

Análisis de la proyección del Índice de Oscilación del Atlántico Norte con la precipitación y temperatura en Nicaragua, mediante un modelo estándar progresivo, que garantice tomas de decisiones en escenarios climatológicos muy críticos

Analysis of the projection of the North Atlantic Oscillation Index with precipitation and temperature in Nicaragua, through a progressive standard model, which guarantees decision-making in very critical weather scenarios.



Recibido: marzo 2022

Aceptado: septiembre 2022

ISSN:2959-9962/ ISSN: 2959-9679

El presente artículo científico, es el resultado de una in. estigación de campo realizada a título personal, con el apoyo para su publicación de la Universidad Americana en el periodo de julio a diciembre del 2022.

Resumen

La importancia que tienen los modelos para el pronóstico de precipitación y temperatura en una región, es sumamente importante, ya que nos permite analizar escenarios desfavorables que puedan perjudicar la agricultura ya sea en época seca como en época de lluvia. Los indicadores se ocupan para la toma de decisiones con el ánimo de minimizar los impactos negativos provocados por el hombre a la naturaleza. Por tal razón se pretende presentar un modelo estándar progresivo por sus siglas en inglés (PSM), que ayude a entender la incidencia del índice atmosférico medido desde la Oscilación del Atlántico Norte, por sus siglas en inglés (NAO) con la variabilidad de la precipitación en Nicaragua. El índice atmosférico NAO, precipitación, y temperatura, marca una tendencia lineal, y polinómicas respectivamente, con una correlación de 0.96, 0.97 y 0.93 para los factores estudiados, en este sentido para los tres parámetros evaluados pueden marcar una tendencia en los próximos 5 años utilizando el método Progressive

Palabras clave: Cambio climático, modelos progresivos, temperatura, precipitación, índice atmosférico.

¹Victor Rogelio Tirado Picado

Email: victornica2001@yahoo.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7907-0006>

Standard Model (PSM). Por tal razón, el aporte de dicha investigación está enfocado a la prospección de escenarios negativos para proponer estrategias que fortalezcan la gestión de riesgo, y ayuden a los tomadores de decisiones a armonizar la variabilidad climática.

Abstract

The importance of the models for the forecast of precipitation and temperature in a region is extremely important, since it allows us to analyze unfavorable scenarios that can harm agriculture, both in the dry season and in the rainy season. The indicators are used for decision-making with the aim of minimizing the negative impacts caused by mankind to nature. For this reason, it is intended to present a progressive standard model (PSM), which helps understand the incidence of the atmospheric index measured from the North Atlantic Oscillation (NAO) with the variability of precipitation in Nicaragua. The NAO atmosphe-

Keywords: Climate change, progressive models, temperature, precipitation, atmospheric index.

¹ Graduado de Doctor de la Atlantic International University, graduado de Master en Gerencia de Proyectos de Desarrollo de la Universidad Nacional de Ingeniería, y graduado de Ingeniero Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería. Ingeniero consultor y académico, actualmente docente de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad Americana, Managua, Nicaragua.

ric index, precipitation, and temperature, marks a linear and polynomials trend respectively, with a correlation of 0.96, 0.97 and 0.93 for the factors studied, in this regard, the three parameters evaluated can mark a trend in the next 5 years using the Progressive Standard Model (PSM) method. For this reason, the contribution of said research is focused on the prospection of negative scenarios to propose strategies that strengthen risk management, and help decision makers to harmonize climate variability.

1. Introducción

La importancia que tienen los modelos para el pronóstico de precipitación y temperatura en una región, es sumamente importante, ya que nos permite analizar escenarios desfavorables que puedan perjudicar la agricultura ya sea en época seca como en época de lluvia. Los indicadores, se ocupan para la toma de decisiones con el ánimo de minimizar los impactos negativos provocados por el hombre a la naturaleza.

A nivel mundial, se localizan modelos de Software, como modelos estadísticos, que determinan la validación del pronóstico y la predicción a partir de datos históricos (Mejía H. & Ruíz M., 2012).

Hay diversos modelos de pronósticos meteorológico como el Numeral Weather Prediction (NWP), considerado un modelo mesoescalar para el estudio del campo del movimiento de los vientos con elevada resolución espacial.

Por otro lado, Ortíz (2019), asegura a través de un modelo de pronóstico con redes neuronales artificiales la variabilidad de la precipitación en el tiempo, comparando los datos de índice atmosférico de Índice Oceánico del Niño (ONI), el Índice de Oscilación del Sur (SOI), el Índice de Oscilación Atlántico Norte (NAO), el Índice Tropical del Atlántico Norte (TNA) y el Índice de Oscilación del Ártico (AO), con la precipitación concurrente en Nicaragua. En ese sentido, con el presente trabajo de investigación, se pretende presentar un modelo estándar

progresivo (PSM), que ayude a entender la incidencia del índice atmosférico medido desde el North Atlantic Oscillation (NAO) con la variabilidad de la precipitación en Nicaragua. Para ello se realiza el análisis de la correlación de datos de North Atlantic Oscillation con datos de precipitación para el corredor seco de Nicaragua, mediante un modelo estándar progresivo como una medida para armonizar el cambio climático y sus efectos. Que diagnostique los datos de índice atmosférico de North Atlantic Oscillation, y los datos de precipitación y temperatura de la estación aeropuerto ubicado en Managua; para la implementación de un progressive standard model (PSM), como propuesta el contexto del objetivo cinco de Desarrollo Sostenible.

