

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES



Estimación del impacto económico del cambio climático en el dengue en el Perú

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE BACHILLER EN
CIENCIAS SOCIALES CON MENCIÓN EN ECONOMÍA**

AUTORES

López Vera, Rodrigo Alonso
Maldonado Vera, Carlos Miguel

ASESORA

Morales Saravia, Rosa Mabel

2020

RESUMEN

A lo largo de los años ha existido un claro aumento en los niveles de distintas variables climáticas que la humanidad se encuentra que influenciando el medio ambiente. Los cambios mencionados en las variables climatológicas son denominado como Cambio Climático, y está demostrado que no solo afecta directamente al medio ambiente, sino a la vida diaria de las personas mediante distintos canales. Uno de estos canales es el aumento de enfermedades infecciosas, en específico, aquellas transmitidas por insectos, como la fiebre del dengue. En el Perú, la fiebre del dengue es una enfermedad que no recibe la atención necesaria del caso. Existe evidencia que, a la semana epidemiológica 21 del año 2020, ya se superó los números de contagiados de todo el año 2019. El objetivo de esta investigación es, en primer lugar, determinar los efectos del cambio climático en los casos positivos de dengue; esto es, demostrar que el aumento de las variables meteorológicas seleccionadas, temperatura, humedad y precipitación, suscitan un efecto positivo en la prevalencia del dengue en el Perú. Así, utilizando un modelo de Datos de Panel, se espera encontrar que la relación entre las condiciones climáticas y el número de pacientes infectados con el dengue es positiva y significativa. Finalmente, con los hallazgos encontrados, utilizamos el método de Valoración Contingente para obtener el impacto económico del efecto del Cambio Climático en el dengue en el Perú hallando la disposición máxima a pagar de las personas para evitar contagiarse de la fiebre del dengue. El ejercicio propuesto es la creación de una institución que enfoque su trabajo en el mantenimiento y limpieza de las zonas en las cuales el dengue se encuentra con mayor riesgo de desarrollarse.

Palabras clave: dengue, cambio climático, Perú, salud, enfermedad, impacto económico.

ABSTRACT

Throughout the years, there has been an increase in the levels of different climatological variables that suggest the existence of human factors that affect the environment. The variability in the climatic state is also known as Climate Change and it is proven that it not only affects the environment, but the daily life of the people through different methods. One of these methods is the rise of different types of infectious diseases, such as the dengue fever. The dengue fever is a disease that does not receive de adequate attention from peruvians. There is evidence that up until the 21th epidemiologic week of 2020 there has been more cases of dengue fever in the whole 2019. The objective of this study is, in first place, to determine the effects of Climate Change in the dengue mosquito, that is, show that the increase in the climate variables chosen, have a positive effect in the prevalence of the dengue fever in Peru. Therefore, using a Panel Data Model, we expect to find that the relation between the climate conditions, and the number of patients infected with the dengue fever is positive and relevant. Finally, with what we obtain from the previous exercise, we use the Contingent Valuation method to obtain the economic impact that the effect of the Climate Change in dengue has in the population, obtaining the people's maximum willingness to pay (WTP) to avoid getting the disease. The proposal is to create an institution that focus its work in the maintenance and cleaning of the zones in which the dengue has a tendency to develop.

Keywords: dengue, climate change, Peru, health, disease, economic impact

ÍNDICE

1. Introducción	6
1.1 Motivación: antecedentes y justificación	6
1.1.1 ¿Qué es el cambio climático?	6
1.1.2 Problema global del Cambio Climático	8
1.1.3 Relación del Cambio Climático con las variables climáticas: temperatura, precipitación y humedad.	12
1.1.3.1 El Cambio Climático y la Temperatura	12
1.1.3.2 Cambio Climático y Precipitación	14
1.1.3.3 Cambio Climático y Humedad	15
1.1.4 Efectos potenciales del cambio climático en la salud humana	16
1.2 Objetivo general y específicos: preguntas a responder en la investigación	18
1.3 Aportes de la investigación	18
1.4 Descripción del contenido del avance	22
2 Marco teórico	23
2.1 Cadenas causales o relaciones causales: Relación Cambio Climático y salud en enfermedades y, en particular, el dengue	23
2.1.1 Efectos del cambio climático en enfermedades infecciosas	23
2.1.2 Efectos del cambio climático en el agente patógeno	24
2.1.3 Efectos del cambio climático en los vectores/portadores	25
2.1.4 El virus del dengue	25
2.1.5 El efecto del cambio climático en el virus del dengue	27
2.2 Metodología	27
2.2.1 Relación entre condiciones climáticas y la fiebre del dengue	28
2.2.1.1 Estimación del impacto del cambio climático en el nivel de densidad	29
2.2.1.2 Estimación del impacto del nivel de densidad en el número total de pacientes con la fiebre del dengue	30
2.2.1.3 Calcular el impacto potencial del cambio climático en la prevalencia del dengue mediante elasticidades	30
2.2.2 Valoración contingente	31
3. Estudios empíricos previos	32
4. Hipótesis	34
5. Hechos estilizados del contexto en el que se desarrolla el estudio	35
5.1 El dengue en el Perú	35
5.2 Sistema de salud en el Perú en su relación con el Dengue	38
6. Tratamiento de datos	43
7. Conclusiones	48
8. Bibliografía	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Vista sistemática de los componentes del sistema climático, sus interacciones y procesos.....	7
Gráfico 2: Ciclo del carbono simplificado.....	7
Gráfico 3 Emisiones de Dióxido de Carbono, 1850-2040.....	9
Gráfico 4: Porcentaje de emisiones de gas invernadero a nivel global por sector y tipo de gas, 2010.....	11
Gráfico 5: Evolución de la temperatura de la superficie (1880 - 2005).....	13
Gráfico 6: Evolución de los extremos calientes sobre la tierra	14
Gráfico 7: Evolución de la media global de humedad específica	16
Gráfico 8: Distribución de serotipos del virus del Dengue en las Américas, 1990-2014.	35
Gráfico 9: Número de casos de Dengue por SE para el Perú, años 2018-2020.....	38
Gráfico 10: Porcentaje del PBI destinado hacia Salud en países de América Latina, 2007-2013.	40
Gráfico 11: Promedio semanal del Índice de Breteau en % para el periodo 2018-2020.....	45
Gráfico 12: Promedio de casos de dengue positivos por departamento para el periodo 2018-2020.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de Breteau y Nivel de Densidad.....	28
Tabla 2 Distribución de casos de Dengue por grupos de Edad y Sexo a la SE 21 en Perú 2020	37
Tabla 3: Casos de dengue positivos e Índice de Breteau en promedio semanal por departamento	44
Tabla 4: Distribución por grupo de importancia y variables analizadas.....	46
Tabla 5: Conclusión de grupos de solicitud al Senamhi	47

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN: ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

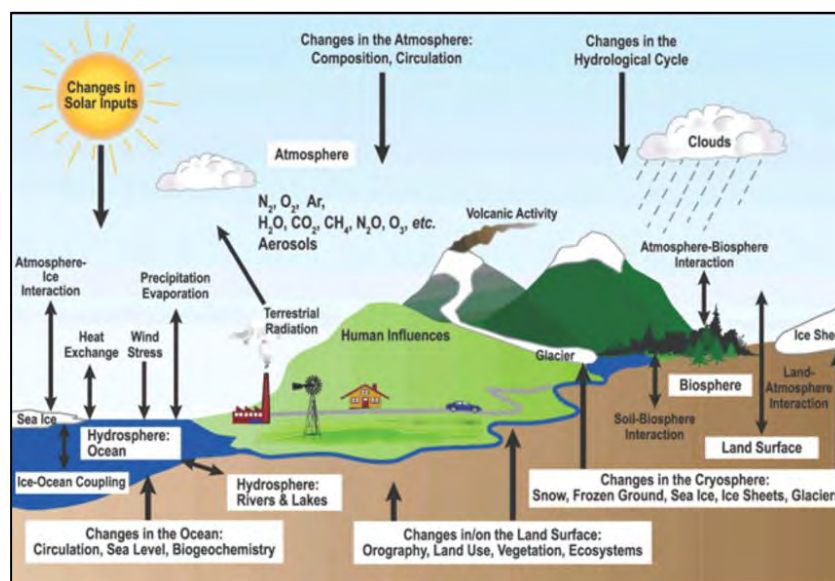
1.1.1 ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Existe un consenso científico sobre que las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera están incrementando, causando así el cambio climático. Las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero generados por los humanos son los principales responsables de este incremento (Rosenzweig y Solecki, 2005). Miller (2007) identifica al cambio climático global como las modificaciones en cualquier aspecto sobre el clima del planeta, que pueden ser la temperatura, la precipitación, entre otros. Por su parte, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2008) menciona que el cambio climático es aquel problema que determina el desarrollo humano en nuestra generación, ya que socavará los esfuerzos emprendidos en el ámbito internacional con el fin de combatir la pobreza.

Para comenzar, tenemos que hacer una distinción entre clima y tiempo. El tiempo hace referencia al estado atmosférico en un período específico en un lugar específico (temperatura, humedad, precipitación, vientos son ejemplos de elementos del tiempo), por otra parte, el clima es definido como patrones del tiempo a largo plazo (mayor o igual que 30 años) que describen una región (por ejemplo, Tumbes presenta un clima cálido y húmedo) (Adedeji, Reuben y Olatoye, 2014). Otra distinción importante es entre el calentamiento global y el cambio climático. El cambio climático es más que una tendencia hacia mayores temperaturas, por lo que el término “calentamiento global” es una descripción del fenómeno incorrecta (Adedeji et al., 2014).

El sistema climático se deriva de la energía del sol y es regulada por los procesos y ciclos naturales en el Sistema Tierra. Los cuales incluyen el ciclo del carbón y los efectos de gases invernadero, los ciclos orbitales, las corrientes oceánicas que distribuyen agua cálida y fría alrededor del planeta, y las interacciones de la atmósfera con el océano que moderan la temperatura (Rosenzweig y Solecki, 2005). Los componentes, procesos e interacciones del sistema climático pueden ser apreciados en el Gráfico 1.

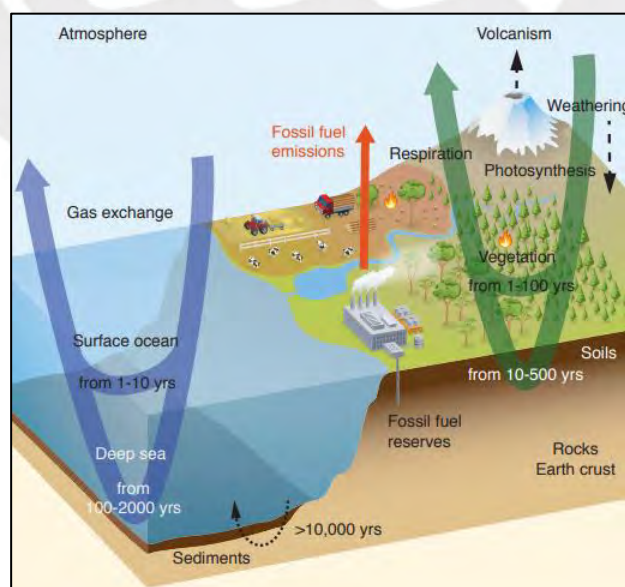
Gráfico 1: Vista sistemática de los componentes del sistema climático, sus interacciones y procesos.



Fuente: IPCC (2007)

Los autores también detallan que los humanos estamos afectando el sistema climático principalmente por las alteraciones en el ciclo del carbono (Gráfico 2), el cual regula el flujo del carbón entre partes vivientes y no-vivientes del sistema Tierra ya que, en la medida en la que los humanos quemamos combustible fósil para producir energía y, al mismo tiempo retiramos ecosistemas naturales, el dióxido de carbono es liberado a la atmósfera, donde actúa como un gas de efecto invernadero (Rosenzweig y Solecki, 2005).

Gráfico 2: Ciclo del carbono simplificado



Fuente: Ciais *et al.* (2013)

El efecto invernadero es un sistema natural que regula la temperatura de la tierra (Adedeji et al., 2014). Es una manera en la cual el calor es atrapado cerca de la superficie de la Tierra mediante los gases de efecto invernadero, estos gases surgen de manera natural y que mantiene el planeta a una temperatura de 15°C en promedio, sin los gases de efecto invernadero, la temperatura de la Tierra estaría por debajo de los 0°C (UCAR 2011).

Por miles de años, la atmósfera de la Tierra ha cambiado muy poco (Adedeji et al., 2014). Las temperaturas y el balance en la que los gases de efecto invernadero atrapan el calor han permanecido adecuadas para que los humanos, animales y plantas sobrevivan. Sin embargo, estamos enfrentándonos a problemas actuales para mantener este balance. Esto se debe a que quemamos combustible fósil para calentar nuestras casas, prender nuestros carros, producir electricidad, en manufactureras de diversos productos. Estamos aumentando la capacidad de almacenar calor del efecto de gases invernadero natural. Entonces, es este aumento inducido por la humanidad de gases de efectos invernadero que causa preocupación sobre el ambiente, ya que tiene el potencial de calentar el planeta a una velocidad jamás antes vista en la historia.

1.1.2 PROBLEMA GLOBAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las repercusiones del cambio climático van desde un aumento de la temperatura promedio global, que genera el derretimiento de las superficies terrestres cubiertas por nieve; una disminución del tiempo en que ríos y lagos permanecen congelados; un aumento del nivel medio del mar, patrones de precipitación cambiantes; el aumento de la cantidad de eventos climáticos extremos (Gonzales *et al*, 2003); hasta la aparición y fácil expansión de enfermedades. Los seres humanos debemos tomar consciencia que el medio ambiente es el entorno en que desarrollamos nuestras actividades diarias, tanto de producción como de consumo.

Uno de los cambios más notorios en el planeta es el aumento de la temperatura. Estrada (2001) explica que ésta está definida de acuerdo a la masa del planeta, qué tan lejos se encuentra del sol y la composición de la atmósfera. Para el caso de la Tierra, la atmósfera está compuesta por 78%, nitrógeno, 21% oxígeno y 1% de otros gases, entre los que se encuentran los gases de efecto invernadero (vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), los cuales retienen la radiación infrarroja y hacen que el planeta sea más caliente de lo que fuera sin ellos.

Además, afirma que altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera coinciden con un aumento en la temperatura del planeta (Estrada, 2001). La concentración de CO₂ en la atmósfera ha aumentado en un 31% desde la Revolución Industrial y, este aumento se debe

al incremento del uso de los combustibles fósiles en las actividades productivas. La cantidad de CO₂ puede duplicar los niveles que se presenciaban en la época preindustrial en los siguientes 50 a 100 años si no se toman medidas de control necesarias (Trenberth, 2001). Steffen *et al.* (2015), explican que ya no se puede considerar a la actividad humana independiente del sistema de la Tierra.

Lo mencionado es demostrado mediante los gráficos de la Gran Aceleración, estudio realizado por la International Geosphere-Biosphere Program (IGBP), con lo que se concluye que un aumento en la actividad humana, representado en diez indicadores socio-económicos, han tenido un gran efecto en el sistema de la tierra, representado por otros doce indicadores. Los indicadores socio-económicos que ellos utilizan son la población, el PBI real, la inversión real extranjera, la población urbana, el consumo de fertilizantes, las represas, el uso de agua, la producción de papel, el transporte y las telecomunicaciones. Los indicadores que son utilizados para representar las tendencias del sistema de la Tierra son los niveles de dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, ozono estratosférico, temperatura de la superficie, la acidificación del océano, la cantidad de captura de pescado, la acuicultura de camarones, el nitrógeno en las zonas costeras, la deforestación tropical, la tierra domesticada y, la degradación de la biósfera terrestre.

