

# EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO SAN DIEGO HASTA EL EMBALSE LA JUVENTUD, PINAR DEL RÍO, CUBA

MSc. Mayelin Rodríguez Rosa<sup>1</sup>  
Dr. Iván González Piedra<sup>2</sup>

**Resumen:** La cuenca del río San Diego, cuenca de interés para la provincia Pinar del Río, región occidental de Cuba, reviste gran importancia por ser la cuenca de captación encargada de abastecer el embalse La Juventud, reservorio hídrico de uso múltiple aguas abajo del mismo. La presente investigación apunta hacia la necesidad de evaluar el comportamiento hidrológico de las precipitaciones y el escurrimiento en la cuenca de captación, por tanto el objetivo principal es evaluar los recursos hídricos en la cuenca del río San Diego. Se estudian datos hidrometeorológicos tales como lluvia y escurrimiento de una serie de 50 años comprendidos entre 1963 y 2012. La tendencia de la lluvia promedio en el área de estudio en general, resultó negativa y no significativa en cambio la tendencia del escurrimiento (medido en Los Gavilanes) muestra signo negativo con un gradiente de 13.3 %, considerado bajo, la cual puede deberse a la influencia de la lluvia del pluviómetro Pr4 cuya tendencia negativa tuvo un gradiente un poco mayor de 16 %. La relación lluvia – escurrimiento para los valores anuales, evidencia un sincronismo que llama la atención por su marcada coincidencia casi perfecta, lo que habla de la relación causa efecto en la cuenca. Los resultados obtenidos mediante el análisis de tendencia y estacionalidad nos brindan información acerca de la situación de los recursos hídricos en la cuenca del río San Diego hasta el embalse La Juventud y la disponibilidad de estos.

**Palabras claves:** cuenca, lluvia, escurrimiento, tendencia y estacionalidad.

## AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS NA BACIA DO RIO SAN DIEGO ATÉ A REPRESA DA JUVENTUDE, PINAR DEL RÍO, CUBA

**Resumo:** A bacia do rio San Diego, de interesse para a província de Pinar del Río, Cuba ocidental, é de grande importância para a captação de água, e responsável pelo abastecimento do reservatório da Juventude, que tem múltiplos usos. Esta

---

<sup>1</sup> Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. E-mail: mayelin@geo.uh.cu

<sup>2</sup> Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. E-mail: igp@geo.uh.cu

pesquisa teve como objetivo avaliar o comportamento hidrológico da chuva e do escoamento na bacia, e, ainda, os seus recursos hídricos. Foram estudados dados hidrometeorológicos, como chuva e escoamento de uma série de 50 anos, entre 1963 e 2012. A tendência da precipitação média na área de estudo em geral foi negativo e nenhuma mudança significativa na tendência de escoamento (medido em Los Gavilanes) mostra sinal negativo com um gradiente de 13,3%, considerada baixa, o que pode ser devido a influência do pluviômetro Pr4 tendência negativa que tinha uma inclinação ligeiramente maior, de 16 %. Chuva - relação de escoamento para valores anuais mostra um tempo que é notável por seu forte jogo quase perfeito, que fala da relação de causalidade na bacia. Os resultados obtidos através da análise de tendência e sazonalidade forneceram informações sobre o estado dos recursos hídricos na bacia e para a represa da Juventude.

**Palavras-chave:** bacia, chuva, escoamento, tendência e sazonalidade.

## INTRODUCCIÓN

Estudiar el comportamiento y la disponibilidad de los recursos hídricos en un país, región o cuenca en particular, constituye una tarea fundamental dado el valor e interés social, económico y científico, especialmente en los momentos actuales donde tanto se habla de la crisis del agua.

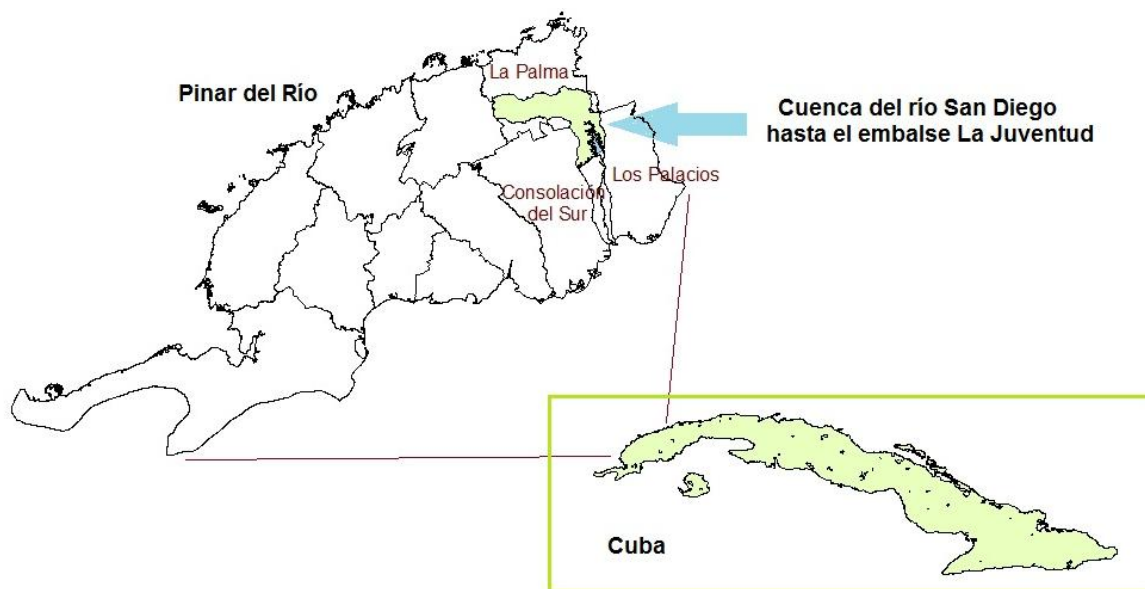
La cuenca hidrológica superficial representa uno de los marcos de trabajo más aceptados para el estudio integral de los recursos hídricos de una región. Como unidad de planificación y desarrollo, reúne condiciones de unidad geográfica natural muy específicas y propias que solo ella posee, como son su carácter de independencia relativa por sus límites geográficos bien definidos y su dinámica funcional integrada, dada fundamentalmente por los intercambios de sustancia y energía que tienen en la dinámica de los componentes del clima y del agua, su principal fuente (González, 2006). El manejo adecuado de estos recursos hídricos requiere conocer las características específicas de las cuencas y el balance hidrológico en el sistema, que permitan comprender la dinámica que se genera dentro de la unidad evaluada.

