



Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras

Francisco J. Argeñal
2010



Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras



Autor

Francisco J. Argeñal

Apoyo

Noelia Jover

Diseño y Diagramación

Evelyn Cabrera

© Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD
Noviembre 2010

Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras

Contenido

Acrónimos	4
Presentación	5
Introducción	6
Antecedentes	7
Objetivo	8
I. Aspectos del clima y conceptos relacionados a la Variabilidad Climática y al Cambio Climático	
1.1 Descripción del clima en Honduras	9
1.2 Aspectos del clima en Honduras	9
1.3 Cambio Climático	9
1.4 Escenarios de Cambio Climático	9
1.5 Modelos Climáticos	11
1.6 Modelos de Circulación General	11
1.7 Variabilidad Climática	11
1.8 El Niño Oscilación del Sur	11
1.9 Fase Cálida (El Niño)	12
1.10 Fase Fría (La Niña)	13
1.11 Sequía	14
1.12 Inundación	14
1.13 Índice Oceanográfico del Niño	15
II. Historia de desastres	
2.1 Desastres relacionados a la Variabilidad Climática	15
III. Datos y Metodología	
3.1 Datos de clima	16
3.2 Metodología	16
IV. Resultados	
4.1 Clima de Honduras	18
4.2 Niño Débil	20
4.3 Niño Moderado	22
4.4 Niña Débil	24
4.5 Niña Moderada	26
4.6 Escenarios de Cambio Climático	28
V. Comentarios y Conclusiones	33
VI. Bibliografía	35
VII. Anexos	38
Anexo 1 Figuras	38
Anexo 2 Tablas	39
Anexo 3 Mapas	44

Acrónimos

CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
ENOS:	El Niño Oscilación del Sur
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
IPCC:	Panel Intergubernamental de expertos en Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
LBC:	Línea Base Climática
MCG:	Modelos de Circulación General
NOAA:	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (por sus siglas en inglés)
OMM:	Organización Meteorológica Mundial
ONI:	Índice Oceanográfico del Niño (Por sus siglas en inglés)
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SERNA:	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente

Presentación

Este documento forma parte de las consultorías realizadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en Honduras y la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) para la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional de Honduras dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). En él se investiga el impacto que tienen varios fenómenos de variabilidad climática en el clima del país, así como los cambios en el clima local que se esperan como consecuencia del calentamiento global.

Introducción

En las últimas décadas en Honduras se han registrado un conjunto de variaciones en el clima que no han sido analizadas de manera científica, de modo que se ha avanzado muy poco en estimar los cambios climáticos que éste territorio está experimentando. Los conocimientos de cómo el cambio climático va a afectar sobre todo a los países desarrollados han avanzado mucho, sin embargo, los conocimientos y la formación de capacidades técnicas que hay sobre este tema para los países localizados en los trópicos, como es el caso de Honduras, son muy escasas. En este contexto, y en base a los recientes eventos relacionados con el calentamiento global, es importante conocer cuáles son los efectos en Honduras de los fenómenos hidrometeorológicos relacionados con la variabilidad y el cambio climático, y más específicamente si existe relación con las inundaciones y los incrementos en la temperatura ambiente.

Actualmente existe el consenso de la comunidad científica internacional que el incremento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de aerosoles están produciendo un incremento de la temperatura global. La estimación de cómo este calentamiento global puede afectar los climas regionales tiene una confiabilidad muy baja. Tampoco se sabe con certeza cómo los cambios climáticos podrían variar y cómo serán las futuras condiciones socioeconómicas y ambientales.

Sin embargo, es posible brindar alguna información sobre cómo el cambio climático afectaría los ecosistemas, la vida humana y la economía y las medidas que se pueden tomar para contrarrestarlo. Es posible elaborar escenarios sobre el clima futuro, y no predicciones, para determinar cuándo un sistema o sector específico es potencialmente vulnerable al cambio climático, o para identificar los límites en que los impactos se vuelven negativos o severos.