2. Diseño Metodológico

Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación, fue diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, puesto que este es el mejor que se adapta a las características y necesidades de la investigación. El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecida previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en un grupo de datos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Del enfoque cuantitativo se tomará la técnica observacional histórica, para describir la predicción progresiva del comportamiento de la precipitación y la temperatura ante la incidencia del índice atmosférico del North Atlantic Oscillation en el corredor seco de Nicaragua, tomando como datos los históricos de precipitación y temperatura de la estación aeropuerto.

Tiempo de Ejecución

Para el desarrollo de la investigación, se contó con una semana para la búsqueda de la información de datos históricos, una semana

de análisis de los datos, y dos semanas para los resultados y redacción del informe final, durante el periodo de septiembre a octubre del 2021.

Técnica y Métodos de Recolección de Datos

Fuentes primarias

Website:

<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/nao/values.htm>

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

Fuentes Secundarias

Archivos bibliográficos de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Archivos bibliográficos de la Autoridad Nacional del Agua.

Universo

Los datos del índice atmosférico correspondiente a la North Atlantic Oscillation, y los datos de precipitación y temperatura correspondiente a la estación aeropuerto de Managua, Nicaragua, en el periodo de 2011 al 2021.

Muestra

Datos históricos de los últimos diez años, tanto para el índice atmosférico como para la precipitación y temperatura.

Criterio de Inclusión

Se incluyen únicamente datos de índice atmosférico que pertenecen a la North Atlantic Oscillation (NAO), y datos de precipitación y temperatura que pertenecen a la estación aeropuerto de Managua, Nicaragua.

Criterio de Exclusión

Se excluyen aquellos datos de índice atmosférico que no pertenecen a la North Atlantic Oscillation, de igual manera se excluyen los datos de precipitación y temperatura que no pertenecen a la estación aeropuerto de Managua, Nicaragua.

3. Aspectos Teóricos

La Oscilación del Atlántico Norte (NAO) es el modo dominante de la variabilidad del clima invernal en la región del Atlántico Norte. La NAO es una oscilación de la masa atmosférica entre el alta subtropical y la baja polar. Su estado condiciona en gran parte la variabilidad invernal de muchas regiones, en especial de Europa del Norte. La fase de la NAO viene dada por el signo del índice de la NAO, que se define más abajo (NAO, 2022).

La NAO (2022) describe que:

“En la fase positiva de la NAO hay una intensificación en la alta subtropical y de la baja polar. Este aumento en la diferencia de presión da lugar a un aumento en el número e intensidad de las tormentas invernales, que, con dirección nordeste, cruzan el Océano Atlántico. “Esto da lugar a inviernos calientes y húmedos en el norte de Europa y a inviernos fríos y secos en Canadá y el norte de Groenlandia. El este de los E.E.U.U. experimenta condiciones suaves y húmedas en invierno. En gran parte de la península Ibérica disminuye la precipitación invernal”. (NAO, 2022),

Asi mismo, la NAO describe acerca de la fase negativa, cito:

“En la fase negativa, el alta subtropical y la baja islándica se atenúan. El gradiente reducido de la presión da lugar a una disminución de las tormentas en número e intensidad. La trayectoria de las tormentas se desplaza además hacia el sur. Este aire húmedo desplazado hacia mediterráneo trae al sur de Europa un aumento de la precipitación, y frío a la Europa del norte. La costa del este de los E.E.U.U. experimenta entradas de un aire más frío y por lo tanto más nevadas. En Groenlandia, sin embargo, las temperaturas serán más suaves del invierno”. (NAO,2022)

Ver gráfico 1, el comportamiento del índice atmosférico de la NAO, suavizado a tres meses:

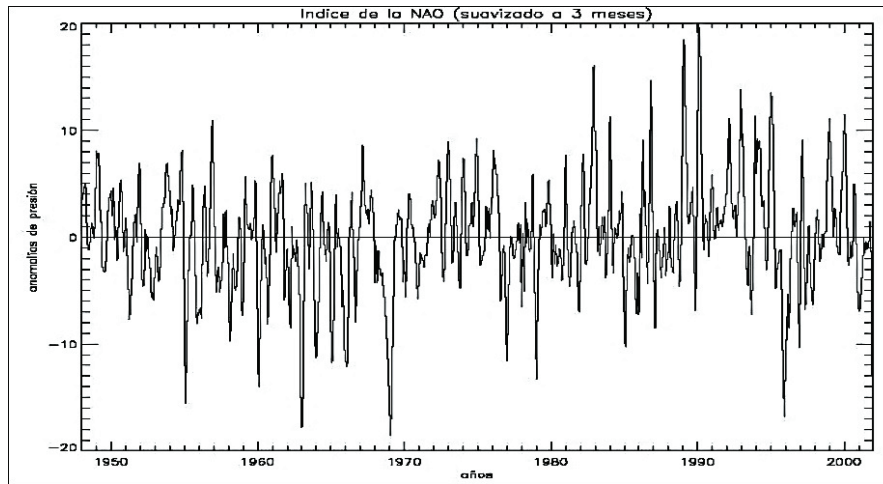


Gráfico 1.

