

TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS

Ministerio de Ambiente y Energía - Instituto Meteorológico Nacional

Número **2**
ISSN 2953-738X

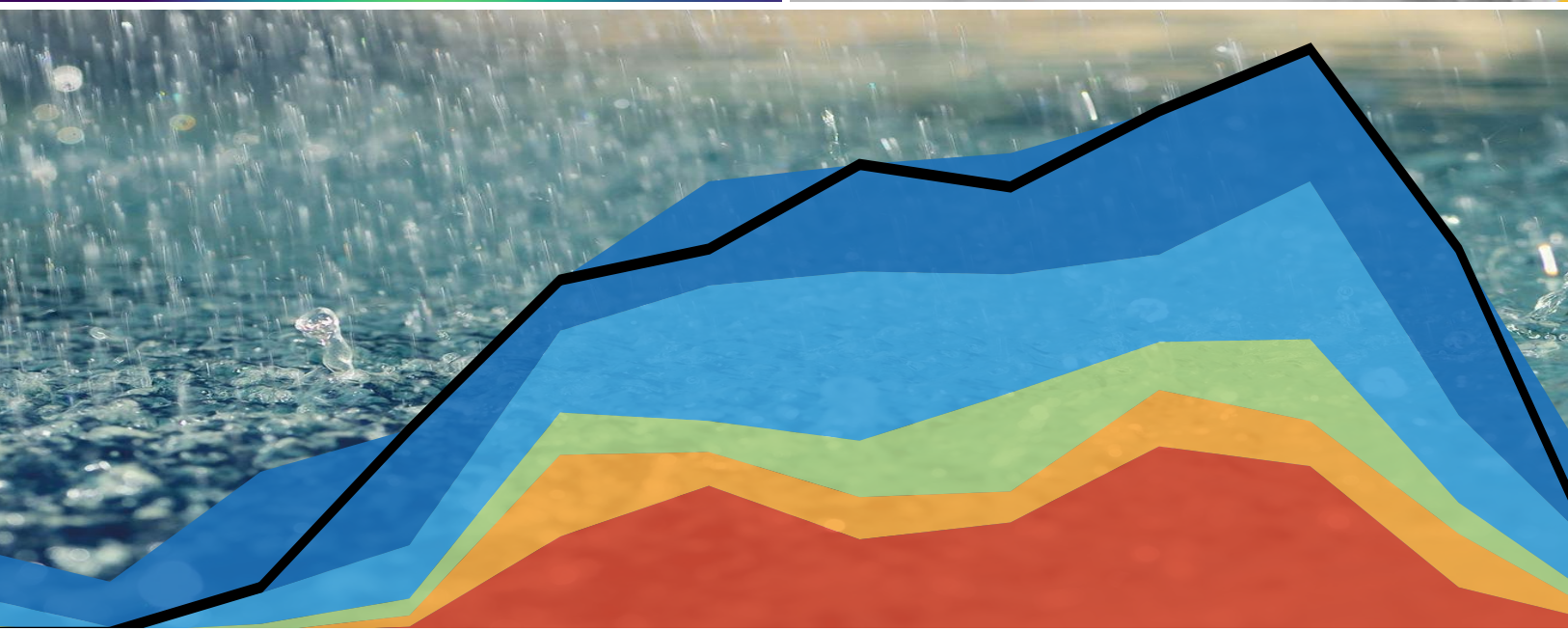
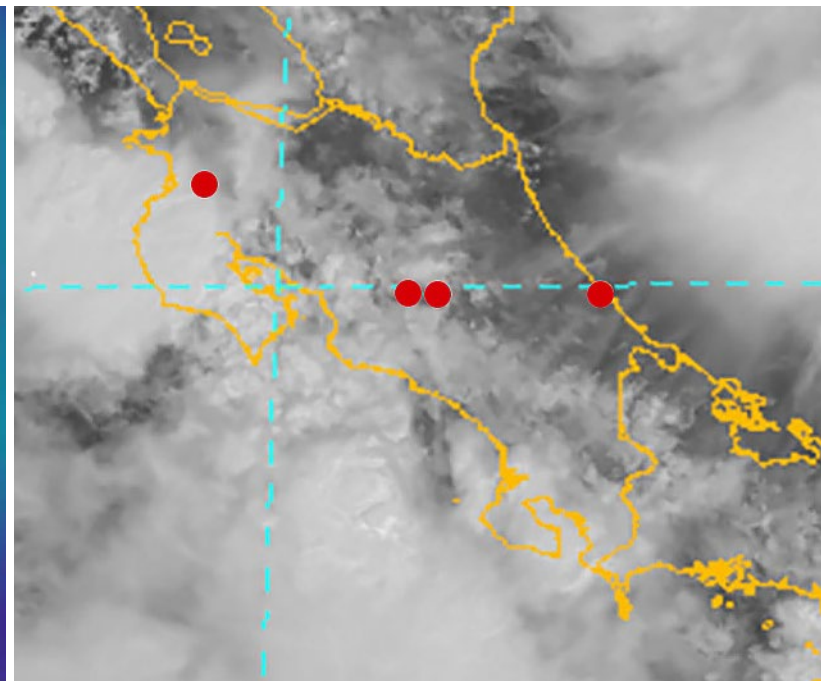
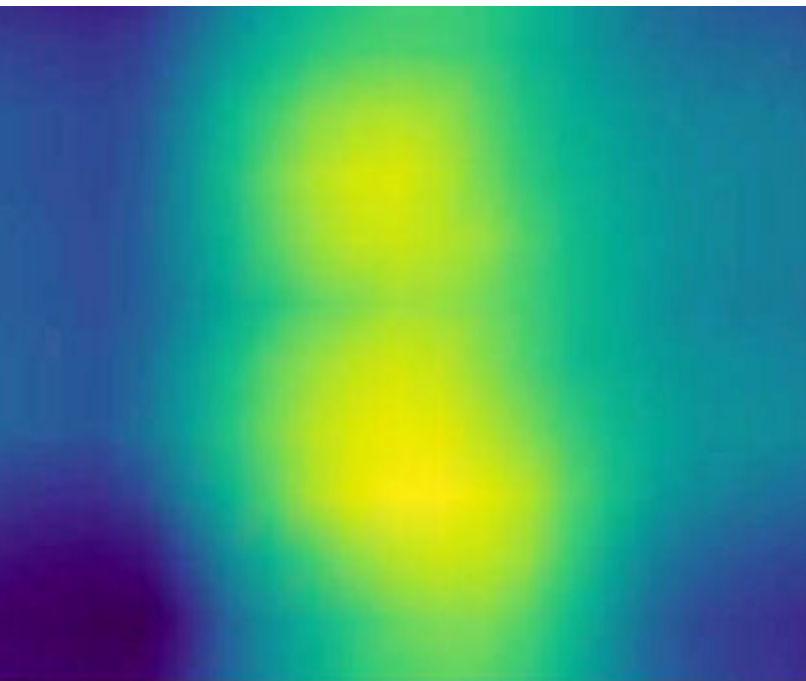


Instituto Meteorológico Nacional
Fundado en 1888

ISSN 2953-738X

Volumen 19

Diciembre 2020



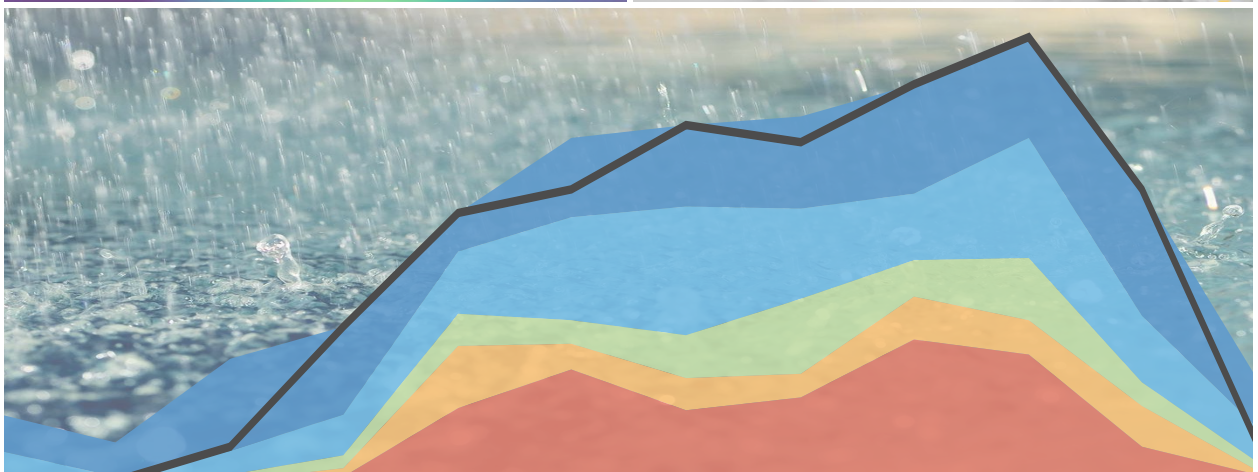
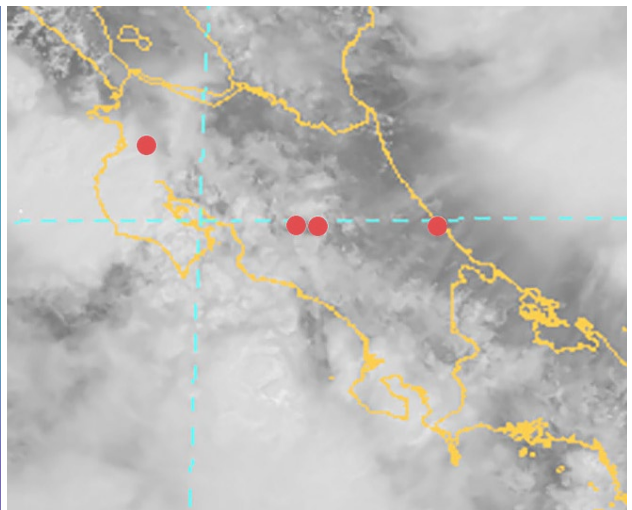
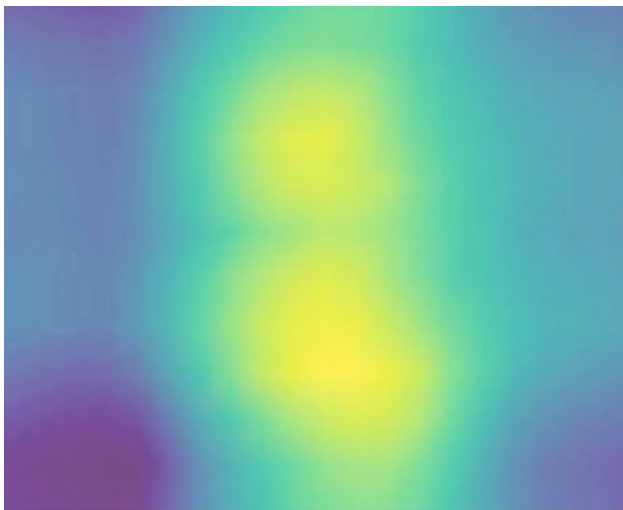
San José, Costa Rica

TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS

ISSN 2953-738X

Volumen 19

Diciembre 2020



Ministerio de Ambiente y Energía
Instituto Meteorológico Nacional

Coordinación general:
Lic. Werner Stolz España

Edición:
Dra. Gladys Jiménez Valverde

Comité editorial:
Ing. José Alberto Retana Barrantes
Lic. Luis Fernando Alvarado Gamboa
MSc. Eladio Solano León

Diseño y diagramación:
Rodrigo Granados Jiménez

Imágenes de portada:
Tomadas de los artículos incluidos en esta edición.

La revista "Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos" es publicada por el Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica. Tiene como finalidad dar a conocer los resultados de investigaciones y estudios en Ciencias de la Atmósfera y Oceanografía Física.

* Los artículos publicados en Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos expresan la opinión del autor y no necesariamente del Instituto Meteorológico Nacional

CONTENIDO

- | Pág. | Artículo |
|------|---|
| 5 | El extremo lluvioso de 1886 en Costa Rica: el año con más precipitación en la historia de San José
RODRIGO GRANADOS JIMÉNEZ |
| 39 | Desviaciones entre predicciones y mediciones de las mareas en Costa Rica, América Central
OMAR G. LIZANO
RODNEY E. MORA ESCALANTE |
| 49 | Variables meteorológicas aeronáuticas en los cuatro aeropuertos internacionales de Costa Rica durante la influencia del ciclón tropical Nate
JOSÉ PABLO VALVERDE MORA |
| 68 | Análisis estadístico, temporal y espectral de datos meteorológicos de la región de San Ramón, Alajuela
EDUARDO ARIAS NAVARRO
MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ VARGAS |
| 84 | Modelos de biomasa y carbono en ecosistemas forestales naturales en Costa Rica
WILLIAM FONSECA GONZÁLEZ
FEDERICO ALICE GUIER
RONNY VILLALOBOS CHACÓN |

Análisis estadístico, temporal y espectral de datos meteorológicos de la región de San Ramón, Alajuela

EDUARDO ARIAS NAVARRO ⁽¹⁾
MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ VARGAS ⁽²⁾

Resumen

En el presente estudio analizan los datos de series temporales suministradas por las bases de datos de la estación meteorológica de San Ramón (EMSO), en el periodo 2009-2016 y de la estación meteorológica del Hotel Villa Blanca (EMHVB), en el periodo 2015-2017, con el objetivo de identificar una señal climática mediante la tendencia central de datos en la región de occidente, específicamente del cantón de San Ramón, Alajuela. Para ello, se emplearon estudios estadísticos, análisis temporal o exploratorio y procesos estocásticos de tipo espectral. El estudio se aplicó a diferentes variables físicas como la temperatura, el viento, la precipitación y la humedad relativa, estableciendo los aspectos de mayor relevancia para comprender el comportamiento climatológico de la región.

PALABRAS CLAVES: CLIMATOLOGÍA, ESTADÍSTICA, ESPECTRAL, SERIES TEMPORALES, ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

Abstract

With this article we intend to analyze data from time series provided by the databases of the San Ramón Meteorological Station (EMSO) in the period 2009-2016 and the Meteorological Station of the Hotel Villa Blanca (EMHVB) in the period 2015-2017, with the objective of identifying a climatic signal by means of the central tendency of data in the region of the west itself, the canton of San Ramón, Alajuela. The use of statistical studies, temporal analysis and spectral analysis is shown in this work. The study was applied to different physical variables such as temperature, wind, precipitation and relative humidity, establishing the most relevant aspects for understanding the climatological behavior of the region.

KEY WORDS: CLIMATOLOGY, STATISTICS, SPECTRAL, TIME SERIES, WEATHER STATION.

1. INTRODUCCIÓN

San Ramón es el segundo cantón de la provincia de Alajuela. Cuenta una superficie de unos 1.018,64 km². Está ubicado hacia el noroeste del país, a unos 65 km de San José la capital de Costa Rica (UCR, 2012). Esta región es caracterizada como una zona voluble afectada por una climatología mixta, proveniente de la zona de Confluencia Intertropical del Pacífico (CIP) y la zona del Caribe (Solano y Villalobos, 2015).

Solano y Villalobos (2015) clasifican a esta zona como parte del Valle Central Occidental, donde se presentan dos estaciones bien marcadas, la estación lluviosa y la estación seca, esta última con una duración aproximada de cinco meses. Es una zona de bosque húmedo subtropical, con temperaturas medias que oscilan los 22 °C y precipitaciones anuales de 1.950 mm.

Con la finalidad de entender y justificar la tendencia del periodo de análisis en la zona

1 Licdo. en Enseñanza de la Física. Sección de Física. Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: eduardo.arias_n@ucr.ac.cr

2 Licdo. en Ingeniería Industrial. Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: miguel.jimenezvargas@ucr.ac.cr

de San Ramón, se llevó a cabo el desarrollo de técnicas de análisis en series meteorológicas en el dominio temporal y espectral (Rodríguez y Llasat, 1997).

Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue la identificación de posibles señales climáticas en la región de San Ramón, mediante la aplicación de una metodología para el análisis temporal o exploratorio y espectral a series seculares de temperatura, precipitación, humedad y viento; utilizando la estación meteorológica de la Sede de Occidente (EMSO) y la estación meteorológica del Hotel Villa Blanca (EMHVB), a fin de determinar cambios o tendencias climatológicamente relevantes que hayan repercutido en la variabilidad climática durante el periodo de tiempo analizado.

2. MATERIALES Y DATOS

2.1. Instalación experimental

La estación meteorológica de la Sede de Occidente (EMSO), se ubica en el campus universitario Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica, en las coordenadas $10^{\circ} 05' 12.20''N$ y $84^{\circ} 28' 43.38''O$, a 1.073 metros de altura sobre el nivel del mar, emplazada y asistida por el Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica³ (CIGEFI, 2018).

La estación meteorológica mencionada, es un equipo de la marca Campbell® Scientific que cuenta con sensores como el anemómetro integrado con una veleta, una sonda de temperatura y humedad relativa similar al modelo CS500, un pluviómetro modelo Texas Electronics-525M y un registrador de datos similar al CR10MX. Las mediciones registradas se realizan periódicamente por medio de un

controlador que integra una media aritmética cada hora, y posteriormente la información puede ser descargada a un computador.

De esta forma, la EMSO puede generar de manera horaria un reporte de datos con los sensores conectados, estableciendo para este estudio una base de datos que contiene información desde el 24 de febrero del año 2009 a las 17:00 horas, hasta el 13 de marzo del 2017 a las 15:00 de la hora local (GMT-6). En el caso de la precipitación, los datos dejaron de registrarse a partir del 31 de agosto del año 2016, a las 18:00 hora local. Para el estudio de las variables climáticas, se utilizaron las siguientes unidades de medida: la temperatura en grados celsius, la precipitación en milímetros de agua precipitada por hora, lo que equivale a un litro de agua por metro cuadrado, la velocidad del viento en metros por segundo y su dirección predominante en grados; además, la humedad relativa representa un valor porcentual de cantidad de vapor de agua que contiene el aire.

Por otra parte, la estación meteorológica del Hotel Villa Blanca (EMHVB) se encuentra ubicada en la zona montañosa de los Ángeles de San Ramón, en las coordenadas $10^{\circ} 12' 10.14''N$ y $84^{\circ} 29' 02.22''O$, a una elevación de 1.125 metros sobre el nivel de mar, y está bajo la supervisión del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica⁴ (IMN, 2018).

La estación EMHVB cuenta con sensores para medir viento, temperatura, precipitación y humedad, utilizando los mismos estándares de medición que la EMSO y generando un reporte diario que para este estudio abarcó el análisis de datos del periodo comprendido entre el 14 de mayo del 2015 a la hora 1:00 y el 20 de agosto del 2017 a las 24:00 hora local (GMT-6). Para el caso de la precipitación, los registros contemplaron hasta el día 17 de julio del 2017 a las 24 horas.