En relación a lo anteriormente expuesto, este estudio pretende establecer cuál es el impacto que tiene el fenómeno de la Niña y el Niño en la distribución de la precipitación sobre el territorio nacional así como presentar los escenarios futuros de cambio climático a 2020, 2050, 2080 y 2090, y mediante este conocimiento proporcionar nuevas herramientas para la adaptación y mitigación de los impactos de la variabilidad climática y el cambio climático, utilizando para ello las técnicas desarrolladas en otros países y regiones tropicales a partir de un esquema basado en la metodología de investigación científica explicada en el apartado III de la presente investigación. Algunos de los resultados obtenidos en este estudio han sido incluidos en la Segunda Comunicación Nacional de Honduras ante la CMNUCC.

Antecedentes

De acuerdo al cuarto informe presentado en el 2007 por el Panel Intergubernamental de expertos en Cambio Climático (IPCC), las simulaciones de los Modelos de Circulación General (MCG) proyectan que la creciente concentración atmosférica de GEI tendrá como resultado cambios en la frecuencia, intensidad y duración de fenómenos extremos, así como un aumento de las olas de calor, las precipitaciones fuertes y una disminución de los días fríos.

Según Aguilar et al. (2005) la Región Centroamericana y el norte de Suramérica se han estado calentando en las últimas décadas, con una tendencia positiva en las temperaturas máximas absolutas y una tendencia negativa en las temperaturas mínimas absolutas. Sin embargo, no se ha encontrado una tendencia coherente con la precipitación ya que algunas regiones muestran una tendencia negativa y otra positiva.

Para la elaboración de la Primera Comunicación Nacional (SERNA, 2000) Honduras participó en la ejecución de un proyecto centroamericano de cambio climático financiado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos en 1998. Se realizaron estudios de vulnerabilidad de los recursos hídricos, agro-meteorología (cultivo de maíz) y los recursos marinos costeros al cambio climático. Dentro del marco de este estudio Campos y Argeñal (2000) elaboraron los escenarios climáticos producidos con MCG empleando el modelo MAGICC SCENGEM, el cual es un modelo climático unidimensional que ofrece estimaciones internamente consistentes de las concentraciones de GEI, temperatura media global y elevación del nivel medio del mar entre

los años 1990 y 2100. También se utilizó el programa SCENGEM que combina los resultados de MAGICC y los de un conjunto de MCG para producir escenarios de cambio climático regionalizados tomando en cuenta un grupo de variables climáticas, particularmente la precipitación y la temperatura. Sin embargo, una limitante de estos modelos era el hecho que la resolución espacial era de 5° X 5°, unos 500 X 500 kilómetros aproximadamente, y Honduras se dividió en 4 regiones separadas por el paralelo 15° norte y el meridiano de 85° oeste. También se utilizaron la base de datos de 8 estaciones meteorológicas y mapas de temperatura media anual y de precipitación total anual generados por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica.

La nueva versión de este modelo, utilizada en esta investigación, es de una resolución de 2.5° X 2.5°, 250 X 250 Km, es decir la mitad de la versión utilizada anteriormente. Sin embargo, aún utilizando estas salidas no es suficiente para conocer más en detalle escenarios que reflejen los cambios que se puedan dar a una escala espacial menor, por lo que es necesario hacer una bajada de escala con modelos dinámicos de resolución de 50 X 50 Km.

Otros fenómenos de la variabilidad climática inciden de manera muy significativa en todo el planeta generando condiciones lluviosas en algunas regiones y sequías en otras de acuerdo a la estación del año. El Niño Oscilación del Sur (ENOS) es uno de ellos. Los desastres asociados a la variabilidad climática en general, y a El Niño y La Niña en particular, afectan sensiblemente al sector agropecuario y el medio rural de la región centroamericana. Por ejemplo el fenómeno El Niño 1997-98 provocó pérdidas en

Centroamérica estimadas por CEPAL en US\$ 475 millones de dólares (Jiménez M, 2005). Este episodio fue muy similar en 1982-1983. La falta de observación de los fenómenos anteriores puede inducirnos a creer que estos eventos han sido más intensos y que podrían estar relacionados con el cambio climático, señal que de acuerdo a Enfield (2005), es muy prematura como para ser afirmada.

