

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL CUAUTITLÁN IZCALLI



**“ESTIMACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LOS SINIESTROS
POR HURACÁN EN MÉXICO”**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTA:

DANIELA ITZEL CRUZ VARGAS

ASESOR:

DR. MARCO ANTONIO PÉREZ MÉNDEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO. MARZO DE 2019

RESUMEN.

En la actualidad están ocurriendo grandes cambios en los diferentes ámbitos; político, económico y social, sin embargo, a nivel global se está generando algo más preocupante para la humanidad, el llamado cambio climático; sus consecuencias y las actividades humanas que lo ocasionan, por lo que empiezan a surgir cuestiones sobre su efecto en los fenómenos naturales.

Para realizar un estudio pertinente, en primera instancia, se debe analizar, si existe, alguna relación entre los fenómenos más riesgosos en el país y las alteraciones en el clima, lo cual directamente conduce a los fenómenos hidrometeorológicos; históricamente se conoce que los ciclones tropicales son de los más devastadores siniestros. Con esa premisa se encamina el presente estudio, mismo que se resume como el impacto económico de los ciclones tropicales dadas las circunstancias climáticas actuales.

A lo largo de este estudio se encuentra una serie de variables que interfieren o son afectadas por el cambio climático, se logra establecer una relación entre el calentamiento global, la intensidad de los ciclones, y el daño que ocasionan obteniendo una cifra de la pérdida esperada de acuerdo al aumento de la severidad de los siniestros. Aunque no se logra cimentar una relación con la frecuencia de los eventos, se podría insinuar que de existir la relación aumentaría el costo de las pérdidas.

Finalmente, se hace una breve recomendación para afrontar el daño que vendrá si no se logra crear una consciencia social acerca de la huella humana en el planeta. Es importante tener en mente las siguientes preguntas ¿El grado de relación entre el aumento de la temperatura promedio del océano y el aumento de la severidad de los siniestros por huracán es estadísticamente significativo? ¿Se puede determinar un valor esperado de pérdida económica con un fenómeno tan impredecible como los huracanes?

ABSTRACT.

In a time of history where we are finally paying attention of the damage that the climate change is making and the matter is on political, economic, scientific an even on social and cultural agenda is crucial to ask ourselves if there is a relation between the main highly risk phenomena that the country is exposed by alterations on climate. That is the reason why the hydrometeorological events are identify as the focal group, and by empirical knowledge it's known that tropical cyclones are the most devastating events that our country has had, with that premise the following study is directed, it can be summed as the economic impact of tropical cyclones given the actual climate conditions.

Through all the research can be found a number of variables that interfere or suffer the affectations of climate change and achieves to establish a relation between global warming and the intensity of the events, and also between the connection among intensity and damage, it also obtains and estimate of the loss that can be expected according to the increase in the severity of the phenomena, sadly, this study doesn't found a relation between global warming and the increase (or decrease) of frequency of the events, although, based on other investigations and what has been found on this paper , it can been said that if the relation exists it will probably only rise the cost of the losses.

Finally, this study makes a brief recommendation to face the damage that it's coming our way, and that it will possibly increase if a social conscience about the human footprint on the planet isn't made soon.

Before reading this paper it is important to have in mind this questions: Is the relation between the increase of temperatures and the intensity of hurricanes statistically significant? Is it possible to determine an economic loss with a phenomenon so unpredictable such as hurricanes?

ÍNDICE.

CAPÍTULO 1 . ANTECEDENTES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS:	
FUNDAMENTOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	4
1.1. FUNDAMENTOS.....	4
1.2. JUSTIFICACIÓN.	5
1.3. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....	7
1.3.1. <i>Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.</i>	8
1.3.2. <i>Tormentas severas.</i>	9
1.3.3. <i>Heladas.</i>	11
1.3.4. <i>Bajas Temperaturas.</i>	11
1.3.5. <i>Sequías.</i>	12
1.3.6. <i>Tornados.</i>	12
1.4. CICLONES TROPICALES.....	13
1.4.1. <i>Génesis de los ciclones tropicales.</i>	14
1.4.2. <i>Relación con la temperatura.</i>	15
1.4.3. <i>Gray swan cyclones.</i>	17
CAPÍTULO 2 . SITUACIÓN ACTUAL DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y SU	
RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	18
2.1. ESTADÍSTICAS SINIESTROS HIDROMETEOROLÓGICOS EN MÉXICO.	18
2.2. CAMBIO CLIMÁTICO.	21
2.2.1. <i>Gases Efecto Invernadero.</i>	22
2.2.2. <i>Temperatura en la superficie terrestre.</i>	23
2.3. IMPACTO ECONÓMICO DE LOS DESASTRES NATURALES.	24
2.3.1. <i>Impacto económico de los eventos hidrometeorológicos.</i>	24
2.4. CONSTRUCCIÓN, DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS.	25
2.4.1. <i>Elección y obtención de variables explicativas.</i>	27
2.4.2. <i>Análisis descriptivo de la base de datos.</i>	38
CAPÍTULO 3 . IMPACTO ECONÓMICO DE LOS CICLONES TROPICALES EN MÉXICO;	
CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN.....	44
3.1. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS BÁSICOS.	44

3.1.1. <i>Variable aleatoria</i>	44
3.1.2. <i>Muestreo</i>	45
3.1.3. <i>Función de distribución</i>	46
3.1.4. <i>Valor esperado</i>	47
3.1.5. <i>Varianza y desviación estándar</i>	48
3.1.6. <i>Covarianza</i>	49
3.1.7. <i>Correlación</i>	49
3.1.8. <i>Coefficiente de correlación</i>	49
3.2. ESTIMACIÓN Y PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	50
3.2.1. <i>Estimación</i>	50
3.2.2. <i>Sesgo y Error Cuadrático Medio</i>	51
3.2.3 <i>Intervalos de confianza</i>	52
3.2.4. <i>Pruebas de hipótesis</i>	52
3.3. MODELOS ESTADÍSTICOS.....	53
3.3.1. <i>Tipos de datos</i>	53
3.3.2. <i>Regresión lineal simple</i>	54
3.3.3. <i>Método de mínimos cuadrados</i>	55
3.3.4. <i>Regresión lineal múltiple</i>	57
3.3.5. <i>Modelo Logit</i>	58
3.3.6. <i>Modelo Logit Multinomial</i>	59
3.3.7. <i>Variable Dummy</i>	61
3.4. MODELOS.....	62
3.4.1. <i>Predicción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero</i>	63
3.4.2. <i>Impacto Económico</i>	67
3.4.3. <i>Construcción de escenarios</i>	68
3.4.4. <i>Probabilidad de ocurrencia</i>	70
3.4.5. <i>Cálculo del impacto económico por escenario</i>	83
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS	105
ANEXOS	- 1 -

ANEXO 1. TEMPERATURA SUPERFICIE OCEÁNICA (SEA SURFACE TEMPERATURE).....	- 1 -
ANEXO 2. TEMPERATURA GLOBAL DEL PLANETA (AVERAGE GLOBAL SURFACE TEMPERATURE).....	- 2 -
ANEXO 3. SOLICITUD DE TRANSPARENCIA.....	- 3 -

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

<i>Ilustración 2.1 Daños por fenómenos hidrometeorológicos 1980-2014. Fuente: Elaboración propia.</i>	20
<i>Ilustración 2.2 Clasificación de variables. Fuente: Elaboración propia.</i>	28
<i>Ilustración 2.3 Temperatura oceánica por punto de observación. Fuente: Elaboración propia.</i>	30
<i>Ilustración 2.4 Temperature Anomalies over land and over Ocean. Fuente: Goddard Institute for Space Studies.</i>	31
<i>Ilustración 2.5 Monthly Mean Global Surface Temperature. Fuente: Goddard Institute for Space Studies.</i>	32
<i>Ilustración 2.6 Daño corriente y constante por ciclones tropicales. Fuente: Elaboración propia.</i>	38
<i>Ilustración 2.7 Variaciones de las temperaturas. Fuente: Elaboración propia.</i>	39
<i>Ilustración 2.8 Emisiones Gases Efecto Invernadero. Fuente: Elaboración propia.</i>	40
<i>Ilustración 2.9 Variaciones en la temperatura al momento de Paul & Wilma. Fuente: Elaboración propia.</i>	41
<i>Ilustración 2.10 Características Paul & Wilma. Fuente: Elaboración propia.</i>	42
<i>Ilustración 2.11 Efectos de Paul y Wilma. Fuente: Elaboración propia.</i>	43
<i>Ilustración 3.1 Variables dummy. Fuente: Elaboración propia.</i>	62
<i>Ilustración 3.2 Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1980-2014. Fuente: Elaboración propia.</i>	64
<i>Ilustración 3.3 Estimaciones EGEl 2009-2010. Fuente: Elaboración propia.</i>	66
<i>Ilustración 3.4 Calculo de probabilidades de ocurrencia. Fuente: Elaboración propia.</i>	71
<i>Ilustración 3.5 Número de ciclones tropicales por año. Fuente: Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la república mexicana en el año 2005.</i>	84

<i>Ilustración 3.6 Frecuencia de los ciclones tropicales en el período 1999-2014. Fuente: Elaboración propia.</i>	85
<i>Ilustración 4.1 Probabilidades marginales por escenario. Fuente: Elaboración propia.</i>	96
<i>Ilustración 4.2 Erogaciones del fideicomiso FONDEN. Fuente: Coordinación Nacional de Protección Civil.</i>	99
<i>Ilustración 4.3 Impacto económico por escenario millones de dólares. Fuente: Elaboración propia.</i>	103

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1.1 Escala Saffir-Simpson. Fuente: CENAPRED.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 1.2 Presión mínima en función de la temperatura oceánica. Fuente: The dependence of hurricane intensity on climate p. 483.</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2.1 Daños por fenómenos hidrometeorológicos 1980-2014. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2.2 Daño corriente y constante por ciclones tropicales. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 2.3 Ciclones tropicales por quinquenio. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 3.1 Clasificación de la correlación. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 3.2 Máximos variables atmosféricas por quinquenio. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 3.3 Incremento variables atmosféricas por quinquenio. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 3.4 Incremento variables atmosféricas, proyectado por quinquenio. Fuente: Elaboración propia. ..</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 3.5 Probabilidades marginales escenario medio. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 3.6 Probabilidades marginales escenario medio. Pacífico. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 3.7 Probabilidades marginales escenario medio. Atlántico. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 3.8 Frecuencia por categoría. Océano Pacífico. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 3.9 Frecuencia por categoría. Océano Atlántico. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 3.10 Probabilidades marginales escenario continuo. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 3.11 Probabilidades marginales escenario continuo. Océano Pacífico. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>76</i>

<i>Tabla 3.12 Probabilidades marginales escenario continuo. Océano Atlántico Fuente: Elaboración propia.</i>	76
<i>Tabla 3.13 Probabilidades marginales escenario catastrófico. Fuente: Elaboración propia.</i>	77
<i>Tabla 3.14 Probabilidades marginales escenario catastrófico. Pacífico. Fuente: Elaboración propia.</i>	78
<i>Tabla 3.15 Probabilidades marginales escenario catastrófico. Atlántico. Fuente: Elaboración propia.</i>	78
<i>Tabla 3.16 Variables dummy- Probabilidad condicional. Fuente: Elaboración propia.</i>	79
<i>Tabla 3.17 Probabilidad depresión tropical 2 vs Probabilidad perturbación tropical. Fuente: Elaboración propia.</i>	80
<i>Tabla 3.18 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical. Fuente: Elaboración propia.</i>	80
<i>Tabla 3.19 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical por océano. Fuente: Elaboración propia.</i>	81
<i>Tabla 3.20 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical. Océano Pacífico. Fuente: Elaboración propia.</i>	82
<i>Tabla 3.21 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical. Océano Atlántico. Fuente: Elaboración propia.</i>	82
<i>Tabla 3.22 Frecuencia esperada por escenario. Fuente: Elaboración propia.</i>	86
<i>Tabla 3.23 Costo promedio por categoría. Fuente: Elaboración propia.</i>	87
<i>Tabla 3.24 Impacto económico- Caso con supuesto. Fuente: Elaboración propia.</i>	88
<i>Tabla 3.25 Matriz de correlación. Fuente: Elaboración propia.</i>	89
<i>Tabla 3.26 Matriz de correlación- Intensidad. Fuente: Elaboración propia.</i>	90
<i>Tabla 3.27 Frecuencia estimada por categoría y escenario. Fuente: Elaboración propia.</i>	91

<i>Tabla 3.28 Impacto económico- Caso sin supuesto. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 4.1 Impacto económico- Caso con supuesto Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 4.2 Impacto económico- Caso sin supuesto Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>102</i>

INTRODUCCIÓN.

Los ciclones tropicales son un fenómeno natural común con alcances impredecibles, pueden resultar altamente destructivos generando pérdidas económicas en el país, daños a casa habitación, víctimas, decesos entre otros y en ocasiones pueden ser benéficos por el incremento en el nivel de ríos y presas, abastecimiento a comunidades, aumento en capacidad de riego, etc.

El presente estudio tiene como tema central el impacto económico de este fenómeno en el país, su relación con el calentamiento global desde un punto de vista estadístico, así como, verificar que los mecanismos de protección con los que cuenta el país (fondos, bonos, seguros, etc.) son adecuados y suficientes para cubrir las pérdidas generadas por este tipo de eventos. En consecuencia, la **importancia de la investigación** se encuentra en llevar a términos reales el costo del cambio climático, con un valor esperado que permita buscar la forma de afrontar los siniestros y suavizar los efectos en la economía mexicana.

El **planteamiento del problema** inicia con un estudio que mida la correlación entre el aumento en la temperatura oceánica y la intensidad de los ciclones tropicales, para posteriormente continuar con la construcción de una estimación del impacto económico que tienen los ciclones tropicales en México, por ello, es necesario establecer el contexto en el cual se realizará la estimación, considerando diversos factores; zona geográfica, densidad de población, vulnerabilidad o intensidad del fenómeno que se esté observando. En éste caso se delimitará la zona geográfica y el período de estudio a los eventos ocurridos en México en el período 1980-2014.

Un problema común que encuentran las investigaciones de desastres naturales, al menos en el país, es la falta de información acerca de los costos, daños directos e indirectos en la economía, debido a que las cifras usualmente tratan sobre el número de

personas y viviendas afectadas, salvo que se trate de un evento de alta magnitud o catastrófico como el sismo de 1985, por lo que se propone realizar el estimado de pérdidas económicas que ocasionan los ciclones tropicales de acuerdo a su intensidad con información existente en el *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), las bases de datos del *Goddard Institute for Space Studies* (GISS), y en las series de impacto del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), para llegar a un aproximado del daño que origina generalmente un ciclón de acuerdo a su categoría.

El **objetivo general** de este trabajo es realizar una proyección del impacto económico de los ciclones tropicales en México, mientras que los **objetivos específicos** buscan atender los siguientes puntos:

- Establecer la relación entre los cambios en temperatura oceánica y los siniestros por huracán en las costas mexicanas.
- Diseñar un modelo que permita estimar las pérdidas económicas que ocasionan los ciclones tropicales de acuerdo a su intensidad.
- Construcción de un pronóstico que estime lo siniestros esperados.
- Determinación del valor esperado del daño económico.

Cabe señalar que al ser objetivo principal proporcionar una cifra estimada del impacto económico de los ciclones tropicales relacionada con el calentamiento global, únicamente se explicará la parte económica de los siniestros, y no se buscará profundizar en la parte social afectada por un fenómeno de este tipo.

El **tipo de investigación** es documental, analítica, lógico-deductiva, hace uso de información histórica, técnicas estadísticas y de modelaje para realizar una cuantificación del daño que ocasionan los ciclones tropicales por medio de construcción y manejo de

bases de datos, a través de softwares especializados, para los **métodos y técnicas** con los que se llevará a cabo, se propone compilar una base de datos con la información de los ciclones tropicales en Excel, posteriormente realizar los modelos pertinentes a través del software estadístico STATA con apoyo del programa Gretl, recopilando la información de las principales autoridades en la materia tales como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), CENAPRED, NOAA, y el National Hurricane Center.

El capítulo 1, se centrará en los antecedentes de la investigación, se profundizará en la formación de los sistemas tropicales, su relación con la temperatura, así como un breve análisis de los fenómenos hidrometeorológicos principales que ocurren en el país buscando responder a la pregunta ¿Cuál es la importancia de investigar un fenómeno como los ciclones tropicales?

El capítulo 2, presentará las estadísticas sobre los fenómenos hidrometeorológicos y el caso particular de los ciclones tropicales, a su vez, permitirá identificar las variables que influyen en la formación de estos, finalmente, se concluirá con la elaboración, explicación y análisis de la base de datos que nos permitirá analizar los ciclones tropicales a través de métodos estadísticos.

Consecutivamente, en el tercer capítulo se dará un resumen de los conceptos básicos necesarios para la elaboración de los modelos pertinentes y se procederá con su elaboración e interpretación, este capítulo definirá los escenarios para los cuales se brindará la estimación del impacto económico, modelo con el cual concluirá este capítulo.

Para finalizar, las conclusiones se centrarán en dar un análisis de los resultados obtenidos para cada escenario, así como resumir los puntos clave que se detectaron a lo largo de toda la investigación determinantes para llegar al término de la misma, y se realizarán algunas recomendaciones sobre los resultados obtenidos, con el fin de encontrar formas de mitigar o suavizar el daño estimado.

CAPÍTULO 1 . ANTECEDENTES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS: FUNDAMENTOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. Fundamentos.

Desde la antigüedad existe una fascinación hacia los ciclones tropicales, se puede observar en la mitología maya al dios *huracán* el cual tiene sus raíces *jura*, que significa uno y *Kan* que significa pierna, es decir “el de una pierna”.

El Popol Vuh, libro sagrado maya, menciona en su primer parte, " La creación del mundo y primeros intentos de hacer a los hombres", lo siguiente:

Así consultaron y se formó la vida, y se inició la creación de las cosas. Y todo fue hecho en medio de la oscuridad, en las tinieblas, por la manifestación de Corazón del Cielo, que se llama Huracán, o sea, torbellino de un solo pie.

La primera manifestación fue de Caculhá Huracán; La segunda de Chipí Caculhá, que es el más pequeño de los rayos la tercera manifestación se llamaba Raxá Caculhá, el Verde Rayo, que es por medio de quien se comunica Corazón del Cielo con Tepeu y Gucumatz (Estrada Monroy, 2013, p.20).

En la actualidad, persiste el interés en dicho fenómeno, a su vez, se tiene mayor conocimiento de la interacción de las variables que intervienen en la formación de sistemas tropicales, siendo una de ellas la temperatura del océano la cual muchos estudios afirman se ha incrementado a causa del cambio climático; a pesar de múltiples alegaciones de gobiernos, negando la existencia de este. “Desde los años 70, más del 93% de la energía adicional que ha absorbido la Tierra debido al calentamiento ha sido almacenado por los océanos (...), hay señales de que los océanos pueden estar devolviendo una parte de esta energía a la atmósfera, lo que aumentaría la tasa del

calentamiento global mucho más allá de las proyecciones de los modelos climáticos actuales.” (Hoffman, 2016).

Si aceptamos la idea del cambio climático, sin meternos en sus causas u orígenes podemos retomar estudios que tratan sobre las consecuencias de este, como los realizados por el prominente meteorólogo y profesor de meteorología del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Kerry Emanuel, quien ha realizado múltiples investigaciones en las que vincula el cambio climático con el aumento de la intensidad de los ciclones tropicales, dentro de las que destacan: *“The dependence of hurricane intensity on climate (1987)*, *“What we know about climate change” (2007)*, *“On the factors affecting trends and variability in tropical cyclone potential intensity” (2015)*.

En México, los estudios referentes a ciclones tropicales se han realizado principalmente por el CENAPRED, como el documento de investigación; “Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México” (1997) por Oscar Arturo Fuentes Mariles y María Teresa Vázquez Conde, en donde realizan un análisis estadístico y probabilístico para determinar la probabilidad de que se presente un ciclón cerca de México; así como las series de impacto: “Características del Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en México” que cuentan con registro desde el año 1980 hasta 2015.

Una forma de comprender estos fenómenos es a través del enfoque estadístico y esta investigación se dedica al análisis de la causalidad entre el aumento de la temperatura y el impacto económico que causan los ciclones tropicales.

1.2. Justificación.

En la población mexicana no existe una cultura de prevención, por lo que al ocurrir cualquier tipo de catástrofe las familias quedan desprotegidas perdiendo en muchas

ocasiones su patrimonio, lo que ocasiona que el gobierno además de reconstrucción de los daños a propiedad pública y heridos ocasionados por el desastre, tenga que hacerse cargo de estas personas.

Es importante recordar que México es uno de los países más expuestos al cambio climático; 15% de su territorio, 68% de su población y 71% de su Producto Interno Bruto, se encuentra en riesgo de sufrir afectaciones a causa de éste (Climate change: causes, effects, and solutions, 2010).

Se destaca que las medidas dirigidas a salvaguardar a la población han sido efectivas, una de las principales razones es la implementación del Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT) en el año 2000 (García Arróliga N. , Marín Cambranis, Méndez Estrada, & Troncoso Arriaga, 2013) como se aprecia en la ilustración 1.1:

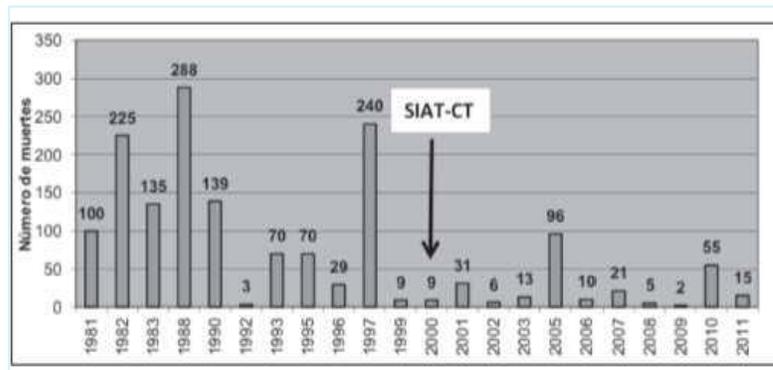


Ilustración 1.1 SIAT-CT. Fuente: Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en México en el año 2011.

Los sistemas tropicales tienen efectos muchas veces catastróficos, que dependen en gran medida de la intensidad y lugar en el que se presentan, el artículo “*How much do hurricanes hurt economy*” (Rosen, 2014), resume cuatro posturas que han tomado los especialistas respecto a los ciclones tropicales:

1. Después de un ciclón tropical, el país sufre un rezago permanente en su economía.
2. El ciclón tropical frena el crecimiento del país, sin embargo, después de un tiempo vuelve a su tendencia de crecimiento original.
3. Los desastres causados por el ciclón dan pie a un crecimiento económico por nuevas inversiones en lugares afectados.
4. El paso del ciclón tropical, no solo impulsa el crecimiento económico, sino que genera incentivos para que el país se deshaga de infraestructura vieja que pudiera existir.

De tomarse en cuenta únicamente los últimos enunciados se quita importancia a la exploración del impacto económico negativo de los ciclones tropicales, no obstante, el mismo artículo destaca el trabajo de los economistas Solomon Hsiang y Amir Jina de la Universidad de Berkeley y Columbia, respectivamente, en su estudio: “*The Causal Effect of Environment Catastrophe On Long-Run Economic Growth: Evidence From 6,700 Cyclones*” (2014) en el que concluyen que no existe ninguna manera en que un ciclón tropical pueda provocar una mejora en la economía.

Por otro lado, de manera empírica se sabe que en la economía mexicana la ocurrencia de ciclones tropicales afecta varios sectores económicos, un ejemplo es el sector agropecuario, basta con recordar los efectos de los huracanes “*Emily*”, “*Stan*” y “*Wilma*” en 2005. Los cuales junto a otros fenómenos hidrometeorológicos dejaron 1,091,881 hectáreas de zonas de cultivo y/o pastizales dañados (García Arróliga N. , Marín Cambranis, Méndez Estrada, & Bitrán Bitrán, 2006).

1.3. Fenómenos Hidrometeorológicos.

Los fenómenos hidrometeorológicos siempre han sido parte de la historia del planeta, forman parte del sistema hidrológico, los ecosistemas están diseñados para

adaptarse a las variaciones, como lo han hecho desde hace millones de años, el problema empieza cuando estos eventos ocurren en zonas donde la sociedad se ha establecido, o en lugares donde afecten el ecosistema, un ciclón tropical no es considerado desastre si este no ocurre en una zona poblada vulnerable (Carabias, Molina, & Sarukhán, 2010).

La Ley general de Protección Civil, en su artículo 2, inciso XXIV, define a los fenómenos hidrometeorológicos:

“Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados” (Coordinación Nacional de Protección Civil, 2016).

En los siguientes apartados, se detallará brevemente algunos de los fenómenos hidrometeorológicos; los ciclones tropicales por ser el tema principal de investigación se explicarán en un subtítulo diferente.

1.3.1. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología, se define a la inundación como la elevación, generalmente rápida, que sobrepasa los niveles de un cuerpo de agua (World Meteorological Organization, 2012). Se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Pluviales. Son provocadas por agua de lluvia y puede durar desde varias horas o incluso días.
- Fluviales. Se presentan cuando hay un desbordamiento de algún cuerpo de agua en territorio colindante.

- Costeras. Como su nombre lo indica ocurren en las costas cuando el nivel del mar se eleva hasta que se encuentra tierra adentro.
- Lacustres. Son aquellas producidas por ruptura de bordos, diques y presas. Se refiere a las generadas por el fallo de una obra humana cuya función es el almacenamiento de grandes cantidades de agua.

1.3.2. Tormentas severas.

Se refiere a aquellas que son tan intensas que tienen la capacidad de generar daños importantes en materia económica o destrucción de servicios públicos como antenas o postes de luz, algunas tormentas ocasionan pérdidas de vida, usualmente traen consigo lluvias intensas, y pueden formar vientos, granizo, rayos, truenos, e incluso tornados. (Prieto González, Avendaño García, & Matías Ramírez, 2010). Aquí se incluyen las tormentas de nieve, granizo y electricidad.

Tormentas eléctricas:

Las tormentas eléctricas se caracterizan por la presencia de truenos, los cuales son el resultado de fuertes descargas electroestáticas ocasionadas por la acumulación de cargas dentro de una nube, estas al adquirir la fuerza necesaria se manifiestan con un relámpago que es un destello de luz formado entre las nubes y el suelo; un rayo alcanza en el aire una temperatura aproximada a los 30,000°C en una fracción de segundo y al calentarse se expande rápidamente provocando una onda de choque que llega en forma de sonido, motivo por el cual siempre se ve el relámpago y momentos después, dependiendo de la distancia a la que uno se encuentre de la tormenta, llega el sonido.

Tormentas de nieve:

Las tormentas de nieve son una precipitación de agua en estado sólido en forma de copo; el copo de nieve es un conjunto de cristales transparentes de hielo que se forman al condensarse el vapor de agua a temperaturas inferiores a la solidificación del agua (0°C).

Aunque todos los copos de nieve presentan estructuras hexagonales, comúnmente se dice que “nunca tienen la misma forma”, esto sucede ya que el agua al pasar de un estado sólido a un estado gaseoso produce dicha estructuras las cuales se entrelazan con facilidad y se unen entre sí al caer, de su formación depende de la temperatura y humedad de la atmósfera (Scaife, 2016).

En el territorio mexicano son muy pocas las regiones donde se presentan nevadas. Con excepción del año 1967 donde según cifras del CENAPRED el 50% del territorio nacional fue afectado por este fenómeno.