La conclusión a la que los autores llegan es que el sistema de la Tierra ha sufrido cambios tan grandes que ya no se considera que se encuentre en la era geológica del Holoceno, sino que se encuentra en una nueva era a la cual denominan como el Antropoceno, que se caracteriza por el alto grado de actividad humana que provoca variaciones exageradas en los indicadores del sistema de la Tierra previamente mencionados (Steffen *et al.*, 2015). Hacemos mención a los indicadores socioeconómicos para identificar el efecto que tienen estos sobre los componentes del sistema de la Tierra, lo

Gráfico 3 Emisiones de Dióxido de Carbono, 1850-2040



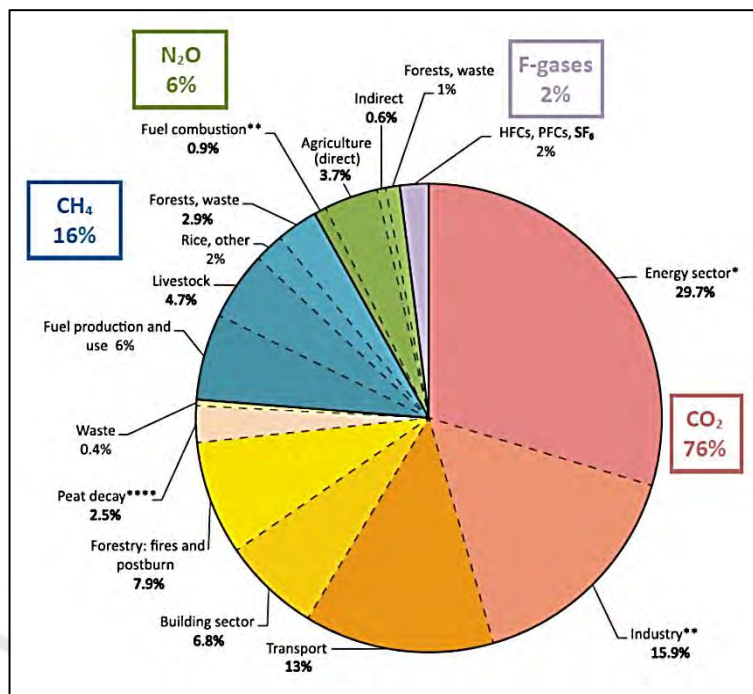
Fuente: C2ES (2020)

cual se ve influenciado por la actividad humana en aumento. Se puede apreciar de manera gráfica este pronunciado cambio del cual hablan Steffen et al., gracias al *Center for Climate Change and Solutions*, que hizo una proyección de la evolución del dióxido de carbono que podemos observar en el [Gráfico 3](#).

Además, en el [Gráfico 4](#), se muestra la proporción de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), y por tipo sector de actividad económica. En relación al [Gráfico 3](#), se puede apreciar el aumento pronunciado de emisiones de CO₂ desde 1950 y si lo relacionamos al [Gráfico 4](#) el CO₂ es el componente de mayor proporción de los gases emitidos siendo los sectores de energía, industria y transporte los que producen mayor cantidad de CO₂ con respecto a los otros sectores incluso los otros gases que originan el efecto invernadero.

Gracias al [Gráfico 3](#) y al [Gráfico 4](#), se puede comprobar el aumento pronunciado de los gases de efecto invernadero y los sectores que más los producen. Se infiere que este aumento está influenciado en gran medida por el incremento de la actividad humana. Es importante recalcar el acelerado incremento que tuvieron las emisiones de dióxido de carbono a partir de la segunda mitad del siglo XX. Las actividades productivas no solo afectan a un solo país, sino que interconectan a varios países, y así como explica Steffen et al. (2015), mediante el inicio de la Gran Aceleración en 1950, este aumento exacerbado de la actividad humana y la producción de bienes sigue incrementándose. Este aumento tuvo y sigue teniendo un gran impacto en el desarrollo del cambio climático, debido a que el incremento de la actividad económica está basada en el uso de combustibles fósiles, el cual se ve influenciado por la actividad humana en aumento. Se puede apreciar de manera gráfica este pronunciado cambio del cual hablan Steffen et al., gracias al *Center for Climate Change and Solutions*, que hizo una proyección de la evolución del dióxido de carbono que podemos observar en el [Gráfico 3](#).

Gráfico 4: Porcentaje de emisiones de gas invernadero a nivel global por sector y tipo de gas, 2010



Fuente: Unitar, Ricardo- AEA, CDKN (2013)

Es importante mencionar los efectos que tiene el cambio climático en la sociedad, ya que “los sistemas de tipo socioeconómicos [...], los ecosistemas terrestres y acuáticos y, la salud humana son sensibles a la magnitud y el ritmo del cambio climático, así como a las modificaciones en climas extremos y la variabilidad climática. Los países en desarrollo serían los más afectados [...]” (Estrada, 2001). Adicionalmente, con respecto a los impactos que puede tener sobre la salud humana, la OMS explica que el medio ambiente es muy importante para ésta ya que provee las necesidades básicas de las personas y además variaciones en el clima afectan al ingreso, migración local y, a veces, conflictos políticos. La relación entre el cambio ambiental y la salud es muchas veces indirecta ya que dependen de que otras variables se modifiquen (WHO, 2005).

Es importante explicar lo que dice la OMS acerca de la causalidad indirecta entre los cambios del medio ambiente y la salud de las personas. Los cambios climáticos afectan a, por ejemplo, la agricultura, lo que puede conllevar a desnutrición en algunas zonas por la falta de producción agrícola. Esta es una manera indirecta en la que el medio ambiente afecta a la salud de las personas. Asimismo, la OMS afirma que la estructura y el funcionamiento del ecosistema mundial tuvo su cambio más veloz en toda la historia a partir de la segunda mitad del siglo XX (WHO, 2005); y, relacionando a los argumentos de Steffen

et al. (2015) y Estrada (2001), vuelve a confirmar el exagerado aumento de la actividad humana y el relevante impacto que tuvo en el cambio climático a partir de la mitad del siglo XX.

1.1.3 RELACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO CON LAS VARIABLES CLIMÁTICAS: TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD.

Las variables que tienen mayor variación en cuanto al cambio climático son la temperatura, la precipitación y la humedad, por lo que serán explicadas en esta sección.

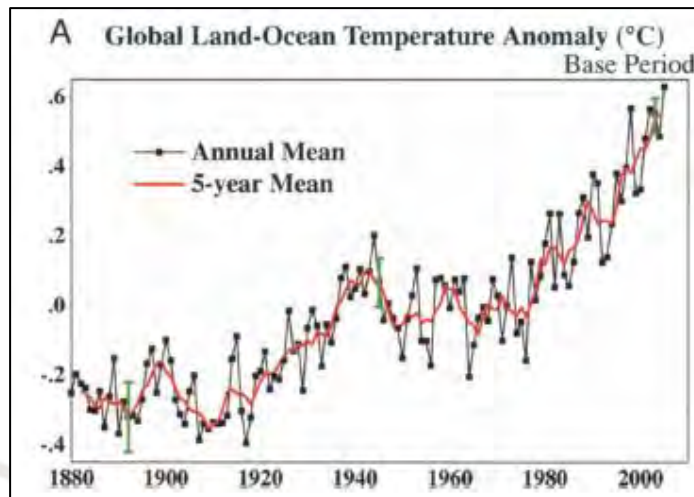
1.1.3.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA TEMPERATURA

Según Allen *et al.* (2018) en el informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) sobre calentamiento global, el calentamiento está definido como un incremento de la temperatura global promedio multidecadal de la superficie (GMST por sus siglas en inglés) sobre el nivel preindustrial. Este nivel preindustrial es un nivel de referencia que abarca los años 1850-1900 y, se utiliza como una aproximación (Allen *et al.*, 2018). La actividad humana ha sido el principal agente para el incremento de la temperatura promedio global, siendo la actividad humana su mayor influencia desde la mitad del siglo XX y, haciendo que la humanidad pase de la era geológica del Holoceno a la del Antropoceno (Allen *et al.*, 2018). El informe afirma que en la década de 2006-2015, el calentamiento llegó a ser 0.87°C ($\pm 0.12^{\circ}\text{C}$) mayor que los niveles preindustriales (1850-1900), debido principalmente al aumento de los Gases de Efecto Invernadero (GHG en inglés) por la intensificación de la actividad humana. Además, la temperatura global está aumentando en 0.2°C ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) por década, lo que generó que el calentamiento generado por los humanos llegue a 1°C en 2017 con proyección a 1.5°C hacia 2040 (Allen *et al.*, 2018).

Con respecto a lo explicado, Hansen *et al.* (2006) obtiene los mismos resultados del incremento en 0.2°C por década mostrado anteriormente, y en su estudio hasta el año 2005 muestra el [Gráfico 5](#) de la evolución de la temperatura de la superficie desde 1880 hasta 2005.

Como se puede apreciar en el mencionado gráfico, el nivel de temperatura ha ido en aumento, con una serie de pequeños períodos de reducción. Sin embargo, en las últimas décadas se puede apreciar que el aumento es mucho más pronunciado, lo cual coincide con

Gráfico 5: Evolución de la temperatura de la superficie (1880 - 2005)



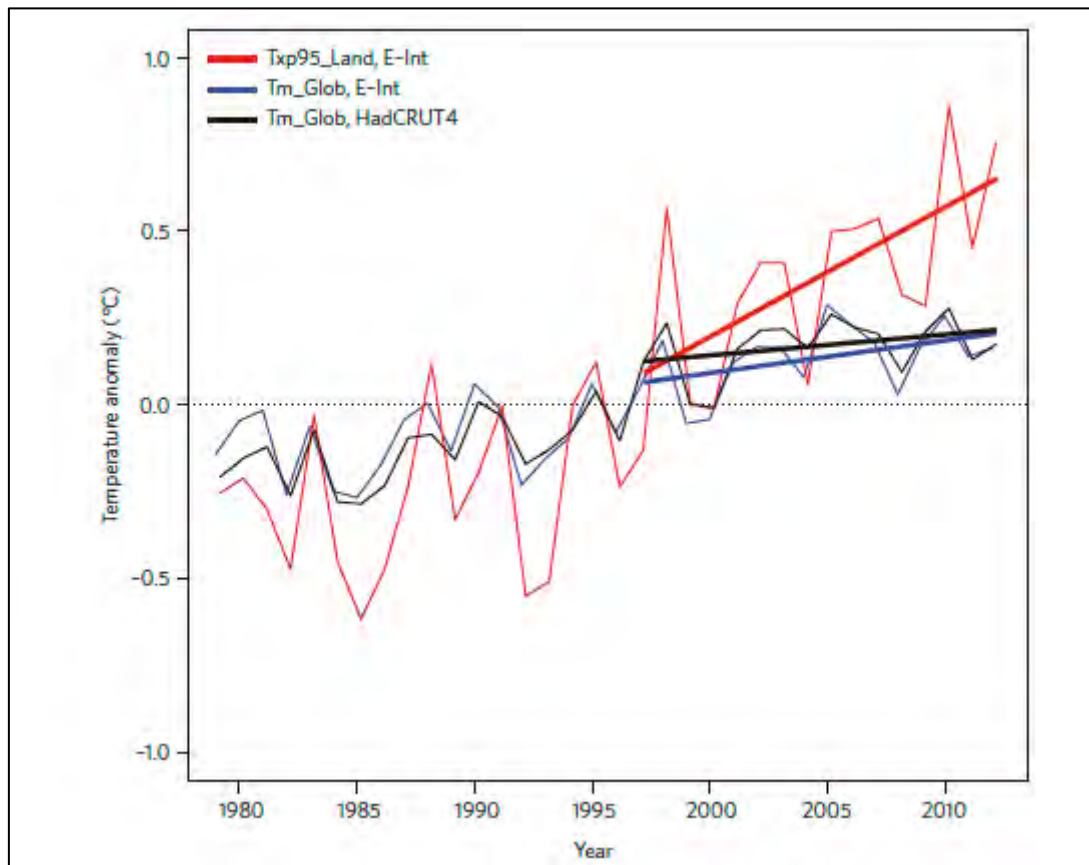
Fuente: Hansen *et al.* (2006)

lo explicado anteriormente. Hansen *et al.* (2006), lo describen como un aumento ralentizado con grandes fluctuaciones hasta 1975 seguido de un rápido incremento a una ratio de 0.2°C por década.

Adicionalmente Seneviratne *et al.* (2014) afirman que no ha habido una pausa en la evolución de los extremos calientes sobre la tierra. Sustentan su afirmación mediante el Gráfico 6 La línea roja es la temperatura de los extremos calientes sobre la tierra; la línea azul y negra son la temperatura promedio global con dos diferentes métodos de análisis, el ERA-Interim y HadCRUT4 respectivamente.

De esta manera podemos concluir que, como dicen los autores, no ha habido una pausa en el aumento de temperatura, y que esta ha sido más pronunciada a partir de la última década del siglo XIX, coincidiendo con el IPCC (2018) y Hansen *et al.* (2006).

Gráfico 6: Evolución de los extremos calientes sobre la tierra



Fuente: Seneviratne *et al.* (2014)

Finalmente, es importante mencionar que, con respecto al cambio climático, el aumento de temperatura tiene implicancias importantes como los mencionados a continuación. El aumento de temperatura ha alterado distintos sistemas naturales, provocando así sequías, inundaciones, aumento del nivel del mar, y pérdida de biodiversidad (IPCC, 2018). Mundialmente ha existido un aumento en la expectativa de vida de las personas y el ingreso, generado por el constante crecimiento económico. Sin embargo, la contaminación y la degradación del medio ambiente también han aumentado. Muchos ecosistemas en el mundo están en peligro, sobre todo los arrecifes tropicales de agua caliente y los ecosistemas árticos (IPCC, 2018).

1.1.3.2 CAMBIO CLIMÁTICO Y PRECIPITACIÓN

Está comprobado que el cambio climático y el calentamiento global, ambos inducidos por los seres humanos, han generado cambios ya observables en los distintos sistemas

climáticos. Uno de estos cambios es el aumento de la intensidad, frecuencia y cantidad de eventos de precipitación fuerte a escala global (IPCC, 2018). Adicionalmente, Dore (2005) explica que el incremento de la temperatura de la superficie global lleva a cambios en la precipitación y humedad, ya que afecta a la circulación atmosférica y hace que el ciclo hidrológico sea más activo, incrementando así la cantidad de agua mantenida en la atmósfera (Dore, 2005). El ciclo hidrológico consiste en la transformación de agua en sus tres estados: inicialmente el agua se evapora y mediante vientos de la atmósfera se condensa en forma de nubes y cae nuevamente a la superficie en forma de agua o nieve (Trenberth, 2011).

De lo mencionado, se puede inferir que mientras mayor sea el impacto del cambio climático, el efecto en la precipitación será diferente. Los resultados encontrados por Dore (2005) son que la precipitación global terrestre ha aumentado en un 2% desde el siglo XX. Además, otros resultados que encontró en su estudio es que la variabilidad de la precipitación ha aumentado en todas partes. Las áreas húmedas se han vuelto más húmedas y las áreas secas más secas. Adicionalmente, encontró que, durante el siglo XX, la precipitación media en zonas de latitud alta aumento entre 7% y 12%, demostrando así que la precipitación aumenta más en zonas de latitud geográfica alta (Dore, 2005). Trenberth afirma también que, en las regiones del norte, la precipitación en forma de lluvia es más común que en forma de nieve y que la temporada de precipitación líquida se ha alargado en tres semanas para algunas regiones (Trenberth, 2011).

1.1.3.3 CAMBIO CLIMÁTICO Y HUMEDAD

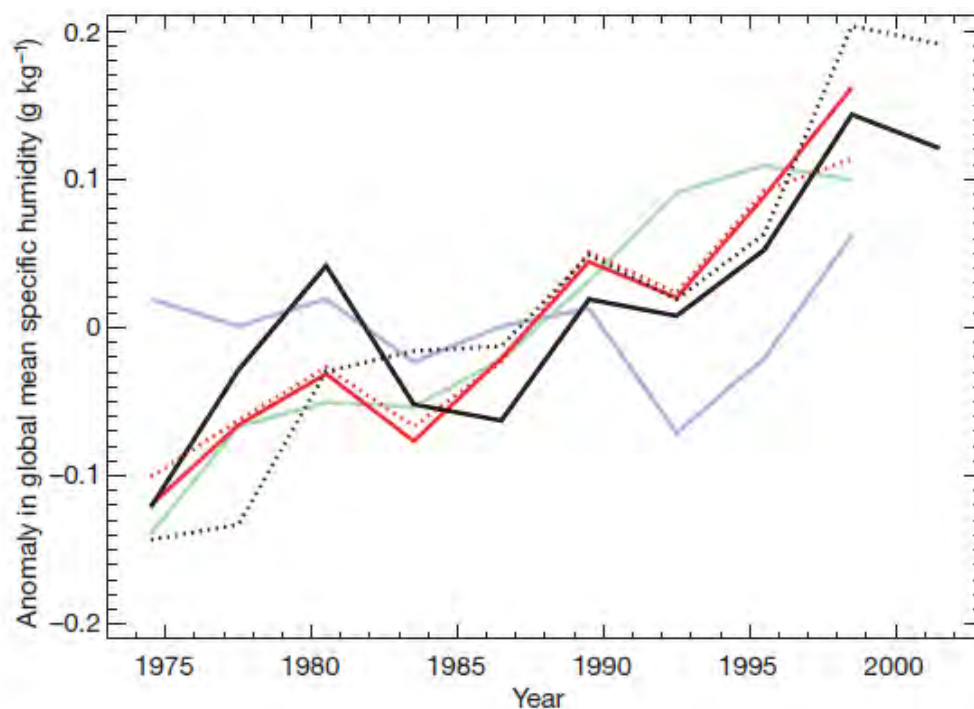
Por su parte, el término humedad se refiere a la cantidad de vapor de agua en el aire. Existen dos formas de medir la humedad: la humedad relativa y la humedad específica. La humedad relativa se refiere a cuanto vapor de agua hay en el aire relativo a la cantidad que este puede aguantar antes de la saturación. Por otra parte, la humedad específica se refiere al número de gramos de vapor de agua en una parcela de un kilo de aire (Barreca, 2012). Willet *et al.* (2007) explican que el vapor de agua es el principal contribuyente del gas de efecto invernadero y que existe una tendencia de que el vapor de agua en la atmósfera aumente por el calentamiento inducido por los gases de efecto invernadero. Presentan el [Gráfico 7](#), que muestra la evolución de la media global de la humedad específica. La línea azul es la evolución de la humedad específica por fuerzas naturales; la línea verde es la evolución por fuerzas antropogénicas y la línea roja es la suma de ambas.

