

# Tendencias del cambio climático en la Demarcación Hidrográfica de Manabí

Campos Cedeño Antonio Fermín<sup>1</sup>, Mendoza Álava Junior Orlando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo.  
acampos@utm.edu.ec, jmendoza7865@utm.edu.ec

**Abstract**— The Manabí Hydrographic Demarcation (DHM) is characterized as the only one that does not receive input from Andes Mountains, therefore, its water network is fed exclusively by the rainfall that occurs in the rainy season and that the warm current of El Niño plays a fundamental role in its production.

In order to have technical information, important for the planning, control and development of the water resources of the DHM, in this research is made a temporal analysis of the monthly precipitation for 55 years, period 1963-2017. The National Institute of Hydrology and Meteorology of Ecuador (INAMHI) in station M005, located in the Botanical Garden of the Technical University of Manabí (Universidad Técnica de Manabí) in Portoviejo, obtained these records.

An analysis is made of the monthly and annual patterns, establishing that the El Niño events that occurred in 1983, 1997 and 1998, have set guidelines for the change in rainwater production at the intensity and temporal distribution levels, increasing the months of drought, while the levels of rainfall increase, concentrating in fewer months, basically in February and March. This is a situation that increases the water deficit especially when there is not enough infrastructure of hydraulic works for the storage and regulation of runoff.

**Index Terms**— Hydrology, rainfall, monthly distribution, annually distribution, climate change, El Niño phenomenon

## I. INTRODUCCIÓN

Desde el año 1963, en concordancia con los datos pluviométricos registrados por la estación meteorológica del INAMHI Portoviejo-UTM, la Provincia de Manabí viene experimentando un comportamiento irregular del clima, reflejado en los períodos lluviosos, base primordial para el desarrollo del sector agropecuario.

En Manabí, hace unos 30 años atrás, según testimonios de viejos agricultores, las lluvias empezaban a mediados o fines de diciembre, prolongándose el mes de mayo o mediados de junio.

Actualmente, los períodos lluviosos empiezan a mediados o fines de enero y duran apenas dos y en algunos períodos hasta tres meses.

Los indicadores climáticos que inciden directamente en el comportamiento del clima de la región costera del Ecuador y en especial del clima en Manabí, son la corriente fría del Sur,

conocida también como de Humboldt, y la corriente cálida de El Niño. La corriente de **Humboldt** marca el período frío y seco para Manabí, cuya influencia ejerce a partir de mediados de junio hasta fines de noviembre o mediados de diciembre, se caracteriza por la carencia de lluvias y la presencia en determinadas regiones de las denominadas garúas invernales, en esta época la temperatura de la superficie del agua del mar varía entre 23 y 25 °C.

A partir de mediados o fines de diciembre, empieza a manifestarse paulatinamente la denominada corriente cálida de El Niño procedente del noroeste o del oeste, denominada así porque como aparece en diciembre, en época de la celebración de la Navidad. Esta corriente desplaza hacia el sur a la corriente fría de Humboldt, además en esta época el agua de la superficie del mar se calienta con temperaturas que varían entre 25.5 y 27 °C, provocando suficiente evaporación, la que al ser transportada por el viento, desde el mar hacia el continente, permite la formación de las nubes que provocan las lluvias [2].

Existe el denominado fenómeno de El Niño, que es un evento difícil de predecir, caracterizado por una brusca variación de la temperatura del agua del mar superficial en la parte ecuatorial del océano Pacífico y que incide de manera decisiva en el clima. En este fenómeno las zonas calientes cerca de la superficie se desplazan hacia el este, la temperatura del agua del océano supera los 25°C, se acelera la evaporación, provocando la producción de lluvia en 5-6 veces más de lo normal. Los eventos de este fenómeno en el período que se analiza han sido 2, en los años 1983 y 1997-1998.