La cuenca San Diego se ubica en Pinar del Río, la más occidental de las provincias de Cuba. Está situada en la porción este de la misma, enmarcada entre los 22° 28' y 22° 45' de latitud Norte y entre los 83° 37'30'' y 83°22'30'' de longitud Oeste (GEOCUBA, 2000). Hasta el embalse La Juventud, el área de estudio cuenta con aproximadamente 254 km<sup>2</sup> según

el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Su superficie se extiende por los términos de los municipios Consolación del Norte o La Palma, Los Palacios y Consolación del Sur, encontrando la mayor porción en el primero de ellos (Figura 1).

El sector superior de la cuenca reviste una importancia particular para la provincia, por ser la cuenca de captación encargada de abastecer el embalse de “La Juventud”, con una capacidad de almacenamiento de 105 millones de m<sup>3</sup>. Constituye el principal proveedor de agua de las zonas agrícolas ubicadas en la llanura costera sur de la provincia, donde se concentra una de las zonas de mayor producción de arroz de la isla y de cultivos varios.

**Figura 1.** Esquema de ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaborada por los autores.

El estudio hidrológico que se presenta en la investigación se realizó con un período de observación del escurrimiento (medido) de 50 años, con igual período de observación de la lluvia, lo cual es un verdadero privilegio pues pocas estaciones tienen series de información referida a estos parámetros con la calidad con la que lo encontramos en la cuenca San Diego. El conocimiento cuantitativo de estas variables hidrológicas en la cuenca del río San Diego, favorece una planificación y uso más eficiente de los recursos hídricos.

Como **Objetivo General** de la investigación se plantea evaluar el comportamiento de las variables hidrológicas lluvia y escurrimiento en la cuenca del río San Diego hasta el embalse La Juventud.

Siendo los **objetivos específicos** para dar respuesta a ello:

Caracterizar el comportamiento de la lluvia, elemento fundamental del cual depende el escurrimiento.

Caracterizar el escurrimiento de la cuenca de estudio como principal componente de los Recursos Hídricos de la cuenca.

Realizar análisis de tendencia y estacionalidad de los parámetros hidrometeorológicos lluvia y escurrimiento.

## **METODOLOGÍA EMPLEADA**

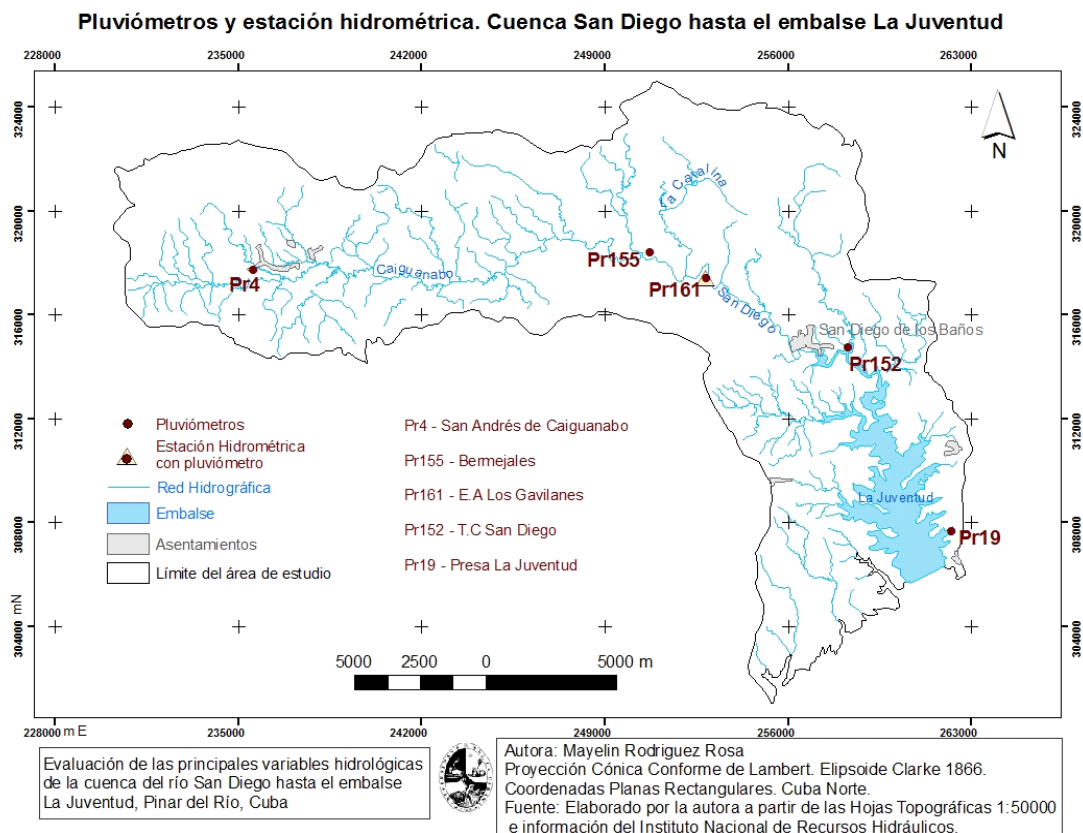
Para el estudio de los parámetros hidroclimáticos lluvia y escurrimiento, se realizó un análisis de los datos con los que se contaba, ya que las series de años no coincidían con el año de comienzo ni con su extensión y además tenían en ocasiones muchos datos faltantes. Como resultado en el caso de las lluvias, fueron empleados datos que comprenden una red de 5 pluviómetros pertenecientes a la red básica de Recursos Hidráulicos de la provincia de Pinar del Río, entre los años 1963 y 2012, para un total de 50 años de observación (Tabla 1 y Figura 2). Estos se escogieron en función de su ubicación, período de la serie y confiabilidad de los datos, haciéndolos corresponder con la información disponible de la estación hidrométrica Los Gavilanes y así poder realizar el estudio lluvia-escurrimiento para un período común.