En este gráfico es evidente el aumento de la media global de la humedad específica a lo largo de los años, teniendo un aumento constante a partir de finales del siglo XX. Según los autores esto puede reflejar calentamiento bajo condiciones de humedad relativa

constante, un incremento de la humedad relativa bajo condiciones de temperatura constante, un cambio en la distribución geográfica de la humedad relativa bajo condiciones de temperatura constante, o una combinación de estas. (Willet *et al.*, 2007). La humedad específica es creciente en función a la temperatura y a la cantidad de agua. Es más probable que el agua vaya de líquido a gaseoso a medida que la temperatura aumenta (Barreca, 2012).

En un trabajo posterior, Katharine Willet *et al.* (2008) afirman que, para entender los cambios de la dinámica y la energía (efecto radiativo) del cambio climático y la calentura de la atmósfera, los cambios en la humedad de la atmósfera son claves, ya que la temperatura sola es insuficiente. Además, afirma que se espera que la humedad atmosférica, esto es la humedad específica y la presión de vapor, aumente a medida que aumente la temperatura (Willet *et al.*, 2008).

Gráfico 7: Evolución de la media global de humedad específica

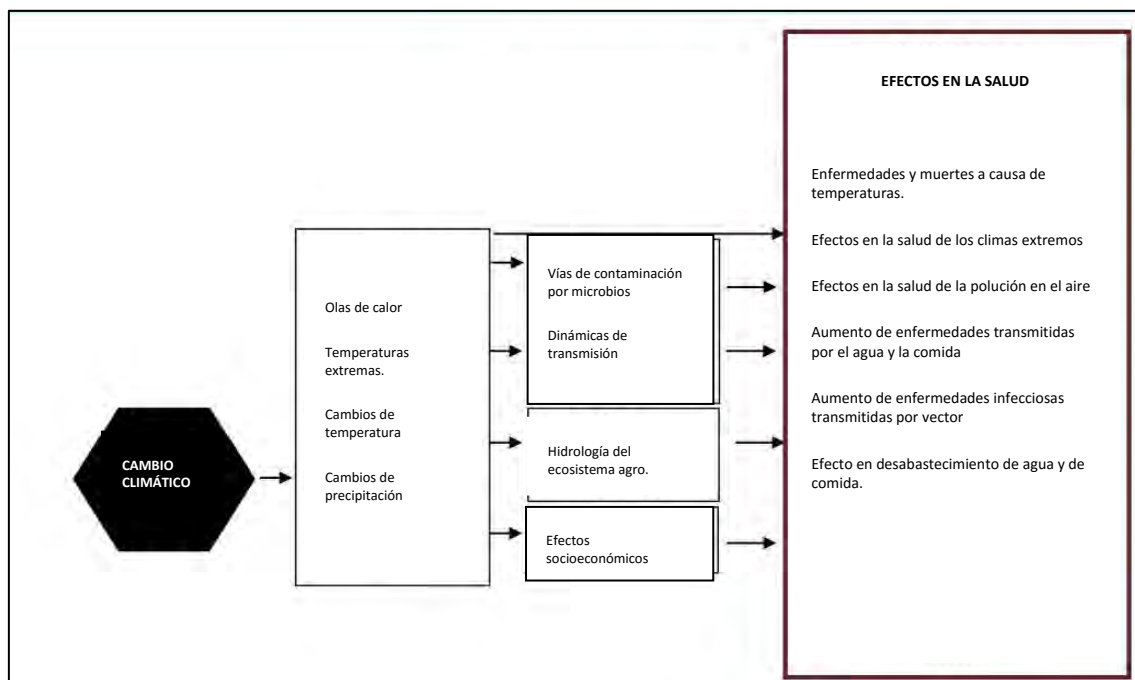


Fuente: Willet *et al.* (2008)

1.1.4 EFECTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SALUD HUMANA

Las principales vías y categorías mediante las cuales el cambio climático puede impactar en la salud están presentadas en el Esquema 1.

Esquema 1: Vías mediante las cuales el cambio climático afecta la salud humana.



Fuente: Adejeji *et al.* 2014.

Nota: Traducción libre de los autores.

A partir del [Esquema 1](#), podemos apreciar que los impactos en la salud son aquellos que responden a exposición a temperaturas extremas, a un aumento en desastres naturales (inundaciones, tormentas, sequías, huaicos, entre otros), y también aquellos que sufren ante un aumento de la producción de ciertos contaminantes de aire y Aero alergenicos. Como mencionan Shindell *et al.* (1998), un aumento de la temperatura podría ocasionar la retención de energía en la atmósfera, lo que puede aumentar el enfriamiento de la estratósfera. De persistir este enfriamiento, el agotamiento de la capa de ozono podría conllevar a aumentar la incidencia de cancer en la piel, lesiones en los ojos como las cataratas y, puede que también a una supresión de la actividad inmunitaria a causa del cambio climático (Adejeji *et al.*, 2014).

Mediante otros mecanismos, el cambio climático podría afectar la productividad alimentaria (en especial de ciertos granos) y, la transmisión de distintas enfermedades infecciosas. En el largo plazo, estos impactos podrían tener un impacto mayor en la salud humana que los impactos causados directamente por variaciones de temperatura (McMichael y Githeko 2001). En cuanto a las enfermedades transmitidas por vectores, la distribución y abundancia de los vectores son afectados por distintos factores biológicos y físicos (Adejeji *et al.*, 2014). Este tema será ahondado en la sección 2.1 Cadenas causales

o relaciones causales: Relación Cambio Climático y salud en enfermedades y, en particular, el dengue.

1.2 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS: PREGUNTAS A RESPONDER EN LA INVESTIGACIÓN

La pregunta que se plantea responder en esta investigación es la siguiente: ¿Cuál es el impacto económico potencial del cambio climático producido por el incremento de la prevalencia del dengue en el Perú?

En esta investigación, se tiene como objetivo estimar el impacto de diversos factores climatológicos sobre la cantidad de personas que pueden padecer la fiebre del dengue en el Perú, en el periodo 2018 – 2020, bajo distintos escenarios de variación de la temperatura producida por el cambio climático, utilizando un modelo de datos de panel. Sobre esta base, se estimará el impacto económico del cambio climático en la fiebre del dengue mediante la metodología de Valoración Contingente.

1.3 APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a la falta de literatura sobre el impacto económico de las repercusiones del cambio climático en el dengue en el Perú ya que la mayoría de trabajos que relacionan el dengue y el cambio climático pertenecen a rubros no económicos como es visto en la sección 3. *Estudios empíricos previos*, este trabajo pretende contribuir a la literatura aproximándonos a esta problemática desde una perspectiva no vista previamente, la perspectiva económica.

3. Estudios empíricos previos

Discusión en torno a la selección de variables climáticas para representar el cambio climático.

Como ha sido tratado en el apartado 1.1.1 *¿Qué es el cambio climático?*, la definición de lo que se entiende por cambio climático sigue siendo un tema de discusión en la actualidad, en el presente trabajo utiliza la definición de cambio climático como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) entienden el cambio climático. Indican que es el cambio que se le puede atribuir a la actividad humana directa o indirecta que altere la composición de la atmósfera global y que sea en adición a la variabilidad del clima natural que sea observado por periodos de tiempo comparables (UNFCCC citado en UNDRR, 2008).

En cuanto a las variables climatológicas seleccionadas, la temperatura del aire y las precipitaciones son mediciones fundamentales para describir el clima, y también poseen efectos en la salud de los y también en los ecosistemas (EPA 2016). Por ejemplo, un aumento de la temperatura del aire puede conllevar a olas de calor más intensas, causando así enfermedades y, hasta la muerte, especialmente en poblaciones vulnerables. Como se ha discutido previamente, la temperatura promedio de la superficie terrestre se encuentra en aumento, causando así que la evaporación también aumente, lo cual, genera un incremento de las precipitaciones. Por lo que, se espera que el calentamiento global incremente la precipitación en diferentes áreas. Este proceso de evaporación ocasionará asimismo un aumento en el porcentaje de humedad encontrado en el aire. Debido a lo presentado, en el presente trabajo se utilizarán la temperatura del aire, la humedad del ambiente y las precipitaciones.

Sin embargo, tras lo presentado, entendemos también que representar el cambio climático mediante las 3 variables meteorológicas seleccionadas puede no estar recogiendo todo lo que representa en realidad el cambio climático. Una manera de abordar esta problemática es decir que hay que observar a todas las variables climáticas para poder definir el cambio climático, como ya hemos apreciado en el [Gráfico 1](#), dentro del sistema Tierra existen distintos sistemas climáticos (biosfera, atmósfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera), en cada una de ellas hay diferentes factores que varían. Por ejemplo, dentro de la atmósfera, encontramos la superficie, la atmósfera alta y la composición de la atmósfera. Dentro de cada una de ellas existen diferentes indicadores también y así para los distintos componentes del sistema Tierra. El usar todas las variables disponibles haría el sistema muy complejo.

En ese sentido, estamos siendo limitados en la investigación ya que estamos solamente utilizando 3 variables de 52 disponibles en el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS por sus siglas en inglés). Sin embargo, se escogieron las tres variables propuestas ya que son las más relevantes según la teoría revisada en cuanto al tema del trabajo: el dengue.

Por otra parte, no solamente queremos medir el nivel de las variables seleccionada sino su variabilidad debido a que el gran problema presente con el cambio climático es que la frecuencia e intensidad con la que se van a producir los fenómenos climáticos será mayor. Por lo que consideramos importante hacer la distinción entre variabilidad climática y cambio climático. Se entiende variabilidad climática como las variaciones del estado medio del clima en escalas temporales y espaciales, esta variabilidad puede ser debido a procesos del mismo sistema climático (variabilidad interna) o por variaciones naturales o antropogénicas (variabilidad externa) (PNUD, 2017). Entonces, para las tres variables seleccionadas en el estudio, el cambio climático hará que, sus variaciones van a ser mayores, este fenómeno puede no ser capturado mediante niveles de las variables usados en el presente trabajo sino con otra medida como la variación, varianza, u otros métodos estadísticos.

Discusión en cuanto a la complejidad de la interpretación de los resultados.

Adicionalmente es importante mencionar que, si bien esta investigación es de corte económico, conglomera distintas disciplinas de estudio en ella. Consideramos que los métodos que se utilizaran en la investigación, y que se utilizaron en anteriores investigaciones sobre cambio climático, deben tener en cuenta el carácter interdisciplinario al momento de hablar de este tema. Debido a la gravedad y la urgencia de alcanzar sostenibilidad económica a escala global, Giampietro et al. (2012) enfatizan que las predicciones sobre problemas de sostenibilidad que proveen los modelos cuantitativos no son confiables ni útiles al momento de tomar decisiones de política.

De manera más específica Kovacic y Giampietro (2015) utilizan el término “reflexividad” para referirse al camino de acción que deben tomar los agentes encargados de las decisiones de política. Los autores explican que las personas tenemos diferentes perspectivas y de acuerdo a ellas, se crean distintos sistemas a los cuales ellos llaman modelos, el cual es una formalización de un sistema observado por un observador específico.

Para ello utilizan el modelo de Rosen, el cual funciona de la siguiente manera: (1) El individuo percibe algún elemento y lo asocia con distintos otros que están asociados a su

identidad. Esto simboliza lo que el observador espera ver; (2) la exclusión de las variables no relevantes para el elemento observado según el observador; (3) se construye un sistema formal del sistema observado para crear inferencias sobre cambios en las características observadas; (4) desciframiento de las relaciones establecidos en el modelo para hacer predicciones sobre el comportamiento del sistema observado. Esto quiere decir, una comprobación de la consistencia entre la percepción del porqué de los cambios y los resultados. (Kovacic y Giampietro 2015). El modelo de Rosen nos muestra que depende del observador y su perspectiva, por ende, el resultado puede variar, ya que relaciona los indicadores con las creencias del observador sobre el mundo exterior. Los autores utilizan este modelo para explicar que el PBI no es un indicador adecuado para medir el progreso y concluyen que el PBI no es adecuado porque, si bien es un buen indicador económico, no toma en cuenta algunas variables como educación, salud y el medio ambiente (Kovacic y Giampietro 2015).

Por otro lado, Vant (2008) menciona que debería haber un cambio institucional en la toma de decisiones y pone como ejemplo a las empresas que solo tienen por interés maximizar sus beneficios. Vant explica tres distintas racionalidades: la racionalidad del “yo”, que se refiere a que el individuo solo se preocupa por sus propios intereses; la racionalidad del “nosotros”, que se refiere al altruismo al momento de la toma de decisiones; y la racionalidad del “nosotros”, la cual se refiere a la cooperación del individuo, en la toma de decisiones, para que se llegue a una mejora de la comunidad, incluyéndose el mismo (Vant 2008).

Es importante mencionar estas tres racionalidades ya que las podemos relacionar con el término de reflexividad al que se refieren Kovacic y Giampietro (2015). Ellos explican al momento de tomar decisiones, el encargado debe tomar autoconsciencia. Esto quiere decir, reflexionar si es que él tiene los mismos valores y metas que los demás. Es importante que ambas, además de la posición en la sociedad del encargado de la toma de decisiones sean explícitas, para así asegurar la transparencia y demostrar que la acción que se está tomando sea beneficiosa, no solamente para el individuo, sino para la sociedad como conjunto (Kovacic y Giampietro 2015). Relacionando esto al argumento de Vant, sería decir que el encargado de la toma de decisiones debe tener la racionalidad del “nosotros”, pero en la realidad, esto no es así. Por eso Vant afirma que se necesita un cambio institucional que es cambiar de una racionalidad del “yo” a una racionalidad del “nosotros”, ya que, para el autor, el crecimiento económico es cuantitativo, pero llega un punto que ya no genera más felicidad, mientras el desarrollo económico es cualitativo (Vant 2008).

Estos argumentos se relacionan con el presente trabajo por el hecho de que la economía muchas veces ignora la importancia de distintos aspectos de la sociedad que no significan el incremento de la riqueza y la maximización de los beneficios. Por ende, a lo que se quiere llegar con esta discusión es demostrarle al lector que es importante tener una visión interdisciplinaria al tocar temas socioambientales de esta índole. Cabe resaltar que esta no es una corriente nueva, en décadas previas, Georgescu-Roegen (1976) fue muy crítico en cuanto a las fallas que proveían en su momento los modelos econométricos para predecir las futuras demandas de energía.

Como respuesta a la debilidad que las aproximaciones econométricas tenían, Georgescu-Roegen inició una aproximación diferente, el modelo de fondos-flujos que, debido a los problemas actuales del cambio climático, ha cobrado una relevancia importante. Un flujo es algún elemento que entra como insumo o abandona como producto el proceso productivo. (Mir Artiges y Gonzáles Calvet 2007), mientras que los fondos son los agentes responsables por la transformación de energía y que pueden preservar su identidad durante el proceso productivo. En otras palabras, los fondos transforman flujos de input en flujos de output. (Giampietro y Mayumi, 2000). El modelo de fondos-flujos fue propuesto en respuesta al modelo de stocks-flujos el cual se usa en la actualidad. Un flujo originado de un stock se puede terminar más rápido que un flujo originado de un fondo. (Giampietro y Mayumi, 2000) explican que los humanos se deben mover del combustible fósil, parte del modelo de stocks-flujos, al combustible agro-bio, parte del modelo de fondos-flujos, ya que esto resolvería los problemas de acumulación de GHG y el agotamiento de recursos de energía fósiles no renovables. (Giampietro y Mayumi, 2000).

