



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO EN INVESTIGACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS

TESIS

**COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS:
TEMPERATURA, VELOCIDAD DEL VIENTO Y HUMEDAD
RELATIVA Y SU RELACIÓN CON LA EVAPORACIÓN
DEL AGUA, EN LA CIUDAD DE ILO**

PRESENTADO POR

BACH. JUAN CARLOS CHAVEZ DELGADO

ASESOR:

MG. JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR

**PARA OPTAR GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

MOQUEGUA – PERÚ

2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PÁGINA DE JURADO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÌNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Descripción de la Realidad Problemática.....	1
1.2.	Definición del problema.....	2
1.3.	Objetivo de la investigación.....	3
1.3.1.	Objetivo general.....	3
1.3.2.	Objetivo específicos.....	3
1.4.	Justificación y limitaciones de la investigación.....	4
1.5.	Variables.....	5
1.6.	Hipótesis de la investigación.....	6
1.6.1	Hipótesis general.....	6
1.6.2.	Hipótesis específico.....	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	7
2.2.	Bases teóricas.	12
2.2.1.	Estudio de la atmósfera	12
2.2.2.	Efecto invernadero	13
2.2.3.	Cambio climático	14
2.2.4.	Ciclo hidrológico.....	15
2.3.	Marco conceptual.	16
2.3.1.	Parámetros meteorológicos.	16

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1.	Tipo de investigación.	21
3.2.	Diseño de investigación.....	21
3.3.	Población y muestra.	23
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	25
3.4.1.	Prueba de ANOVA	25
3.4.2.	Prueba de regresión lineal múltiple.....	26
3.4.3.	Prueba de Anderson – Darling	28
3.4.4.	Prueba de Durbin – Watson.	29
3.4.5.	Instrumentos para la recolección de los datos.....	30
3.5.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.	Presentación de resultado por variables.	31
4.2.	Hipótesis específica 1	31
4.2.1.	Prueba de normalidad de los datos.....	31
4.2.2.	Niveles de relación entre variables	32
4.2.3.	Modelo de regresión Lineal Múltiple.....	33
4.3.	Hipótesis específica 2	35
4.4.	Hipótesis específica 3	37
4.5.	Hipótesis general	38
4.6.	Discusión de resultado.....	38

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.	40
5.2.	Recomendaciones.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....		42
ANEXO		44

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1: Operacinalización de variables	5
TABLA 2: Índices de normalidad de shapiro-milk.....	31
TABLA 3: Niveles de correlación múltiple de las variables meteorológicas	32
TABLA 4: Anova para el modelo (1)	33
TABLA 5: Factor de inflación de la varianza para el modelo (1)	34
TABLA 6: AQnova para el modelo (2)	35
TABLA 7: Resultado del análisis de regresión según durbin-watson para evaporación y velocidad del viento	35
TABLA 8: Medidas descriptivas de la variable evaporación	36
TABLA 9: Resumen de la prueba t para dos muestras suponiendo varianza igual	37
TABLA 10: Semana 1 de muestreo	49
TABLA 11: Semana 2 de muestreo	50
TABLA 12: Semana 3 de muestreo	51
TABLA 13: Semana 4 de muestreo	52
TABLA 14: Semana 5 de muestreo	53
TABLA 15: Semana 6 de muestreo	54
TABLA 16: Semana 7 de muestreo	55
TABLA 17: Semana 8 de muestreo	56
TABLA 18: Semana 10 de muestreo	57
TABLA 19: Semana 11 de muestreo	58
TABLA 20: Semana 11 de muestreo	59
TABLA 21: Semana 12 de muestreo	60
TABLA 22: Semana 13 de muestreo	61
TABLA 23: Semana 14 de muestreo	62
TABLA 24: Semana 15 de muestreo	63
TABLA 25: Semana 16 de muestreo	64
TABLA 26: Semana 17 de muestreo	65

TABLA 27: Semana 18 de muestreo	66
TABLA 28: Semana 19 de muestreo	67
TABLA 29: Semana 20 de muestreo	68
TABLA 30: Semana 21 de muestreo	69
TABLA 31: Semana 22 de muestreo	70
TABLA 32: Semana 24 de muestreo	71
TABLA 33: Semana 25 de muestreo	72
TABLA 34: Semana 25 de muestreo	73
TABLA 35: Semana 26 de muestreo	74
TABLA 36: Semana 27 de muestreo	75
TABLA 37: Semana 28 de muestreo	76
TABLA 38: Semana 29 de muestreo	77
TABLA 39: Semana 30 de muestreo	78
TABLA 40: Semana 31 de muestreo	79
TABLA 41: Semana 32 de muestreo	80
TABLA 42: Semana 35 de muestreo	81
TABLA 43: Semana 36 de muestreo	82
TABLA 44: Semana 35 de muestreo	83
TABLA 45: Semana 36 de muestreo	84
TABLA 46: SEMana 37 de muestreo.....	85
TABLA 47: Semana 38 de muestreo	86
TABLA 48: Semana 39 de muestreo	87
TABLA 49: Semana 40 de muestreo	88
TABLA 50: Semana 41 de muestreo	89
TABLA 51: Semana 42 de muestreo	90
TABLA 52: Semana 43 de muestreo	91
TABLA 53: Semana 44 de muestreo	92
TABLA 54: Semana 45 de muestreo	93
TABLA 55: Semana 46 de muestreo	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1: Puntos de observación de la evaporación del agua	24
FIGURA 2: Promedio de la temperatura	95
FIGURA 3: Promedio del viento	96
FIGURA 4: Promedio de la humedad	97

RESUMEN

La presente investigación nace de la necesidad de saber e indagar de manera más profunda sobre la evaporación de agua, que ocurre en la ciudad de Ilo. Este primer paso permitirá prever algunas medidas de prevención, con relación a la escasez de agua que se acrecienta en la zona sur del Perú. La investigación apuntaba a determinar cuál de los parámetros meteorológicos tiene mayor influencia en la evaporación en la ciudad de Ilo, vinculando la época del año, esto considerando las observaciones del Panel intergubernamental frente al cambio climático, que afirma la vulnerabilidad del Perú ante las variabilidades meteorológicas. Al determinar el Comportamiento de los Parámetros Meteorológicos y su relación con la Evaporación del Agua, en el periodo 2014 – 2015, de la ciudad de Ilo, se partió por establecer si la humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura tienen relación directa con la evaporación del agua para luego analizar el comportamiento promedio de la evaporación del agua y finalmente determinar la evaporación del agua en la estación verano e invierno. Para lograr esto se compararon los datos obtenidos por SENAMHI y los recogidos en campo a partir del Tanque de evaporación tipo A ubicado en la ciudad de Ilo. Luego del análisis estadístico se logró evidenciar que el comportamiento de la evaporación fue heterogéneo, incluso entre invierno y verano, tampoco la humedad relativa se presentó como un valor estable a través del tiempo de investigación. Por otro lado, la temperatura en un análisis durante periodo 2010 – 2015 ha demostrado que en los años 2014 – 2015 la desigualdad fue fuerte y finalmente al correlacionar cada variable frente a la variable principal de estudio, 2 de los 3 parámetros meteorológicos: temperatura y

humedad relativa trabajan de forma inversa (a mayor temperatura menor humedad relativa) en relación con la Evaporación del agua. También se pudo concluir que el viento fue un factor importante, para la evaporación del agua.

Palabra Claves: Evaporación del agua, velocidad del viento, humedad, temperatura, comportamiento de los parámetros meteorológicos.