Índice de la NAO (Suavizada a 3 meses)

Nota: el gráfico muestra el comportamiento del índice atmosférico desde el año 1960, información obtenida de la página web: <https://clima.web.uah.es/prevision/nao.htm>

Por otra parte, Sánchez Santillán, Garduño López, & Signoret Poillon (2006), afirman que la Oscilación del Atlántico Norte es un fenómeno climático que afecta a esta región de la tierra de América del Norte, pero por efecto de las teleconexiones, influye en zonas que se encuentran mucho más allá de su área de acción directa, como son las aguas tropicales de la india y el océano pacífico. Las actuales investigaciones sobre este evento, tratan de establecer su probable relación con el ENOS (el niño-oscilación del sur), además del impacto que en su periodicidad e intensidad tiene la creciente concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero (GEI) como CO₂, el vapor de agua, el óxido nitroso (N₂O) el metano (CH₄) y el ozono. Se analizan también los factores de la dinámica de la atmósfera que conciernen al fenómeno, como son la energía solar, el movimiento de grandes masas de aire y la presión barométrica.

En el caso del clima en Managua, Nicaragua, está clasificada como tropical. Los veranos son menos lluviosos que los inviernos. La clasificación del clima según Köppen-Geiger es Aw. La temperatura promedio en Managua es 26.2 °C, con una magnitud de precipitación en

promedio igual a 906 mm al año.

Según (CLIMATE-DATA.ORG, 2022), la precipitación más baja es en enero, con un promedio de 1mm. La mayor cantidad de precipitación ocurre en octubre, con un promedio de 188mm. Ver gráfico 2:

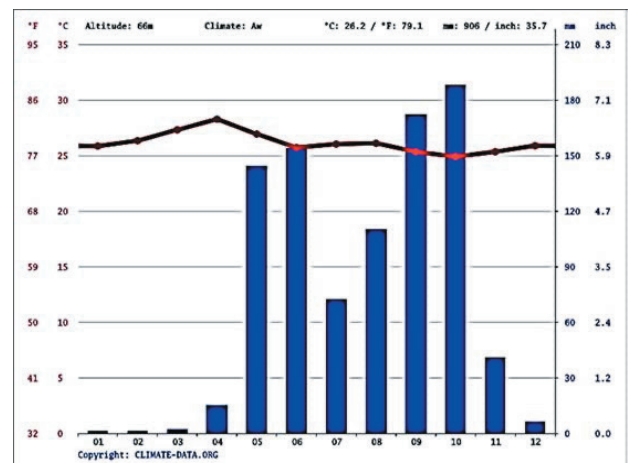


Gráfico 2.

Distribución de la precipitación y la temperatura en el tiempo. Nota: en el gráfico se muestra el comportamiento de la temperatura y la precipitación de la estación aeropuerto, Managua, Nicaragua.

En cuanto al modelo a desarrollar será un progressive standard model (PSM), con ayuda de la matemática y estadística con Microsoft Excel, se realizaron progresiones a cinco años y se propuso recomendaciones (ver las conclusiones) para armonizar con el cambio climático y los efectos que este cauce.

El modelo consiste en un pronóstico utilizando series cronológicas. Para Vargas (2022), una serie cronológica, está dada por un conjunto de observaciones que están ordenadas en el tiempo, lo que puede representar el cambio de una variable ya sea de índole económico, física, química biológica, meteorológica, etc.

Vargas (2022), también plantea que el propósito de las series cronológicas, es estudiar el patrón de comportamiento de una variable, para luego prever su evolución en el futuro cercano, suponiendo por supuesto que las condiciones no variarían significativamente.

Datos de la NAO

Se recuperaron datos del índice atmosféricos en el periodo 2011-2021, ver tabla 1:

Recent monthly NAO index values												
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2011	-1.4	2.79	-0.2	2.39	1.08	-1.6	-3.4	-2.4	2.97	1.31	0.74	3.2
2012	2.05	1.28	1.78	-2.4	-0.8	-2.6	-1.3	-0.4	-1.4	-3.2	-1.1	0.6
2013	1.08	-0.3	-3.7	0.03	1.23	1.4	2.52	2.16	-0.6	-0.4	0.04	3.54
2014	0.71	2.32	1.64	0.84	-0.1	-2	0.91	-1.1	-2.1	0.31	-2.2	1.89
2015	2.81	1.47	1.99	1.03	2.09	0.28	-2.2	1.47	-1.7	-1.1	3.54	4.22
2016	1.16	1.61	0.33	-2.1	-0.8	-1.3	2.18	2.14	2.45	-1.5	-1.6	2.1
2017	0.17	1.38	1.05	1.5	0.38	-0.6	0.1	0	1.42	1.36	-0.9	1
2018	1.82	-0.1	-1.1	2.37	2.01	-1.4	3.83	1.25	0.45	-1.2	-1.3	1.93
2019	-0.4	1.9	2.39	1.7	2.05	-2.8	-2.8	0.1	-0.3	-1.1	-1.8	0.74
2020	3.12	4.7	0.36	-0.7	-0.1	-1.5	-1.2	-1.4	0.49	-0.2	1.25	-0.8
2021	-1.6	0.5	0.72	-3.3	-0.3	0.35	-1.6					

Tabla 1.
Valores mensuales recientes del índice NAO
Nota: recuperado de (Jones, Jónsson, & Wheeler, 2022)

Datos de precipitación de la estación aeropuerto, Managua, Nicaragua.