Tormentas de granizo:

El granizo es otro tipo de precipitación sólida del agua, la diferencia con el copo de nieve es que el granizo tiene forma de piedras de hielo, las cuales se forman por colisiones de partículas de agua, se generan principalmente durante las tormentas eléctricas.

Las tormentas de granizo suelen ser destructivas de acuerdo a su intensidad y duración, pero principalmente al tamaño del granizo, el cual puede tener diámetros que varían entre los 5mm hasta diámetros comparables a una pelota de golf (Prieto González, Avendaño García, & Matías Ramírez, 2010).

El granizo ha causado grandes pérdidas económicas, las tormentas aisladas en conjunto han ocasionado pérdidas superiores a los 1,000 millones de dólares en Europa, Estados Unidos, Australia (Scaife, 2016).

1.3.3. Heladas.

Este fenómeno hidrometeorológico es especialmente peligroso para la agricultura, así como para la vida de personas mayores, niños e indigentes, no es raro escuchar en las noticias el recuento de decesos a causa de bajas temperaturas.

Las heladas ocurren al extenderse una capa de hielo sobre los objetos, al sublimarse el vapor de agua cuando las temperaturas son inferiores a los 0°C, suceden principalmente durante la madrugada o en la puesta de sol. (Scaife, 2016).

1.3.4. Bajas Temperaturas.

Las bajas temperaturas son el descenso de la temperatura promedio en una región, sus efectos son nuevamente, hacia la población más vulnerable; niños, personas de la tercera edad y personas en situación de calle.

Este fenómeno generalmente ocurre en los estados del norte como Baja California, Chihuahua y Durango, aunque también se pueden sentir los efectos en el centro en lugares de mayor altitud como el Nevado de Toluca y el cerro del Ajusco, mientras que en el sur del país suceden en las zonas colindantes al pico de Orizaba y Cofre de Perote.

1.3.5. Sequías.

Dependiendo el enfoque, se puede definir las sequías desde dos ángulos; hidrológico y meteorológico. (García Jiménez, Fuentes Mariles, & Matías Ramírez, 2007).

- Sequía (enfoque meteorológico). Desde este punto de vista, una sequía sucede cuando la precipitación de lluvia acumulada durante un período de tiempo es significativamente menor al promedio.
- Sequía (enfoque hidrológico). Se presenta cuando los escurrimientos superficiales y subterráneos o un cuerpo de agua tienen una cantidad menor a la media.

De manera general, se considera que existe una sequía cuando hay un descenso en las cantidades promedio de agua, e impide satisfacer las necesidades humanas.

1.3.6. Tornados.

La base de datos terminológica de la Organización Meteorológica mundial, (World Meteorological Organization, 2012), se refiere a los tornados como “el fenómeno meteorológico natural más violento”.

Un tornado es una tormenta con vientos rotatorios con un centro de pequeño diámetro que hace contacto con el suelo, estos suelen ocurrir sobre la tierra, aunque también existen tornados acuáticos, a los cuales se les denomina trombas de agua o “*waterspout*”.

Se originan cuando existe un choque de masas de aire con distintas características físicas; densidad, velocidad, temperatura, etc. Tienen un diámetro en promedio entre 250 m y un ciclo de vida que puede durar desde algunos minutos a varias horas.

1.4. Ciclones Tropicales.

De acuerdo a Kerry Emanuel, en promedio se desarrollan 80 ciclones anuales en el mundo (Emanuel, 2003) mientras que en México según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), durante el período de 1970 a 2005 se registraron un total de 154 ciclones tropicales; de los cuales 39 fueron depresiones tropicales, 56 tormentas tropicales, 42 huracanes categoría 1 y 2, y 17 huracanes de intensidad igual o mayor a la categoría 3 en la escala de Saffir-Simpson. (Comisión Nacional del Agua, 2006).

Se conocen de diversas formas dependiendo el lugar donde se presenten entre sus denominaciones se encuentra: huracán, tifón, baguio, Willy – Willy, etc.

El glosario internacional de hidrología:

“Ciclón tropical sin. Huracán, tifón. Término genérico que designa un ciclón de escala sinóptica no frontal que se origina sobre las aguas tropicales o subtropicales y presenta una convección organizada y una circulación ciclónica caracterizada por el viento de superficie” (World Meteorological Organization, 2012).

De manera general, un ciclón tropical es un fenómeno hidrometeorológico que se origina sobre los océanos tropicales el cual presenta vientos rotatorios y obtiene la energía, del calor transferido desde el océano, las condiciones atmosféricas propicias para el desarrollo de un ciclón tropical incluyen la presencia de una zona de convergencia con una baja presión atmosférica, una atmósfera cálida, superficie oceánica con temperaturas elevadas (Hernández Cerda, Azpra Romero, Delgado Delgado, & Villicaña Cruz, 2001).

1.4.1. Génesis de los ciclones tropicales.

Los ciclones nacen a partir de la diferencia entre las temperaturas del agua y el aire, normalmente, la temperatura a la que se presentan es igual o superior a los 26°C (Colección Larousse; El mundo contemporáneo, 2003), comienzan su ciclo cuando una masa de aire cálido proveniente de los océanos tropicales, aunada a la fuerza de rotación de la tierra (efecto coriolis) inicia el movimiento de rotación alrededor de un centro de baja presión, los vientos más fuertes dentro de un ciclón se encuentran en los niveles bajos, mientras que el flujo de aire confluye hacia el centro y sube formando la pared del ojo. La mayor parte del viento gira con sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en el sentido contrario en el hemisferio sur, sin embargo, en la parte más alta de la tormenta el sentido de rotación se invierte, es decir se vuelve anti-ciclónico, a su vez la columna de aire giratorio permite que se originen nubes calientes, cargadas de lluvia que se nutren del mar (Scaife, 2016).

La formación y evolución de un huracán es un proceso complicado en el que interactúan temperatura, humedad y velocidad de los vientos, a diferencia de un tornado acuático, el diámetro del huracán puede variar de 500 a 1800 km.

Se clasifican por su velocidad máxima o por su presión mínima central, de acuerdo a la escala de Saffir- Simpson:

Categoría	Presión central (Mb)	Vientos (km/h)
Perturbación tropical	1008.1-101	-
Depresión tropical	1004.1-1008	<62
Tormenta tropical	985.1-1004	62.1- 118
Huracán categoría 1	980.1-985	118.1 - 154
Huracán categoría 2	965.1-980	154.1 - 178
Huracán categoría 3	945.1-965	178.1 -210
Huracán categoría 4	920.1 -945	210 - 250
Huracán categoría 5	<920	>250

Tabla 1.1 Escala Saffir-Simpson. Fuente: CENAPRED.

1.4.2. Relación con la temperatura.

Quizá una de las principales relaciones que existen entre los ciclones tropicales y la temperatura es aquella que parte del viento; los vientos son afectados por los cambios en las temperaturas, cuando la temperatura aumenta provoca que el aire se expanda y que la presión atmosférica descienda (Scaife, 2016), si recordamos la génesis de los ciclones tropicales, estos se originan a partir de un centro de baja presión.

En el documento de investigación “*Tropical Cyclones*” (2003), se encuentra una breve remembranza de algunas investigaciones que han ligado el cambio climático con los ciclones tropicales.

- 1954. Primera especulación en la dependencia en la actividad de los ciclones tropicales con el clima.
- 1955. Se muestran correlaciones entre la actividad ciclónica en el Atlántico y cambio en los vientos.
- 1982. Se exhibe conexión de la actividad de los huracanes en el Atlántico y las temperaturas del océano en el oeste de África.

- 1984. Se señala una fuerte relación entre la actividad en el Atlántico y el fenómeno “El Niño”.
- 1997. Se demuestra que la intensa temporada de huracanes presentada en 1995. Se relaciona con altas temperaturas en la superficie oceánica.

Por su parte, Kerry en su publicación en la revista *nature*: “*The dependence of hurricane intensity on climate*” (1987) realiza un estudio para estimar si los cambios en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales, pueden ser causados por alteraciones en el clima, para dicho estudio, realizó un modelo para estimar la máxima intensidad alcanzada por un ciclón si éste se origina en temperaturas más altas (similares a las esperadas por el creciente aumento de dióxido de carbono en la atmósfera). En esta investigación llega a una ecuación que le permite estimar la presión mínima que puede alcanzar un sistema tropical, en función de la temperatura oceánica:

Temperatura (°C)	Presión (Mb)
27	911
28	902
29	891
30	879
31	865
32	849
33	829
34	805

Tabla 1.2 Presión mínima en función de la temperatura oceánica. Fuente: *The dependence of hurricane intensity on climate* p. 483.

Al final de su publicación concluye que cambios de 3°C en la temperatura oceánica pueden conducir hasta en un 30-40% de incremento la caída de la presión mínima central, aunque remarca que este análisis solo indica la máxima caída de presión en los ciclones tropicales, por lo que no tiene implicaciones directas en un aumento en el promedio de intensidad ni en la frecuencia de los ciclones tropicales. Sin embargo,

haciendo un breve análisis de la tabla 1.2, se puede observar que, a mayor temperatura, menor presión, recordemos que una baja presión atmosférica propicia la formación de sistemas tropicales, y precisamente la escala de Saffir-Simpson relaciona las bajas presiones con ciclones tropicales de mayor intensidad.

1.4.3. Gray swan cyclones.

Según la teoría del “*Black Swan*” o Cisne Negro de Nicholas Taleb, un cisne negro es cualquier fenómeno o suceso impredecible con gran impacto en los acontecimientos futuros, e indica que la historia de la humanidad es un conjunto de cisnes negros, como ejemplo; el ascenso de Hitler al poder, la caída de la Unión Soviética, o más recientemente la salida de Inglaterra de la Unión Europea (Taleb, 2007).

Trasladando esta teoría a los ciclones tropicales, se entendería que no se puede considerar a todos los eventos como cisnes negros, ya que cada año se sabe que va a ocurrir un número estimado de estos, sin embargo, existen, son aquellos altamente destructivos y cuya formación es totalmente impredecible, por lo que solo se puede tener acciones reactivas ante ellos.

Un punto intermedio son los ciclones “Cisne gris”, término creado y definido en el artículo “*Grey swan tropical cyclones*” por el profesor e investigador de la Universidad de Princeton, Ning Lin, en conjunto con Kerry Emanuel. En su publicación indica que un ciclón cisne gris no se predice de la forma tradicional, pero si con conocimiento físico y de los datos históricos, Lin y Emanuel en el artículo antes mencionado usaron un modelo climatológico para estimar la ocurrencia de estos fenómenos, y lograron localizar tres regiones costeras altamente vulnerables; Cairns (Australia), Dubai (Emiratos Árabes Unidos) y Tampa (E.U.A), con probabilidad de 1/10,000, aunque por el cambio climático estas probabilidades se incrementarían a 1/3,100 a mitad de siglo y 1/700 para finales de siglo, lo que implica un aumento de probabilidad en 14 veces (Lin & Emanuel, 2015).

CAPÍTULO 2 . SITUACIÓN ACTUAL DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO.

2.1. Estadísticas siniestros hidrometeorológicos en México.

Entre el año 1970 y 2011 México fue impactado en promedio con cinco ciclones tropicales al año, dos ciclones en el océano Atlántico y tres en el océano Pacífico (García Arróliga N. , Marín Cambranis, Méndez Estrada, & Troncoso Arriaga, 2013) .La elección de los ciclones tropicales como objeto de estudio se hizo en razón a la alta siniestralidad y presencia de este fenómeno en México debido a la ubicación geográfica del país que al estar situado entre dos océanos y cerca del Ecuador, se facilitan las condiciones atmosféricas para que ocurra este fenómeno, y esto sin considerar que sus implicaciones causan daños o pérdidas mayores a las de cualquier otro fenómeno de este tipo.

Con información de las series de impacto socioeconómico del CENAPRED, se construyó la siguiente tabla con datos sobre los siniestros hidrometeorológicos más importantes en México de 1980 a 2014.

Año	Fenómeno	Pesos constantes 2014 (Millones)
1980	Sequias	\$6,202.459
1982	Huracán	\$6,194.568
1987	Nevadas	\$5.918
1988	Huracán	\$1,499.322
1990	Huracán	\$1,789.323
1996	Heladas	\$104.558
1990	Inundaciones	\$49.320
1997	Huracán	\$8,834.165
1998	Lluvias Torrenciales	\$13,184.172
1999	Inundaciones	\$10,617.569
2000	Huracán	\$690.175
2000	Heladas	\$27.548
2000	Sequias	\$1,074.162
2001	Huracán	\$3,112.383
2001	Lluvias Torrenciales	\$703.757
2001	Huracán	\$353.386
2001	Sequias	\$97.168
2002	Huracán	\$14,986.198
2002	Huracán	\$2,101.309
2002	Lluvias Torrenciales	\$31.401
2002	Inundaciones	\$116.824
2002	Bajas Temperaturas	\$68.035
2002	Sequias	\$371.405
2003	Lluvias Torrenciales	\$2,534.403
2003	Huracán	\$863.925
2003	Huracán	\$881.671
2003	Huracán	\$370.254
2003	Lluvias Torrenciales	\$360.796
2003	Sequias	\$968.870
2004	Inundaciones	\$500.376
2004	Lluvias Torrenciales	\$495.286
2005	Huracán	\$65,594.653
2005	Granizada	\$52.509
2005	Lluvias Torrenciales	\$29.666
2006	Lluvias Torrenciales	\$930.098
2006	Huracán	\$4,762.706
2007	Tornado	\$172.369
2007	Huracán	\$14,883.315
2007	Inundaciones	\$43,878.554

Año	Fenómeno	Pesos constantes 2014 (Millones)
2008	Inundaciones	\$8,157.149
2008	Huracán	\$1,619.879
2009	Inundaciones	\$5,938.000
2009	Huracán	\$2,808.495
2010	Lluvias Torrenciales	\$47,706.906
2010	Huracán	\$29,891.907
2010	Inundaciones	\$8,827.673
2011	Heladas	\$6,526.817
2011	Huracán	\$10,767.211
2011	Inundaciones	\$12,486.994
2012	Huracán	\$12,060.193
2013	Huracán	\$516,022.811
2013	Lluvias Torrenciales	\$2,414.778
2013	Bajas Temperaturas	\$1,869.957
2013	Sequias	\$4,198.722
2013	Vientos Y Tormentas Severas	\$261.886
2014	Huracán	\$25,582.165
2014	Lluvias Torrenciales	\$1,223.095
2014	Inundaciones	\$219.925

Tabla 2.1 Daños por fenómenos hidrometeorológicos 1980-2014. Fuente: Elaboración propia.

Resumiendo la información en un gráfico:

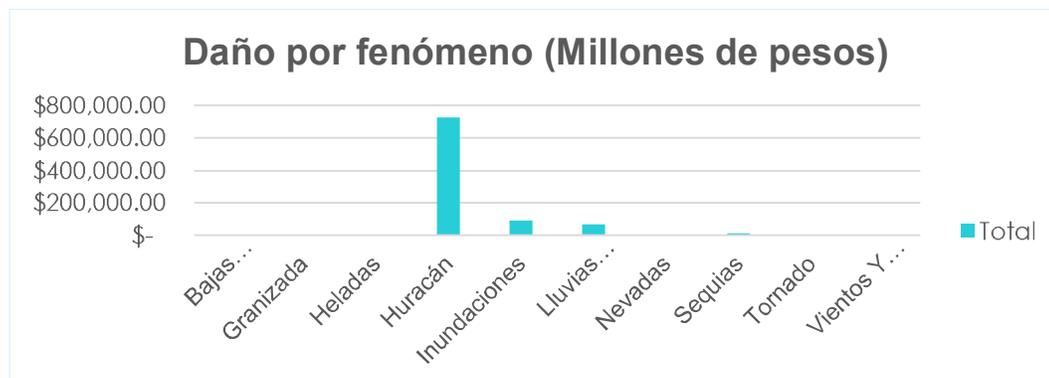


Ilustración 2.1 Daños por fenómenos hidrometeorológicos 1980-2014. Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se puede ver que con un amplio margen los huracanes son el fenómeno hidrometeorológico que ha causado más daños en México, seguido por las inundaciones y lluvias torrenciales.

Esta investigación no pretende minimizar los desastres naturales de otro tipo, fácilmente se puede recordar las inundaciones en Tabasco y Chiapas de 2007 que de acuerdo a la serie de impacto del CENAPRED de ese año tuvieron daños directos e indirectos que ascendieron a \$ 43, 878.55 millones de pesos y afectaron principalmente el sector agropecuario (García Arróliga, Marín Cambranis, & Méndez Estrada, 2008).

2.2. Cambio climático.

El cambio climático es un fenómeno altamente estudiado, y a pesar de que haya detractores o “negacionistas” como el presidente número 45 de los Estados Unidos de América, Donald Trump, o su responsable de la agencia de protección ambiental del país, Scott Pruitt u otros que no niegan el cambio climático, sin embargo, no lo relacionan con la actividad humana, en especial la industrial, como el presidente ruso Vladímir Putin o el expresidente francés Nicolas Sarkozy, este último siendo recopilado por “*The Irish Times*” al mencionar que es muy arrogante el pensar que el hombre puede o ha podido cambiar o influir en el clima (Marlowe, 2016), la comunidad internacional científica concuerda en que el cambio climático no solo existe, si no que en los últimos 50 años este ha sido relacionado con la actividad humana a consecuencia de una concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera por actividades como la quema de combustibles fósiles, la deforestación, desarrollo industrial, transporte, etc. (Carabias, Molina, & Sarukhán, 2010).

Nuestro país se ha mantenido firme en que el cambio climático es un problema que se debe atender de manera multilateral y que las naciones deben comprometerse a reducir sus emisiones de gases efecto invernadero, y en consecuencia ha firmado

acuerdos como el protocolo de Kyoto, o la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático en 1992, y más recientemente se sumó a los acuerdos de París sobre el Cambio Climático los cuales, sustituirán el protocolo de Kyoto, cuando termine su vigencia en 2020 (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

Por su parte, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), clasifica las causas del cambio climático en naturales y causas vinculadas con la actividad humana:

- Causas naturales: modificaciones en la rotación, órbita o incluso en los grados de inclinación de la tierra, erupciones volcánicas, actividad solar, efecto invernadero.
- Causas por actividad humana: Quema de combustibles fósiles, gases efecto invernadero.

2.2.1. Gases Efecto Invernadero.

El efecto invernadero es un proceso natural de la tierra que permite que se mantenga el calor que recibimos por el sol, sin este efecto la temperatura promedio del planeta estaría por debajo de los -18°C (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

La atmósfera está compuesta (aunque en un porcentaje mínimo) por gases efecto invernadero (GEI), tales como: Hidrógeno, bióxido de carbono, óxido nitroso, metano y ozono. La humanidad ha contribuido a la intensificación de la producción de estos gases a través de la actividad industrial o en otros casos con la deforestación y destrucción de la vegetación ya que las plantas antes de ser destruida absorben el CO_2 de manera natural y al degradarse sueltan este tipo de gases. Es por esto que en el libro "*Climate change: Causes, Effects & solutions*", en el que es coautor el premio nobel mexicano,

Mario Molina, reafirma el rol que tienen los gases efecto invernadero en el aumento en las temperaturas del planeta y del océano (Carabias, Molina, & Sarukhán, 2010).

2.2.2. Temperatura en la superficie terrestre.

En climatología, la cuantificación de la temperatura en la superficie terrestre se obtiene a partir de la temperatura que se tiene en un punto específico en la sombra a una altura de 1.5 metros (Fuentes Yagüe, 2000), es importante mencionar la diferencia entre calor y temperatura, ya que el calor se refiere a la energía que se libera debido a la agitación de moléculas y su unidad de medida es el “*Joule*”, mientras que la temperatura es el nivel del calor que alcanza un cuerpo y sus unidades de medida son los grados; *Celsius*, *Fahrenheit* o *Kelvin*, cuando se le suministra calor a un cuerpo aumenta su temperatura, en tanto su calor específico lo permita¹.

El aumento de la temperatura del planeta ocasiona que los océanos se calienten, sin embargo, por la propiedad de calor específico de los océanos estos se han calentado con mayor lentitud, de acuerdo a un artículo de *National Geographic* a lo largo del siglo pasado, se generó un aumento en la temperatura media del planeta de 0.6°C, mientras que en los océanos este cambio fue de 0.1 °C (National Geographic, 2010).

El aumento de las temperaturas del planeta trae consigo diferentes consecuencias: el derretimiento de los glaciares (reserva de agua dulce), aumento del

¹ El calor específico se refiere a la cantidad de calor que necesita un cuerpo para 1 gramo eleve su temperatura en 1 °C.

nivel del mar, modificación en los ecosistemas y biodiversidad, y el que compete en esta investigación, el aumento en la intensidad de los ciclones tropicales.

2.3. Impacto económico de los desastres naturales.

Un desastre natural, (en términos monetarios) es considerado desastre acorde al grado que afecte zonas pobladas, cuando un desastre natural impacta se tienen que considerar además del daño directo, el daño que causa al desarrollo del país y su economía, y tristemente la mayor parte de las veces los principales afectados son la población económicamente vulnerable, por lo que se vuelve un círculo vicioso donde se involucra, la pobreza y el retroceso socioeconómico.

Si observamos el efecto de los desastres naturales a nivel macroeconómico en los países no desarrollados afecta su capacidad de mejorar infraestructuras, servicios de salud y comunicación, etc. (Carabias, Molina, & Sarukhán, 2010).

2.3.1. Impacto económico de los eventos hidrometeorológicos.

Citando nuevamente la publicación "*Climate change: Causes, Effects, and Solutions*", las pérdidas alrededor del mundo por eventos hidrometeorológicos alcanzaron aproximadamente un total de 83 billones de dólares durante la década de 1970, mientras que en los 90's la pérdida estimada llegó a los 440 billones de dólares. (Carabias, Molina, & Sarukhán, p.99, 2010).

Por su parte, los ciclones tropicales también tienen un largo historial de devastación, uno de los peores años que se ha experimentado en la actualidad fue el 2005; con Katrina, que causó destrucción y múltiples inundaciones en la ciudad de Nueva Orleans, Stan, que golpeó las costas mexicanas y causó el peor daño económico registrado en México desde el sismo del 85 y finalmente, Wilma, el cual fue considerado

como el huracán más devastador registrado. En México será difícil olvidar, ya que este sistema tropical, “destruyó” la península de Yucatán y causó graves afectaciones en los complejos turísticos de Cancún, Cozumel, e Isla Mujeres.

“Son ya 11 años de Wilma, es el más fuerte huracán que haya tenido Quintana Roo; mucho más fuerte que Gilberto, causó mucha tristeza, desolación, dejó mucha destrucción, meses sin trabajar, pero al final del día nos dejó una enseñanza extraordinaria” (El Financiero, 2016).

De acuerdo al NOAA el ciclón que ocasiono las peores pérdidas fue el huracán *Katrina* en 2005 con pérdidas aseguradas superiores a los 40,600 millones de dólares y un aproximado de 108,000 millones de dólares en pérdidas totales; otros ciclones que entran en la categoría fue el huracán *Sandy* en 2012 con pérdidas equivalentes a los 50,000 millones de dólares junto con *Ike* en 2008 con 37,500 millones de dólares, en este mismo contexto, se mencionan “el gran huracán de Miami” en 1926, y el huracán de Galveston en 1900 (Hurricane Research Division, 2013).

Por otro lado, han ocurrido ciclones que no ocasionaron tantas pérdidas económicas, pero se volvieron históricos; en 1899 el ciclón *Mahina* en Australia, en 1970 en Bangladesh en el cual fallecieron entre 300,000 y 1 millón de personas, y el ciclón *Andrew* en Estados Unidos, con pérdidas ascendientes a los 30,000 millones de dólares (Colección Larousse; El mundo contemporáneo, 2003).

2.4. Construcción, descripción y análisis de la base de datos.

Al ser el objetivo de esta investigación realizar una estimación del impacto económico de los huracanes, es vital la construcción de históricos sobre los ciclones tropicales que han afectado al país.

Se realizó una base de datos para atender este objetivo, la cual se encuentra clasificada por año, y cuenta con las siguientes variables:

- Año de ocurrencia.
- Nombre del ciclón.
- Zona sistema tropical.
- Emisiones totales de gases efecto invernadero.
- Variaciones en la temperatura promedio de la superficie oceánica.
- Variaciones en la temperatura del planeta.
- Temperatura promedio del océano.
- Recorrido en la trayectoria del ciclón tropical (km).
- Duración en horas del fenómeno hidrometeorológico (h).
- Máxima intensidad de vientos (km/h).
- Rachas de vientos (km/h).
- Presión mínima central (Mb).
- Máxima lluvia en 24 horas (mm).
- Número de estados afectados por el sistema tropical.
- Decesos.
- Número de Personas afectadas.
- Viviendas dañadas.
- Costo por viviendas afectadas.
- Hectáreas afectadas.
- Kilómetros afectados.
- Costo por hectáreas afectadas.
- Daño directo (Corriente).
- Daño indirecto (Corriente).
- Daño directo (Constante).
- Daño indirecto (Constante)

Como información adicional, posteriormente se decidió incluir a este listado la temperatura de la superficie terrestre y las emisiones de gases efecto invernadero, ya

que como se explicó son variables que afectan o influyen en la formación de los sistemas tropicales.

2.4.1. Elección y obtención de variables explicativas.

Como se mencionó en el primer capítulo, un problema que se encontró al momento de realizar esta investigación fue la falta de información acerca de daños, pérdidas y costos de mitigación que existe alrededor de los fenómenos naturales o en este caso de los ciclones tropicales, por lo cual, se decidió usar las series de impacto de desastres naturales del CENAPRED (se hará referencia de cada una más adelante), en estas se pueden encontrar por año los principales desastres naturales que afectaron a nuestro país. Es importante mencionar, que se buscó obtener información de otras fuentes, sin embargo, no se encontró ninguna tan precisa como la que ofrecen las series de impacto, a su vez, se hizo uso de una solicitud de información sobre los recursos gubernamentales asignados para la mitigación del desastre a causa de los ciclones tropicales desglosada por año y fenómeno a la Plataforma Nacional de Transparencia, sin embargo, fue redirigida únicamente con la inversión destinada al SIAT-CT. (Ver anexo 3).

De manera general, las variables que componen la base de datos se pueden clasificar en 3 grupos:

- Características atmosféricas.
- Características físicas.
- Impacto socioeconómico.

Se aprecia en la ilustración 2.2 la distribución de las variables en las 3 categorías:

Características Atmosféricas.	Características Físicas.	Impacto Socio-Económico.
<ul style="list-style-type: none"> •Variaciones en temperatura del planeta. •Variaciones en la temperatura promedio de la superficie oceánica. •Emisiones de gases efecto invernadero. 	<ul style="list-style-type: none"> •Año de ocurrencia. •Nombre del ciclón. •Zona del sistema tropical. •Recorrido del ciclón. •Duración. •Máxima intensidad de vientos. •Rachas máximas de vientos. •Presión mínima central. •Máxima lluvia. 	<ul style="list-style-type: none"> •Decesos. •Número de estados afectados. •Número de personas afectadas. •Viviendas dañadas. •Hectáreas de cultivo afectadas. •Escuelas afectadas. •Caminos afectados. •Costo por viviendas dañadas. •Costo por hectáreas afectadas. •Daños directos (constante y corriente). •Daños indirectos (constante y corriente). •Total de daños (constante y corriente).

Ilustración 2.2 Clasificación de variables. Fuente: Elaboración propia.

Características atmosféricas:

Esta categoría se refiere a las condiciones atmosféricas del planeta que estaban presentes en el año de ocurrencia del ciclón tropical, aquí entran las emisiones totales de gases efecto invernadero, la temperatura promedio de la superficie oceánica y del planeta. Se eligieron estas variables, porque como se explicó previamente son variables que afectan la presentación o formación de sistemas tropicales y a su vez, permiten medir el efecto del cambio climático.

