

Artículo científico

Sequía meteorológica en el corredor seco hondureño y su relación con el fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur

Estéfana Michelle Velásquez López

Ingeniera Civil; M.Sc. Hidrología, ERIS, USAC, Guatemala

Dirección para recibir correspondencia: estefana.velasquez@gmail.com

Recibido: 13/10/2017 Aprobado: 24/11/2017

Resumen

Esta investigación tuvo como fin establecer una relación entre los períodos de sequía meteorológica en el corredor seco hondureño y los eventos de El Niño de las últimas cinco décadas, para pronosticar futuros períodos de sequía. Para ello se hizo una revisión y selección de las series de datos de lluvia mensual de 13 estaciones pluviométricas disponibles en el área de estudio. Posteriormente, se utilizó el método de índice normalizado de precipitación (SPI) y se obtuvieron los eventos de sequía mensuales para 16 años en los cuales se asumió que el régimen de lluvia se vio afectado debido a un evento de El Niño, entre mayo de 1972 y abril de 2017. Se estableció una relación entre los años en donde se registró un evento de El Niño en el mes de enero y los períodos de sequía que le siguieron en el mismo año. A partir de esta relación se concluye que es 68 % probable que exista un período de sequía en el año, si se pronostica para el mes de enero, un evento de El Niño.

Palabras clave: SPI, lluvia mensual, eventos de sequía, zonas climáticas

Abstract

This research aimed to establish a relation between the periods of meteorological drought in the Honduran dry corridor and the El Niño events of the past five decades, to forecast future periods of drought. For this, a review and selection of the monthly rainfall data series of 13 rainfall stations available in the study area was done. Subsequently, the standardized precipitation index (SPI) method was used and the monthly drought events were obtained for 16 years in which it was assumed that the rainfall regime was affected due to an El Niño event, between May 1972 and April 2017. A relation was established between the years where an El Niño event occurred in January and the drought periods that followed in the same year; from this relation it is concluded that there is 68 % likelihood that there will be a drought period in the year, if an El Niño event is forecast for January.

Keywords: SPI, monthly rainfall, drought events, climate zones

Introducción

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2016), en el área denominada corredor seco hondureño, 460,000 personas están en inseguridad alimentaria, reportándose hasta un 80 % de pérdidas en las cosechas de granos básicos. El conocimiento del régimen de lluvias es muy importante para los agricultores. Lo necesitan para establecer los inicios de las siembras, definir la frecuencia del riego y hacer las previsiones para la época.

En las últimas décadas, en Honduras se han registrado un conjunto de variaciones en el clima que no han sido analizadas de manera científica, de modo que se ha avanzado muy poco en estimar la variabilidad climática que este territorio está experimentando, (Argeñal 2010).

Una de las variaciones más marcadas son los períodos de sequía. Este es uno de los fenómenos climáticos más complejos que afectan a la sociedad y el medio ambiente. Además, el Fenómeno de El Niño/Oscilación del sur (ENOS) influye en el clima de toda la región del Pacífico y, por ende, en el área definida como corredor seco hondureño.

Este estudio buscó establecer una relación entre los eventos de sequía en el corredor seco y los años en los cuales se registró un evento de El Niño, para pronosticar futuros períodos de sequía.

Los eventos de sequía se determinaron utilizando el índice normalizado de precipitación (SPI), ya que requiere únicamente el uso de series históricas de lluvia mensual y ofrece la ventaja de manipular diversas escalas de tiempo, haciendo posible identificar los impactos de la sequía en períodos de corto, mediano y largo plazo (OMM 2012).

El SPI permite identificar y describir convenientemente eventos de sequía, precisando su inicio, intensidad, duración y magnitud. Sumado a esto, la OMM (2012), recomienda a todos los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN) utilizar el SPI para describir las características de las sequías meteorológicas.

Antecedentes

En el año 2014, con la ayuda de la Dirección de Investigación Científica y Postgrado de la Universidad

Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), se llevó a cabo una investigación titulada: "Análisis de la sequía en la subcuenca del río Bonito, mediante el índice de precipitación estandarizado (IPE)", realizado por Veroy, (2014).

Dentro de los objetivos de la investigación estaba determinar el IPE de la subcuenca del río Bonito, en el departamento de Atlántida, al norte de Honduras, para identificar los niveles de sequía, la aplicabilidad del IPE a la zona de estudio y hacer una comparación entre épocas secas y los años donde se presentó un marcado ENOS.