La mayoría de los meteorólogos centroamericanos han utilizado las condiciones del ENOS como el único predictor en la elaboración de pronósticos y perspectivas climáticas de mediano plazo, sin embargo algunos eventos que han representado desastres para la región no se han podido explicar, como por ejemplo la sequía de junio del 2001.

Algunos estudios sobre la influencia de los océanos Atlántico y Pacífico en el comportamiento climático de la región han sido elaborados en el pasado por Enfield (2005), y Alfaro (2002). En ellos se ha demostrado que las variaciones del clima en América Central dependen de la estructura de la troposfera sobre la región y que esta se ve alterada por las condiciones de los océanos adyacentes y que cuando las anomalías de las temperaturas en ambos océanos son opuestas, especialmente las de las regiones del niño 3.4 y el Caribe, se producen condiciones secas o lluviosas.

Objetivo

El objetivo principal es determinar la vulnerabilidad climática de Honduras ante fenómenos de la variabilidad climática y elaborar escenarios de cual podría ser el clima futuro. Para ello se abordan tres objetivos específicos:

1. Analizar el comportamiento de la temperatura y precipitación en Honduras para saber si estos están experimentando cambios relacionados con el calentamiento global.
2. Identificar predictores relacionados con la variabilidad climática, que permitan elaborar pronósticos climáticos estacionales de mediano y largo plazo más acertados que ayuden a adoptar medidas de adaptación y mitigación ante los daños que los fenómenos hidrometeorológicos pudieran ocasionar.
3. Elaborar escenarios climáticos para Honduras para los años 2020, 2050, 2080 y 2090.

I.- Aspectos del clima y conceptos relacionados a la variabilidad climática y el cambio climático

1.1 Descripción de clima en Honduras

Según el reporte del IPCC (2007), el clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período de promediación habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y las magnitudes correspondientes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos.

1.2 Aspectos del Clima de Honduras

Debido a su ubicación geográfica el clima de Honduras es de características tropicales, sin embargo la orografía hondureña y su interacción con los vientos que soplan sobre el territorio y los fenómenos tropicales, como ondas y ciclones, generan microclimas que van desde el tropical seco hasta el tropical húmedo. La orientación de las sierras hondureñas juega un rol muy importante en el régimen de precipitación estableciendo diferencias bien marcadas entre el litoral Caribe, la región intermontana y el sur del país.

1.3 Cambio Climático

De acuerdo al IPCC (2007), el cambio climático es una variación estadística importante en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos, cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

Se debe tener en cuenta que la CMNUCC, en su Artículo 1, define cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma de tiempo comparables”. La CMNUCC distingue entre “cambio climático” atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y “variabilidad climática” atribuida a causas naturales (IPCC, 2007).

1.4 Escenarios de Cambio Climático

Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (por ejemplo, GEI y aerosoles) basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas que las determinan (por ejemplo, el desarrollo demográfico y socioeconómico, la evolución tecnológica) y las principales relaciones entre ellos.

Los escenarios de concentraciones, obtenidos en base a unos escenarios de emisión, se introducen en un modelo climático para obtener proyecciones del clima (IPCC, 2007).

Los escenarios publicados en el Informe Especial de Escenario de Emisiones del 2000, están agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1 y B2) y se utilizan en la elaboración de estudios sobre la vulnerabilidad del cambio climático y las evaluaciones de su impacto. Los supuestos básicos utilizados en los escenarios son la evolución socioeconómica, el crecimiento demográfico, el desarrollo tecnológico.

El A2 describe un mundo muy heterogéneo con un crecimiento de población fuerte, así como un lento desarrollo económico y tecnológico. Las características más distintivas del escenario A2 son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras familias.

El escenario marcador A2 fue desarrollado usando el modelo ASF, por esta razón para abreviar se le denomina escenario A2-ASF. La cuantificación total del escenario A2-ASF está

basada en las siguientes suposiciones: Crecimiento demográfico relativamente lento al igual que la convergencia en los patrones de fertilidad regional.

Convergencia relativamente lenta de las diferencias del crecimiento económico inter-regional per cápita. Mejoramiento de la eficiencia en el suministro y uso final de la energía relativamente lentos (comparados con otras familias). Desarrollo atrasado de la energía renovable. Sin imposición de barreras al uso de la energía nuclear.