ABSTRACT

The present investigation arises from the need to know and inquire more deeply about the evaporation of water, which occurs in the city of Ilo. This first step will allow to foresee some preventive measures, in relation to the shortage of water that is increasing in the southern zone of Peru. The research aims to determine which of the meteorological parameters has the greatest influence on evaporation in the city of Ilo, linking the time of year, considering the observations of the Intergovernmental Panel on climate change, which affirms Peru's vulnerability to weather variability. When determining the Behavior of the Meteorological Parameters and its relation with the Water Evaporation, in the period 2014 - 2015, of the city of Ilo, it was decided to establish if the relative humidity, the wind speed and the temperature are directly related to the evaporation of the water to later analyze the average behavior of the evaporation of the water and finally determine the evaporation of the water in the summer and winter season. To achieve this, the data obtained by SENAMHI and those collected in the field were compared from a lysimeter located in the city of Ilo. After the statistical analysis it was possible to demonstrate that the behavior of the evaporation was heterogeneous, even between winter and summer, nor did the relative humidity appear as a stable value throughout the research time. On the other hand, the temperature in an analysis during the period 2010 - 2015 has shown that in the years 2014 - 2015 the inequality was strong and finally when correlating each variable against the main variable of study, 2 of the 3 meteorological parameters: temperature and Relative humidity work in reverse (higher temperature lower relative humidity) in relation to water

evaporation. it was also possible to conclude that the wind was an important factor, for the evaporation of wáter.

Keyword: Evaporation of water, wind speed, humidity, temperature, behavior of meteorological parameters.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enfocó en establecer relaciones entre parámetros meteorológicos y la evaporación del agua medidos en la ciudad de Ilo a fin que en un futuro sirva de partida para planificar proyectos regionales de contingencia frente al cambio atmosférico moqueguano que afecta directamente al puerto de Ilo.

La investigación fue motivada a partir de los reportes hechos por el IPCC (Panel intergubernamental frente al cambio climático) sobre el territorio peruano y su fragilidad al cambio climático, considerando a la zona sur de especial interés por su cercanía al desierto de Atacama.

Para poder comprender el fenómeno de la evaporación del agua, esta investigación planteó establecer relaciones simples entre los parámetros meteorológicos tradicionales frente a la evaporación real. Cabe señalar que el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología como otras instituciones que son responsables, medir los parámetros meteorológicos en la ciudad de Ilo desestimaron la importancia de la medición de la evaporación del agua como un indicador.

La investigación intentó esbozar una relación entre parámetros tradicionales y la evaporación, llenando el vacío que existe sobre esta variable cada vez más investigada en el estudio meteorológico de otros países lo cual ha servido para modelar la disponibilidad del agua en un futuro medianamente cercano.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

La escasez del recurso hídrico es un problema global, pero existen territorios en los que esto resultaron muy peligroso, el Perú está comprendido dentro de éstos territorios vulnerables, en especial el sur del Perú que es el área geográfica donde se encuentra la provincia de Ilo, para agravar más la situación, Ilo, no cuenta con fuentes hídricas directas por lo que su abastecimiento, depende del volumen de los ríos proveniente de las precipitaciones derivadas del ciclo del agua. Para evaluar este flujo hídrico, fue necesario considerar todas las etapas del ciclo hidrológico, pero existe una etapa que no ha sido evaluada anteriormente por ninguna institución peruana relacionada al campo meteorológico como es la evaporación en zonas desérticas.

En estos últimos años, este recurso natural, ha venido disminuyendo cada vez más, haciéndose evidente en los volúmenes de los ríos, por lo que expone a la ciudad de Ilo, a un estrés hídrico más fuerte que al resto del país. Es por ello que se debe revisar todo el ciclo hídrico, partiendo de la evaporación.

1.2. Definición del problema

Una de las climatologías más complejas corresponde al desierto occidental sur de América llamado “Atacama” el cual está estructurado por un complejo y dinámico sistema de relaciones atmosférico - terrestres multiescalares, determinara a su vez, la ocurrencia de lluvias y nevadas sobre las montañas occidentales de los andes del sur y los altiplanos ubicados al este del mismísimo el desierto, esto provoca que las únicas fuentes de agua dulce estén condicionadas al comportamiento de este ecosistema en desmedro de población humana (Romero, 2013).

Para analizar el clima, fue necesario examinar las diferentes variables climáticas, para poder explicar el comportamiento atmosférico y/o de sus componentes, siendo el más sensible del ciclo geoquímico hídrico, del desierto, así por su complejidad debe ser estudiado por sus variables de medición indirecta, a partir de su comportamiento se puede modelar cómo funciona el ciclo en su totalidad, es por ello que se ha escogido la evaporación como tema de investigación.

En los últimos años, se ha presentado un estrés hídrico en el departamento de Moquegua.

Con ese fenómeno, quiere decir que la evaporación del agua debe tener algún problema, en ese sentido, se realizó la investigación para simular la evaporación del agua en la ciudad de Ilo, con los siguientes parámetros; humedad relativa, velocidad

del viento y temperatura, parámetros que influyen en la evaporación de la ciudad de Ilo.

La escasez del agua en la zona del sur del Perú, cada vez se está haciendo, un tema de importancia, porque la escasez del agua afecta a la población, al sector privado y principalmente a la agricultura.

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el Comportamiento de los Parámetros Meteorológicos y su relación con la Evaporación del Agua, en el periodo 2014 – 2015, de la ciudad de Ilo.

1.3.2. Objetivo específicos

Establecer si la humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura tienen relación directa con la evaporación del agua de la ciudad de Ilo, en la etapa 2010 – 2015.

Determinar el táctico promedio de la evaporación del agua, en la ciudad de Ilo, periodo 2014 – 2015.

Determinar la evaporación del agua en la estación verano e invierno, de la ciudad de Ilo, en el periodo 2014 – 2015.

1.4. Justificación y limitaciones de la investigación

Ambientalmente el puerto de Ilo se emplaza en la zona central tropical de América septentrional asociada al Desierto de Atacama (Romero, 2013), según la IPCC, es una de las zonas más sensibles frente a los cambios climáticos, en ese sentido los estudios sobre la distribución y comportamiento del agua resultan primordiales para tomar medidas de prevención global pues a partir de los estudios en las zonas vulnerables se puede proyectar cuál será su comportamiento en los futuros años y por lo tanto generar medidas específicas de acuerdo a la dimensión de la alteración del ciclo hídrico.

La economía ligada a las demandas sociales también es alterada por cambios en el ciclo del agua pues cambia los volúmenes disponibles para cubrir las necesidades básicas poblacionales al extremo que en la estación de verano en la provincia de Ilo la población sufrió de cortes de agua, quedando expuesta a enfermedades y/o peligros sanitarios, esto generó que en el año 2016, el Gobierno Nacional declare a la región Moquegua en estado de emergencia hídrica, situación que pudo haber sido proyectada con anterioridad si se conociera como es el flujo del agua desde su evaporación hasta su retorno a la fuente.

En las regiones desérticas, la lluvia puede ocurrir en unos pocos días y no todos los años, sino sólo cada cierto número de ellos; en este caso, algunos elementos del ciclo hidrológico, como la infiltración y la evaporación, suelen ser casi tan irregulares como la lluvia y la escorrentía superficial o subterránea, que son a veces prácticamente inexistentes (VILLODAS, 2008)

Al analizar las diferentes variables meteorológicas en la ciudad de Ilo, en relación a la evaporación, que es la primera etapa del ciclo hídrico, se podrá proyectar los futuros escenarios climáticos y cuál será su repercusión directa sobre la satisfacción de la demanda social de los recursos hídricos, que es una condición de supervivencia de la población ileña.