Al final de la investigación, se pudo afirmar que el IPE pudo aplicarse de manera satisfactoria en la subcuenca del río Bonito y en el 60 % de los casos, en los cuales el ENOS se presentó en Honduras, hubo sequías notorias en el área de estudio.

En el 2010, como parte de las consultorías realizadas por el PNUD en Honduras y la Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas (SERNA) para la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional de Honduras dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), se realizó la investigación titulada: Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras, realizado por Argeñal (2010).

En esta investigación se generaron mapas representativos de la variación temporal y espacial de la lluvia y la temperatura en el país en función de las variaciones del ENOS y su impacto en la climatología de la región. Se observó que el ENOS provoca disminución de lluvias durante casi toda la época de lluvia (mayo-octubre), en especial durante los meses de agosto y octubre, el déficit de lluvia fácilmente supera el 60 %.

El Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT-UNAH), ha desarrollado estudios de la sequía a nivel de país, mediante el cálculo de índices de aridez, severidad y SPI, y su relación con el fenómeno de El Niño. Han llegado a dos conclusiones importantes:

- Los resultados obtenidos, al ser comparados con los estudios realizados a nivel internacional, presentan semejanzas en cuanto a la regionalización de la sequía.
- Conforme a las estimaciones realizadas se establece que el fenómeno de la sequía tiene un comportamiento dinámico en el territorio nacional, siendo las zonas más afectadas los municipios

localizados en los departamentos de Comayagua, La Paz, sur de Francisco Morazán, El Paraíso, Choluteca, Valle y la región occidental. En otras palabras, el corredor seco.

También concluyen que investigar y clasificar los índices de sequía en el territorio nacional es tan importante como el estudio mismo de la sequía.

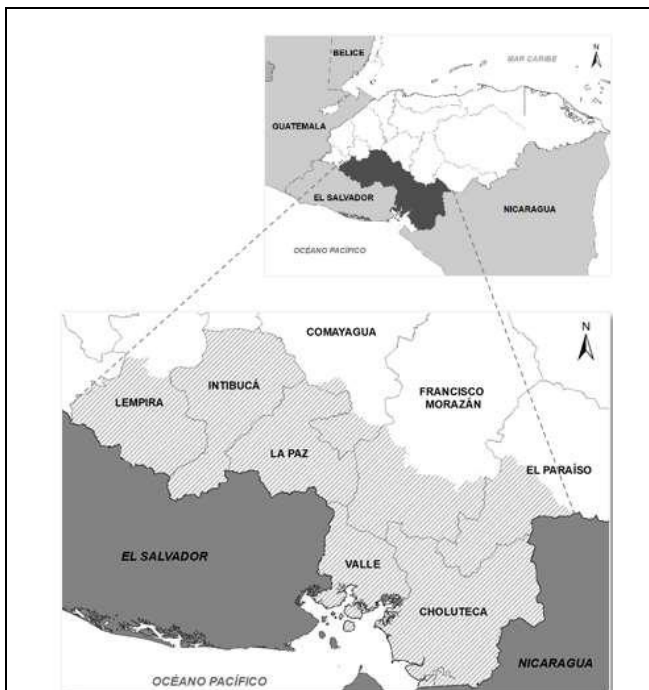
He aquí la importancia de esta investigación, ya que no existe un estudio focalizado en el área del corredor seco previo a este artículo, siendo esta área, la más afectada por la variabilidad climática en el país.

Descripción del área de estudio

En el estudio de caracterización del corredor seco centroamericano, FAO (2012), se define el corredor seco hondureño como el área formada por 137 municipios localizados en los departamentos de Choluteca, El Paraíso, Valle, La Paz, Comayagua, Francisco Morazán, Intibucá y Lempira, ubicados en el centro, sur y occidente del país, como se observa en la figura 1.

El área de estudio es de aproximadamente 19,000 km², un 17 % del territorio nacional.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



El corredor seco hondureño se encuentra ubicado entre 2 zonas geomórficas del país, siendo ellas la planicie costera del Pacífico, localizada en los departamentos de Valle y Choluteca, teniendo un 56 % de su superficie con pendientes entre 0 y 15 %; y la región montañosa, ubicada en los departamentos de Lempira, Intibucá, La Paz, Francisco Morazán, Comayagua y El Paraíso, con un 60 % de su superficie con pendientes entre 15 y 45 %.