**Tabla 1** – Datos de las estaciones pluviométricas seleccionadas

No. Control	Nombre	Municipio	Altura (msnm)	Coordenadas
4	San Andrés de C.	La Palma	140	317.8 N - 235.6 E
155	Bermejales	Los Palacios	130	319.4 N – 251.0 E
161	E.A Los Gavilanes	Los Palacios	100	317.4 N – 252.9 E
152	T.C San Diego	Los Palacios	61	314.9 N – 256.5 E
19	Presa La Juventud	Los Palacios	40	307.6 N – 262.2 E

Fuente: Elaborado por los autores a partir de datos del INRH.

**Figura 2.** Ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas y la estación hidrométrica Los Gavilanes.



Fuente: Elaborada por los autores con el sistema de información geográfica ArcGIS 9.1.

Algunos valores de las series de lluvias en dichos pluviómetros estaban incompletos por lo que se aplicaron métodos estadísticos con el paquete computarizado *Statgraphis Plus 5.1* para dar solución a este problema. Igualmente se utiliza, en el análisis de los datos de lluvia y escurrimiento fundamentalmente. Se completaron un total de 132 valores, que representan el 4.4 % de la serie de 3000 valores mensuales de lluvia en el período 1963 – 2012.

Para el análisis del escurrimiento en el área de estudio, se trabajó con datos de la estación hidrométrica Los Gavilanes (1963-2012) que cubren un total de 50 años de observaciones, igual período que la lluvia. Esta estación hidrométrica se encuentra ubicada aproximadamente 100 km arriba del embalse, ya que estas estaciones son ubicadas en zonas montañosas. Por esta razón entre la estación hidrométrica Los Gavilanes y el embalse La Juventud no se tienen datos medidos de escurrimiento y se procede a estimar sus valores basados en los datos reales hasta Los Gavilanes y las diferentes condiciones físico-geográficas entre ambos sectores.

Con la información de lámina de escurrimiento  $R$  (mm) hasta la estación Los Gavilanes se calculó el coeficiente de escurrimiento ( $K_r$ ) a partir del despeje de la ecuación del balance hídrico  $P = R + E$ , teniendo en cuenta que  $K_r$  es igual a  $R$  entre  $P$ , entonces  $R = K_r * P$ . Este análisis nos permitió estimar los valores de  $R$  (mm) para el embalse La Juventud, información con la que no se cuenta.

En el estudio temporal se analizó la estacionalidad de la lluvia para todas las estaciones y del escurrimiento. Para ello fue necesario confeccionar los gráficos de estacionalidad, que permiten conocer el comportamiento de las variables analizadas en el transcurso del año. Igualmente se analizó el comportamiento tendencial, mediante la regresión lineal entre dicha variable desestacionalizada y el tiempo.