Las emisiones totales de gases efecto invernadero se obtuvieron de la serie de tiempo del Inventario Nacional de Emisiones GEI 1990-2010, descargadas de la página del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en ellas se encuentra

información del año 1990 y hasta 2010, posteriormente en la investigación se explicará el modelo de predicción que se utilizó para obtener la información de los años posteriores a 2010.

Para la temperatura de la superficie oceánica, inicialmente se consideró utilizar la información de temperatura oceánica registrada en 6 entidades de las costas del océano Atlántico², en un total de 20 puntos de observación, posteriormente se calculaba el promedio por estado y finalmente se obtenía el promedio anual como se observa en la ilustración 2.3

² En los inicios de esta investigación se tenía planteado analizar únicamente los ciclones tropicales ocurridos en el océano Atlántico, por diversos motivos finalmente se optó por analizar todos los ciclones tropicales ocurridos en el país y observar su incidencia en los dos océanos.

Año	Estado	Zona	Temperatura promedio del Océano (°C)	Temperatura promedio del Océano por Estado (°C)
2012	Tamaulipas	Ciudad Madero	21	21.00
		Tampico	21	
	Veracruz	Allende	23	22.67
		Boca del río	23	
		Tamiahua	21	
		Alvarado	23	
		Coatzacoalcos	23	
		Tecolutla	22	
		Anton Lizardo	23	
		Nanchitlán	23	
		Veracruz	23	
	Tabasco	Frontera	24	24.00
	Campeche	Campeche	23	23.25
		Seybaplaya	23	
		Champotón	23	
		Isla Aguada	24	
Yucatán	Celestún	24	24.00	
Quintana Roo	Calderitas	25	25.33	
	Cancún	26		
	Chetumal	25		
PROMEDIO ANUAL			23.15	23.38

Ilustración 2.3 Temperatura oceánica por punto de observación. Fuente: Elaboración propia.

Se observó que este no era un método eficiente para la recolección de datos, ya que al ampliar la investigación a todo el territorio nacional iba a ser necesario analizar los puntos de los estados colindantes con el océano Pacífico, por lo tanto, se terminó por descartar.

Posteriormente se encontraron las bases de datos del Goddard Institute for Space and Studies (GISS) de la Nasa, las cuales contienen la información necesaria para obtener las observaciones de la temperatura promedio de la superficie oceánica y temperatura del planeta.

Para el caso de la temperatura de la superficie oceánica se retomó del sitio una base de datos que muestra las variaciones en la temperatura media del océano y en tierra; misma que se puede encontrar en los anexos de esta investigación. En la ilustración 2.4 podemos observar el comportamiento de las variaciones de la temperatura de la superficie oceánica por año alrededor del planeta.

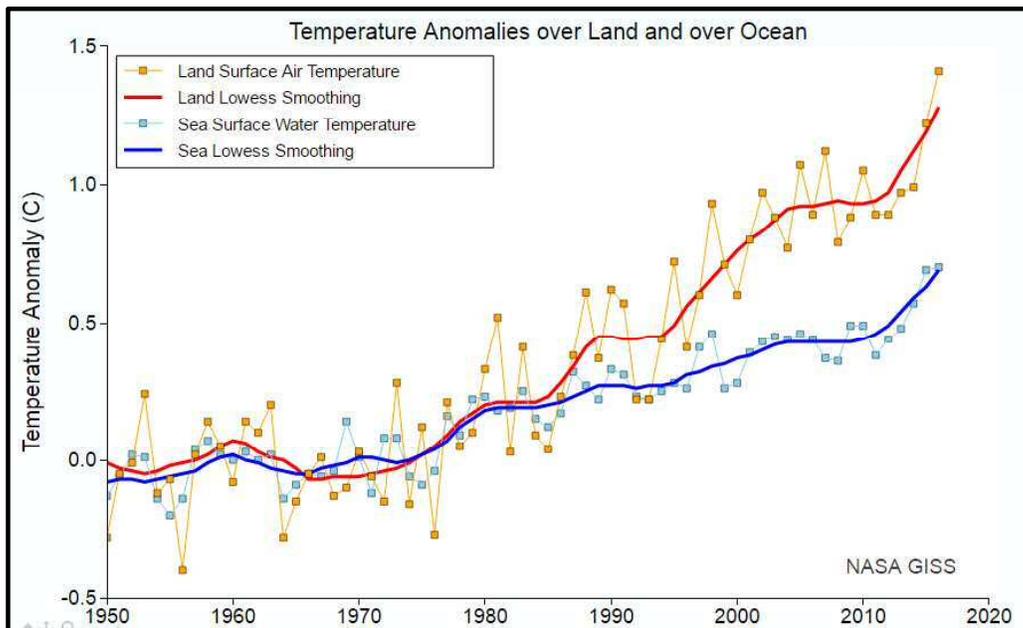


Ilustración 2.4 Temperature Anomalies over land and over Ocean. Fuente: Goddard Institute for Space Studies.

Para obtener la temperatura global del planeta, se encontró una base de datos que otorga las variaciones en la temperatura mensual desde el año 1880 y hasta 2017, por ser variaciones mensuales para determinar la variación anual se consideró el promedio. La base de datos se puede encontrar como anexo, sin embargo, por su longitud, únicamente se mostrará el promedio anual desde el año 1990 y hasta 2014.

En la siguiente ilustración observamos el comportamiento de las variaciones registradas de la temperatura global del planeta.

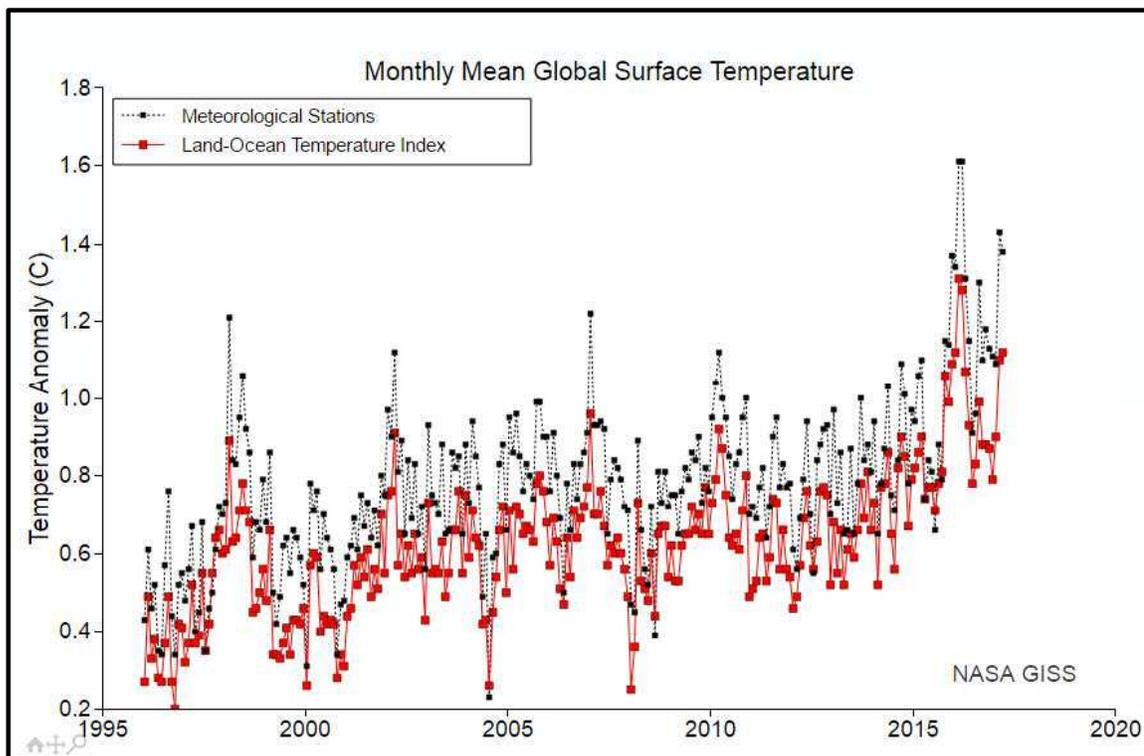


Ilustración 2.5 Monthly Mean Global Surface Temperature. Fuente: Goddard Institute for Space Studies.

Características físicas:

Para conseguir esta información fue necesario revisar la información histórica del Servicio Meteorológico Nacional, donde se encuentra un informe anual detallado sobre las características de algunos de los ciclones tropicales acaecidos por año en el océano Atlántico y Pacífico, es necesario mencionar que en algunos casos no se encontró la información y se complementó con datos de las series de impacto, o búsquedas individuales de la observación faltante, a pesar de los esfuerzos existen algunos casos donde no se pudo determinar con certeza alguna observación, motivo por el cual se prefirió marcar como observación en blanco.

Características del impacto socioeconómico:

Como se indicó, existe una falta de información entorno a los ciclones tropicales, lo cual ocasionó que no se pudieran analizar todos los fenómenos que se presentaron desde 1980 hasta 2014, y únicamente se pudieran estudiar aquellos que fueron significativos en este rubro, como se mencionó anteriormente “un desastre natural es considerado desastre acorde al grado que afecte zonas pobladas”, por lo que es natural que si un ciclón tropical no tuvo un gran impacto en materia económica, pérdida de vidas, o trascendencia por sus características físicas difícilmente se encuentre información detallada del mismo.

Por lo anterior, las variables que permiten medir el impacto social y económico se obtuvieron con información proveniente de las series de impacto de los desastres naturales del CENAPRED para los años: 1980-1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, y 2014.

Caso particular es el daño total, el cual es igual a la suma de las variables daños directos e indirectos; los daños directos equivalen a aquellos que tienen su origen a causa

del siniestro, mientras que los daños indirectos son consecuencia del siniestro, como el flujo de bienes y servicios que se dejan de producir y de igual forma se incluye el costo por la atención de la emergencia. También se le conoce como daño consecuencial (Pesca Verticalia, s.f.).

A continuación se enlistan los ciclones tropicales que se consideran en esta investigación por año y el total de daño a precios corriente ocasionado³:

- 1980-1999. Este período tuvo en total 32 ciclones tropicales; 7 en el Atlántico y 25 en el Pacífico. Daño corriente: \$14,281.6 millones de pesos (Bitrán Bitrán, 2001).
- 2000. Este año tuvo 6 ciclones en el océano Pacífico; Carlota, Miriam, Norman, Rosa, Ileana y Lane y 3 en el Atlántico; Beryl, Gordon y Keith. Daño corriente: \$67.57 millones de pesos (Bitrán Bitrán et al., 2001).
- 2001. Este año tuvo 1 ciclón en el océano Pacífico; Juliette y uno en el Atlántico Iris. Daño corriente: \$1,660.04 millones de pesos (Bitrán Bitrán et al, 2002).
- 2002. Este año tuvo 1 ciclón en el océano Pacífico; Kenna y uno en el Atlántico Isidore. Daño corriente: \$10,122.40 millones de pesos (Bitrán Bitrán et al, 2003).
- 2003. Este año tuvo únicamente ciclones en océano Pacífico; Ignacio y Marty, en agosto y septiembre respectivamente. Daño corriente: \$1,547.01 millones de pesos (Bitrán Bitrán, García Arróliga, & Marín Cambranis, 2004).

³ El precio corriente se refiere al precio en el momento de ocurrencia del evento.

- 2004. De este año únicamente se analizó el ciclón tropical Javier en el océano Pacífico. Daño corriente: \$1,118 millones de pesos (Bitrán Bitrán, García Arróliga, Marín Cambranis, & Méndez Estrada, 2005).
- 2005. En este año se presentaron 7 ciclones tropicales en el océano Atlántico, y ha sido el más costoso hasta la fecha, más adelante se hará un breve análisis de lo que ocurrió en este período. Daño corriente: \$48,718.60 (García Arróliga N. , Marín Cambranis, Méndez Estrada, & Bitrán Bitrán, 2006).
- 2006. Este año tuvo 4 ciclones en el océano Pacífico; Paul, Norman, John y Lane, tuvo un costo significativamente menor. Daño corriente: \$3,327.50 millones de pesos (García Arróliga, Marín Cambranis, & Méndez Estrada, 2007).
- 2007. En este período se presentaron 2 ciclones en el Atlántico; Dean, y Henriette y uno en el Pacífico; Barbara. Daño corriente: \$10,828.50 millones de pesos (García Arróliga, Marín Cambranis, & Méndez Estrada, 2008).
- 2008. En este período se presentaron 2 ciclones en el Pacífico; Lowell y Norbert y uno en el Pacífico; Dolly. Daño corriente: \$1,236.90 millones de pesos (García Arróliga, Marín Cambranis, & Méndez Estrada, 2009)
- 2009. Este año tuvo únicamente ciclones en océano Pacífico; Jimena y Rick, en agosto y octubre respectivamente. Daño corriente: \$1,199.10 millones de pesos. (García Arróliga, Marín Cambranis, & Méndez Estrada, 2010).
- 2010. Al contrario de los fenómenos ocurridos en 2009, este año se caracterizó por tener 2 ciclones en océano Atlántico; Alex y Karl. Daño corriente: \$49,394.82 millones de pesos (García Arróliga, Marín Cambranis, Méndez Estrada, & Troncoso Arriaga, 2011).
- 2011. En este año, nuevamente nos encontramos con 2 ciclones; el sistema tropical Arlene en el océano Atlántico y Jova en el Pacífico. Daño corriente:

\$9,324.20 millones de pesos (García Arróliga, Marín Cambranis, Méndez Estrada, & Troncoso Arriaga, 2013).

- 2012. En este período se repite el patrón de 2010, dos ciclones tropicales en el océano Atlántico; Carlota y Ernesto. Daño corriente: \$10,873.35 (García Arróliga, Marín Cambranis, Méndez Estrada, & Reyes Rodríguez, 2014).
- 2013. En este año se analizaron 4 ciclones tropicales dos de estos en el océano Pacífico; Bárbara y Manuel, dos en el Atlántico; Barry e Ingrid. Daño corriente: \$32,294.99 millones de pesos (García Arróliga N. , Méndez Estrada, Reyes Rodríguez, & Marin Cambranis, 2015).
- 2014. El presente año tuvo una alta frecuencia en el océano Pacífico, donde de 6 ciclones estudiados cuatro fueron en el Pacífico: Boris, Norbert, Odil, Trudy y dos en el Atlántico; Dolly y Hanna. Daño Corriente: \$25,230.90 millones de pesos (García Arróliga N. M., Méndez Estrada, Nava Sánchez, & Vázquez Bravo, 2016).

Como se observó la información referente al daño generado se expresa en precios corrientes, sin embargo, para poder comparar el daño a través de los años es necesario convertir estos datos a precios constantes⁴, es decir, se tiene que quitar el efecto de la inflación, para hacer comparable el daño a través de los años. Para ello se utilizó la tabla contenida en el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el miércoles 23 de febrero de 2011, la cual indica el INPC

⁴ Precios en un momento determinado, en este caso será el año 2016

mensual a partir de 1969 con base en la segunda quincena de diciembre de 2010. (Banco de México, 2011).

En la siguiente tabla se expresa el daño corriente y constante por año en los siniestros estudiados:

Año	Daño corriente (Millones de pesos)	Daño Constante (Millones de pesos)
1980	\$ 24.93	\$ 50.12
1982	\$ 4,800.46	\$ 9,650.67
1988	\$ 473.71	\$ 952.34
1990	\$ 565.34	\$ 1,136.54
1992	\$ 49.86	\$ 100.25
1993	\$ 112.82	\$ 226.81
1995	\$ 1,206.31	\$ 2,425.13
1996	\$ 70.00	\$ 140.73
1997	\$ 4,191.17	\$ 8,425.77
1999	\$ 2,787.00	\$ 5,602.88
2000	\$ 67.57	\$ 124.10
2001	\$ 1,660.04	\$ 2,865.51
2002	\$ 10,122.47	\$ 16,636.21
2003	\$ 1,299.31	\$ 2,042.53
2004	\$ 1,118.00	\$ 1,678.80
2005	\$ 48,718.60	\$ 70,350.81
2006	\$ 3,327.50	\$ 4,636.70
2007	\$ 11,286.60	\$ 15,127.22
2008	\$ 1,236.90	\$ 1,576.98
2009	\$ 1,193.30	\$ 1,444.85
2010	\$ 51,874.76	\$ 60,303.37
2011	\$ 9,324.20	\$ 10,482.03
2012	\$ 10,873.30	\$ 11,740.77
2013	\$ 16,725.36	\$ 17,397.49
2014	\$ 1,121.89	\$ 1,121.89
Total general	\$ 184,231.40	\$ 246,240.50

Tabla 2.2 Daño corriente y constante por ciclones tropicales. Fuente: Elaboración propia.

De manera general observamos que los mayores daños se observaron en los años 2005 y 2010.

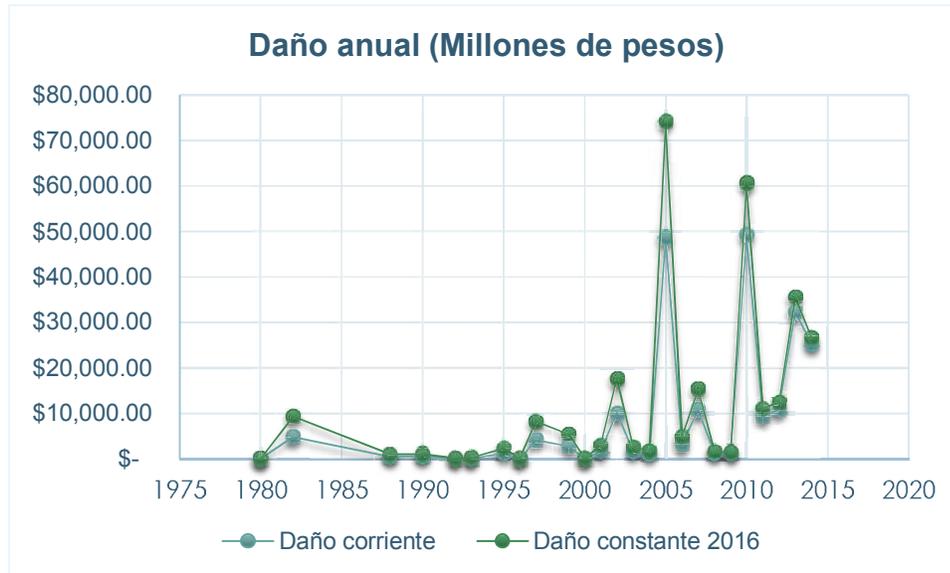


Ilustración 2.6 Daño corriente y constante por ciclones tropicales. Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Análisis descriptivo de la base de datos.

Se analizaron 85 ciclones tropicales de los cuales 33 (38.8%) ocurrieron en el océano Atlántico y 52 (61.2%) en el océano Pacífico.

En la tabla 2.3 se agrupan los años estudiados en quinquenios para mayor análisis de las condiciones atmosféricas en dichos períodos.

Año	Número de Ciclones Tropicales
<1980	2
1980-1984	5
1985-1989	6
1990-1994	6
1995-1999	15
2000-2004	16
2005-2009	19
2010-2014	16
Total general	85

Tabla 2.3 Ciclones tropicales por quinquenio. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que el grupo con más ciclones tropicales de alto impacto es para el intervalo 2005-2009; aunque el año 2006 no tuvo registro de ciclones significativos, el año 2005 tuvo los peores fenómenos registrados hasta ahora.

Con información del GISS sobre las variaciones en la temperatura oceánica y la temperatura global, se construyeron los siguientes gráficos para analizar las condiciones atmosféricas (se agregó información anterior al inicio del período de estudio, únicamente con el fin de que se pudiera apreciar mejor la variación en las temperaturas).

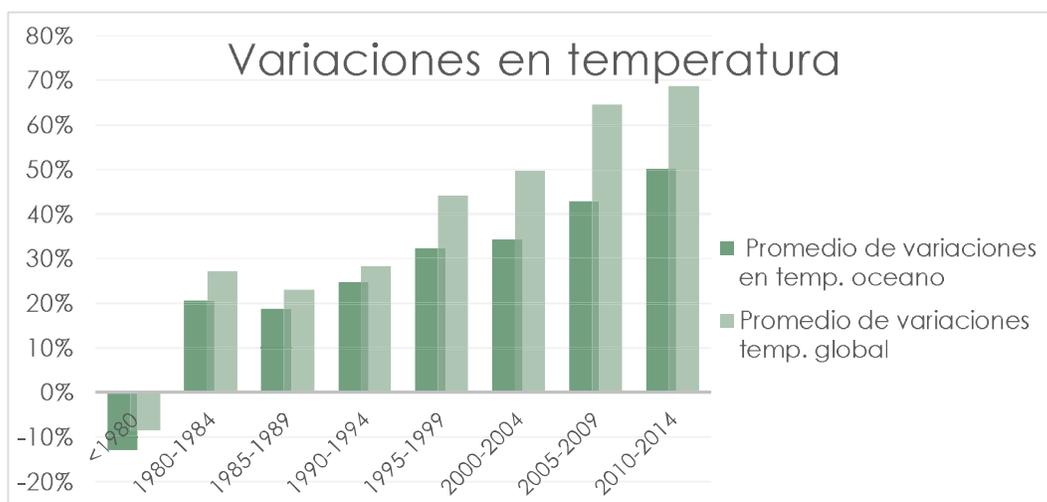


Ilustración 2.7 Variaciones de las temperaturas. Fuente: Elaboración propia.

Se agregó información anterior al inicio del período de estudio (quinquenio 1980-1984), con el fin de una mejor apreciación del primer período de estudio.

En la ilustración anterior podemos observar que las variaciones son crecientes, y un objetivo particular de esta investigación es establecer la relación del aumento de la temperatura oceánica con el aumento en la intensidad de los ciclones tropicales. También, se observa que las variaciones entre períodos más notorias fueron en 1980-

1984 y 2005-2009; se recuerda que de acuerdo a la ilustración 2.6 se encuentran los fenómenos más catastróficos.

Por otra parte, se tienen datos de las emisiones de gases efecto invernadero en México a partir del año de 1990.

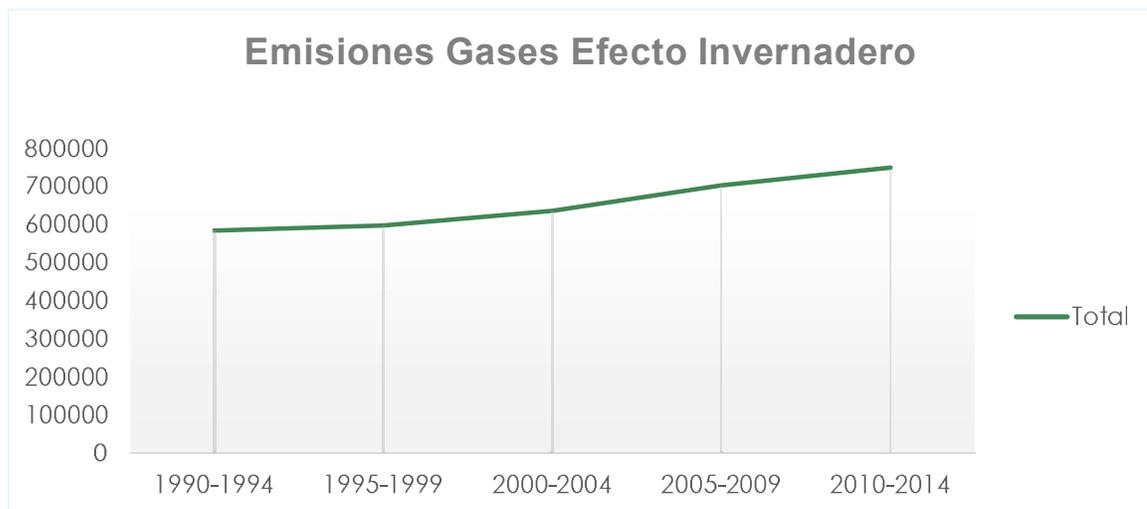


Ilustración 2.8 Emisiones Gases Efecto Invernadero. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que ambos indicadores van en aumento, por lo que es necesario establecer, si existe, la relación estadística que mantienen con la intensidad de los ciclones tropicales.

Como se observó, el intervalo con mayor número de siniestros fue durante el período 2005-2009, en el cual se presentaron 19 fenómenos; 9 en el Pacífico y 10 originados en el océano Atlántico, cabe resaltar que 7 fueron presentados en el 2005 (36.9%).

La categoría máxima alcanzada por un ciclón se presentó el 23 de agosto de 2005 con el huracán Wilma con una presión mínima central de 882 mb, y daños directos por

\$7,322.87 millones de pesos en precios constantes. En contraparte, el período con menor número de siniestros fue 1980-1984, sin embargo, no se debe olvidar que en 1982 el huracán Paul que se tiene registrado como el más catastrófico de la década de los 80's y 90's con daños directos que ascendieron a \$8,727.39 millones de pesos, además de que en ese quinquenio hay una variación notoria en la temperatura.

Las variaciones en la temperatura promedio global y la temperatura del océano entre los períodos 1980-1984 y 2005-2009 son por varios puntos porcentuales, como se puede observar en el siguiente gráfico.

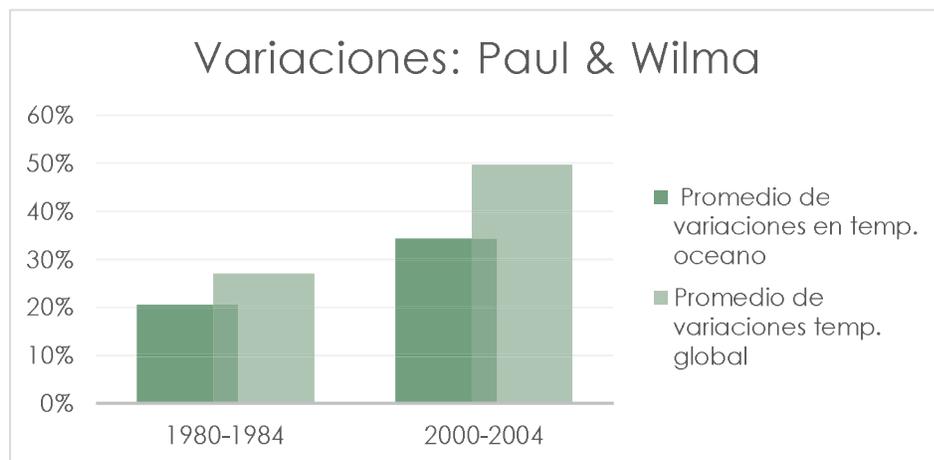


Ilustración 2.9 Variaciones en la temperatura al momento de Paul & Wilma. Fuente: Elaboración propia.

Con la ilustración anterior podríamos decir que la temperatura si afecta en la presentación de estos fenómenos hidrometeorológicos, sin embargo, se caería en contradicción tomando en cuenta que Paul se presentó en 1982, por lo que aún no es suficiente información para dar una conclusión acertada, por ello analizaremos más a profundidad los dos grandes ciclones tropicales, Wilma, el más intenso y Paul el huracán de categoría baja más costoso.