3 Si desea consultar más información de esta estación en tiempo real diríjase al siguiente enlace: http://tooji.cigefi.ucr.ac.cr/wlinksr/Current_Vantage_Pro.htm

4 Si desea consultar más información de esta estación en tiempo real diríjase al siguiente enlace: <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionvblanca.html>

2.2. Tratamiento de los datos

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, los datos de estudio climatológico son “...más útiles cuando se han editado, sometido a un control de calidad y almacenado en un archivo...” (OMM, 2011). En el cuadro 1 se presentan una serie de datos atípicos, que debieron ser extraídos para disponer de mayor homogeneidad en los datos y disminuir los sesgos estadísticos, ya que son errores que suelen aparecer porque:

“... pueden surgir principalmente como resultado de errores atribuibles a los instrumentos, al observador o a los procesos de transmisión de datos, la introducción de datos mediante teclado y su validación, así como a la modificación de los formatos de datos y los problemas que implica resumirlos” (OMM, 2011).

De esta forma, al depurar las bases de datos, los análisis estadísticos procesados tanto en datos numéricos como del tipo gráfico garantizan mayores grados de confianza.

3. METODOLOGÍA

3.1. Estadística descriptiva

Las series temporales analizadas corresponden a las siguientes variables: viento (**V**), precipitación (**P**), humedad relativa (**H.R**), y temperatura media anual, máxima y mínima (**T**). No obstante, los parámetros de medición pueden variar de una variable a otra, por tanto, en el cuadro 2 se presentan las muestras detalladas por tamaño de la muestra (N), el valor promedio (\bar{x}), su respectiva desviación estándar (σ) y la variabilidad entre los valores extremos de máximos y mínimos. Con este resumen de resultados, se puede establecer

Cuadro 1. Datos atípicos en la base de datos de la EMSO

Estación EMSO			
Elemento climático	Periodo inicial	Periodo final	Observaciones
Precipitación (P)	[24/2/2009 17:00]	[06/6/2009 11:00]	No se tiene registro de los datos, la base identificó los espacios con “/N”.
	[3/5/2011 9:00]	[15/5/2011 7:00]	No hubo registros de datos, la base identificó espacios vacíos.
	[16/5/2014 12:00]	[4/6/2014 7:00]	No hubo registros de datos, la base identificó espacios vacíos.
	[1/9/2016 22:00]	[13/3/2017 15:00]	El sensor solo registró en ese periodo valores de “0” siendo atípico por estar en estación lluviosa, incluyendo el Huracán Otto.
Temperatura (T)	[3/5/2011 9:00]	[15/5/2011 7:00]	No hubo registros de datos, la base identificó espacios vacíos.
	[16/5/2014 12:00]	[4/6/2014 7:00]	
	[17/1/2015 13:00]	[22/1/2015 15:00]	
Viento (V)	[3/5/2011 9:00]	[15/5/2011 7:00]	No hubo registros de datos, la base identificó espacios vacíos.
	[16/5/2014 12:00]	[4/6/2014 7:00]	
Humedad Relativa (H.R)	[3/5/2011 9:00]	[15/5/2011 7:00]	No hubo registros de datos, la base identificó espacios vacíos.
	[16/5/2014 12:00]	[4/6/2014 7:00]	
	[17/1/2015 13:00]	[22/1/2015 15:00]	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Descripción comparativa de las series mediante el tamaño de muestra, promedio, desviación estándar y valores extremos (máximos y mínimos)

	Estación EMSO								Estación EMHVB							
	Época seca				Época lluviosa				Época seca				Época lluviosa			
	T	P	H.R	V	T	P	H.R	V	T	P	H.R	V	T	P	H.R	V
	[°C]	$\left[\frac{mL}{m^2}\right]$	[%]	$\left[\frac{m}{s}\right]$	[°C]	$\left[\frac{mL}{m^2}\right]$	[%]	$\left[\frac{m}{s}\right]$	[°C]	$\left[\frac{mL}{m^2}\right]$	[%]	$\left[\frac{m}{s}\right]$	[°C]	$\left[\frac{mL}{m^2}\right]$	[%]	$\left[\frac{m}{s}\right]$
<i>N</i>	23.373	21.928	23.373	23.495	46.304	45.428	46.304	46.304	5.693	5.736	5.731	5.737	13.425	11.071	13.518	13.756
\bar{x}	20,01	0,01	80,14	3,28	20,85	0,27	84,07	1,78	18,82	0,05	95,10	2,51	19,51	0,18	98,41	1,78
σ	3,69	0,34	12,06	1,66	2,70	1,68	8,39	1,55	2,47	0,34	9,70	1,25	1,53	1,09	4,41	0,91
<i>Min</i>	10,00	0	21,1	0	8,4	0	31,5	0	12	0	42	0,1	14,5	0	56	0
<i>Máx</i>	32,44	20,7	100	9,9	30,6	46	100	8,96	27,9	14,4	100	9,6	27,8	36,2	100	6,7

Fuente: Elaboración propia.

con mayor certeza la variabilidad estadística o relación directa que puede existir de una estación a otra, o de un periodo a otro.

Además de contar con los parámetros estadísticos mencionados, dentro de la categoría se destaca el modelo del gráfico de la rosa de los vientos, este modelo en forma circular permite subdividir en 16 o más partes el sector circular, con el fin de estudiar la dirección del viento, de igual forma, permite reportar la intensidad del viento por distribuciones porcentuales y la velocidad del viento de forma clasificada por intervalos, siendo un modelo preciso para comprender simultáneamente la dirección y magnitud del viento.

3.2. Series temporales

Este estudio temporal, abarca la caracterización de los estadísticos de las series y sus respectivas evoluciones temporales (Rodríguez y Llasat, 1997). Se consideró realizar el análisis estadístico, a través de un estudio detallado con las tendencias significativas de los datos mensuales para ambas estaciones, empleando diferentes

métodos como son los gráficos de cajas para temperaturas medias, histogramas con valores de precipitaciones acumuladas, de contornos a todas las variables climáticas y de tendencia móvil en variables de importancia. En la figura 1 se detallan las tendencias de las series temporales de: a) la estación EMSO y b) la estación EMHVB, durante los periodos analizados.

3.3. Estadística espectral

El proceso estadístico espectral, entendido a partir de una suma de sucesiones periódicas, admite mediante el método de la transformada de Fourier (FFT) el cálculo de espectros de potencia, lo que propicia una detallada exploración en las zonas de baja frecuencia y permite representar máximos sin significación real o desplazamientos frecuenciales de poco estudio, y centrar su análisis en las amplitudes esperadas sobre máximos espectrales de la señal periódica determinada y marcada por el denominado máximo frecuencial (Rodríguez y Llasat, 1997).

La exploración de datos en estas series temporales meteorológicas se desarrolló con periodogramas,

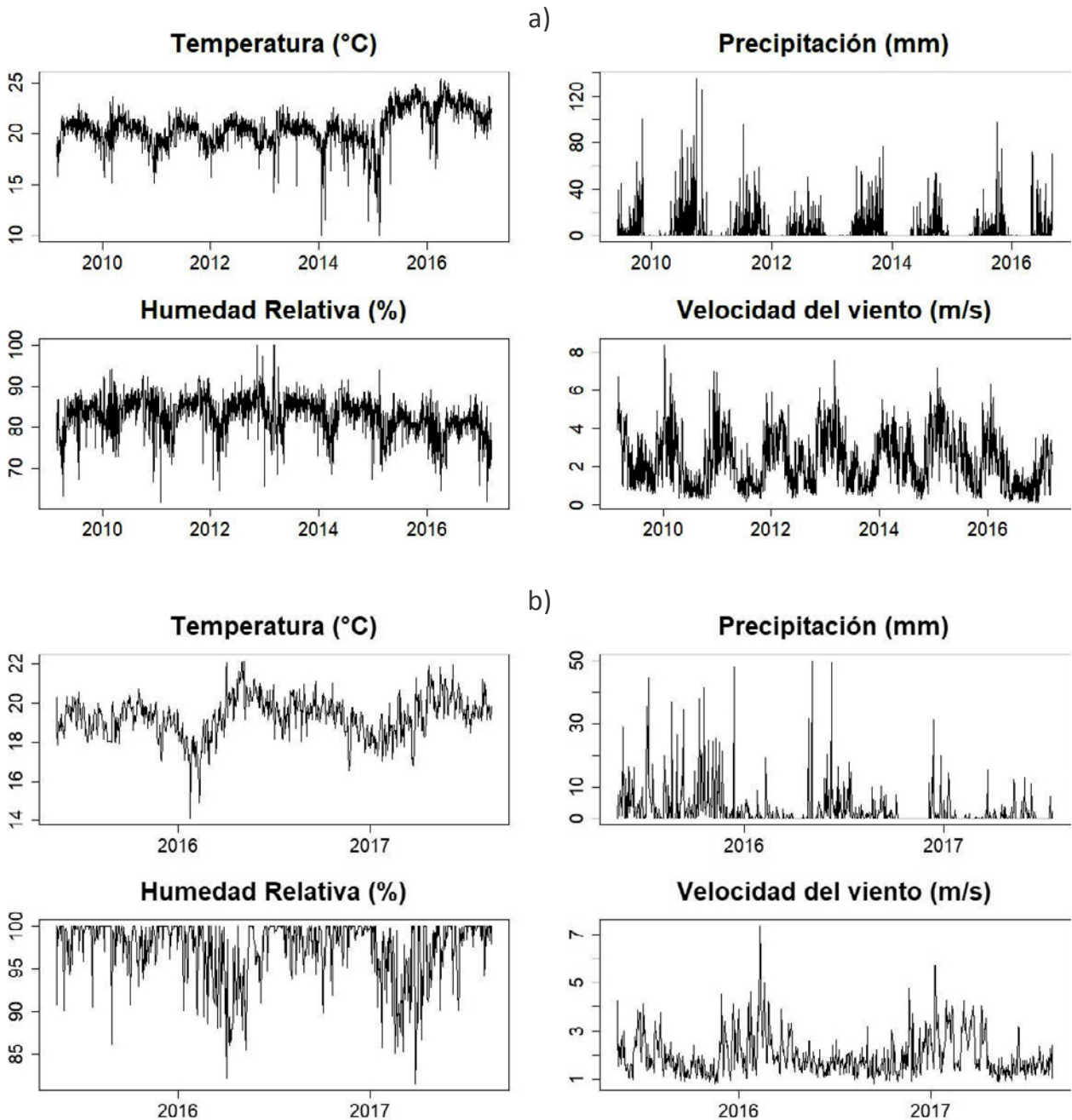


Figura 1. Comportamiento de series temporales para a) estación EMSO y b) estación EMHVB, durante el periodo de estudio analizado.