Se recuperaron datos de precipitación de la estación hidrometeorológica ubicada en el aeropuerto de Managua, Nicaragua, en el periodo 2011-2021, ver tabla 2:

Parameter:	Precipitation (mm)												Type:	HMP											
Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec													
2011	3.6	0	0.2	0	200.9	177.5	341	70.9	372.9	340.1	43.2	19.4													
2012	3	1.9	0	35.4	349.2	133.5	108.9	169.2	125.7	193.2	2.5	3.5													
2013	1.1	0.9	0	0	60	285.3	156.1	85.9	330.2	93.8	49.2	7.9													
2014	3.1	0.7	0	0	31.1	73.2	57	196	216.5	193.8	54	0.2													
2015	0.3	0.1	0.6	53.4	59.4	335.3	35.3	46.2	128.9	105.8	48.5	0													
2016	0	0	0.5	22.2	123.8	237.8	34.7	77.4	159.6	275.1	41.5	13.5													
2017	1.4	0	0.3	10.9	292.8	136.4	148.9	172.8	156.1	303.6	66	19.8													
2018	0.4	12.3	0	29.8	128.6	121.4	61.1	96.2	126.8	433	8.7	4.6													
2019	0	0	0	0	202.8	97.8	82.3	80.4	234.3	423.9	13	1.7													
2020	1.2	2.5	0.1	0	196.1	162.7	108.3	185.8	290	234.3	303.6	6.2													
2021	2.2	0.1	12.2	10.1	20.5	63.6	183.5	155.9	136.8	101.2	32.4	0.7													

Tabla 2.
 Datos históricos de precipitación
 Nota: datos recuperados de INETER 2022

Datos de temperatura de la estación aeropuerto, Managua, Nicaragua
 Se recuperaron datos de temperatura de la estación hidrometeorológica ubicada en el aeropuerto de Managua, Nicaragua, en el periodo 2011-2021, ver tabla 3:

Parameter:	Temperature Medium (C°)												Type:	HMP											
Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dic													
2011	26.5	27.5	28	29.3	28.8	27.3	26.7	27.5	27.1	26.3	26.4	26.1													
2012	25.8	26.8	28	29.1	28.4	27.7	27	27.4	27	26.8	26.7	27.1													
2013	27.2	27.6	28.6	30.1	29.4	27.6	26.9	27.3	26.8	27	26.8	26.6													
2014	26.6	27.3	28.8	30	30	28.8	28.8	27.8	27.2	26.7	27	26.9													
2015	27.2	27.7	28.4	30	29.4	28.4	28	28.8	28.4	28	27.7	28.4													
2016	27.7	28.2	29.6	30.5	30	27.4	27.7	28.3	27.5	27.1	27	26.7													
2017	26.6	27.5	28.4	30	28.4	27.3	27	27.4	27.3	26.8	26.9	26.2													
2018	26.7	26.6	28.3	29.1	28	27.2	27.8	27.4	27.6	26.2	27.4	26.4													
2019	27.1	27.8	28.6	29.8	28.4	28.4	27.7	28.2	27.7	26.7	27.3	27.2													
2020	27.2	28	28.4	30.2	29.7	27.5	27.5	27.4	27.6	26.8	26.3	26.2													
2021	26.5	27.2	27.6	29.2	29.1	28.3	27.6	27.4	27	27.3	26.9	27													

Tabla 3.
 Datos históricos de temperatura
 Nota: datos recuperados de INETER (2022)

4. Resultados y Discusión

A continuación, se visualiza los gráficos resultados de datos de índice atmosférico, precipitación y temperatura, ver gráfico 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

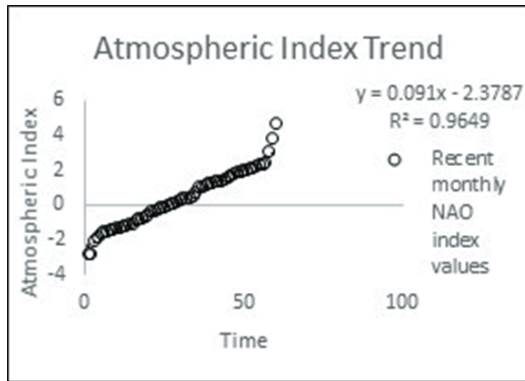


Gráfico 3. Tendencia lineal del Índice Atmosférico NAO, periodo 2016-2020.
Nota: Esta gráfica representa el comportamiento del índice atmosférico de manera ordenada con tendencia lineal (NAO, 2022)