En el corredor seco existe una cobertura de bosque del 42 % (787,000 ha), en contraste con el 58 % (1,099,000 ha) de no bosque que abarca las zonas urbanas, cuerpos de agua, áreas agropecuarias y agroforestales, vegetación secundaria, playas y suelo desnudo.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) ha determinado 6 zonas climáticas con base al régimen de lluvia, humedad y temperatura, en la tabla 1, se hace la clasificación del área de estudio en base a esta zonificación.

Tabla 1. Zonas climáticas en el corredor seco.

Zona climática	Temp. máx. media (°C)	Días con lluvia	Lluvia prom. anual (mm)	Deptos. del corredor seco
Central	27	118	1,004	Francisco Morazán El Paraíso Comayagua
Occidental	23	150	1,395	Lempira Intibucá La Paz
Sur	34	102	1,680	Choluteca Valle

Fuente: SMN, 2017.

Metodología

La metodología se basa en determinar la probabilidad de un evento de sequía en un año (enero a diciembre), considerando los registros de eventos de sequía, de los

años en donde se presentó un evento de El Niño en el mes de enero.

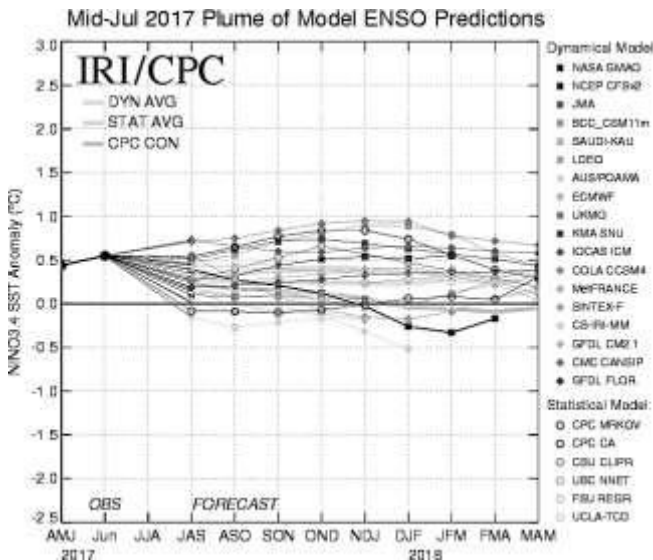
Por ejemplo, de la década de 1970 a 1980, en los años de 1973, 1977 y 1978, se tiene registro de la ocurrencia de un evento de El Niño al inicio de cada año (mes de enero). Se realizó este mismo análisis con los años entre 1980 y 2017. Al final se escogieron 16 años que cumplieran con esta condición inicial.

La finalidad de esta selección de años es utilizar las predicciones de la NOAA de los valores del ENSO para futuros meses de enero (ver figura 2). Y con base a esta predicción, establecer si se presentará un evento de El Niño o no, e indicar cuál es la probabilidad de un evento de sequía en los meses posteriores.

Se utilizó el SPI para determinar los períodos de sequía, su intensidad y duración con base a series de datos de lluvia mensual de 45 años de registro (desde mayo de 1972 hasta abril de 2017), de 13 estaciones pluviométricas ubicadas dentro del área del corredor seco.

En la tabla 2 se listan las estaciones escogidas del área de estudio y su ubicación en coordenadas geográficas.

Figura 2. Pronósticos de las anomalías de la temperatura de la superficie del océano en la región El Niño 3.4



Fuente: NOAA, 2017

Tabla 2. Estaciones escogidas para la investigación

Nombre	Latitud	Longitud	Elev. (msnm)
Alianza (E1)	13°30'55"	87°43'25"	25
El Cedrito (E2)	13°06'05"	87°03'56"	65
Marcovia (E3)	13°17'14"	87°18'46"	10
San Marcos (E4)	13°26'15"	86°48'05"	960
Güinope (E5)	13°53'30"	86°56'15"	1,315
Lepaterique (E6)	14°03'00"	87°27'00"	1,500
Nueva Armenia (E7)	13°45'12"	87°09'52"	600
La Libertad (E8)	13°42'55"	87°30'23"	330
Liure (E9)	13°31'54"	87°05'13"	230
Cololaca (E10)	14°18'20"	88°52'55"	730
Erandique (E11)	14°13'56"	88°28'00"	1,150
Valladolid (E12)	14°09'05"	88°44'05"	1,240
Goascorán (E13)	13°56'30"	87°45'15"	50

Los periodos de sequía se determinaron por medio del índice normalizado de precipitación (SPI). El cálculo del SPI para cualquier localidad se basa en el registro de precipitaciones a largo plazo para un período deseado.

