. A pesar de ello, el agua es solo uno de los recursos naturales vitales y resulta por ello imperativo que los temas hídricos no sean tratados de forma aislada. (García 2014)

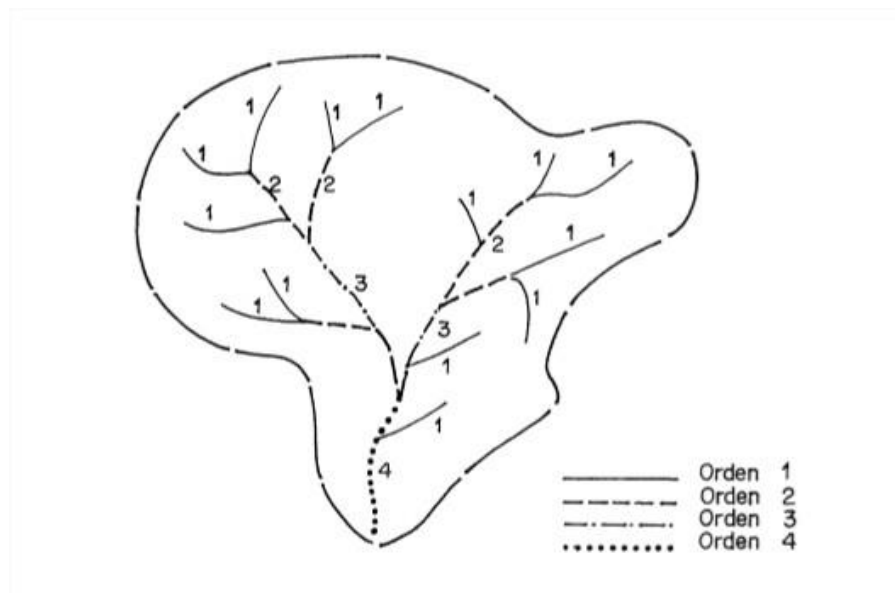
A lo largo de la historia han existido varias metodologías para la delimitación y codificación de cuencas superficiales, como el Método de Horton – Strahler que en matemática se conoce como un árbol matemático que da una medida numérica de la complejidad de la ramificación, mientras que el Método de Shreve propuso otro esquema de organización planimétrica de la red hidrográfica en la que se obtiene un árbol de bifurcación.

Por otro lado, en 1976 surge el Método de Nancy Mora, el cual es un método cubano desarrollado después de estudiar sistemas anteriores llegando a la conclusión de que ninguno era el adecuado, unas veces a las condiciones de la isla, y otras a los propósitos necesitados.

## MÉTODO DE HORTON-STRAHLER

El orden de corrientes es una clasificación que refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca. Robert Elmer Horton lo clasificó de la siguiente manera, ver figura 1 (Fattorelli 2011):

- Corrientes de primer orden: Pequeños canales que no tienen tributarios.
- Corrientes de segundo orden: Cuando dos corrientes de primer orden se unen.
- Corrientes de tercer orden: Cuando dos corrientes de segundo orden se unen.
- Corrientes de orden  $n + 1$ : Cuando dos corrientes de orden  $n$  se unen.