siendo una herramienta de estimación de densidad espectral para la obtención de máximos significativos, para esto se restringió por anchos de banda con estándares bajos que permiten mayor sensibilidad en las series de cada variable calculada y una mayor significancia en los

espectros o frecuencias de interés. Las figuras 9 y 10 describen el comportamiento estacional de la temperatura, el viento, la precipitación y la humedad, en la EMSO y el EMHVB, donde se resaltaron los máximos de análisis para cada espectro.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Temperatura

En la figura 2 se representan las condiciones anuales de la temperatura en 2.a) la estación EMSO y 2.b) la estación EMHVB; para este caso se utilizó el gráfico de cajas, ya que este permite una mejor comparación de los valores medios (Walpole et al., 2012), se consideraron cuantiles para las series de temperatura media anual, máxima y mínima. De lo anterior se obtuvo, que la EMSO reportó una media anual de 20,57 °C, mientras que la EMHVB reportó un valor de 19,30 °C; una media de temperatura máxima en la EMSO de 24,85 °C y en la EMHVB de 21,83 °C. Por último, se obtuvo una media anual de 17,74 °C para la EMSO y de 17,43 °C para la EMHVB en la temperatura mínima. La amplitud térmica varió considerablemente de una estación a otra, siendo de 7,11 °C para la EMSO y de 4,40 °C en la EMHVB.

Es notorio, que a pesar de que la EMSO tiene una muestra mayormente significativa por mayor cantidad de datos (ver cuadro 2), ambas estaciones registran medias con tendencias y comportamientos muy similares entre sí, además el gráfico de cajas excluye aquellos valores aislados o atípicos y se representan en sus extensiones como bigotes, ya que no concuerdan con los pronósticos esperados de temperatura en la zona, lo que aporta mayores grados de confianza en el valor reportado.

De acuerdo con Serrano, Zuleta, Moscoso, Jacome, Palacios y Villacís (2012), la temperatura es considerada como la única variable meteorológica que tiene una relación lineal con la altitud, siendo que a mayor altitud la temperatura es más baja. Lo anterior, concuerda con la temperatura presentada por la EMHVB la cual se encuentra a 52 m más de altura sobre nivel del mar que la EMSO, por lo que presenta una temperatura media anual menor.

Es necesario considerar, que la EMHVB se encuentra ubicada en un paso de montaña en el sector de los Ángeles de San Ramón, donde se da el ingreso de corrientes de aire frío como son los denominados vientos alisios, provenientes de la vertiente del Caribe (Quesada, 2008), los que provocan aumentos considerables en los valores medios. También cabe destacar, que la EMHVB se encuentra situada en los asentamientos de un bosque tropical húmedo, con posibles variaciones térmicas, así como tendencia a aumentos y disminuciones importantes en la temperatura como consecuencia de la volubilidad en la heliofanía y nubosidad.

Por su parte, la EMSO se ubica en una zona con clima del tipo Pacífico (aunque algunos de sus rasgos son del clima Caribe). Esto implica que cuente con una marcada época seca, con temperaturas medias de 20,01 °C; mientras que la época lluviosa tiene una temperatura promedio de 20,85° C. Además, presenta el característico veranillo entre julio-agosto, lo que incide en algunas variaciones en las temperaturas.

En la figura 3 se muestra el gráfico de contorno de la temperatura, para las estaciones en estudio. En el eje “y” o vertical se indica el mes, en el eje horizontal la hora y en el lado derecho vertical se presenta la escala por color. De acuerdo con lo observado, se tiene para ambas estaciones un valor máximo de temperatura, durante el mes de abril, entre las 11:00 y 16:00 horas, con un pico a las 14:00 horas. En el caso de la EMSO, la temperatura promedio en ese punto fue de 25,62°C y para la EMHVB de 24,12°C. Sin embargo, el contorno de la EMSO refleja otro máximo importante durante el mes de septiembre, a las 13:00 horas, con un valor promedio de 24,92 °C. Cabe destacar, que esta condición se atribuye a un deterioro en el sensor de temperatura que alteró la tendencia de las medidas recopiladas en la serie, creando un metadato en esta variable a partir del año 2014-2015, este sensor fue sustituido por el CIGEFI hasta abril del año 2017, cuando se logró adquirir el nuevo sensor.

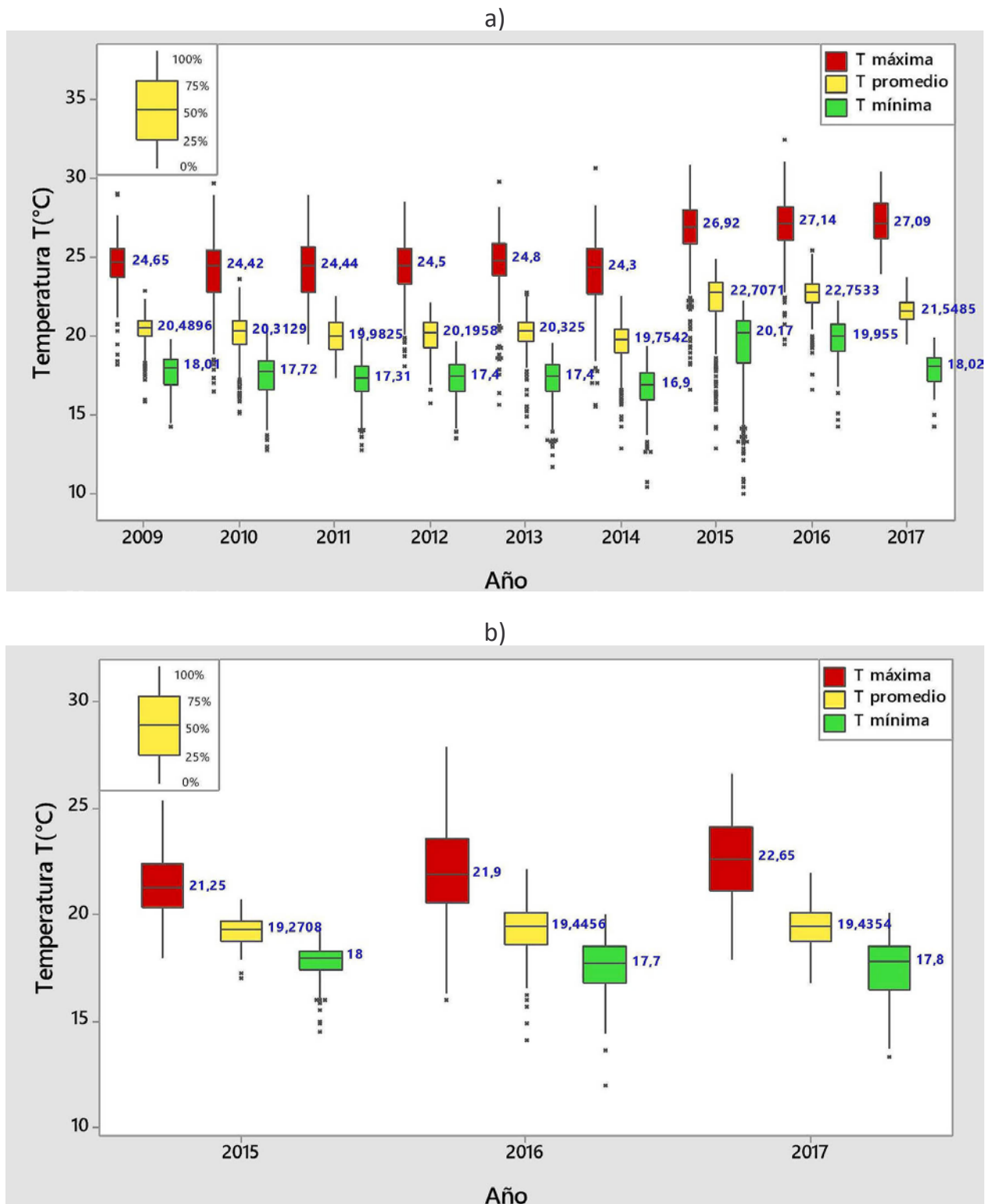


Figura 2. Comportamiento de la temperatura promedio anual en a) EMSO y b) EMHVB.

