

Efecto de la insolación sobre los niveles de temperatura, evaporación y humedad relativa

Effect of sunshine on temperature, evaporation and relative humidity levels.

Osvaldo A. Solís-Atencio^{1*} 

¹Universidad Católica Santa María La Antigua (USMA), Panamá.

Autor por correspondencia osolisa@usma.com.pa

Recibido: 28 de abril de 2025

Aceptado: 01 de julio de 2025

Resumen

Las variaciones climáticas de Bocas del Toro, Los Santos y Panamá, fueron originadas por modificaciones en el brillo solar, la temperatura media, la evaporación y humedad relativa, causando alteraciones en el clima. Por lo cual, el objetivo general se centró en analizar el efecto de la insolación sobre los niveles de temperatura, evaporación y humedad relativa. La metodología comprendió un tipo de estudio analítico, con diseño no experimental, longitudinal; y un enfoque cuantitativo. La población incluyó los años de 1990 al 2015, y la muestra, del 2002 al 2008. Con un muestro no probabilístico, intencional. Los sujetos fueron el brillo solar, la temperatura media, la humedad relativa y la evaporación. Para la captación de datos se empleó la técnica de la revisión documental, con su instrumento, la matriz de información. Para el análisis de los datos se utilizó la prueba de normalidad, la correlación simple, las series de tiempo, la línea de tendencia lineal, la media y el rango; y se empleó el software IBM SPSS, el Microsoft Word y el Microsoft Excel. En los resultados se indicó que Bocas del Toro mantuvo un clima con mucha humedad y precipitación; y Los Santos y Panamá, con énfasis en las épocas secas y lluviosas. En las conclusiones se señaló que Bocas del Toro, mostró un efecto del brillo solar sobre la evaporación, y nulo sobre la humedad relativa y la temperatura media; Los Santos y Panamá, un efecto del brillo solar sobre la humedad relativa, la evaporación y la temperatura media.

Palabras clave: brillo solar, evaporación, humedad relativa, temperatura media.

Abstract

The climatic variations of Bocas del Toro, Los Santos and Panama were caused by changes in sunlight, average temperature, evaporation and relative humidity, causing alterations in the climate. Therefore, the general objective focused on analyzing the effect of sunshine on the levels of temperature, evaporation and relative humidity. The methodology included a type of analytical study, with a non-experimental, longitudinal design; and a quantitative approach. The population included the years from 1990 to 2015, and the sample, from 2002 to 2008. With a non-probabilistic, intentional sample. The subjects were sunshine, average temperature, relative humidity and evaporation. To collect data, the documentary review technique was used, with its instrument, the information matrix. To analyze the data, the normality test, simple correlation, time series, linear trend line, mean and range were used; and IBM SPSS software, Microsoft Word and Microsoft Excel were used. The results indicated that Bocas del Toro maintained a climate with a lot of humidity and precipitation; and Los Santos and Panama, with emphasis on the dry and rainy seasons. In the conclusions it was pointed out that Bocas del Toro showed an effect of sunlight on evaporation, and zero on relative humidity and average temperature; Los Santos and Panama, an effect of sunlight on relative humidity, evaporation and average temperature.

Keywords: sunshine, evaporation, relative humidity, average temperature.

Introducción

El sistema climático mundial está formado por varios componentes que interactúan entre sí, originando los distintos climas del planeta, es decir, la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera, la criósfera y la biósfera; entre las cuales, las interacciones atmósfera-hidrosfera son consideradas de gran importancia para los climas regionales y mundiales, por sus efectos sobre la población, los sistemas económicos y el medio natural. Algunos ejemplos eventos aire-océano son la zona de convergencia intertropical, El Niño-Oscilación Sur, huracanes y otros episodios (Ministerio de Ambiente, 2019).

El estado de la atmósfera en un momento y lugar determinada, está condicionado por las relaciones entre los distintos elementos meteorológicos, referidos a la precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, insolación y vientos. Sus interacciones permiten determinar el tiempo y el clima de países y continentes, estableciendo relaciones directas e inversas entre sus componentes, como la influencia de la insolación sobre la temperatura, la evaporación y la humedad relativa; la temperatura con la precipitación y los vientos; y los efectos de las temperaturas mundiales sobre las regionales; lo que crea períodos secos y lluviosos en las zonas tropicales y nevadas en las áreas templadas y polares (Contraloría General de la República de Panamá, 2006).

La insolación es la variable climática más decisiva en la generación de regiones térmicas, debido a la generación de calor, lo que fomenta intercambios de vapor de agua; precipitaciones; modificaciones en la temperatura, la velocidad en el viento, la evaporación y la humedad relativa. La conexión de la insolación con la latitud, vegetación, masas de agua, altitud y corrientes marinas conducen a la distribución del calor en las zonas tropicales, templadas y frías (Ayllón, 2003).

La insolación es la forma de medir la radiación solar, la cual, proviene del sol como de energía de onda corta, incidiendo en la superficie terrestre, y generando modificaciones de temperatura debido a factores geográficos, los océanos y los movimientos de rotación y traslación del planeta Tierra (Acuña y Robles, 2015).

La intervención de la radiación solar sobre diversas masas de agua como lagos, mares, océanos y ríos, produce la evaporación, principalmente, en la época seca; entretanto, en la estación lluviosa, aumenta la humedad y se reduce la evaporación, variando las condiciones del clima (Sarochar, s. f.). Al aumentar la temperatura, se eleva la evaporación, conllevando la reducción de la humedad relativa, y en caso contrario, a menor temperatura, disminuye la evaporación y aumenta la humedad relativa, ocasionando cambios en el tiempo, a corto plazo, y el clima, a largo plazo (Andrades-Rodríguez y Muñoz-León, 2012).

Por su posición en la zona intertropical, las temperaturas en el país pueden ubicarse entre los 190C y los 270C”, con variaciones relacionadas con montañas y relieve plano; costa del mar Caribe y el litoral del océano Pacífico, influyendo en la humedad relativa y la evaporación, ocasionado un clima tropical, con diferencias según las distintas regiones de Panamá (Ministerio de Ambiente, 2019). Por lo cual, el objetivo general consistió en analizar el efecto de la insolación sobre los niveles de temperatura, evaporación y humedad relativa. Indicando alteraciones normales y atípicas de las variables meteorológicas por provincias y años.

Métodos

El tipo de estudio es analítico con un diseño no experimental, longitudinal. El análisis implica estudiar cada variable por separado, definiendo y describiendo sus características individuales mediante figuras (gráficas); para luego, mediante síntesis, integrar cada parte en un todo para visualizar la situación climática del país, a través de las correlaciones entre la insolación, la temperatura, la evaporación y la humedad relativa. Expuestos en dos niveles: espacial: por provincias, y temporal: por años. El diseño no experimental se refiere a la observación de hechos en una realidad determinada, sin manejo de variables. Y longitudinal es la captación de datos a través de un período de tiempo (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Batista Lucio, 2014).

El tipo de investigación tomó en cuenta los siguientes atributos: finalidad de la investigación: aplicada; enfoque: cuantitativo; alcance: analítico; y nivel de manipulación de variables: no experimental.

La hipótesis de investigación es la siguiente: A mayor brillo solar, mayor evaporación, menor humedad relativa y menor temperatura media, en las provincias de Bocas del Toro, Los Santos y Panamá, en el período 2002-2008.

Población y muestra

La población abarca los años entre 1990 y 2015, y la muestra, del 2002 al 2008, comprendiendo el brillo solar, la humedad relativa y la evaporación; en el caso de la temperatura media solo se obtuvieron datos del 2002, 2003, 2006, 2007 y 2008; no hay mediciones en el 2004 y 2005. Con un muestro no probabilístico, intencional. Las unidades de análisis fueron el brillo solar, la temperatura media, la humedad relativa y la evaporación. Las variables se definen conceptualmente, mediante planteamientos teóricos, y operacionalmente a través de herramientas estadísticas. Además, el muestreo no probabilístico descarta el uso del azar y la representatividad de los elementos de la muestra; y lo intencional favorece la escogencia deliberada de la muestra por las características que poseen las variables, o sea, su significancia (Hurtado de Barrera, 2012). Se aplicó la prueba de correlación simple entre las variables brillo solar y humedad relativa; brillo solar y evaporación; y brillo solar y temperatura media (en este caso, solamente del 2006 al 2008). La variable independiente es el brillo solar o insolación; y las dependientes: humedad relativa, temperatura media y evaporación. Los estudios correlacionales poseen un valor explicativo, aunque parcialmente. La relación causa efecto se puede establecer a nivel teórico; debido a que el test de correlación no mide causalidad (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Batista Lucio, 2014). Variables antropométricas Para determinar la masa de grasa corporal (BFM), el índice de masa corporal (BMI), el porcentaje de grasa corporal (PBF) y el porcentaje de grasa visceral (VFL). Se utilizó la balanza digital (InBody) con dispositivo de impedancia bioeléctrica, con electrodos de manos y pies. La bioimpedancia basó su medición en la diferente resistencia que ofrecían tanto el agua como los diferentes tejidos corporales al paso de una corriente eléctrica, permitiendo establecer la composición de los sujetos. El BMI funciona como medida fiable para la obesidad y asocia con el porcentaje de grasa por impedancia y los pliegues de piel (Khalil et al., 2014; Mooney et al., 2013).

Técnicas de recolección de datos

Para la captación de datos se utilizó la técnica de la revisión documental con su instrumento, el registro de información mediante matrices. La información se obtuvo del registro meteorológico de la sección clima, del Instituto Nacional de Estadística y Censo, de la Contraloría General de la República de Panamá.

Análisis estadísticos

Para el análisis de los datos se utilizó la prueba de normalidad, con el propósito de determinar el uso de pruebas paramétricas o no paramétricas; la correlación simple y el coeficiente de determinación, con el fin de determinar los efectos del brillo solar sobre la humedad relativa, la evaporación y la temperatura media. El coeficiente de determinación establece el porcentaje de variación de una variable sobre otra (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Batista Lucio, 2014). También se utilizaron las series de tiempo, la línea de tendencia lineal, la media y el rango; empleándose el software IBM SPSS, conjuntamente, con Microsoft Word y Microsoft Excel.

Aspectos éticos de la investigación

Esta investigación se desarrolló de acuerdo con la Declaración de Helsinki, y fue aprobada por el Comité de Bioética de la USMA, con código CBI-45/2023.

Resultados

Los resultados y la discusión se analizarán por cada objetivo específico.