## **ANÁLISIS DE LA LLUVIA**

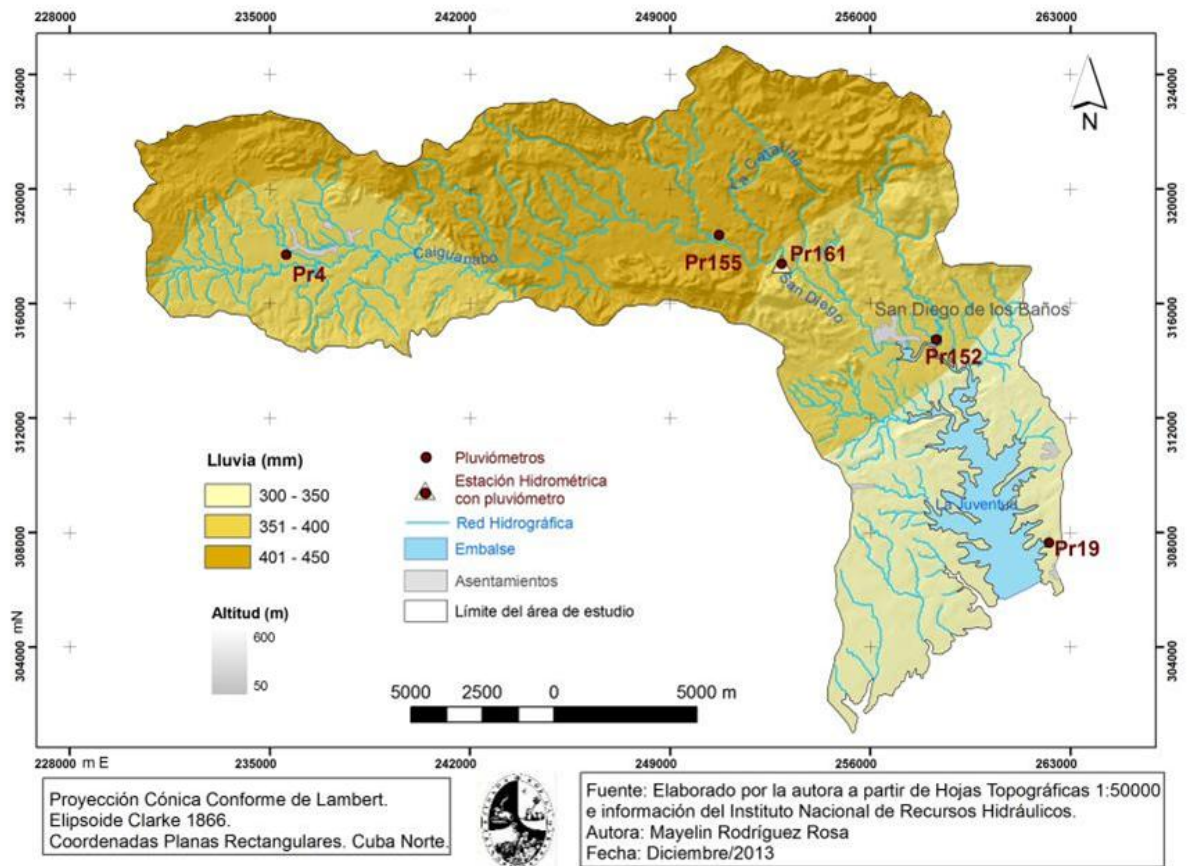
El occidente de Cuba, donde se halla enclavada la cuenca, suele tener lluvias prácticamente todo el año, ya que aún en el período menos lluvioso que va de noviembre a abril, las lluvias provenientes de los frentes fríos en ocasiones llegan a ser importantes en determinado mes, no obstante y como patrón general en el país y en la cuenca de estudio, se mantienen los dos períodos o estaciones, el menos húmedo y el húmedo que se extiende de mayo a octubre.

Al promediar los valores anuales de lluvia en todas las estaciones pluviométricas utilizadas para el período 1963 – 2012, se determinó un valor de lluvia media anual de 1605,4 mm, aceptable para una zona montañosa y semimontañosa, tomando en cuenta que para Cuba el último valor considerado como promedio anual para todo el territorio cubano es de unos 1370 mm (INRH, 2005).

En el análisis temporal de la lluvia, la estacionalidad, se muestra la existencia de dos períodos bien definidos y que coinciden con el establecido para la isla. Esta estacionalidad está determinada por las condiciones atmosféricas que rigen sobre nuestro territorio en determinadas épocas del año.

Durante los meses de diciembre – abril se establecen condiciones atmosféricas para el invierno sobre nuestro país, con el predominio de períodos fríos y secos, por lo que durante estos meses tendremos la prevalencia de un período poco lluvioso, donde ocurren un mínimo de lluvias, que para el caso del área de estudio, durante el período 1963-2012, se estima un promedio anual de 380.1 mm, lo que representa un 23.7% respecto al total de lluvia media anual de 1605,4 mm (Figura 3).

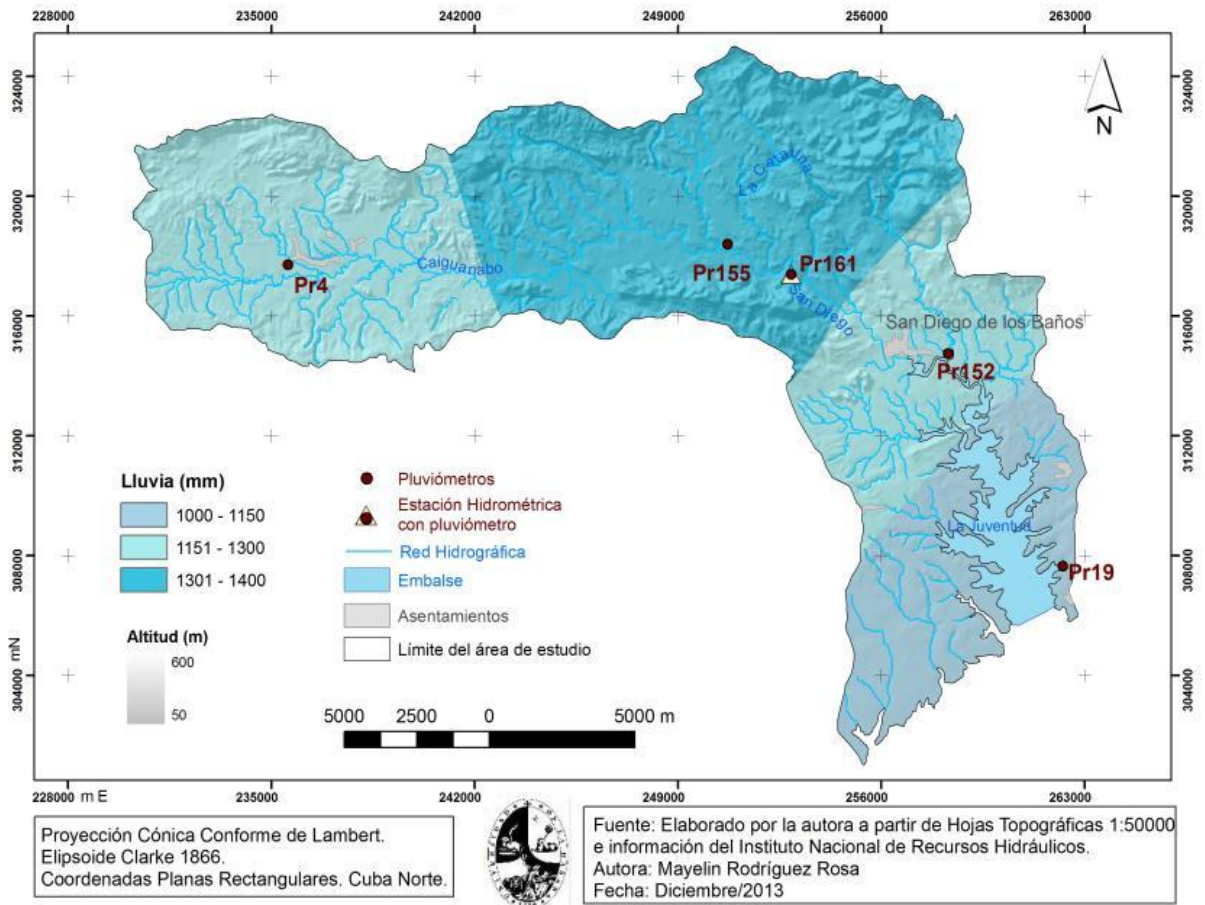
**Figura 3.** Distribución estacional de la lluvia. Período poco lluvioso (1963-2012). Cuenca San Diego hasta el embalse La Juventud.