Según datos históricos desde 1790 hasta la presente fecha se han suscitado 7 fenómenos de El Niño, con intervalos de aparición de 38, 48, 15, 34, 57 y 15 años [1]. Estos eventos naturales, al igual que los relacionados con movimientos telúricos, son considerados estocásticos y predecir el año de su siguiente aparición es imposible, pero lo cierto es que se ha demostrado que su presencia marca huellas en el clima en general, como se lo demuestra con la presente investigación.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Insuno base para el presente trabajo constituyen los registros de precipitaciones de lluvias mensuales proporcionadas por Instituto Ecuatoriano de Hidrología y Meteorología del Ecuador (INAMHI), estación meteorológica M005 ubicada en el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, latitud 01°02'26" S, longitud 80°27'54" W, período 1963-2017. En la

Fig. 1 se muestra la ubicación geográfica de la estación M005 dentro del territorio de la Demarcación Hidrográfica de Manabí (DHM).

El total de registros de precipitaciones mensuales empleados en la investigación ascienden a 660 (Tabla I).

Se hace un análisis temporal de las precipitaciones en 2 escenarios: 1) *Mensual*; y, 2) *Anual*.

El período de análisis está compuesto de 55 años. Para el escenario de análisis mensual, en concordancia con los patrones de lluvias, se obtuvieron 3 rangos de análisis: 1963-1982, 1984-1996, 1999-2017, se excluyen en el análisis los eventos extraordinarios del fenómeno de El Niño de los años 1983, 1997 y 1998, pues éstos son eventos no normales cuya periodicidad es difícil predecir, pero que marcan tendencias de cambio climático. Los registros aquí empleados totalizan 600. Para cada uno de los períodos se estimaron los coeficientes de variación mensual con la ayuda de la fórmula estadística [1, 3]:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (1)$$

Donde  $\sigma$  — Desviación estándar,  $\bar{x}$  — Media aritmética.

Para el caso del análisis temporal anual se emplean los valores totales, es decir la suma de todas las precipitaciones mensuales, total 55 valores de precipitaciones anuales.