Objetivo específico 1: indicar las variaciones de la insolación, temperatura, evaporación y humedad relativa.

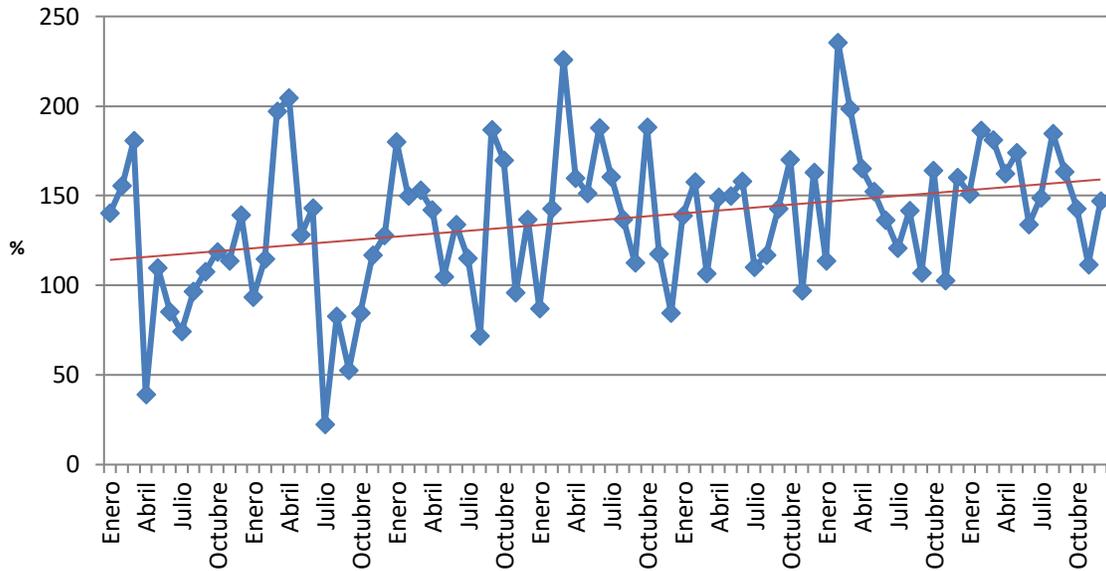


Figura 1. Cantidades totales de brillo solar en la provincia de Bocas del Toro

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

En la figura 1 se observa una tendencia general hacia el alza con oscilaciones irregulares entre el 2002 y 2008; con reducciones anormales en abril (39.1%) del 2002; y julio (22.6%) del 2003; y aumentos extremos en abril (204.8%) en el 2003; en marzo (226.0%) del 2005; y febrero (235.6%) y marzo (198.5%), del 2007, respectivamente. Con un rango de 213%, y media de 136.62%. Por consiguiente, los meses con las menores cantidades fueron abril y julio; y con las mayores mediciones, febrero, marzo y abril; debido al incremento de días con pocas nubes, soleados y sin precipitaciones, permitiendo la llegada de la luz solar a la superficie terrestre. Dentro de este orden de ideas, el incremento de la temperatura mundial, por actividades humanas tienen el potencial de causar alteraciones en los climas de muchos países (Autoridad Nacional del Ambiente, 2000). A mayor nubosidad, menor insolación (Ayllón, 2003).

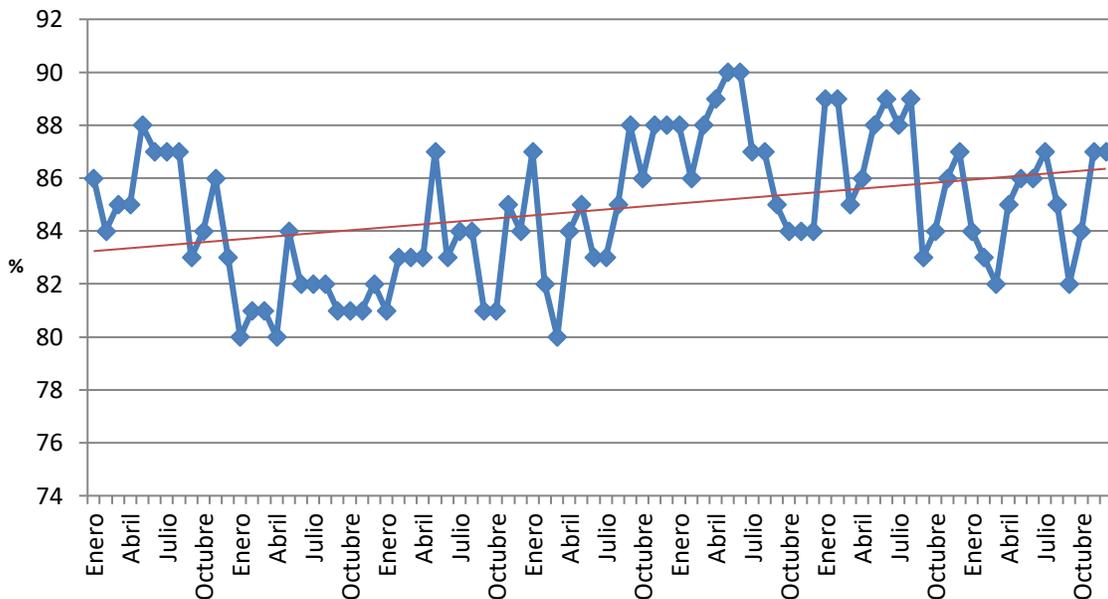


Figura 2. Cantidades totales de humedad relativa en la provincia de Bocas del Toro

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

En la figura 2 se aprecia una tendencia general de incremento de la humedad relativa con movimientos irregulares entre el 2002 y 2008; con reducciones extremas en enero (80%) y abril (80%) en el 2003; y en marzo (80%) en el 2005; mientras que los incrementos extremos ocurrieron en mayo (90%) y junio (90%) del 2006. Con una media de 84.80%, y un rango de 10%. El 2003 muestra baja humedad relativa en todos los meses (80-82%), a excepción de mayo (84%). Debido a las modificaciones de la zona de convergencia intertropical, conjuntamente, con la influencia tormentas o huracanes. Por lo cual, existe una condición de nubes constantes que favorece las lluvias, conduciendo a mantener alta humedad relativa. De ahí que, la influencia del mar Caribe, mediante tormentas, huracanes y demás eventos climáticos, generan precipitaciones, que producen mucha humedad en la atmósfera de la provincia de Bocas del Toro (Autoridad Nacional del Ambiente, 2000).

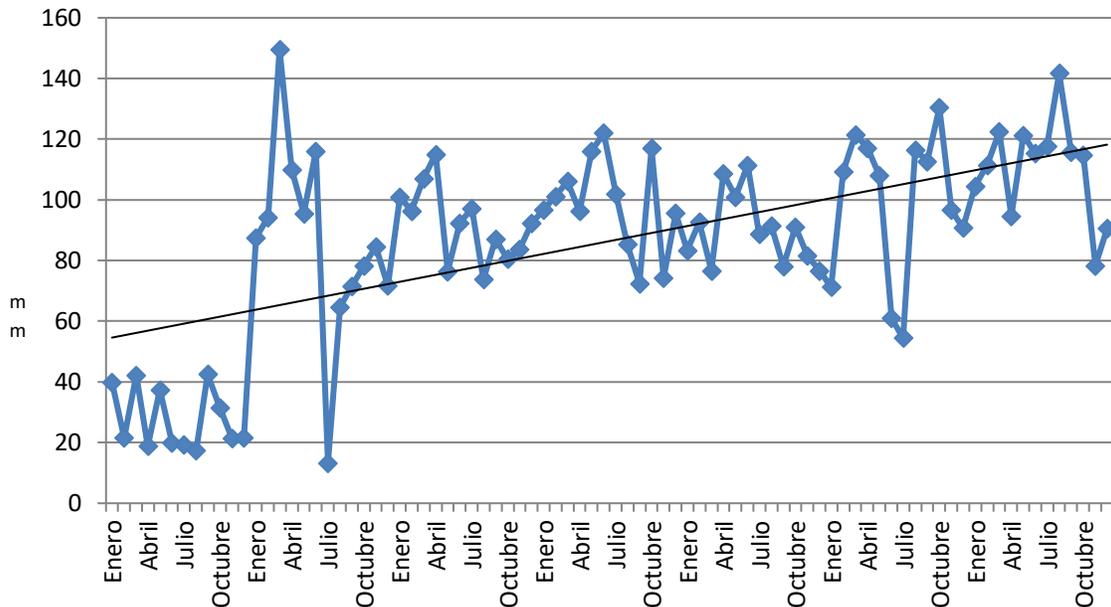


Figura 3. Cantidades totales de evaporación en la provincia de Bocas del Toro

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 3 expresa una tendencia general hacia el alza en la evaporación con oscilaciones irregulares entre el 2002 y 2008; en dos fases, es decir, con un decrecimiento extremo en el 2002; y posteriormente, una elevación de la evaporación hasta el 2008. Con reducciones atípicas en julio (13.3 mm) del 2003; y en junio (61 mm) y julio (54.5 mm) del 2007; e incrementos anormales en marzo (149.6 mm) del 2003; y en agosto (141.7 mm) del 2008, respectivamente. Presentando una media de 86.40 mm, y un rango de 136.3 mm; significando fuertes impactos por fenómenos climáticos. Conduciendo a días soleados, poca y alta nubosidad, y abundantes lluvias. Los meses del 2002 indican una gran disminución de la evaporación; posiblemente, producido por un episodio del Niño. Los ciclos El Niño tienen la capacidad de aumentar la pluviosidad en la costa del mar Caribe (Olmedo, 1995, como se citó en Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A., 2004). Los índices de intensidades de los eventos El Niño, La Niña y neutral, marcan un ciclo El Niño desde junio de 2002 hasta febrero de 2003 (Climate Prediction Center, 2024). La evaporación se produce por altas temperaturas, aire muy seco y fuertes vientos (Ayllón, 2023).