La familia y escenarios B2 describen un mundo en el que predominan las soluciones locales y la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Es un escenario cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las familias B1 y A1. Aunque este escenario está orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.

El B2 es otro escenario marcador que fue desarrollado usando el modelo MESSAGE, denominado por razones obvias como B2-MESSAGE, el cual es un conjunto integrado de modelos de optimización y simulación del sector energía. Comparado con otras familias (A1 y B1), el B2 se caracteriza por cambios más graduales y desarrollos menos extremos en todos los aspectos, incluyendo geopolíticos, demográficos, crecimiento de la productividad, dinámica tecnológica, etc.

1.5 Modelos Climáticos

Son representaciones numéricas del sistema climático basadas en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y procesos y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas (IPCC, 2007). Los modelos climáticos se utilizan como herramienta de investigación para estudiar y simular el clima y para fines operacionales, en particular predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales.

1.6 Modelos de Circulación General

Los MCG son modelos climáticos de escala global que permiten hacer proyecciones del clima en décadas y hasta un siglo. Requieren como datos de entrada los escenarios de emisiones de los GEI y aerosoles, los cuales están relacionadas con factores socioeconómicos tales como el aumento de la población, el crecimiento económico, el costo y la disponibilidad de fuentes de energía, las pautas de producción y consumo, y cambios de prácticas en el uso de la tierra entre otros. Por lo tanto, los MCG proyectan la respuesta de muchas variables climáticas en función de un conjunto de escenarios de emisiones de GEI.

Aun con las incertidumbres en los grados de emisiones y de sus efectos en el clima, los resultados de los MCG y de los escenarios de cambio climático son herramientas bastante

confiables para simular el comportamiento del sistema climático global, sus proyecciones no deben considerarse como predicciones en el mismo sentido que las de los modelos utilizados en la predicción del tiempo. Esta es una de las razones por la que no resulta adecuado que sus resultados sean vistos como pronósticos del clima futuro (CRRH, 2008).

1.7 Variabilidad Climática

El concepto de variabilidad climática hace referencia a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropogénico (variabilidad externa) (IPCC, 2007)

1.8 El Niño Oscilación del Sur

Se define así al acoplamiento de las condiciones oceanográficas y atmosféricas sobre los Océanos Pacífico e Índico en la región ecuatorial. Este fenómeno afecta considerablemente la circulación del viento y las corrientes marinas, la temperatura superficial del mar y la precipitación en el Pacífico tropical, ver figura # 5. Sus efectos influyen en el clima de toda la región del Pacífico y de muchas otras partes del mundo.

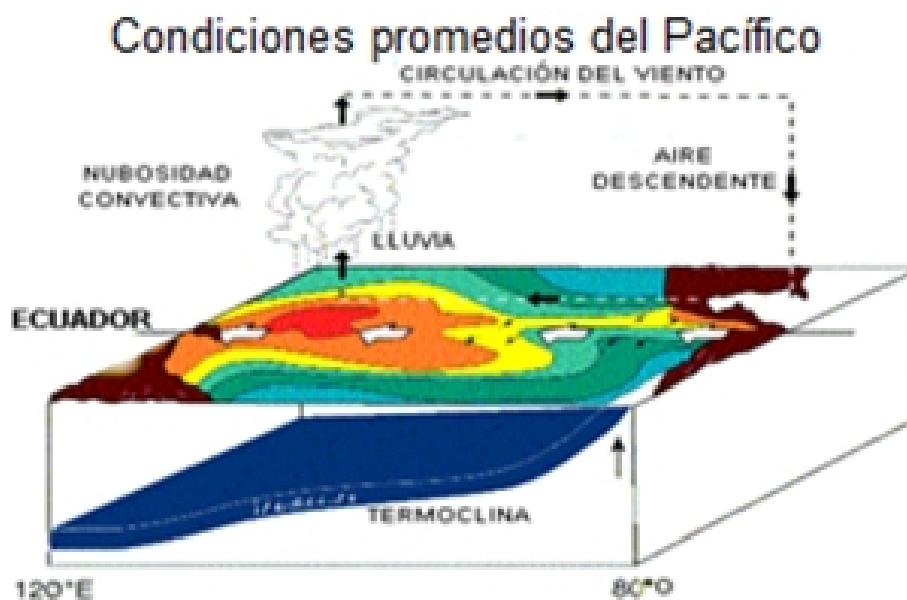
Estudiando las condiciones históricas de climas anuales durante los años de El Niño y La Niña e identificando las formas en que se presentaron los patrones de lluvia estacionales entre estos períodos, los meteorólogos han sido capaces de sugerir con cierto grado de confianza a los funcionarios de gobierno las perspectivas de lluvias y por lo tanto de producción agrícola (Glantz., 1998).