Esta disminución de las lluvias ocurre debido a las condiciones de estabilidad atmosférica que reinan sobre el territorio, solo interrumpidas por el paso de algunas ondas superiores del oeste, hondonadas prefrontales y frentes fríos en combinación con estos sistemas, es por estas causas que se producen estas escasas lluvias, ya que el calentamiento rara vez puede inestabilizar las masas dominantes en esa época y provocar lluvias convectivas, cuando la inversión de los alisios alcanzan sus cotas más bajas, registrándose un mínimo de lluvias en el mes de diciembre, como sucede en el período estudiado. (González, 2000)

A partir de mayo comienza el período lluvioso que comprende los meses de mayo a octubre (en ocasiones llega hasta noviembre) y en el que se registraron como promedio anual en el período estudiado, 1225.3 mm, lo que representa un 76.3 % de la lluvia media anual de 1605,4 mm. El mapa de la distribución de la lluvia en este período lluvioso se representa en la Figura 4.

**Figura 4.** Distribución estacional de la lluvia. Período lluvioso (1963-2012). Cuenca San Diego hasta el embalse La Juventud.

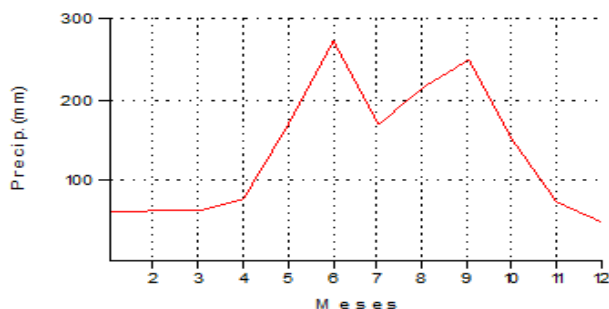


El comienzo de esta temporada se debe a que en el mes de mayo, el occidente de Cuba es afectado por ondas tropicales, las que producen abundantes lluvias en dependencia de su movimiento e intensidad. También producto al calentamiento se originan con alta frecuencia, tormentas eléctricas que se desarrollan principalmente después de las tres de la tarde.

En este período lluvioso mayo – octubre se manifiesta un comportamiento bimodal de las lluvias, con la existencia de dos máximos, uno absoluto en el mes de junio y otro relativo en el mes de septiembre, lo cual tiene su explicación por las condiciones sinópticas de la temporada (Figura 5).



**Figura 5.** Comportamiento de la lluvia media mensual para la cuenca del río San Diego hasta el embalse La Juventud. Período 1963-2012.



Fuente: Elaborado por los autores partir de datos de lluvia media mensual para el período 1963-2012.

Durante el mes de junio se produce la mayor cantidad de lluvias en la cuenca. Su explicación radica en el debilitamiento de las presiones en torno a la isla y el consiguiente aumento de las calmas, lo que favorece el calentamiento e inestabilidad convectiva. Durante este mes se establece un cierto equilibrio entre el flujo del alisio en superficie y los oestes en altura, pasándose seguidamente a la profundización del alisio en las capas superiores que duran todo el verano. Este cambio de circulación en la altura generalmente va acompañado de condiciones óptimas de inestabilidad y lluvias. (González, 2000)

En julio se produce un mínimo relativo en la temporada, ya que en este mes disminuyen las lluvias principalmente por causa del fortalecimiento del anticiclón de las Azores-Bermudas (por radiación), cuya influencia sobre Cuba se hace notar, con un aumento de la velocidad del viento y un aumento de presión que entorpece la formación de celdas convectivas, a pesar de que existe alta humedad relativa en los niveles bajos. Luego en agosto, uno de los meses más calurosos del año, existe un aumento de las lluvias con relación a julio, producto del movimiento de las ondas tropicales.

Durante el mes de septiembre se produce un máximo secundario producto al aumento de las lluvias dado por el debilitamiento en altura del alisio y la aparición del flujo oeste, seguido de un descenso en octubre, para dar lugar al período poco lluvioso. (González, 2000)

Además es importante destacar que este período lluvioso mayo –octubre coincide también con la temporada ciclónica en Cuba, por lo que pueden afectar a nuestro territorio y en particular a la provincia Pinar del Río, organismos ciclónicos. Estos constituyen un elemento a tener en cuenta por los acumulados de lluvia que proporcionan.