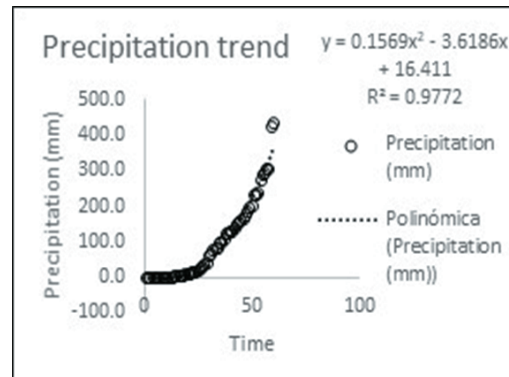


Gráfico 6. Tendencia polinómica de la precipitación, estación aeropuerto, periodo 2016-2020.
Nota: esta gráfica representa el comportamiento de la precipitación de manera ordenada con tendencia polinómica INETER (2022)

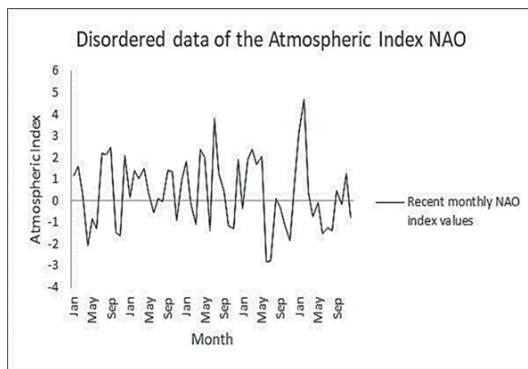


Gráfico 4. Datos desordenados, del Índice Atmosférico NAO, periodo 2016-2020.
Nota: Esta gráfica representa el comportamiento del índice atmosférico a lo largo del tiempo hasta 2021, a partir de datos obtenidos de (NAO, 2022)

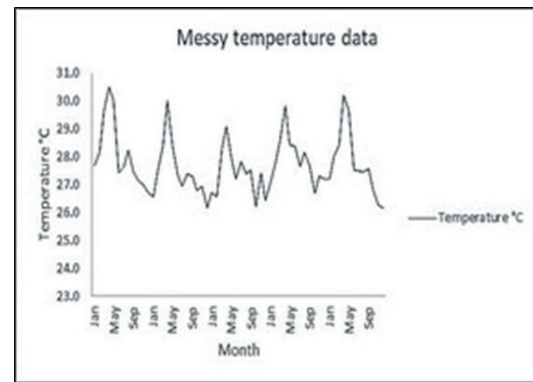


Gráfico 7. Datos desordenados de temperatura, estación aeropuerto, periodo 2016-2020.
Nota: esta gráfica representa el comportamiento de la temperatura a lo largo del tiempo hasta el 2021, a partir de datos obtenidos de INETER (2022)

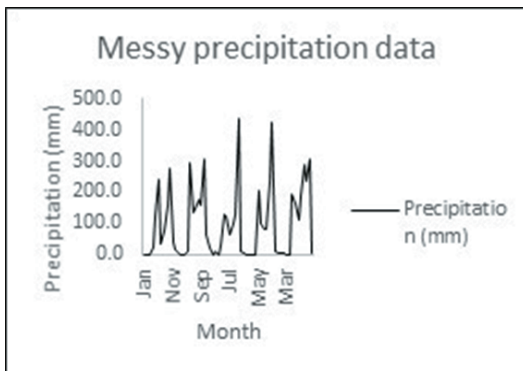


Gráfico 5. Datos desordenados de precipitación, estación aeropuerto, periodo 2016-2020.
Nota: esta gráfica representa el comportamiento de la precipitación a lo largo del tiempo hasta el 2021, a partir de datos obtenidos de INETER (2022)

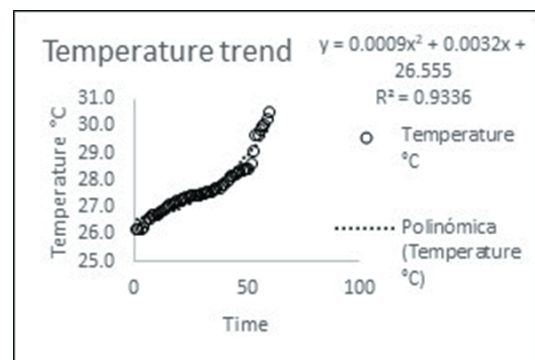


Gráfico 8. Tendencia polinómica de la temperatura, estación aeropuerto, periodo 2016-2020.
Nota: esta grafica representa el comportamiento de la temperatura de manera ordenada con tendencia polinómica INETER (2022)

Correlación de parámetros

A continuación, con los datos ordenados, se presenta la correlación de los parámetros, índice atmosférico vs precipitación, e índice atmosférico vs temperatura, con el factor de correlación y la tendencia encontrada, se utiliza para proyectar a cinco años el comportamiento de las variables, e indicar la tendencia y poder predecir las variables. Ver graficas 9 y 10.