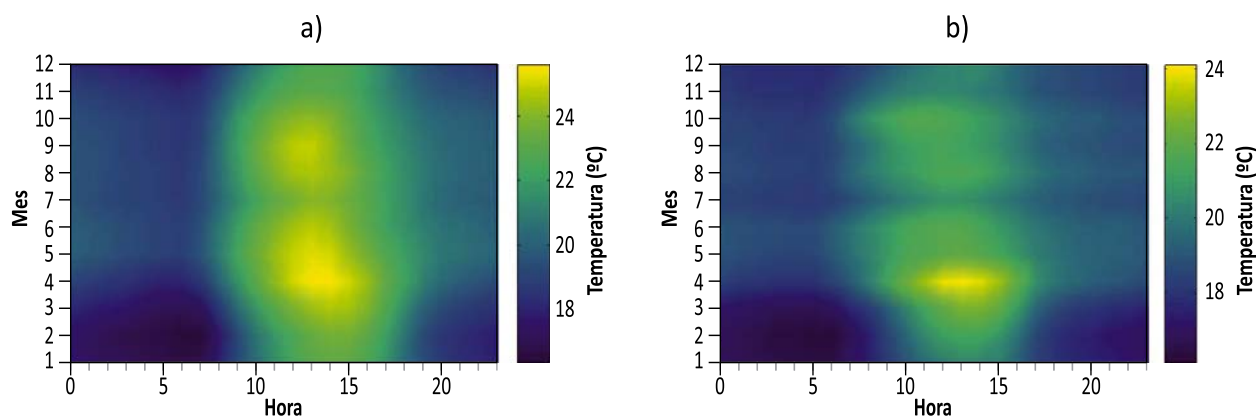


Figura 3. Gráficos de contorno de temperatura en: a) EMSO y b) EMHVB.

Otro aspecto destacable para la zona, es que el periodo o época más fría del año para ambas estaciones se concentra entre noviembre y marzo, con valores cercanos a los 18 °C, registrados principalmente durante la madrugada y la mañana.

4.2. Vientos

En el caso de los vientos, se obtuvo una velocidad promedio de 2,29 m/s en la estación de la Sede de Occidente, mientras que la ubicada en el Hotel Villa Blanca reportó un estimado de 1,99 m/s, ambas con una dirección predominante del Noreste (NO) tal como se indica en la rosa de los vientos que se presenta en la figura 4.

Este modelo de la rosa de los vientos, señala una distribución por intervalos para la intensidad de la velocidad, la figura 4 muestra la estación EMSO de forma radial y las distribuciones de la intensidad de velocidad según la escala de color. Se puede observar en la misma ilustración, que existe una franja verde débil de 2,1 % que corresponde a una intensidad del viento prevista en un intervalo de 5,7 a 8,8 m/s; mientras que el 27,6% representa el valor de mayor significancia estadística a través de la banda del color naranja, reportando valores estimados entre 2,1 y 3,6 m/s.

Lo anterior quiere decir que, para los vientos registrados en la EMSO, los valores más constantes

se encuentran en el intervalo naranja, para el caso del EMHVB la condición fue similar, solo que esta franja de color abarcó el 55,6 %, además no se cuenta con distribuciones de valores altos, véase en la figura 4.b como la paleta amarilla representa el límite alcanzado con valores mayores a 3,6 m/s y hasta 5,7 m/s.

Por otra parte, en la figura 5 se muestra un máximo destacado cerca de las 11:00 y hasta las 16:00 horas, para la EMSO se precisa un valor de 4,81 m/s durante el mes de marzo y de 3,62 m/s en febrero para la EMHVB. Además, los vientos registrados en ambas estaciones presentan tendencias similares, ya que se tienen aumentos considerables en la velocidad del viento a finales del mes de diciembre y hasta finales del mes de marzo (Salazar y Vargas, 2017), de igual manera se presenta un periodo de calma, previsto principalmente desde mayo hasta octubre en horas de la tarde-noche y hasta la mañana. Por su parte, en el caso de EMHVB se evidencia un contorno más estable, marcado únicamente por el máximo descrito anteriormente.

Cabe destacar, que la zona de San Ramón se caracteriza de acuerdo con los datos recopilados, por presentar aumentos importantes en la intensidad del viento, durante finales del mes de diciembre y hasta inicios del mes de mayo, esto suele darse principalmente por la entrada de los vientos provenientes del noreste y los pasos de

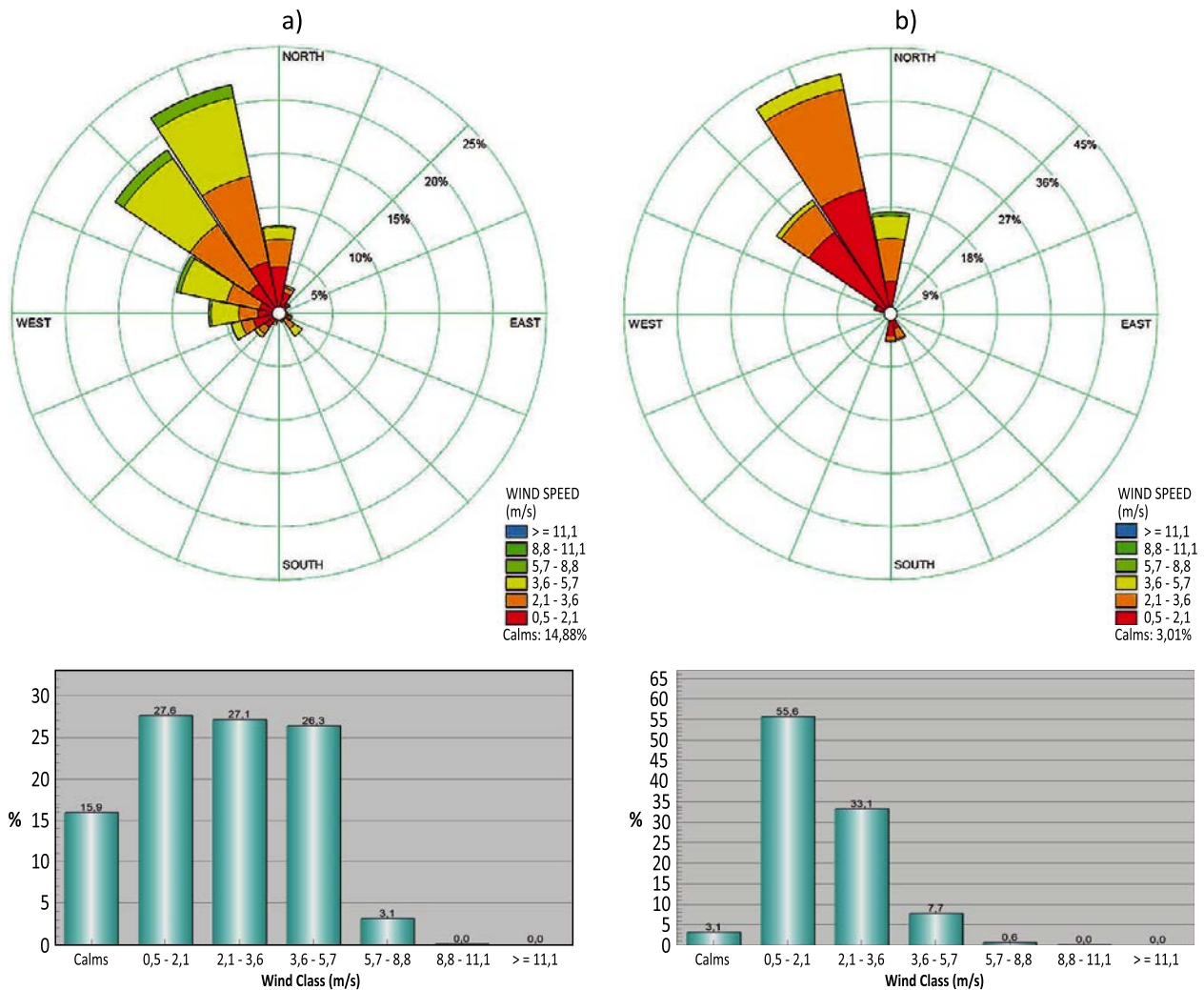


Figura 4. Rosas de los vientos y distribución de la velocidad del viento para a) EMSO y b) EMHVB.

montaña que permiten esta condición (Orozco, 2007). Estos vientos son conocidos como alisios e inciden por la corriente en chorro de bajo nivel del Caribe (Sáenz y Amador, 2016), con estos también se da la presencia de las migraciones de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (López y Alfaro, 2012), produciendo variabilidad en el viento superficial que transporta (Sáenz y Amador, 2016).

4.3. Precipitación

Este estudio encontró, que el año 2010 fue el de mayor precipitación acumulada anual con 2.907 mm. Este año se destacó por grandes cantidades

de impactos asociados a lluvias intensas (Briceño y Alfaro, 2014), la figura 6.a evidencia el importante incremento anual. Es importante destacar, que en el año 2010 Costa Rica fue impactada indirectamente por los huracanes Tomas, Nicole y Mathew, que causaron severos daños en el país (IMN, 2018).

Sin embargo, el valor promedio de precipitación anual fue de 1.557 mm en la EMSO y de 1.051 mm en la EMHVB.