Como resultado en los mapas de lluvia del período lluvioso y período poco lluvioso, se puede observar que coinciden en que los mayores valores de lluvia se localizan hacia el centro de la cuenca, en torno a los pluviómetros Pr155 y Pr161. La distribución de la lluvia en Cuba obedece a dos regularidades, una establece que la lluvia aumenta en la medida que nos alejamos de las costas y otra que aumenta con la altitud. En el área se manifiestan estas regularidades, en cambio, se evidencia un efecto local producto de las condiciones topográficas, pues el pluviómetro Pr4 que se encuentra a mayor altitud no es el que registra los mayores valores en los mapas realizados, estos se encuentran hacia el centro, relacionado con los pluviómetros Pr155 y Pr161 ubicados a menor altura. La dirección predominante de los vientos en la cuenca es del Noreste por lo que esta zona es donde primeramente impactan las masas de aire y descargan su humedad. Igualmente estos pluviómetros se encuentran en un valle ubicado entre las regiones de Montañas de la Sierra de los Órganos, Montañas de la Sierra del Rosario y la Sierra de la Güira, lo cual ocasiona una concentración de flujos provocando una mayor ocurrencia de las lluvias.

El análisis de tendencia de la serie de lluvia dio como resultado, desde el punto de vista estadístico, un comportamiento general a la disminución de las lluvias. En los Pr4 y Pr19 la tendencia negativa es significativa, en los Pr152 y Pr161 la tendencia es positiva pero no significativa y solo en el Pr155 la tendencia es positiva y significativa. Todo lo anteriormente expuesto queda comprobado estadísticamente por el valor de *P-Value*.

En los gráficos del comportamiento de la tendencia se analizó el valor del gradiente relacionado con el valor medio en cada una de las rectas. El mayor valor de gradiente resultó del Pr4, con un valor del 16%, o sea, que en este pluviómetro la tendencia del valor mensual de las lluvias ha sido de disminuir en un 16% o que la variabilidad máxima a esperar en cuanto a la disminución de la lluvia es de un 16%. Desde el punto de vista hidrológico estos valores no son representativos, pues un 16 % no es un valor tan grande como para afirmar que la lluvia a lo largo del período 1963-2012, que representan un total de 50 años, ha tenido una tendencia a la disminución.

## **ANÁLISIS DEL ESCURRIMIENTO**

El valor promedio de la lámina de escurrimiento hasta la estación Los Gavilanes es de 544,2 mm, con mínimo de 214,8 mm (año 2010) y un máximo de 1337,2 mm (año 1995).

Debido a que el comportamiento del escurrimiento se encuentra en estrecha relación al comportamiento de las lluvias, la lámina de escurrimiento presenta una estacionalidad anual con un período de un año y dos subperíodos o estaciones de casi seis meses cada uno.

Un subperíodo o estación de mínimo escurrimiento que comprende los meses de Noviembre a Mayo, coincidiendo casi perfectamente con el período poco lluvioso para la cuenca, con excepción del mes de mayo, que en relación a la estacionalidad de las lluvias puede considerarse dentro del período lluvioso, aunque es de los que menos lámina de lluvia tiene dentro de esta estación. Esto se debe a que este mes constituye el primero de la temporada de mayor lluvia, al comienzo los suelos presentan poca o ninguna humedad, restringiéndose los tipos de agua presentes en el suelo a higroscópica y laminar, por lo tanto en este momento los suelos muestran una capacidad de infiltración mayor y los valores de escurrimiento se ven disminuidos a pesar de los relativamente altos valores de lluvia (Figura 6).

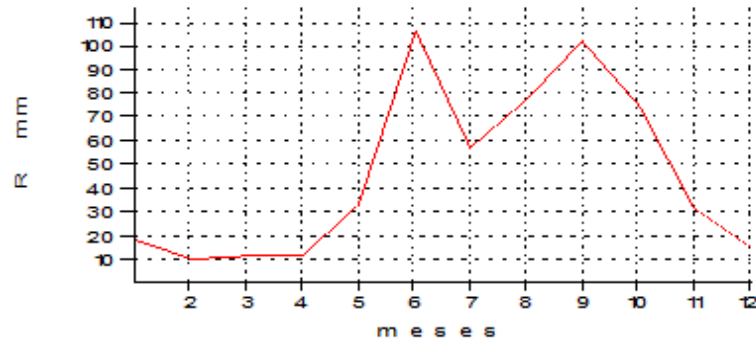
Durante el mes de junio se produce un aumento significativo en los valores de escurrimiento, debido a que es el mes donde mayores acumulados de lluvia ocurren dentro del período y además las condiciones de humedad del suelo son más favorables y la capacidad de infiltración ha disminuido. En este mes se registra un máximo absoluto en correspondencia con el máximo de las lluvias.

En el mes de julio los valores disminuyen en relación con la disminución de las lluvias, provocado principalmente por causa del fortalecimiento del anticiclón de las Azores-Bermudas ya explicado. Luego comienza un aumento durante el mes de agosto, hasta llegar en el mes de septiembre a un pico de máximo relativo, donde se registran altos valores de la lámina de escurrimiento al igual que sucede con la lluvia. Los suelos se encuentran saturados con una capacidad mínima de infiltración, lo que favorece el escurrimiento, registrándose estos valores que representan un máximo relativo.