Sabemos por la historia, que civilizaciones en nuestro Perú han desaparecido por falta de agua dulce o potable (sequias que duraron mucho tiempo). Teniendo el conocimiento, se puede prevenir otro desastre como ocurrió en nuestras civilizaciones antiguas, ya que con cada año que pasa en la ciudad Ilo, el estrés hídrico se incrementa, haciendo más grave el problema de obtener agua.

1.5. Variable

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable independiente (X)	Indicador	Unidad	Instrumentos
Parámetros meteorológicos	Velocidad del viento	Km/H	Anemómetro
	Temperatura	°C +/-	Termómetro ambiental
	Humedad relativa	%	Higrómetro
Variable dependiente (Y)	Indicador	Unidad	
Evaporación de agua	Cantidad de agua evaporada	L/seg.	Tanque tipo A

Fuente: Elaboración propia

1.6. Hipótesis de la investigación

1.6.1. Hipótesis general

Existe una relación significativa entre el comportamiento de los parámetros meteorológicos y su relación con la evaporación del agua, en el periodo 2014 – 2015, de la ciudad de Ilo.

1.6.2. Hipótesis específica

Existe una relación de la humedad relativa, el viento y la temperatura frente a la evaporación del agua, de la ciudad de Ilo.

Existe una cantidad de agua que se evapora, de la ciudad de Ilo.

Existe una diferencia en la evaporación del agua en la estación de verano e invierno de la ciudad de Ilo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 El Cambio climático y el agua

Los sistemas biofísicos, socioeconómicos, el clima y el agua dulce residen intrincadamente interconectados, por lo que una permuta en uno de ellos fustiga un cambio en otro factor (Wu, 2008). El agua dulce es vital en grandes cantidades para casi todas las actividades humanas y el equilibrio ambiental. Pero su gran debilidad es el uso sostenible frente al exceso de agua en regiones que tenían un caudal bajo, escasez de agua en áreas áridas, y la excesiva impureza, estos problemas se magnifican en el cambio climático, provocando desvelo y un interés de primer orden en los temas globales mundiales (Climático, 2008).

2.1.2 El ciclo hidrológico y el cambio climático

El cambio climático se comporta implícitamente como una alteración de todos los componentes del ciclo hidrológico (Duarte, 2006). Por ello resulta importante el estudio hídrico para hacer futuras proyecciones de la cobertura vegetal, el uso del

territorio y los volúmenes de las extracciones de agua para usos humanos; así los factores meteorológicos, las estimaciones de temperatura y precipitación son vitales para la supervivencia humana del próximo siglo, un ejemplo es la cuenca de Cataluña donde la relevancia de los datos hidrológicos medidos y la complicada condición de la geomorfología generan inestabilidad importante relacionada a los efectos hidrológicos más específicos incluyendo los vínculos con clima y la hidrología (Agua, 2007).

2.1.3 Cambios temporales y efectos climáticos

Las erudiciones realizadas sobre proyecciones de la sequía y sus causas, han llegado a la conclusión que puede ser más fuerte hacia los márgenes polares de la región subtropical, esto fue tomado en cuenta por la aquiescencia científica antedicha en el IPCC 2007 (Panel intergubernamental del cambio climático), que indicó las irregularidades del ciclo del agua, mantendrán una perturbación tendiente a la elevación a lo largo del siglo, otra fuente de irregularidades será la retirada de los glaciares además de la pérdida de agua por fundición y sublimación generando más estrés hídrico (Pérez G. P., 2016).

2.1.4 Impactos regionales del cambio climático

El abastecimiento de agua en las zonas urbano-rurales es un componente esencial del índice desarrollo humano, 1.300 millones de vidas no pueden aprovisionarse adecuadamente de agua de calidad, 19 países han sido clasificados como países con estrés hídrico y esta tendencia se duplicará en el 2025 (PNUMA, 1997). Los países en desarrollo son los más sensibles al cambio climático, más aún por estar situados

en regiones áridas y semiáridas, donde las condiciones atmosféricas se vuelven más inestables por el cambio climático, esto hará que en las perforaciones o embalsamientos aislados y deshielos de glaciares cada vez haya menos agua disponible.

2.1.5 El cambio climático y la vulnerabilidad peruana

La pérdida de los glaciares andinos llega a un tercio del total, esto ha ocurrido entre 1970 y el 2006 en los territorios de Perú y Bolivia. Se aglutina el 71% de los glaciares tórridos de los Andes Centrales en el Perú, allí es la reserva hídrica nacional para los duros meses de estiaje (Jara, 2010). El Perú es ajeno a las alteraciones climáticas globales y los cambios en el ciclo biogeoquímico hidrológico, muy por el contrario, es considerado como un país muy vulnerable debido a que el Perú posee una gran variedad de climas, ecosistemas y diversidad biológica. Pero su mayor vulnerabilidad hídrica radica en que el agua dulce proviene principalmente del deshielo de los glaciares, el ascenso de la temperatura en los espacios alto andinos ha alcanzado un ritmo de 0.2 a 0.3 °C por década, muy por encima del promedio del planeta, lo que ha evidenciado en un aumento en el deshielo de los casquetes permanentes en la cordillera de los Andes (PNUD, 2014).

2.1.6 Medición de parámetros meteorológicos de la provincia de Ilo

Las evaluaciones meteorológicas son realizadas por instituciones como SENAMHI (Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú), los datos considerados han sido temperatura mínima, máxima, el porcentaje de humedad relativa, velocidad y dirección del viento, pero no ha sido considerada la evaporación, aun

en el programa de control hidrológico tampoco se considera como área de monitoreo a la Región Moquegua, de allí que resulta importante realizar estudios en este campo y en esta área geográfica (Ambiente, Servicio nacional de meteorología y hidrología del Perú, 2017).

2.1.7 Provincia de Ilo

La Provincia de Ilo fue creada y delimitada mediante el Decreto Ley N° 18298 de fecha 26 de mayo de 1970, siendo Presidente Constitucional de la República el Gral. Juan Velasco Alvarado. Geopolíticamente se enmarca en el departamento de Moquegua, al Suroeste del Perú, a 1,250 Km. al sur de la ciudad de Lima, entre las coordenadas 17°20'39'' de latitud Sur, y 71°21'39'' de longitud Oeste, ocupando una extensión de 1,523.44 km² entre los 0 y 1,500 m.s.n.m. Según su división política y administrativa la provincia cuenta con tres distritos: Ilo, Pacocha y El Algarrobal. (Vera Zúñiga, 2016)

La provincia de Ilo es un espacio económico litoral de tipo industrial, pesquero, comercial y financiero; por su infraestructura portuaria representa parte importante de la plataforma exportadora del sur peruano, al mismo tiempo constituye un centro minero – metalúrgico.

La provincia de Ilo, tiene terráneos agrícolas de muy buena calidad, pero uno de los motivos por el cual no se puede desarrollar el contorno agrícola en la provincia de Ilo, es la falta de agua dulce, agua que en época de verano tiene restricciones, ya que cada año en la temporada de verano se agrava el problema de

agua dulce en la población.

Esta falta de agua pudiera decaer más con el acrecentamiento de la población, se ha confirmado que el agua es la fuente de desarrollo de las civilizaciones, a causa de la falta de agua civilizaciones han desaparecido (cultura Nazca).

2.1.7.1 Aspectos ambientales

2.1.7.2 Condiciones climáticas

En el borde costero de Moquegua se ubica la provincia de Ilo, presentaron peculiaridades coherentes con una baja precipitación, elevada humedad relativa y temperaturas relativamente moderadas.

Con respecto a la humedad, ésta fluctuaba entre 84% y 90% en promedio, ocasionada por la intensa evaporación marina, que produce nubosidad sin llegar a generar lluvias, conformando una masa de nubes de diversa altitud, especialmente entre los meses de mayo y noviembre.