Huracán Paul y Wilma:

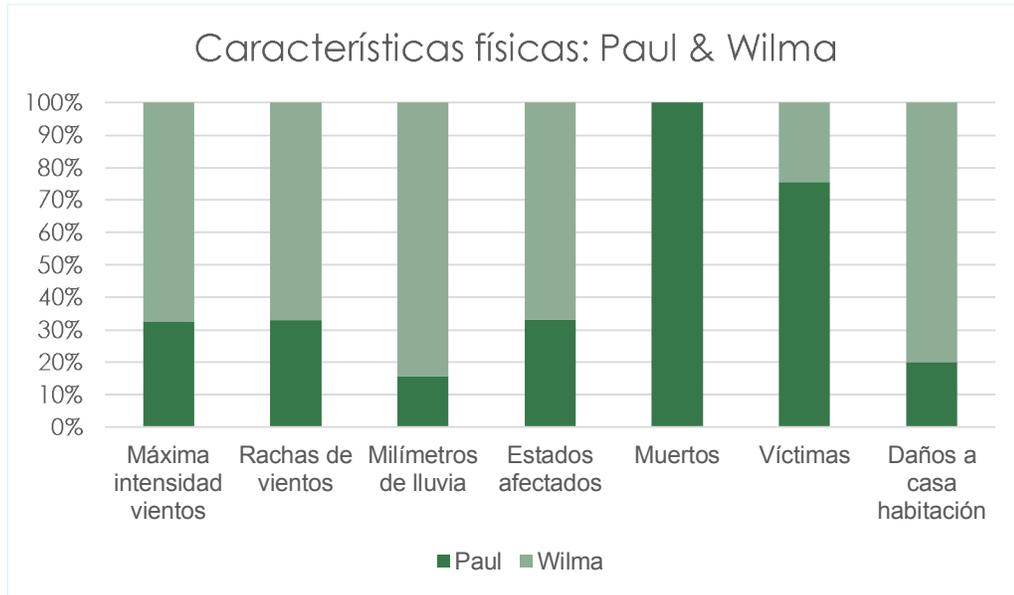


Ilustración 2.10 Características Paul & Wilma. Fuente: Elaboración propia

De manera general se observa que el huracán Wilma afectó un número de estados mayor, alcanzó una intensidad de vientos superior, así como en milímetros de lluvia, sin embargo, Paul ocasionó más del doble de víctimas.

Aunque las características físicas de Wilma fueron más severas, no tuvo ningún deceso, lo que comprueba que las acciones reactivas han mejorado y la población cuenta con mayor información sobre lo que debe y no debe hacer en estos casos.

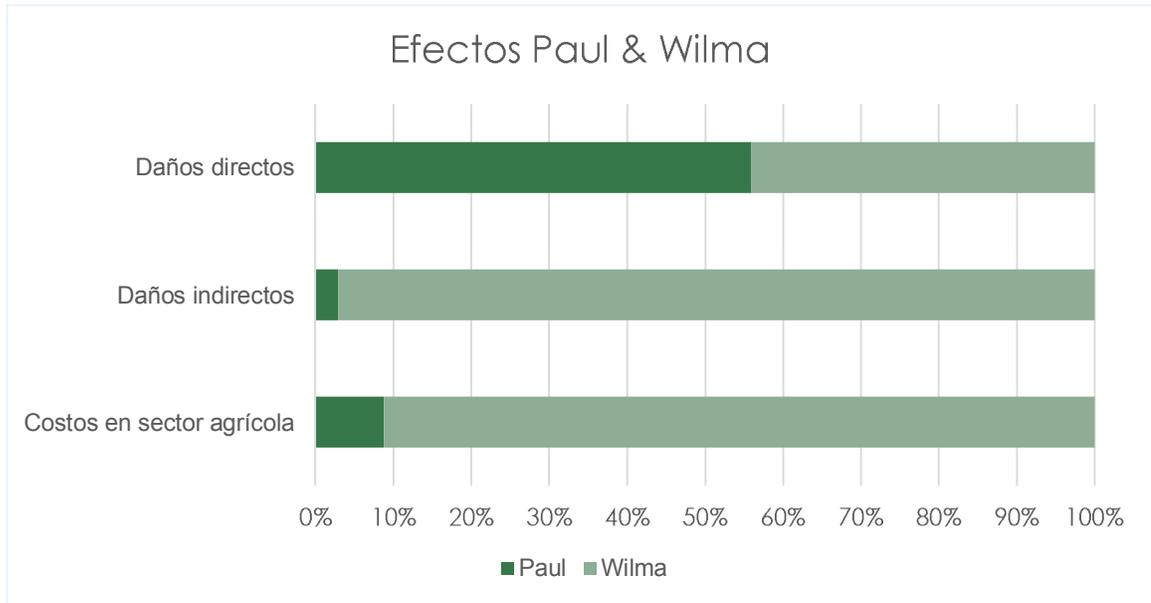


Ilustración 2.11 Efectos de Paul y Wilma. Fuente: Elaboración propia

En costos, Wilma afectó en un grado considerablemente más alto al sector agricultor, y generó más pérdidas o daños indirectos, mientras que Paul, causó más daños directos.

CAPÍTULO 3 . IMPACTO ECONÓMICO DE LOS CICLONES TROPICALES EN MÉXICO; CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN.

3.1. Conceptos estadísticos básicos.

La inferencia estadística sirve para encontrar características o propiedades que describan a una población a partir de una muestra, planteado de otra forma, se le puede considerar como la mejor conjetura o suposición que se puede obtener de una población (Lind, Wathen, & Marchal, 2012). A continuación, se explicarán brevemente conceptos estadísticos que son necesarios para realizar dichas inferencias.

3.1.1. Variable aleatoria.

Una variable aleatoria es una función que asocia un valor real a cada elemento del espacio muestral. Si se expresa con y un valor observado de la variable aleatoria Y , entonces $P(Y = y)$ es la suma de las probabilidades de los puntos muestrales a los que se les asigna el valor y (Wackerly, Scheaffer, & Mendenhall, 2013).

Para definir una variable aleatoria, se debe considerar lo que se desea medir en un experimento, por ejemplo, si se busca conocer el impacto de los ciclones tropicales en México en un período determinado la población es el impacto en conjunto de todos los ciclones ocurridos durante ese tiempo X , y cada valor que lo compone es conocido como una variable aleatoria x_i .

Donde:

$$X = \sum_i x_i$$

Una variable aleatoria se puede comportar de manera discreta o continua; se dice que una variable aleatoria es discreta si puede tomar un número finito de valores distintos, mientras que una variable aleatoria continua puede tomar valores entre $-\infty < x_i < \infty$.

En este caso, si se habla del número de ciclones tropicales o del impacto de un ciclón tropical estaríamos hablando de una variable aleatoria discreta, mientras que la temperatura oceánica es una variable aleatoria continua.

3.1.2. Muestreo.

El muestreo son las diferentes técnicas que se ocupan cuando se quiere analizar o realizar inferencias sobre una población de tamaño N , es usado cuando no se puede analizar todos los elementos que componen a la población y se tiene que segmentar en una muestra que sea representativa, se busca que la muestra incluya los elementos de mayor calidad o representación a fin de que sus características se puedan utilizar para realizar cualquier suposición o hipótesis sobre la población (Zavala Aguilar, 2011 p.16).

Dependiendo la forma de selección se clasifica en muestreo probabilístico y no probabilístico.

Muestreo probabilístico:

En el muestro probabilístico, existe una probabilidad conocida de que una variable n resulte seleccionada para realizar inferencias sobre la población, es importante que se considere que siempre existirán los errores de muestreo y que cada muestra puede arrojar valores diferentes aun cuando se realice una correcta selección.

Las técnicas más usuales en este tipo de muestreo es el muestreo aleatorio simple (M.A.S), estratificado, y por conglomerados.

Muestreo no-probabilístico:

Este tipo de muestreo también es conocido como muestreo de modelos, donde las muestras se basan en supuestos sobre la población y no es representativo por el método de selección ya que éste suele ser arbitrario o informal (Lastra, 2000).

Por las limitaciones en la información disponible, en esta investigación no fue posible realizar muestreo probabilístico, recordemos que solo se cuenta con datos sobre los principales ciclones tropicales que han azotado al país, por lo que los ciclones tropicales seleccionados para realizar el análisis son aquellos que tuvieron impacto socio económico en México con información disponible y cuantificable, no debe olvidarse que los eventos si son aleatorios e independientes entre sí.

3.1.3. Función de distribución.

La función de distribución $F(Y)$ se refiere a la forma en la que se comportan las variables aleatorias, tal que $F(Y) = P(Y \leq y)$ en el intervalo $-\infty < y < \infty$. (Wackerly, Scheaffer, & Mendenhall, 2013). Es decir, indica la probabilidad de ocurrencia de las observaciones de la variable aleatoria.

Propiedades de una función de distribución:

- $F(-\infty) \equiv \lim_{Y \rightarrow -\infty} f(y) = 0$.
- $F(\infty) \equiv \lim_{Y \rightarrow \infty} f(y) = 1$.
- $F(y)$ es una función no decreciente de y (Si y_1 y y_2 , son cualquier valor de manera que $y_1 < y_2$, entonces $F(y_1) \leq F(y_2)$).

3.1.4. Valor esperado.

También conocido como esperanza matemática o valor medio, es uno de los principales indicadores y el más utilizado para realizar inferencias sobre un conjunto de datos. Se expresa y calcula de diferente forma si una variable aleatoria es continua o discreta:

- Para variables aleatorias discretas:

$$E(y) = \sum_y yp(y)$$

- Para variables aleatorias continuas

$$E(y) = \int_{-\infty}^{\infty} yf(y)dy$$

Propiedades del valor esperado:

- El valor esperado de una constante, es la constante. $E(c) = c$
- El valor esperado de una constante por una función de probabilidad es igual al valor esperado de la función de probabilidad multiplicado por la constante.

$$E[c(g(y))] = cE[g(y)]$$

- El valor esperado de una suma de funciones es igual a la suma de los valores esperados de cada una de las funciones.

$$E[g_1(Y) + g_2(Y) + \dots + g_n(Y)] = E[g_1(Y)] + E[g_2(Y)] + \dots + E[g_n(Y)]$$

3.1.5. Varianza y desviación estándar.

La varianza es una medida de dispersión que permite observar que tan lejanos se encuentran los valores de su media. Existen dos tipos de varianza: muestral y poblacional. La primera se refiere como su nombre lo indica, cuando se requiere calcular la varianza de una muestra y la segunda cuando se trata de toda la población.

La varianza muestral es la suma del cuadrado de la diferencia entre las observaciones y su media entre $n-1$.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

La varianza poblacional realiza lo mismo, pero divide las diferencias entre N .

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{N}$$

A medida que la varianza aumenta, mayor es la variación dentro del conjunto de observaciones.

Esta misma ecuación se puede ver en términos de valores esperados:

$$v(y) = \sigma^2 = E[(y - \mu)^2] = E(y^2) - E(y)^2$$

La desviación estándar ocupa las mismas fórmulas después de despejar el cuadrado de la varianza, lo que hace que sus resultados sean más fáciles de interpretar (Lind, Wathen, & Marchal, 2012).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{N}}$$

3.1.6. Covarianza.

La covarianza permite conocer la existencia de relación entre dos variables aleatorias y_1 y y_2 . Se define como el valor esperado del producto de la diferencia de la variable aleatoria respecto a su media.

$$S_{xy} = cov(Y_1, Y_2) = E[(Y_1 - \mu_1)(Y_2 - \mu_2)]$$

Se muestra otra forma de plantearlo a través de las propiedades del valor esperado:

$$S_{xy} = cov(Y_1, Y_2) = E(Y_1, Y_2) - (\mu_1\mu_2)$$

Si el resultado es positivo significa que y_1 aumenta a medida que y_2 aumenta; el resultado negativo indica que y_1 disminuye a medida que y_2 aumenta o viceversa. Por otro lado, mientras mayor sea el valor absoluto de la covarianza significa una mayor dependencia lineal. Si el resultado es 0 significa que las variables son independientes entre sí (Wackerly, Scheaffer, & Mendenhall, 2013).

3.1.7. Correlación.

La correlación mide la asociación lineal que existe entre variables, sin embargo, una asociación lineal no implica causalidad, por lo que se tiene que tener cuidado al realizar interpretaciones sobre ésta (Freedman, Pisani, Purves, & Adhikari, 1993).

3.1.8. Coeficiente de correlación.

Para calcular el grado de relación entre las variables, se usa el coeficiente de correlación ρ , ya que la covarianza depende de la escala de medición y para eliminar ese problema se estandarizan sus valores (Wackerly, Scheaffer, & Mendenhall, 2013).

Para el cálculo del coeficiente de correlación se sigue la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{cov(Y_1, Y_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \text{ con } -1 \leq \rho \leq 1$$

El grado de asociación lineal en general aumenta conforme es mayor el valor absoluto del coeficiente de correlación (López Cachero, 1999).

Una de las maneras de interpretarlo podría ser la siguiente:

Tipo de correlación	Límite inferior	Límite superior
Nula	0	± 0.09
Muy débil	±0.10	± 0.19
Débil	± 0.20	± 0.49
Moderada	± 0.50	± 0.69
Significativa	± 0.70	± 0.84
Fuerte	± 0.85	± 0.95
Perfecta	± 0.96	±1

Tabla 3.1 Clasificación de la correlación. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Estimación y Pruebas de Hipótesis.

3.2.1. Estimación.

Muchas veces es necesario conocer información sobre un evento o población, de la cual por diversos motivos no se puede saber un valor exacto, tales como: dimensión de la población, costos de recopilación, etc. Por ello, se utilizan técnicas estadísticas para conocer una aproximación, a este proceso se le conoce como estimación, por ejemplo, en esta investigación se quiere realizar una estimación del impacto económico de los ciclones tropicales en México, al ser eventos cuya intensidad no se puede predecir es necesario recurrir a datos históricos y a través de estos realizar una estimación, se usa información de la muestra para realizar inferencias.

Un estimador es una regla que indica cómo realizar la estimación, en el ejemplo anterior se podría utilizar como estimador la media de los datos de la muestra para estimar la media poblacional μ , la cual es desconocida y se logrará a través de un estimador \hat{Y} . Tal que:

$$\hat{Y} = \frac{\sum v_i y_i}{n} = \frac{1}{n} \sum_{v_i} y_i$$

La estimación se puede clasificar en estimación puntual y estimación por intervalos; la primera es aquella que a través de una fórmula o regla obtiene un solo valor para estimar el parámetro θ , mientras que la estimación por intervalos da como resultado un intervalo en el que se encuentra el estimado de θ con cierto grado de probabilidad.

3.2.2. Sesgo y Error Cuadrático Medio.

Al realizar una estimación si el valor esperado del estimador del parámetro es igual al parámetro se dice que es insesgado, caso contrario a la diferencia entre el valor esperado del estimador y el parámetro se le conoce como sesgo (López Cachero, 1999).

- Insesgado: $E(\hat{\theta}) = \theta$
- Sesgo: $(\hat{\theta}) = E(\hat{\theta}) - \theta$

Otro concepto para medir el grado de error en una estimación es el Error Cuadrático Medio (E.C.M), el cual se obtiene en función del sesgo y la varianza:

$$E.C.M = (\hat{\theta}) = E[(\hat{\theta} - \theta)^2]$$

Conociendo las propiedades del valor esperado es fácil replantear la ecuación:

$$E.C.M(\hat{\theta}) = v(\theta) + sesgo^2$$

Por lo que resulta obvio decir que en los estimadores insesgados la varianza es igual al error cuadrático medio.

3.2.3 Intervalos de confianza.

Es un método de estimación donde los valores estimados son el límite inferior y superior del valor que puede tomar el parámetro que se desea estimar con un grado de confianza $(1-\alpha)$.

$$p(\hat{\theta}_i \leq \theta \leq \hat{\theta}_s) = 1 - \alpha$$

Donde α es conocido como el nivel de significancia, mientras más pequeño sea este, más alta será la confianza de que el parámetro se encuentre dentro del intervalo. Los valores de confianza comúnmente usados son: 99%, 95% y 90%, lo que necesariamente implica una significancia de 0.01, 0.05 y 0.1 respectivamente.

Los intervalos de confianza más comunes son los usados para estimar la media, diferencia de medias y la varianza.

Una vez que el intervalo de confianza es construido ya no se expresa como la probabilidad, si no como la confianza de que el parámetro estimado se encuentra en el intervalo con un nivel de confianza igual a $1 - \alpha$ (Bianco & Martínez, 2004).

3.2.4. Pruebas de hipótesis.

En este método es necesario la observación para la formulación de una hipótesis, la cual se denominará hipótesis nula H_0 y se comparará contra la hipótesis alternativa H_a , misma que se asumirá en caso de que la hipótesis nula sea rechazada con un cierto nivel de confianza que se definirá al inicio de la prueba.

Para poder aceptar o rechazar una hipótesis son necesarios los conceptos estadísticos de prueba y región de rechazo. El primero es parecido al estimador, en este recae la prueba estadística sobre la que se basará la decisión, al realizar dicho cálculo se obtiene la región de rechazo, que son todos los valores para los cuales se rechazará la hipótesis nula con el grado confianza elegido.

Existen errores comunes que pueden ocurrir al realizar las pruebas de hipótesis conocidos como error de tipo 1 y 2.

- Error de Tipo 1. Rechazar H_0 cuando H_0 es verdadera.
- Error de Tipo 2. Aceptar H_0 cuando H_a es verdadera.

Valor p:

En una prueba de hipótesis el valor p es el mínimo valor de significancia que se puede tomar para que la H_0 indica que se debe rechazar la hipótesis nula, caso contrario si la significancia es menor que el valor p no se podrá rechazar H_0 con un nivel de $1-\alpha$ de no cometer error de tipo 1.

3.3. Modelos estadísticos.

Estos modelos se usan cuando se quiere saber cómo se comporta una variable en función de otras tomando en cuenta un nivel de error ϵ .

3.3.1. Tipos de datos.

La forma en que se encuentra estructurada la información va a afectar al modelo en general, los tipos de datos más comunes son:

- Corte transversal o sección cruzada. Son aquellos que son tomados en un momento determinado del tiempo.
- Series de tiempo. Como indica su nombre, se considera la variable tiempo la cual va a afectar el orden de las observaciones.
- Panel. Este tipo de estructura considera que las variables tienen múltiples observaciones a lo largo del tiempo, estos datos pueden ser considerados como una combinación de los datos corte transversal y series de tiempo. “Un conjunto de datos de panel (o longitudinal) consiste en una serie de tiempo por cada unidad de una base de datos de corte transversal” (Wooldrige, 2010).
- Espaciales o georeferenciales. Este tipo de datos pueden tener una estructura de corte transversal o de serie de tiempo, pero a su vez consideran una variable geográfica.

3.3.2. Regresión lineal simple.

La regresión lineal simple es una técnica estadística que se utiliza para medir los cambios en una variable y (variable dependiente) en función de otra x (variable independiente) a través de la cual se pueden predecir los valores de y .

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

Donde β son los coeficientes de regresión y ε es el error estocástico o perturbación.

La regresión lineal busca encontrar la relación lineal entre la variable dependiente y la independiente o explicativa ajustando los datos de la variable independiente a una recta que pase por una distancia mínima de estos (Prasad, 2015).

Existen diversas formas de hacer una regresión lineal: Mínimos Cuadrados Ordinarios, Mínimos Cuadrados Generalizados, Mínimos Cuadrados Totales, Estimación por Máxima Verosimilitud, etc.

Hay ciertos supuestos que se asumen al momento de hacer análisis de regresión tales como:

- Distribución normal en los errores. Este supuesto asume que la perturbación se va a distribuir de manera normal con $\mu=0$ y varianza constante.

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

- Relación lineal. Se asume que las variables dependientes e independientes tienen una relación lineal y que los errores se encuentran idénticamente distribuidos.
- Homocedasticidad. Se refiere a que la varianza del error permanece constante.
- Independencia. Como su nombre lo indica, las variables no deben ser dependientes entre sí.
- No multicolinealidad. No existe una combinación lineal entre las variables explicativas que no sea la trivial.

3.3.3. Método de mínimos cuadrados.

Este método se ocupa para estimar los parámetros y parte del principio: $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1$, es un estimador de la ecuación $E(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$, ya que, $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ son estimadores de β_0 y β_1 respectivamente y a su vez por el supuesto de distribución normal en las perturbaciones $E(\varepsilon) = 0$.

En mínimos cuadrados ordinarios se ajustan las observaciones a una recta, lo que se busca es minimizar las diferencias entre las observaciones y la recta (Wackerly, Scheaffer, & Mendenhall, 2013).

Procedimiento:

1. Partiendo de la ecuación $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1$, se quiere minimizar la distancia de todos los puntos por lo que se va a estimar para cada observación.

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$$

2. Se busca minimizar la desviación por lo que se calculará la suma de los cuadrados de las diferencias entre el parámetro y_i y el estimador \hat{y}_i

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i)]^2$$

donde SSE → Suma de cuadrados del error

3. Como se quiere minimizar, se tendrán que calcular las derivadas parciales de SSE respecto a $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ donde $\hat{\beta}_0 = 0$ y $\hat{\beta}_1 = 0$, y a los resultados se les conocerá como ecuaciones de mínimos cuadrados:

$$\begin{aligned} \frac{\partial SSE}{\partial \hat{\beta}_0} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{i=1}^n [y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i)]^2 \right\}}{\partial \hat{\beta}_0} = \sum_{i=1}^n \{ 2[y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i)](-1) \} \\ &= -2(\sum_{i=1}^n y_i - n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i) = 0 \end{aligned}$$

De manera análoga se realiza el mismo procedimiento para el estimador del coeficiente $\hat{\beta}_1$.

$$\begin{aligned}\frac{\partial SSE}{\partial \widehat{\beta}_1} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{i=1}^n [y_i - (\widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_i)]^2 \right\}}{\partial \widehat{\beta}_1} = \sum_{i=1}^n \{ 2[y_i - (\widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_i)](x_i) \} \\ &= -2(\sum_{i=1}^n y_i x_i - \widehat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_i + \widehat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i^2) = 0\end{aligned}$$

4. Se resuelve como un sistema de ecuaciones y se obtiene lo siguiente:

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

$$\widehat{\beta}_0 = \bar{y} - \widehat{\beta}_1 \bar{x}$$

Propiedades:

- Los estimadores $\widehat{\beta}_0$ y $\widehat{\beta}_1$ son insesgados.
- $v(\widehat{\beta}_0) = \frac{1}{n} \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)$ y $v(\widehat{\beta}_1) = \frac{1}{S \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
- $cov(\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1) = \frac{-\bar{x}}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
- Si la perturbación estocástica está distribuida normalmente, entonces $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1$ también lo están.

3.3.4. Regresión lineal múltiple.

Si el modelo estadístico lineal relaciona $E(Y)$ como función lineal de más de una variable independiente x , a dicho modelo se le denominará regresión lineal múltiple y tiene la forma:

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

El error también considera la información que fue omitida dentro de las variables y que también pudieran afectar a la variable dependiente, cabe señalar que si una

regresión múltiple contiene más de dos variables independientes, estas no podrán ser representadas gráficamente, ya que las gráficas están limitadas a tres dimensiones (Lind, Wathen, & Marchal, 2012).

3.3.5. Modelo Logit.

El Modelo Logit al igual que cualquier modelo de regresión ocupa variables cuantitativas, sin embargo, la variable dependiente es nominal⁵ y tiene dos posibles valores (De la Fuente Fernández, 2011) un ejemplo vago, es una heladería que busca información que explique la venta de sus helados (chocolate y vainilla), o un caso aplicado al tema de investigación es suponiendo que la variable dependiente es el océano (Atlántico y Pacífico).

Consideramos la variable dependiente Y con dos posibles valores (0 y 1) con K variables explicativas de Y (x_1, x_2, \dots, x_k).

$$P(Y = 1/x_1, x_2, \dots, x_k)$$

$$P(Y = 0/x_1, x_2, \dots, x_k)$$

Necesariamente la suma de las probabilidades debe ser igual a 1, por lo que:

$$P\left(Y = \frac{0}{x_1}, x_2, \dots, x_k\right) = 1 - P(Y = 1/x_1, x_2, \dots, x_k)$$

⁵ Se encuentra dentro del grupo de variables cualitativas.

Para estimar la probabilidad se construye el modelo:

$$P\left(Y = \frac{1}{x_1}, x_2, \dots, x_k\right) = p(x_1, x_2, \dots, x_k; \beta)$$

$p(x_1, x_2, \dots, x_k; \beta): R^k \rightarrow (0,1)$ Y depende de un vector de parámetros $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$.

Donde:

$$p(x_1, x_2, \dots, x_k; \beta) = G(\beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k)$$

Con $G(x) = \frac{e^x}{1+e^x}$ (función de distribución logística).

3.3.6. Modelo Logit Multinomial.

Este tipo de regresión es una variante de la regresión logística clásica, sin embargo, a diferencia de la regresión logística binaria en la que se tienen dos diferentes categorías para la variable dependiente, esta es politómica.

En esta investigación se aplica en la variable intensidad, la cual cuenta con 8 diferentes categorías.

Consideramos la variable dependiente $(Y) = \{1,2,3\}$ y con probabilidades $p_1 = p(Y = 1), p_2 = p(Y = 2)$ y $p_3 = p(Y = 3) = 1 - p_1 - p_2$, y se quiere conocer el efecto de las variables independientes X_1, X_2, \dots, X_n sobre las probabilidades p_1 y p_2 .

$$(Y_1, Y_2) = \begin{cases} (1,0) & \text{si } Y = 1 \\ (0,1) & \text{si } Y = 2 \\ (0,0) & \text{si } Y = 3 \end{cases}$$

Se define el modelo multivariante por las ecuaciones:

$$p_1(X_1, X_2) = p_1 = E(Y_1) = \frac{e^{z_1}}{1 + e^{z_1} + e^{z_2}}$$

$$p_2(X_1, X_2) = p_2 = E(Y_2) = \frac{e^{z_2}}{1 + e^{z_1} + e^{z_2}}$$

Donde $z_1 = \beta_{01} + \beta_{11}X_1 + \beta_{21}X_2$ y $z_2 = \beta_{02} + \beta_{12}X_1 + \beta_{22}X_2$ siendo β los parámetros que se desean. Otra forma de presentar la ecuación:

$$\ln\left(\frac{p_1}{p_3}\right) = Z_1 = \beta_{01} + \beta_{11}X_1 + \beta_{21}X_2$$

$$\ln\left(\frac{p_2}{p_3}\right) = Z_2 = \beta_{02} + \beta_{12}X_1 + \beta_{22}X_2$$

De manera general, si una variable nominal consta de k categorías deben crearse (k-1) variables dicotómicas estimar (Pando Fernández & San Martín Fernández).

El ejemplo anterior fue construido para un modelo multinomial con 3 posibles respuestas, trasladando el modelo al tema de investigación, utilizando la variable intensidad como la variable dependiente, se tendría que crear 7 variables dummy (k=8), lo que indica cómo cambia una probabilidad con respecto a la categoría elegida. Esta explicación será ejemplificada más adelante.

Es importante mencionar que al no ser un modelo lineal la probabilidad no se puede obtener de manera directa, por lo cual es necesario despejar la siguiente ecuación para obtenerla:

Sea $a + bx$ el resultado de la regresión multinomial:

$$y = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = a + bx$$

$$\frac{p}{1-p} = e^{a+bx}$$

$$p = (e^{a+bx})(1-p)$$

$$p = e^{a+bx} - pe^{a+bx}$$

$$p + pe^{a+bx} = e^{a+bx}$$

$$p(1 + e^{a+bx}) = e^{a+bx}$$

$$p = \frac{e^{a+bx}}{1 + e^{a+bx}}$$

3.3.7. Variable Dummy.

Un último concepto que se debe conocer antes de construir los modelos de estimación es el de las variables dummy o dicotómica y sirven para introducir alguna característica cualitativa de la población estudiada, toma los valores de 1 cuando se encuentra la característica de interés y 0 en caso contrario (Alonso, 2014), por ejemplo, se generó la variable océano la cual toma el valor 1 si se trató de un ciclón en el océano Atlántico y 0 en caso contrario (Océano Pacífico).