El análisis de tendencia de la lámina de escurrimiento mensual  $R$  (mm) arrojó como resultado, desde el punto de vista estadístico, una tendencia a la disminución en los 50 años de observación. Esta tendencia negativa es a su vez significativa al 90%, lo cual queda comprobado estadísticamente por el valor de *P-Value*. Esta tendencia negativa en el escurrimiento, pareciera estar en contraposición con el resultado de la tendencia nula en la lluvia anual como se expresa anteriormente, pero no resulta así del todo. Puede intuirse que el signo negativo en la ecuación de la pendiente del escurrimiento está determinado por la influencia que ejerce el pluviómetro Pr4, el cual tiene una tendencia negativa con el mayor gradiente (16%). Este pluviómetro se encuentra ubicado en la parte más alta de la cuenca, y

por tanto ejerce una mayor influencia en el escurrimiento, ya que debe generar un mayor volumen de la lámina R (mm).

**Figura 6.** Gráfico del comportamiento estacional de la lámina de escurrimiento promedio mensual hasta la estación Los Gavilanes. Período 1963-2012.

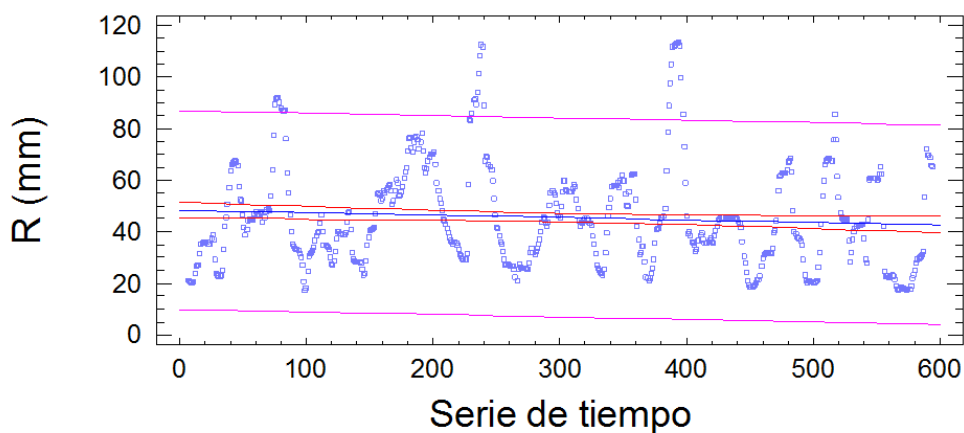


Fuente: Elaborado por los autores a partir de datos de lámina de escurrimiento promedio mensual del INRH.

Igualmente se analizó el valor del gradiente relacionado con el valor medio de la recta, el cual resultó de un 13.3 %, o sea, que en el período 1963-2012, la tendencia del valor mensual del escurrimiento ha sido de disminuir en un 13.3% o que la variabilidad máxima presentada en cuanto a la disminución del escurrimiento es de un 13.3%.

Desde el punto de vista hidrológico, este valor, al igual que el mayor gradiente para el caso de las lluvias, no es representativo, pues un 13.3 % no es un valor tan grande como para afirmar que la lámina de escurrimiento a lo largo del período 1963-2012, que representan un total de 50 años, ha tenido una tendencia a la disminución.

**Figura 7.** Gráfico de tendencia del escurrimiento hasta la estación Los Gavilanes.



Fuente: Elaborado por los autores a partir de análisis estadístico.

## ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO HASTA EL EMBALSE LA JUVENTUD

El área de la cuenca hasta el embalse es de 254 km<sup>2</sup> según el INRH y hasta la estación hidrométrica es de 157 km<sup>2</sup>, es decir, la diferencia es de 97 km<sup>2</sup>, lo que se traduce en estimar el aporte de escurrimiento de estos casi 100 km<sup>2</sup> al embalse. El promedio de la lluvia hasta Los Gavilanes es de 1697 mm, mientras que el promedio hasta La Juventud es de 1605.4 mm, la diferencia es de solo 91.6 mm menos.

Para la estimación del escurrimiento en el embalse hasta el 2012 se hizo una comparación entre la distribución mensual de las lluvias promedios mensuales (mm) para una y otra área. Luego, a partir de los datos de la Tabla 2 y considerando la diferencia en cuanto a las características del relieve, suelos y vegetación para ambos sectores de la misma cuenca, se asumieron los siguientes valores de R y de Kr para el embalse La Juventud y que se dan en la Tabla 3.

La lámina de escurrimiento calculada de 483.4 mm y teniendo un área de 254 km<sup>2</sup> da un volumen promedio anual de  $We = 0.483 \text{ m} * 254. 10^6 \text{ m}^2 = 122.6 * 10^6 \text{ m}^3$

**Tabla 2** – Valores promedios mensuales de la lámina de lluvia (P mens), de escurrimiento (R mens) y coeficiente de escurrimiento (Kr) en la cuenca del río San Diego de los Baños, Pinar del Río, hasta la estación hidrométrica Los Gavilanes. Período 1963 – 2012.

Meses	P mens	R mens	Kr
Enero	64,9	18,4	0,28
Febrero	66,2	9,7	0,15
Marzo	64,5	11,2	0,17
Abril	78,6	11,6	0,15
Mayo	176,3	32,4	0,18
Junio	283,7	106,0	0,37
Julio	184,8	57,0	0,31
Agosto	233,1	77,5	0,33
Septiembre	254,9	101,6	0,40
Octubre	155,8	74,1	0,48
Noviembre	80,1	31,5	0,39
Diciembre	54,2	14,7	0,27
<b>Totales</b>	1697,1	545,8	
<b>Promedios</b>	141,4	45,5	0,32

Fuente: Elaborado por los autores a partir de datos del INRH.