Las temperaturas suscritas en los meses de enero y marzo (21.2 °C promedio en verano), y entre julio y agosto (16.6 °C promedio en invierno), la temperatura promedio anual alcanzaba los 18.3°C, la humedad relativa máxima fue de 87.3% y las precipitaciones de 12.8 mm. Anual.

Con respecto a los vientos, éstos siguen una dirección sur – sureste, con una velocidad promedio de 10 Km/h., la cual equivale a una brisa ligera; según la escala de Beaufort para medir la fuerza del viento.

La fuente más importante de agua dulce es la proveniente del Río Moquegua que, en el tramo bajo de la cuenca adopta el nombre de río Osmore en la jurisdicción de Ilo. Tenía una moderación irregular presentando un caudal que respalda el desarrollo de las proritudes productivas en el valle, contribuyendo al abastecimiento poblacional de la ciudad de Ilo. (Vera Zúñiga, 2016).

Siendo la disponibilidad de agua un elemento ambientalmente importante y trascendental para el desierto de Atacama, llama poderosamente la atención la escasa comprensión que existe sobre la relación entre recursos hídricos y variabilidad climática. La cantidad y calidad de las aguas han ocupado parte importante de los aportes de la geografía física y de la climatología.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Estudio de la atmósfera

La meteorología es el gestor del adiestramiento de la atmósfera, la peculiaridad y los prodigios que en ella tiene lugar los llamados meteoros. Los aprendizajes de la estratosfera se basan en el discernimiento de una serie de dimensiones o variaciones etéreas, como la terciaria. La presión atmosférica o la humedad, variaban tanto en el espacio como en el tiempo (Lozano, 2004).

La troposfera o capa inferior es el área donde ocurren los fenómenos meteorológicos, la cual alcanza una altitud de 18 km en el ecuador y se disminuye a 8 en los polos, debido a esto contiene más de dos tercios del peso total de la atmósfera y provocando disminuciones térmicas que llegan al orden de 6,5 °C/km. Pero por encima de ella se encuentra la tropopausa y luego la estratosfera, esta última caracterizada por un mínimo valor el estado gaseoso del agua y una temperatura que oscila entre -55 °C y 40 °C. por encima de estos mantos atmosféricos se encuentra la delicada capa de oxígeno trivalente que puede absorber parte de las radiaciones ultravioleta, adyacente del límite superior, la temperatura percibe un aumento brusco y considerable hasta alcanzar los 10 °C. Entre los 50 y 80 km se halla la mesosfera que baja la temperatura baja a -75°. Más arriba, la termosfera presenta disociaciones moleculares con temperatura de 1 000 a 1 500 °C.

A partir de 500 km e incluso acople altozano indeterminada, se halla la exosfera. La estratosfera se atina sumo rarificada y en ella abunda el hidrógeno ionizado, hay un menoscabo de partículas (protones y electrones) las cuales se dispersan al espacio exterior, menoscabo que se ve indemnizada por el aporte de partículas en forma de viento solar (Senamhi, 2016).

2.2.2. Efecto invernadero

Se deduce aquellos módulos etéreos de la estratosfera, tanto oriundos como antropógeno, que embelesan y retransmiten radiación infrarroja (Unidas, 1992).

Aludir a un artilugio por el cual la estratosfera del orbe ha caldeado, y es un

mecanismo que ha coexistido desde que el orbe tiene estratosfera (hace unos 4,000 millones de años), es vital para obtener que nuestro astro sea un lugar adecuado para que la savia exista en él (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007).

Ingrediente gaseiforme de la estratosfera, inherente o antropógeno que embeber y amonedar refulgencia en determinadas larguras de bucle de la gama de radiación terrestre amonedar por la superficie del orbe, por la propia estratosfera y por las nubes. Peculiaridad ocasiona el efecto invernadero. El efluvio de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son el vaho del efecto invernadero primordial de la estratosfera terrestre. Además, la estratosfera sujeta cierto número de GEI enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que sujetan cloro y bromo que están contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂ y CH₄, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (GFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (OMM, 2013).

2.2.3. Cambio climático

Se refiere a la predilección a extender que durante los zagueros 150 años que ha ostensible la temperatura global del orbe, portento que se enjaretar al corolario de la profanación humana, en privativo a la agostar de ustibles fósiles como el carbón, el petróleo y a la tala de bosques (Unidas, 1992).

Se deduce un trapicheo de tempero culpado directa o secundariamente a la presteza humana que turba la estructura de la estratosfera mundial y que se suma a la

versatilidad natural del tempero observada durante fases de tiempo confrontables (Unidas, 1992).

Se recuenta a tergiversaciones quiméricas del clima como crecidas turbiones, sequias prolongadas, temples extremos, entre otros. Los enseres de estos fenómenos lían serias trasformaciones sociales y ambientales, así como desgastes económicos importantes. Los impactos del trapicheo climático afligen de talante más demostrativa a los emporios y a los ecosistemas más vulnerables (Leclerc, 2014).

2.2.4. Ciclo hidrológico

El proceso de épocas, surca el agua al filtrarse del orbe a la estratosfera y regular al orbe: ebullición desde el suelo, mar o aguas mundiales, condensación de nubes, precipitación, acopio en el suelo o masas de agua y reevaporación. El ciclo hidrológico abarca un trascurso de trasferencia recirculatorio e incierto o imborrable, tendencia inquebrantable del ciclo, la cual se debe a dos causas: la naciente, el sol que presta el brío para exaltar el agua (evaporación); la subalterna, trance planetario que hace que el agua lacónica herede (precipitación y escurrimiento) (Gálvez, 2011).

La evaporación del piélagos y de la superficie del orbe, es portear sobre el orbe por la caravana estratosfera en forma de vapor de agua, se densifica para forma nubes, se precipita en runa de lluvia o cellisca sobre el piélagos y la orbe, donde puede ser tapada por los árboles y la espesura, genera escorrentía en la superficie

planetaria, la exudación en los suelos recarga las aguas subterráneas, afluye a las corrientes fluviales y, en la etapa final afluye en los piélago (OMM, 2013).

Designa Ciclo Hidrológico a la tendencia general del agua, enhiesto por evaporación y descendente naciente por las precipitaciones y ulteriormente en forma de escorrentía superficial y subterránea (Román, 2016).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Parámetros meteorológicos

2.3.1.1. Viento

El céfiro es la versátil de sazón de movimiento del céfiro. En meteorología se empolla el céfiro como céfiro en meneo tanto horizontal como rectamente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos etéreos locales, como la hilera de nubes de tormenta.

El viento es céfiro que se agita de un lugar a otro, bien sea de un tenue hálito o de una afanosa borrasca. Goza un origen directo del atrevimiento solar. El bochorno desigual de la faja de la tierra produce zonas de altas y bajas presiones, la oscilación provoca alejamientos del céfiro que asedia el latifundio dando esfera al aire (Caucete, 2016).

Se llama viento al movimiento del céfiro, y es una derivación de las divergencias de coacción celeste, arrojadas sobre todo a las divergencias de terciaria. Debido a que el calentamiento diferencial en faceta funda las divergencias de presión, el disímil prorrateo de la emisión solar, junto con los disímiles feudos térmicos de las facetas planetarias y oceánicas, los responsables de la hilera del céfiro. El céfiro segrega desde las planos de altas coerciones a las de baja coerción, el céfiro no es más que un conato natural por acunar las divergencias de coerción de gran escala (Inzunza, 2006).