Por otra parte, el MuSIASEM (Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism), desarrollado principalmente por Giampietro y Mayumi (2000), permite el análisis de múltiples conexiones con la eficiencia del sector de energía. Su aproximación fue más allá de los límites biofísicos y permitió crear una nueva gramática centrada en los patrones metabólicos de la sociedad. El MuSIASEM permite generar escenarios para estudiar el uso de fuentes de energía alternativas al combustible fósil.

Tenemos que entender entonces que la complejidad de los sistemas socioeconómicos debe de ir más allá de un número planteado, el presente trabajo busca cuantificar una problemática que tiene implicancias fuertes en la economía peruana, consideramos importante que se utilicen los otros mecanismos para abordar la misma problemática y tener distintos puntos de vista.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DEL AVANCE

El presente trabajo de investigación, está organizado de la siguiente manera. La segunda sección provee la información que pone en evidencia la relación entre el cambio climático y la fiebre del dengue, así como la presentación de la metodología econométrica utilizada en esta investigación. En la tercera sección se hace una revisión de la literatura, haciendo una revisión de la teoría que concierne a los aspectos de los factores climáticos en los brotes de la fiebre del dengue. La cuarta sección provee la hipótesis del presente trabajo. La sección cinco presenta el contexto en el que se desarrollará el presente estudio, presenta las características del dengue en el Perú, así como las características del sistema de salud peruano y, sobre todo, sus características en relación al dengue. Ulteriormente se presentan las conclusiones preliminares de este trabajo y lo que se espera encontrar en el ejercicio econométrico posterior, que será desarrollado para el curso de Seminario de Tesis 2.



2 MARCO TEÓRICO

2.1 CADENAS CAUSALES O RELACIONES CAUSALES: RELACIÓN CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD EN ENFERMEDADES Y, EN PARTICULAR, EL DENGUE.

2.1.1 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ENFERMEDADES INFECCIOSAS

El cambio climático implica un cambio a largo plazo del clima y su dinámica, incluidos los cambios en la condición promedio del clima y condiciones climáticas fuera de lo normal. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), ha predicho un aumento de entre 1.5 y 5.8 grados centígrados (C°) alrededor del planeta durante el siglo XXI (IPCC, 2001). Responder a estos cambios mediante la búsqueda continua del desarrollo sostenible es un reto muy difícil que la humanidad tiene que afrontar (Weng *et al.*, 2013). El cambio climático puede afectar la salud de los humanos, especialmente cuando las enfermedades infecciosas entran en la consideración (Bouzid *et al.*, 2014).

Las enfermedades infecciosas necesitan, en su mayoría, de tres componentes para funcionar: un agente patógeno, un portador (vector) y el ambiente para poder transmitir la enfermedad (Epstein, 2001). Los agentes patógenos hacen referencia a una amplia gama de agentes infecciosos donde se incluyen las bacterias, los parásitos, los hongos, los mosquitos, entre otros (Wu *et al.*, 2016). Algunos patógenos son llevados por vectores que requieren portadores inmediatos para poder completar su ciclo de vida. Se requiere de condiciones climáticas y ambientales apropiadas para su supervivencia, reproducción, transmisión y distribución tanto de vectores, portadores y del agente patógeno (Wu *et al.*, 2016). Por lo que, el cambio climático impacta a las enfermedades infecciosas pues afecta a los agentes patógenos, vectores, portadores y el entorno en el que viven (Epstein, 2001).

Diversos estudios han demostrado que cambios al largo plazo que involucren calentamiento global, tienden a favorecer la expansión geográfica de distintas enfermedades infecciosas (Epstein *et al.*, 1998). Además, climas extremos contribuyen a crear oportunidades para que se desencadenen episodios epidémicos en lugares y períodos no tradicionales (Epstein, 2000). En general, las condiciones ambientales y climáticas son aquellas que restringen la distribución geográfica y la distribución estacional de las enfermedades infecciosas, mientras que las características del ambiente son las que afectan la elección del momento e intensidad de los brotes (Wu *et al.*, 2016).

2.1.2 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL AGENTE PATÓGENO

Un clima que se hace más caliente e inestable está jugando un rol cada vez mayor en conducir la aparición, reaparición y redistribución de enfermedades infecciosas (Wu et al., 2016). Dentro de estas enfermedades infecciosas, las más comunes son las que son transmitidas por insectos debido a que son particularmente sensibles a las variaciones climáticas (Kuhn et al., 2005). Existe gran evidencia en la actualidad (Tian et al., 2015) que nuevas y renacientes enfermedades transmitidas por este vector, que incluyen a la malaria, el hantavirus, el cólera, y el dengue.

La temperatura puede afectar la transmisión de enfermedades mediante un impacto al ciclo de vida de los agentes patógenos. Primero, estos agentes necesitan un rango de temperatura para sobrevivir y desarrollarse. Por ejemplo, el desarrollo de la malaria cesa cuando la temperatura excede de los 33 a los 39 grados centígrados (Patz et al., 1996). Por otra parte, periodos extendidos de un ambiente cálido puede aumentar la temperatura promedio del agua y de los alimentos, lo que puede proveer el ambiente óptimo para reproducción de microorganismos y brote de algas que conllevan a bacterias (Frank et al., 2006). Asimismo, las elevadas temperaturas pueden influenciar la reproducción y el periodo de incubación de los agentes patógenos (Harvell et al., 2002).

Además, el cambio climático puede causar cambios en las precipitaciones, lo que afecta la propagación de patógenos relacionados a cuerpos de agua (Wu et al., 2016). En cuanto a los cambios hacia un aumento de lluvias, las altas temporadas de lluvias se relacionan con un incremento de los patógenos relacionados a residuos fecales ya que la lluvia puede mezclar los sedimentos en el agua, haciendo así que se acumulen microorganismos fecales (Jofre et al., 2010).

Por su parte, los cambios en la humedad, afectan a aquellas enfermedades como la influenza que responde bien a condiciones húmedas (Xu et al., 2014). Mientras que, las enfermedades transmitidas por vectores pueden ser impactadas también por el cambio de humedad, por ejemplo, se encontró que esta contribuye a la reproducción del parásito de la malaria (Patz et al., 2003). En cambio, sobre el virus del dengue se encontró que la humedad durante temporadas de lluvias favorecía la propagación del virus del dengue, contribuyendo así a brotes de la fiebre hemorrágica del dengue (Thu et al., 1998).

2.1.3 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS VECTORES/PORTADORES

Los portadores son los animales o plantas vivientes en el que la enfermedad patógena reside. Los vectores son agentes intermediarios y pueden llevar y transmitir el agente patógeno a organismos vivientes, convirtiéndolos en portadores. Nos centraremos en los portadores animales, especialmente en los insectos. Los cambios en la ubicación geográfica y en la población de los vectores mosquito están íntimamente relacionados con el comportamiento y los cambios en el clima ya que la temperatura afecta la distribución espacio-temporal de los vectores (Wu et al., 2016). A medida que la temperatura continúa elevándose, lo que podemos encontrar es que los insectos de regiones de baja latitud pueden encontrar nuevos hábitats en latitudes altas o medianas, generando así la expansión o transición de las enfermedades que portan, se ha encontrado que infecciones humanas transmitidas por vectores que incluyen la malaria, la enfermedad de Lyme, encefalitis transmitida por garrapatas, fiebre amarilla, y el dengue se encuentran distribuidos en un área mayor (Harvell et al., 2002).

Sin embargo, el cambio hacia temperaturas elevadas puede también restringir la distribución de los vectores que transmiten la enfermedad. Ya que, por ejemplo, el *Aedes aegypti*, mosquito encargado de la fiebre amarilla y el dengue, empieza a morir cuando la temperatura del aire es mayor que 40 grados centígrados (Christophers, 1960). Sin embargo, estos vectores pueden también sobrevivir al cambio climático usando de refugio los ambientes peri domiciliarios donde el cambio en el ambiente no prevalece ya que se encontró que, en India, el *Aedes aegypti* se escondía de las altas temperaturas de 40 grados centígrados refugiándose en jarrones de las casas o en tanques de agua de concreto bajo tierra (Tyagi & Hiriyan, 2004).

2.1.4 EL VIRUS DEL DENGUE

De acuerdo a Githeko *et al.* (2000), la infección por vectores (plagas que transmiten enfermedades) más importantes relacionadas al cambio climático en Sudamérica de acuerdo a la evidencia son: la malaria, la enfermedad de Chagas, leishmaniasis, esquistosomiasis y la fiebre del dengue.

La fiebre del dengue es una enfermedad transmitida por mosquitos que afecta aproximadamente a 390 millones de personas cada año, de los cuales casi 100 millones se manifiestan clínicamente, es decir, requieren atención médica (Organización Mundial de la Salud, 2020). El virus del dengue es un *arbovirus* que pertenece a la familia *Flaviridae*, del

género *Flavivirus*, dentro de este género existen más de 70 virus agrupados por su relación serológica y también por la determinación de sus genomas, un mínimo de 30 de estos virus causa enfermedades en los humanos (Cabezas et al., 2015). La enfermedad es transmitida principalmente por mosquitos de la especie *Aedes Aegypti* y *Aedes albopictus*, los que transmiten los serotipos del virus (DENV denotado en DENV-1, DENV-2, DENV-3, y DENV-4) del gen *Flavivirus* (Halstead, 2004). Dentro de los signos de alarma se destacan el dolor abdominal intenso y permanente, la acumulación de fluidos clínicamente detectables, sangrado de mucosas, irritabilidad y vómitos persistentes (Cabezas et al., 2015). Posterior al período de incubación, la enfermedad se inicia bruscamente y pasa por las siguientes tres fases: febril, crítica y de recuperación. La etapa febril puede ser la única en la gran mayoría de los pacientes y está asociada al virus circulando en la sangre y posee una duración que no debería exceder de los siete días (Fiestas et al., 2011). La severidad de la enfermedad va desde asintomático, internado en clínica con síntomas de gripe, fiebre del dengue, fiebre hemorrágica del dengue y síndrome de choque por dengue (Halstead, 2004). Cabe resaltar que no existe un tratamiento específico para la fiebre del dengue (Organización Mundial de la Salud, 2020) por lo que los efectos que tenga la fiebre del dengue en las personas no deberían de ser pasados por alto.

El *Aedes Aegypti* es un mosquito peridomiciliario que se cría en recipientes sombreados y con agua limpia, dentro de estos recipientes las hembras depositan sus huevos; los recipientes son frecuentemente objetos desechados como llantas, latas, botellas o floreros, en general, cualquier recipiente que mantenga agua de lluvia (Cabezas et al., 2015). Mientras que, en los lugares no lluviosos, frecuentemente los recipientes son los barriles, tanques de agua, tinajas y baldes (Cabezas et al., 2015).

Una característica del dengue que por mucho tiempo ha sido tema de interés en cuanto a los estudios sobre la enfermedad es que la mayor parte de los casos de fiebre hemorrágica del dengue son en personas que ya han padecido de dengue anteriormente. En un estudio realizado en 73 niños tailandeses con fiebre del dengue, se concluyó que al verse reinfectado por un subtipo vírico diferente al que produjo la infección inicial, el organismo reacciona con intensa actividad inmunitaria contra el virus equivocado; causando así una fuerte reacción con fiebre, malestar general y dolor general, pero que carece de eficacia contra el nuevo subtipo vírico infectante generando una enfermedad más prolongada y con síntomas más intensos que en el primer episodio del dengue (Mongkolsapaya et al., 2003).

Por otra parte, se estima que 3900 millones de personas, dentro de 128 países, están en riesgo de infección del virus del dengue (Brady et al., 2012). Dentro de América Latina y El Caribe, el dengue tuvo el mayor registro de casos en su historia el año 2019, con 3,139,335 personas infectadas y 1538 defunciones (BBC, 2020). En el Perú, expone a más del 50% de toda la población peruana al riesgo de desarrollar la enfermedad por el espacio peruano infestado por *Aedes aegypti* (CDC, 2020). Así, se puede afirmar que la problemática del dengue es de interés actual y que debería de tratarse con suma importancia.

2.1.5 EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL VIRUS DEL DENGUE

A causa de los sucesos que se vienen presenciando en el mundo sobre la elevación de la temperatura e incremento en las precipitaciones, la probabilidad de que los mosquitos se reproduzcan va a aumentar. En un ambiente cálido, los mosquitos hembras digieren la sangre más rápido y se alimentan más frecuentemente, ocasionando que la transmisión del virus se intensifique; incluso, la velocidad a la cual se reproduce el mismo virus también se incrementa bajo condiciones climáticas cálidas (Tseng et al., 2008).

Las precipitaciones también pueden aumentar la densidad mediante la provisión de hábitat para la reproducción (Christophers, 1960). El aumento de temperatura puede influir también en el acortamiento del periodo de incubación de los mosquitos. Watts *et al.* (1987) encuentran que el período de incubación para el tipo 2 del serotipo (DENV-2) declinaba de 12 días a temperaturas menores de 30°C, a 7 días cuando la temperatura aumentaba a 32-35°C. Por su parte, en cuánto a los serotipos 2 y 4 (DENV-2 Y DENV-4) se vuelven infecciosos al día 5 a 30°C, cuatro días antes que en las temperaturas 26-28°C (Rohani et al., 2009). Este menor período extrínseco de incubación aumenta el potencial de transmisión a humanos y también aumentan las probabilidades de un brote (Jetten y Focks, 1997).

Por otra parte, se encontró en México poblaciones de *Aedes Aegypti* en altitudes previamente no vistas, lo que sugiere que una expansión basada en los cambios en el clima del *Aedes Aegypti* hacia áreas que actualmente se encuentran fuera de su frontera (Lozano-Fuentes et al., 2012).

2.2 METODOLOGÍA

Dentro de esta investigación, se analizará el efecto de distintas variables relacionadas con el cambio climático y la fiebre del dengue en el Perú usando el modelo de Datos de Panel (Woolridge, 2010; Wallace y Hussain, 1996; y Amemiya, 1971), para después evaluar el impacto económico usando el método de la Valoración Contingente.

2.2.1 RELACIÓN ENTRE CONDICIONES CLIMÁTICAS Y LA FIEBRE DEL DENGUE

Para el ejercicio de estimar la relación entre condiciones climáticas y la fiebre del dengue tendremos una aproximación en dos etapas que está diseñada para estimar los efectos de las condiciones climáticas en la fiebre del dengue en el Perú. Nos guiaremos del modelo establecido por Tseng et al. (2008).

En la primera etapa, consideraremos factores climáticos que incluyan la temperatura, humedad y la precipitación para estimar la influencia que tienen en el nivel de densidad de los mosquitos utilizando el índice de Breteau. El estudio de cómo fluctúa la cantidad total de larvas se hace a través de índices Entomológicos (IE), ya que estos permiten reorientar o definir acciones que permitan controlar el vector y disminuir el contacto vector – hombre (Fernández y Lannacone, 2005). La unidad básica de muestreo es la casa o el inmueble, éstos se inspeccionan sistemáticamente en busca de recipientes o envases que contengan agua. Normalmente se emplean tres índices para registrar el nivel en el que está infestado un lugar: El Índice Aédico (IA), el Índice de Recipientes (IR) y el Índice de Breteau (IB) (Fernández y Lannacone, 2005). El índice de Breteau se obtiene del número de envases positivos por cada 100 casas revisadas. La manera en la que el índice se vincula con la transmisión de la fiebre del dengue es que el índice puede ser usado como un indicador que nos advierte ante la enfermedad. Por ejemplo, según la OMS (1998), cuando el índice de Breteau es mayor a 50 (Nivel de densidad mayor a 6), se puede concluir que la zona es altamente peligrosa en términos de la transmisión de la enfermedad del dengue. Cuando el índice es mayor a 20 (Nivel de densidad mayor a 4), se es considerado a que es sensible a un potencial brote del virus del dengue. Cuando el índice de Breteau es menor que 5 (Nivel de densidad menor que 2), significa que la enfermedad no será transmitida. La relación entre el índice de Breteau y el nivel de densidad va a poder ser apreciado en la [Tabla 1](#).