Para el cálculo se pueden describir dos etapas: la primera consiste en ajustar la serie histórica de la precipitación a la distribución teórica Gamma. La segunda etapa en convertir la serie de precipitación ajustada a la distribución Gamma en una distribución normal estandarizada con media 0 y varianza 1, cuyo resultado representa el índice SPI.

El índice representa el número de desviaciones estándar en que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico, representado por el valor cero.

Los valores negativos del SPI representan déficit de lluvia y los positivos asociados a datos de lluvia superiores al promedio histórico.

La función de densidad de probabilidad Gamma está dada por la ecuación 1:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

(Ecuación 1)

Donde:

$f(x, \alpha, \beta)$: es la función de densidad de probabilidad Gamma

x : es la lluvia acumulada mensual expresada en mm

α y β : son los parámetros de escala y de forma de la distribución respectivamente

τ : distribución Gamma

Una vez obtenidas las series de probabilidades Gamma, se estima el valor Z o valor de SPI que le corresponde, en una distribución normal estandarizada con media cero y desviación estándar igual a 1.

Todo este procedimiento se sintetiza utilizando la última versión del programa SPI (SPI_SL_6.exe). Este programa, disponible de forma gratuita en la página del National Drought Mitigation Center de la Universidad de Nebraska, permite determinar el SPI para varias escalas temporales, únicamente ingresando las series de datos de lluvia mensual.

Por medio de este programa se obtuvieron los SPI para una escala temporal de 1 mes de las 13 estaciones de estudio.

Según Mckee (1993), los períodos de sequía tienen lugar siempre que el SPI sea continuamente negativo y alcance una intensidad de -1 o inferior. El período termina cuando el SPI alcanza valores positivos.

La suma positiva del SPI para todos los meses de un episodio de sequía se puede denominar la “magnitud” de la sequía. La magnitud de la sequía dividido entre su duración determina la intensidad del período de sequía.

En la tabla 3 se clasifican los períodos de sequía con base a esta intensidad.

Tabla 3. Clasificación de los períodos de sequía, según su intensidad

SPI	Categoría
0 a -0.99	Sequía Leve
-1 a -1.49	Sequía Moderada
-1.51 -1.99	Sequía Severa
< -2	Sequía Extrema

Fuente: Organización Meteorológica Mundial, 2012.

Resultados

En la tabla 4, se listan los resultados obtenidos, intensidad y duración del evento de sequía, según el SPI en las 4 estaciones ubicadas en la zona climática sur, para los 16 años de estudio. Se identificaron las categorías, SS: sin sequía, L: sequía leve, M: sequía moderada, S: sequía severa y E: sequía extrema, y la duración del evento de sequía en meses.

También, se muestra la intensidad del evento de El Niño en enero de cada año escogido para esta investigación.

Tabla 4. Clasificación de las sequías con base al ENOS, zona climática sur.

Evento	Año	E1	E2	E3	E4
NF	1973	M/2	SS	SS	L/2
ND	1977	L/4	L/8	S/1	L/7
ND	1978	SS	M/1	M/1	L/4
ND	1980	SS	SS	S/1	SS
NMF	1983	SS	L/7	SS	L/3
NM	1987	M/4	L/4	M/2	L/3
NM	1988	SS	SS	L/2	SS
NM	1992	SS	L/4	L/2	S/2
ND	1995	E/1	M/1	SS	M/1
NMF	1998	S/1	SS	L/3	L/3

Evento	Año	E1	E2	E3	E4
NM	2002	SS	SS	M/1	L/2
ND	2004	S/1	M/1	L/2	SS
ND	2006	L/2	M/1	L/1	SS
NM	2010	SS	L/2	E/1	L/3
NMF	2015	L/5	M/8	M/3	S/1
NMF	2016	SS	SS	S/1	S/1

NMF: niño muy fuerte, NF: niño fuerte, NM: niño moderado, ND: niño débil.

En las tablas 5 y 6, se listan los resultados obtenidos, intensidad y duración del evento de sequía, según el SPI en las estaciones ubicadas en la zona climática central y la zona climática occidental respectivamente.

Según el análisis realizado, las estaciones Alianza (E1) y Nueva Armenia (E7), en la mitad de los años de estudio, el SPI mensual no indicó un evento de sequía.

En contraste, en la estación Cololaca (E10), solamente en 2 de los 16 años de estudio, los valores de SPI mensuales no indicaron un evento de sequía.