2.3.1.2. Humedad relativa

La humedad relativa, HR [%], es la eurtimia de emanación de agua real en el céfiro conferida con la cuantía de emanación de agua mingitorio para la hartura a la temperatura oportuna. Indica qué tan cerca está el céfiro del hartazgo. Se arquea en prima entre 0 y 100, donde el 0% encarna aire rematadamente seco y 100% aire ahíto (Garreaud, 2006).

Es exageradamente arduo arquear llanamente la cuantía de agua reciente en la estratosfera, pero este integrante no es substancialmente transcendental para un perito. Lo que afecta es saber cuánta emanación de agua coexiste antedicho como comisión de la cuantía axioma que puede inmovilizar el céfiro atiborrado a una terminante temperatura. Este comisión es acreditado como humedad relativa y se enuncia en baza por ciento, yaciendo un dato más revelador, a enseres relativos que la humedad absoluta, se reduce como el peso en gramos del manga tácita en un

metro cúbico de aire (Ambiente, Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú, 2016).

Individualiza la concordancia entre la imposición de emanación del agua real y la coacción de vaho de saturación del agua líquida o el hielo a la idéntica temperatura (OMM, 2013).

2.3.1.3. Temperatura

La terciana de una entidad exterioriza en qué itinerario se transportará el fervor al asentar en contacto dos cuerpos que se aciertan a tercianas distintas, ya que éste pasa perenemente del organismo cuya terciana es prócer al que tiene la terciana más baja; el proceso continúa hasta que las tercianas de ambos se igualan. (Ambiente, Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú, 2016).

Grado de calor en los cuerpos, en un tiempo determinado (Gross & García-Pelayo, 1987).

La noción de terciana se confedera cómodamente a la idea cualitativa de caliente o estofó, pues un organismo caliente tiene una gran terciana y un organismo frió tiene una mengua o muy poca terciana. En dogmatismos físicos la terciana es una providencia ambages de la energía interna ya que un organismo caliente apalea acople gran ardor interna y un organismo sofrió por el antípoda tiene desmesuradamente poco brío interno (Cabrera, 2011).

2.3.1.4. Evaporación del agua

Transformación de un líquido en vapor (Gross & García-Pelayo, 1987).

Proceso ostenta dos semblantes: el físico y el fisiológico. El originario es el que se conoce conspicio y tiene lugar en todos los recintos en que el manga está en empalme con el céfiro no ahíto, pliego todo en las magnas facetas líquidas: mares, lagos, pantanos, estanques, charcas y ríos. Por su parte, la gasificación fisiológica también es substancial y concierne a la secreción de los vegetales, la cual rehabilita a la estratosfera una gran cuantía de manga, que originalmente había sido calada. La cuantía de vaho de manga, en un mole dado de céfiro, se denomina humedad. (Senamhi, 2016).

Con este término se designa el paso al estado de vapor de un líquido cuando éste se produce de forma gradual y sólo en la superficie del mismo. Este fenómeno tiene lugar debido a que las moléculas que integran el líquido al acrecentar su energía cinética por derivación de la tercia supera la energía de atracción que existe entre ellas, produciéndose de esta forma la separación de las partículas líquidas. Las moléculas dotadas de un exceso de energía cinética abandonan la superficie líquida y contemporáneamente una disminución en la energía de las partículas restantes da lugar a un descenso de la temperatura. Dado que esta magnitud debe permanecer constante, será necesario, llevar a cabo un aporte de energía suplementaria. Dicha energía es el llamada calor latente de evaporación, definido como a cantidad de energía necesaria para evaporar un mol de líquido. Por su parte, el calor de vaporización de un líquido, a una temperatura dada, cuantía de

fervor expresada en calorías que se exige para 1g de un líquido pase a estado gaseoso. Este término resulta variable para las diferentes sustancias y disminuye al aumentar la temperatura: el calor de vaporización del agua a 0 °C presenta un valor de 607 calorías; a 100 °C esta cantidad disminuye hasta 537 cal, lo que quiere decir que para transformar 1g de agua a 100°C de vapor son necesarias 537 cal. (Domínguez Montero, 1986).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Descriptiva analítica

La analítica descriptiva es una etapa antecesora del procesamiento de datos que crea un resumen de los datos históricos para proporcionar indagación útil y preparar los datos para su posterior análisis.

La maquinación del investigador, describir como ocurre la evaporación en el distrito de Pacocha; cómo es y se manifiesta determinado fenómeno, evaluando su relación con los parámetros de rutina que son medidos por las estaciones meteorológicas del SENAMHI. Esto es seleccionar una secuencia de tiempo y a través de los datos obtenidos, narrar lo que se investiga relacionando en escenarios y conexiones existentes en un espacio geográfico dado. Por lo que esta indagación pretende puntualizar una situación meteorológica ocurrida en Ilo.

3.2. Diseño de investigación

No experimental transeccional correlacional

La presente tesis corresponde a un estudio no experimental porque los datos de la variable climatológica son registrados directamente, conforme van ocurriendo y por su naturaleza no pueden ser manipulados. En la investigación no experimental las variables independientes (parámetros meteorológicos de Ilo) ocurren libremente y la función del investigador es hacer una buena toma de datos debido a que no puede influir sobre ellas, la climatología es un proceso global y no una variable de laboratorio o modelable predecible, al igual que sus efectos.

Dentro de los diseños no experimentales, existe el tipo transeccional correlacional que tiene como objetivo describir variables individuales basándose en sus vínculos de tipo causal o correlacional. En el diseño planteado se mide la relación entre variables meteorológicas en un tiempo determinado que es la visión de la presente investigación. El cual se puede representar de la siguiente manera:

$$X_1 \rightarrow X_2$$

$$X_1 \rightarrow X_3$$

Donde X_1 es la evaporación y X_2, X_3 son los parámetros meteorológicos.

Prueba de regresión lineal múltiple

Se trabajará a partir de una terna cuidadosa de valores numerarios obtenidos, mudables meteorológicas en estudio de la cual permite proyectar los posibles consumos a través de un año. Los datos proyectados mediante la regresión lineal permitirán establecer vinculaciones y no vinculaciones frente a la evaporación, esto

permitirá contrastarlo empíricamente en futuras investigaciones, partiendo ya de las variables identificadas como emparentadas con la evaporación.

Hipótesis del modelo de regresión lineal múltiple (MRLM)

Mediante un patrón de retroceso lineal misceláneo (MRLM) tratamos de explicar el proceder de la evaporación o inconstante a explicar, inconstante endógena o inconstante dependiente, (y encarnaremos con la letra Y) en función de un contiguo de k inconstantes aclaratorias que constituyen los parámetros meteorológicos X1, X2, ..., Xk mediante una analogía de subordinación lineal (suponiendo X1 = 1):

$$Y = \beta_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_k \cdot X_k + U$$

siendo U la locución de asonada o error

Para estipular el modelo antepuesto, es inexcusable atinar (estimar) la valía de los coeficientes β_1 , β_2 , ..., β_k . La linealidad en parámetros viabiliza el descubrimiento de las variables más emparentadas con la evaporación.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Por ser un escudriñamiento de grafía climática, el estudio de la evaporación del agua y su relación con humedad relativa, velocidad del viento y la temperatura del 2014 -2015 se realizó en la provincia de Ilo.

3.3.2. Muestra

En localidad de Ciudad Jardín, contorno de Pacocha, jurisdicción de Ilo, jurisdicción de Moquegua, donde se seleccionará puntos de muestreo que reunirá las siguientes condiciones, según la Organización Mundial de Meteorología.

- La fauna silvestre no tiene acceso, tanto terrestre como aéreo.
- La flora silvestre es nula como especies completas como procesos de polinización.
- Restringido a nulo acceso poblacional.
- Cercanía de edificaciones: 50 metros.
- Mínima inclinación del Relieve terrestre.