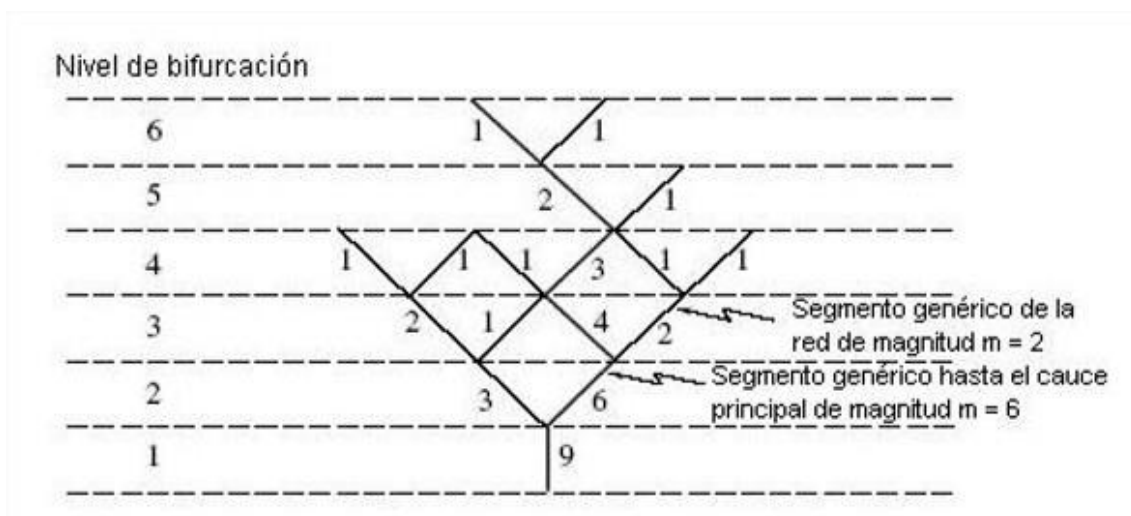


**Figura 1. Red de drenaje según Horton – Strahler**

## MÉTODO DE SHREVE

Mientras Shreve propuso otro esquema de organización planimétrica de la red hidrográfica, en la que se obtiene un árbol de bifurcación ver figura 2, donde el orden o magnitud de un segmento de corriente formado en una unión, es la suma de las magnitudes de los dos tributarios (Fattorelli 2011) así:

- Corrientes de primer orden: pequeños canales que no tienen tributarios.
- Corrientes de segundo orden: cuando dos corrientes de primer orden se unen.
- Corrientes de tercer orden: cuando se unen una corriente de segundo orden y una de primer orden.
- Corrientes de orden  $n + m$ : cuando se unen dos corrientes de orden  $n$  y  $m$ .



**Figura 2. Red de drenaje según Shreve**

La magnitud de cualquier segmento de corriente iguala el número de la magnitud de sus fuentes, lo cual significa que la magnitud Shreve es una de las relaciones más simples para predecir el flujo de corriente que otros sistemas de ordenamiento (Fattorelli 2011).

Entonces el orden de la corriente principal será un indicador de la magnitud de la ramificación y de la extensión de la red de drenaje dentro de la cuenca.

A este respecto, la determinación del llamado cauce o colector principal, se lleva a cabo del punto de salida de la cuenca hacia aguas arriba, siguiendo a la corriente de más alto orden, hasta alcanzar una bifurcación de dos corrientes de igual orden, entonces, la rama o cauce que tenga mayor área de cuenca es seleccionado, a partir de tal punto el proceso se repite hasta terminar en un tributario de orden 1 (Campos 1992).

Para evaluar el orden de corrientes se requiere lógicamente, un plano de la cuenca que incluya tanto las corrientes perennes como las intermitentes (Campos 1992).

## **METODOLOGÍA DE NANCY MORA 1976**

La clasificación de las cuencas, ríos y arroyos que se emplea en el país hasta estos momentos es la elaborada por Nancy Mora, que tiene como base la cartografía física a escala 1:50000 del antiguo Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC) y abarca los territorios de la Isla de Cuba y de la Isla de la Juventud.

En ella, cada una de las cuencas fluviales del territorio de Cuba queda identificada por un código de cinco dígitos.

Para ello, se comenzó a trabajar escogiendo el método de clasificación decimal que más se adaptara a las condiciones de Cuba, analizando entonces las metodologías propuestas por Horton, Strahler, Milton Ollier, Storet y el Método Soviético (Luaces 2018).

Después de estudiados todos estos sistemas se llegó a la conclusión de que ninguno era apropiado, ya que no se ajustaban, unas veces a las condiciones del país y otras al propósito. Por lo que se decidió elaborar uno especial para los ríos de la isla.

Este método recogería lo más apropiado para las condiciones de Cuba de los demás sistemas anteriores, más un aporte (Luaces 2018).

Por tener Cuba una forma alargada y estrecha, y a su vez, con la disposición y estructura del relieve, se puede determinar la existencia de un parte aguas central a lo largo de toda la isla principal en la dirección de su eje longitudinal.

Este parteaguas define dos vertientes: la vertiente septentrional (Norte) y la vertiente meridional (Sur). Analizando una serie de requisitos se ha decidido numerar las cuencas de oeste a este y por vertientes para no utilizar números muy grandes (Luaces 2018).

Las provincias llevarán también una numeración de oeste a este y las vertientes tendrán el número 1 ó el 2 según sean vertientes norte o sur respectivamente.