Tabla 1: Índice de Breteau y Nivel de Densidad

Nivel de Densidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice de Breteau	1-4	5-9	10-19	20-34	35-49	50-78	79-99	100-199	≥200

Fuente: Tseng et al. (2008)

Para esta estimación se seguirán los lineamientos brindados por Wallace & Hussain (1969) en cuando a la estimación mediante un modelo de datos de panel.

Por otra parte, para la segunda parte de esta estimación, se puede utilizar el método de Mínimos Cuadrados Generalizados siguiendo a Baltagi (2001). Dentro de esta estimación se pretende utilizar como variable dependiente el número de pacientes con la fiebre del

dengue, mientras que como variables explicativas se utilizará la población y el índice de Breteau estimado obtenido del primer ejercicio econométrico.

Los cálculos que serán usados en la estimación de dos etapas nos van a permitir evaluar el impacto de las condiciones climáticas en el número de personas infectadas por la fiebre del dengue. Las funciones específicas para la estimación en dos partes son las siguientes:

$$Y_{it} = f(TEM_{it}, HUM_{it}, LLUVIA_{it-1}, Y_{it-1}) \quad (1)$$

$$NDEN_{it} = g(\hat{Y}_{it}, POB_{it}) \quad (2)$$

Donde

Y_{it}	es el nivel de densidad en el departamento i para el tiempo t ,
Y_{it-1}	es el rezago de un periodo del nivel de densidad en el departamento i ,
TEM_{it}	es la temperatura en Celsius en el departamento i en el tiempo t ,
HUM_{it}	es la humedad en el departamento i en el tiempo t ,
$LLUVIA_{it-1}$	es el rezago de un periodo de precipitaciones para el departamento i ,
$NDEN_{it}$	es el número de personas infectadas con la fiebre del dengue,
\hat{Y}_{it}	es el nivel de densidad estimado proveído por la ecuación (1),
POB_{it}	es la población del departamento i en el periodo t .

Ulteriormente, procederemos a efectuar 3 pasos para estimar el impacto del cambio climático sobre el número de personas afectadas.

2.2.1.1 ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL NIVEL DE DENSIDAD

El primero paso será calcular el impacto del cambio en la temperatura en el nivel de densidad. Se usará un modelo de Poisson porque la variable dependiente (el nivel de densidad) es una variable aleatoria entera no negativa que toma valores de 0 a 16. La ecuación (1) es estimada en base a el modelo de datos de panel siguiendo a Woolridge (2010), Wallace y Hussain (1969) y Amemiya (1971) y se demuestra en la ecuación (3).

$$Y_{it} = f(TEM_{it}, HUM_{it}, LLUVIA_{it}, Y_{it-1}) + \mu_{it} \\ = \beta_0 + \beta_1 TEM_{it} + \beta_2 HUM_{it} + \beta_3 LLUVIA_{it} + \beta_4 Y_{it-1} + \mu_{it} \quad (3)$$

El término de error μ_{it} está definido como:

$$\mu_{it} = \mu_i + \lambda_i + v_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T \quad (4)$$

Donde μ_{it} denota los efectos no observados del individuo, λ_i denota las variables no observables del tiempo y ν_{it} denota el resto del término de error estocástico.

2.2.1.2 ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DEL NIVEL DE DENSIDAD EN EL NÚMERO TOTAL DE PACIENTES CON LA FIEBRE DEL DENGUE

Luego, el segundo paso será calcular el impacto del nivel de densidad en el número total de pacientes con la fiebre del dengue. La ecuación (2) puede ser estimada por Mínimos Cuadrados Generalizados en la siguiente forma lineal:

$$NDEN_{it} = g(\hat{Y}_{it}, POB_{it}) = \gamma_0 + \gamma_1 \hat{Y}_{it} + \gamma_2 POB_{it} + \epsilon_{it}, \quad (5)$$

Donde ϵ_{it} es el término de error. Las variables explicativas de la ecuación (5) son la población (POB_{it}) y el índice de Breteau estimado en la primera etapa (\hat{Y}_{it}) mientras que la variable dependiente es el número de pacientes con la fiebre del dengue ($NDEN_{it}$).

2.2.1.3 CALCULAR EL IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PREVALENCIA DEL DENGUE MEDIANTE ELASTICIDADES

Y, finalmente, el tercer y último paso será calcular el impacto potencial del cambio en temperatura en el número de pacientes con la fiebre del dengue. El principal propósito de este estudio es el de estimar el impacto del cambio climático en el número de personas infectada con la fiebre del dengue y luego evaluar los potenciales resultados del calentamiento global en la enfermedad. Para poder lograr nuestro objetivo, tenemos que seguir el siguiente procedimiento:

Etapas 1. Calcular el impacto de la temperatura en el nivel de densidad.

$$\frac{\partial Y}{\partial TEM} = \hat{\beta}_1 * \exp(\hat{Y})$$

Etapas 2. Calcular el impacto del nivel de densidad en el número de los pacientes bajo la fiebre del dengue.

$$\frac{\partial NDEN}{\partial \hat{Y}} = \hat{\gamma}_1$$

Etapas 3. Calcular el impacto potencial del cambio climático en el número de pacientes con la fiebre del dengue en cada departamento como elasticidad.

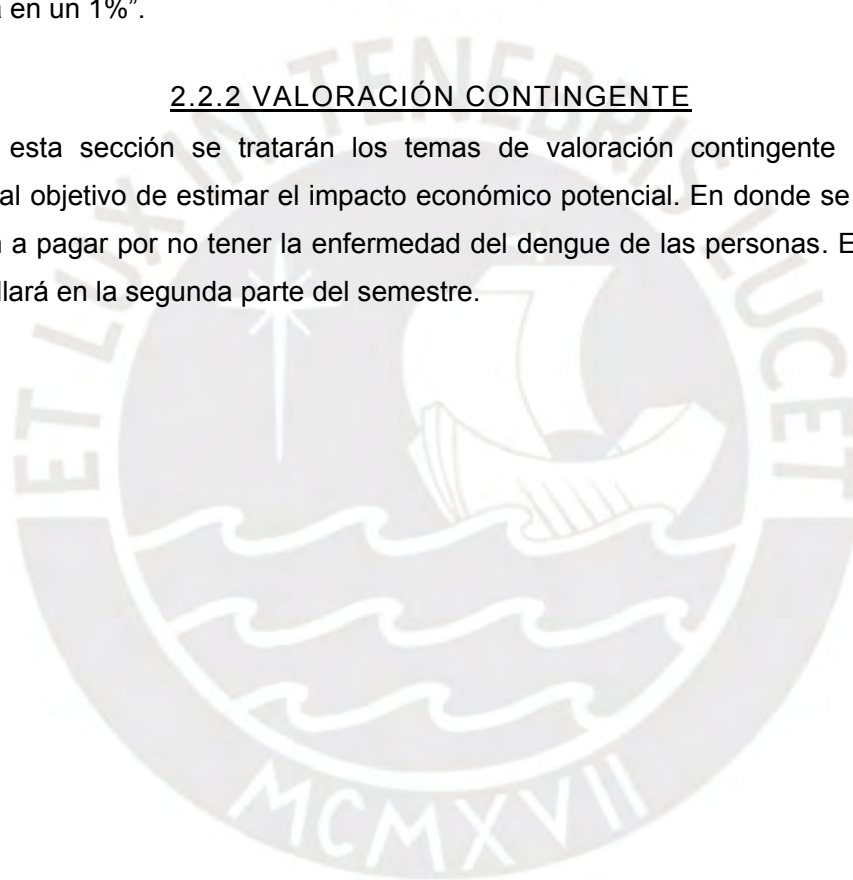
$$\frac{\frac{\partial NDEN_i}{NDEN_i}}{\frac{\partial TEM_i}{TEM_i}} = \frac{\partial Y_i}{\partial TEM_i} * \frac{\partial NDEN_i}{\partial \hat{Y}_i} * \frac{TEM_i}{NDEN_i}$$

$$= \widehat{\beta}_1 \exp(\widehat{Y}_i) * \widehat{\gamma}_1 \frac{\overline{TEM}_i}{\overline{NDEN}_i}$$

Donde \overline{NDEN}_i y \overline{TEM}_i son la media del número de personas infectadas con la fiebre del dengue y la temperatura respectivamente para cada departamento. La última ecuación calcula el cambio de porcentaje en el número de pacientes con la fiebre del dengue debido al cambio porcentual en la temperatura. La elasticidad obtenida será interpretada de la siguiente manera: de obtener una elasticidad cuyo valor sea 10, se leerá: “El número de pacientes con la fiebre del dengue se incrementará en un 10% si la temperatura se incrementa en un 1%”.

2.2.2 VALORACIÓN CONTINGENTE

En esta sección se tratarán los temas de valoración contingente para poder responder al objetivo de estimar el impacto económico potencial. En donde se estimará la disposición a pagar por no tener la enfermedad del dengue de las personas. Esta sección se desarrollará en la segunda parte del semestre.



3. ESTUDIOS EMPÍRICOS PREVIOS

Estudios previos como el de Colón Gonzales et al. (2018) encontraron que los cambios en la duración y los patrones de la transmisión del dengue pueden ser resultados de un incremento potencial del rango de los brotes del dengue tanto longitudinalmente como latitudinalmente. La Organización Mundial de Salud encontró que, dentro de los cinco impactos más importantes del cambio climático sobre la salud, los cambios en la temperatura y las lluvias alterarían la distribución geográfica de los mosquitos que transmiten enfermedades infecciosas; y, dentro de estos mosquitos, la malaria y el dengue son los de mayor preocupación pública (OMS, 2008).

Fan y Liu (2019) encontraron que la transmisión del vector del dengue en China, con el cambio climático, para el año 2100, se trasladaría de sur a norte y cambiaría de una latitud baja a una latitud alta; concluyendo que el gobierno y el centro de control epidemiológico deberían trabajar en el control y la prevención de emisiones de carbono mientras refuerzan la capacidad de adaptarse de diferentes regiones. Langkulsen *et al.* (2020) concluyeron con su análisis que las precipitaciones y la temperatura eran los factores más importantes para explicar la incidencia del virus del dengue. Tsai y Liu (2005) revisaron problemas relacionados a la salud para poder demostrar el impacto del cambio climático en enfermedades (por ejemplo, la malaria, la fiebre del dengue y la encefalitis). Exploraron la interacción entre el cambio climático y las enfermedades en países en desarrollo y desarrollados, y encontraron que el impacto que tendría el cambio climático sería diferente en países en vías en desarrollo que en países industrializados. En países en vías de desarrollo, su vulnerabilidad se incrementa cuando los efectos del cambio climático son sumados a los efectos de enfermedades endémicas como la malaria o el VIH. Por su parte, en países desarrollados, la transmisión de enfermedades infecciosas aumenta a medida que el transporte facilita la difusión de la misma. La principal diferencia es que los países en desarrollo necesitan asistencia para intentar controlar el impacto del cambio climático en epidemias. Tseng *et al.* (2008) demostraron que a las personas les interesaba la influencia del cambio climático en la fiebre del dengue ya que estaban dispuestas a pagar significativas sumas de dinero para evitar los futuros casos del dengue causados por el cambio climático.

La evidencia previa encontrada nos sirve para concluir que los factores climáticos, en específico la temperatura y las precipitaciones, son factores que impactan en un sentido importante a la prevalencia de la fiebre del dengue. Además, la humedad y otras variables también pueden ser importantes para un posible brote epidémico de la fiebre del dengue. Por ende, puede preverse que la relación que existe entre la temperatura, precipitación,

humedad y la densidad del mosquito están relacionados con la fiebre del dengue. Lo último será atendido en secciones posteriores.

Por otra parte, en cuanto a los estudios sobre los efectos del cambio climático en el dengue para el Perú, se encontró que la mayoría de los estudios hechos abarcan más los temas de salud y epidemiológicos del problema, no su impacto económico. Gonzales et al. (2014) encontraron que, en países influenciados por la variabilidad climática, y existen aumento de temperaturas y las precipitaciones, la incidencia del dengue aumenta en un 2,6%. Vargas (2009) argumentó que un incremento mayor a 2 grados centígrados incrementaría la transmisión del dengue de 2 a 5 veces en zonas de América del Sur. Pozo (2016) indicó que en el 2016 no solo se presentan con mayor frecuencia los cuatro serotipos del dengue, sino que ahora se sufre en cualquier época del año y se ha expandido a más del 70% del departamento de Piura.



4. HIPÓTESIS

Sobre la base de los capítulos anteriores, se plantea que la prevalencia del dengue se incrementa cuando se incrementa la temperatura, la humedad y las precipitaciones, que a su vez están incluidos por diversos escenarios climáticos brindados por la IPCC (2018) que serían cuatro: variación de 1; 1.8; 2.2; 3.7 grados centígrados respectivamente. (IPCC 2018). Asimismo, se plantea estimar el impacto económico en estos escenarios mediante el método de Valoración Contingente.

Se entiende que, debido al aumento pronunciado de la temperatura, los patrones de precipitación y humedad han cambiado en los últimos años. La temperatura se encontró en el año 2015, 0.8°C por encima de los niveles preindustriales y con una tendencia a llegar a 1.5°C para el año 2040 de no haber cambios en la intensidad de la actividad humana. Este aumento de la temperatura afecta al ciclo hidrológico y, por ende, se ha encontrado un aumento de 2% de la precipitación desde el siglo XX. Además, el aumento de la temperatura también afecta a la humedad, como muestra el [Gráfico 7](#) que detalla el aumento de la media de la humedad global a lo largo de los últimos años.

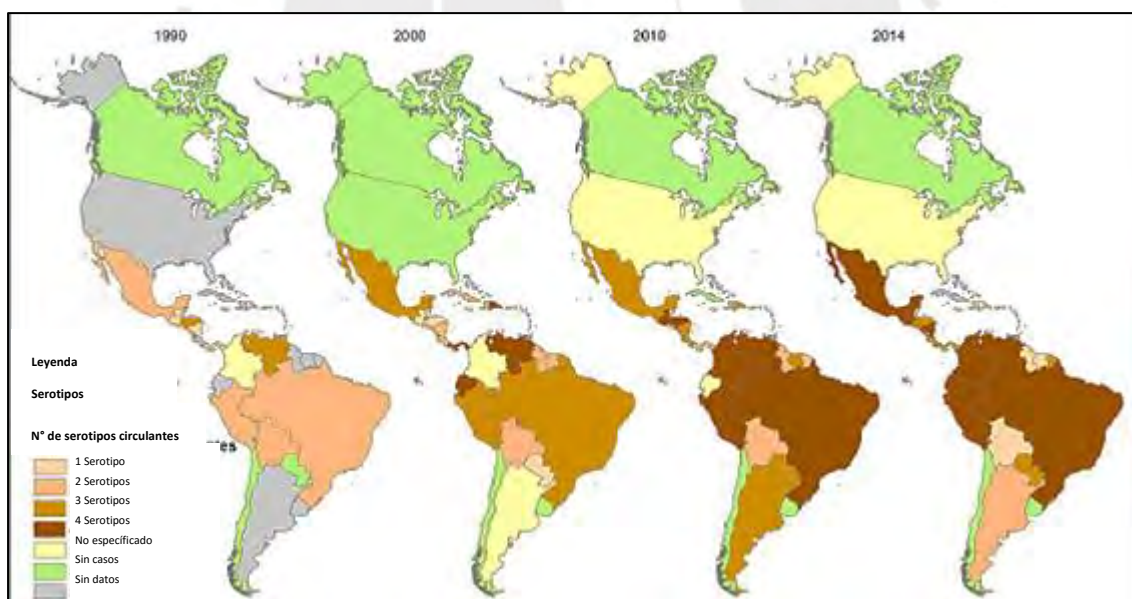
La hipótesis que se sostiene en este trabajo es que los factores climáticos (temperatura, humedad y precipitación), poseen un impacto significativo en la prevalencia de la enfermedad del dengue y, que el impacto económico que tendrán estos factores climáticos sobre la prevalencia del dengue será relevante en la economía del país.