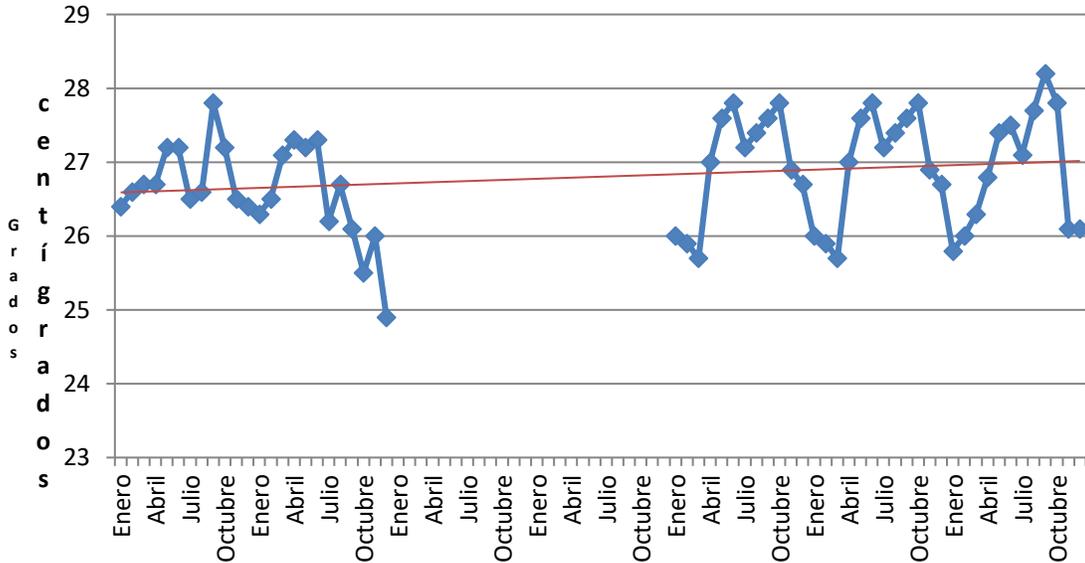


Figura 4. Temperatura media en la provincia de Bocas del Toro

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 4 indica una tendencia general leve hacia el aumento entre el 2002 y 2008, con exclusión del 2004 y 2005; presentando un movimiento irregular en los meses del 2002 y 2003; y una oscilación cíclica periódica en los meses del 2006 y 2007; y no periódica en los meses del 2008, respectivamente. Con las menores reducciones en los meses de octubre (25.5 °C) y diciembre (24.9 °C) del 2003; febrero (25.9 °C) y marzo (25.7 °C) del 2006; marzo (25.7 °C) del 2007; enero (25.8 °C) del 2008; por el contrario, los meses con los mayores incrementos fueron: septiembre (27.8 °C) del 2002; mayo (27.6 °C), junio (27.8 °C), septiembre (27.6 °C), octubre (27.8 °C) del 2006; mayo (27.6 °C), junio (27.8 °C), septiembre (27.6 °C) y octubre (27.8 °C) del 2007; y agosto (27.7 °C), septiembre (28.2 °C) y octubre (27.8 °C) del 2008, respectivamente. Por ello, los meses con las menores temperaturas fueron febrero y marzo; y con las mayores, mayo, junio, septiembre y octubre. Con un límite superior de 28.2 °C, e inferior, de 24.9 °C, resultando un rango de 3.3 °C. Con el incremento de gases de efecto invernadero a largo plazo, se espera un aumento de la temperatura global, ocasionando modificaciones en el clima en el siglo XXI (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, 2007).

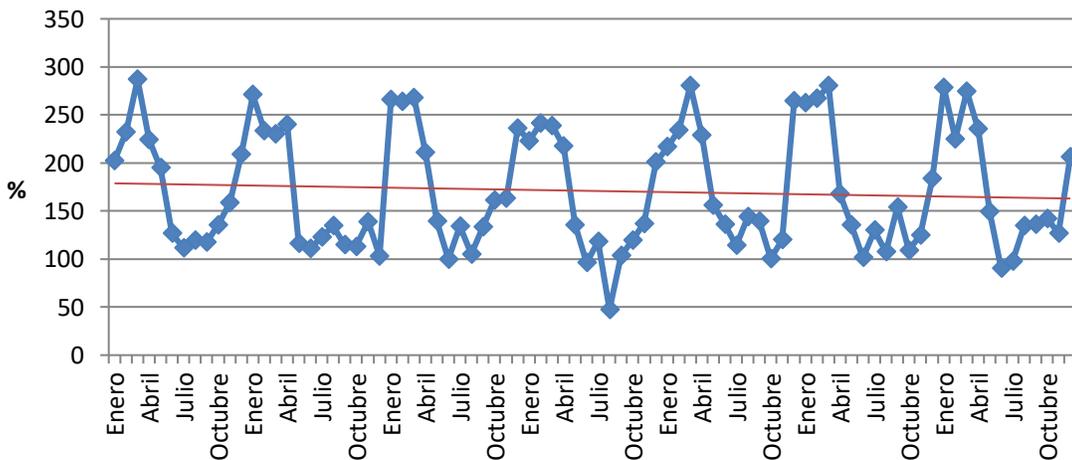


Figura 5. Cantidades totales de brillo solar en la provincia de Los Santos

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

En la figura 5, se observó que una tendencia general hacia la disminución con movimientos irregulares entre el 2002 y 2008; con los menores valores en junio (126.4 %), julio (111.7%) y agosto (119.1%), del 2002; mayo (115.8%), junio (110.6 %), julio (123.0%), septiembre (114.5%), octubre (113.0%) y diciembre (103.0%), del 2003; junio (99.6%) y agosto (105.0%) del 2004; junio (96.0%), julio (118.2%), agosto (47.4%), septiembre (103.3 %) y octubre (119.6%), del 2005; julio (113.8 %), octubre (100.5 %) y noviembre (119.9%), del 2006; junio (101.2%), julio (129.9%), agosto (107.4%), octubre (109.1%) y noviembre (124.7%), del 2007; junio (90.0 %), julio (97.7%) y noviembre (126.9 %), del 2008. Al contrario, las puntuaciones mayores se encontraron en marzo (287%), del 2002; enero (270.0%), del 2003; enero (266.0 %), febrero (264.0 %) y marzo (268.0%), del 2004; marzo (280.4 %) y diciembre (264.7%) del 2006; enero (262.5%), febrero (266.9%) y marzo (280.4%), del 2007; y enero (278.5%) y marzo (274.7%) del 2008, respectivamente. Manifestando, que los meses con las menores cantidades se ubicaron en junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre; y los incrementos en enero, febrero y marzo. Con una media de 170.89%, y rango de 233%. Implicando un efecto de las épocas secas y lluviosas, característico de la costa del océano Pacífico. Además de un alza en la nubosidad. En Panamá, las costas del mar Caribe, y del océano Pacífico presentan condiciones distintas en pluviosidad y temperaturas (Ministerio de Ambiente, 2018).

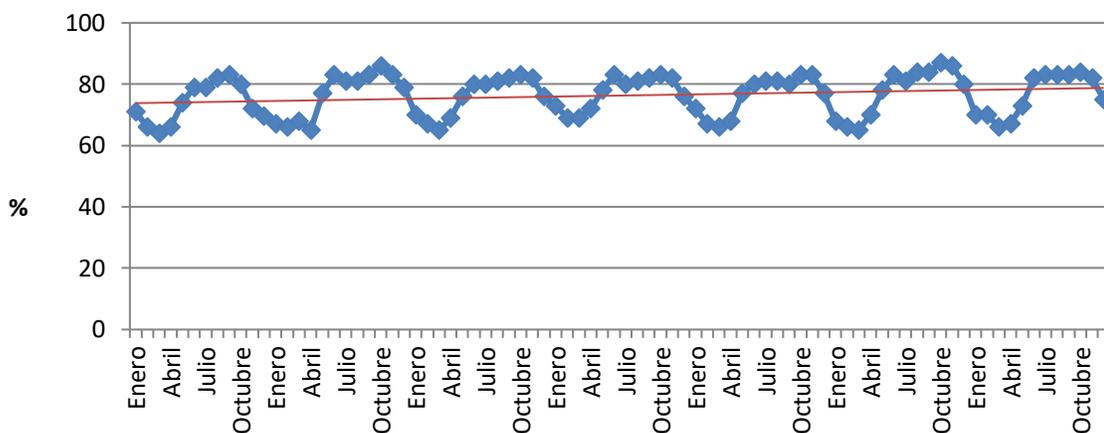


Figura 6. Cantidades totales de humedad relativa en la provincia de Los Santos

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 6, expresa una tendencia general leve entre el 2002 y 2008 de la humedad relativa; describiendo un movimiento cíclico periódico con bajos valores en febrero (66.0%), marzo (64.0%), abril (66.0%) y diciembre (69.5%) del 2002; enero (67.0%), febrero (66.0%) y marzo (68.0%) y abril (65.0%) del 2003; febrero (67.0%), marzo (65.0%) y abril (69.0%) del 2004; febrero (69.0%) y marzo (69.0%) del 2005; febrero (67.0%), marzo (66.0%) y abril (68.0%) del 2006; enero (68%), febrero (66.0%) y marzo (65.0%) del 2007; y marzo (66.0%) y abril (67.0%) del 2008; ahora bien, los mayores incrementos incluyeron agosto (82.0%), septiembre (83.0%) y octubre (80.0%) del 2002; junio (83.0%), julio (81.0%), agosto (81.0%), septiembre (83.0%), octubre (86.0%) y noviembre (83.0%) del 2003; junio (80.0%), julio (80.0%), agosto (81.0), septiembre (82.0%) y octubre (83.0%) del 2004; junio (83.0%), julio (80.0%), agosto (81.0%), septiembre (82.0%), octubre (83.0%) y noviembre (82.0%) del 2005; junio (80.0%), julio (81.0), agosto (81.0%), septiembre (80.0%), octubre (83.0%) y noviembre (83.0%) del 2006; junio (83.0%), julio (81.0%), agosto (84.0%), septiembre (84.0%), octubre (87.0%), noviembre (86.0) y diciembre (80.0%) del 2007; junio (82.0%), julio (83.0%), agosto (83.0%), septiembre (83.0%), octubre (84.0%) y noviembre (82.0%) del 2008. Con un promedio de 76.29%, y 20% de rango. Entonces, los meses con las cantidades más bajas comprendieron enero, febrero y marzo; mientras que las mediciones más altas, ocuparon junio, julio, agosto, septiembre y noviembre, respectivamente. Conllevando un seguimiento de la estacionalidad, referente a los meses secos y los lluviosos, en la costa del océano Pacífico. Por lo cual, la humedad relativa varía según el nivel de temperatura (Ayllón, 2023).