Tabla 5. Clasificación de las sequías con base al ENOS, zona climática central.

Evento	Año	E5	E6	E7	E8	E9
NF	1973	L/4	L/5	SS	SS	SS
ND	1977	M/4	M/2	L/4	M/4	L/5
ND	1978	SS	M/1	SS	L/6	SS
ND	1980	M/1	SS	SS	E/1	SS
NMF	1983	SS	L/2	M/2	M/2	M/2
NM	1987	L/4	L/6	L/8	L/5	M/3
NM	1988	SS	M/2	SS	SS	L/2

Evento	Año	E5	E6	E7	E8	E9
NM	1992	L/4	SS	M/2	SS	M/2
ND	1995	S/1	M/1	SS	SS	M/1
NMF	1998	L/2	SS	SS	M/1	M/1
NM	2002	L/4	L/6	M/2	M/2	SS
ND	2004	M/7	M/1	SS	SS	M/1
ND	2006	M/3	M/1	SS	SS	SS
NM	2010	L/3	M/3	M/2	SS	M/1
NMF	2015	S/1	L/9	L/3	L/3	M/2
NMF	2016	M/1	L/4	L/3	M/2	SS

NMF: niño muy fuerte, NF: niño fuerte, NM: niño moderado, ND: niño débil.

Tabla 6. Clasificación de las sequías con base al ENOS, zona climática occidental

Evento	Año	E10	E11	E12	E13
NF		M/2	L/2	SS	SS
ND	1977	L/5	E/1	M/3	M/4
ND	1978	M/2	M/1	L/4	SS
ND	1980	M/1	SS	M/1	M/1
NMF	1983	L/6	M/2	SS	S/2
NM	1987	L/4	M/4	M/4	L/4
NM	1988	L/3	SS	SS	SS
NM	1992	L/3	M/1	M/2	SS
ND	1995	SS	SS	L/2	SS

Evento	Año	E10	E11	E12	E13
NMF	1998	M/5	L/6	L/2	L/2
NM	2002	S/1	SS	SS	SS
ND	2004	S/1	M/1	M/1	M/1
ND	2006	SS	L/2	E/1	SS
NM	2010	S/1	M/3	S/1	M/1
NMF	2015	L/4	M/3	L/6	M/5
NMF	2016	L/4	L/4	L/3	M/3

NMF: niño muy fuerte, NF: niño fuerte, NM: niño moderado, ND: niño débil.

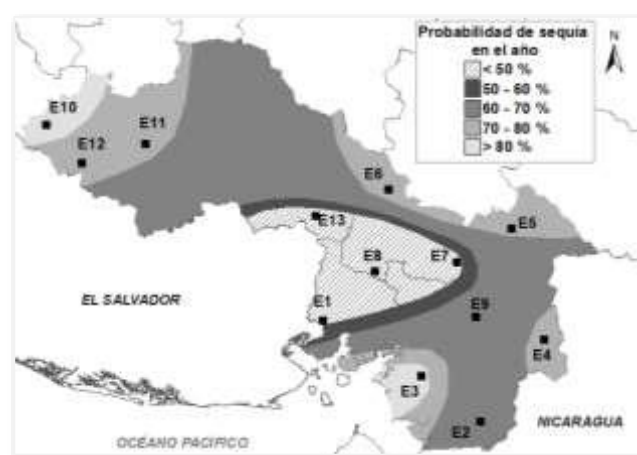
En la tabla 7 se muestra la probabilidad de sequía o no sequía en el área de influencia de las 13 estaciones pluviométricas con base al número de años en donde el SPI mensual calculado, indicó un evento de sequía.

Tabla 7. Probabilidades de ocurrencia de sequía (de cualquier categoría) en las áreas de influencia de cada estación pluviométrica

Estación	Sequía	No sequía
E1	50%	50%
E2	62%	38%
E3	81%	19%
E4	75%	25%
E5	71%	29%
E6	71%	29%
E7	50%	50%
E8	56%	44%
E9	63%	37%

Estación	Sequía	No sequía
E10	88%	12%
E11	75%	25%
E12	75%	25%
E13	56%	44%

Figura 3. Mapa de probabilidades de sequía en el corredor seco.



Discusión de resultados

Si el pronóstico de las anomalías del ENOS de la NOAA, indicara que en enero de 2018 habrá un evento de El Niño, las probabilidades de un periodo de sequía en las áreas de influencia de las 13 estaciones, con base a los eventos de los 16 años en donde existió una anomalía del ENOS durante el mes de enero, variarían entre 50 y 88 % como se muestra en la tabla 7.