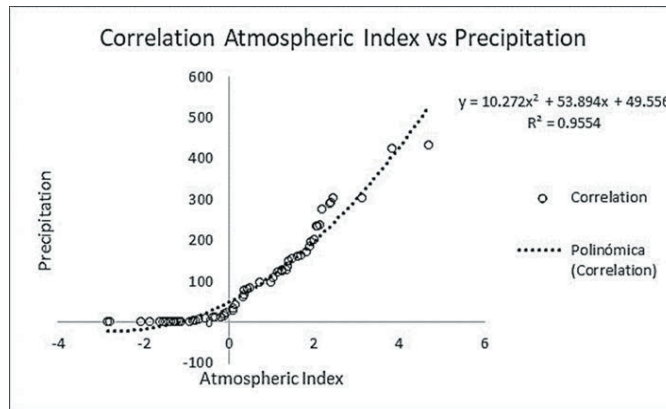


Gráfico 9.

Correlación del Índice atmosférico vs Precipitación

Nota: esta gráfica representa la correlación entre el índice atmosférico y la precipitación, se genera una curva polinómica con correlación 0.95.

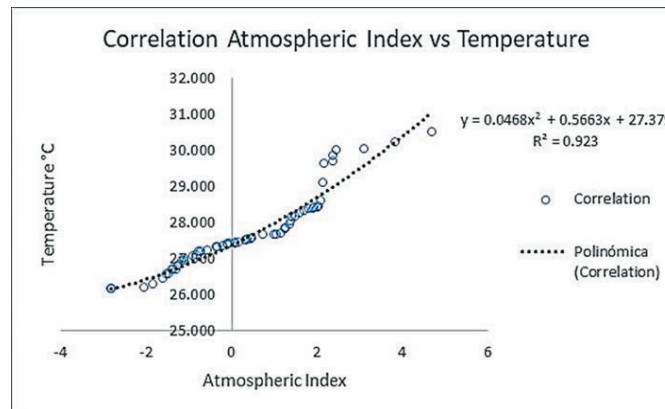


Gráfico 10.

Correlación del Índice atmosférico vs Temperatura

Nota: esta gráfica representa la correlación entre el índice atmosférico y la temperatura, se genera una curva polinómica con correlación 0.92

Comportamiento de la precipitación y la temperatura a partir de la progresión a 5 años

En esta parte se propone el nuevo modelo Progressive Standard Model (PSM), con el propósito de evaluar la tendencia y relación de las variables, primeramente, índice atmosférico, precipitación y temperatura.

Paso 1: Análisis del gráfico para el índice atmosférico, si la tendencia posee los componentes necesarios para la serie cronológico, es decir, si tiene tendencia, estacionalidad, variaciones cíclicas, y movimientos irregulares. A partir de la tabla 4, ver el grafico 4.

ID	Month	Atmospheric Index (Y)	ID	Month	Atmospheric Index (Y)	ID	Month	Atmospheric Index (Y)
1	ene-18	1.82	13	ene-19	1.9	25	ene-20	3.12
2	feb-18	-0.1	14	feb-19	2.39	26	feb-20	4.7
3	mar-18	-1.12	15	mar-19	1.7	27	mar-20	0.36
4	abr-18	2.37	16	abr-19	2.05	28	abr-20	-0.71
5	may-18	2.01	17	may-19	-2.83	29	may-20	-0.09
6	jun-18	-1.4	18	jun-19	-2.79	30	jun-20	-1.52
7	jul-18	3.83	19	jul-19	0.1	31	jul-20	-1.23
8	ago-18	1.25	20	ago-19	-0.32	32	ago-20	-1.36
9	sep-18	0.45	21	sep-19	-1.11	33	sep-20	0.49
10	oct-18	-1.17	22	oct-19	-1.84	34	oct-20	-0.19
11	nov-18	-1.28	23	nov-19	0.74	35	nov-20	1.25
12	dic-18	1.93	24	dic-19	1.9	36	dic-20	-0.78

Tabla 4.
 Valores del Índice atmosférico, para analizar la serie según el gráfico 4.
 Nota: estos datos del índice atmosférico, son los estudiados para la implementación del PSM (NAO, 2022).

Paso 2: Para estimar las variaciones estacionales, se determina los correspondientes índices estacionales para cada año de estudio.

Paso 3: Para ajustar el componente estacionar, se emplea el método porcentaje mensual. Ver tabla 5 y 6.

Month	2018	2019	2020
JAN	1.82	-0.36	3.12
FEB	-0.1	1.9	4.7
MAR	-1.12	2.39	0.36
ABR	2.37	1.7	-0.71
MAY	2.01	2.05	-0.09
JUN	-1.4	-2.83	-1.52
JUL	3.83	-2.79	-1.23
AGO	1.25	0.1	-1.36
SEP	0.45	-0.32	0.49
OCT	-1.17	-1.11	-0.19
NOV	-1.28	-1.84	1.25
DIC	1.93	0.74	-0.78
TOTAL	8.59	-0.37	4.04
AVERAGE	0.72	-0.03	0.34

Tabla 5:
Valores para estimar los correspondientes índices estacionales.
Nota: estos valores son obtenidos de (NAO, 2022)