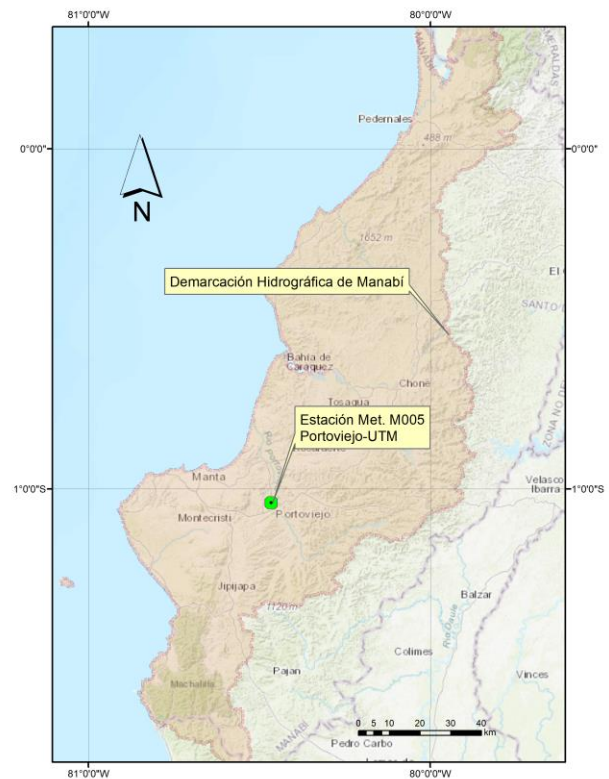


Fig. 1. Ubicación de la estación meteorológica M005 – Portoviejo - UTM

TABLA I  
REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUALES EN MM, ESTACIÓN PORTOVIEJO – UTM (M005)  
PERÍODO 1963 — 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1963	18.3	21.6	184.6	1.7	11.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8
1964	59.7	46.8	205.0	69.1	5.1	8.3	0.0	0.5	4.4	0.6	0.9	19.6
1965	29.2	53.3	136.0	67.2	46.8	47.6	15.3	2.7	2.0	0.4	2.2	3.2
1966	78.0	94.2	112.5	68.0	18.9	7.9	3.1	8.3	8.2	1.7	1.8	10.5
1967	84.9	164.9	28.2	6.4	11.6	0.3	2.8	0.0	1.0	0.1	0.0	1.0
1968	56.9	65.7	21.9	34.0	0.5	1.7	0.0	1.0	0.3	0.0	0.0	2.1
1969	146.6	17.4	97.6	79.0	83.2	50.4	17.0	0.2	0.1	0.3	4.1	7.2
1970	46.2	52.5	118.8	84.5	65.5	3.1	0.3	0.3	2.0	0.1	1.3	7.9
1971	30.8	133.1	219.5	8.1	0.0	6.6	0.1	0.1	3.3	1.3	2.8	1.2
1972	75.8	199.1	245.7	81.1	2.7	84.1	20.5	6.3	3.6	1.6	0.7	18.3
1973	183.1	177.1	55.1	68.8	29.7	4.6	1.8	1.8	2.9	0.0	0.8	4.1
1974	24.1	114.7	54.6	50.1	13.3	5.4	0.6	0.1	1.8	4.4	5.8	24.2
1975	213.9	247.5	166.2	63.0	3.2	3.8	0.4	0.6	14.7	19.2	0.7	24.6
1976	203.4	121.2	124.5	64.5	44.9	19.2	7.6	0.0	2.9	0.2	2.2	8.8
1977	36.2	126.2	143.7	107.2	0.0	6.0	0.1	0.1	8.9	0.3	0.0	15.5
1978	52.8	73.6	58.8	12.2	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
1979	37.2	145.2	20.5	20.9	9.9	4.0	1.0	1.0	1.1	0.0	0.0	0.0
1980	39.1	33.1	90.7	54.4	12.8	2.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	0.4
1981	50.2	95.7	41.0	18.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	2.3	0.2	8.4
1982	20.0	7.3	28.9	6.5	9.7	2.6	0.0	0.0	1.1	35.2	98.3	116.7

1983	264.3	125.0	205.0	254.7	271.5	338.9	231.6	23.4	46.8	1.7	0.7	25.6
1984	1.7	202.6	105.0	31.6	0.4	2.9	0.6	0.0	0.0	0.1	8.5	115.1
1985	40.3	78.0	95.9	35.1	42.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	34.0
1986	277.6	44.2	75.7	79.6	0.6	0.0	0.7	0.0	0.0	3.5	0.0	3.8
1987	70.6	333.3	138.3	95.8	23.3	0.0	0.8	16.5	1.5	0.1	2.4	2.8
1988	0.0	96.9	30.0	44.2	23.8	0.0	1.0	0.2	12.2	0.0	0.6	5.0