Si existe una variable cualitativa con más de 2 posibilidades se pueden crear tantas variables dummy como sea necesario, como ejemplo, la variable intensidad tiene 8 posibilidades distintas (perturbación tropical, depresión tropical, ..., huracán categoría 5) entonces se crean 8 variables dicotómicas. Sirve de ejemplo la ilustración 3.1:

Categoría	int_1	int_2	int_3	int_4	...	int_8
Perturbación tropical	1	0	0	0	0	0
Depresión tropical	0	1	0	0	0	0
Tormenta tropical	0	0	1	0	0	0
Huracán 1	0	0	0	1	0	0
.
.
.
Huracán 5	0	0	0	0	0	1

Ilustración 3.1 Variables dummy. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Modelos.

Una vez explicados los conceptos estadísticos que se utilizarán se continúa con el proceso de estimación que culminará en la obtención del impacto económico de los ciclones. Se debe recordar que al realizar los modelos con una muestra muy particular los resultados o conclusiones a las que se lleguen serán únicamente aplicables a los ciclones tropicales en la región.

Antes de comenzar con los modelos, es importante realizar una última observación; recordamos que la base de datos inicialmente incluía 83 ciclones tropicales, sin embargo, a pesar de ser ciclones tropicales intensos, o que cobraron un alto número de víctimas, finalmente no se encontró información precisa del costo que ocasionaron, también hay algunos casos en los que se presentaron dos sistemas simultáneamente o con poca diferencia de tiempo y, por lo tanto, el costo en las series se le atribuyó al fenómeno más intenso, por lo que se eliminaron estos casos y la base de datos finalizó con 57 observaciones, las cuales son las únicas que se tomaron en cuenta para la realización de todos los modelos, por lo que es posible que existan años que no tengan evento alguno y por tanto representación.

3.4.1. Predicción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero.

Antes de comenzar retomaremos el tema de las Emisiones de Gases Efecto Invernadero, en particular, la predicción de ésta para los años 2011 a 2014.

Como se mencionó en el segundo capítulo las emisiones se obtuvieron de la página del INECC, en la que únicamente se encuentran disponibles las emisiones totales en Gigagramos (Gg) para el período 1990-2010.

Para realizar una mejor estimación de la probabilidad de ocurrencia o del impacto económico, se obtuvo mediante predicciones los valores para el período 2011-2014, acción que se realizó mediante el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios en el programa estadístico Gretl.

Primero, observamos en la ilustración 3.2 el comportamiento de los gases efecto invernadero en el período observado (1990 a 2014).

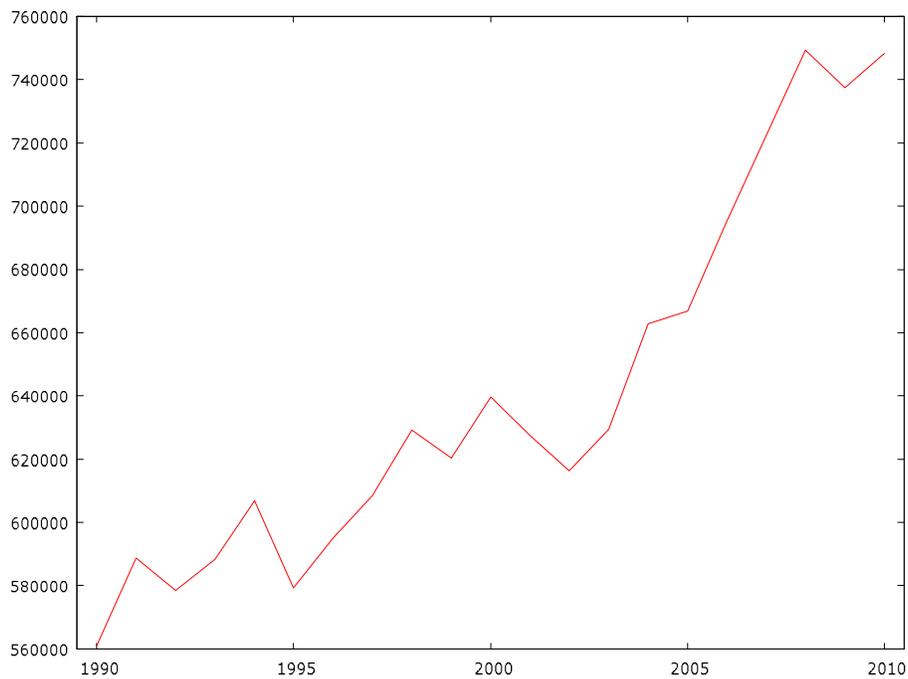


Ilustración 3.2 Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1980-2014. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la predicción, se le asigna al conjunto de datos una estructura de series de tiempo con frecuencia anual y posteriormente se le añade una variable de tendencia temporal. Antes de generar los valores para los años desconocidos, se evalúa el modelo de predicción, para esto se establece un rango muestral quitando las dos últimas observaciones conocidas (EGEI 2009 y 2010), y se realiza un Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios utilizando como variable independiente la variable de tendencia temporal.

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-2008 (T = 19)
Variable dependiente: emisiones gases efecto invernadero.

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p	
Const	548297	10120.7	54.1758	<0.00001	***
Time	8144.43	887.644	9.1753	<0.00001	***

Media de la vble. dep.	629740.9
Suma de cuad. Residuos	7.63e+09
R-cuadrado	0.831994
F(1, 17)	84.18677
Log-verosimilitud	-215.1696
Criterio de Schwarz	436.2280
Rho	0.704191

D.T. de la vble. dep.	50246.02
D.T. de la regresión	21192.20
R-cuadrado corregido	0.822111
Valor p (de F)	5.38e-08
Criterio de Akaike	434.3391
Crit. de Hannan-Quinn	434.6588
Durbin-Watson	0.703557

Posteriormente, se realiza una predicción para los años no considerados en la muestra, es decir, el dominio de predicción será el rango 2009-2010 a un nivel de confianza del 95%, obteniendo un porcentaje de error absoluto medio igual a 3.7206.

Para intervalos de confianza 95%, $t(17, 0.025) = 2.110$

Año	EGEI	predicción	Desv. Típica	Intervalo de 95%
2009	737560.	711185.	23484.8	(661637., 760734.)
2010	748252.	719330.	23834.5	(669043., 769616.)

A continuación, en la ilustración 3.3 se puede observar el comportamiento de las EGEI contra la predicción y el intervalo de confianza.

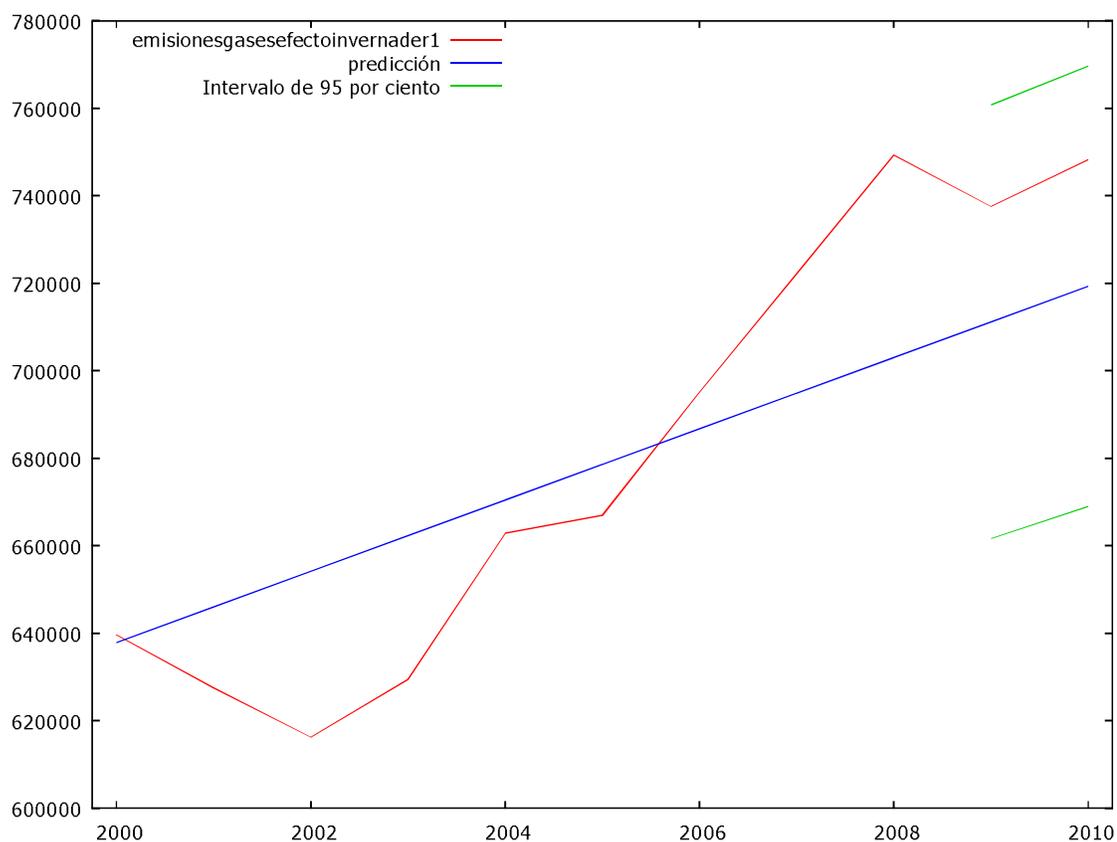


Ilustración 3.3 Estimaciones EGEI 2009-2010. Fuente: Elaboración propia.

Al comprobar que la predicción entra dentro del intervalo de confianza, se reestablece el rango 1990-2010, se añaden las observaciones para los años 2011-2014 y a continuación se realiza nuevamente el proceso para la predicción de los años desconocidos.

Para intervalos de confianza 95%, $t(19, 0.025) = 2.093$

Año	Emisiones gases efecto invernadero	predicción	Desv. Típica	Intervalo de 95%
2011	-	737630.	23434.9	(688580., 786680.)
2012	-	746458.	23723.7	(696804., 796113.)
2013	-	755287.	24033.6	(704984., 805590.)
2014	-	764115.	24363.9	(713121., 815109.)

Finalmente, se agrega esta información a la base de datos y se procede a calcular la probabilidad de ocurrencia.

3.4.2. Impacto Económico.

El origen de esta investigación parte del deseo de conocer la relación que tiene el cambio climático en los ciclones tropicales, por lo que se busca usar dicha información para la estimación del impacto económico.

Para facilitar su explicación el proceso de estimación se puede dividir en dos partes:

1. Cálculo de la probabilidad de ocurrencia.
2. Cálculo del impacto económico.

Para la primera parte se utilizó un modelo Logit Multinomial con las variables que no son dependientes del ciclón tropical: EGEI, Temperatura de la superficie oceánica (SST), Temperatura global del planeta (AGST).

Antes de comenzar con la descripción del proceso, es necesario mencionar que todos los cálculos y estimaciones se realizaron para 3 escenarios por lo que al final se tendrán tres resultados diferentes para el impacto económico.

Estos escenarios se definen como escenario continuo, valor medio, y catastrófico que dependen del nivel al que están los valores de las variables.

3.4.3. Construcción de escenarios.

Se agrupo en quinquenios los valores de las variables que son independientes a los ciclones tropicales (EGEI, SST AGST), tomando en cuenta el valor máximo presentado en cada quinquenio, como se puede apreciar en la tabla 3.2.

Año	Máy. EGEI (Gg)	Máy. SST	Máy. de AGST
1980-1984	-	0.23	0.27
1985-1989	-	0.27	0.40
1990-1994	588,314.17	0.33	0.44
1995-1999	620,299.73	0.41	0.48
2000-2004	662,837.89	0.45	0.63
2005-2009	749,348.56	0.49	0.69
2010-2014	748,252.25	0.58	0.74

Tabla 3.2 Máximos variables atmosféricas por quinquenio. Fuente: Elaboración propia.

Se calcula el incremento respecto de un período a otro para cada una de las variables con la siguiente ecuación:

$$\frac{(Q_2 - Q_1)}{Q_2}$$

Obteniendo así la tabla 3.3:

Año	Máx. de EGEI (Gg)	Máx. SST	Máx. AGST	incremento EGEI	incremento SST	incremento AGST
1980-1984	-	0.23	0.27	-	-	-
1985-1989	-	0.27	0.4	-	0.148148148	0.325
1990-1994	588,314.17	0.33	0.44	-	0.181818182	0.090909091
1995-1999	620,299.73	0.41	0.48	0.051564685	0.195121951	0.083333333
2000-2004	662,837.89	0.45	0.63	0.064175812	0.088888889	0.238095238
2005-2009	749,348.56	0.49	0.69	0.115447836	0.081632653	0.086956522
2010-2014	748,252.25	0.58	0.74	-0.001465161	0.155172414	0.067567568

Tabla 3.3 Incremento variables atmosféricas por quinquenio. Fuente: Elaboración propia.

Por último se sacó un promedio de los incrementos de cada quinquenio ($\bar{\Delta}$), el cual se utilizó como guía para estimar los valores de períodos subsecuentes. Con la siguiente ecuación:

$$Q_{x-1} * (1 + \bar{\Delta})$$

Año	Incremento EGEI	Incremento SST	incremento AGST
2015-2019	791,224.9702	0.721797039	0.888643625
2020-2024	836,665.6477	0.863594079	1.037287251
2025-2029	884,716.0195	1.005391118	1.185930876
2030-2034	935,525.9621	1.147188158	1.334574501
2035-2039	989,253.9601	1.288985197	1.483218126
2040-2044	1,046,067.6	1.430782237	1.631861752
2045-2049	1,106,144.092	1.572579276	1.780505377

Tabla 3.4 Incremento variables atmosféricas, proyectado por quinquenio. Fuente: Elaboración propia.

Una vez construida la tabla 3.4, se definen los escenarios, como su nombre lo indica el escenario "Medio" es aquel que toma el promedio de los valores máximos dentro del período estudiado, el escenario "Continuo" corresponde al período inmediato al

estudiado, en otras palabras, corresponde a los valores correspondientes al período comprendido entre 2015-2019, finalmente el escenario “Catastrófico” representa los valores que se alcanzarán en un período igual al estudiado si el ritmo de calentamiento global mantiene la misma tendencia, por lo que se toman en cuenta los valores calculados para el período 2045-2049; se eligió usar estos valores en vez de estresar en algún porcentaje arbitrario los valores, para que se puedan interpretar como resultados de un futuro probable y no simplemente una exageración de los valores.

3.4.4. Probabilidad de ocurrencia.

Una vez definidos los escenarios, se puede calcular la probabilidad de ocurrencia de cada tipo de ciclón tropical condicionada a la situación ambiental. Es importante mencionar, que los cálculos se realizaron en cada escenario de manera general y para cada costa. Tal cual se aprecia en la ilustración 3.4.

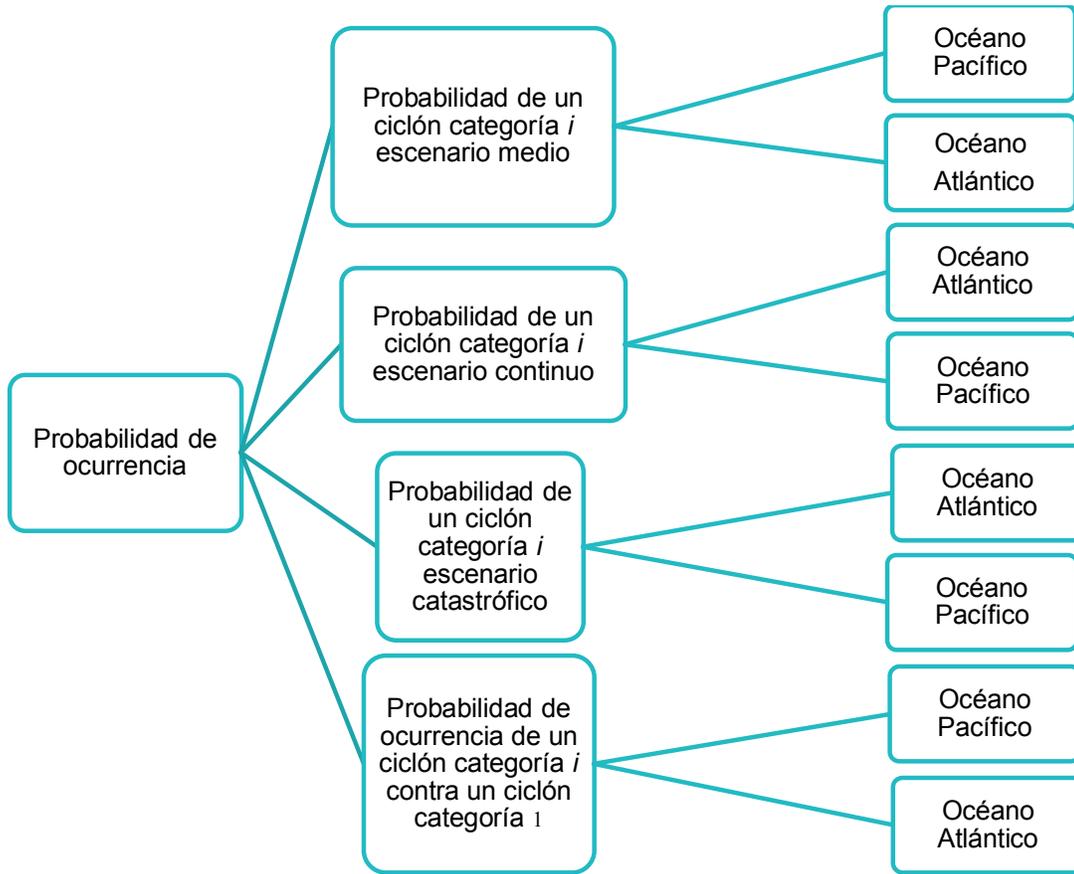


Ilustración 3.4 Calculo de probabilidades de ocurrencia. Fuente: Elaboración propia.

Como se indicó anteriormente, para obtener las probabilidades se utilizó un modelo Logístico Multinomial, el cual se utiliza en todos los casos descritos en la ilustración anterior, y tiene la forma:

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_i EGEI_i + \beta_1 SST_i + \beta_2 AGST_i \text{ con } y_{\{1,2,3\}}$$

Donde las variables representan las emisiones de gases, la temperatura del océano y la superficie terrestre.

Posteriormente, se utilizaron los valores marginales en las variables independientes de acuerdo al escenario.

Para el cálculo de la probabilidad de acuerdo al océano, se creó otro modelo agregando la variable dicotómica “océano” la cual toma el valor 0, si es un ciclón en el océano Pacífico y 1 si el ciclón se presentó en el océano Atlántico:

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_i EGEI_i + \beta_1 SST_i + \beta_2 AGST_i + \beta_3 Océano_i \text{ con } y_{\{1,2,3\}}$$

Para el último caso, se usó nuevamente una regresión logística multinomial, sin embargo, esta fue condicionada a la probabilidad de ocurrencia de una perturbación tropical, por lo que únicamente se despejó el logaritmo para obtener las probabilidades.

Todos los modelos ocupados en esta sección se realizaron a través del programa estadístico STATA.

Escenario medio:

Para determinar las probabilidades del escenario medio, se considera cuando las variables independientes toman los siguientes valores:

- EGEI= 681151.2.
- SST= 0.4059259.
- AGST=0.5792593.

Una vez realizado el modelo de regresión se obtiene la tabla 3.5 con las siguientes probabilidades:

Probabilidades marginales valor medio	
Perturbación tropical	2.44%
Depresión tropical	2.63%
Tormenta tropical	30.69%
Huracán categoría 1	4.61%
Huracán categoría 2	9.25%
Huracán categoría 3	29.76%
Huracán categoría 4	16.73%
Huracán categoría 5	3.66%

Tabla 3.5 Probabilidades marginales escenario medio. Fuente: Elaboración propia.

En este escenario el evento con mayor probabilidad de ocurrencia es la tormenta tropical.

Para el cálculo de la probabilidad por océano se tiene que tener en cuenta que las probabilidades se obtienen con los valores marginales de cada escenario, y al ser el escenario medio, tal como su nombre lo indica, aquel que contiene el valor promedio de las variables explicativas, STATA toma el valor de 0.5 automáticamente, por lo que para solucionar éste problema se debe ingresar los valores manualmente al igual que en los otros escenarios.

Pacífico	
Perturbación tropical	1.03%
Depresión tropical	0.00%
Tormenta tropical	32.59%
Huracán categoría 1	8.67%
Huracán categoría 2	8.08%
Huracán categoría 3	28.78%
Huracán categoría 4	16.14%
Huracán categoría 5	4.70%

Tabla 3.6 Probabilidades marginales escenario medio. Pacífico. Fuente: Elaboración propia.

Atlántico	
Perturbación tropical	3.68%
Depresión tropical	7.21%
Tormenta tropical	28.42%
Huracán categoría 1	0.00%
Huracán categoría 2	11.06%
Huracán categoría 3	30.91%
Huracán categoría 4	17.35%
Huracán categoría 5	1.38%

Tabla 3.7 Probabilidades marginales escenario medio. Atlántico. Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar que en el Pacífico la tormenta tropical tiene mayor probabilidad de ocurrencia, mientras que en el Atlántico el valor más alto es para el huracán categoría 3. Al ser un promedio de los valores, es posible comparar las probabilidades con los eventos ocurridos.

Pacífico	
Perturbación tropical	3
Depresión tropical	0
Tormenta tropical	8
Huracán categoría 1	3
Huracán categoría 2	2
Huracán categoría 3	7
Huracán categoría 4	5
Huracán categoría 5	2

Tabla 3.8 Frecuencia por categoría. Océano Pacífico. Fuente: Elaboración propia.

Atlántico	
Perturbación tropical	2
Depresión tropical	2
Tormenta tropical	6
Huracán categoría 1	0
Huracán categoría 2	4
Huracán categoría 3	6
Huracán categoría 4	3
Huracán categoría 5	4

Tabla 3.9 Frecuencia por categoría. Océano Atlántico. Fuente: Elaboración propia.

Se puede percibir que al igual que en las probabilidades de ocurrencia, en el océano Pacífico la mayor concentración de eventos fueron tormentas tropicales, mientras que en el océano Atlántico existe el mismo número de huracanes categoría 3 y de tormentas tropicales, aunque estos a su vez en la tabla de probabilidades tienen una diferencia del 2%.

Escenario continuo:

Como se expresó, el escenario continuo es el que tiene las probabilidades siguientes al período observado de acuerdo a lo estimado, visto de otra forma, es el escenario en el que nos encontramos actualmente.

Para determinar las probabilidades del escenario continuo, se consideraron los coeficientes de las variables independientes con los siguientes valores:

- EGEI= 811790.228.
- SST= 0.72179704.
- AGST=0.888643625.

Después de realizar el modelo, se obtuvieron las siguientes probabilidades:

Probabilidades marginales escenario continuo	
Perturbación tropical	1.40%
Depresión tropical	10.74%
Tormenta tropical	15.57%
Huracán categoría 1	1.42%
Huracán categoría 2	14.31%
Huracán categoría 3	29.93%
Huracán categoría 4	17.42%
Huracán categoría 5	9.22%

Tabla 3.10 Probabilidades marginales escenario continuo. Fuente: Elaboración propia.

En este escenario el evento con mayor probabilidad de ocurrencia es el huracán categoría 3 y de la misma forma, en el océano Pacífico el huracán categoría 3 presenta mayor probabilidad de ocurrencia, sin embargo, en el océano Atlántico el valor de probabilidad más alto es para la depresión tropical.

Pacífico	
Perturbación tropical	1.04%
Depresión tropical	0.00%
Tormenta tropical	16.71%
Huracán categoría 1	1.74%
Huracán categoría 2	12.75%
Huracán categoría 3	30.98%
Huracán categoría 4	17.93%
Huracán categoría 5	18.86%

Tabla 3.11 Probabilidades marginales escenario continuo. Océano Pacífico. Fuente: Elaboración propia.

Atlántico	
Perturbación tropical	1.01%
Depresión tropical	74.44%
Tormenta tropical	3.97%
Huracán categoría 1	0.00%
Huracán categoría 2	4.75%
Huracán categoría 3	9.07%
Huracán categoría 4	5.25%
Huracán categoría 5	1.50%

Tabla 3.12 Probabilidades marginales escenario continuo. Océano Atlántico Fuente: Elaboración propia.

Escenario catastrófico:

El escenario catastrófico, es el que tiene las probabilidades correspondientes (en caso de que la tasa de crecimiento mantenga su tendencia) al período comprendido entre los años 2045-2049.

Para determinar las probabilidades del escenario continuo, se consideraron los coeficientes de las variables independientes con los siguientes valores:

- EGEI= 1169037.36.
- SST= 1.57257928.

- AGST=1.780505377.

Después de realizar el modelo, se obtuvieron las siguientes probabilidades:

Probabilidades marginales escenario catastrófico	
Perturbación tropical	0.00%
Depresión tropical	7.14%
Tormenta tropical	0.35%
Huracán categoría 1	0.01%
Huracán categoría 2	16.32%
Huracán categoría 3	3.95%
Huracán categoría 4	0.91%
Huracán categoría 5	71.33%

Tabla 3.13 Probabilidades marginales escenario catastrófico. Fuente: Elaboración propia.

En este escenario el evento con mayor probabilidad de ocurrencia es el huracán categoría 5, lo cual, prueba que los aumentos en las temperaturas y el incremento de gases efecto invernadero, tienen una relación con el aumento de la intensidad de los huracanes, objetivo primordial de esta investigación.

Pacífico	
Perturbación tropical	0.00%
Depresión tropical	0.00%
Tormenta tropical	0.05%
Huracán categoría 1	0.00%
Huracán categoría 2	1.61%
Huracán categoría 3	0.56%
Huracán categoría 4	0.13%
Huracán categoría 5	97.64%

Tabla 3.14 Probabilidades marginales escenario catastrófico. Pacífico. Fuente: Elaboración propia.

Atlántico	
Perturbación tropical	0.00%
Depresión tropical	98.40%
Tormenta tropical	0.00%
Huracán categoría 1	0.00%
Huracán categoría 2	0.11%
Huracán categoría 3	0.03%
Huracán categoría 4	0.01%
Huracán categoría 5	1.45%

Tabla 3.15 Probabilidades marginales escenario catastrófico. Atlántico. Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizados los modelos por océano, se observa que en el Pacífico se refleja el mismo panorama que en el modelo general donde el huracán categoría 5 presenta mayor probabilidad de ocurrencia, mientras que en el océano Atlántico el valor más alto es para la depresión tropical.

Probabilidad de ocurrencia condicional.

Para la tercer parte, se calcula la probabilidad de ocurrencia de un ciclón tropical categoría i donde i es un vector que toma los valores $i = \{1,2, \dots, 8\}$ y representa la intensidad.

Tal como se explicó en la definición de regresión Logit Multinomial, se crean $k-1$ variables dummy para medir la probabilidad de presentación de un huracán categoría $i = 1$ (perturbación tropical) contra las diferentes posibilidades. Como se observa en la tabla 3.16.

Categoría	L_1	L_2	L_3	...	L_7
Perturbación tropical	0	0	0	0	0
Depresión tropical	1	0	0	0	0
Tormenta tropical	0	1	0	0	0
Huracán 1	0	0	1	0	0
.
.
.
Huracán 5	0	0	0	0	1

Tabla 3.16 Variables dummy- Probabilidad condicional. Fuente: Elaboración propia.

Se define el modelo y posteriormente se estiman los coeficientes β :

$$y = \ln\left(\frac{Int_i}{Int_1}\right) = \beta_{01} + \beta_{1i}EGEI + \beta_{2i}SST + \beta_{3i}AGST$$

Una vez obtenidos los valores β se le asignó el valor promedio a las variables explicativas para obtener las probabilidades de ocurrencia a través de la ecuación:

$$p = \frac{e^{a+bx}}{1 + e^{a+bx}}$$

Sirve de ejemplo el modelo:

$$y = \ln\left(\frac{Int_2}{Int_1}\right) = \beta + \beta_{12}EGEI + \beta_{22}SST + \beta_{32}AGST$$

Tal que se tienen los valores X_i :

- EGEI=681151.
- SST=0.396667.
- AGST=0.562807.