En Isla de la Juventud la vertiente sería cero puesto que no tiene ésta definida, debido a que su drenaje es más bien radial.

La identificación de las cuencas sería de la siguiente forma: 11.010. El primer dígito corresponde a la región natural a que pertenece la cuenca.

El segundo dígito corresponde a la vertiente en que se ubica la cuenca y los tres últimos dígitos identifican a cada cuenca en particular, comenzando en la dirección oeste-este, en sentido longitudinal, abarcando en su conjunto a cada región (Luaces 2018).

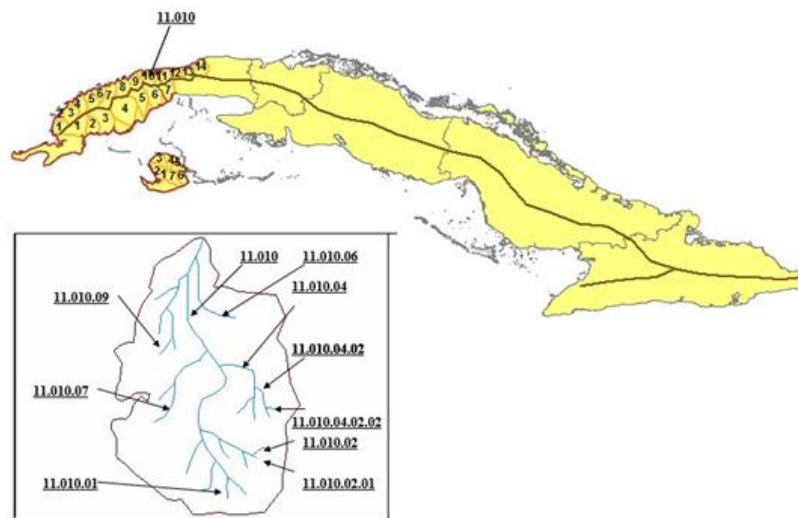
Se tomó como área mínima de una cuenca para ser clasificada 5 km<sup>2</sup>. Esta determinación se tomó después de un estudio de todas las cuencas y donde se observó que, si se toma como mínimo un área mayor, por ejemplo 10 km<sup>2</sup>, no quedarían muy representadas en la clasificación las cuencas de la vertiente sur de la Sierra Maestra por ser ésta de áreas muy pequeñas en su mayoría.

Teniendo ya la forma de clasificación de cada una de las cuencas de Cuba que equivale a la clasificación de todos los ríos principales del país, se procedió a la clasificación de los afluentes de estos ríos (Luaces 2018).

Todos los afluentes de la margen derecha del río principal y comenzando por el nacimiento hasta su desembocadura, llevarán números pares comenzando por el número dos (2). Los de la margen izquierda llevarán números nones comenzando por el uno (1). Los afluentes de esos afluentes se numerarán en la misma forma (Luaces 2018).

Llevarán números pares los de sus márgenes derechas y nones los de sus márgenes izquierdas. O sea que, cuando se le vaya a poner el número de clasificación a un afluente, primeramente, se pondrá el número de la provincia (en caso de que dicho río abarque más de una provincia, se colocará la provincia donde se encuentra la desembocadura del río), después el de la Vertiente y seguidamente, pero separado por un punto, el número de la cuenca.

Después, también separado por un punto, se pondrá el número del afluente (Luaces 2018). Si el río es un afluente de otro afluente del río principal, después de poner la provincia, la vertiente y el número de la cuenca, se pondrá el número del río del cual él es afluente y por último su número, siempre separado del anterior por un punto, figura 3 (Luaces 2018).



**Figura 3. Clasificación decimal de los ríos de Cuba**

El orden lo da el lugar que ocupe el último grupo de dígitos de la numeración, a partir del número de la cuenca (Luaces 2018).