**Tabla 3** – Valores promedios mensuales de la lámina de lluvia (P mens), de escurrimiento (R mens) y coeficiente de escurrimiento (Kr) en la cuenca del río San Diego de los Baños, Pinar del Río, hasta La Juventud. Período 1963-2012.

Meses	P mens	R mens	Kr
Enero	59.8	15.5	0.26
Febrero	61.4	8.0	0.13
Marzo	62.5	9.4	0.15
Abril	77	10.0	0.13
Mayo	169	27.0	0.16
Junio	271.6	95.1	0.35
Julio	169.4	49.1	0.29
Agosto	215.6	66.8	0.31
Septiembre	248.8	94.5	0.38
Octubre	150.6	69.3	0.46
Noviembre	72.1	26.7	0.37
Diciembre	47.3	11.8	0.25
<b>Totales</b>	1605.4	483.3	-
<b>Promedio</b>	133.8	36.1	0.27

Fuente: Elaborado por los autores a partir de datos del INRH.

## CONSIDERACIONES FINALES

El análisis de la lluvia en la cuenca del río San Diego hasta el embalse La Juventud, en el período 1963 – 2012, muestra la existencia de una estacionalidad con dos períodos bien definidos y que coinciden con el establecido para la isla. Esta estacionalidad está determinada por las condiciones atmosféricas que rigen sobre nuestro territorio en determinadas época del año. Durante el período poco lluvioso (noviembre-abril) se registro un promedio anual de 380.1 mm, lo que representa un 23.7% respecto al total de lluvia media anual de 1605 mm y en el periodo lluvioso (mayo-octubre) se registraron como promedio anual 1225.3 mm, para un 76.3 %. En este período lluvioso mayo – octubre se manifiesta un comportamiento bimodal de las lluvias, con la existencia de dos máximos, uno absoluto en el mes de junio y otro relativo en el mes de septiembre, lo cual tiene su explicación por las condiciones sinópticas de la temporada.

La tendencia de la lluvia promedio en el área de estudio en general para el período de estudio, resultó negativa y no significativa, con el valor del gradiente relacionado con el valor medio muy bajo, por lo que se puede afirmar que la lluvia en la cuenca no presenta tendencia ni al aumento ni a la disminución.

Debido a que el comportamiento del escurrimiento se encuentra en estrecha relación al comportamiento de las lluvias, la lámina de escurrimiento presenta una estacionalidad anual con un período de un año y dos subperíodos o estaciones de casi seis meses cada uno. Una estación de mínimo escurrimiento que comprende los meses de noviembre a mayo, coincidiendo casi perfectamente con el período poco lluvioso para la cuenca, con excepción del mes de mayo, el cual presenta valores bajos de escurrimiento por la poca humedad de los suelos al comienzo de la temporada de lluvia.

Por su parte, la tendencia del escurrimiento (medido en Los Gavilanes), muestra signo negativo con un gradiente de 13.3 %, considerado bajo, no muy representativo dada la magnitud de la serie de observación. Esta tendencia puede deberse a la influencia de la lluvia del pluviómetro Pr4 cuya tendencia negativa tuvo un gradiente un poco mayor de 16 %. Este pluviómetro se encuentra ubicado en la parte más alta de la cuenca, y por tanto ejerce una mayor influencia en el escurrimiento, ya que debe generar un mayor volumen de la lámina R (mm).

El valor promedio de la lámina de escurrimiento hasta la estación Los Gavilanes es de 544,2 mm y la estimada hasta el embalse La Juventud de 483,3 mm.

## REFERENCIAS

Barrera, M. S. Manejo de cuencas hidrográficas durante el siglo XX. Un análisis desde la Geografía. En Montoya, J. M. Editor. **Lecturas en Teoría de la Geografía**. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2009.

Braga, R. **Instrumentos para la gestión ambiental de los recursos hídricos**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2009.

Brooks, K. **Hydrology and the Management of Watersheds**, ISUP/Ames, Iowa, USA, 1997.

GEOCUBA. **Diccionario Geográfico de Cuba**, Ediciones GEO, Empresa GEOCUBA Cartografía, Ciudad de la Habana, Cuba, 2000.

GEOCUBA. (1982). Hojas topográficas: No. 3483-I Consolación del Sur, No. 3484-II La Palma, No. 3582-IV Alonso de Rojas, No. 3583-III Cubanacán, No. 3583-IV Herradura, No. 3584-III Pan de Guajaibón 1:50000.

González, J. I. et al. Informe científico Proyecto: “**Antropización en cuencas hidrológicas del occidente de Cuba y evaluación de las modificaciones del ciclo hidrológico**”. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. (Formato digital), 2000.

González, J. I. **Guía Metodológica para el estudio Integral de cuencas Hidrológicas Superficiales con Proyección de Manejo**. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana, 2006.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. **Nuevo estudio de la pluvialidad en Cuba**. La Habana, Cuba, 2005.

Morejón, Y. Análisis del estado actual y tendencias previsibles, de los recursos edáficos e hídricos en cuencas del occidente de Cuba. Memoria presentada para optar al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad de Pinar del Río. Cuba, 2009.

Rodríguez, M. Estudio del comportamiento espacio temporal de las precipitaciones en la cuenca del río Arimao. II Convención Internacional “Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba, 2011.

Rodríguez, M. Evaluación de los recursos hídricos superficiales del sector superior de la cuenca del río San Diego, Pinar del Río, Cuba. II Convención Internacional “Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial”. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba, 2011.

Servicio Hidrológico Nacional. **Nuevos logros en el estudio de la pluviometría en cuba: Mapa Isoyético para el período 1961-2000**. Voluntad Hidráulica. Año (98). Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, Cuba, 2006.