Month	Monthly Percentage			Seasonal Index
	2018	2019	2020	
JAN	254%	1168%	927%	8%
FEB	-14%	-6162%	1396%	-16%
MAR	-156%	-7751%	107%	-26%
ABR	331%	-5514%	-211%	-18%
MAY	281%	-6649%	-27%	-21%
JUN	-196%	9178%	-451%	28%
JUL	535%	9049%	-365%	31%
AGO	175%	-324%	-404%	-2%
SEP	63%	1038%	146%	4%
OCT	-163%	3600%	-56%	11%
NOV	-179%	5968%	371%	21%
DIC	270%	-2400%	-232%	-8%
			TOTAL	12%

Tabla 6.
Ajuste del componente estacional
Nota: se muestra el índice estacional calculado a partir de los datos del índice atmosférico.

Paso 4: Estimar el componente de tendencia, para ello se determina el interseco en el eje, y la tendencia lineal. Se calcula la tendencia para los años 2021, 2022, 2023 ver tabla 7, y se gráfica, ver grafica 11.

ID	Month	Yestimate	Seasonal Index	Ytrend	ID	Month	Yestimate	Seasonal Index	Ytrend	ID	Month	Yestimate	Seasonal Index	Ytrend
37	ene-21	-0.285	78%	-0.22	49	ene-22	-0.691	78%	-0.54	61	ene-23	-1.097	78%	-0.86
38	feb-21	-0.319	-159%	0.51	50	feb-22	-0.725	-159%	1.16	62	feb-23	-1.131	-159%	1.8
39	mar-21	-0.353	-260%	0.92	51	mar-22	-0.759	-260%	1.97	63	mar-23	-1.165	-260%	3.03
40	abr-21	-0.387	-180%	0.7	52	abr-22	-0.793	-180%	1.43	64	abr-23	-1.199	-180%	2.16
41	may-21	-0.421	-213%	0.9	53	may-22	-0.827	-213%	1.76	65	may-23	-1.233	-213%	2.63
42	jun-21	-0.455	284%	-1.29	54	jun-22	-0.861	284%	-2.45	66	jun-23	-1.267	284%	-3.6
43	jul-21	-0.488	307%	-1.5	55	jul-22	-0.894	307%	-2.75	67	jul-23	-1.3	307%	-4
44	ago-21	-0.522	-18%	0.1	56	ago-22	-0.928	-18%	0.17	68	ago-23	-1.334	-18%	0.25
45	sep-21	-0.556	42%	-0.23	57	sep-22	-0.962	42%	-0.4	69	sep-23	-1.368	42%	-0.57
46	oct-21	-0.59	113%	-0.66	58	oct-22	-0.996	113%	-1.12	70	oct-23	-1.402	113%	-1.58
47	nov-21	-0.624	205%	-1.28	59	nov-22	-1.03	205%	-2.11	71	nov-23	-1.436	205%	-2.95
48	dic-21	-0.658	-79%	0.52	60	dic-22	-1.064	-79%	0.84	72	dic-23	-1.47	-79%	1.16

Tabla 7.
 Datos para estimar la tendencia del índice atmosférico para los próximos tres años, 2021, 2022, 2023.
 Nota: resultados de la proyección método PMS.

Los pasos del 1 al 4, se repiten para determinar la tendencia estimada para los parámetros de precipitación y temperatura para el mismo periodo de tiempo progresivo.

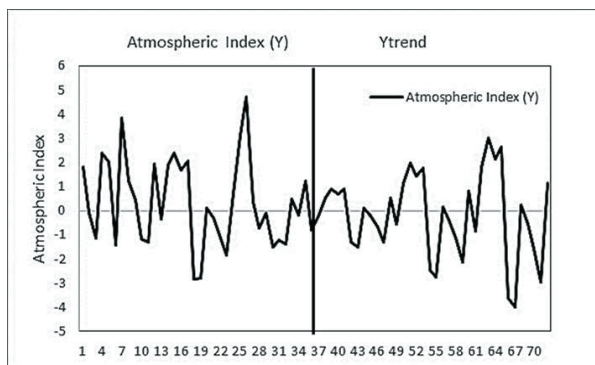


Gráfico 11.
 Índice atmosférico y tendencia estimada para los años 2021, 2022, 2023
 Nota: se visualiza el comportamiento del índice atmosférico y la tendencia.

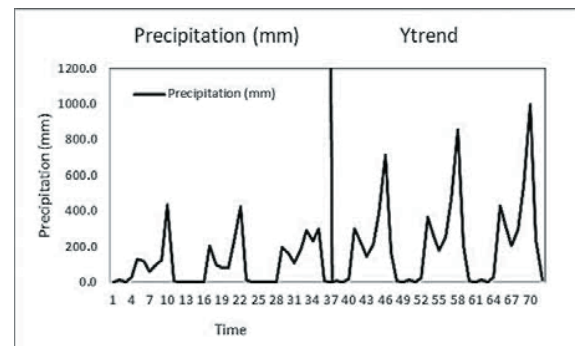


Gráfico 12.
 Precipitación y tendencia estimada para los años 2021, 2022, 2023
 Nota: se visualiza el comportamiento de la precipitación y la tendencia.