Figura 1: *Puntos de observación de la evaporación del agua*

Elaboración: Fuente Propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente trabajo de investigación se aplicará la técnica de recopilación de datos de evaporación en distintos puntos de la UNAM y la cual se procesará mediante los estadígrafos.

3.4.1. Prueba de ANOVA

Esta es una prueba generalizada del contraste de medidas para muestras con datos emancipada. Se cotejan tres o más prototipos emancipadas cuya codificación viene dada por la variable llamada Factor. La base de esta traza reside en asimilar si el Factor intervén sobre la Versátil Respuesta, y la representación de forjar es comparando como perturban las filiaciones dentro de cada mero de las catervas en que encasilla el Factor a la observación de la Variable Respuesta.

Las observaciones de la varianza admiten discrepar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son semejantes, frente a la hipótesis alternativa de que por lo carencia una de los emporios entretén del remanente en cuanto a su valor esperado. Esta discrepancia es esencial en el análisis de corolarios experimentales, en los que afecta conferir los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con atañó a la variable dependiente o de interés.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_1: \exists \mu_j \neq \mu \quad j= 1, 2, \dots, K$$

Las expresiones para el cálculo, compendios que arbitran en el Anova son las siguientes:

- Media Global: $\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n}$
- Variación Total: $SCT = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X})^2$
- Variación Intra-grupos: $SCD = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X}_j)^2$
- Variación Inter-grupos: $SCE = \sum_{j=1}^K (\bar{X}_j - \bar{X})^2 n_j$

Siendo x_{ij} el i -ésimo valor de la muestra j -ésima; n_j el tamaño de dicha muestra y \bar{X}_j su media.

Cuando la hipótesis nula es cierta $SCE/K-1$ y $SCD/n-K$ son dos tasadores insesgados de la varianza poblacional y el cociente entre entrambos se intercambia según una F de Snedecor con $K-1$ grados de autonomía en el ábaco y $N-K$ grados de autonomía en el denominador. Por lo tanto, si H_0 es cierta es de esperar que el cociente entre entrambas tasaciones será aproximadamente igual a 1, de runa que se rechazará H_0 si dicho cociente difiere significativamente de 1.

3.4.2. Prueba de regresión lineal múltiple

El estudio se ajusta en dos pilastras esenciales: la suposición y las efemérides. La presunción asiente derivar un piloto que extracta la incógnita selecta sobre el anómalo (la variable endógena) ente del análisis y del cual emana el piloto que asiente medirlo y disentir empíricamente. Las efemérides se compendian en una ristra de datos que denominaremos información muestral. La muestra, a su vez, reside en una terna metódica de valores numéricos de las variables objeto de estudio. En una muestra de corte transversal, diversos agentes de una naturaleza

similar proveen indagación requerida en un semejante santiamén de tiempo. Alternativamente, el pensador atarea en épocas con datos de sartas temporales, en las que se dispone de pesquisa acerca de unidad, como puede ser un país, una empresa, a lo largo de lapso; estos prototipos pueden tener reiteración diaria, mensual, anual, según reiteración de indagación de los datos. Una vez que se especifica el piloto y se dispone de la pesquisa estadística armónicamente asistida, se llega a la fase consecuente del trabajo investigado: la fase de valía. Los corolarios de esta etapa de estimación acceden arquear y contrastar las relaciones sugeridas por la teoría.

➤ **Hipótesis del modelo de regresión lineal múltiple (MRLM)**

Mediante un piloto de regresión lineal múltiple (MRLM) asistimos de revelar el proceder de una explícita versátil que denominaremos versátil a explicar, versátil endógena o versátil dependiente (y representaremos con la letra Y) en función de un agregado de k versátiles explicativas X_1, X_2, \dots, X_k mediante una reciprocidad de dependencia lineal (suponiendo $X_1 = 1$):

$$Y = \beta_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_k \cdot X_k + U$$

siendo U la locución de perturbación o error

Para acordar el piloto anterior, es inevitable hallar (estimar) la cuantía de los coeficientes $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. La linealidad en parámetros viabiliza la exegesis correcta de los parámetros del piloto. Los parámetros miden el ímpeto medio de los efectos de las versátiles explicativas sobre la versátil a revelar y se adquieren al tomar las

derivadas parciales de la variable a explicar respecto a cada una de las variables explicativas:

$$\beta_j = \frac{\partial Y}{\partial X_j}; \quad j = 1, \dots, k$$

Nuestro objetivo es estipular valores numéricos a los parámetros $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. Es decir, trataremos de valorar el piloto de cualidad que, los valores escuetos de la versátil endógena reflejen tan próximos a los valores realmente observados como sea posible.

3.4.3. Prueba de Anderson – Darling

Esta cata confiere la función de prorratoe allegada empírica de los datos del prototipo con el prorratoe deseable si los datos coexistieran normales. Si el contraste observado es adecuadamente magno, usted resistirá la hipótesis nula de normalidad en la población. El ensayo de Anderson-Darling tiende a ser más inmune para detectar desviaciones en las colas de la distribución normal

$$A_n^2 = n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[F_n(x) - F(x)]^2}{F(x)[1 - F(x)]} f(x) dx$$

$$A_n^2 = - \sum_{i=1}^N \frac{(2i - 1)}{n} [\ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{n+1-i}))] - n$$

Dónde:

n es el número de datos

F(X) es la función de distribución de probabilidad teórica

F_n(x) es la función de distribución empírica.

Para delimitar la regla de rebote para esta prueba es inevitable, también, alcanzar el estadístico ajustado para incontinenti cerciorarse con los valores críticos de la tabla de Anderson-Darling.

3.4.4. Prueba de Durbin – Watson

Una prueba para evaluar que los residuos de una regresión lineal o múltiple regresión son independientes, dado que la mayoría de los problemas de regresión que implican datos de series de tiempo muestran una autocorrelación positiva.

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_1: \rho > 0$$

La prueba estadística.

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Donde $e_i = y_i - \hat{y}_i$ y y_i y \hat{y}_i son respectivamente, los valores observados Y valores predichos de la variable de respuesta para el individuo i se hace más pequeña a medida que aumentan las correlaciones en serie. Superior y valores críticos más bajos, d_U y d_L se han tabulado para diferentes Valores de k (el número de variables explicativas) y n .

El estadístico de Durbin-Watson arquea el grado de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y la anterior. Si su valor está próximo

a 2, entonces los residuos están incorrelacionados, si se aproxima a 4, estarán negativamente autocorrelados y si su valor está cercano a 0 estarán positivamente autocorrelacionados.

3.4.5. Instrumentos para la recolección de los datos

Los instrumentos que se utilizaron fueron:

- 1) 02 recipientes de agua (similar el tanque de evaporación tipo A).
- 2) 01 higrómetro.
- 3) 01 termómetro ambiental.
- 4) 01 anemómetro.
- 5) 01 balanza.
- 6) 02 recipientes de 5 l.
- 7) 01 ficha de recolección de datos.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para procesar los datos se trabajará con ANOVA, regresión lineal múltiple, normalidad y autocorrelación de residuos. Estas pruebas estadísticas serán procesados y analizados con el software estadístico Statgraphics centurión 16.1 para luego ser clasificados y sistematizados de acuerdo a las unidades de análisis correspondiente, respecto a sus variables.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación de resultado por variables

4.2. Hipótesis específica 1

Ho = Existe una relación significativa de la humedad relativa, el viento y la temperatura frente a la evaporación del agua, de la ciudad de Ilo.

Ha = No existe una relación significativa de la humedad relativa, el viento y la temperatura frente a la evaporación del agua, de la ciudad de Ilo.