Según Fernández y Ramírez, (1991), el nombre de El Niño se refirió originalmente a una corriente marina tibia que se traslada hacia el este en el Océano Pacífico Ecuatorial, fenómeno que por lo general se manifiesta durante el verano del Hemisferio Sur, justo después de navidad y de ahí su nombre. Actualmente, se sabe que esta corriente de aguas cálidas forma parte de un conjunto de interrelaciones entre los cambios atmosféricos y las condiciones oceánicas, en una escala planetaria, por lo que se le agregó el término Oscilación del Sur a estos cambios.

Se prefiere usar el término de “El Niño-Oscilación del Sur” (ENOS), ya que enfatiza el aspecto de que el fenómeno resulta de un acople entre el océano y la atmósfera, al acople de aguas superficiales del mar, más cálidas que el promedio con vientos alisios débiles en el Océano Pacífico se le conoce como El Niño y al acople entre aguas más frías que el promedio con vientos alisios fuertes se le conoce como La Niña.

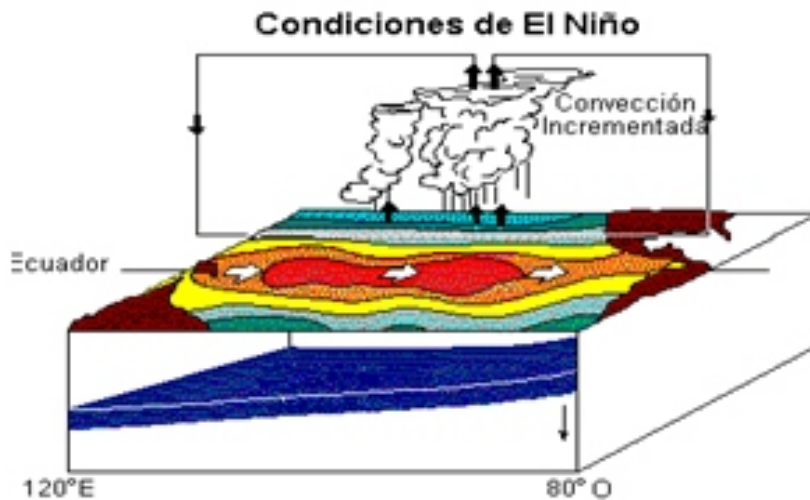
1.9 Fase Cálida (El Niño)

Algunos aspectos comunes que caracterizan a El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial son su relación con un calentamiento anómalo de las aguas superficiales y con cambios de la presión a nivel del mar que suele estar acompañado de un debilitamiento de los vientos alisios. Este fenómeno se presenta recurrentemente entre 4 y 7 años alrededor del tiempo de navidad y suele durar entre doce y dieciocho meses.



Según Aceituno (1998) y Rogers (1988), durante la ocurrencia de un evento El Niño la precipitación decrece significativamente sobre América Central y la parte norte de Sudamérica en el período de julio a diciembre. Rogers