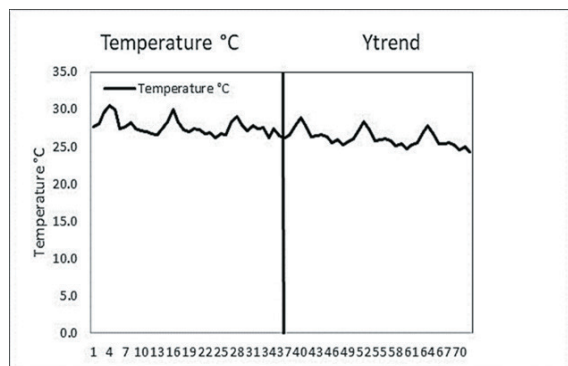


Gráfico 13.

Temperatura y tendencia estimada para los años 2021, 2022, 2023
Nota: se visualiza el comportamiento de la temperatura y la tendencia.

5. Conclusiones

En relación a los datos de índice atmosférico NAO, al analizarlos como una tendencia, este presenta un comportamiento lineal con una correlación igual a 0.96, por lo que se puede decir que el índice atmosférico NAO se puede correlacionar con otros factores meteorológicos y se puede determinar la tendencia en los próximos 3 años.

En relación a la precipitación y temperatura, una vez ordenados, ambos presentan una tendencia polinómica, con una correlación igual a 0.97 y 0.93 respectivamente, por tanto, ambos factores se pueden correlacionar con el índice atmosférico, y se puede determinar la tendencia en los próximos 3 años.

Tocante a la correlación del IA y la precipitación, este presenta una tendencia igual a una curva polinómica, con una correlación igual a 0.95, mientras que la correlación del IA y la temperatura presenta una tendencia polinómica con una correlación igual a 0.92, con esto se concluye que el IA incide en la variabilidad de los factores meteorológicos con la precipitación y la temperatura.

Para el IA y los factores meteorológicos, precipitación y temperatura, se desarrolló el modelo Progressive Standard Model, dando como resultado una tendencia predictiva para

los próximos 5 años. Con los resultados de proyección se pone en evidencia la idealización de escenarios climáticos, con el fin de proponer estrategias que fortalezcan la gestión de riesgo desde los hogares y comunidades, con lo cual se puede tomar decisiones en la situación de la variabilidad climática. A continuación, se menciona algunas estrategias:

- Ahorrar energía en casa: cambiar artefactos eléctricos que sean de ahorro, así como también lámparas y bombillos convencionales por iluminación LED, y si es posible cambiar la matriz energética de petróleo, gas a fuentes renovables como eólica o la solar.
- Reducir la contaminación desde casa motivando una cultura de separación de sólidos y desechos degradable, reutilizar, reparar y reciclar
- Comprar de manera local y sostenible, esto ayudara a las pequeñas empresas y fincas del área y se reducirán las emisiones de combustibles fósiles asociadas con el transporte y el almacenamiento de la cadena de frío.
- Plantar árboles o patrocina la plantación de arboles desde el hogar, localidad y municipalidad.

5. Bibliografía

CLIMATE-DATA.ORG. (17 de Mayo de 2022). <https://es.climate-data.org/americadel-norte/nicaragua/managua/managua-1777/>. Obtenido de <https://es.climate-data.org>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F.: McGra-Hill.

Jones, P., Jónsson, T., & Wheeler, D. (17 de Mayo de 2022). <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/nao/values.htm#refs>. Obtenido de <https://crudata.uea.ac.uk>

Mejía H., S., & Ruíz M., J. (2012). Validación de los pronóstico de precipitación con los modelos GFS, MM5, WRF, CMM5 y CWRW sobre el territorio Colombiano. Colombia: Subdirección de Meteorología IDEAM.

NAO. (17 de Mayo de 2022). <https://clima.web.uah.es/prediccion/nao.htm>. Obtenido de <https://clima.web.uah.es>

Ortíz, A. M. (2019). Modelo de pronóstico de precipitación para la ciudad de Managua utilizando redes neuronales artificiales en el contexto de la gestion ambiental. Torreón Universitario, 38-47.

Sánchez Santillán, N., Garduño López, R., & Signoret Poillon, M. (2006). La Oscilación del Atlántico Norte: Un fenómeno que incide en la variabilidad climática de México. Ingeniería Investigación y Tecnología, 85-95.

Vargas, D. (27 de Mayo de 2022). https://www.academia.edu/20808075/Series_Cronologicas. Obtenido de <https://www.academia.edu>

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios, nuestro padre, que me ha dado una mano para seguir por el buen camino como persona.

A mi madre Beatriz Picado, por enseñarme el camino al éxito.

A mis hijos Dafned Itziar Tirado Flores y Víctor Manuel Tirado Flores, siempre seré su guía, a mi nieto Ezio, bienvenido.

A mi esposa, Lisseth Carolina Blandón Chavarría, quien confía en mis éxitos, gracias por estar a mi lado.

A la Universidad Americana (UAM) y Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA), por abrirme las puertas del conocimiento en esta nueva etapa de mi vida.