4.2.1. Prueba de normalidad de los datos

Tabla 2

Índices de normalidad de Shapiro-Milk

Variable	Probabilidad
Temperatura	0,68
Velocidad del viento	0,626
Humedad relativa	0,165
Evaporación	0,395

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 02 se observa que las variables temperatura, velocidad, humedad y evaporación presenta, en todos los casos, un valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que las variables meteorológicas provienen de una distribución normal con 95% de confianza. Por tal se puede evaluar la relación entre las variables independientes (temperatura, velocidad y humedad) contra la dependiente (Evaporación).

4.2.2. Niveles de relación entre variables

Tabla 3

Niveles de correlación múltiple de las variables meteorológicas

	Evaporación	Temperatura	Velocidad	Humedad
Evaporación	1.000			
Temperatura	-0.312	1.000		
Velocidad	-0.595	0.561	1.000	
Humedad	-0.103	-0.843	-0.213	1.000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 03, se observa que las variables independientes (temperatura, velocidad y humedad) se relacionan de manera inversa con la evaporación, es decir que a medida que aumentan los valores de las variables independientes, los valores de la evaporación disminuirán.

En relación a la evaporación con la temperatura y la humedad, estas se relacionan de manera muy baja, con niveles, - 0.312 y -0.103; y que según (Hernández, 2010), valores muy próximos a cero indican una mala relación o una relación casi nula.

Por otro lado, la relación entre las variables independientes, humedad y temperatura tienen una relación inversamente alta (-0.843), lo cual genera el problema de multicolinealidad entre estas dos variables.

4.2.3. Modelo de regresión Lineal Múltiple

Para la estimación de la evaporación se propone el modelo de regresión:

$$\text{Evaporación} = \text{Temperatura} + \text{Velocidad} + \text{Humedad} \dots (1)$$

Según la Tabla 04, se observa que el nivel de probabilidad es de 0,063 y que a un nivel de significancia de 0.05, determinando que el modelo planteado es no significativo. Esto se puede observar en la tabla N° 05, en donde ninguna de las variables independientes llega a ser significativo ($p\text{-value} > 0.05$).

Tabla 4

ANOVA para el modelo (1)

Source	SS	df	MS	F	p-value
Regression	17.6291	3	5.8764	3.67	0.0630
Residual	12.8257	8	1.6032		
Total	30.4548	11			

Fuente: Elaboración propia

El problema de multicolinealidad que observamos en la tabla 02 con las variables temperatura y humedad se ve con mayor detalle en los valores VIF (factor de inflación de la varianza) de la tabla 05.

Tabla 5

Factor de Inflación de la varianza para el modelo (1)

Regression output					
Variables	Coefficients	std. error	t (df=8)	p-value	VIF
Intercept	28.6280	10.6805	2.680	0.0279	
Temperatura	-0.3840	0.2142	-1.793	0.1107	7.291
Velocidad	-0.1078	0.1805	-0.597	0.5669	2.208
Humedad	-0.2296	0.1113	-2.062	0.0731	5.238

Fuente: Elaboración propia

Según Hanke y Wichern (2010), valores mucho mayores a 1, indica un problema de multicolinealidad, es decir que la variable independiente influye en otra variable independiente y que estas variables no son del todo independientes, esto obliga que las variables con problemas de VIF sean excluidas de un modelo de regresión.

El VIF para la variable temperatura es de 7.291 y para humedad es de 5.238, esto nos obliga a replantear un nuevo modelo (2) de estimación para la evaporación.

$$\text{Evaporación} = \text{Velocidad} \quad \dots (2)$$

Según la tabla 06, el modelo (2) replantado, con una probabilidad 0.0412, es significativo a un nivel de significancia del 0.05, con un error estándar de 1.402 y una proporción de variabilidad explicada de 0.354, es decir que la variable, velocidad del viento explica los valores de la evaporación en un 35.4% presentados en la tabla 7.

Tabla 6

ANOVA para el modelo (2)

ANOVA table					
Source	SS	Df	MS	F	p-value
Regression	10.7888	1	10.7888	5.49	0,0412
Residual	19.6660	10	1.9666		
Total	30.4548	11			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Resultado del análisis de regresión según Durbin-Watson para evaporación y velocidad del viento

r^2	35.4%
r	-0.595
Std. Error	1.402
Durbin-Watson =	1.47

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

Se ACEPTA la HIPÓTESIS DE ALTERNA (H_a) y se RECHAZA la HIPÓTESIS NULA (H_0). Se plantea como respuesta.

4.3. Hipótesis específica 2

H_0 = Existe una cantidad de agua significativa que se evapora, de la ciudad de Ilo.

H_a = No existe una cantidad de agua significativa que se evapora, de la ciudad de Ilo.

Tabla 8

Medidas descriptivas de la variable evaporación

Media	4.34
Error típico	0.48
Mediana	4.08
Desviación estándar	1.66
Varianza de la muestra	2.77
Coefficiente de variación	0.38
Curtosis	-1.40
Coefficiente de asimetría	0.27
Mínimo	2.08
Máximo	6.75

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 08, observamos que la evaporación media es de 4.34 con un coeficiente de variación del 38%, lo cual indica evaporaciones mensuales son heterogéneas durante el periodo 2014-2015, esto es corroborado por el coeficiente de curtosis de -1.40, siendo este menor a cero, indica que las evaporaciones mensuales se encuentran muy dispersos con respecto a su valor medio. También observamos que el coeficiente de asimetría es de 0.27, siendo este mayor a cero, indica que la mayoría de las evaporaciones mensuales se encuentran por encima de su valor medio.

Por lo tanto:

No se pudo determinar ninguna Hipótesis, existe mucha variabilidad. Se plantea como respuesta.

4.4. Hipótesis específica 3

Ho = Existe una cantidad de agua significativa que se evapora en la época de invierno como en verano, de la ciudad de Ilo, en el periodo 2014 – 2015.

Ha = No existe una cantidad de agua significativa que se evapora en la época de invierno como en verano, de la ciudad de Ilo, en el periodo 2014 – 2015.

Tabla 9

Resumen de la Prueba T para dos muestras suponiendo varianza igual

	Verano	Invierno
Media	3.3333	6.6033
Varianza	1.4485	0.0170
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.7328	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-4.6785	
Probabilidad de prueba	0.0095	

Fuente: elaboración propia

Según la tabla 9, se observa que la probabilidad para evaluar si existe diferencia significativa entre los valores promedios de evaporación en las épocas de verano e invierno es de 0.0095, siendo esta altamente significativa a un nivel de significancia del 0.01.

Por lo tanto:

Se **ACEPTA** la **HIPÓTESIS DE NULA (Ho)** y se **RECHAZA** la **HIPÓTESIS ALTERNA (Ha)**. Se plantea como respuesta.

Por lo tanto, en las épocas de verano e invierno la cantidad de agua evaporada no es igual, aceptándose la hipótesis nula.

4.5. Hipótesis general

Existe una relación significativa entre el comportamiento de los parámetros meteorológicos y su relación con la evaporación del agua, en el periodo 2014-2015, de la ciudad de Ilo.

Por lo tanto:

Se RECHAZA la HIPÓTESIS NULA (H_0) y se ACEPTA la HIPÓTESIS ALTERNA (H_a). Se plantea como respuesta.

Si bien la hipótesis general afirmaba que un conjunto de parámetros era quienes hacían posible la evaporación del agua, a través de la investigación se demuestra que solo uno, tiene relación directa que resulto la velocidad del viento mientras que los otros expresan condiciones meteorológicas generales, pero no ejercen una influencia significativa en la evaporación.