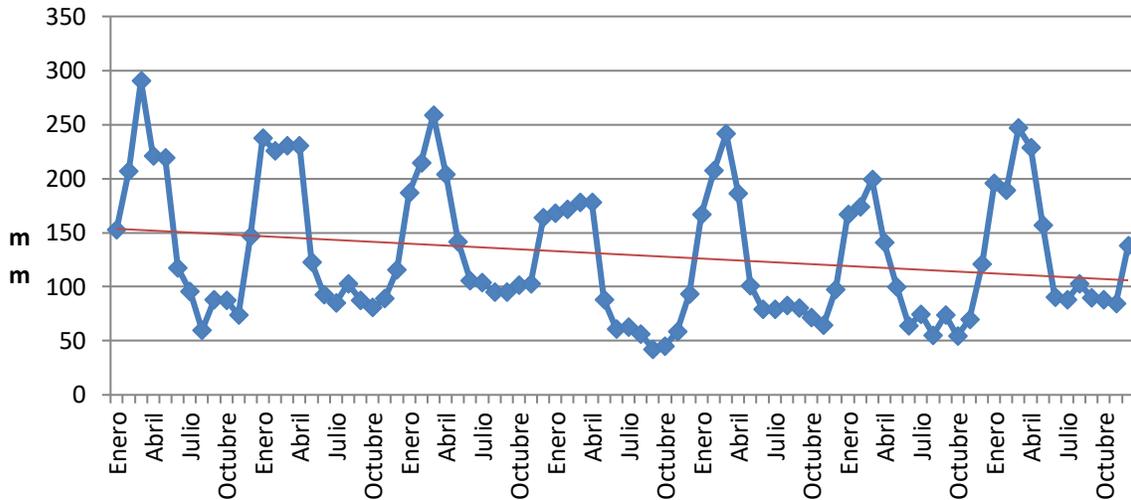


Figura 7. Cantidades totales de evaporación en la provincia de Los Santos

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

En la figura 7, la evaporación detalló una tendencia general hacia la disminución, con una oscilación irregular entre el 2002 y 2008; con las menores cantidades en agosto (59.9 mm) del 2002; en junio (61.1 mm), julio (63.2 mm), agosto (56.3 mm), septiembre (42.6 mm), octubre (45.0 mm) y noviembre (58.8 mm) del 2005; noviembre (64.8 mm) del 2006; junio (63.9 mm) y agosto (55.3 mm) del 2007; y las mayores en marzo (290.6 mm) del 2002; enero (237.6 mm) del 2003; marzo (259.0 mm) del 2004; marzo (241.6 mm) del 2006; marzo (246.9 mm) y abril (229.1 mm) del 2008, respectivamente. Con un promedio de 129.78 mm, y 248 mm de rango. Indicando que los valores más bajos estuvieron en junio, agosto y noviembre; y los más altos, en marzo. De ahí que, en la temporada seca, aumenta la evaporación, y en la lluviosa, decrece; por la reducción e incremento de la nubosidad, respectivamente. La mayor fuente de modificaciones en las condiciones climáticas (precipitación, temperatura, humedad y otras) en los países de América Latina, se debe a la presencia de los fenómenos El Niño, con sequías; y La Niña, con alta pluviosidad e inundaciones (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla, 2007).

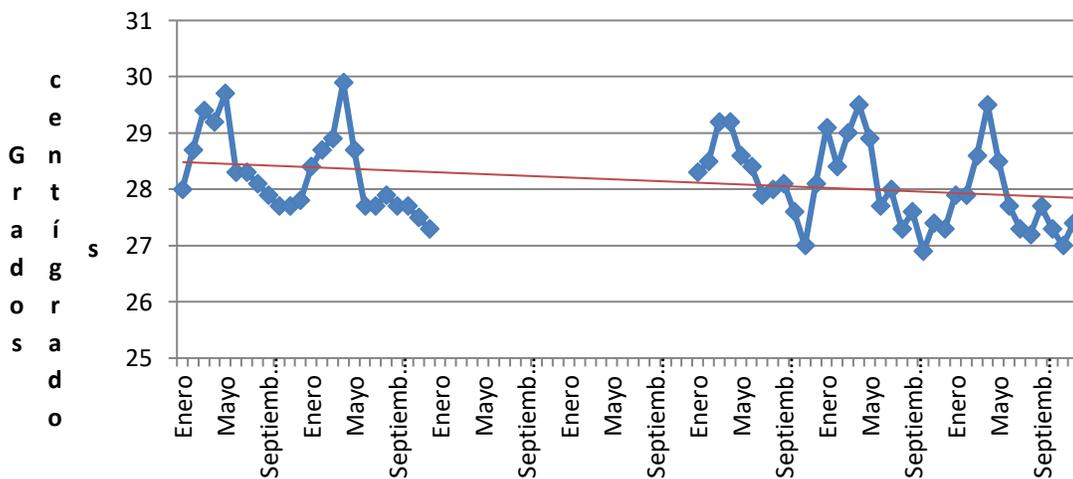


Figura 8. Temperatura media en la provincia de Los Santos

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 8 manifestó una tendencia general leve hacia el decrecimiento entre el 2002 y 2008; con movimientos irregulares. Las menores temperaturas medias ocurrieron en noviembre (27.5 °C) y diciembre (27.3 °C) del 2003; noviembre (27.0 °C) del 2006; noviembre (27 °C) del 2008; agosto (27.3 °C), octubre (26.9 °C),

noviembre (27.4 °C) y diciembre (27.3 °C) del 2007; y julio (27.3 °C) y agosto (27.2 °C), octubre (27.3 °C), noviembre (27.0 °C) y diciembre (27.4 °C); del 2008; y los mayores incrementos en mayo (29.7 °C) del 2002; abril (29.9 °C) del 2003; abril (29.5 °C) del 2007; y abril (29.5 °C) del 2008; respectivamente. Definiendo los meses con menor temperatura media, o sea, noviembre y diciembre; y con las mayores, abril. Con un límite superior de 29.9 °C, e inferior, de 26.9 °C, resultando un rango de 3.0 °C. Entre junio y diciembre del 2007, se produjo una reducción fuerte de la temperatura, producto de abundantes lluvias en el país, ocasionadas por un episodio de La Niña (Climate Prediction Center, 2024).

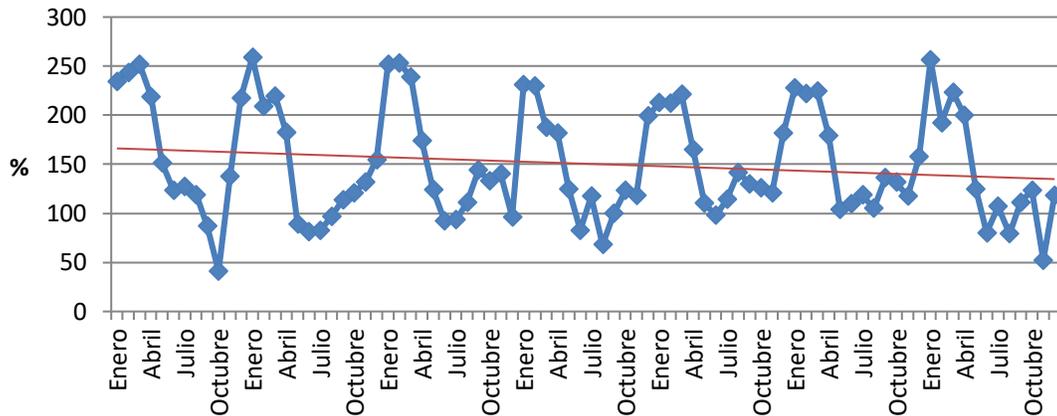


Figura 9. Cantidades totales de brillo solar en la provincia de Panamá

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

En la figura 9, se observó que una tendencia general leve hacia la disminución con movimientos irregulares entre el 2002 y 2008; con los menores valores en septiembre (87.3%) y octubre (40.9%) del 2002; mayo (88.8%), junio (81.4%) y junio (82.8%) del 2003; junio (82.7%) y agosto (68.2%) del 2005; junio (80.0%), agosto (79.1%) y noviembre (52.15) del 2008; mientras que los mayores aumentos se ubicaron en febrero (243.5%) y marzo (252.0%) del 2002; enero (258.9%) del 2003; enero (252.0%), febrero (253.0%) y marzo (239.0%) del 2004; y enero (256.4%) del 2008, respectivamente. Manifestando que los meses con menor brillo solar fueron junio y agosto; y con las mayores, enero, febrero y marzo. Con una media de 150.52%, y rango de 218.0%. Mostrando que el brillo solar aumenta en la estación seca, y decrece, en la lluviosa. Y es afectado por ciclos climáticos externos. En el 2002, entre los meses de junio y diciembre ocurrió un episodio del Niño, con menor pluviosidad; y en el 2008, entre los meses de enero y junio, y de noviembre a diciembre, se presentó un evento de La Niña, con más precipitación (Climate Prediction Center, 2024).

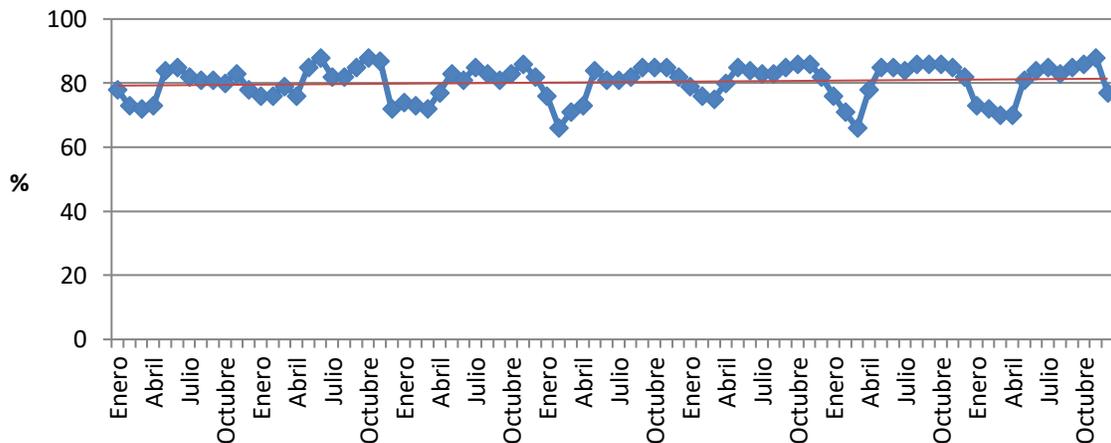


Figura 10. Cantidades totales de humedad relativa en la provincia de Panamá

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 10, expresa una tendencia general muy leve hacia el alza entre el 2002 y 2008, con una oscilación cíclica no periódica; con muy bajos valores en marzo (72.0%) del 2002; marzo (72.0%) del 2004; febrero (66.0%) y marzo (71.0%) del 2005; febrero (71.0%) y marzo (66.0%) del 2007; y marzo (70.0%) y abril (70.0%) del 2008; y los más altos, en junio (88.0%), octubre (88.0%) y noviembre (87.0%) del 2003; noviembre (86.0%) del 2004; octubre (86.0%) y noviembre (86.0%) del 2006; y agosto (86.0%), septiembre (86.0%) y octubre (86.0%) del 2007; y septiembre (85.0%) y noviembre (86.0%) del 2008, respectivamente. Señalando que los meses con reducciones fueron febrero y marzo; y con incrementos, septiembre, octubre y noviembre. De ahí que, en los meses secos se reduce la humedad relativa, y aumenta, en los lluviosos. En los meses cálidos, la insolación aumenta, y decrece la humedad; al contrario, en los lluviosos, disminuye la insolación, y la humedad aumenta (Ayllón, 2003).