Además, se tiene que las precipitaciones de la región se presentan en dos épocas bien conocidas, una seca que predomina desde finales de diciembre hasta mediados de mayo (López y

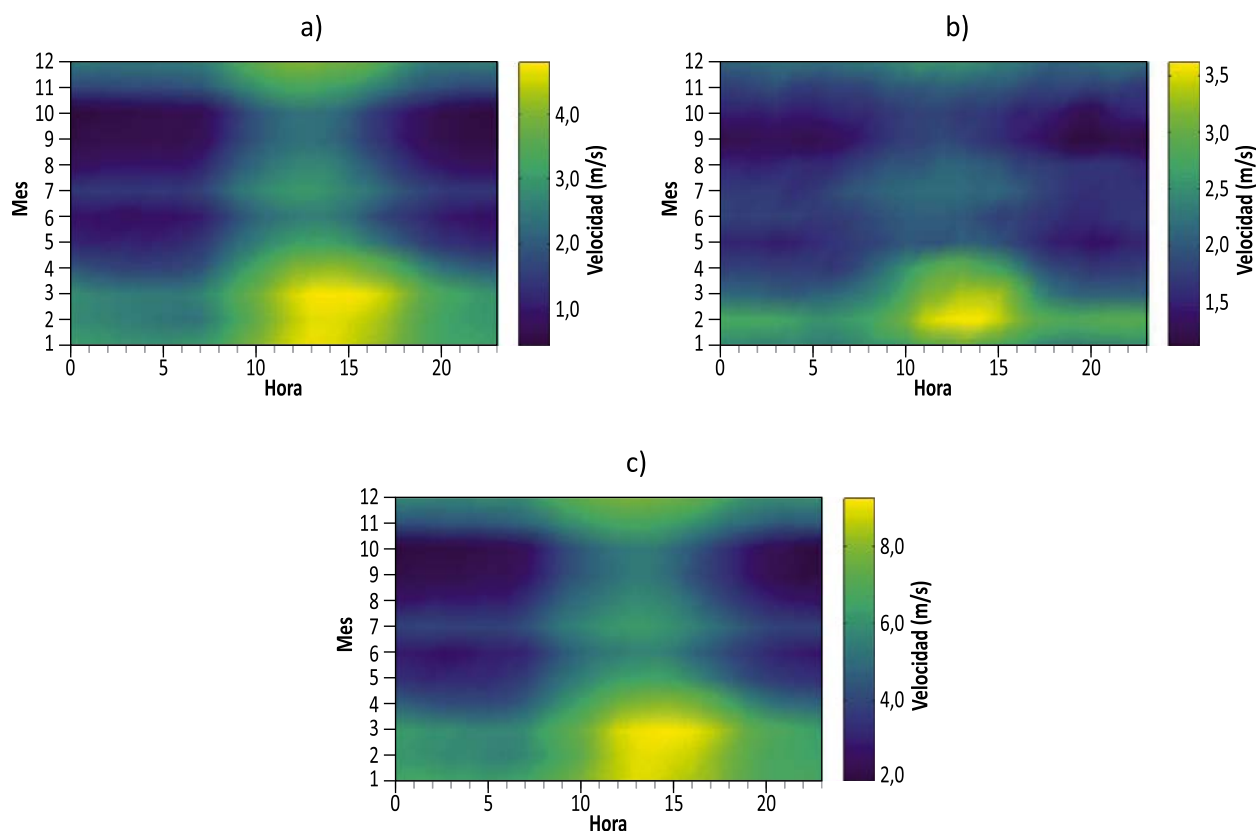


Figura 5. Gráficos de contorno de velocidad del viento en: a) velocidad promedio en EMSO, b) velocidad promedio en EMHVB y c) velocidad máxima en EMSO.

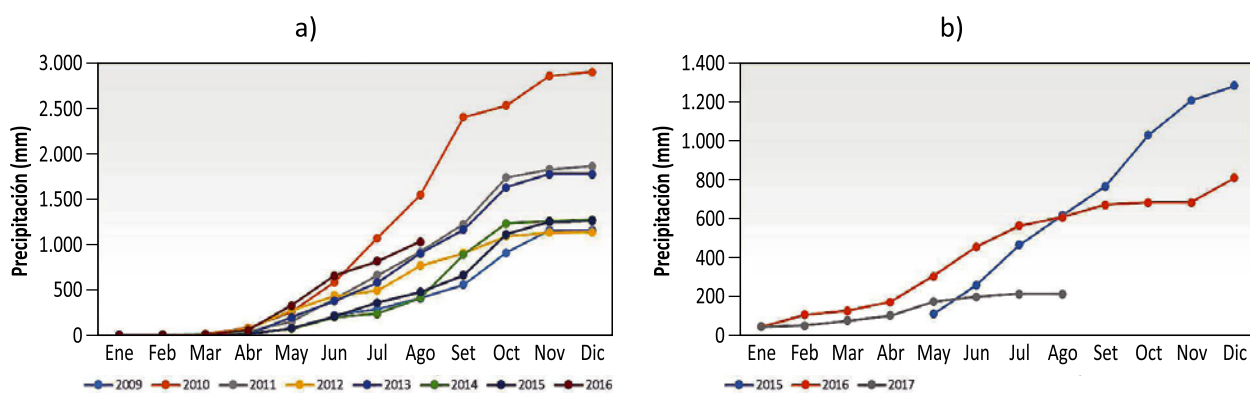


Figura 6. Comportamiento de las precipitaciones acumuladas anuales para a) EMSO y b) EMHVB.

Fuente: Proyecto No. 540-B7-013. Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente.

Alfaro, 2012), mientras que el inicio de la estación lluviosa abarca los restantes meses, con un comportamiento monomodal (Bustamante et al, 2012), con máximos de lluvia durante el mes de octubre, de 349 mm de lluvia acumulada mensual para la EMSO y 264 mm para EMHVB. Durante el

periodo lluvioso, para la zona donde se ubica la EMSO es característico una interrupción del ciclo de lluvias, con un mínimo relativo durante el mes de julio y agosto (Magaña et al, 1999), denominado canícula o veranillo y considerado un fenómeno normal en la zona.

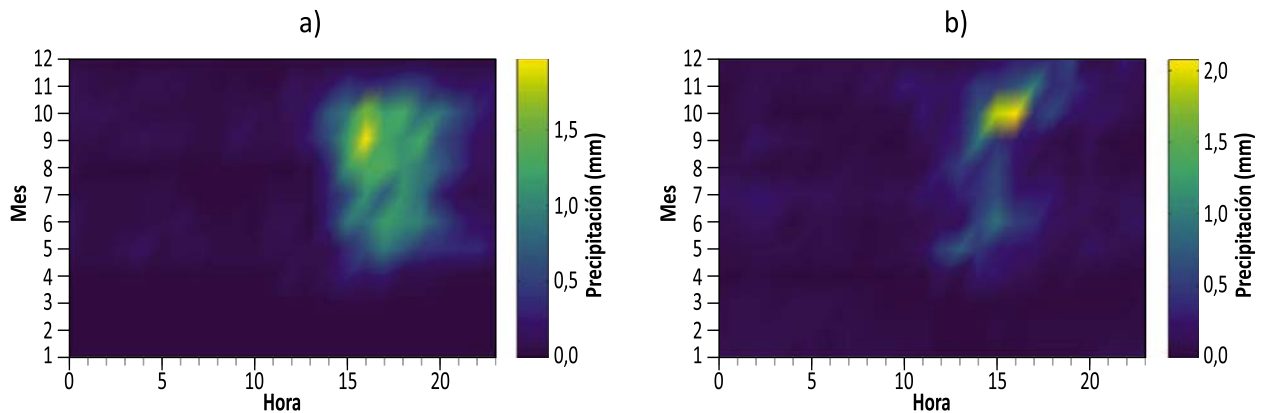


Figura 7. Gráficos de contorno de precipitación en a) EMSO y b) EMHVB.

En la figura 7 se presenta un gráfico de contorno para la precipitación promedio mensual, coincidiendo ambas estaciones con un máximo destacado en el mes de octubre con un valor promedio mensual de 348,5 mm en el caso de la EMSO, mientras que para la EMHVB se destacó un máximo de precipitaciones, con un valor promedio mensual de 264,5 mm.

4.4. Humedad

La ubicación de la zona de San Ramón y la del hotel Villa Blanca el cual se encuentra rodeado de un sistema específicamente montañoso, son la razón fundamental para que la zona se caracterice como húmeda o per húmeda. Los registros muestran que la humedad relativa promedio el 97,42%

anual en los sistemas montañosos de la EMHVB, mientras que en la EMSO se estima en 82,75%, con disminuciones considerables durante la época seca entre enero y abril, en horas cercanas a las 14:00 en los momentos que la radiación solar aumenta.

La mayor cantidad de humedad en el aire se presenta en horas de la noche y madrugada, cuando se da el enfriamiento de la superficie por la ausencia de la radiación solar y las bajas de temperatura (ver figura 3.a). En la figura 8.b se destaca la condición mínima en el contorno, no obstante, la zona de los Ángeles presenta una mayor estabilidad de humedad que la registrada por la EMSO, esto puede atribuirse directamente a la gran biodiversidad del bosque tropical y a los árboles presentes en el lugar (Vargas, Venegas, Mora, Martínez, Alanís y De la Rosa, 2019),

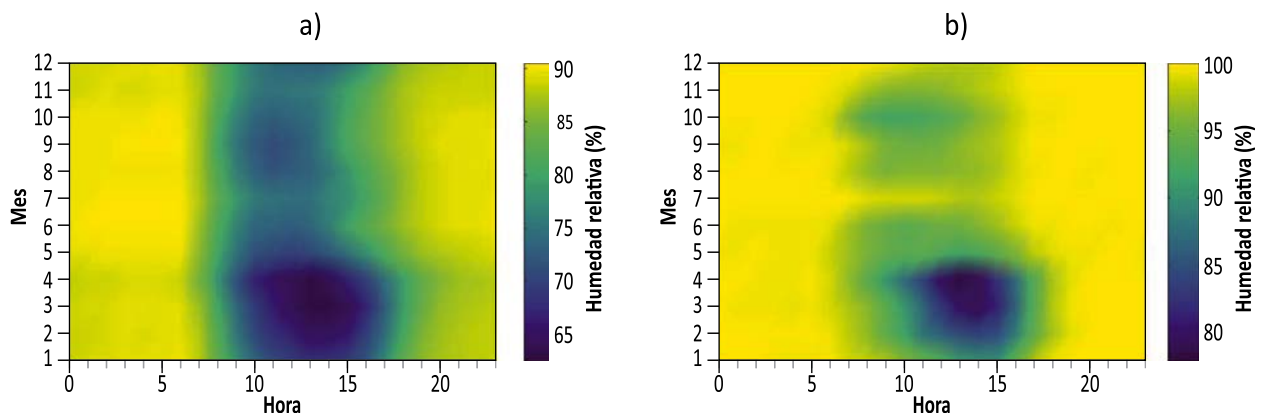


Figura 8. Gráficos de contorno de humedad relativa en a) EMSO y b) EMHVB.

que facilitan las condiciones propicias para una zona húmeda durante todo el año. Además, otro aspecto a considerar se da en la relación presente con los vientos, ya que con el paso de los vientos alisios las zonas se cargan de humedad, principalmente cuando se da el ingreso de los frentes fríos (Alfaro y Briceño, 2014).