5. HECHOS ESTILIZADOS DEL CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA EL ESTUDIO

5.1 EL DENGUE EN EL PERÚ.

Sobre el dengue en el Perú, los primeros reportes de su brote que incluían un síndrome de fiebre compatible con el dengue clásico fueron descritos desde el siglo XVIII, aunque sin confirmación de un laboratorio (Schneider & Droll, 2001). Fue primeramente identificado el DENV-1 en un laboratorio en el año 1990 en la ciudad de Iquitos, dentro del departamento de Loreto al norte de la región amazónica (Watts et al., 1998), en 1995 se introdujo el segundo genotipo americano, el DENV-2 (Kochel et al., 2002) y, ulteriormente, en la epidemia del virus al norte del país en el año 2000, se logró identificar un linaje distinto a los dos identificados previamente, un genotipo americano/asiático. Por su parte, el DENV-3, fue identificado a partir de 2001 (Kochel et al., 2008) mientras que el DENV-4 se encuentra presente a partir del 2008 (Forshey et al., 2009). Por lo expuesto previamente, se puede concluir que dentro del Perú se encuentran circulando los cuatro serotipos del dengue, lo cual se puede apreciar en el [Gráfico 8](#).

Gráfico 8: Distribución de serotipos del virus del Dengue en las Américas, 1990-2014.



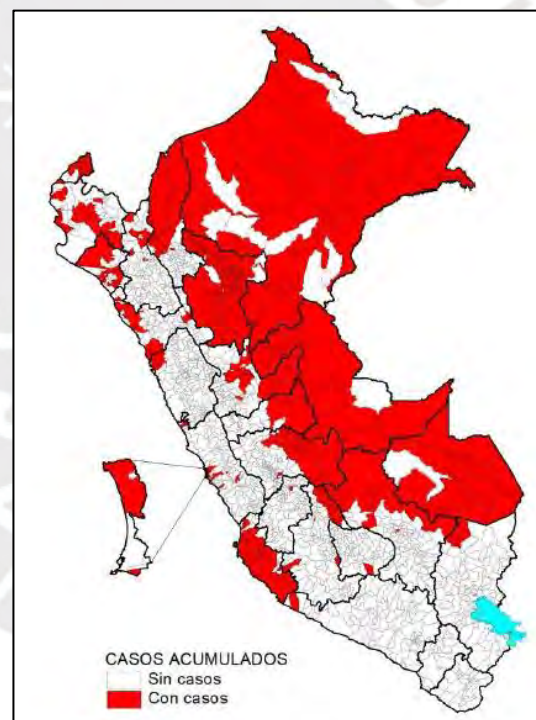
Fuente: OMS (2015)

En el Perú, la enfermedad es endémica, es decir, se encuentra presente constantemente en una determinada región, que son las zonas de la costa norte y en la Amazonía peruana (Gutiérrez & Montenegro-Idrogo, 2017). Por su parte, la distribución del dengue en el Perú a la semana epidemiológica veintiuno (SE 21) es la apreciada en el Mapa 1.

Lo que podemos apreciar es la prevalencia del dengue, es encontrada en la selva y en la costa norte, sobre todo en los distritos de Loreto, Madre de Dios, Ica, San Martín y Junín ya que estos cinco departamentos representan el 77.3% de los casos totales hasta la SE 21 del año 2020, el virus del dengue se encuentra presente en 22 departamentos y en la Provincia Constitucional del Callao.

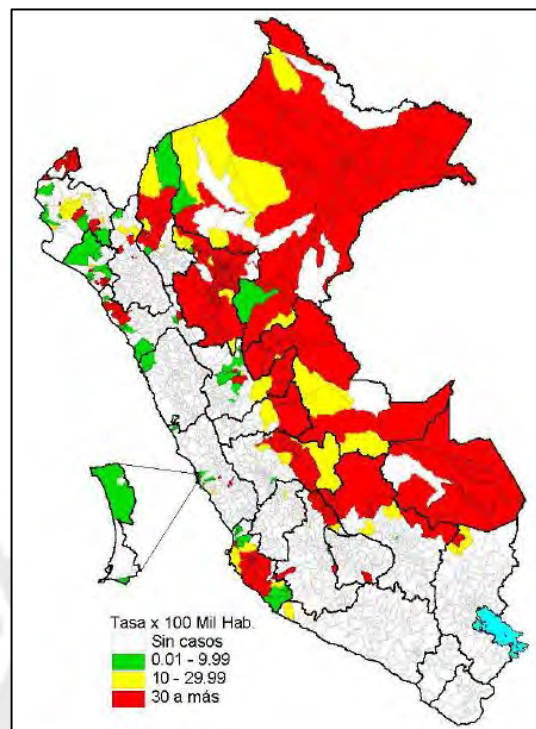
Es de notar que en el Mapa 2, donde podemos apreciar la intensidad del virus por distrito en el Perú a la SE 21, el virus del dengue, debido a sus características como virus y mosquito presentadas en la sección 2.1.4 *El virus del dengue*, prefiere ocupar lugares tanto cálidos como húmedos; este es el caso de la selva peruana y de la costa norte del Perú y la costa centro (Ica).

Mapa 1: Mapa del Perú para Casos Acumulados a la SE 21 del año 2020



Fuente: MINSA (2020)

Mapa 2: Tasa de dengue por 100 mil habitantes por distrito en el Perú a la SE 21



Fuente: MINSA (2020)

Tabla 2 Distribución de casos de Dengue por grupos de Edad y Sexo a la SE 21 en Perú 2020

	N° de Casos	Porcentaje
Según Grupo etario		
Niños (0-11 años)	4820	18.59
Adolescentes (12-17 años)	3660	14.12
Jóvenes (18-29 años)	6737	28.98
Adultos (30-59 años)	9007	34.74
Adulto mayor (60+ años)	1704	6.57
Total	25928	100
Según género		
Hombres	12637	48.74
Mujeres	13291	51.26

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Minsa (2020)

En la Tabla 2, podemos apreciar que el 25.98% de los casos fueron reportados en el grupo de 18-29 años, mientras que el 34.74% fue reportado en el grupo de 30-59 años, estas fueron las tasas de incidencia más altas encontradas. Mientras que, al momento de ejecutar la separación por género, no podemos apreciar diferencias significativas, siendo la tasa de incidencia en mujeres 51.26% y en hombres 48.74%.

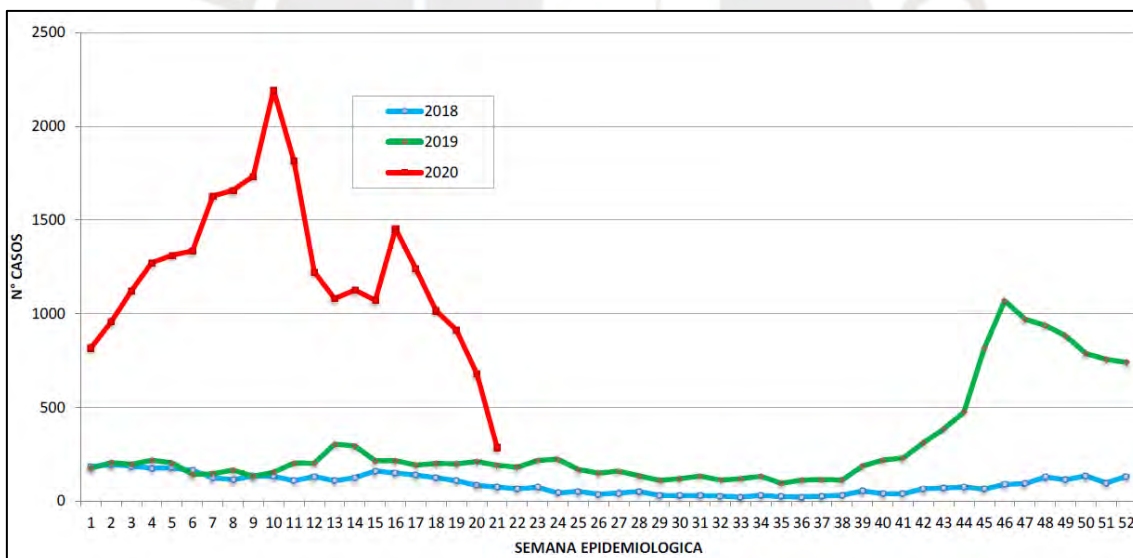
Finalmente, el Gráfico 9 nos permite visualizar que el acumulado a la SE 21 del año 2020 existen 25928 casos de Dengue, superando así la cantidad total del año 2019 que fueron 15926 casos y sobrepasando a los 4698 casos del 2018. Lo que debemos resaltar

es que la problemática del virus del dengue parece estar en aumento y no en declive, lo cual no es un tema menor debido a las características de la enfermedad.

El cuerpo humano posee dos tipos de inmunidad a las infecciones, la inmunidad adaptativa y la inmunidad innata (Wack, 2020). La inmunidad *adaptativa* proporciona memoria inmune, permitiendo así una respuesta rápida y fuerte cuando nos encontramos ante una enfermedad más de una vez. Por otro lado, la *innata* es aquella que nos proporciona la primera línea de defensa amplia y mucho menos específica contra todo agente patógeno.

Lastimosamente, la inmunidad adaptativa puede no servir contra el virus del dengue como fue expuesto previamente debido a que al verse re infectado por un subtipo del virus distinto a aquel que causó la infección inicial, el organismo reacciona con intensa actividad inmunitaria contra el virus equivocado, anulando así la posible inmunidad adaptativa que pudiera existir.

Gráfico 9: Número de casos de Dengue por SE para el Perú, años 2018-2020.



Fuente: Minsa (2020)

5.2 SISTEMA DE SALUD EN EL PERÚ EN SU RELACIÓN CON EL DENGUE

El Perú es un país con una gran diversidad de población dividida entre urbana y rural, donde la urbana tiene la mayor cantidad de la proporción de la población. Además, una gran parte de la producción está concentrada en Lima, la capital, en la que se concentra el 54% del PBI del país. La composición social del Perú se caracteriza por ser joven además de subempleada (Alcalde-Rabanal et al. 2011). En este contexto, el sistema de salud del Perú se divide en dos: el sistema de salud público y el sistema de salud privado.

Sobre el sistema de salud público Rabanal indica que: “[...] el sector público se divide en el régimen subsidiado o contributivo indirecto y el contributivo directo, que es el que corresponde a la seguridad social” (Rabanal *et al.* 2011). ALTERNATIVAMENTE, en el informe de ESSALUD “El Sistema de Salud Del Perú: situación actual y estrategias para orientar la extensión de la cobertura contributiva”, Oscar Cetrángolo *et al.* (2013), explica que el sistema de salud se divide en 5 subsistemas: el Seguro Integral de Salud (SIS), el seguro social de salud (ESSALUD), las Sanidades de las Fuerzas Armadas, la Sanidad de la Policía Nacional y las instituciones del sector privado.

Las personas que no están aseguradas reciben servicios de salud provistos por el Estado a cambio del pago de una cuota, a través del SIS, que se encarga principalmente de la población en situación de pobreza, y esto se realiza por parte del Ministerio de Salud (MINSA) que cuenta con distintos hospitales y establecimientos especializados. Además, está dividido en tres niveles: nacional, regional y local. El nivel nacional está regido por el MINSA directamente; el nivel regional por las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) que son parte de los gobiernos regionales y el nivel local por algunas municipalidades. (Cetrángolo *et al.* 2013). Más aún, el sistema de seguridad social abarca a ESSALUD y a las instituciones privadas, o también llamadas Entidades Prestadoras de Servicio (EPS). Las instituciones privadas están divididas en dos: las lucrativas, donde están las EPS, las clínicas privadas, los consultorios privados, los laboratorios; y las no lucrativas, donde están los Organismos no Gubernamentales (ONG), los bomberos, sectores de apoyo social de algunas iglesias, etc. (Alcalde-Rabanal *et al.* 2011). A continuación, se presenta un cuadro de la evolución de la cobertura del sistema de salud en la población peruana, del año 2011 al 2015. El Cuadro 1 lo encontramos en el informe “El sistema de salud en Perú. Situación y Desafíos” escrito por el Dr. Oswaldo Lazo-Gonzales *et al.* (2016).

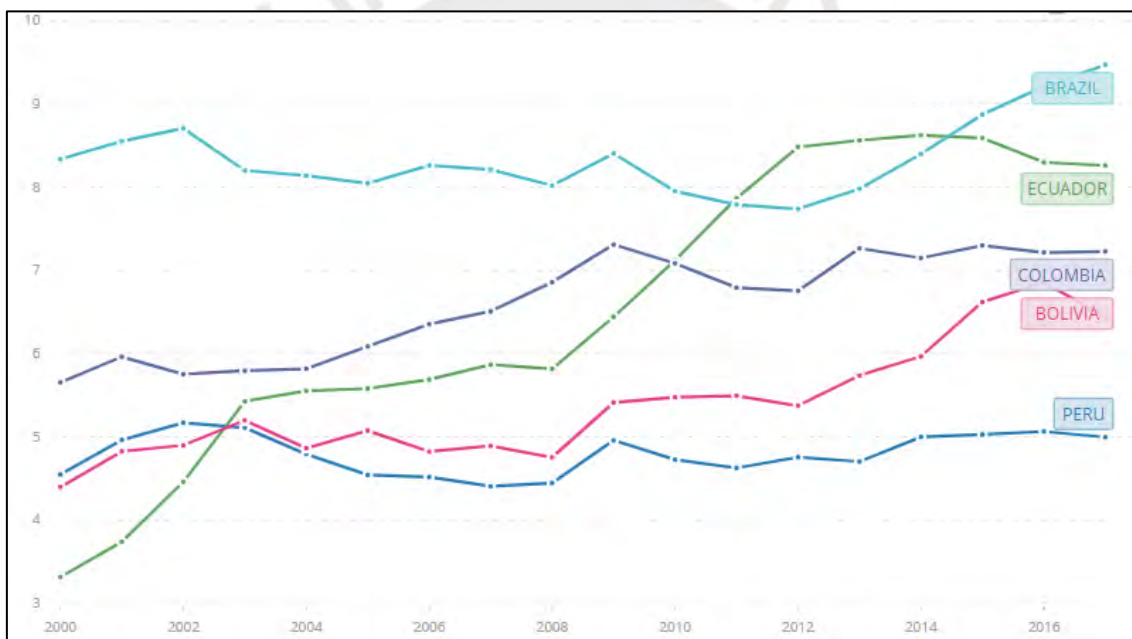
Cuadro 1: Población afiliada por tipos de seguro de salud en porcentaje, Perú años 2008-2019.

Años \ Tipos de seguro	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019
Total	3.7	0.5	3.5	4.5	1.9	5.5	9.0	3.0	5.8	6.4	6.5	7.7
Únicamente EsSalud	0.1	1.2	1.6	2.7	4.4	4.4	4.6	4.5	4.4	4.6	4.4	5.0
Únicamente SIS	8.1	3.8	6.3	6.1	1.4	5.3	9.0	3.4	6.3	6.8	7.1	7.7
Con otros seguros	.5	.6	.5	.7	.1	.8	.4	.0	.1	.0	.0	.0

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Como se puede apreciar, la población asegurada en el sistema nacional de salud ha aumentado en un 8.4% desde el año 2011 hasta el 2015. Además, el mayor incremento se vio en las regiones con un mayor nivel de pobreza como Huancavelica y Apurímac, que alcanzaron que más de 90% de su población sea asegurada. Esto se debió a la reducción de las restricciones administrativas en el SIS, para así aumentar su alcance a las poblaciones más alejadas del país, niños en albergues, entre otros. (Lazo-Gonzales et al. 2016 pp. 47). Es importante mencionar que en el Perú se ha aumentado el presupuesto para salud de 4.6% en 2006 a 5.5% en 2014. Sin embargo, el Perú país que tiene el menor porcentaje del PBI para la salud y esta ha sido constante en los últimos años en comparación con algunos países de América Latina como se puede reflejar en el [Gráfico 10](#)

Gráfico 10: Porcentaje del PBI destinado hacia Salud en países de América Latina, 2007-2013.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial

En relación a las dificultades que atraviesa el sistema de salud Cetrángolo et al., sostienen que:

“El sistema peruano, al igual que otros sistemas de la región, se caracteriza por una importante fragmentación y segmentación. Entre otras dificultades y a pesar de algunos intentos por coordinar las compras agrupadas de medicamentos, lo cierto es que los sistemas continúan operando de manera autónoma y sin articulación. Asimismo, existe poca integración entre los subsistemas, ya sea para la definición de sus obligaciones [...] o para la producción de servicios”.

Así vemos que el sistema de salud del Perú es un sistema complejo, que tiene un campo grande de mejora con respecto al financiamiento y a la articulación entre entidades.

Con respecto al dengue y el problema que genera en la salud pública, Seijo explica que en América Latina el dengue tuvo una evolución muy acelerada, ya que en 1984 se detectaron más de 40 000 casos, en 1991 más de 388 000 y en 1998 aproximadamente 733 000 casos. Además, el autor nos dice que gracias a los índices de Breteau (que será explicado más adelante) y domiciliario la permanencia en gran proporción del virus es evidente, lo cual demuestra la poca capacidad de control del vector (Seijo 2001).