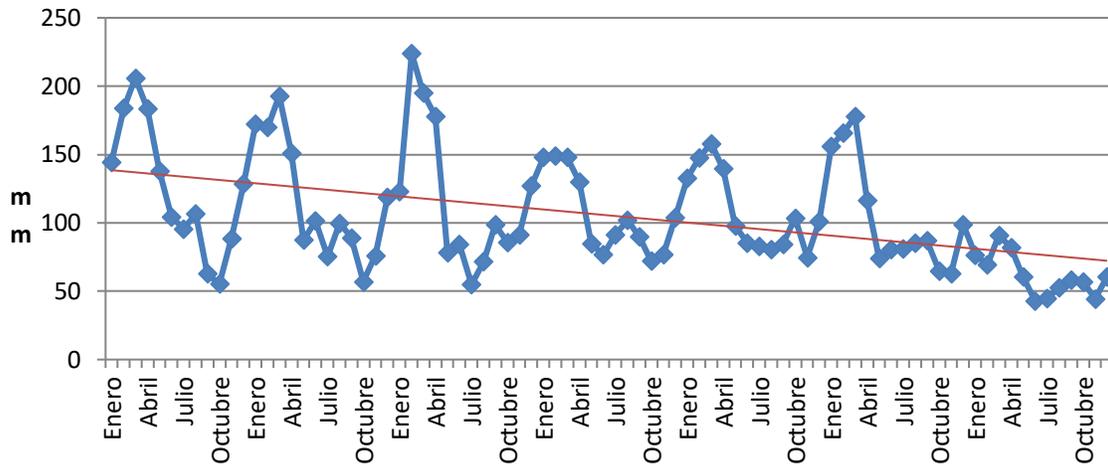


Figura 11. Cantidades totales de evaporación en la provincia de Panamá

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 11 detalló una tendencia general hacia la disminución, con una oscilación irregular entre el 2002 y 2008; con las menores cantidades en septiembre (62.8 mm) y octubre (55.3 mm) del 2002; octubre (57.1 mm) y noviembre (76.0 mm) del 2003; mayo (78.4 mm), julio (54.9 mm) y agosto (71.6 mm) del 2004; octubre (72.1 mm) del 2005; noviembre (74.5 mm) del 2006; mayo (74.1 mm), octubre (64.9 mm) y noviembre (63.0 mm) del 2007; y mayo (60.4 mm), junio (42.8 mm), julio (44.3 mm), agosto (52.7 mm), septiembre (58.5 mm), octubre (56.9 mm), noviembre (44.5 mm) y diciembre (60.4 mm); y las mayores en marzo (205.9 mm) del 2002; marzo (192.9 mm) del 2003; febrero (224.0 mm), marzo (195.0 mm) del 2004; enero (148.0 mm), febrero (149.0 mm) y marzo (148.0 mm) del 2005; febrero (147.7 mm) y marzo (158.0 mm) del 2006; enero (159.1 mm), febrero (186.0 mm), marzo (177.8 mm) y diciembre (98.6 mm) del 2007; y marzo (91.0 mm) del 2008, respectivamente. Con disminuciones en mayo, julio, septiembre, octubre y noviembre; e incrementos en enero, febrero y marzo. Exhibiendo alta evaporación en los meses secos, y baja en los lluviosos. Además, todos los meses del 2008 mostraron gran reducción de la evaporación por injerencia de un evento climático. Con una media de 105.41 mm, y 181.2 mm de rango. En el 2008, ocurrió el fenómeno La Niña, de enero a junio, y de noviembre a diciembre, registrando abundante pluviosidad en diversas regiones del mundo (Climate Prediction Center, 2024).

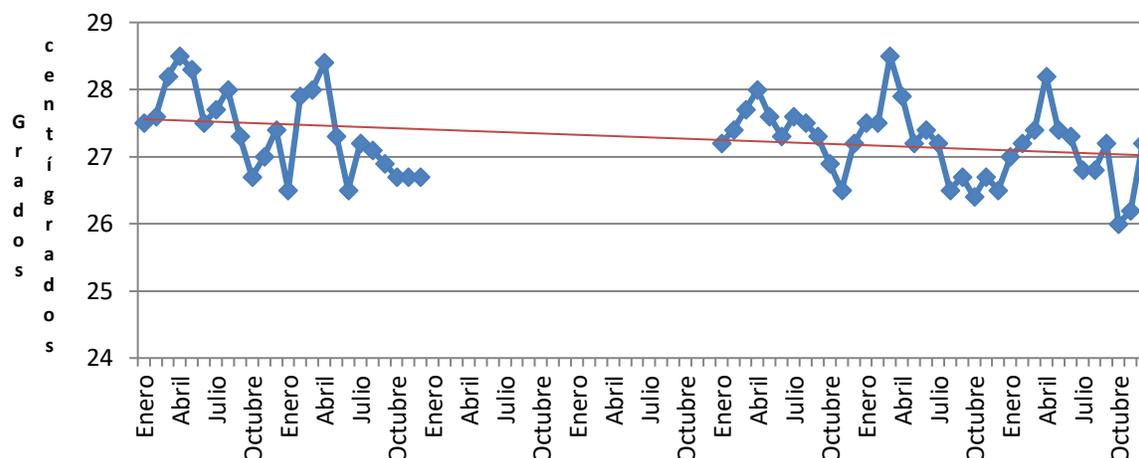


Figura 12. Temperatura media en la provincia de Panamá

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 12 manifestó una tendencia general hacia el decrecimiento entre el 2002 y 2008; con movimientos irregulares. Las menores temperaturas medias se presentaron en octubre (26.7 °C) del 2003; enero (26.5 °C), junio (26.5 °C), octubre (26.7 °C), noviembre (26.7 °C) y diciembre (26.7 °C) del 2003; noviembre (26.5 °C) del 2006; agosto (26.5 °C), septiembre (26.7 °C), octubre (26.4 °C), noviembre (26.7 °C) y diciembre (26.5 °C) del 2007; y octubre (26.0 °C) y noviembre (26.2 °C) del 2008; y las mayores, en abril (28.5 °C) y mayo (28.3 °C) del 2002; abril (28.4 °C) del 2003; marzo (28.5 °C) del 2007; y abril (28.2 °C) del 2008, respectivamente. Con un límite superior de 28.5 °C, e inferior, de 26.0 °C, resultando un rango de 2.5 °C. Detallando disminuciones en octubre y noviembre; e incrementos en abril. Por lo cual, las temperaturas medias están relacionadas con la estacionalidad de la vertiente del océano Pacífico. El régimen de temperaturas en el país, oscila entre 23°C y 27°C, tanto el litoral del mar Caribe, como en la costa del océano Pacífico, con una amplitud de 4°C (Ministerio de Ambiente, 2018).

Objetivo específico 2: describir las interrelaciones de los elementos del clima.

Tabla 1. Prueba de normalidad para el brillo solar, la humedad relativa y la evaporación en la provincia de Bocas del Toro empleando Kolmogorov-Smirnov

Muestras	Estadístico	Grados de libertad (gl)	Significancia (p-valor)
Brillo solar	0.071	84	0.200
Humedad relativa	0.109	84	0.015
Evaporación	0.124	84	0.003

Nota. Adaptado con el software IBM SPSS Statistics 22.

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula (H₀): los datos de la muestra siguen una distribución normal (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa (H_a): los datos de la muestra no siguen una distribución normal (p-valor < 0.05).

Por consiguiente, la prueba Kolmogorov-Smirnov muestra que el p-valor corresponden a 0.200, del brillo solar; es mayor que 0.05, indicando aceptación de hipótesis nula, y en consecuencia, hay una distribución normal; mientras que la muestra de la humedad relativa, presenta un p-valor menor que 0.05, o sea, 0.015, señalando aceptación de la hipótesis alternativa, y en consecuencia, no se sigue una distribución normal; y la muestra de la evaporación manifiesta un p-valor menor que 0.05, es decir, 0.003; significando que no hay distribución normal. Por lo cual, se utilizó el test no paramétrico de correlación de Spearman. El coeficiente de correlación de Spearman se emplea en datos con distribución no normal (Mondragón Barrera, 2014).

Tabla 2. Prueba de normalidad para el brillo solar y temperatura media en la provincia de Bocas del Toro empleando Shapiro-Wilk

Muestras	Estadístico	Grados de libertad (gl)	Significancia (p-valor)
Brillo solar	0.962	36	0.243
Temperatura media	0.913	36	0.008

Nota. Adaptado con el software IBM SPSS Statistics 22.

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula (Ho): los datos de la muestra siguen una distribución normal (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa (Ha): los datos de la muestra no siguen una distribución normal (p-valor < 0.05).

Por consiguiente, la prueba Shapiro-Wilk señala que el p-valor corresponden a 0.243, del brillo solar; o sea, que es mayor que 0.05, indicando aceptación de hipótesis nula, y en consecuencia, hay una distribución normal; mientras que la muestra de la temperatura media, presenta un p-valor menor que 0.05, o sea, 0.008, indicando aceptación de la hipótesis alternativa, y en consecuencia, no hay una distribución normal; por lo tanto, se utilizó el test no paramétrico de correlación de Spearman.