Se obtienen los resultados mostrados en la tabla 3.17:

Variables	Coefficiente	Valor (medias)
EGEI	0.0000111	681151
SST	-10.087	0.396667
AGST	11.90003	0.562807
Constante	-10.25947	1

Tabla 3.17 Probabilidad depresión tropical 2 vs Probabilidad perturbación tropical. Fuente: Elaboración propia.

$$y = \ln\left(\frac{Int_2}{Int_1}\right) = -0.0024537$$

$$p = 0.49938656$$

Se realiza el mismo procedimiento para las categorías restantes y se obtienen las siguientes probabilidades respecto a la probabilidad de ocurrencia de una perturbación tropical, sin embargo, antes de presentar las probabilidades, es necesario mencionar que la suma de estas no da la unidad, ya que son probabilidades independientes con la única similitud de que son condicionadas a la probabilidad de una perturbación tropical.

X	Px
Depresión tropical	49.94%
Tormenta tropical	89.87%
Huracán categoría 1	57.64%
Huracán categoría 2	68.41%
Huracán categoría 3	89.24%
Huracán categoría 4	83.80%
Huracán categoría 5	43.68%

Tabla 3.18 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la probabilidad de ocurrencia más alta se presenta en las tormentas tropicales, aunque el huracán categoría 3 se encuentra una diferencia de .006 milésimas. Pero principalmente observamos que el 71.4% de los eventos son más probables de ocurrir contra una perturbación tropical.

Finalmente, se agrega al modelo la variable explicativa océano para observar la diferencia en probabilidades entre un modelo general y un modelo para cada costa del país. Donde la única diferencia entre los modelos es el valor que toma la variable *océano*; 0 si se refiere al Pacífico y 1 si se trata del Atlántico.

Sirve de ejemplo el modelo para el océano Pacífico:

$$y = \ln\left(\frac{Int_2}{Int_1}\right) = \beta_{01} + \beta_{1i}EGEI + \beta_{2i}SST + \beta_{3i}AGST + \beta_4Océano$$

Con los coeficientes indicados en la tabla 3.19:

Pacífico/ Atlántico	Coefficiente	valor (medias)
EGEI	0.00000538	681151
SST	9.5454	0.396667
AGST	-0.3064178	0.562807
Océano	16.13328	1/0
Const	-22.82465	1

Tabla 3.19 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical por océano. Fuente: Elaboración propia.

Realizando los modelos por océano, se puede apreciar que la probabilidad condicional más alta en el Océano Pacífico es para el huracán categoría 2: En este caso el 85.7% de los eventos son más probables de ocurrir que una perturbación tropical.

Océano Pacífico	
X	Px
Depresión tropical	0.00%
Tormenta tropical	95.08%
Huracán categoría 1	82.58%
Huracán categoría 2	99.79%
Huracán categoría 3	94.33%
Huracán categoría 4	91.05%
Huracán categoría 5	65.13%

Tabla 3.20 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical. Océano Pacífico. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente observamos los resultados del océano Atlántico:

Océano Atlántico	
X	Px
Depresión tropical	64.27%
Tormenta tropical	82.46%
Huracán categoría 1	0.00%
Huracán categoría 2	99.45%
Huracán categoría 3	83.31%
Huracán categoría 4	75.34%
Huracán categoría 5	13.25%

Tabla 3.21 Probabilidad ciclón categoría x vs Probabilidad perturbación tropical. Océano Atlántico. Fuente: Elaboración propia.

Se percibe nuevamente que la probabilidad más alta se encuentra para los huracanes categoría 2 y que la probabilidad de ocurrencia de una depresión tropical aumenta drásticamente, aquí al igual que en escenario general, la probabilidad que también existe de las intensidades el 71.4% tiene probabilidades más altas de ocurrir que una perturbación las diferentes intensidades.

3.4.5. Cálculo del impacto económico por escenario.

El tener 3 escenarios distintos tiene como resultado la obtención de 3 estimaciones, si se consideran los escenarios por océano, la cifra ascendería a 9 estimaciones diferentes, sin embargo, por motivos de practicidad se eligió realizar la estimación del impacto económico correspondiente a cada escenario únicamente para el caso general, es decir, sin considerar el océano.

Esta segunda parte a diferencia de las probabilidades de ocurrencia, toma en cuenta las variables inherentes al siniestro: víctimas, escuelas dañadas, caminos afectados, etc.

Considerando la estructura de datos como panel, definiendo la variable dependiente como el daño total y como variables independientes las ya mencionadas, se realizó el modelo de panel, sin embargo, después de realizar diferentes pruebas y combinaciones de variables explicativas, no se logró llegar a un modelo que fuera estadísticamente significativo que permitiera estimar un impacto económico, por lo cual, se recurrió a modelar una ecuación que permitiera conocer el impacto económico por categoría para cada escenario y se irán explicando sus componentes paso a paso.

Antes de comenzar con el desarrollo de los modelos, es necesario mencionar que una de las variables que tiene un peso en el impacto económico en un cierto período de tiempo es sin duda el número de eventos que afectarán, es decir, la frecuencia, por eso en este punto es importante comentar lo que opinan expertos en ciclones tropicales y calentamiento global, acerca de este tema: *“Existe poca evidencia científica de que habrá más (o menos) huracanes... hay fuertes teorías y evidencia estadística de que los huracanes se están volviendo más fuertes mientras los océanos se calientan por el calentamiento global y las emisiones de gases efecto invernadero, de hecho, hay evidencia estadística que la magnitud del impacto económico por los huracanes*

incrementa a la par que la temperatura del océano” (Bulletin of the American Meteorological Society) este comentario fue traducido de lo dicho por James Elsner, profesor de la Universidad Estatal de Florida.

Por otro lado, se observa la distribución de fenómenos en el país, desglosado por el total de eventos y eventos de categoría 3 o superior:

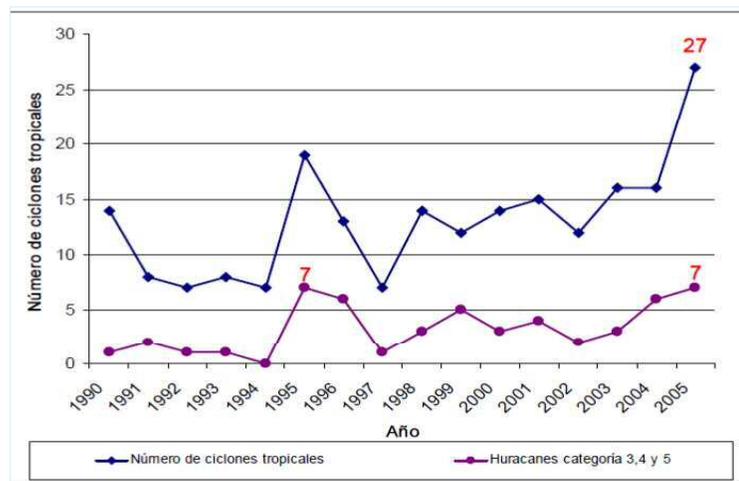


Ilustración 3.5 Número de ciclones tropicales por año. Fuente: Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la república mexicana en el año 2005.

Aquí podemos notar que claramente hay un incremento en el número de ciclones tropicales al comparar la fecha inicial y final, sin embargo, también observamos que en ambos casos el comportamiento del año 1995 fue el más alto hasta 2005 en números totales, recordemos que el 2005 fue el año con más eventos, a pesar de esto, si se consideran los huracanes de categorías más altas, la siniestralidad fue la misma. Por lo que no se podría afirmar una relación de manera contundente. Como ejemplo adicional se muestra el comportamiento en la base de datos sobre el total de eventos con un daño significativo:

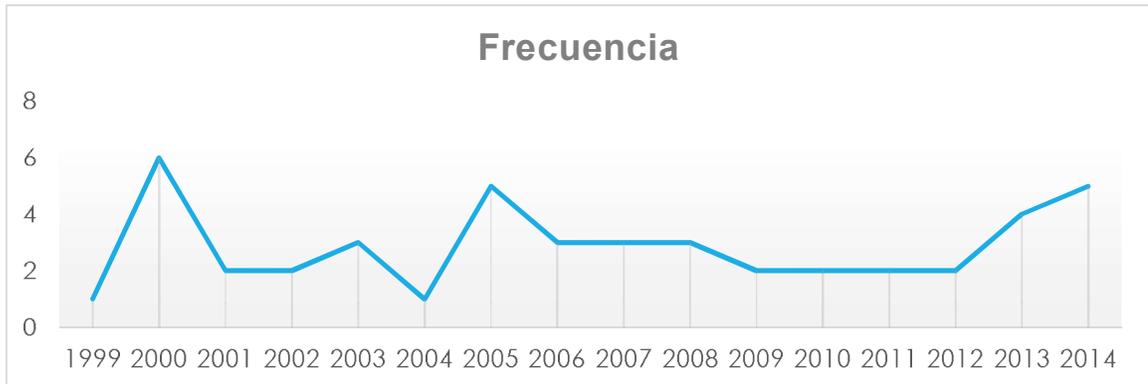


Ilustración 3.6 Frecuencia de los ciclones tropicales en el período 1999-2014. Fuente: Elaboración propia.

Es por ello que la estimación se realizó bajo un supuesto en el que se calcula el impacto asumiendo que se presentarán el mismo número de eventos, es decir, no se establece relación entre el aumento de las temperaturas con la frecuencia de los eventos.

Por lo anterior, se entiende que en un período equivalente de tiempo se presentarán 57 eventos, considerando únicamente la variación de frecuencia por categoría dada su probabilidad de ocurrencia por escenario, como se establece en la siguiente ecuación:

$$\text{Impacto económico} = \sum_{i=1}^8 \bar{C}_i * F_{ij} \quad \text{con } j_{\{1,2,3\}}$$

Donde:

$j_{\{1,2,3\}}$: Escenario (1. Medio, 2. Continuo, 3. Catastrófico).

$i_{\{1,2,\dots,8\}}$: Categoría del ciclón tropical.

\bar{C}_i : Costo promedio de un evento categoría i .

F_{ij} : Frecuencia de un evento categoría i en el escenario j .

Para obtener la frecuencia por categoría se plantea el supuesto en el que se presentarán el mismo número de eventos que ocurrieron en el período estudiado, sin embargo, se plantea una variación del número de eventos por categoría de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$F_{ij} = n_i * Px_{ij}$$

Donde:

Px_{ij} : Probabilidad de ocurrencia de un evento categoría i en el escenario j .

n_i : Número de eventos en el período estudiado de categoría i .

Y se obtiene la tabla 3.22:

Frecuencia esperada			
Categoría	medio	continuo	catastrófico
Perturbación tropical	1	1	0
Depresión tropical	2	6	4
Tormenta tropical	17	9	0
Huracán categoría 1	3	1	0
Huracán categoría 2	5	8	9
Huracán categoría 3	17	17	2
Huracán categoría 4	10	10	1
Huracán categoría 5	2	5	41

Tabla 3.22 Frecuencia esperada por escenario. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para obtener el costo simplemente se agruparon los eventos por categoría calculando el promedio de cada una. Es importante recordar que los costos están a precios de 2016.

Intensidad	Frecuencia Histórica	Costo Pacífico (millones de pesos)	Costo Atlántico (millones de pesos)	Costo total (millones de pesos)	Costo promedio por categoría (millones de pesos)
Perturbación tropical	5	\$2,308.29	\$1,315.22	\$3,623.51	\$724.70
Depresión tropical	2	\$-	\$322.16	\$322.16	\$161.08
Tormenta tropical	14	\$6,990.50	\$15,131.13	\$22,121.63	\$1,580.12
Huracán categoría 1	3	\$35,726.78	\$-	\$35,726.78	\$11,908.93
Huracán categoría 2	6	\$2,157.20	\$46,503.98	\$48,661.18	\$8,110.20
Huracán categoría 3	13	\$18,200.24	\$76,825.67	\$95,025.91	\$7,309.69
Huracán categoría 4	8	\$31,273.46	\$15,046.92	\$46,320.38	\$5,790.05
Huracán categoría 5	6	\$2,434.78	\$42,510.79	\$44,945.57	\$7,490.93
Total general	57	\$99,091.25	\$197,655.87	\$ 296,747.12	\$5,206.09

Tabla 3.23 Costo promedio por categoría. Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se aprecia el daño total que causaron en promedio los eventos por categoría, como se puede observar, un ciclón tropical de mayor intensidad no significa inmediatamente que generará mayor impacto, esto es por varios factores, principalmente la frecuencia, aunque cabe mencionar los eventos de 2011, donde la tormenta tropical Arlene, provocó un impacto económico mayor al que ocasionó el huracán categoría 2 Jova (García Arróliga N. , y otros, 2011).

Finalmente, se multiplica la frecuencia esperada por categoría, correspondiente a cada escenario, por el costo promedio de cada una y se obtiene el costo estimado.

Impacto económico			
Categoría	Medio (millones de pesos)	Continuo (millones de pesos)	Catastrófico (millones de pesos)
Perturbación tropical	\$ 724.70	\$ 724.70	\$ -
Depresión tropical	\$ 322.16	\$ 966.48	\$ 644.32
Tormenta tropical	\$ 26,861.98	\$ 14,221.05	\$ -
Huracán categoría 1	\$ 35,726.78	\$ 11,908.93	\$ -
Huracán categoría 2	\$ 40,550.98	\$ 64,881.57	\$ 72,991.77
Huracán categoría 3	\$ 124,264.65	\$ 124,264.65	\$ 14,619.37
Huracán categoría 4	\$ 57,900.48	\$ 57,900.48	\$ 5,790.05
Huracán categoría 5	\$ 14,981.86	\$ 37,454.64	\$ 307,128.06
Total en MDP	\$ 301,333.59	\$ 312,322.50	\$ 401,173.57

Tabla 3.24 Impacto económico- Caso con supuesto. Fuente: Elaboración propia.

Si dividimos el costo entre 34 años (cantidad que comprende los años estudiados) tendríamos de manera anual:

- Escenario medio: \$8,862.75 millones de pesos.
- Escenario continuo: \$9,185.96 millones de pesos.
- Escenario catastrófico: \$11,799.22 millones de pesos.

Es necesario mencionar que en el período 1980-1990 se tomaron en cuenta 3 siniestros, mientras que en el período 1991-2000 hubo 15 siniestros y de 2001 a 2014 se presentaron 39 siniestros. Este enunciado no implica necesariamente que exista un aumento de eventos significativos, si no que, como se mencionó con anterioridad, los instrumentos de medición, así como la disponibilidad de información es cada vez más

acertada y eficiente, si se conociera toda la información el costo por escenario seguramente tendría un incremento importante.

Caso sin supuesto:

Antes de la conclusión del capítulo se quiso utilizar un modelo que tomara en cuenta la frecuencia de acuerdo al grado de asociación lineal que tienen los ciclones tropicales con la intensidad, es decir, se eliminó el supuesto de que se presentarían el mismo número de eventos. Para este modelo partimos nuevamente de la ecuación:

$$\text{Impacto económico}_j = F_{ij} * \bar{C}_i \text{ con } j_{\{1,2,3\}}$$

Donde:

$j_{\{1,2,3\}}$: Escenario (1. Medio, 2. Continuo, 3. Catastrófico).

$i_{\{1,2,\dots,8\}}$: Categoría del ciclón tropical.

\bar{C} : Costo promedio por categoría.

Matriz de correlación							
Intensidad	Frecuencia	Víctimas	Escuelas	Caminos	Lluvia	Costo	x
1	0.2476	0.6064	0.6157	0.4298	0.2501	0.7279	Intensidad
	1	0.4915	0.5294	-0.0682	-0.2152	0.5328	Frecuencia
		1	0.9252	0.1511	0.0584	0.9157	Víctimas
			1	0.1171	-0.0533	0.9557	Escuelas
				1	-0.3606	0.327	Caminos
					1	-0.0539	Lluvia
						1	Costo

Tabla 3.25 Matriz de correlación. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente a través de Gretl, se generó una matriz de correlación con las variables dependientes de la presentación del ciclón.

Lo primero que se observa es que de acuerdo a la tabla 3.25 existe una correlación positiva significativa entre la intensidad y el costo.

En la tabla 3.26 se muestra los valores correspondientes a las correlaciones de estas variables con respecto a la intensidad del ciclón.

Matriz de correlaciones	
Intensidad	1
frecuencia	0.2476
Victimas	0.6064
Escuelas	0.6157
Caminos afectados	0.4298
Lluvia	0.2501
Costo	0.7278

Tabla 3.26 Matriz de correlación- Intensidad. Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior permite apreciar que la intensidad mantiene un grado de asociación lineal significativo con el número de víctimas, escuelas dañadas y principalmente con el costo del evento, a su vez, mantiene un asociación débil con la lluvia máxima registrada en 24 horas y la frecuencia, por eso, es necesario recordar lo que se señaló al inicio de este apartado acerca de la frecuencia; al no contar con un respaldo sobre el efecto del calentamiento en la frecuencia de los eventos se procede a plantear una ecuación en la que se ocupa la información de la matriz de correlación para dar un aproximado de la frecuencia, misma que se utilizará para la determinación del impacto económico.

$$F_{ij} = \left\{ \sum_{i=1}^8 [1 + (r * Int_i)] * f_i \right\} * Px_{ij} \text{ con } j_{\{1,2,3\}}$$

Donde:

f_i : Frecuencia histórica.

r : Correlación intensidad-frecuencia.

Int_i : Intensidad (valor categórico).

P_x : Probabilidad de ocurrencia.

Obtenemos la tabla 3.27:

Intensidad	frecuencia histórica	Frecuencia esperada			
		eventos estimados	medio	continuo	catastrófico
1	5	6	3	2	0
2	2	3	3	13	9
3	14	24	38	19	0
4	3	6	6	2	0
5	6	13	11	18	20
6	13	32	37	37	5
7	8	22	21	22	1
8	6	18	5	11	88
total general		124	124	124	123

Tabla 3.27 Frecuencia estimada por categoría y escenario. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se realiza la multiplicación de la frecuencia esperada por el costo promedio por categoría \bar{C} y se obtiene el impacto económico por escenario:

Impacto económico			
Categoría	Medio	continuo	catastrófico
Perturbación tropical	\$ 2,174.11	\$ 1,449.40	\$ -
Depresión tropical	\$ 483.24	\$ 2,094.04	\$ 1,449.72
Tormenta tropical	\$ 60,044.42	\$ 30,022.21	\$ -
Huracán categoría 1	\$ 71,453.56	\$ 23,817.85	\$ -
Huracán categoría 2	\$ 89,212.16	\$ 145,983.54	\$ 162,203.93
Huracán categoría 3	\$ 270,458.36	\$ 270,458.36	\$ 36,548.43
Huracán categoría 4	\$ 121,591.00	\$ 127,381.05	\$ 5,790.05
Huracán categoría 5	\$ 37,454.64	\$ 82,400.21	\$ 659,201.69
Total en MDP	\$ 652,871.49	\$ 683,606.67	\$ 865,193.82

Tabla 3.28 Impacto económico- Caso sin supuesto. Fuente: Elaboración propia.

Una vez más se anualizan las cifras dividiendo el total entre 34:

- Escenario medio: 19,202.10 millones de pesos.
- Escenario continuo: 20,106.08 millones de pesos.
- Escenario catastrófico: 25,446.88 millones de pesos.

Se destaca que la diferencia entre la estimación con el supuesto y sin el supuesto eleva un poco más del doble el impacto económico total, sin embargo, la diferencia entre los escenarios mantiene su proporción.

CONCLUSIONES.

A lo largo de esta investigación se mantuvo como objetivo realizar una proyección del impacto económico de los ciclones tropicales en México, tomando en cuenta los efectos del cambio climático, para alcanzar dicho objetivo se partió de la descripción de los diferentes fenómenos hidrometeorológicos; se analizaron los elementos que componen un ciclón tropical, la relación que estos mantienen con la temperatura e incluso la forma en la que se aplica la teoría del cisne negro en la materia, a raíz de lo anterior, se logró identificar que las variaciones en la temperatura del planeta y las emisiones de gases efecto invernadero también son elementos que se deben considerar al momento de realizar la proyección.

Posteriormente, se analizó de manera breve el impacto de los desastres naturales sobre la economía de un país, también, se realizó una comparación de los costos de los ciclones tropicales contra los diferentes fenómenos hidrometeorológicos que han azotado el país, con esa información pudimos concluir que el costo a causa de los distintos siniestros es mucho menor al contrastarlos con los ciclones tropicales.

A través de la información recabada podemos percibir que en un país como el nuestro donde la brecha salarial es muy grande entre las distintas familias del territorio nacional, el gobierno necesariamente debe buscar proteger a la gente de escasos recursos ante cualquier desastre natural; geológico o hidrometeorológico, en el caso particular de los ciclones tropicales, muchas veces las personas que resultan mayormente afectadas son aquellas que se pueden identificar como vulnerables, por ejemplo, las cadenas hoteleras buscan cubrir sus pérdidas a través de seguros, pero lamentablemente la cultura del seguro aún no está muy arraigada en el país, la población en condiciones de pobreza no tiene los medios para salvaguardar su patrimonio, y en caso de que éste no sufra afectaciones, se debe considerar que salvo algunas ciudades

“petroleras”, como el caso de Poza Rica, Veracruz, la principal fuente de ingreso de sus habitantes es la actividad turística, la cual decae o se acaba temporalmente después de que ocurre un siniestro de gran magnitud.

Un objetivo particular de la investigación fue diseñar un modelo que permitiera estimar las pérdidas económicas que ocasionan los ciclones tropicales de acuerdo a su intensidad, para ello, fue necesario la construcción de una base de datos que permitiera identificar y conocer a detalle los ciclones tropicales que ocurrieron en México, la cual, estuvo sujeta a un largo proceso de recolección. Una vez que se generó la base, se depuraron los eventos en los que la información era insuficiente y finalmente se obtuvieron 57 siniestros, estos cuentan con información acerca del daño directo, indirecto y total, así como, número de decesos, personas, estados, escuelas y hectáreas afectadas, también cuentan con las características físicas del ciclón, tales como la presión mínima central, máxima intensidad de vientos, milímetros de lluvia, etc. Esta información se encuentra acompañada del aumento de la temperatura global y oceánica, así como la cantidad de gases efecto invernadero en la atmósfera en el año de ocurrencia.

Una vez que se conformó la base de datos final, se procedió a realizar un análisis descriptivo de la misma, a través de éste encontramos que en el período 2005-2009 se presentó una mayor cantidad de ciclones tropicales que fueron significativos en términos económicos, este período en promedio tuvo una gran variación en la temperatura global y oceánica, lo que nos señalaría una posible relación costo-temperatura.

Posteriormente, se abordaron los conceptos estadísticos necesarios para la construcción de la estimación del impacto económico, y se aludieron los programas estadísticos necesarios.

El primer paso a seguir fue la predicción de las Emisiones de Gases Efecto Invernadero, que no se encontraban disponibles para los años comprendidos dentro del período 2010-2014, a través de un modelo de mínimos cuadrados ordinarios, para así darle mayor precisión a la estimación.

Para construir la estimación se tuvo que considerar el período para el cual se quiere conocer el costo, así como el número de eventos de cada categoría que pueden ocurrir en dicho lapso de tiempo, por lo cual, se determinó obtener resultados para un período de la misma longitud al observado, es decir, se realizó una proyección del impacto económico de los siniestros para los años 2015 a 2049. Una vez determinado el lapso de tiempo se procedió a realizar la estimación del impacto económico, por ser una tarea bastante amplia, se dividió el proceso en dos partes: cálculo de la probabilidad de ocurrencia de siniestro y la estimación del costo por categoría.

Siempre que se quiere realizar una proyección es necesario tener en cuenta todos los valores que pueden variar afectando el resultado final, por ello se quiso obtener tres escenarios diferentes: medio, continuo y catastrófico. Al tener como base para la proyección el cambio climático, se eligió dar valores diferentes las variables con los valores de la temperatura del planeta, la temperatura global y las emisiones de gases efecto invernadero, para cada escenario.

Al observar las probabilidades obtenidas, podemos notar que al incrementar los valores de las variables relacionadas con el cambio climático (EGEI, AGST, SST), las probabilidades de ocurrencia de ciclones tropicales más intensos aumenta, el caso más notorio es el del huracán categoría 5 donde podemos observar que en el escenario medio tiene una probabilidad de ocurrencia de 3.6%, 9.2% en el escenario continuo, mientras que en el escenario con valores estresados asciende al 71.3%, analizando el comportamiento de las 8 categorías, es fácil detectar que se repite el patrón a partir del

huracán categoría 2, caso contrario son los ciclones tropicales menores a esa intensidad, ya que estos tienen una probabilidad descendente a medida que los valores aumentan, como ejemplo la tormenta tropical que pasa de una probabilidad de ocurrencia 30.6% , a una de 15.57% en el escenario continuo y termina con una probabilidad de presentación de 0.34%, para el escenario catastrófico.

Probabilidades marginales valor medio.		Probabilidades marginales escenario continuo.		Probabilidades marginales escenario catastrófico.	
Perturbación tropical	2.44%	Perturbación tropical	1.40%	Perturbación tropical	0.00%
Depresión tropical	2.63%	Depresión tropical	10.74%	Depresión tropical	7.14%
Tormenta tropical	30.69%	Tormenta tropical	15.57%	Tormenta tropical	0.35%
Huracán categoría 1	4.61%	Huracán categoría 1	1.42%	Huracán categoría 1	0.01%
Huracán categoría 2	9.25%	Huracán categoría 2	14.31%	Huracán categoría 2	16.32%
Huracán categoría 3	29.76%	Huracán categoría 3	29.93%	Huracán categoría 3	3.95%
Huracán categoría 4	16.73%	Huracán categoría 4	17.42%	Huracán categoría 4	0.91%
Huracán categoría 5	3.66%	Huracán categoría 5	9.22%	Huracán categoría 5	71.33%

Ilustración 4.1 Probabilidades marginales por escenario. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la ilustración 4.1, podemos comprobar lo que se señaló en el párrafo anterior, nos permite afirmar, dentro de los alcances de esta investigación, que a medida que empeore el cambio climático la probabilidad de presentación de ciclones tropicales más intensos aumentará.

Finalmente, se calculó el costo por escenario, aquí no hubo una diferencia tan grande entre los diferentes escenarios (dos millones de pesos, entre cada uno),sin

embargo, como se mencionó en el capítulo 3, esto se le podría atribuir a la forma en la que se calculó el costo promedio por categoría, la cual se hizo con base en datos históricos, en los que observamos que en muchos casos, un huracán de menor categoría no siempre implica costos menores, existen muchos otros factores que se deben tomar en consideración como la localización del evento, los daños indirectos que trajo consigo el siniestro, la actividad económica que resultó afectada, año de ocurrencia, etc. Un ejemplo, es el que se menciona en ese capítulo donde una tormenta tropical tuvo peores afectaciones que un huracán categoría 2, incluso sirve de ejemplo el Huracán Patricia, para el cual preveían un desastre económico y sin embargo, paso sin mayor afectación por el país, principalmente por el lugar en el que golpeó, lo que sí se puede concluir es que a medida que la intensidad aumente, la probabilidad de que golpee un huracán con la máxima categoría en un lugar donde va a causar un gran desastre también va a incrementar.