4.6. Discusión de resultado

Al determinar que los parámetros meteorológicos, temperatura y la humedad relativa; trabajan de forma inversa (a mayor temperatura menor la humedad relativa), en la evaporación de agua, de la ciudad de Ilo, en el periodo 2014 – 2015, contradice las suposiciones clásicas. (Mencionadas en la fórmula 1). Pero el parámetro meteorológico temperatura, que supondría ser de mayor significancia

porque establecería que a mayor temperatura mayor evaporación de agua, resultó a efectos de esta investigación no cierto y por el contrario el parámetro meteorológico velocidad del viento, influye más en la evaporación del agua, de la ciudad de Ilo, en el periodo 2014 – 2015. Esta afirmación valida los conceptos recogidos en diversas fuentes, las cuales afirman que es el viento quien acelera la evaporación del agua incluso de la atrapada en la ropa para secado en días de baja radiación solar (Pérez G. , 2018).

La cantidad de agua que se evapora no presentó un valor significativo y/o valor promedio a través del tiempo de investigación, lo que permite deducir que al ser el viento quien ejerce una gran influencia, su comportamiento inestable evapora agua de manera irregular, pero esta afirmación requiere de ser contrastada con datos de otras localidades o proyecciones a mayor plazo.

Otro de los supuestos que esta investigación refuta es la época del año donde hay más actividad en la evaporación del agua, cuya respuesta no es lo que se supondría, que es verano sino por el contrario es en la época de invierno y es altamente significativo en el periodo 2014 – 2015, prácticamente dobla el promedio de evaporación en invierno frente al periodo de evaporación del verano. Una posible explicación para esta afirmación sería que la velocidad del aire empuja a las partículas de agua suspendidas alrededor de las fuentes hídricas, al reducirse la presión, otras partículas hídricas llenan el espacio y este ciclo se retroalimenta continuamente, provocando que la evaporación se acelere con el viento (Cusiritati, 2018).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera: Se determinó que el comportamiento de la humedad relativa en el periodo 2010 – 2015, no son homogéneos, siendo los años 2014 – 2015 los más desiguales, de la ciudad de Ilo y el comportamiento de la temperatura en el periodo 2010 – 2015, no son homogéneos, siendo los años 2014 – 2015 los más desiguales, de la ciudad de Ilo.

Segunda: Se logró evidenciar que 2 de los 3 parámetros meteorológicos: temperatura y humedad relativa trabajan de forma inversa (a mayor temperatura menor humedad relativa) en relación con la Evaporación del agua, de la ciudad de Ilo, en el periodo 2014 – 2015.

Tercera: El comportamiento de la evaporación, en relación a los meses estudiados, nos indica que son heterogéneos, no hay un promedio significativo y son muy dispersos en el periodo 2014 – 2015, en la ciudad de Ilo.

Cuarta: Es altamente significativa la evaporación de agua, en la época de invierno, con relación a el verano, de la ciudad de Ilo, en el periodo 2014 – 2015.

5.2. Recomendaciones

Primera. Esta investigación es pionera en la evaluación meteorológica específica de ecosistemas sudamericanos de desierto por ello se debe seguir con esta línea de investigación para tener mayor conocimiento de los parámetros meteorológicos y su relación con el ciclo del agua a través de la evaporación del agua.

Segunda. Al descubrir que la evaporación en Ilo no se comporta de la manera prevista, es necesario investigar otros parámetros meteorológicos y determinar su comportamiento en un ecosistema costero como es Ilo.

Tercera. Se requiere un estudio comparativo a través de la cuenca del río Osmore y su evaporación, para determinar la variabilidad evaporativa a través del comportamiento de su cuenca.

Cuarta. Crear programas informáticos basados en un banco de datos meteorológicos mayor a 5 años, en especial de los parámetros meteorológicos como la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento de la ciudad de Ilo, pero con un sistema amigable, en español y de acceso gratuito. Asimismo, Se necesita un modelamiento de la evaporación vinculado al tipo de cobertura de la provincia de Ilo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua, A. C. (2007). *Agua y cambio climático*. Cataluña.
- Ambiente, M. d. (05 de 09 de 2016). *Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú*. Obtenido de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=1003>
- Ambiente, M. d. (11 de 07 de 2017). *Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú*. Obtenido de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0300>
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una propuesta desde la ciencia de la Tierra. *Revista digital universitaria*, 11.
- Cabrera. (2011). *Temperatura y calor*. Lima: Universidad Nacional del Callao.
- Caucete. (10 de 09 de 2016). *Energías Limpias - el Viento*. Obtenido de www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/eolica_y_molinos/capitulo_1/cap_1_1.htm
- Climático, G. I. (2008). *EL Cambio climático y el agua*. Ginebra.
- Cusiritati. (28 de Enero de 2018). *Cusiritati*. Recuperado el 29 de Abril de 2018, de ¿Por qué afecta la humedad y la velocidad del viento de evaporación?: <http://www.cusiritati.com/Lom66Nrm6/>
- Domínguez Montero, M. G. (1986). *AULA curso de orientación*. España: CULTURAL, S.A. DE EDICIONES.
- Duarte, C. (2006). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC.
- Gálvez, D. J. (2011). “*Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico*”. Lima: La Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-08841.
- Garreaud, C. M. (2006). Determinación de humedad en la atmósfera. *Meteorología y Climatología*, 7.
- Gross, R., & García-Pelayo, Y. (1987). *Pequeño Larousse Ilustrado*. París: Larousse.
- Inzunza, J. (2006). *Meteorología Descriptiva*. Concepción - Chile: Departamento de física de la atmósfera y del océano de la universidad de concepción.
- Jara, J. C. (2010). *Plan Estratégico del Desarrollo Nacional*. Lima: Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2010-03114.

- Leclerc, G. (2014). Cambio climático y agua: Una relación clave para la adaptación. *Ecoadapt*, 8.
- Lozano, R. M. (2004). *Meteorología y climatología*. Madrid: Fundación española para la ciencia y la tecnología.
- OMM, P. (2013). *Cambio climático bases físicas*. Noruega: Yann Arthus-Bertrand.
- Pérez, G. (30 de Abril de 2018). *Ciclo hidrológico.com*. Obtenido de <https://www.ciclohidrologico.com/evaporacin>
- Pérez, G. P. (24 de 10 de 2016). *Cambios temporales y efectos climáticos*. Obtenido de Ciclo hidrologico.com: http://www.ciclohidrologico.com/cambios_temporales_y_efectos_climicos
- PNUD. (2014). *Cambio climático y territorio*. E.E.U.U: Mohawk.
- PNUMA. (1997). *Impactos regionales del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad*. E.E.U.U: ISBN: 92-9169-310-3.
- Román, F. J. (26 de 09 de 2016). *El ciclo hidrológico*. Obtenido de http://hidrologia.usal.es/temas/Ciclo_hidrol.pdf
- Romero, H. (2013). Macro y mesoclimas del altiplano andino y desierto de Atacama: desafíos y estrategias de adaptación social ante su variabilidad. *Revista de geografía Norte Grande*. Santiago de Chile, Chile.
- Senamhi. (01 de 10 de 2016). *Definición del viento*. Obtenido de www.senamhi.gob.pe/main_down.php?ub=mmt&id=cap7
- Unidas, N. (1992). *Convención marco de las naciones unidas sobre el Cambio climático*. Nueva York: GE.05-62301 (S) 220705 220705.
- Vera Zúñiga, M. A. (2016). Actualización del plan integral de gestión ambiental. Ilo: Municipalidad provincial de Ilo gerencia de servicios a la ciudad.
- VILLODAS, I. E. (2008). *Hidrología*. Mendoza - Argentina: Universidad nacional de Cuyo.
- Wu, S. B. (2008). *El cambio climático y el agua. documento técnico del Grupo IPCC*. Ginebra: PNUD.