Tabla 3. Prueba de Spearman para el brillo solar, la humedad relativa y la evaporación en la provincia de Bocas del Toro

			Brillo solar- Bocas del Toro	Humedad relativa- Bocas del Toro	Evaporación- Bocas del Toro
Rho de Spearman	Brillo solar- Bocas del Toro	Coefficiente de correlación	1.000	-.158	.625**
		Sig. (bilateral)	.	.150	.000
		N	84	84	84
	Humedad relativa-Bocas del Toro	Coefficiente de correlación	-.158	1.000	-.118
		Sig. (bilateral)	.150	.	.285
		N	84	84	84
	Evaporación- Bocas del Toro	Coefficiente de correlación	.625**	-.118	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.285	.
		N	84	84	84

Nota. **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula: entre las muestras no existe diferencias significativas (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa: entre las muestras existe diferencias significativas (p-valor < 0.05).

Por lo cual, hay correlación (r) positiva considerable (0.625), y p-valor < 0.05, o sea, 0.000; con un nivel de confianza del 99%, y un alfa de 0.01, entre el brillo solar y la evaporación; por el contrario, no hay correlación entre el brillo solar y la humedad relativa (p-valor > 0.05), es decir, 0.150; y por igual, entre la humedad relativa y la evaporación (valor > 0.05), o sea, 0.285. La humedad relativa y la evaporación mostraron una relación inversa (-0.118); y también, el brillo solar y la humedad relativa (-0.158), respectivamente. Para la interpretación de los valores se utilizó la escala modificada por Mondragón Barrera (Mondragón Barrera, 2014); explicada en la tabla 4. El coeficiente de determinación (r^2) es de 0.39, con un 39% de explicación de la variación del brillo solar sobre la evaporación. El porcentaje restante se deben a otros aspectos.

Tabla 4. Escala de valores del coeficiente de correlación de Spearman

Rango	Grado de correlación
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación negativa débil
+0.11 a +0.50	Correlación negativa media
+0.51 a +0.75	Correlación negativa considerable
+0.76 a +0.90	Correlación negativa muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación negativa perfecta

Nota. Mondragón Barrera, M. (2014).

Tabla 5. Prueba de Spearman para el brillo solar y la temperatura media en la provincia de Bocas del Toro

			Temperatura media de Bocas del Toro	Brillo solar de Bocas del oro
Rho de Spearman	Temperatura media de Bocas del Toro	Coefficiente de correlación	1.000	-.006
		Sig. (bilateral)	.	.973
		N	36	36
	Brillo solar de Bocas del oro	Coefficiente de correlación	-.006	1.000
		Sig. (bilateral)	.973	.
		N	36	36

Nota. Por falta de datos, la correlación se realizó entre el 2006 y 2008.

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula: entre las muestras no existe diferencias significativas ($p\text{-valor} > 0.05$).

Hipótesis alternativa: entre las muestras existe diferencias significativas ($p\text{-valor} < 0.05$).

Por consiguiente, entre el brillo solar y la temperatura media no hay correlación ($p\text{-valor} > 0.05$), es decir, 0.973. El brillo solar y la temperatura media exhibieron una relación inversa (-0.006), en la provincia de Bocas del Toro.

Tabla 6. Prueba de normalidad para el brillo solar, la humedad relativa y la evaporación en la provincia de los Santos empleando Kolmogorov-Smirnov

Muestras	Estadístico	Grados de libertad (gl)	Significancia (p-valor)
Brillo solar	0.184	84	0.000
Humedad relativa	0.185	84	0.000
Evaporación	0.198	84	0.000

Nota. Adaptado con el software IBM SPSS Statistics 22.

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula (H_0): los datos de la muestra siguen una distribución normal ($p\text{-valor} > 0.05$).

Hipótesis alternativa (H_a): los datos de la muestra no siguen una distribución normal ($p\text{-valor} < 0.05$).

Por consiguiente, la prueba Kolmogorov-Smirnov muestra que el p-valor correspondiente al brillo solar, la humedad relativa y la evaporación, es menor que 0.05 (0.000); manifestando la aceptación de la hipótesis alternativa, y, en consecuencia, no existe distribución normal. Conduciendo al uso del test no paramétrico de correlación de Spearman.

Tabla 7. Prueba de normalidad para el brillo solar y temperatura media en la provincia de Los Santos empleando Shapiro-Wilk

Muestras	Estadístico	Grados de libertad (gl)	Significancia (p-valor)
Brillo solar	0.882	36	0.001
Temperatura media	0.954	36	0.144

Nota. Adaptado con el software IBM SPSS Statistics 22.

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula (H₀): los datos de la muestra siguen una distribución normal (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa (H_a): los datos de la muestra no siguen una distribución normal (p-valor < 0.05).

Por consiguiente, la prueba Shapiro-Wilk señala que el p-valor correspondiente al brillo solar es 0.001; y menor que 0.05, indicando aceptación de hipótesis alternativa, y en consecuencia, no existe una distribución normal; mientras que la muestra de la temperatura media, presenta un p-valor mayor que 0.05, o sea, 0.144, conllevando la aceptación de la hipótesis nula, y en consecuencia, hay distribución normal; por lo tanto, se utilizó el test no paramétrico de correlación de Spearman.

Tabla 8. Prueba de Spearman para el brillo solar, la humedad relativa y la evaporación en la provincia de Los Santos

			Brillo solar- Los Santos	Evaporación de Los Santos	Humedad relativa de Los Santos
Rho de Spearman	Brillo solar-Los Santos	Coefficiente de correlación	1.000	.803**	-.812**
		Sig. (bilateral)	.	.000	.000
		N	84	84	84
	Evaporación de Los Santos	Coefficiente de correlación	.803**	1.000	-.862**
		Sig. (bilateral)	.000	.	.000
		N	84	84	84
	Humedad relativa de Los Santos	Coefficiente de correlación	-.812**	-.862**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.
		N	84	84	84

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula: entre las muestras no existe diferencias significativas (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa: entre las muestras existe diferencias significativas (p-valor < 0.05).

En consecuencia, existe correlación con un nivel de confianza del 99%, y un alfa de 0.01, entre: el brillo solar y la evaporación (p-valor < 0.05), a saber, 0.000; con una correlación positiva muy fuerte (0.803); el brillo solar y la humedad relativa (p-valor < 0.05), es decir, 0.000; con una correlación negativa muy fuerte (-0.812); y evaporación y humedad relativa (p-valor > 0.05), o sea, 0.000; con una correlación negativa muy fuerte (-0.862), respectivamente. Las contribuciones de una variable sobre otra, en porcentaje, son las siguientes: $r^2 = 0.6448$, y 64.48% entre el brillo solar y la evaporación; $r^2 = 0.6593$, y 65.93%, entre el brillo solar y la humedad relativa; y $r^2 = 0.7430$, y 74.30%, entre la evaporación y la humedad relativa. Los porcentajes restantes se deben a otros factores.

Tabla 9. Prueba de Spearman para el brillo solar y la temperatura media en la provincia de Los Santos

			Brillo solar en Los Santos	Temperatura media en Los Santos
Rho de Spearman	Brillo solar en Los Santos	Coefficiente de correlación	1.000	.647**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	36	36
	Temperatura media en Los Santos	Coefficiente de correlación	.647**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	36	36

***. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula: entre las muestras no existe diferencias significativas (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa: entre las muestras existe diferencias significativas (p-valor < 0.05).

Por lo cual, hay correlación con un nivel de confianza del 99%, y un alfa de 0.01, entre el brillo solar y la temperatura media (p-valor < 0.05), a saber, 0.000; con una correlación positiva considerable (0.647). El coeficiente de determinación (r^2) es de 0.4186, con un 41.86% de explicación de la variación del brillo solar sobre la temperatura media. El porcentaje restante se deben a otros elementos.

Tabla 10. Prueba de normalidad para el brillo solar, la humedad relativa y la evaporación en la provincia de Panamá empleando Kolmogorov-Smirnov

Muestras	Estadístico	Grados de libertad (gl)	Significancia (p-valor)
Brillo solar	0.158	84	0.000
Humedad relativa	0.170	84	0.000
Evaporación	0.165	84	0.000

Nota. Adaptado con el software IBM SPSS Statistics 22.

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula (Ho): los datos de la muestra siguen una distribución normal (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa (Ha): los datos de la muestra no siguen una distribución normal (p-valor < 0.05).

Por consiguiente, la prueba Kolmogorov-Smirnov define que el p-valor corresponde al brillo solar, la humedad relativa y la evaporación, es menor que 0.05 (0.000); conllevando la aceptación de la hipótesis alternativa, y en consecuencia, no existe distribución normal. Conduciendo al uso del test no paramétrico de correlación de Spearman.

Tabla 11. Prueba de normalidad para el brillo solar y temperatura media en la provincia de Los Santos empleando Shapiro-Wilk

Muestras	Estadístico	Grados de libertad (gl)	Significancia (p-valor)
Brillo solar	0.925	36	0.018
Temperatura media	0.977	36	0.630

Nota. Adaptado con el software IBM SPSS Statistics 22.

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula (Ho): los datos de la muestra siguen una distribución normal (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa (Ha): los datos de la muestra no siguen una distribución normal (p-valor < 0.05).

Por ende, la prueba Shapiro-Wilk señala que el p-valor referido al brillo solar es 0.018; o sea, menor que 0.05, indicando aceptación de hipótesis alternativa, y en consecuencia, no existe una distribución normal; mientras que la muestra de la temperatura media, detalla un p-valor mayor que 0.05, o sea, 0.630, conllevando la aceptación de la hipótesis nula, y por tal razón, hay distribución normal; significando, la utilización del test no paramétrico de correlación de Spearman.

Tabla 12. Prueba de Spearman para el brillo solar, la humedad relativa y la evaporación en la provincia de Panamá

			Brillo solar en Panamá	Humedad relativa en Panamá	Evaporación en Panamá
Rho de Spearman	Brillo solar en Panamá	Coefficiente de correlación	1.000	-.673**	.699**
		Sig. (bilateral)	.	.000	.000
		N	84	84	84
	Humedad relativa en Panamá	Coefficiente de correlación	-.673**	1.000	-.605**
		Sig. (bilateral)	.000	.	.000
		N	84	84	84
	Evaporación en Panamá	Coefficiente de correlación	.699**	-.605**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.
		N	84	84	84

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula: entre las muestras no existe diferencias significativas (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa: entre las muestras existe diferencias significativas (p-valor < 0.05).