1989	232.3	164.0	189.1	60.5	1.4	1.0	0.1	0.0	6.1	0.9	0.0	0.5
1990	32.2	76.3	59.3	37.8	1.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.8
1991	57.2	95.9	28.4	36.2	17.0	0.1	0.0	0.2	1.9	0.0	3.2	18.8
1992	106.6	139.3	300.0	234.8	145.8	9.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	8.8
1993	30.6	181.9	93.9	57.0	0.1	6.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.8	1.7
1994	72.6	54.6	183.2	27.5	73.6	0.7	0.0	0.0	0.4	2.5	0.4	75.0
1995	139.5	153.2	34.5	57.3	7.9	8.6	1.2	3.0	0.0	0.1	0.1	8.8
1996	46.8	91.2	197.7	62.0	0.1	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3
1997	71.9	128.4	217.9	79.1	54.8	110.7	50.0	65.0	68.5	55.1	157.4	292.1
1998	298.9	357.6	460.2	245.1	216.9	81.9	20.6	0.2	0.2	0.0	17.4	0.0
1999	29.6	322.7	122.1	135.7	19.0	1.8	0.2	2.3	0.1	0.5	1.5	11.9
2000	89.7	76.3	38.8	62.1	54.2	5.4	0.1	0.2	0.5	0.0	1.8	18.3
2001	242.9	122.0	301.9	84.4	10.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	2.1	2.5
2002	60.9	233.7	230.1	132.3	18.4	0.9	0.0	0.2	0.0	1.5	0.7	31.7
2003	59.3	181.5	25.4	24.5	9.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	1.3	26.1
2004	24.1	131.6	153.4	23.3	14.6	7.3	0.0	0.0	1.7	1.4	0.0	0.4
2005	64.1	153.7	118.0	269.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	22.3
2006	60.7	157.9	161.9	16.9	0.3	1.1	0.0	1.2	0.0	0.0	2.9	5.6
2007	99.3	26.6	121.8	108.7	6.9	2.7	2.8	0.0	1.5	0.2	21.3	46.8
2008	222.9	236.4	151.7	49.1	5.5	2.2	4.6	0.5	0.6	1.4	0.8	0.2
2009	98.1	92.5	80.7	22.5	28.2	0.7	0.0	11.6	0.0	0.0	0.0	3.2
2010	115.3	126.5	185.9	79.9	78.2	3.3	3.9	0.1	0.6	0.0	3.1	149.1
2011	63.1	122.4	20.3	69.4	0.3	42.5	4.5	0.0	0.1	1.3	0.0	31.3
2012	212.4	295.7	235.4	41.6	58.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	22.4
2013	131.5	102.5	245.7	158.3	13.3	0.4	0.0	0.3	0.3	10.0	0.0	1.3
2014	61.3	76.2	47.7	28.6	50.6	10.4	0.3	0.0	1.5	0.0	0.1	7.4
2015	28.9	115.9	195.1	96.1	29.5	21.6	7.3	0.2	0.5	5.1	8.3	19.8
2016	124.9	131.4	81.6	94.9	6.5	4.5	0.8	0.0	0.9	0.1	0.0	2.5
2017	96.3	296.1	172.2	137.6	87.9	7.4	0.2	1.8	0.0	8.5	0.4	19.8