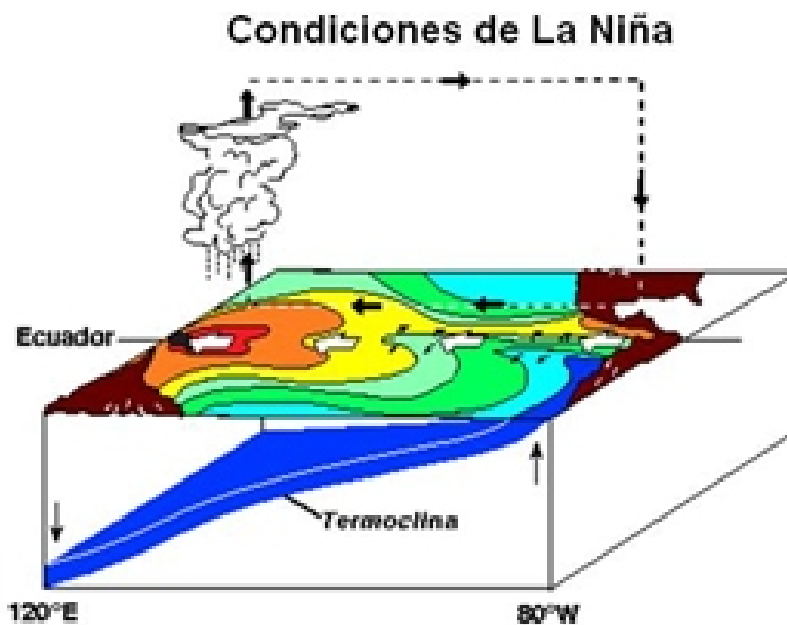
(1988), encontró que en el período comprendido entre abril y junio no existe una tendencia consistente de un decrecimiento de la lluvia sobre el Caribe y América Central.



1.10 Fase Fría (La Niña)

La fase de la Oscilación del Sur asociada a El Niño, es precedida y seguida por períodos en los cuales las temperaturas superficiales del

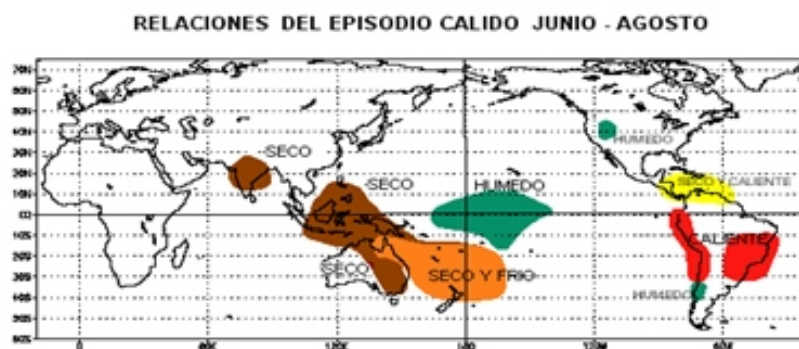
mar son usualmente bajas en el Pacífico central y oriental y los vientos alisios son muy fuertes. A esta fase se le llama La Niña.



1.11 Sequía

La sequía se define como disminución en los totales de lluvia con respecto de las condiciones normales o previstas de precipitación, es decir, respecto de una media estadística o de un promedio. Este déficit de precipitación se puede presentar en poco tiempo o tardar varios meses en manifestarse a través de la disminución del caudal de los ríos, de los niveles de los embalses o de la altura de las aguas

subterráneas. La evolución sigilosa de la sequía hace que en ocasiones, sus efectos tarden semanas o meses en hacerse visibles. El déficit de precipitación empieza a manifestarse en la disminución de agua en los suelos, por lo que la agricultura suele ser el primer sector afectado (OMM, 2006). Las condiciones de El Niño favorecen secas y calientes en Centroamérica y el Caribe entre junio y agosto.