En consecuencia, existe correlación con un nivel de confianza del 99%, y un alfa de 0.01, entre: el brillo solar y la evaporación (p-valor < 0.05), a saber, 0.000; con una correlación positiva considerable (0.699); el brillo solar y la humedad relativa (p-valor < 0.05), es decir, 0.000; con una correlación negativa considerable (-0.673); y evaporación y humedad relativa (p-valor > 0.05), o sea, 0.000; con una correlación negativa considerable (-0.605), respectivamente. Las contribuciones de una variable sobre otra, en porcentaje, son las siguientes: $r^2 = 0.4886$, y 48.86% entre el brillo solar y la evaporación; $r^2 = 0.4529$, y 45.29%, entre el brillo solar y la humedad relativa; y $r^2 = 0.3660$, y 36.60%, entre la evaporación y la humedad relativa. Los porcentajes restantes se deben a otros factores.

Tabla 13. Prueba de Spearman para el brillo solar y la temperatura media en la provincia de Panamá

		Brillo solar en Panamá	Temperatura media en Panamá
Rho de Spearman	Brillo solar en Panamá	Coefficiente de correlación	1.000
		Sig. (bilateral)	.
		N	36
	Temperatura media en Panamá	Coefficiente de correlación	.403*
		Sig. (bilateral)	.015
		N	36

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

El contraste de las hipótesis estadísticas es el siguiente:

Hipótesis nula: entre las muestras no existe diferencias significativas (p-valor > 0.05).

Hipótesis alternativa: entre las muestras existe diferencias significativas (p-valor < 0.05).

Por lo cual, hay correlación con un nivel de confianza del 95%, y un alfa de 0.05, entre el brillo solar y la temperatura media (p-valor < 0.05), a saber, 0.015; con una correlación positiva media (0.403), respectivamente. El coeficiente de determinación (r^2) es de 0.1624, con un 16.24% de explicación de la variación del brillo solar sobre la temperatura media. El porcentaje restante se deben a otros elementos.

Objetivo específico 3: presentar tendencias climáticas.

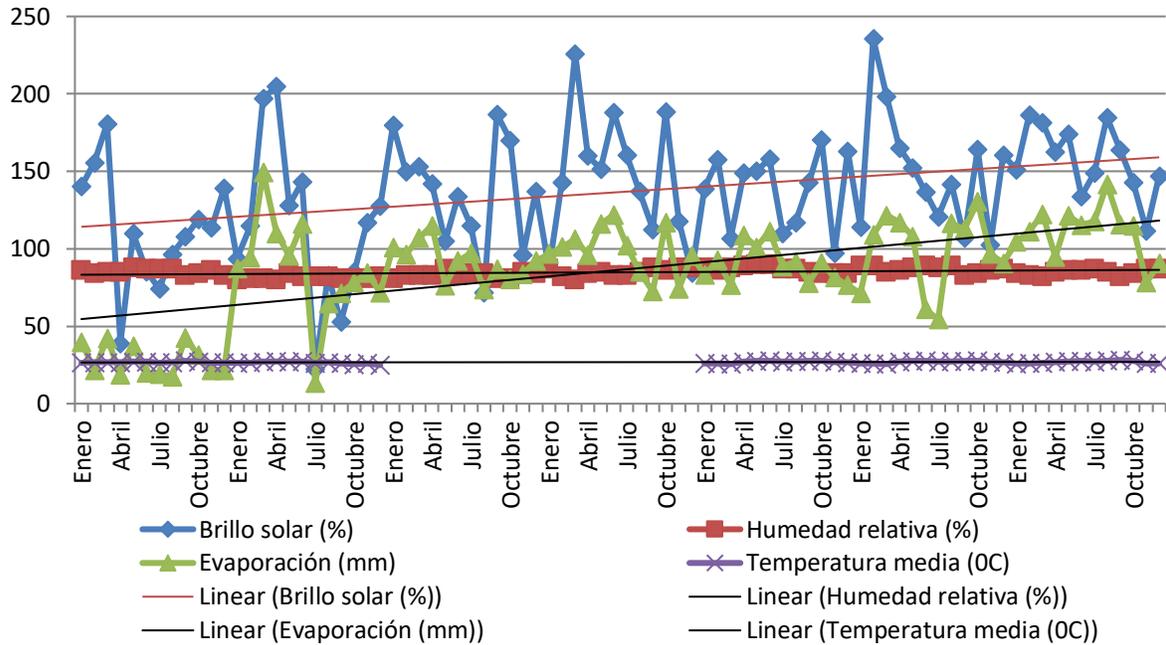


Figura 13. Cantidades totales de brillo solar, humedad relativa, evaporación y temperatura media en la provincia de Bocas del Toro

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

En la figura 13, se evidenció que el brillo solar, la evaporación, la humedad relativa y la temperatura media, mostraron una tendencia hacia el alza. Con mayor tendencia en el brillo solar y la evaporación, y menor, en la humedad relativa y temperatura media. Con los mayores valores en el brillo solar y la evaporación, y los menores, en la humedad relativa y la temperatura media. El brillo solar y la evaporación presentaron una relación directa, es decir, al incrementarse el brillo solar; también, aumenta la evaporación, y viceversa. Exponiendo afectaciones por ciclos climáticos que provocaron días secos y lluviosos, normales y anormales; y modificaciones en la nubosidad, que alteraron el sistema climático de Bocas del Toro. En la costa del mar Caribe existe un régimen lluvioso durante todo el año, creando disminución de las temperaturas y mucha humedad (Autoridad Nacional del Ambiente, 2000). Además, el escenario A2 (desigual económica, social y tecnológico) establecido por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en su informe sobre Escenarios de Emisiones (IEEE), indica cambios extremos de temperatura y precipitación en el litoral del mar Caribe, en Panamá, hacia el 2020 (Autoridad Nacional del Ambiente, 2014).

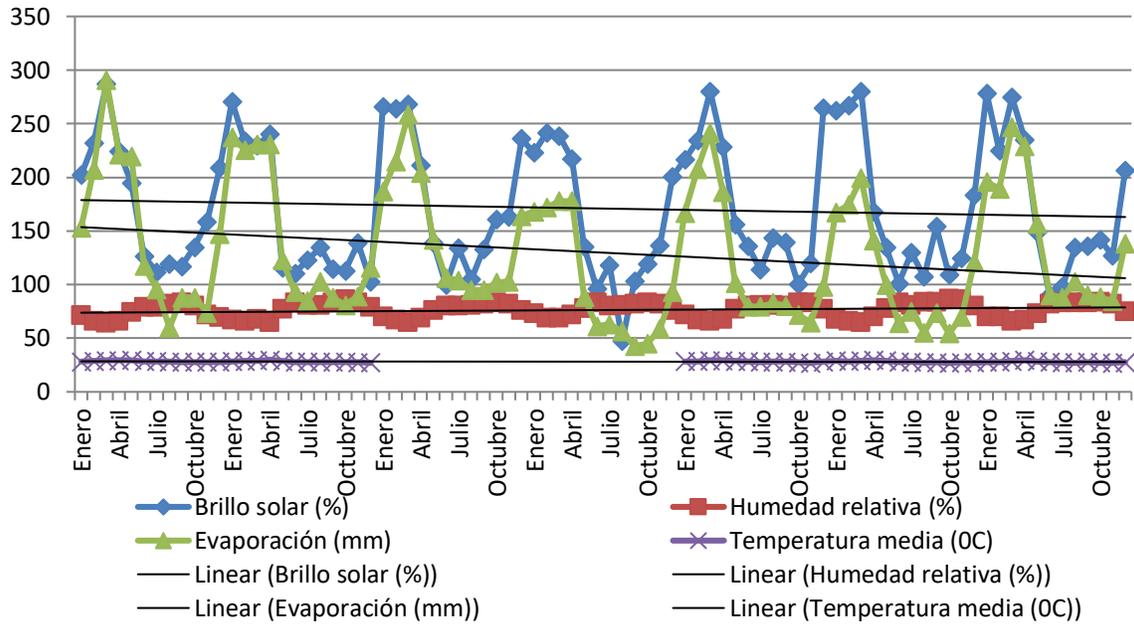


Figura 14. Cantidades totales de brillo solar, humedad relativa, evaporación y temperatura media, en la provincia de Los Santos

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

La figura 14 manifestó que el brillo solar, la evaporación y la temperatura media detallan una tendencia hacia la reducción, mientras que la humedad relativa hacia el alza; con los mayores valores en el brillo solar y la evaporación, y los menores, en la humedad relativa y la temperatura media. Con mayor inestabilidad en el brillo solar, la evaporación y la temperatura media, y menor en la humedad relativa. El brillo solar y la evaporación definen oscilaciones en una relación directa, o sea, al aumentar el brillo solar, también, lo hace la evaporación, y viceversa. Por consiguiente, la estacionalidad, con meses secos y lluviosos está condicionando los niveles del brillo solar, la evaporación, la humedad relativa y temperatura media. Existe la posibilidad que la temperatura aumente en 2°C, en Centroamérica y Panamá (Ministerio de Ambiente, 2019). Sumado a lo anterior, el Monitor de Vulnerabilidad Climática, clasificó a Panamá con un nivel moderado, en el 2010; y severo, para el 2030; significando de menores a mayores impactos del clima (Bárcena, et al., 2020).