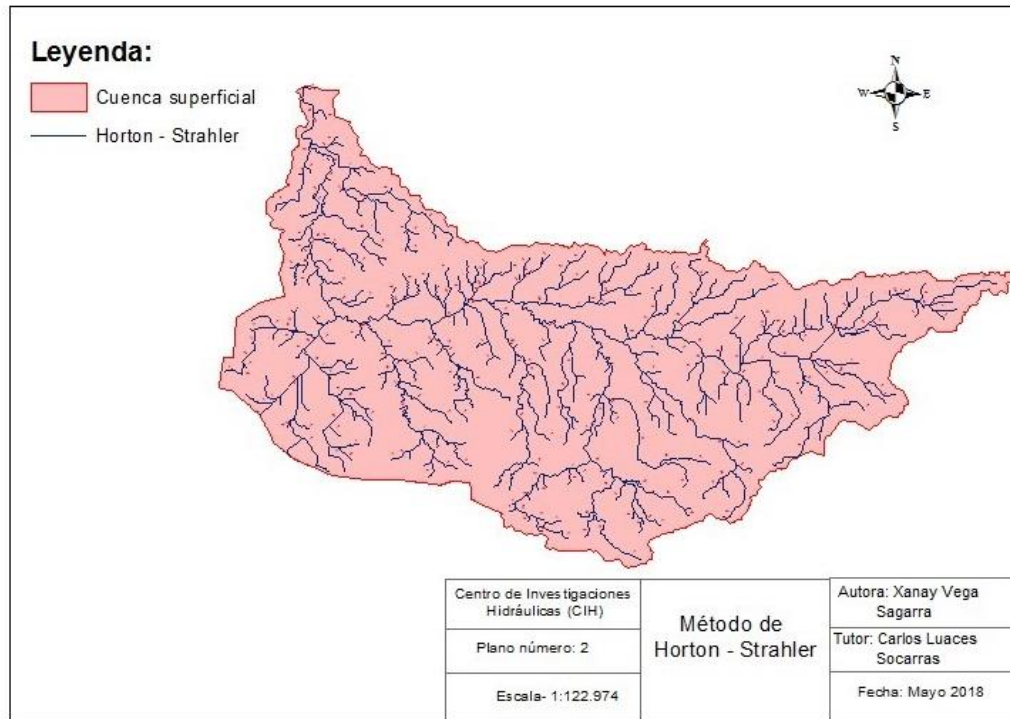
## **APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS SELECCIONADOS EN LA CUENCA SUPERFICIAL ALMENDARES, MEDIANTE LA HERRAMIENTA ARCMAP 10.2.1.**

### **Métodos de Horton-Strahler y Shreve**

Con el río ya delimitado, se pasa a dar orden a las corrientes, mediante la herramienta Stream Order.

Dicha herramienta se puede emplear mediante dos métodos, el Método de Strahler o Horton-Strahler, tabla 1 y figura 4, donde el orden de la corriente se incrementa cuando se cruzan dos drenajes del mismo orden, y el Método de Shreve tabla 2 y figura 5, donde los órdenes de corriente son aditivos.

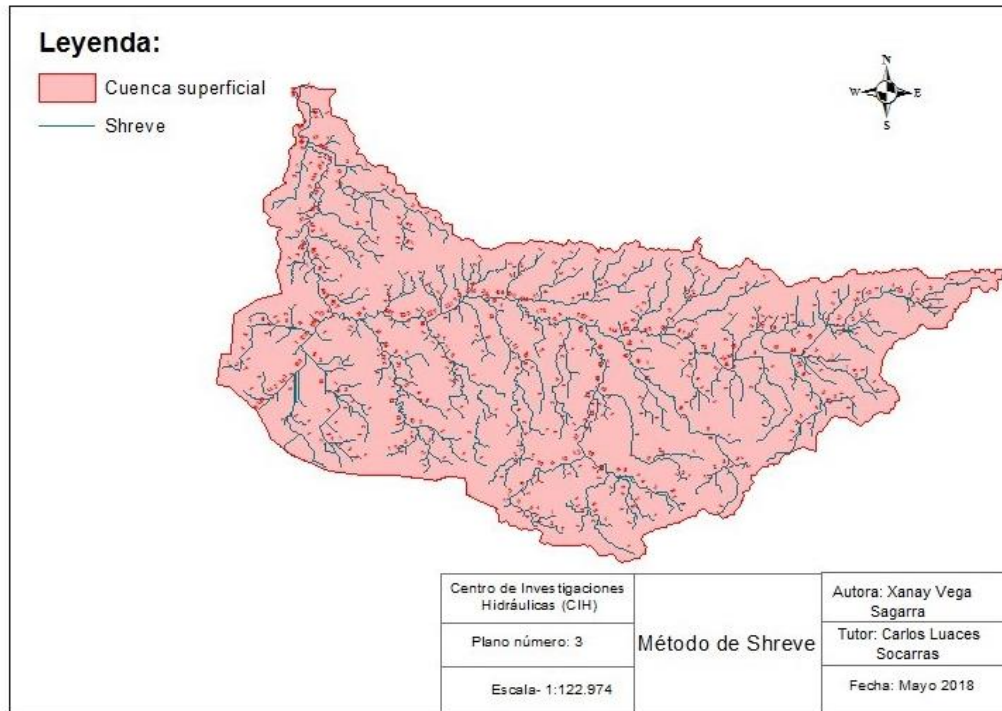
Debido a la extensión de las tablas, solo se muestra una pequeña parte de la misma.