En el Perú, el MINSA cuenta con protocolos para el tratamiento del dengue de acuerdo a distintas calificaciones de la evolución de la enfermedad en las personas. El grupo A, los pacientes sin signos de alarma, pueden ser tratados desde el hogar. Se recomienda mantener reposo en cama bajo mosquitero, ingerir una gran cantidad de líquido y consumir paracetamol contra la fiebre y dolores producidos por el dengue. Además, se deben vigilar vómitos con sangre, sangrado en piel entre otros.

Luego está el grupo B, los pacientes con signos de alarma, aquellos que necesitan ser hospitalizados. El objetivo de la hospitalización es prevenir la evolución del riesgo del dengue. En el grupo B también se incluyen pacientes que cuenten con co-morbilidad u otra condición que pueda empeorar gracias al dengue. El plan de acción en el caso de este grupo es el de realizar un hemograma completo, administrar soluciones salinas al 0.9% y el constante monitoreo de los signos vitales, junto con una cantidad considerable de hidratación.

Finalmente, el grupo C, los pacientes con caso de dengue grave, son aquellos que requieren de tratamiento de emergencia y la necesidad de ingresar a la unidad de cuidados intensivos (UCI), ya que sufren un choque debido al dengue. El tratamiento en este caso inicia mediante una toma de muestra de hematocrito (es el porcentaje de la fracción sólida de una muestra de sangre anti coagulada. Sirve para detectar anemia entre otros.) y la hidratación con soluciones cristaloides por vía endovenosa para parar el choque. La cantidad de hidratación se va disminuyendo a medida que los síntomas del choque van desapareciendo. Caso no desaparezcan los síntomas del choque, se debe tomar otra muestra de hematocrito y administrar la misma cantidad de hidratación endovenosa hasta que los síntomas desaparezcan. Los pacientes de este grupo deben ser monitoreados constantemente hasta que los síntomas del choque desaparezcan. Si el hematocrito disminuye, pero el paciente no mejora significa la presencia de una hemorragia, la cual necesita de una transfusión de sangre para la mejoría del paciente.

Es importante entender estos tres grupos de pacientes, ya que el choque del dengue es una de las principales causas de muerte por esta enfermedad. Los criterios de alta son: (1) ausencia de fiebre por 48 horas; (2) Mejoría general, mayor apetito, ausencia de distress

respiratorio, etc.; (3) Confirmación del aumento de plaquetas mediante dos controles y (4) Hematocrito estable sin hidratación endovenosa. El MINSA afirma que estos 4 criterios deben darse a la vez para poder darle a un paciente el alta. (MINSA 2012).



6. TRATAMIENTO DE DATOS

A causa limitaciones presentadas por el Senamhi acerca de la obtención de datos para el presente trabajo, se tuvo que hacer un ejercicio de selección de departamentos. Dentro del presente ejercicio se espera separar los departamentos en tres grupos de necesidad de datos, oscilando entre los de mayor importancia y de menor importancia con respecto al tema en cuestión: la presencia del virus del dengue. Los grupos serían los siguientes: el grupo 1, grupo de máxima importancia para el trabajo; el grupo 2, grupo de mediana importancia y; finalmente, el grupo 3, grupo de poca importancia.

Para el presente ejercicio se recurrió a dos indicadores para evaluar la pertinencia del virus del dengue en los distintos departamentos, se utilizaron los casos positivos de dengue (provistos por el Instituto Nacional de Salud) y el índice de Breteau (provisto por la Dirección General de Salud Ambiental). Los casos positivos de dengue resultan del análisis epidemiológico elaborado por el INS, un análisis de la enfermedad del dengue. Mientras que, el índice de Breteau es brindado tras un análisis entomológico, lo que quiere decir que fue un estudio del vector *Aedes Aegypti*. El índice de Breteau nos indica la magnitud del riesgo presente en una localidad ya que evalúa la cantidad de positivos con presencia de larvas y pupas (por ej. Maceta que acumula agua, juguete tirado en el piso, botellas tiradas en la calle, entre otros) dividido por la cantidad de viviendas inspeccionadas, el resultado es expresado en porcentajes.

En la Tabla 3 podemos apreciar tanto el indicador de vigilancia epidemiológica como el de vigilancia entomológica en un mismo gráfico. Como se puede observar, existen departamentos que lideran tanto en la cantidad de casos positivos de dengue semanal como en porcentaje del Índice de Breteau, estos son los departamentos de Madre de Dios, Loreto, Ucayali, Piura, Cajamarca y Tumbes. Asimismo, un segundo grupo estaría conformado por Lima, podemos observar que el ejercicio contrario también ocurre, que se presentan departamentos que no presentan casos de dengue positivos semanales y que el porcentaje del índice de Breteau también es bajo como es el caso de Puno, Arequipa, Pasco, Callao y Moquegua.

Esta misma información puede ser apreciada visualmente tanto en el [Gráfico 11](#) como en el [Gráfico 12](#). En el [Gráfico 11](#), podemos apreciar que los principales departamentos a evaluar deberían de ser Madre de Dios, Loreto, Piura, Ucayali, Lima, Tumbes y Cajamarca ya que todos superan los 20 casos promedio positivos a dengue semanales. En un segundo grupo se encuentran presentes los departamentos de San Martín, Cusco, Lambayeque y Junín, que oscilan entre 5 y 20 casos semanales. Mientras

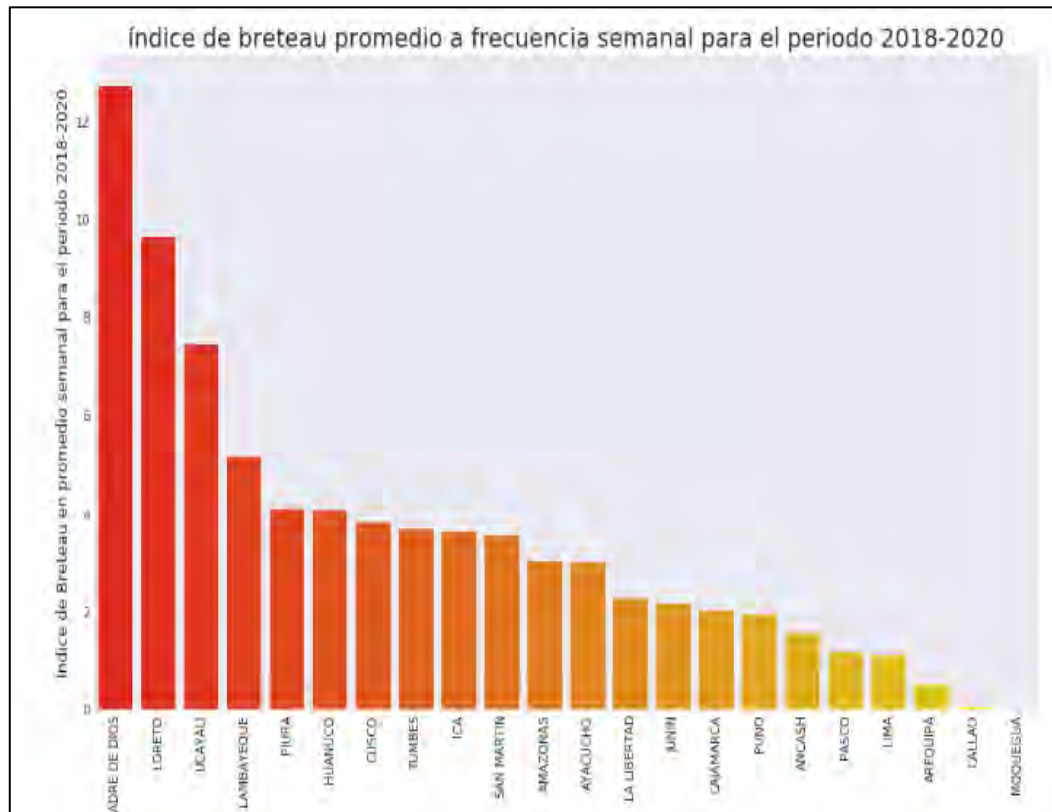
que en un tercer grupo de menor importancia se encuentran los departamentos de La Libertad, Ica, Ayacucho, Anchas, Huánuco, Moquegua, Puno, Arequipa, Pasco y la provincia constitucional del Callao con 5 y menos casos por semana.

Tabla 3: Casos de dengue positivos e Índice de Breteau en promedio semanal por departamento

Departamento	Casos de dengue positivo semanales en promedio (2018-2020)	Índice de Breteau en promedio semanal en % (2018-2020)
MADRE DE DIOS	74.82	12.73
LORETO	63.57	9.64
PIURA	56.12	4.09
UCAYALI	32.62	7.47
LIMA	27.18	1.12
TUMBES	23.31	3.68
CAJAMARCA	22.24	2.02
SAN MARTIN	15.03	3.56
AMAZONAS	13.22	3.03
CUSCO	8.93	3.83
LAMBAYEQUE	7.76	5.17
JUNIN	5.60	2.17
LA LIBERTAD	3.81	2.27
ICA	3.29	3.64
AYACUCHO	2.98	2.99
ANCASH	1.93	1.57
HUANUCO	1.48	4.07
MOQUEGUA	0.33	0.00
PUNO	0.25	1.95
AREQUIPA	0.20	0.52
PASCO	0.15	1.18
CALLAO	-	0.06

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 11: Promedio semanal del índice de Breteau en % para el periodo 2018-2020

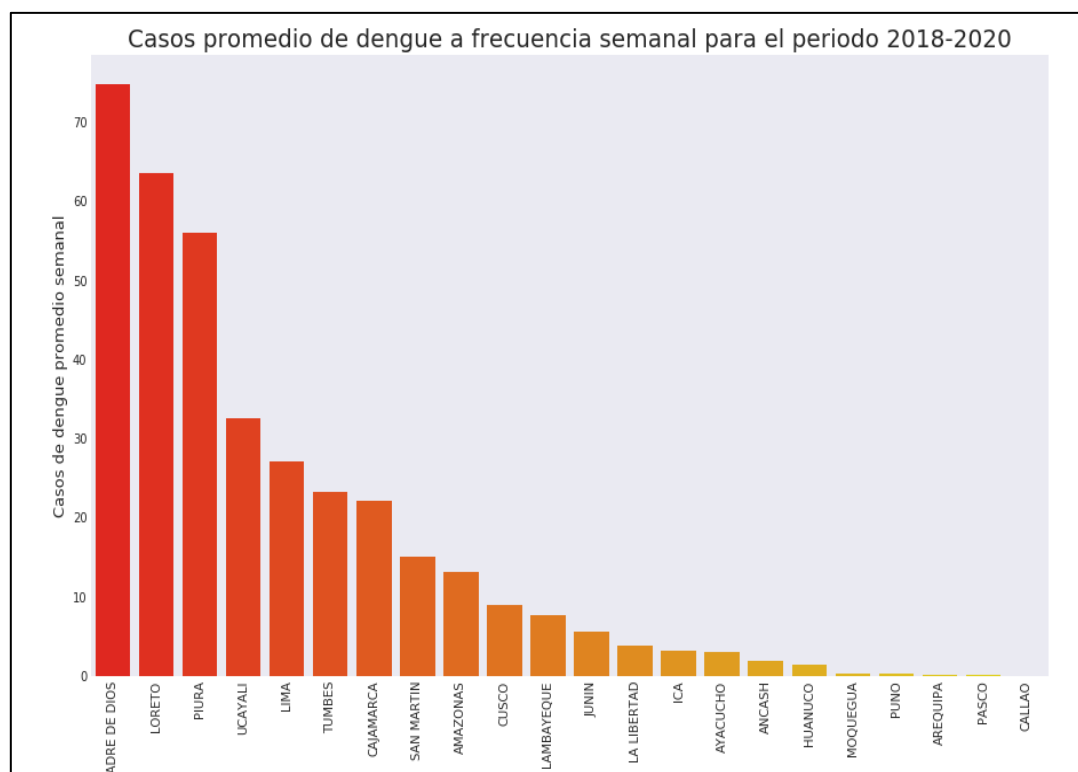


Fuente: Elaboración Propia

En el [Gráfico 12](#) podemos apreciar que en el índice de Breteau promedio por semanas en el periodo de estudio de 2018 a 2020, los departamentos que tienen mayor porcentaje son Madre de Dios, Loreto, Ucayali y Lambayeque, en un segundo grupo se encuentra presente aquellos que tienen su índice de Breteau entre 2 y 4 %, que son los departamentos de Cusco, Tumbes, Ica, San Martín, Amazonas, Ayacucho y La Libertad. Un tercer grupo se conforma por aquellos que tienen un porcentaje menor al 2% que son los departamentos de Junín, Cajamarca, Puno, Ancash, Pasco, Lima, Arequipa, Callao y Moquegua.

En conclusión, la distribución de los departamentos por grupo referido por cada evaluación hecha previamente se puede apreciar en la [Tabla 4](#), mientras que la decisión final se ve reflejada en la [Tabla 5](#)

Gráfico 12: Promedio de casos de dengue positivos por departamento para el periodo 2018-2020



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Distribución por grupo de importancia y variables analizadas

Variables <i>Grupos de Solicitud</i>	Variable 1: Casos positivos de dengue e índice de Breteau en conjunto	Variable 2: <i>Casos de dengue en promedio semanales</i>	Variable 3: <i>Índice de Breteau promedio semanal</i>
Grupo 1: Máxima importancia	Madre de Dios, Loreto, Ucayali, Piura, Cajamarca y Tumbes	Madre de Dios, Loreto, Cajamarca Piura, Ucayali, Lima y Tumbes	Madre de Dios, Loreto, Ucayali y Lambayeque
Grupo 2: Mediana Importancia	San Martín, Cusco, Lambayeque, Lima, Amazonas y Junín	San Martín, Cusco, Lambayeque y Junín	Cusco, Tumbes, Ica, San Martín, Amazonas, Ayacucho y La Libertad
Grupo 3: Importancia Leve	La Libertad, Ica, Ayacucho, Ancash, Huánuco, Moquegua, Puno, Arequipa, Pasco y Callao	de La Libertad, Ica, Ayacucho, Ancash, Huánuco, Moquegua, Puno, Arequipa, Pasco y Callao	Junín, Cajamarca, Puno, Ancash, Pasco, Lima, Arequipa, Callao y, Moquegua.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Conclusión de grupos de solicitud al Senamhi

<i>Grupos de solicitud</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Grupo 1: Máxima importancia	El Grupo 1 se encuentra conformado por 7 departamentos, que son los siguientes: Madre de Dios, Loreto, Piura, Ucayali, Tumbes, Cajamarca y San Martín. Este grupo es de vital importancia para el presente trabajo ya que son aquellos departamentos donde se concentra el virus del dengue en el Perú.
Grupo 2: Mediana Importancia	El Grupo 2 se encuentra conformado por 6 departamentos, estos son: Lima, Cusco, Amazonas, San Martín, Junín y Lambayeque. Si bien estos departamentos se encuentran afectados por el virus del dengue, la necesidad de su evaluación nos es tan importante como las del Grupo 1 pero igual son pertinentes para la evaluación del dengue en el Perú.
Grupo 3: Importancia Leve	El Grupo 3 se encuentra conformado por todos los departamentos restantes, aquellos que, en general, promedian menos de 5 casos de dengue semanales y que no son tan relevantes para el presente trabajo.