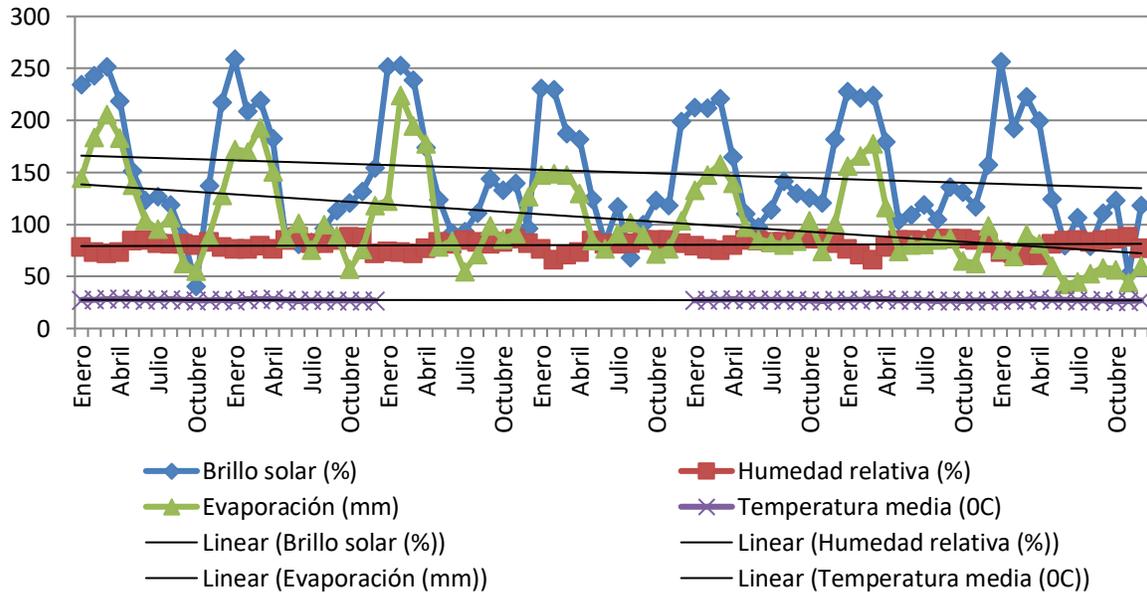


Figura 15. Cantidades totales de brillo solar, humedad relativa, evaporación y temperatura media, en la provincia de Panamá

Nota. Adaptado con el software Microsoft Excel.

En la figura 15, el brillo solar, la evaporación y la temperatura media presentaron una tendencia hacia la disminución, mientras que la humedad relativa muestra una tendencia muy leve hacia el alza; con los mayores valores en el brillo solar y la evaporación; y los menores, en la humedad relativa y la temperatura media. Con más inestabilidad en el brillo solar, la evaporación y la temperatura media, menor en la humedad relativa. El brillo solar y la evaporación mantienen una relación directa, o sea, al aumentar o reducirse el brillo solar, la evaporación responde de igual forma. Debido al efecto de los períodos secos y lluviosos; lo cual, es perturbado por episodios climáticos externos. En el siglo XXI, los episodios El Niño, se incrementarán, afectando diversos países del mundo (Ministerio de Ambiente, 2019). Además, los huracanes seguirán afectando las regiones del mar Caribe, América del norte y Centroamérica (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla, 2007).

Conclusiones

En la provincia de Bocas del Toro, el brillo solar se redujo en abril y julio; y aumento en febrero, marzo y abril. La humedad relativa mostró reducciones extremas en enero (80%) y abril (80%) en el 2003; y en marzo (80%) en el 2005; e incrementos atípicos en mayo (90%) y junio (90%) del 2006. En el 2003 se presentó baja humedad relativa en todos los meses (80-82%), a excepción de mayo (84%). Las menores temperaturas medias sucedieron en enero, febrero y marzo; y las mayores, en mayo, junio, agosto, septiembre y octubre; debido a cambios en su sistema climático por tormentas, huracanes, el cambio climático, modificaciones en la zona de convergencia intertropical, y los fenómenos El Niño y La Niña.

En la evaporación se presentaron dos fases, la primera, abarco todos los meses del 2002, con un decrecimiento fuerte; y la segunda, entre el 2003 y 2008, con un incremento; con el 2003 como año de cambio entre las dos fases; debido a un impacto climático creado por el fenómeno El Niño, que generó mucha pluviosidad en la costa del mar Caribe.

La provincia de Bocas del Toro mostró correlación positiva considerable entre el brillo solar y la evaporación; y correlación nula entre: el brillo solar y la humedad el brillo solar y la temperatura media; y la evaporación y la humedad relativa. Por causa de una resiliencia climática.

En la provincia de Los Santos, brillo solar disminuyó en junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre; y aumento en enero, febrero y marzo. La humedad relativa bajo en enero, febrero y marzo; y se incrementó en junio, julio, agosto, septiembre y noviembre. En la evaporación, los valores más bajos sucedieron en junio,

agosto y noviembre; y el más alto, en marzo. Y en la temperatura media, los decrecimientos fueron en noviembre y diciembre; y las mayores, en abril; por efecto de las épocas secas y lluviosas.

La provincia de Los Santos expuso una correlación positiva muy fuerte entre el brillo solar y la evaporación; negativa muy fuerte entre el brillo solar y la humedad relativa; negativa muy fuerte entre la evaporación y la humedad relativa; y positiva considerable entre el brillo solar y la temperatura media. Debido a las características del clima (meses secos y lluviosos) en el litoral Pacífico.

En la provincia de Panamá, el brillo solar mostró mayor frecuencia de reducciones en junio y agosto; y aumentos, en enero, febrero y marzo. La humedad relativa comprendió decrecimientos más frecuentes en febrero y marzo; e incrementos, en septiembre, octubre y noviembre. La evaporación disminuyó en mayo, julio, septiembre, octubre y noviembre; y alzas en enero, febrero y marzo. Además, todos los meses del 2008 mostraron gran reducción de la evaporación por alteración de un evento La Niña. Y la temperatura media indicó las mayores frecuencias de disminuciones en octubre y noviembre; e incrementos en abril; por efecto de la estacionalidad, los fenómenos El Niño y La Niña, tormentas y huracanes.

La provincia de Panamá expuso una correlación positiva considerable entre el brillo solar y la evaporación; correlación negativa considerable entre la evaporación y humedad relativa; correlación negativa considerable entre la evaporación y la humedad relativa; y correlación positiva media entre el brillo solar y la temperatura media. Debido a la estacionalidad, con las fases secas y lluviosas.

Los valores mayores y menores de la temperatura media en las provincias fueron los siguientes: Bocas del Toro: 28.2 °C y 24.9 °C, resultando un rango de 3.3 °C; Los Santos: 29.9 °C y 26.9 °C, con una amplitud de 3.0 °C; y Panamá: 28.5 °C y 26.0 °C, resultando un rango de 2.5 °C. Originados por el cambio climático.

En las provincias de Los Santos y Panamá, los niveles de brillo solar, humedad relativa, evaporación y temperatura media, fueron condicionados por las épocas seca y lluviosa, los episodios El Niño y La Niña, tormentas, huracanes, el cambio climático, y demás eventos climáticos.

La provincia de Bocas del Toro es susceptible a impactos climáticos por los ciclos de la zona de convergencia intertropical, los fenómenos El Niño y La Niña, tormentas, huracanes, el cambio climático y otros eventos del clima. Con tendencia a mucha pluviosidad e inundaciones.

La provincia de Los Santos es susceptible a impactos climáticos generados por el cambio climático, los fenómenos El Niño y La Niña, tormentas, huracanes y otros ciclos climáticos, con tendencias a más secas y menos inundaciones.

La provincia de Panamá es vulnerable a impactos climáticos causados por los fenómenos El Niño y La Niña, el cambio climático, tormentas, huracanes y otros eventos climáticos con tendencias tanto a secas y como a inundaciones.

El sistema climático de la provincia de Bocas del Toro es distinto al sistema climático de las provincias de Los Santos y Panamá, por ubicarse el primero en la costa del mar Caribe, es decir, con menos diferencia entre las épocas secas y lluviosas; y el segundo, en la vertiente del océano Pacífico, o sea, con más diferencia entre las fases secas y lluviosas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al comité de biótica por las recomendaciones realizadas en búsqueda de la mejora de esta investigación. Agradecemos a la Universidad Católica Santa María La Antigua por la financiación de la investigación al proyecto SRUI-CPEI-ID-2022-2023-016, de la Convocatoria para Estímulo a la Investigación 2022-2023.

Referencias

- Acuña, D, y Robles, D. (2015). *Manual de meteorología y de gestión de la información climática. Proyecto “asegurando el Agua y los Medios de Vida en la Montaña”*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00N1N1.pdf
- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W. y Alatorre, J. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y El Caribe. ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45677/S1900711_es.pdf
- Andrades-Rodríguez, M. y Muñoz-León, C. (2012). *Fundamentos de climatología*. <file:///C:/Users/ELVIA%20VASQUEZ/Downloads/DialnetFundamentosDeClimatologia-267903.pdf>
- Autoridad Nacional del Ambiente (2014). *Geo Panamá 2014: Informe del estado del ambiente*. <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/8024/informe%20geo%20panama%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2000). *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. <https://www.cac.int/sites/default/files/combinepdf.pdf>
- Ayllón, T. (2003). *Elementos de meteorología y Climatología*. Editorial Trillas, S. A.
- Climate Prediction Center. (2024). *Cold & Warm Episodes by Season*. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Contraloría General de la República de Panamá. (2006). *Estadística panameña. Situación física: meteorología*.
- Conde-Álvarez, C. y Saldaña-Zorrilla, S. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Revista Ambiente y Desarrollo* 23 (2): 23–30. [https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/C.C_en_America_Latina_y_el_Caribe_Impactos_vulnerabilidad_y_adaptacion_\(Cecilia_Conde_y_Sergio_Saldana\).pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/C.C_en_America_Latina_y_el_Caribe_Impactos_vulnerabilidad_y_adaptacion_(Cecilia_Conde_y_Sergio_Saldana).pdf)
- Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. (2004). *El Fenómeno de El Niño*. <https://www.imhpa.gob.pa/uploads/documentos/ninoynina.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de Síntesis*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Batista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial: Mc Graw-Hill.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *El proyecto de investigación. Comprensión holística de la metodología y la investigación*. Ediciones Quirón.
- Mondragón Barrera, M. (2014). Uso de la Correlación de Spearman en un estudio de intervención en Fisioterapia. *Movimiento Científico*, vol. (8) 1: 98-104. <https://revmovimientocientifico.iberu.edu.co/article/view/mct.08111/645>
- Ministerio de Ambiente. (2019). *Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático. Panamá*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Tercera%20Comunicacion%20Nacional%20Panama.pdf>
- Ministerio de Ambiente. (2019). *Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050*. [file:///C:/Users/ELVIA%20VASQUEZ/Downloads/EstrategiaNacionalCambioClimatico2050%20\(15\).pdf](file:///C:/Users/ELVIA%20VASQUEZ/Downloads/EstrategiaNacionalCambioClimatico2050%20(15).pdf)
- Ministerio de Ambiente. (2018). *Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático Panamá*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Tercera%20Comunicacion%20Nacional%20Panama.pdf>
- Sarochar, H. (s. f.). *Introducción a la meteorología general*. http://fcaglp.unlp.edu.ar/~extension/curso_meteorologia/Introduccion_a_la_Meteorologia_I.pdf