4.5. Análisis espectral

Utilizando el modelo de análisis espectral a través de diferentes espectros del tipo periodograma, se elaboraron gráficos para la EMSO y la EMHVB (ver figura 9 y figura 10). Estos fueron representados con un 95% de confianza en su filtro de predicción, para las series de temperatura, viento, precipitación y humedad, en donde se destacó el principal máximo de frecuencia espectral de interés durante el periodo de tiempo designado a cada elemento, según el tamaño de su muestra (ver cuadro 2).

Además, se magnificó el ajuste de la banda para aumentar la sensibilidad del periodograma y la identificación de posteriores ciclos de oscilación en las series temporales, de esta forma, se delimitó una mejor precisión espectral al considerar valores con bajos de ancho de banda, es decir, indicadores con mínimos de tolerancia asociados a todos los máximos frecuenciales.

Los resultados muestran, que todos los espectros presentan un máximo de frecuencia cerca del ciclo de variabilidad 1, lo que representa una incidencia periódica de alrededor de un año, por tanto, algunos periodos destacables como la humedad tienden a variar un poco de una estación a otra, en la EMSO se registró el máximo espectral en 375 días, mientras que la EMHVB fue de 172,8 días, con otros máximos cercanos lo que se atribuye una mayor presencia de humedad para la zona de Villa Blanca.

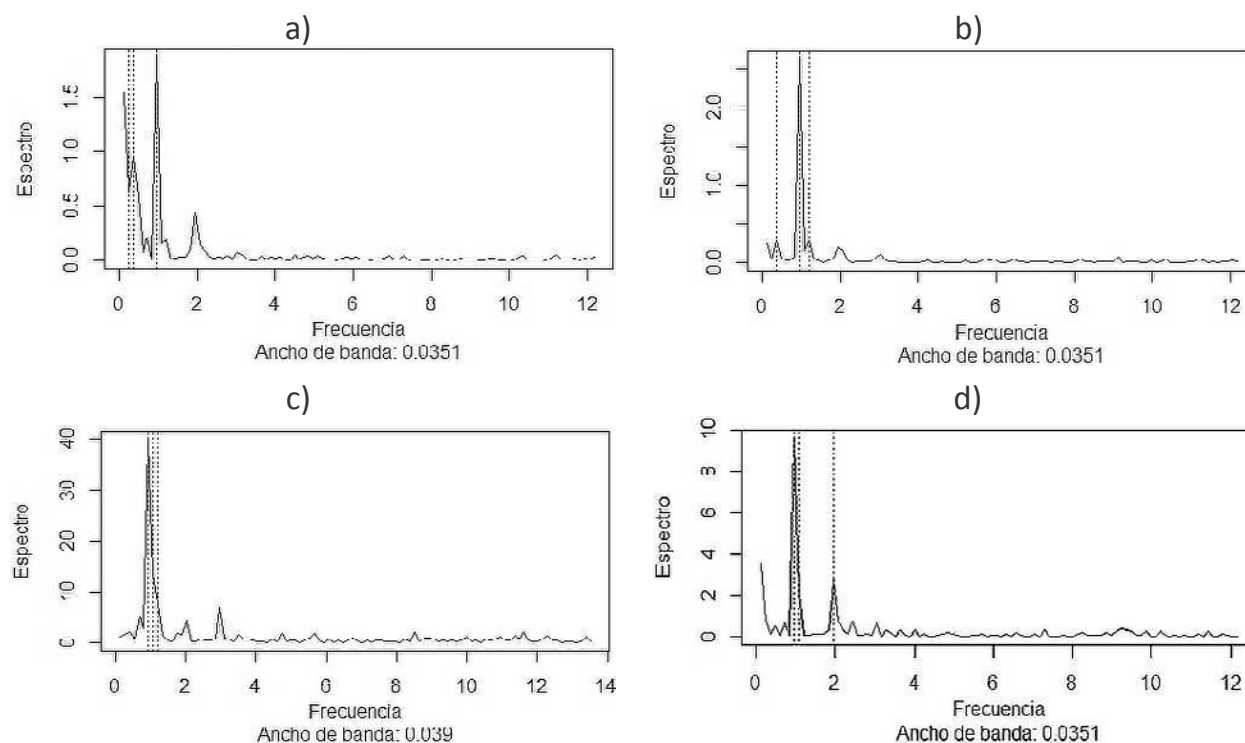


Figura 9. Periodogramas de la EMSO en a) temperatura, b) velocidad del viento, c) precipitación y d) de la humedad para la estación EMSO.

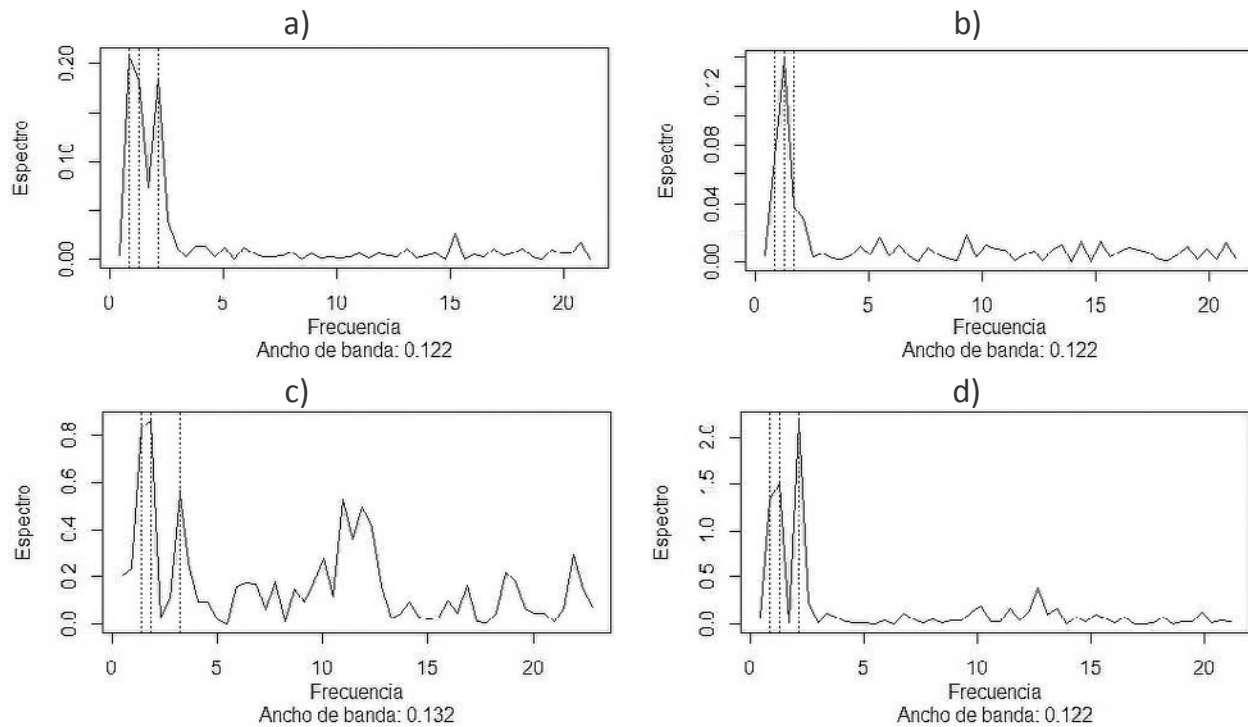


Figura 10. Periodogramas de la EMHVB en a) temperatura, b) velocidad del viento, c) precipitación y d) de la humedad para la estación EMHVB.

Otros resultados interesantes se dieron con la precipitación, donde los ciclos de la EMSO fueron constantes al registrar un máximo anual cada 385,7 días y otro máximo secundario con 337,5 días, no obstante, la estación EMHVB marcó una recurrencia de máximos de menor periodo, con máximos en los 200 y 266,7 días, dejando claro que esta zona tiende a presentar mayores aumentos de precipitación durante un periodo estacional bien delimitado.

En cuanto a la temperatura, su espectro máximo para la EMHVB fue de 432 días, mientras que el principal para la zona central de San Ramón fue de 375 días, dado que la diferencia es de más de 50 días, estos periodos son congruentes, puesto que en la evolución temporal entre los valores máximos y mínimos reflejados en la figura 2 se identifican considerables diferencias en las amplitudes térmicas de una región a otra, sin embargo, se entiende que dichos valores son característicos de la época lluviosa.

Por último, se tiene la presencia del viento que para EMHVB marcó un máximo cercano a los 288 días y para la EMSO en 375 días, esto coincide con un aumento significativo en los vientos durante los meses de diciembre a mayo, siendo más periódico para la zona de Villa Blanca, a pesar del ajuste de banda mayor, con una diferencia de 0,0869 respecto al patrón de sensibilidad en la EMSO, lo que describe un margen mayor de la tolerancia significativa en los ciclos periódicos de la EMHVB.