**Fuente:** Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología del Ecuador (INAMHI)

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis mensual de las precipitaciones, de conformidad con los 3 grupos considerados para los períodos 1963-1982, 1984-1996 y 1999-2017, se obtuvo precipitaciones medias mensuales iguales a 393.28, 456.66 y 546.80 mm, lo que indica que existe una tendencia al incremento de la pluviosidad con el tiempo. Sin embargo, haciendo un análisis temporal mensual de la distribución de las lluvias para dichos períodos, se ha detectado que con el tiempo, el período seco se ha incrementado, tornándose más seco, lo

cual incide determinadamente en el sector agropecuario al no contar con la suficiente agua para el desarrollo de sus prácticas habituales.

En las figuras 2, 3 y 4 se puede evidenciar este hecho. Concretamente, en la Fig. 2, se nota que existe mayor uniformidad en la distribución de la precipitación, donde agosto es el mes más seco con 1.16 mm y que el período lluvioso prácticamente comprende 7 meses: diciembre, enero, febrero, marzo, abril mayo y junio, teniéndose mayor pluviosidad en el mes de marzo, 107.69mm.

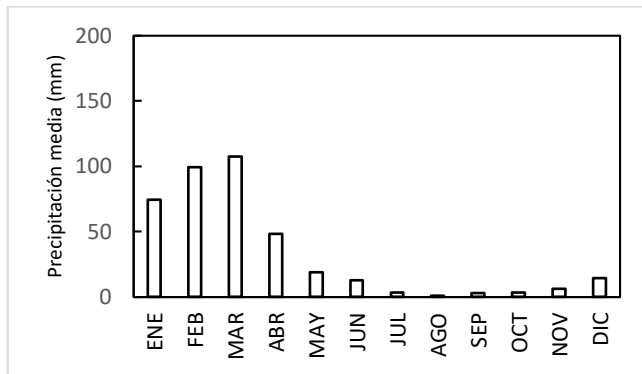


Fig. 2 — Precipitaciones medias mensuales, 1963-1982

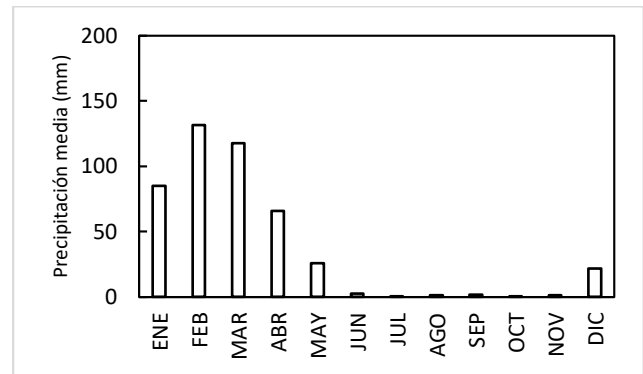


Fig. 3 — Precipitaciones medias mensuales, 1984-1996

La Fig. 3 muestra un esquema de distribución un poco diferente respecto a la Fig. 2, aquí el período de lluvias comprende 6 meses, de diciembre a junio con máxima precipitación en el mes de febrero, 131.65mm. El período seco se muestra más seco que en el caso anterior, donde la precipitación se mantiene para todos los meses casi igual, con valores que fluctúan entre 1 a 2 mm mensuales, es decir casi nada.

La Fig. 4, período 1999-2017, presenta un esquema casi similar al de la Fig.3, con notable diferencia del aumento de la pluviosidad en el mes de febrero, 157.98 mm. El período seco en este caso, se presenta más seco que en el análisis anterior con precipitaciones que oscilan entre 0 y 1.5 mm mensuales, extrema sequía.