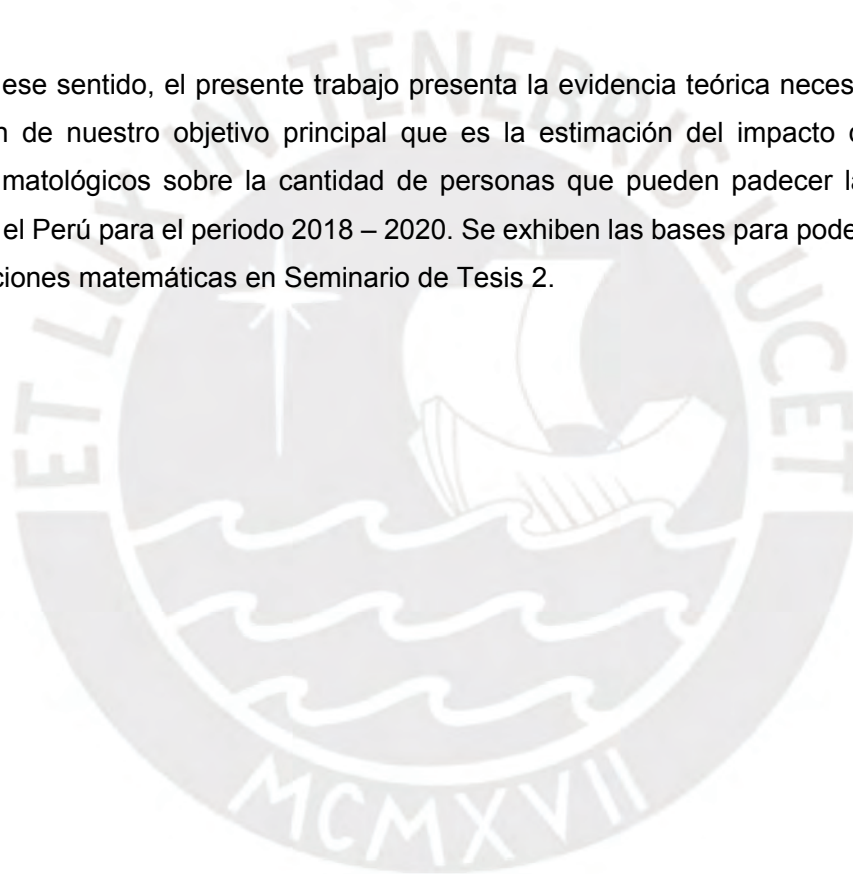
Fuente: Elaboración propia



7. CONCLUSIONES

Como ha sido apreciado al inicio del presente trabajo, el cambio climático conlleva consigo distintos problemas, entre ellos, uno de los más importantes es el incremento de diversas enfermedades infecciosas. Dentro de estas enfermedades infecciosas, se encuentran las transmitidas por vectores; en específico, la fiebre del dengue que es transmitida por el mosquito *Aedes Aegypti*. Se concluye en este trabajo que la fiebre del dengue en el Perú es una enfermedad relevante y que no está recibiendo la atención requerida pese a que más 50% de la población se encuentra expuesta a contraerla (CDC, 2020).

En ese sentido, el presente trabajo presenta la evidencia teórica necesaria para la justificación de nuestro objetivo principal que es la estimación del impacto de diversos factores climatológicos sobre la cantidad de personas que pueden padecer la fiebre del dengue en el Perú para el periodo 2018 – 2020. Se exhiben las bases para poder comenzar las estimaciones matemáticas en Seminario de Tesis 2.



8. BIBLIOGRAFÍA

- Adedeji, O., Reuben, O., & Olatoye, O. (2014). Global climate change. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 02(02), 114–122. <https://doi.org/10.4236/gep.2014.22016>
- Alcalde-Rabanal J, Lazo-Gonzales O, Nigenda G (2011) *Sistema de Salud de Perú* en Salud Pública Mex
- Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragon-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, and K. Zickfeld, (2018) Framing and Context. En: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Amemiya T (1971) The estimation of the variances in a variance-components model. *Int Econ Rev* 12:1–13
- Baltagi BH (2001) *Econometric analysis of panel data*. Wiley, Chichester, 2001
- Barreca A (2012) Climate change, humidity and mortality in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 63 pp. 19-34
- Belletich, E. (2016). *Investigan La Relación Del Cambio Climático Con El Dengue, La Malaria y Otras Enfermedades.*; Universidad de Piura. <http://udep.edu.pe/hoy/2016/investigan-la-relacion-del-cambio-climatico-con-el-dengue-la-malaria-y-otras-enfermedades/>
- Bouزيد, M., Colón-González, F. J., Lung, T., Lake, I. R., & Hunter, P. R. (2014). Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: Case study of dengue fever. *BMC Public Health*, 14(1), 781. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-781>
- Brady, O. J., Gething, P. W., Bhatt, S., Messina, J. P., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., Moyes, C. L., Farlow, A. W., Scott, T. W., & Hay, S. I. (2012). Refining the global spatial limits of dengue virus transmission by evidence-based consensus. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(8), e1760. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001760>
- Cabezas C, Fiestas V, García-Mendoza M, Palomino M, Mamani E, Donaires F (2015). Dengue in Peru: a quarter century after its reemergence.
- Cetrángolo O, Betranou F, Casanova L, Casalí P (2013) El sistema de salud en el Perú: situación actual y estrategias para orientar la extensión de la cobertura distributiva en OIT.
- Chowell G, Cazelles B, Broutin G, Munayco C (2011). The influence of geographic and climate factors on the timing of dengue epidemics in Perú, 1998-2008. *BMC Infectious Diseases*.
- Christophers S (1960) *Aedes aegypti* (L.). The Yellow Fever Mosquito. Its Life History Bionomics and structure. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ciais, P., C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, R. DeFries, J. Galloway, M. Heimann, C. Jones, C. Le Quéré, R.B. Myneni, S. Piao and P. Thornton, 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: *Climate Change 2013: The*

- Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Colón-González F, Harris I, Osborn T *et al.* (2018). Limiting global mean temperature increase to 1.5-2 °C could reduce the incidence and spatial spread of dengue fever in Latin America. *Proc. Natl. Acad. Sci.*
- Corvalan C, Hales S, McMichael A, Butler C, Campbell-Lendrum D, Confalonieri U, Leitner K, Lewis N, Patz J, Polson K, Sheraga J, Woodward A, Younes M (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Health Synthesis.*
- Dore, M. H. I. (2005). Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International*, 31(8), 1167-1181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.03.004>
- Epstein P (2001). Climate change and emerging infectious diseases. *Microbes and Infections.*
- Estrada M (2001) Cambio Climático Global: Causas y Consecuencias. Notas. Revista de Información y Análisis. Num 16
- Fan J, Liu Q (2019) Potential impacts of climate change on dengue fever distribution using RCP scenarios in China. *Advances in Climate Change Research* 10(2019) 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.03.006>
- Fernández, W. F., & Iannacone, J. (2005). Variaciones de tres índices larvarios de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) y su relación con los casos de dengue en Yurimaguas, Perú, 2000 - 2002. *Parasitología Latinoamericana*, 60(1-2). <https://doi.org/10.4067/S0717-77122005000100001>
- Fiestas V, Sihuincha M, Donaires F, Durand S, García M, Mamani E, Gómez J (2011). Características clínicas de pacientes internados en el Hospital de Apoyo de Iquitos "Cesar Garayar García" durante la epidemia del dengue, enero-febrero de 2011. *Revista médica de salud pública.* Lima.
- Forshey, B, Morrison A, Cruz C, Rocha C, Vilcarrromero S, Guevara C, Camacho D, Alava A, Madric C, Beingolea L, Suarez V, Comach G, Kochel T (2009). Dengue Virus Serotype 4, Northeastern Peru, 2008. *Emergency Infectious Diseases.* doi: 10.3201/eid1511.090663
- Georgescu-Roegen, N. (1976) *Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Essays*, Pergamon Press, New York
- Adedeji, O., Reuben, O., & Olatoye, O. (2014). Global climate change. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 02(02), 114–122. <https://doi.org/10.4236/gep.2014.22016>
- Giampietro, M. y Mayumi, K. (2000) 'Multiple-scale integrated assessment of societal metabolism: introducing the approach', *Population and Environment*, Vol. 22, No. 2, pp.109-153.
- Giampietro, M., Mayumi, K. and Sorman, A.H. (2012) *The Metabolic Pattern of Societies: Where Economists Fall Short*, Routledge, New York.
- Alcalde-Rabanal J, Lazo-Gonzales O, Nigenda G (2011) *Sistema de Salud de Perú en Salud Pública Mex*
- Githeko A, Lindsay S, Confalonieri U, Patz J (2000). Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. *En Bull Who.*
- Gonzales, Gustavo F, Zevallos, Alisson, Gonzales-Castañeda, Cynthia, Nuñez, Denisse, Gastañaga, Carmen, Cabezas, César, Naeher, Luke, Levy, Karen, & Steenland, Kyle. (2014). Environmental pollution, climate variability and climate change: a review

- of health impacts on the Peruvian population. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 31(3), 547-556. Recuperado en 12 de junio de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000300021&lng=es&tlng=en.
- González Elizondo, M., Jurado Ybarra, E., González Elizondo, S., Aguirre Calderón, Ó. A., Jiménez Pérez, J., & Návar Cháidez, J. de J. (2003). Cambio climático mundial: Origen y consecuencias. *Ciencia UANL*, 6(3). <http://eprints.uanl.mx/1287/>
- Gubler D. (1998). Dengue and dengue hemorrhagic fever. *Clin Microbiol Rev*.
- Gutierrez C, Montenegro-Ildrogo J (2017). Conocimiento sobre dengue en una región endémica de Perú. Estudio de base poblacional. *Acta médica peruana*.
- Halstead S (2004). Dengue fever/dengue hemorrhagic fever.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., & Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(39), 14288-14293. JSTOR.
- Harvell, C. D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296(5576), 2158–2162. <https://doi.org/10.1126/science.1063699>
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- Jetten T, Focks D (1997). Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. *Am J Trop Med Hyg*.
- Kochel T, Aguilar P, Felices V, Comach G, Cruz C, Alava A, Vargas J, Olson J, Blair P (2008). Molecular epidemiology of dengue virus type 3 in Northern South America: 2000 – 2005. *Infectious Genetic Evolution*. doi: 10.1016/j.meegid.2008.06.008.
- Kochel T, Watts D, Halstead S, Hayes C, Espinoza A, Felices V, Caceda R, Bautista C, Montoya Y, Douglas S, Russell K (2002). Effect of dengue-1 antibodies on American dengue-2 viral infection and dengue hemorrhagic fever. *The Lancet*.
- Langkulsen, U., Promsakha Na Sakolnakhon, K., & James, N. (2020). Climate change and dengue risk in central region of Thailand. *International Journal of Environmental Health Research*, 30(3), 327–335. <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1599100>
- Lazo-Gonzales O, Alcalde-Rabanal J, Espinosa-Henao O (2016) El sistema de salud en el Perú. Situación y desafíos. *REP*
- McMichael, A & Githeko, A. (2001) Human Health. En: *Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment*
- Miller, G., 2007, *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*, 8va edición, Editores Internacional Thomson, México.
- Ministerio de Salud (2020). Sala de situación de salud Perú a la SE 17-2020. <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2020/salaSE17.pdf> poner fecha de búsqueda.
- Mongkolsapaya J, Dejnirattisai W, Xu XN, Vasanawathana S, Tangthawornchaikul N, Chairunsri A, Sawasdivorn S, Duangchinda T, Dong T, Rowland-Jones S, Yenichitsomanus PT, McMichael A, Malasit P, Srean G (2003). Original antigenic sin and apoptosis in the pathogenesis of dengue hemorrhagic fever. *Nature Med*.
- Organización Mundial de la Salud (1998). Dengue in WHO Western Pacific Region. *Wkly Epidemiol Rec* 73. 273-277.

- Organización Mundial de la Salud (2008). Protecting Health from Climate Change. http://www.who.int/world-health-day/toolkit/report_web.pdf.
- Organización Mundial de la Salud (2020). América Latina sufre la epidemia de dengue más grave de los últimos años. En <https://www.vaticannews.va/es/mundo/news/2020-03/america-latina-epidemia-dengue-coronavirus.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Foro de ministros de medio ambiente de América Latina y el Caribe, Declaración de Santo Domingo, disponible en <http://www.pnuma.org/XVIForoAmbiente/stoDomingo>, [Accesado: el 23 de febrero de 2009].
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2017). Mainstreaming Disaster Risk Reduction & Climate Change Adaptation in District Level Planning.
- Rohani A, Wong Y, Zamre I, Lee H, Zurainee M (2009). The effect of extrinsic temperature on development of dengue serotype 2 and 4 viruses in *Aedes aegypti* (L.). *Trop Med Public Health*.
- Rosenzweig, C., & Solecki, W. (2005). Climate change information resources, New York Metropolitan Region. Columbia University.
- Schneider J, Droll D (2001). A timeline for dengue in the Americas to December 31, 2000, and noted first occurrences. En PAHO.
- Seneviratne, S. I., Donat, M. G., Mueller, B., & Alexander, L. V. (2014). No pause in the increase of hot temperature extremes. *Nature Climate Change*, 4(3), 161-163. <https://doi.org/10.1038/nclimate2145>
- Shindell, D. T., Rind, D., & Lonergan, P. (1998). Increased polar stratospheric ozone losses and delayed eventual recovery owing to increasing greenhouse-gas concentrations. *Nature*, 392(6676), 589–592. <https://doi.org/10.1038/33385>
- Steffen W, Broadgate W, Deutsch L, Gaffney O, Ludwig C (2015) The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration en SAGE doi: 0.1177/2053019614564785
- Thu H, Aye K, Thein S (1998) The effect of temperature and humidity on dengue
- Trenberth, K. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1), 123-138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>
- Trenberth, K. E. (2001). Stronger evidence of human influences on climate: The 2001 ipcc assessment. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 43(4), 8–19. <https://doi.org/10.1080/00139150109605136>
- Tsai, H. T., & Liu, T. M. (2005). Effects of global climate change on disease epidemics and social instability around the world. *Hum Secur Climate Change*, 2005, 21-23.
- Tseng, W.-C., Chen, C.-C., Chang, C.-C., & Chu, Y.-H. (2008). Estimating the economic impacts of climate change on infectious diseases: A case study on dengue fever in Taiwan. *Climatic Change*, 92(1–2), 123–140. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9437-6>
- Tyagi B, Hiriyan J (2004). Breeding of dengue vector *Aedes aegypti* (Linnaeus) in rural Thar desert, North-western Rajasthan, India. *Dengue Bull. virus propagation in Aedes aegypti mosquitos. Southeast Asian. Med. Pub*.
- Unitar, Ricardo-AEA, CDKN (2013) Climate Change Diplomacy. Module 1: Understanding climate change and global vulnerabilities. pp.27.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2008). *Briefing note 01: Climate change and disaster risk reduction*.

- United States Environmental Protection Agency. (2016). Temperature and Precipitation. EPA.
- University Center for Science Education. (2011). The Greenhouse Effect. The Greenhouse Effect; UCAR. <https://scied.ucar.edu/longcontent/greenhouse-effect>
- Vargas, P. (2009). El cambio climático y sus efectos en el Perú. Banco Central del Perú. <https://pdfs.semanticscholar.org/4e38/c678661a60f5d74ec3830c41e3fd351c1f4e.pdf>
- Wack, A. (2020). La inmunidad pulmonar aumenta después de una infección respiratoria. Redacción Médica; SANITARIA. <https://www.redaccionmedica.com/secciones/neumologia/la-inmunidad-pulmonar-aumenta-despues-de-una-infeccion-respiratoria-5815>
- Wallace TD, Hussain A (1969) The use of error components models in combining cross-section and time-series data. *Econometrica* 37:55–72
- Watts D, Ramirez G, Cabezas C, Wooster M (1998). Arthropod diseases in Peru. Citado en Travassos da Rosa, A. P. A., Vasconcelos, P. F. C., & Travassos da Rosa, J. F. S. (1998). An overview of arbovirology in Brazil and neighbouring countries. Instituto Evandro Chagas.
- Watts, D. M. Whitmire, R. E., Burke, D. S., Nisalak, A., Harrison, B. A., (1987). Effect of temperature on the vector efficiency of aedes aegypti for dengue 2 virus. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 36(1), 143–152. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1987.36.143>
- Weng, Q., Xu, B., Hu, X., & Liu, H. (2014). Use of earth observation data for applications in public health. *Geocarto International*, 29(1), 3–16. <https://doi.org/10.1080/10106049.2013.838311>
- Willett, K. M., Gillett, N. P., Jones, P. D., & Thorne, P. W. (2007). Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature*, 449(7163), 710–712. <https://doi.org/10.1038/nature06207>
- Willett, K. M., Gillett, N. P., Jones, P. D., & Thorne, P. W. (2007). Attribution of
- Willett, K. M., Jones, P. D., Gillett, N. P., & Thorne, P. W. (2008). Recent changes in surface humidity: Development of the hadcruh dataset. *Journal of Climate*, 21(20), 5364–5383. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2274.1>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed). MIT Press.
- Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., & Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment International*, 86, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>
- Xu B, Jin Z, Jiang Z, Guo J, Timberlake M, Ma X (2009). Climatological and geographical impacts on global pandemic of influenza A(H1N1). CRC Press. En Weng Q (2014) *Urban Monitoring and Assessment through Earth Observation*.