5. CONCLUSIONES

En primera instancia, es relevante considerar que las muestras utilizadas tanto para la EMSO como para la EMHVB no eran homogéneas en sus tamaños, por lo tanto, el análisis puede presentar diferencias estadísticas en cuanto a los modelos utilizados en algún elemento climático, por lo que sería recomendable trabajar con una mayor cantidad de datos, con frecuencias temporales de

forma horaria y preferiblemente con periodos de tiempo más extensos.

Este primer análisis tomó las muestras de datos registradas por las estaciones, desde el momento de su instalación. Sin embargo, algunos datos atípicos de la EMSO causaron una ausencia valiosa de información, como fue el caso de la precipitación para el año 2016, donde se dejaron de contabilizar datos relevantes que pudieron aportar información valiosa en el reporte del huracán Otto⁵.

En relación con el análisis temporal y estadístico, los resultados identifican a San Ramón como una región de clima tropical húmedo con presencia de dos épocas, una seca con pocas precipitaciones, con aumentos en la intensidad de los vientos provenientes del noreste y otra lluviosa en la que predominan los mayores índices porcentuales de humedad relativa (Amador, Hidalgo, Alfaro, Calderón y Mora, 2019). Cabe destacar que, a pesar de algunas fluctuaciones numéricas entre las estaciones de ambas regiones, las tendencias climatológicas son bastante constantes de un año a otro, no dejando de lado que algunos eventos suelen ser representativos y crean pequeñas diferencias, como es el caso de las tormentas Tomas, Nicole y Mathew, que se produjeron durante el año 2010 (IMN, 2018).

El análisis espectral mostró un comportamiento recurrente para las cuatro variables estudiadas, con periodos característicos con margen de un año en la mayoría de los casos, sin embargo, la periodicidad para las series temporales de la EMHBV son escasas, ya que el periodograma presenta pocas sucesiones ante el tamaño de la muestra e induce valores altos de sensibilidad en los ajustes de banda, por tanto, es indispensable realizar procesos estocásticos del tipo espectral que vinculen mayor información de datos con bajos ajustes de ancho de banda, que permitan

relacionar al menos dos máximos frecuenciales y con ello delimitar la recurrencia periódica de estos eventos climatológicos, a fin de comprender con mayor claridad el comportamiento climatológico de la región.

6. AGRADECIMIENTOS

La investigación bajo el proyecto N° 540-B7-013 inscrito en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, agradece la colaboración y apoyo brindado por la coordinación de Investigación de la Sede de Occidente, el Centro de Investigaciones Geofísicas CIGEFI, el Instituto Meteorológico Nacional, el Programa de Investigaciones para la Recuperación y Sostenibilidad de la Microcuenca Alta de la Quebrada Estero 540-B5-713. Se agradece también a los funcionarios responsables de las estaciones meteorológicas EMSO y EMHVB, ya que sin el cuidado y mantenimiento oportuno no habría sido posible la recopilación de las bases de datos analizadas.

7. REFERENCIAS

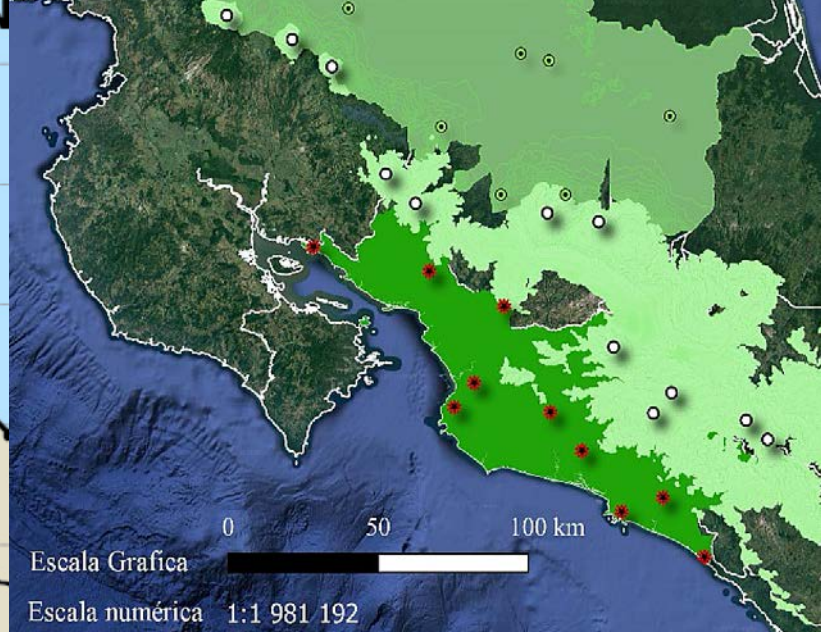
- Alfaro, E. y Briceño, P. (2014). Análisis del impacto de fenómenos meteorológicos en Costa Rica, América Central, originados en los mares circundantes. *Revista de Climatología*. Volumen 14 (1-11). Doi: ISSN 1578-8768. (Págs 2;6;8).
- Amador, J. A.; Hidalgo, H. G.; Alfaro, E. J.; Calderón B. & Mora, N. (2019). Central America [in "State of the Climate in 2018"]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 100 (9), S197– S198, ES32-ES35, doi:10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1. (P. 198).
- Bustamante, A.; Martínez, A.; Espitia, J. y Cárdenas, E. (2012). Análisis de datos meteorológicos para identificar y definir el clima en Yopal, Casanare. *Revista Med.*

⁵ Puede consultar más al respecto de este evento en: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Informe+IMN+Hurac%C3%A1n+Otto>

- Vet. Número 25 (85-92). Bogotá, Colombia. Doi: ISSN 0122-9354.
- Castro, L. y Carvajal, Y. (2010). Análisis de tendencia y homogeneidad de series climatológicas. *Revista de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*. Número 9. Universidad del Valle. Cali, Colombia. Doi: ISSN: 1692-9918. (P. 16)
- Centro de Investigaciones GeoFísicas. (2018). *Condiciones atmosféricas San Ramón*. Recuperado de: http://tooji.cigefi.ucr.ac.cr/wlinksr/Current_Vantage_Pro.htm.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2018). *Condiciones actuales del tiempo, estación automática hotel Villa Blanca, San Ramón, Alajuela*. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionvblanca.html>.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2018). *Los huracanes y sus efectos en Costa Rica*. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31306/9-LOS+HURACANES+Y+LOS+EFECTOS+EN+COSTA+RICA/dce06c47-915f-4517-a001-30cbf6f890d9>.
- López, B. y Alfaro, E. (2012). Uso de herramientas estadísticas para la predicción estacional del campo de precipitación en América Central como apoyo a los Foros Climáticos Regionales. 1: Análisis de tablas de contingencia. *Revista de Climatología*. Volumen 12 (61-79). ISSN 1578-8768. (Págs. 63;69).
- Magaña, V.; Amador, J.A. y Medina, S. (1999) The midsummer drought over Mexico and Central America. *J. Climate*. Número 12 (1577-1588). (P. 11).
- Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Guías prácticas climatológicas*. Volumen OMM-N°100. Ginebra, Suiza. Doi: ISBN 978-92-63-30100-0. (Págs. 45;53).
- Orozco, E. (2007). *Zonificación climática de Costa Rica para la gestión de infraestructura vial*. Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. (P. 11).
- Quesada, M. (2008). Distribución interestacional de la precipitación en la región extremo oeste de la Depresión Tectónica Central de Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*. Universidad de Costa Rica. Vol 8, N° 10-11. (P. 24).
- Rodríguez, R. y Llasat, M. (1997). Análisis temporal y espectral de la serie de precipitación mensual de Barcelona (España) 1850-1991. *Revista de Ingeniería del Agua*. Volumen 4, N° 4. Universidad politécnica de Valencia. Doi: 10.4995/ia.1997.2732. (Págs. 19-21).
- Sáenz, F. y Amador, J. (2016). Características del ciclo diurno de precipitación en el Caribe de Costa Rica. *Revista de Climatología*. Volumen 16, N°16. ISSN: 1578-8768. (Págs. 21-34).
- Salazar, A. y Vargas, J. (2017). Algunos aspectos técnicos sobre la Estación Meteorológica Automática de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes. *Revista Pensamiento Actual*. Volumen 17 (96-104). Doi: ISSN 2215-3586. (P. 102).
- Universidad de Costa Rica. (2012). *Poemas gráficos*. Sede de Occidente. Recuperado de: <http://www.so.ucr.ac.cr/poemasgraficos/san-ramon.html>.
- Serrano, S.; Zuleta, D.; Moscoso, V.; Jacome, P.; Palacios, E. y Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el distrito metropolitano de Quito. *La GRANJA Revista de Ciencias de la Vida*. Volumen 16 (23-47). (P. 28).
- Solano, J. y Villalobos, R. (2015). *Regiones y subregiones de Costa Rica*. Instituto Meteorológico Nacional. Departamento de Desarrollo. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Regionalizaci%C3%B3n+clim%C3%A1tica+de+Costa+Rica>.

Vargas-Vázquez, V. A.; Venegas-Barrera, C. S.; Mora-Olivo, A.; Martínez-Ávalos, J. G.; Alanís-Rodríguez, E. y Rosa-Manzano, E. D. L. (2019). Variación en la abundancia de árboles maderables por efecto de borde en un bosque tropical subcaducifolio. *Botanical Sciences*. 97(1), (Págs. 35-49). Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-42982019000100035&script=sci_arttext .

Walpole, R; Myers, R & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias*. Novena Edición. Editorial Pearson. Ciudad de México, México. (Págs. 24-25).



Instituto Meteorológico Nacional

Sitio web:
www.imn.ac.cr

Teléfono: (506) 2222 5616

Apartado postal: 5583-1000
San José
Costa Rica