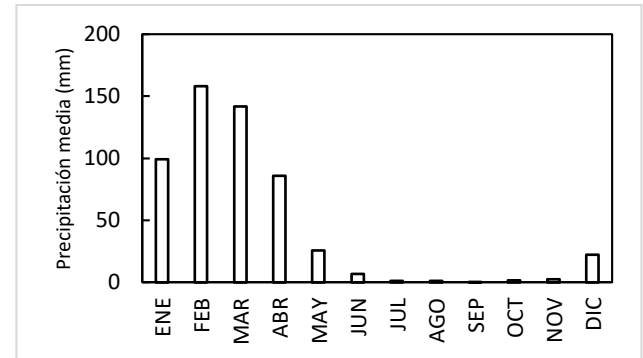


Fig. 4 — Precipitaciones medias mensuales, 1999-2017

### Variabilidad de la precipitación anual

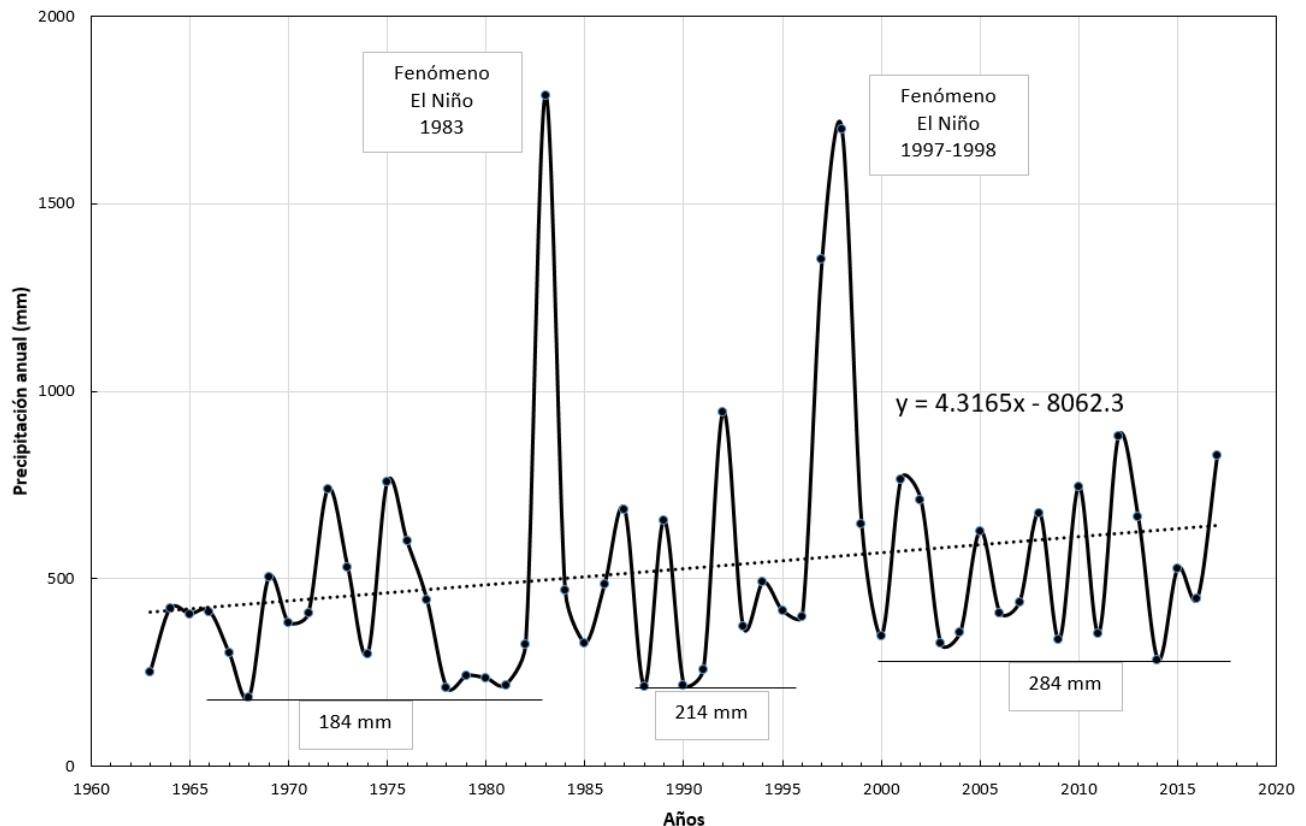


Fig. 5 — Variación de la precipitación anual, 1963-2017

Los coeficientes de variación calculados muestran que no existe uniformidad de las precipitaciones, ya que los valores obtenidos fluctúan entre 0.59-3.54, con lo que se afianza el hecho de la desproporción de la pluviosidad para los períodos lluviosos y secos.

En la Fig. 5 se aprecia la variación de la precipitación anual, notándose, en general, una tendencia al incremento de la precipitación media con el tiempo. De un análisis de dispersión lineal [4] se obtuvo la siguiente fórmula de incremento de tendencia:

$$y = 4.3165x - 8062.3 \quad (2)$$

Donde  $x$  — Año de análisis;  $y$  — Precipitación media anual en mm.

La aparición de los fenómenos de El Niño, para el período de análisis, demuestra cambios en la producción de los patrones de la pluviosidad. Antes del fenómeno sucedido en 1983, el piso mínimo de precipitaciones anuales era del orden de 184 mm, después del fenómeno, este piso sufrió un incremento de 20 mm, es decir, llegó a 214 mm (Fig. 5). Después del fenómeno de 1997-1998, respecto al piso mínimo anterior, hubo un ascenso de 70 mm, llegándose ésta a ubicar en los 284 mm anuales.

#### IV. CONCLUSIONS

A. Las condiciones climáticas, en lo que a la producción de pluviosidad en la ciudad de Portoviejo se refiere, y que directamente afectan a la cuenca del río del mismo nombre (Pfaffstetter 1514), desde 1963 hasta 2017 han cambiado. Esta situación está directamente asociada con la aparición de los denominados fenómenos de El Niño de 1983 y 1997-1998. En la Fig. 6 se resume la distribución de la precipitación media mensual para los períodos de análisis, notándose el incremento paulatino de la precipitación en la época lluviosa, cuyos valores máximos para los períodos 1963-1982, 1984-1996 y 1999-2017, son de 107.7, 131.6 y 158.0 mm, respectivamente. Situación contraria sucede con los valores mínimos de la precipitación media mensual en el período seco, que disminuyen, alcanzando para los períodos indicados, valores de 1.16, 0.44 y 0.43 mm, respectivamente.

B. Los valores mínimos de precipitaciones anuales (Fig. 7), después de los eventos de los fenómenos de El Niño para los períodos considerados han tenido un carácter creciente, con valores iguales a 184, 214 y 284 mm. Respecto a los valores máximos, del período 1963-1982 al 1984-1996 hubo un incremento de 187 mm, mientras que entre los períodos 1984-1996 y 1999-2017, hubo un leve descenso de 66 mm.