En la zona climática occidental, el área de influencia de la estación Cololaca es la más susceptible a periodos de sequía, ya que en 14 de los 16 años (88 %) hubo una sequía entre leve y severa. La duración promedio de los periodos de sequía para la zona es de 2.5 meses.

En la zona climática central, el área de influencia de las estaciones Güinope y Lepaterique son las más susceptibles a periodos de sequía, ya que en 13 de los 16 años (71 %) hubo una sequía entre leve y severa.

La duración promedio de los períodos de sequía para la zona es de 3 meses.

En la zona climática sur, igual que en la zona climática central, son dos las áreas de influencia más susceptibles a períodos de sequía, siendo ellas las estaciones San Marcos y Marcovia, ya que en 13 de los 16 años (71 %) hubo una sequía entre leve y severa. La duración promedio de los períodos de sequía para la zona es de 2.5 meses.

Al considerar los periodos de sequía de las 13 estaciones durante los 16 años de estudio en conjunto, y teniendo un pronóstico de la NOAA de la ocurrencia de un evento de El Niño para enero de un año cualquiera, se puede concluir que:

Para el resto del año (febrero – diciembre) en el corredor seco, la probabilidad de que exista un evento de sequía es de un 68 %, y de acuerdo con su caracterización puede ser una sequía leve el 29 % del tiempo, moderada el 30 %, severa el 7 % o extrema el 2 % del tiempo.

Conclusiones

Se estableció una relación entre los períodos de sequía anuales y el ENOS en el área de estudio, ya que más del 50 % de las veces en donde en enero se registró un evento de El Niño, independientemente de si fuera débil, moderado o fuerte, en los años posteriores el SPI indicó la ocurrencia de un evento de sequía.

La probabilidad de que exista un evento de sequía en el corredor seco hondureño es de un 68 %, cuando el pronóstico de la NOAA indique la ocurrencia de un evento de El Niño para enero de un año cualquiera. Esta sequía puede ser leve el 29 % del tiempo, moderada el 30 %, severa el 7 % o extrema el 2 % del tiempo.

Estas probabilidades se basan en un periodo de registro de 45 años de lluvia mensual en el área, es recomendable realizar una investigación como la desarrollada en este estudio cada 10 años, para contar con una base de datos actualizada y así considerar las variaciones en el régimen de lluvia y las variaciones del ENOS y su influencia en el clima del corredor seco.

También, desarrollar un análisis similar con respecto a la sequía hidrológica, agrícola y edafológica en el área de estudio como complemento a esta investigación, permitirá afinar el modelo y facilitar la toma de decisiones con respecto a las medidas de mitigación

adecuadas para cada zona climática en el corredor seco.

Referencias

- Argeñal, F. J. 2010. Variabilidad climática y cambio climático en Honduras, Honduras.
- Edwards, D. C., y MACKEE, T. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report (97-2)*. 155p.
- FAO. 2012. Estudio de caracterización del corredor seco centroamericano. Tegucigalpa, Honduras: Ideas Litográficas.
- FAO. 2016. Informe de la situación de junio de 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/emergencias/recursos/documentos/recursos-detalle/es/c/422100/>
- ICF. 2015. Atlas Municipal: Forestal y cobertura de la tierra. Comayagüela, Honduras.
- Lardizábal, C. C. 2008. Análisis de la sequía y alternativas de adaptación y mitigación en la subcuenca del río Guacerique, Honduras. Turrialba, Costa Rica.
- Mckee, T. B., doesken, N. J., y kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth conference on applied climatology. Anaheim, California
- NOAA. 2017. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponible en: <http://www.noaa.gov>.
- OMM. 2012. Índice normalizado de precipitación. Guía de usuario N°1090. 5-6p.
- Velásquez, E. 2017. Caracterización de la sequía meteorológica en el corredor seco hondureño y su relación con el fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur. Tesis de maestría, USAC, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.
- Veroy, C. [et al.]. 2014. Análisis de la sequía en la subcuenca del río Bonito mediante el índice de

precipitación estandarizado. Ciencia y Tecnología (14). 25-41p.

Información del autor:

Ingeniera civil, Estéfana Mischelle Velásquez López, graduada en la facultad de ingeniería de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Honduras, 2013. M.Sc. Recursos Hidráulicos opción Hidrología graduada de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), de la Universidad de San Carlos de Guatemala.