Por último, este trabajo de investigación busca crear consciencia, de las amenazas que se avecinan, y de las consecuencias de llevar la explotación natural a un límite donde las pérdidas ya no son solamente monetarias, cobran vidas, destruyen patrimonios, y se debe considerar que éste análisis fue para uno solo de todos los fenómenos a los que puede afectar el calentamiento global, por lo que se reitera la necesidad de preservar la protección por parte del gobierno a través de seguros a viviendas, bonos catastróficos, así como el aumento de la difusión de seguros contra riesgos hidrometeorológicos para la población.

Afortunadamente, el gobierno de México si se ha preocupado por el tema en cuestión:

“... (México) fue el primer país soberano en emitir un bono catastrófico, en el año 2006. Tres años después, en el 2009, amplió la cobertura del bono a

múltiples amenazas y áreas geográficas haciendo uso del programa MultiCat del Banco Mundial, cubriéndolo así de riesgos de huracanes y terremotos. Pues bien, el 4 de agosto México renovó el mayor bono catástrofe de la historia, una emisión de 360 millones de dólares con una estructura triple: terremotos, tormentas tropicales en el Atlántico y tormentas tropicales en el Pacífico...” (Moreno, 2017).

Antes de profundizar en el bono catastrófico de 360 millones de dólares y dar por terminado este trabajo de investigación, es fundamental mencionar el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), el cual de acuerdo al capítulo 1, en su artículo primero del “ACUERDO POR EL QUE SE EMITEN LAS REGLAS GENERALES DEL FONDO DE DESASTRES NATURALES” especifica que éste es un instrumento interinstitucional que está destinado a apoyar en la atención y mitigación ante las pérdidas ocasionadas por un fenómeno natural dentro del marco del Sistema Nacional de Protección Civil.

El FONDEN se compone de 3 instrumentos financieros; 1. Fondo revolvente FONDEN; destinado para la respuesta inmediata y suministra asistencia en situaciones de emergencia, es administrado por la Secretaría de Gobernación, 2. El programa Fondo de Desastres Naturales del Ramo general 23” Provisiones salariales y Económicas del Presupuesto de Egresos de la Federación. (En el anexo 3 se puede encontrar en las respuestas de la solicitud de transparencia, la mención de este programa) y por último el

Fideicomiso⁶ Fondo de Desastres Naturales (entra posterior al siniestro y después de una solicitud como se puede apreciar en la imagen debajo).

Recursos Autorizados

Estado	Año de ocurrencia	Evento	No Municipios	Sesion	Sector	Competencia	Aportación FONDEN	Aportación Estatal	Aportación Total
Baja California	2014	01. Tormenta Tropical el 7 de octubre	1	SE.I.02 18-ene-17	Carretero	Estatad	18,304,000.00	35,087,028.00	53,391,028.00
Total Baja California							18,304,000.00	35,087,028.00	53,391,028.00
Baja California Sur	2014	02. Huracán "Odile" del 14 y 15 de septiembre	5	SE.I.03 18-abr-17	Turístico	Federal	225,618,176.00	-	225,618,176.00
				SE.I.03 18-ene-17	Áreas Naturales Protegidas	Federal	4,940,000.00	-	4,940,000.00
Total Baja California Sur							230,558,176.00	-	230,558,176.00

Ilustración 4.2 Erogaciones del fideicomiso FONDEN. Fuente: Coordinación Nacional de Protección Civil.

Este fondo enlista a los fenómenos ante los cuales se pueden utilizar sus recursos: Geológicos (Alud, Erupción volcánica, hundimiento, maremoto, ola extrema, sismo, movimiento de laderas), Hidrometeorológicos (granizo, huracán, inundación fluvial y pluvial, lluvias nevadas y sequías severas, tormenta tropical, tornado), incendio forestal y otros. Como se puede observar el recurso se divide en los desastres que pueden ocurrir en el país, por ejemplo, si en el 2017 posterior al sismo del 19 de septiembre, hubiera

⁶ El fideicomiso se puede entender como un contrato, en el cual una persona (fideicomitente), transfiere recursos a través de una institución intermediaria autorizada de acuerdo a la Ley General de instituciones de crédito (fiduciario) el cual tiene la obligación de administrar y entregar a la persona destinada (fideicomisario) el beneficio.

ocurrido de manera independiente, pero con fecha cercana un tsunami, un huracán y un incendio forestal el fondo revolvente para la atención de la emergencia, se hubiera tenido que dividir entre todos los siniestros y probablemente por la intensidad y destructividad de estos se hubiera vuelto insuficiente.

Por ello, el gobierno buscó otra forma de proteger la economía ante estas situaciones como el bono catastrófico de hasta 360 millones de dólares emitido por el Banco Mundial: Bono Catastrófico “FONDEN 2017” el cual servirá para potencializar al FONDEN en caso de que éste se active por sismo, y/o huracanes en el Pacífico o en Atlántico que pudieran afectar al país.

El bono tiene ciertas condiciones o subcoberturas para que se active las cuales se medirán por intensidad del fenómeno y no por valuación de daños. En el caso de los ciclones tropicales cubrirá a partir de fenómenos categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson, y para los sismos se activará en eventos mayores a 7.8° en la escala de Richter; motivo por el cual no se activó en el sismo del 19 de septiembre de 2017 (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2017).

Este mecanismo de activación es bueno, porque evita los retrasos en la entrega de indemnización por el tiempo de valuación, sin embargo, pudieran existir casos donde se vuelva contraproducente, por ejemplo, en 2017 el bono se activó con el sismo de 7 septiembre de 8.2° escala Richter, recibiendo una indemnización de 150 millones de dólares, (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2017) , pero en el caso del sismo del 19 de septiembre no se activó ya que no cumplió con la intensidad mínima requerida y se sabe de manera general que éste fue mucho más costoso, principalmente por el desastre acaecido en la Ciudad de México y el Estado de México.

La misma lógica se puede ocupar en los ciclones tropicales ya que como se ha observado a lo largo de toda esta investigación y en especial como se hizo mención en

este capítulo, la intensidad no siempre está relacionada con el daño que va a causar un ciclón, no es necesario nuevamente mencionar al huracán Paul, el cual siendo un huracán categoría 2 ocasionó daños directos peores que el huracán Wilma con categoría 5 en 2005.

Un último dato de este fondo es que el monto de cobertura es independiente, para los sismos la cobertura máxima es de 150 millones de pesos, mientras que para el ciclón tropical ocurrido en el Atlántico será de 100 millones de pesos y 110 millones de pesos en el océano Pacífico.

Para concluir comparamos el costo por escenario contra la cobertura del bono, retomando para esto las tablas construidas en el capítulo 3:

Impacto económico			
Categoría	Medio	continuo	Catastrófico
Perturbación tropical	\$ 724.70	\$ 724.70	\$ -
Depresión tropical	\$ 322.16	\$ 966.48	\$ 644.32
Tormenta tropical	\$ 26,861.98	\$ 14,221.05	\$ -
Huracán categoría 1	\$ 35,726.78	\$ 11,908.93	\$ -
Huracán categoría 2	\$ 40,550.98	\$ 64,881.57	\$ 72,991.77
Huracán categoría 3	\$ 124,264.65	\$ 124,264.65	\$ 14,619.37
Huracán categoría 4	\$ 57,900.48	\$ 57,900.48	\$ 5,790.05
Huracán categoría 5	\$ 14,981.86	\$ 37,454.64	\$ 307,128.06
Total en MDP	\$ 301,333.59	\$ 312,322.50	\$ 401,173.57

Tabla 4.1 Impacto económico- Caso con supuesto Fuente: Elaboración propia.

- Escenario medio: \$8,862.75 millones de pesos.
- Escenario continuo: \$9,185.96 millones de pesos.
- Escenario catastrófico: \$11,799.22 millones de pesos.

Mientras que para el caso sin supuesto:

Impacto económico			
Categoría	medio	Continuo	catastrófico
Perturbación tropical	\$ 2,174.11	\$ 1,449.40	\$ -
Depresión tropical	\$ 483.24	\$ 2,094.04	\$ 1,449.72
Tormenta tropical	\$ 60,044.42	\$ 30,022.21	\$ -
Huracán categoría 1	\$ 71,453.56	\$ 23,817.85	\$ -
Huracán categoría 2	\$ 89,212.16	\$ 145,983.54	\$ 162,203.93
Huracán categoría 3	\$ 270,458.36	\$ 270,458.36	\$ 36,548.43
Huracán categoría 4	\$ 121,591.00	\$ 127,381.05	\$ 5,790.05
Huracán categoría 5	\$ 37,454.64	\$ 82,400.21	\$ 659,201.69
Total en MDP	\$ 652,871.49	\$ 683,606.67	\$ 865,193.82

Tabla 4.2 Impacto económico- Caso sin supuesto Fuente: Elaboración propia.

- Escenario medio: 19,202.10 millones de pesos.
- Escenario continuo: 20,106.08 millones de pesos.
- Escenario catastrófico: 25,446.88 millones de pesos.

Recordamos que las cifras anualizadas se encuentran en millones de pesos a precios constantes de 2016, por lo que es necesario convertir a precios de 2017 y realizar la conversión a dólares.

Considerando que de acuerdo a lo publicado en el diario oficial de la federación el INPC promedio de 2017 fue igual a \$127.219 y con el tipo de cambio a dólar promedio anual 2017 ascendente a \$18.91 de acuerdo a la página del Sistema de Administración Tributaria (SAT) con base en la información proporcionada por Banco de México, obtenemos la información contenida en la ilustración 4.3.

Condición	Caso con supuesto			Caso sin supuesto		
	Medio	Continuo	Catastrófico	Medio	Continuo	Catastrófico
Precio 2016	\$301,333.59	\$312,322.50	\$401,173.57	\$652,871.49	\$683,606.67	\$865,193.82
Precio 2017	\$319,538.53	\$331,191.33	\$425,410.29	\$692,314.43	\$724,906.46	\$917,464.12
Millones de dólares	\$ 16,897.50	\$ 17,513.71	\$ 22,496.10	\$ 36,610.25	\$ 38,333.74	\$ 48,516.38
Anualizado	\$ 496.99	\$ 515.11	\$ 661.65	\$ 1,076.77	\$ 1,127.46	\$ 1,426.95

Ilustración 4.3 Impacto económico por escenario millones de dólares. Fuente: Elaboración propia.

Con esta información de primera impresión se podría concluir que el bono no sería suficiente para cubrir la pérdida económica esperada, sin embargo, se tiene que considerar que el bono es un complemento del FONDEN además que la estimación anualizada incluye la suma de todos los ciclones tropicales que pueden ocurrir en un año y el bono catastrófico es individual por fenómeno.

RECOMENDACIONES.

Una vez finalizado el trabajo de investigación se observa la imperante necesidad de contar con un recurso financiero para hacer frente a los siniestros esperados, antes, durante y después de su ocurrencia.

Actualmente el FONDEN, cubre demasiados fenómenos la impredecibilidad de algunos hace que surja la pregunta ¿Qué pasaría si uno o varios de estos eventos se desarrollan de manera simultánea o con poco tiempo de diferencia, el recurso asignado sería suficiente?, para responder esta pregunta, nos podemos basar en el caso de los ciclones tropicales o sismos, dónde fue necesario incluir un bono catastrófico que complementara el recurso.

Con fundamento en lo anterior y derivado de las estimaciones de costo de los ciclones tropicales en los diferentes escenarios, desde un punto de vista personal, se sugeriría plantear la posibilidad de incluir un parámetro o subcobertura que considere la zona y el daño causado por el ciclón, ésta sugerencia se basa en la renovación del bono y subcobertura agregada para el caso de los sismos categoría 7 en el centro del país, donde a raíz de la situación ocurrida en 2017 se amplió para proteger contra sismos de categoría más baja si el epicentro del siniestro se presenta cerca del centro del país (Albarrán, 2018).

Con la sugerencia anterior se esperaría que se pueda afrontar el costo, incluyendo atención de la emergencia y resarcimiento del daño para todos los fenómenos estimados, sin embargo, como se ha observado a lo largo de la historia y aunado a esto el cambio climático junto con todas sus implicaciones, cada vez se vuelve más difícil la valuación de instrumentos de cobertura, lo que vuelve necesario considerar que estos siempre van a estar en constante cambio.

REFERENCIAS.

- Albarrán, E. (2018). México renueva bono catastrófico y se blinda ante sismos de 7 grados. *El Economista*.
- Alonso, J. C. (1 de Enero de 2014). Interpretación de variables Dummy en modelos log-lin. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303298212_Interpretacion_de_variables_Dummy_en_modelos_log-lin
- Banco de México. (23 de Febrero de 2011). Índice Nacional de Precios al Consumidor. Ciudad de México, México.
- Bianco, A. M., & Martínez, E. J. (2004). Probabilidades y Estadística (Computación). Buenos Aires, Argentina.
- Bitrán Bitrán, D. (2001). *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99*. Ciudad de México: CENAPRED.
- Bitrán Bitrán, D., Acosta Colsa, L., Eslava Morales, H., Gutierréz Martínez, C., Salas Salinas, M., & Vázquez Conde, M. (2002). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2001*. Ciudad de México: CENAPRED.
- Bitrán Bitrán, D., Dominguez Morales, L., Durán Hernández, R., Fuentes Mariles, Ó., García Arróliga, N., Jiménez Espinosa, M., . . . Zepeda Ramos, Ó. (2003). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2002*. Ciudad de México: CENAPRED.

Bitrán Bitrán, D., García Arróliga, N., & Marín Cambranis, R. (2004). *Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2003*. Ciudad de México: CENAPRED.

Bitrán Bitrán, D., García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., & Méndez Estrada, K. (2005). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2004*. Ciudad de México: CENAPRED.

Bitrán Bitrán, D., Jiménez Espinosa, M., Eslava Morales, H., Salas Salinas, M. A., Vázquez Conde, M. T., Matías Ramírez, L. G., . . . Acosta Colso, L. (2001). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2000*. Ciudad de México: CENAPRED.

Bulleting of the American Meteorological Society. (s.f.). Explaining extreme events from a climate perspective. doi:10.1175/BAMS-ExplainingExtremeEvents2017.1

Carabias, J., Molina, M. J., & Sarukhán, J. (2010). *Climate change: causes, effects, and solutions*. DGE Equilibrista.

Colección Larousse; El mundo contemporáneo. (2003). *Fenómenos naturales; las fuerzas de la tierra*. España: SPES editorial.

Comisión Nacional del Agua. (2006). *Análisis de las temporadas de huracanes de los años 2004 y 2005 en México*. Ciudad de México.

Coordinación Nacional de Protección Civil. (29 de Abril de 2016). *Centro Nacional de Prevención de Desastres*. Obtenido de http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/fenomenos_2016.pdf

De la Fuente Fernández, S. (2011). *Regresión logística*. Madrid, España.

El Financiero. (21 de Octubre de 2016). Huracán "Wilma", a 11 años de su paso por Quintana Roo. Cancún, Quintana Roo, México.

Emanuel, K. A. (1987). The dependence of hurricane intensity on climate. *Nature*, 483-485. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/326483a0>

Emanuel, K. A. (10 de Febrero de 2003). Tropical Cyclones. *Earth planet*, 75-104. Obtenido de <ftp://texmex.mit.edu/pub/emanuel/PAPERS/annrevfinal.pdf>

Emanuel, K. A. (2007). *What we know about climate change*. Massachusetts: Boston review.

Emanuel, K. A., Wing, A., & Solomon, S. (Octubre de 2015). On the factors affecting trends and variability in tropical cyclone potential intensity. *Geophysical Research Letters*. doi:10.1002/2015GL066145

Estrada Monroy, A. (2013, p.20). Popol Vuh. Ciudad de México: Editores Mexicanos Unidos.

Freedman, D., Pisani, R., Purves, R., & Adhikari, A. (1993). *Estadística 2da edición*. Barcelona: Antoni Bosch.

Fuentes Mariles, Ó., & Vázquez Conde, M. T. (1997). *Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México*. Ciudad de México: CENAPRED.

Fuentes Yagüe, J. L. (2000). *Iniciación a la Meteorología y la Climatología*. Madrid: Mundi-Prensa.

García Arróliga, N. (2013). *Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurredos en México en el año 2011*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N. M., Méndez Estrada, K., Nava Sánchez, S., & Vázquez Bravo, F. (2016). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en 2014. Ciudad de México, México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., & Méndez Estrada, K. (2007). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2006*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., & Méndez Estrada, K. (2008). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2007*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., & Méndez Estrada, K. (2009). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2008*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., & Méndez Estrada, K. (2010). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2009*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., Méndez Estrada, K., & Bitrán Bitrán, D. (2006). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2005*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., Méndez Estrada, K., & Reyes Rodríguez, R. (2014). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2012. Ciudad de México, México: CENAPRED. Obtenido de www.cenapred.gob.mx

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., Méndez Estrada, K., & Troncoso Arriaga, N. (2011). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2010*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Marín Cambranis, R., Méndez Estrada, K., & Troncoso Arriaga, N. (2013). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2011*. Ciudad de México: CENAPRED.

García Arróliga, N., Méndez Estrada, K., Reyes Rodríguez, R., & Marín Cambranis, R. (Julio de 2015). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2013. Ciudad de México, México: CENAPRED. Obtenido de www.cenapred.gob.mx.

García Jiménez, F., Fuentes Mariles, Ó., & Matías Ramírez, L. (2007). *Sequías*. Ciudad de México: CENAPRED.

Hernández Cerda, M. E., Azpra Romero, E., Delgado Delgado, O., & Villicaña Cruz, F. G. (2001). *Los ciclones tropicales de México*. Ciudad de México: Plaza y valdes.

Hoffman, D. (7 de Noviembre de 2016). Calentamiento acelerado de los océanos. Bolivia, Colombia. Obtenido de https://www.cambioclimatico-bolivia.org/pdf/cc-20161107-calentamie____.pdf

Hsiang, S., & Jina, A. (Julio de 2014). The Causal Effect of Environment Catastrophe On Long-Run Economic Growth: Evidence From 6,700 Cyclones. Massachusetts, Estados Unidos.

Hurricane Research Division. (10 de Mayo de 2013). ¿Qué ciclones tropicales han causado más muertes y más daños? Estados Unidos.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (18 de Mayo de 2018). Contexto Internacional en materia de Cambio Climático. México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (18 de mayo de 2018). Gases y compuestos de efecto invernadero. México. Obtenido de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

Lastra, R. P. (2000). Encuestas probabilísticas vs no probabilísticas. *Política y cultura*, 263-276.

Lin, N., & Emanuel, K. (2015). Grey swan tropical cyclones. *Nature: climate change*.

Lind, D., Wathen, S., & Marchal, W. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Ciudad de México, México: Mc Graw hill.

López Cachero, M. (1999). *Fundamentos y Métodos de Estadística*. Madrid: Ediciones Pirámide.

Marlowe, L. (15 de Septiembre de 2016). Sarkozy joins Healy-Rae and Trump on grasp of climate change. París, Francia.

Moreno, J. M. (11 de Septiembre de 2017). La salvación (o la catástrofe) de los Bonos Catástrofe. Ciudad de México, México.

National Geographic. (5 de Septiembre de 2010). El aumento de la temperatura del mar. España.

Pando Fernández, V., & San Martín Fernández, R. (s.f.). Regresión logística multinomial. Valladolid, España. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/40836593_Regresion_logistica_multinomial

Pesca Verticalia. (s.f.). *Portal de seguros Banca y Finanzas*. Obtenido de Diccionario de seguros: http://www.segurb2b.com/informacion/dicc_seguros_b.cfm?letra=D

Prasad, K. (2015). *Data Analysis with Stata*. Birmingham: Packt publishing.

Prieto González, R., Avendaño García, M., & Matías Ramírez, L. (2010). *Tormentas Severas*. Ciudad de México: CENAPRED.

Rosen, R. J. (2014). How much do hurricanes hurt the economy? Obtenido de <https://www.theatlantic.com/business/archive/2014/08/how-much-do-hurricanes-hurt-the-economy/375594/>

Scaife, A. A. (2016). *50 lecciones breves de meteorología: acontecimientos y fenómenos*. Barcelona: BLUME.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (04 de Agosto de 2017). El Gobierno Federal renueva la cobertura (Bono Catastrófico emitido por el Banco Mundial. México. Obtenido de <https://www.gob.mx/shcp/prensa/el-gobierno-federal-renueva-la-cobertura-bono-catastrofico-emitido-por-el-banco-mundial>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (10 de Octubre de 2017). *Secretaría de Hacienda y Crédito Público*. Obtenido de <https://www.gob.mx/shcp/prensa/comunicado-no-199-se-confirma-la-activacion-del-bono-catastrofico-con-el-que-se-recibiran-150-mdd-para-la-reconstruccion>

Taleb, N. N. (2007). *The black Swan: The Impact of the HIGHLY IMPROBABLE*. The New York Times.

Wackerly, D., Scheaffer, R., & Mendenhall, W. (2013). *Estadística Matemática con Aplicaciones*. México: Cengage learning.

Wooldridge, J. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. Massachusetts: The MIT press

World Meteorological Organization. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*. Obtenido de World Meteorological Organization: http://www.wmo.int/pages/prog/hwarp/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf

Zavala Aguilar, R. (2011 p.16). *Estadística Básica*. Ciudad de México: Trillas.

AneXos

ANEXOS.

Anexo 1. Temperatura superficie oceánica (Sea Surface Temperature).

Mean Surface Air Temperature over Ocean or Land Areas (C)				
Year	Land Annual	Lowess(5)	Ocean Annual	Lowess(5)2
1880	-0.63	-0.51	-0.06	0.01
1881	-0.44	-0.55	0	-0.02
1882	-0.46	-0.58	0.03	-0.05
1883	-0.63	-0.62	-0.06	-0.07
1884	-0.83	-0.65	-0.11	-0.1
1885	-0.72	-0.68	-0.19	-0.12
1886	-0.71	-0.68	-0.17	-0.13
1887	-0.69	-0.66	-0.2	-0.14
1888	-0.64	-0.63	-0.06	-0.14
1889	-0.33	-0.61	-0.02	-0.14
1890	-0.63	-0.58	-0.27	-0.14
1891	-0.59	-0.56	-0.11	-0.15
1892	-0.54	-0.54	-0.16	-0.16
1893	-0.59	-0.51	-0.19	-0.15
1894	-0.45	-0.47	-0.23	-0.14
1895	-0.42	-0.42	-0.11	-0.13
1896	-0.39	-0.36	-0.03	-0.12
1897	-0.23	-0.3	-0.03	-0.11
1898	-0.35	-0.25	-0.22	-0.11
1899	-0.16	-0.22	-0.12	-0.12
1900	-0.07	-0.21	-0.06	-0.16
1901	-0.06	-0.23	-0.15	-0.19
1902	-0.32	-0.25	-0.22	-0.23
1903	-0.32	-0.28	-0.35	-0.25
1904	-0.45	-0.32	-0.43	-0.28
1905	-0.32	-0.35	-0.26	-0.31
1906	-0.11	-0.36	-0.25	-0.34
1907	-0.58	-0.36	-0.31	-0.37
1908	-0.38	-0.36	-0.46	-0.39
1909	-0.35	-0.37	-0.5	-0.41
1910	-0.31	-0.36	-0.46	-0.41
1911	-0.35	-0.34	-0.47	-0.39
1912	-0.45	-0.3	-0.29	-0.35
1913	-0.3	-0.28	-0.34	-0.31
1914	0	-0.29	-0.2	-0.28

Year	Land Annual	Lowess(5)	Ocean Annual	Lowess(5)2
1915	-0.01	-0.3	-0.11	-0.26
1916	-0.34	-0.29	-0.32	-0.24
1917	-0.57	-0.29	-0.31	-0.23
1918	-0.4	-0.3	-0.16	-0.24
1919	-0.25	-0.28	-0.19	-0.24
1920	-0.25	-0.23	-0.25	-0.24
1921	0	-0.19	-0.27	-0.25
1922	-0.19	-0.14	-0.28	-0.26
1923	-0.13	-0.1	-0.27	-0.26
1924	-0.11	-0.08	-0.31	-0.25
1925	-0.03	-0.06	-0.23	-0.25
1926	0.13	-0.04	-0.16	-0.25
1927	-0.1	-0.02	-0.21	-0.24
1928	0.02	-0.01	-0.28	-0.23
1929	-0.38	0	-0.33	-0.23
1930	0.02	0	-0.17	-0.23
1931	0.07	0	-0.14	-0.23
1932	0.07	0	-0.23	-0.22
1933	-0.27	-0.01	-0.27	-0.21
1934	0.07	-0.01	-0.22	-0.2
1935	-0.1	-0.01	-0.21	-0.19
1936	-0.04	0.02	-0.18	-0.16
1937	0.04	0.05	-0.07	-0.13
1938	0.22	0.08	-0.16	-0.08
1939	0.15	0.1	-0.09	-0.03
1940	0.08	0.11	0.06	0.02
1941	0.12	0.12	0.16	0.07
1942	0.08	0.1	0.12	0.12
1943	0.1	0.09	0.12	0.12
1944	0.22	0.08	0.27	0.09
1945	-0.08	0.08	0.23	0.05
1946	0.04	0.07	-0.04	0
1947	0.13	0.04	-0.14	-0.04
1948	0.1	0.01	-0.15	-0.08
1949	-0.03	0	-0.1	-0.09
1950	-0.29	-0.01	-0.13	-0.08
1951	-0.05	-0.03	-0.06	-0.07
1952	-0.01	-0.04	0.02	-0.07
1953	0.24	-0.05	0.01	-0.08
1954	-0.12	-0.04	-0.14	-0.07
1955	-0.07	-0.02	-0.2	-0.06

Year	Land Annual	Lowess(5)	Ocean Annual	Lowess(5)2
1956	-0.4	-0.01	-0.14	-0.05
1957	0.02	0	0.04	-0.04
1958	0.14	0.02	0.07	-0.01
1959	0.05	0.05	0.02	0.01
1960	-0.08	0.07	0	0.02
1961	0.14	0.06	0.03	0
1962	0.1	0.03	0	-0.01
1963	0.2	0.01	0.02	-0.03
1964	-0.28	0	-0.14	-0.04
1965	-0.15	-0.03	-0.09	-0.05
1966	-0.05	-0.07	-0.05	-0.05
1967	0.01	-0.07	-0.06	-0.03
1968	-0.13	-0.06	-0.04	-0.02
1969	-0.1	-0.06	0.14	-0.01
1970	0.03	-0.06	0.01	0.01
1971	-0.06	-0.05	-0.12	0.01
1972	-0.15	-0.04	0.08	0
1973	0.28	-0.03	0.08	-0.01
1974	-0.16	-0.01	-0.06	0
1975	0.12	0.02	-0.09	0.02
1976	-0.27	0.05	-0.04	0.04
1977	0.21	0.09	0.16	0.07
1978	0.05	0.14	0.09	0.12
1979	0.1	0.17	0.22	0.15
1980	0.33	0.2	0.23	0.18
1981	0.52	0.21	0.18	0.19
1982	0.03	0.21	0.19	0.19
1983	0.41	0.21	0.25	0.19
1984	0.09	0.21	0.15	0.19
1985	0.04	0.23	0.12	0.2
1986	0.23	0.28	0.17	0.21
1987	0.38	0.34	0.32	0.23
1988	0.61	0.41	0.27	0.25
1989	0.37	0.45	0.22	0.27
1990	0.62	0.45	0.33	0.27
1991	0.58	0.44	0.31	0.27
1992	0.22	0.44	0.23	0.26
1993	0.22	0.45	0.22	0.27
1994	0.44	0.45	0.25	0.27
1995	0.72	0.49	0.29	0.29
1996	0.41	0.56	0.26	0.31

Year	Land Annual	Lowess(5)	Ocean Annual	Lowess(5)2
1997	0.6	0.61	0.41	0.32
1998	0.93	0.66	0.46	0.34
1999	0.71	0.71	0.26	0.35
2000	0.6	0.76	0.28	0.37
2001	0.8	0.8	0.39	0.38
2002	0.97	0.83	0.43	0.4
2003	0.88	0.87	0.45	0.42
2004	0.77	0.91	0.44	0.43
2005	1.07	0.92	0.46	0.43
2006	0.89	0.92	0.44	0.43
2007	1.12	0.93	0.37	0.43
2008	0.79	0.94	0.36	0.43
2009	0.88	0.93	0.49	0.43
2010	1.05	0.93	0.49	0.44
2011	0.89	0.94	0.38	0.46
2012	0.89	0.97	0.44	0.49
2013	0.97	1.05	0.48	0.54
2014	0.99	1.12	0.58	0.59
2015	1.22	1.19	0.69	0.63
2016	1.41	1.28	0.7	0.69

Mean Surface Air Temperature over Ocean or Land Areas. Fuente: Goddard Institute for Space and Studies.