**Figura 4. Resultado obtenido de la codificación del Método de Horton - Strahler**

**Tabla 1. Atributos con los resultados de la cuenca hidrográfica Almendares – Vento mediante el método Horton – Strahler**

Objetivo	Codificación_Horton_Strahler
534	1
731	6
790	1
9703	1
9731	1
10306	1



**Figura 5. Resultado de la codificación del Método de Shreve**

**Tabla 2. Atributos con los resultados de la cuenca hidrográfica Almendares – Vento mediante el método Shreve**

Objetivo	Codificación_Shreve
525	509
539	1
743	508
9814	1
9842	1
10420	1

Ventajas de los métodos Horton – Strahler y Shreve:

- ✓ Se puede realizar en el ArcMap 10.2.1.
- ✓ Es de fácil manejo en el programa.

Desventajas de los métodos Horton – Strahler y Shreve:

- ✓ No codifica las cuencas ni las subcuencas.

### **Método de Nancy Mora de 1976**

Se comienza a editar la capa creada por la herramienta Raster Calculator, junto a la Tabla de Atributos, donde se coloca el código correspondiente al método insertando una nueva columna, figura 6 y tabla 3.

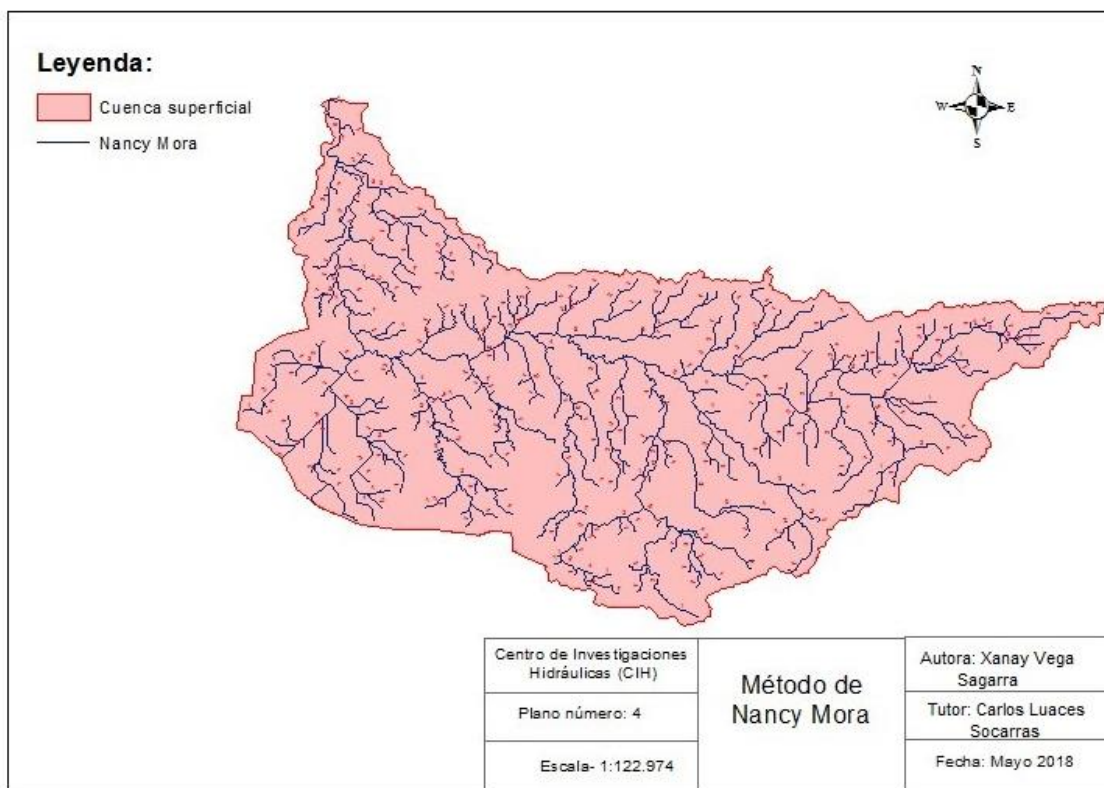
Ventajas del método:

- ✓ Le da único código a cada río con sus afluentes, en dependencia de la cuenca en la que se está trabajando.

Desventajas del método:

- ✓ La cuenca Almendares – Vento se encuentra entre tres provincias, por tanto, al poner el código se puede tomar cualquiera de las tres, ya que no se especifica en las características del método. En este trabajo se tomó para su codificación la provincia de La Habana, ya que es donde desemboca el río en estudio.
- ✓ Se recomienda hacerlo de forma manual, ya que el programa ArcMap no te permite poner tanto puntos como el código lo exige.
- ✓ Solo aplica para cuencas con áreas mayores de 5 km<sup>2</sup>.
- ✓ Al tener un río con muchos afluentes, el código sería un número muy largo.

Se debe aclarar que las tablas de los resultados propuestos por el programa en cuestión, no se encuentran completas debido a su extensión.



**Figura 6. Resultado del Método Nancy Mora**



**Tabla 3. Atributos con los resultados de la cuenca hidrográfica Almendares – Vento mediante el método Nancy Mora**

Objetivo	Codificación_Nancy_Mora
534	31115,010
731	31,115
790	31115,030
9703	3111534000000000,000
9731	31115340601,000
10306	3111534060100,000

**Tabla 4. Comparación atendiendo a varias características entre los métodos Horton – Strahler, Shreve y Nancy Mora**

Sistema de Codificación	Topológico	Anidado	Número de subcuencas	Codificación automática
Horton Strahler	Sí	Sí	Cualquiera	Sí
Shreve	Sí	Sí	Cualquiera	Sí
Nancy Mora	Sí	Sí	Cualquiera	No
Sistema de Codificación	Sencillo y explícito	Económico en dígitos	Codifica cuencas superficiales	Codifica cuencas subterráneas
Horton Strahler	Sí	Sí	Sí	No
Shreve	Sí	Sí	Sí	No
Nancy Mora	Sí	No	Sí	No
Sistema de Codificación	Codifica áreas	Análisis ag. arriba y aguas abajo	Codifica la costa	
Horton Strahler	No	Sí	No	
Shreve	No	Sí	No	
Nancy Mora	No	Sí	No	

## CONCLUSIONES

- En el presente trabajo se logró delimitar y codificar mediante una serie de metodologías, indicándole a cada una de ellas ventajas y desventajas, la cuenca superficial Almendares en un Sistema de Información Geográfica (SIG), específicamente en el ArcMap 10.2.1.
- Las metodologías de Horton – Strahler y Shreve son de fácil ejecución con el SIG, ArcMap 10.2.1. El Método de Nancy Mora no es económico en dígitos, debido a la extensión de su código en dependencia de la cantidad de afluentes del río en cuestión.
- Los métodos empleados en la delimitación de las cuencas superficiales parten de la misma metodología, aunque difieren en su codificación.

## REFERENCIAS

- Campos D.** (1992). “Proceso del Ciclo Hidrológico”, Editorial Universitaria Potosina, ISBN-968-6194-44-4, San Luis Potosí, México.
- García J.** (2014). "Manual de Cuencas Hidrográficas de Cuba", Editado por el Grupo de Desarrollo, Vigilancia y Divulgación INRH, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana.
- Luaces C.** (2018). "Guía de ríos y arroyos de Cuba. Nancy Mora 1976", Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana.
- Fattorelli S.** (2011). “Diseño Hidrológico”, Zeta Editores, ISBN 978-987-05-2738-2, Italia.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

### Contribución de los autores

Xanay Vega Sagarra <https://orcid.org/0000-0002-8762-0354>

Realizó el artículo en su totalidad, participando en el diseño de la investigación, análisis de los resultados, además en la revisión y redacción del informe final.