C. Se evidencia que el panorama general tiende a un incremento de los niveles de pluviosidad pero con un acortamiento del tiempo de la estación lluviosa con el consecuente alargamiento de la estación seca, lo que agravaría el problema de déficit existente en la provincia. Se torna imperativo el diseño y puesta en funcionamiento de obras hidrotécnicas para el almacenamiento y regulación de la escorrentía superficial.

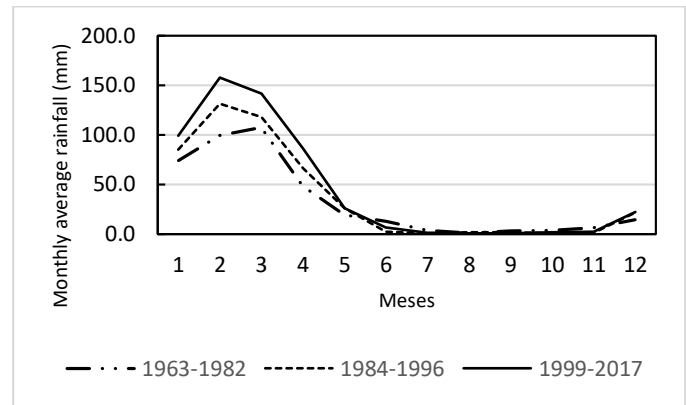


Fig. 6 — Monthly average rainfall

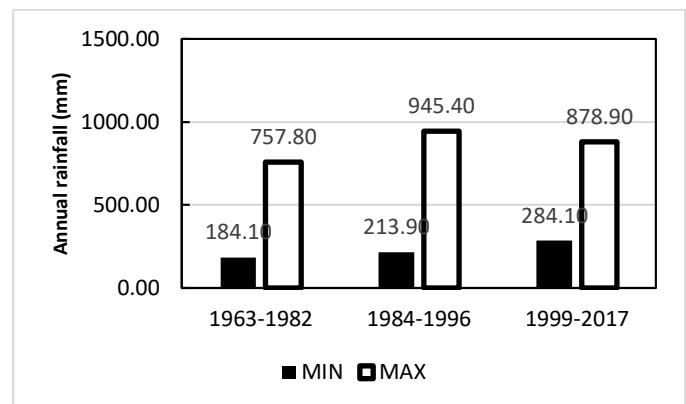


Fig. 7 — Extrem annual rainfall

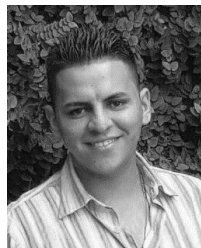
#### V. REFERENCES AND LITERATURE

- [1] Campos, A. F., Sinichenko, E. K. Características de Sistemas Fluviales Pequeños y Recursos Hídricos de la Demarcación Hidrográfica de Manabí, Perspectivas de Desarrollo /. — Moscú: Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia, 2017. — pp. 42-45.
- [2] Ismaiyllov, G. J., Perminov, A. V. Balance Hídrico Mundial y Recursos Hídricos de la Tierra, Catastro del Agua y Supervisión de los Elementos Hídricos /. — Moscú: FGBOU MGUP, 2013. — pp.
- [3] Valinova, V. S. Coeficiente de variación y coeficiente de determinación [Electronic Resource] / Valinova, V. S. — 2016. — Access mode: <http://univer-nn.ru/statistika/koefficient-variatsii/>.
- [4] Chereque Morán, W. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil / Wendor Chereque Morán. — Lima, 1989. — pp. 236.



**Campos Cedeño A.F.** Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Master of Sciences en Ingeniería, Magister en Administración Ambiental, Ingeniero Civil, Naturópata, Docente Principal de la Universidad Técnica de Manabí por 21 años. Ha impartido e imparte disciplinas relacionadas con la Mecánica de Fluidos, Hidráulica e Hidrología de Ingeniería.

Autor de varios libros y artículos científicos para revistas indexadas de la Federación Rusa y de Ecuador.



**Mendoza Álava J.O.** Egresado de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, Carrera Ingeniería Civil.