Anexo 2. Temperatura global del planeta (Average Global Surface Temperature).

Year+Month	Station	Land+Ocean
1990.04	0.53	0.4
1990.13	0.42	0.41
1990.21	0.86	0.76
1990.29	0.65	0.55
1990.38	0.56	0.46
1990.46	0.47	0.38
1990.54	0.63	0.43
1990.63	0.43	0.3
1990.71	0.32	0.3
1990.79	0.52	0.42
1990.88	0.54	0.46
1990.96	0.48	0.42
1991.04	0.5	0.42
1991.13	0.63	0.5
1991.21	0.48	0.35
1991.29	0.73	0.52
1991.38	0.43	0.39
1991.46	0.69	0.54
1991.54	0.63	0.51
1991.63	0.57	0.42
1991.71	0.64	0.5
1991.79	0.35	0.32
1991.88	0.34	0.31
1991.96	0.34	0.33
1992.04	0.5	0.45
1992.13	0.42	0.42
1992.21	0.54	0.47
1992.29	0.24	0.24
1992.38	0.27	0.32
1992.46	0.3	0.24
1992.54	0.08	0.13
1992.63	0.14	0.09
1992.71	-0.03	0.01
1992.79	0.09	0.11
1992.88	0.03	0.04
1992.96	0.25	0.22
1993.04	0.39	0.37
1993.13	0.42	0.39

Year+Month	Station	Land+Ocean
1993.21	0.33	0.35
1993.29	0.31	0.28
1993.38	0.28	0.26
1993.46	0.28	0.23
1993.54	0.4	0.28
1993.63	0.22	0.13
1993.71	0.1	0.11
1993.79	0.24	0.23
1993.88	0.1	0.07
1993.96	0.2	0.19
1994.04	0.4	0.3
1994.13	0.09	0.04
1994.21	0.27	0.26
1994.29	0.55	0.41
1994.38	0.28	0.28
1994.46	0.57	0.42
1994.54	0.42	0.32
1994.63	0.27	0.23
1994.71	0.43	0.32
1994.79	0.42	0.42
1994.88	0.53	0.46
1994.96	0.45	0.36
1995.04	0.57	0.5
1995.13	0.9	0.77
1995.21	0.51	0.44
1995.29	0.59	0.47
1995.38	0.38	0.28
1995.46	0.52	0.44
1995.54	0.64	0.49
1995.63	0.58	0.48
1995.71	0.47	0.34
1995.79	0.68	0.48
1995.88	0.54	0.45
1995.96	0.41	0.29
1996.04	0.43	0.27
1996.13	0.61	0.49
1996.21	0.46	0.33
1996.29	0.52	0.38
1996.38	0.35	0.29
1996.46	0.34	0.27
1996.54	0.58	0.37

Year+Month	Station	Land+Ocean
1996.63	0.76	0.49
1996.71	0.44	0.27
1996.79	0.34	0.2
1996.88	0.52	0.42
1996.96	0.55	0.41
1997.04	0.48	0.32
1997.13	0.56	0.37
1997.21	0.67	0.52
1997.29	0.4	0.37
1997.38	0.45	0.39
1997.46	0.68	0.55
1997.54	0.35	0.35
1997.63	0.46	0.42
1997.71	0.5	0.55
1997.79	0.61	0.64
1997.88	0.72	0.66
1997.96	0.7	0.6
1998.04	0.73	0.61
1998.13	1.21	0.89
1998.21	0.84	0.63
1998.29	0.83	0.64
1998.38	0.95	0.71
1998.46	1.06	0.78
1998.54	0.92	0.71
1998.63	0.86	0.68
1998.71	0.59	0.45
1998.79	0.68	0.46
1998.88	0.66	0.5
1998.96	0.79	0.56
1999.04	0.68	0.48
1999.13	0.86	0.66
1999.21	0.5	0.34
1999.29	0.42	0.34
1999.38	0.49	0.33
1999.46	0.62	0.37
1999.54	0.64	0.41
1999.63	0.55	0.34
1999.71	0.66	0.43
1999.79	0.64	0.43
1999.88	0.59	0.42
1999.96	0.52	0.46

Year+Month	Station	Land+Ocean
2000.04	0.31	0.26
2000.13	0.78	0.58
2000.21	0.71	0.6
2000.29	0.76	0.59
2000.38	0.57	0.4
2000.46	0.7	0.44
2000.54	0.64	0.42
2000.63	0.61	0.43
2000.71	0.56	0.42
2000.79	0.34	0.29
2000.88	0.47	0.34
2000.96	0.48	0.31
2001.04	0.59	0.44
2001.13	0.62	0.46
2001.21	0.69	0.58
2001.29	0.61	0.52
2001.38	0.75	0.59
2001.46	0.67	0.54
2001.54	0.73	0.61
2001.63	0.64	0.49
2001.71	0.71	0.56
2001.79	0.62	0.51
2001.88	0.8	0.7
2001.96	0.75	0.55
2002.04	0.97	0.75
2002.13	0.9	0.76
2002.21	1.13	0.91
2002.29	0.81	0.58
2002.38	0.89	0.65
2002.46	0.65	0.54
2002.54	0.84	0.62
2002.63	0.69	0.55
2002.71	0.83	0.65
2002.79	0.65	0.57
2002.88	0.72	0.59
2002.96	0.56	0.43
2003.04	0.93	0.73
2003.13	0.75	0.55
2003.21	0.73	0.57
2003.29	0.7	0.55
2003.38	0.88	0.63

Year+Month	Station	Land+Ocean
2003.46	0.65	0.49
2003.54	0.66	0.55
2003.63	0.86	0.66
2003.71	0.82	0.66
2003.79	0.85	0.76
2003.88	0.65	0.55
2003.96	0.88	0.75
2004.04	0.73	0.59
2004.13	0.94	0.71
2004.21	0.85	0.64
2004.29	0.77	0.62
2004.38	0.49	0.42
2004.46	0.65	0.43
2004.54	0.23	0.26
2004.63	0.59	0.45
2004.71	0.6	0.54
2004.79	0.83	0.66
2004.88	0.88	0.72
2004.96	0.66	0.5
2005.04	0.95	0.71
2005.13	0.86	0.57
2005.21	0.96	0.72
2005.29	0.85	0.7
2005.38	0.76	0.65
2005.46	0.83	0.67
2005.54	0.8	0.66
2005.63	0.74	0.63
2005.71	0.99	0.78
2005.79	0.99	0.8
2005.88	0.9	0.76
2005.96	0.9	0.68
2006.04	0.76	0.58
2006.13	0.91	0.69
2006.21	0.8	0.63
2006.29	0.69	0.51
2006.38	0.5	0.47
2006.46	0.78	0.64
2006.54	0.66	0.54
2006.63	0.83	0.71
2006.71	0.74	0.64
2006.79	0.83	0.69

Year+Month	Station	Land+Ocean
2006.88	0.86	0.72
2006.96	0.91	0.77
2007.04	1.22	0.96
2007.13	0.93	0.7
2007.21	0.93	0.7
2007.29	0.94	0.76
2007.38	0.92	0.67
2007.46	0.65	0.58
2007.54	0.79	0.62
2007.63	0.84	0.6
2007.71	0.82	0.64
2007.79	0.79	0.6
2007.88	0.72	0.57
2007.96	0.71	0.49
2008.04	0.47	0.25
2008.13	0.45	0.36
2008.21	0.89	0.73
2008.29	0.66	0.53
2008.38	0.56	0.51
2008.46	0.52	0.48
2008.54	0.72	0.6
2008.63	0.39	0.44
2008.71	0.81	0.65
2008.79	0.73	0.67
2008.88	0.81	0.67
2008.96	0.72	0.54
2009.04	0.75	0.62
2009.13	0.75	0.53
2009.21	0.65	0.53
2009.29	0.76	0.62
2009.38	0.82	0.65
2009.46	0.79	0.65
2009.54	0.86	0.72
2009.63	0.84	0.66
2009.71	0.9	0.7
2009.79	0.73	0.65
2009.88	0.82	0.77
2009.96	0.76	0.65
2010.04	0.95	0.73
2010.13	1.04	0.79
2010.21	1.12	0.92

Year+Month	Station	Land+Ocean
2010.29	1	0.87
2010.38	0.95	0.75
2010.46	0.85	0.64
2010.54	0.74	0.62
2010.63	0.83	0.65
2010.71	0.86	0.61
2010.79	0.95	0.71
2010.88	1	0.8
2010.96	0.7	0.49
2011.04	0.72	0.51
2011.13	0.69	0.53
2011.21	0.77	0.64
2011.29	0.82	0.65
2011.38	0.64	0.53
2011.46	0.72	0.59
2011.54	0.9	0.74
2011.63	0.95	0.73
2011.71	0.77	0.56
2011.79	0.83	0.66
2011.88	0.77	0.56
2011.96	0.78	0.54
2012.04	0.61	0.46
2012.13	0.57	0.49
2012.21	0.69	0.58
2012.29	0.79	0.69
2012.38	0.94	0.76
2012.46	0.7	0.62
2012.54	0.55	0.56
2012.63	0.84	0.63
2012.71	0.88	0.76
2012.79	0.92	0.77
2012.88	0.93	0.75
2012.96	0.7	0.52
2013.04	0.97	0.68
2013.13	0.73	0.55
2013.21	0.86	0.66
2013.29	0.65	0.52
2013.38	0.66	0.61
2013.46	0.87	0.65
2013.54	0.65	0.59
2013.63	0.78	0.66

Year+Month	Station	Land+Ocean
2013.71	1	0.78
2013.79	0.84	0.69
2013.88	0.88	0.81
2013.96	0.81	0.66
2014.04	0.94	0.73
2014.13	0.65	0.52
2014.21	0.78	0.77
2014.29	0.87	0.78
2014.38	1.03	0.86
2014.46	0.75	0.65
2014.54	0.71	0.57
2014.63	0.84	0.82
2014.71	1.09	0.9
2014.79	1.01	0.85
2014.88	0.78	0.67
2014.96	0.97	0.79

*Monthly Mean Global Surface Temperature. Fuente: Goddard Institute for Space Studies
Fuente: Goddard Institute for Space and Studies.*

Anexo 3. Solicitud de transparencia.

En referencia al gasto real del gobierno en materia de recuperación en el caso específico de ciclones tropicales se hizo uso de una solicitud de información a través de la Plataforma Nacional de Transparencia del gobierno Federal, para ello es necesario registrarse en dicha plataforma y proporcionar algunos datos personales, sin embargo, los cuestionamientos y/o preguntas pueden ser enviados de manera anónima.

Se recomienda identificar el organismo o unidad a la que se le quiere hacer el cuestionamiento, en éste caso, la solicitud de información se dirigió al Centro Nacional de Prevención de Desastres. Otro punto a tomar en cuenta, es que la solicitud tiene que ser concreta sobre la información que se requiere para evitar caer en ambigüedades o mala interpretación de la solicitud por parte de los remitentes, a continuación, se muestra el contenido que arroja el sistema una vez que la solicitud ha sido enviada, así como la respuesta recibida, es necesario mencionar que de ante mano se conocía el ramo al que pertenecen los ciclones tropicales, sin embargo, se requería conocer el desglose de éste, sin embargo en la respuesta únicamente remite a la información general.



Solicitud de Información

Número de Folio

0413000005817

Datos PNT:

Usuario

Solicitante:

Nombre o Razón Social

DANIELA CRUZ

Representante: Domicilio:

Unidad de enlace:

Dependencia o entidad:

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

"Este acuse contiene sus datos personales por lo que deberá resguardarse en un lugar seguro para evitar su difusión y el uso no autorizado por usted."

Para efecto del cómputo del plazo establecido en el artículo 132 (en el caso de solicitudes de acceso a la información pública) y 24 (para las solicitudes de acceso a datos personales) de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública se ha recibido su solicitud con fecha 27 de marzo de 2017.¹

Al haber enviado su solicitud por medio electrónico, acepta que las notificaciones y resoluciones que se formulen en atención a la misma, se pondrán a su disposición en los plazos establecidos en la Ley referida, en esta página, misma que se obliga a consultar para dar seguimiento a su solicitud. En el caso de acceso a datos personales se expedirán copias simples o certificadas. La entrega de éstos se hará en el domicilio de la Unidad de Transparencia del solicitante mediante correo certificado con notificación.

El seguimiento a su solicitud podrá realizarlo, mediante el número de folio que se indica en este acuse, en la página de internet con dirección:

<http://www.plataformadetransparencia.org.mx>

Si por alguna falla técnica del sistema, no pudiera abrir las notificaciones y resoluciones que se pongan a su disposición en esta página, deberá informarlo a la unidad de transparencia de la dependencia o entidad a la que solicitó información en un plazo de 5 días hábiles, a fin de que se le notifique por otro medio.

Plazo de respuesta a la solicitud de acceso a información pública:

Conforme se establece en los artículos 132 y 136 de la Ley referida, los tiempos de respuesta o posibles notificaciones referentes a su solicitud, son los siguientes:

Respuesta a la solicitud, indicando la forma y medio en que se pondrá a su disposición la información, así como en su caso, el costo:	20 días hábiles (24/04/2017)
Notificación en caso de que la información solicitada no sea de competencia de la dependencia o entidad: ²	3 días hábiles (30/03/2017)
Requerimiento para proporcionar elementos adicionales o corregir información que permitan localizar la información solicitada: ³	5 días hábiles (03/04/2017)
Notificación de ampliación de plazo para dar atención a la solicitud:	20 días hábiles (24/04/2017)
Respuesta a la solicitud, en caso de que haya recibido notificación de ampliación de plazo:	30 días hábiles (09/05/2017)
Acceso o envío de información una vez que indique el medio y forma de entrega y de tener costo, una vez efectuado el pago:	30 días hábiles

Conforme se establece en el artículo 24 la Ley referida, los tiempos de respuesta o posibles notificaciones referentes a su solicitud de acceso a datos personales, son los siguientes:

Respuesta a la solicitud, indicando la forma y medio en que se pondrá a su disposición los datos personales, así como en su caso, el costo:	10 días hábiles (10/04/2017)
Requerimiento para proporcionar elementos adicionales o corregir información que permitan localizar los datos solicitados: ³	10 días hábiles (10/04/2017)
Acceso o envío de información una vez que indique el medio y forma de entrega, y de tener costo, una vez efectuado el pago: ⁵	10 días hábiles



Estimada(o) solicitante

Se hace referencia a su solicitud de información con número de folio 0413000005817, dirigida a la Unidad de Transparencia del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), a través de la cual requiere saber: *"Recursos gubernamentales asignados para la mitigación del desastre, a causa de ciclones tropicales por año y fenómeno de 1980 a 2015"* [sic].

Al respecto, hago de su conocimiento que el CENAPRED es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Gobernación (SEGOB) y, con fundamento en el artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los recursos económicos que le son asignados, están destinados a satisfacer los objetivos de este Centro Nacional, que son los relativos a crear, gestionar y promover políticas públicas en materia de prevención de desastres, a través del estudio, desarrollo, aplicación y coordinación de tecnologías para la prevención y mitigación de desastres y sus efectos, de la impartición de educación y capacitación profesional y técnica sobre la materia, así como el apoyo a la difusión de medidas con énfasis en la prevención y la autoprotección de la población ante la posibilidad de un desastre, conforme a lo establecido en los artículos 108 y 109 del Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación.

En este sentido, le informo que el Presupuesto asignado al CENAPRED puede consultarse en el Presupuesto de Egresos de la Federación, para cada uno de los años de su interés, particularmente en el asignado al Ramo 04: Secretaría de Gobernación. Destacando a su amable atención que el objeto del gasto se determina con base en las partidas establecidas en el Clasificador por objeto del gasto para la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2010, cuya última reforma corresponde al 15 de agosto de 2016 (se adjunta documento). Como puede observarse en dicho documento, no hay una partida o concepto de gasto que corresponda a *"Recursos gubernamentales asignados para la mitigación del desastre, a causa de ciclones tropicales por año y fenómeno de 1980 a 2015"*, por lo cual, no se actualiza el supuesto previsto en el artículo 13 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LFTAIP) que señala *"Se presume que la información debe existir si se refiere a las facultades, competencias y funciones que los ordenamientos jurídicos aplicables otorgan a los sujetos obligados..."*.

SEGOB

SECRETARÍA DE
GOBERNACIÓN



2017, Año del Centenario de la Promulgación de la
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Unidad de Transparencia

No obstante lo anterior, después de realizar una búsqueda exhaustiva en los archivos físicos y electrónicos de la Coordinación Administrativa, encontramos que el CENAPRED erogó recursos, a través de la firma de un convenio de colaboración entre la Secretaría de Gobernación y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, para realizar el estudio integral para la automatización del Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT). Mismo que fue celebrado el 30 de octubre de 2004 y del cual se adjunta copia para pronta referencia.

Así mismo, en el año 2007, se destinaron \$345,000.000 para el pago del Estudio para el Desarrollo de nuevas herramientas para el Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales.

Por considerar que podría ser de interés se informa que podrá consultar el PEF 2017 en: <http://pef.hacienda.gob.mx/>

Por lo que hace al Paquete Económico y Presupuesto de los años 2000 al 2016, puede consultarlo en: http://finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/es/Finanzas_Publicas/Paquete_Economico_y_Presupuesto

Finalmente, en relación con el presupuesto asignado de 1990 al 2000, le informo que este Centro Nacional fue creado mediante Decreto publicado en el DOF el 20 de septiembre de 1988. Los decretos de publicación de cada PEF se encuentran disponibles en <http://dof.gob.mx/>, página en la cual podrá acceder al PEF del año de su interés utilizando el buscador que se encuentra en la parte superior derecha de la pantalla principal.

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

MTRA. CONSTANZA ANAHÍ ELSA RIVERA PEREIRA
Coordinadora Administrativa

C.c.p. Dr. Carlos Miguel Valdés González - Director General del CENAPRED. Para su conocimiento.
Mra. Gloria Guadalupe Balleza Dávila - Directora de Servicios Técnicos y Tercer de la Unidad de Transparencia del CENAPRED. Mismo fin.
M. en I. Teresa Alberto Sánchez Pizarra - Directora de Difusión del CENAPRED. Mismo fin.

CAERP

Av. Delfín Madrigal No. 665, Col. Prolegál de Sanco Dominicos, Del. Coahuacán
Ciudad de México, C.F. 04380, Tel. 52-(55) 5424 6100, www.gob.mx/cenapred

Página 2 de 2

Anexo -3-

H00-DI/ 034 /2017

Ciudad de México, a 02 de mayo de 2017

PARA: M.I. TOMÁS SÁNCHEZ PÉREZ

Director de Difusión

DE: M. C. CARLOS GUTIÉRREZ MARTÍNEZ

Director de Investigación

Me refiero a la petición de información no. 0413000005817, recibida a través del Sistema de Solicitudes INFOMEX, en la que se requieren datos sobre: *Recursos gubernamentales asignados para la mitigación del desastre, a causa de ciclones tropicales por año y fenómeno de 1980 a 2015 (sic).*

Al respecto, hago de su conocimiento que, después de realizar una búsqueda exhaustiva en los archivos de la Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos de esta Dirección de Investigación, por considerarla área competente, no se encontró información sobre este tema.

No obstante, el Centro destinó recursos para el desarrollo de estudios y programas de cómputo para la automatización del Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales, con los cuales se puede monitorear y dar seguimiento a estos fenómenos que pueden afectar el territorio nacional, en 2004 por \$152 000 y en el 2007 por \$345 000, de acuerdo con los convenios firmados en esos años. Por lo anterior, se sugiere consultar a la Dirección de Servicios Técnicos y/o la Coordinación Administrativa de este Centro.

Además, esta Subdirección cuenta con un subdirector, dos jefes de departamento y dos enlaces de alto nivel responsabilidad, los cuales realizan labores de investigación y apoyan las labores de atención a las emergencias durante el paso de ciclones tropicales; a continuación se comparte la liga de transparencia para la consulta de percepciones de estos servidores públicos:

http://portaltransparencia.gob.mx/pot/remuneracionMensual/showConsulta.do?method=showConsulta&_idDependencia=04130

Recibido
2 de Mayo 2017
Clara

SEGOB

SECRETARÍA DE
GUBERNACIÓN



2017, 'Año del Centenario de la Promulgación de la
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos'

Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Dirección de Investigación

Por otra parte, con el propósito de orientar al solicitante, se sugiere consultar la página de la Dirección General para la Gestión de Riesgos (DGGR) de la SEGOB, la cual entre una de sus funciones es la de administrar los fondos para la atención de emergencias y reconstrucción por fenómenos naturales FONDEN, entre ellos los ciclones tropicales; en dicha página se pueden consultar los insumos autorizados por declaratorias de emergencia y desastre:

<http://www.proteccioncivil.gob.mx/en/ProteccionCivil/Fonden>

Ante la posibilidad de que la DGGR cuente con información complementaria se sugiere remitir esta solicitud a la Unidad de Transparencia de la SEGOB, a través de la Plataforma Nacional, en la siguiente liga:

<http://portaltransparencia.gob.mx/buscador/search/search.do?method=begin>

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

C. p. Dr. Carlos Miguel Valdés Oreyón, Director General del CENAPRED. Para su conocimiento.
Dr. Mario José Luis Espinosa, Subdirector de Riesgos Hidrometeorológicos del CENAPRED, México D.F.

CGM/GE/CBR

Av. Delfín Madrigal No. 665, Col. Polanco de Santo Domingo, Del. Coyoacán
Ciudad de México, C.P. 04360, Tel. 52- (55) 5434 6100, www.cenapred.gob.mx

Página 2 de 2



2017, Año del Centenario de la Promulgación de la
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres
Dirección Análisis y Gestión de Riesgos

H00-DAYGR/ 036 /2017

Ciudad de México, a 30 de marzo de 2017

PARA: MTRO. TOMÁS SÁNCHEZ PÉREZ
Director de Difusión

DE: ING. OSCAR ZEPEDA RAMOS
Director de Análisis y Gestión de Riesgos

Hago referencia a la solicitud de información con número de folio 0413000005817, que fue recibida a través del Sistema INFOMEX del Gobierno Federal, en el marco de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental referente a "Recursos gubernamentales asignados para la mitigación del desastre, a causa de ciclones tropicales por año y fenómeno de 1980 a 2015."

Al respecto, después de una búsqueda exhaustiva en los archivos de la Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos, no se encontró información relacionada, sin embargo le comento lo siguiente:

1. Antes del año 2000 no existían partidas presupuestales específicas para la atención y mitigación de desastres de origen natural y antrópico.
2. Entendiendo a la mitigación como las acciones orientadas a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable, se tiene conocimiento sobre el Programa de Infraestructura para la Protección de Centros de Población y Áreas Productivas de la Comisión Nacional del Agua. El objetivo de este programa es definir acciones y asignar recursos para hacer más eficientes las condiciones de seguridad de las poblaciones que se encuentren en riesgo por los efectos de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos, por lo que recomendamos al solicitante remitir su solicitud a la Comisión Nacional del Agua a través de la Plataforma Nacional de Transparencia (<http://www.plataformadetransparencia.org.mx/web/guest/sujetos-obligados>) ante la posibilidad de que ellos cuenten con la información requerida.
3. Fue a partir del año 2003 que se creó el Fondo de Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) dicho fondo tiene como finalidad proporcionar recursos tanto a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal como a las entidades federativas, destinados a la realización de acciones y mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo

*Recibido
30 de marzo 2017
Oscar Z.*

Av. Delfín Madrigal No. 665, Col. Puñalón de Santo Domingo, Del. Cuernavaca
Ciudad de México C.P. 04360, Tel. 52 + (55) 5-04 6100, www.cenapred.gob.mx

Página 1 de 2

Anexo -3-



2017, 'Año del Centenario de la Promulgación de la
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos'
Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres
Dirección Análisis y Gestión de Riesgos

de los fenómenos naturales sobre la vida y bienes de la población, los servicios públicos y el medio ambiente, la información puede ser consultada en las siguientes ligas de internet: http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Reglas_FOPREDEN_, ingresar a la opción apoyos otorgados 2004-2011 y consultar el periodo solicitado, y http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Reglas_de_Operacion_FOPREDEN_2010_, ingresar a la opción Recursos Autorizados y consultar el periodo solicitado. Cabe mencionar que las ligas electrónicas arriba citadas contienen el total de los recursos autorizados para cada ejercicio fiscal y no así únicamente para el tema de Ciclones tropicales, aunado a lo anterior se hace mención que dicho fondo es administrado por la Dirección General para la Gestión de Riesgos de la Coordinación Nacional de Protección Civil Secretaría de Gobernación, derivado de lo anterior que recomendamos al solicitante remita su solicitud a la dirección en comento, a través de la Plataforma Nacional de Transparencia (<http://www.plataformadetransparencia.org.mx/web/guest/sujetos-obligados>) ante la posibilidad de que ellos cuenten con la información requerida sobre proyectos de mitigación a causa de ciclones tropicales por año y por fenómeno financiados por este fondo, en el marco de sus atribuciones legales de transparencia y acceso a la información pública.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

Con fundamento en el Artículo 132 del Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación,
en presencia del Ing. Oscar Zúñiga Ramos, Director de Análisis y Gestión de Riesgos lo firmo:

MTRO. NORLANG MARCEL GARCÍA ARRÓLIGA

Subdirector de Estudios Económicos y Sociales sobre Desastres

C.c.p. Dr. Carlos Miguel Vides Orellana - Director General del CENAPRED Para su conocimiento
Lic. Rodolfo Vargas Vázquez - Editor de la Subdirección del FOPREDEN del CENAPRED. México D.F.
OZR/ingvivo*

Av. Delfín Madrigal No. 667, Col. Pedregal de San Domingo, Del. Coyacán
Ciudad de México C.P. 04380, Tel. 52 - (55) 5424 6100, www.segob.gob.mx

Página 2 de 2

A pesar de no contar con la información solicitada, se quiere puntualizar la pronta respuesta de cada una de las áreas al recibir la solicitud, a su vez, se destaca el amplio

Anexo -3-

margen de opciones de respuestas que brindan para intentar satisfacer el cuestionamiento.

Dentro de estos oficios podemos encontrar la referencia al Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT), mismo que se menciona al inicio de esta investigación como una media efectiva para proteger a la población, en este marco se recibe el convenio con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en el cual dicho organismo se compromete a realizar el estudio para la automatización del SIAT-CT en octubre de 2004, junto a este documento se recibe de igual forma el Clasificador por Objeto del Gasto Público para la Administración Pública Federal.

Un último detalle a señalar es que la primera persona en dar respuesta en el proceso de la solicitud es el Mtro. Norlang Marcel García Arróliga, quien funge como Subdirector de Estudios Económicos y Sociales sobre Desastres en la Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos, y él a su vez, es el autor principal y/o coautor de varias series de impacto fundamentales para la realización de este trabajo.