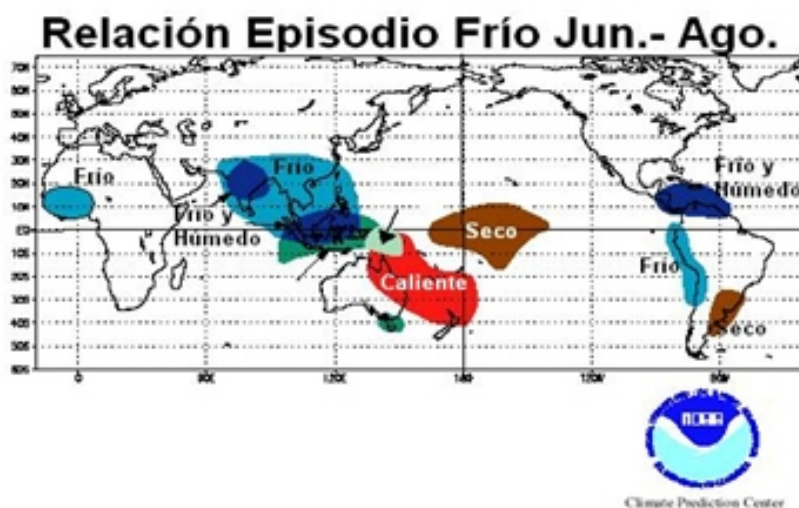


1.12 Inundación

La inundación de un área normalmente seca es causada por el desbordamiento de un sistema de drenaje, quebrada, río o por una acumulación de agua en o cerca del lugar donde cayó la lluvia. Puede ser repentina si la misma es causada por una precipitación intensa en un período corto de tiempo o por el rompimiento de una represa, y lenta si es generada por precipitaciones de larga duración.

Las inundaciones pueden tener consecuencias devastadoras para las comunidades en zonas vulnerables, por lo que son consideradas como uno de los mayores desastres ambientales de la humanidad.

Las condiciones de La Niña favorecen condiciones más húmedas y frías entre junio y agosto para la región del Caribe.



1.13 Índice Oceanográfico del Niño

Se define así al valor medio de la temperatura del mar en tres meses en la región del Niño del Pacífico Central (limitado entre las latitudes 5 °N y 5 °S y las longitudes 120 y 170 °O). Si los valores del Índice oceanográfico del Niño (ONI) exceden 0.5 °C por más de 3 meses entonces se dice que estamos bajo

condiciones cálidas (El Niño) y si los valores del ONI son menores a -0.5 °C entonces estamos bajo la influencia de la Niña. Cuando los valores del ONI son mayores -0.5 y menores que 0.5 °C entonces decimos que estamos bajo condiciones normales. Esta definición fue adoptada por los países de Norte América, Centroamérica y el Caribe en abril de 2005.

II. HISTORIA DE DESASTRES

2.1 Desastres relacionados a la variabilidad climática

El ENOS nos puede dejar inundaciones o sequías dependiendo de la fase e intensidad del evento, de la época del año y la región del territorio hondureño.

Según la CEPAL los eventos ENOS de 1982-1983 y de 1997- 1998, fueron los peores del siglo XX. Las sequías causadas por el evento de 1982-1983 favorecieron la propagación de incendios forestales en Centroamérica, México, Venezuela, Bolivia, Paraguay y Brasil, también estuvieron asociados al aumento en los períodos de sequía, posiblemente generados por El Niño. Este fenómeno produjo pérdidas económicas regionales de aproximadamente \$15.480 millones de dólares (CEPAL y BID, 2000).

Los efectos negativos de los eventos extremos ENOS 1982-1983 y 1997-1998 en la mayor parte del territorio nacional trajeron como

consecuencia pérdidas millonarias cuyo monto no ha sido cuantificado detalladamente para evaluar sus impactos en las cosechas, incendios forestales, hambrunas y brotes de enfermedades propagadas por vectores, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y la calidad de vida de la población.

Desde mediados de los 70 el fenómeno la sequía y la hambruna que generó el ENOS obligó a miles de sureños a emigrar hacia la Nueva Palestina, en Olancho, ayudados por la iglesia católica.

Los mayores desastres ocurridos debido a la influencia de la fase fría del ENOS (La Niña) son las inundaciones que se presentaron en 1998 durante el paso del huracán Mitch sobre Honduras y el ocasionado por el huracán Fifi en septiembre de 1974.

III. DATOS Y METODOLOGÍA

3.1 Datos de clima

Se hizo una caracterización de la distribución de la precipitación y de los impactos del ENOS en la lluvia de Honduras utilizando para ello la base los datos de 67 estaciones hidrometeoro lógicas de Honduras cuyas series son mayores a 30 años de longitud y en algunos casos estas contienen datos desde 1951 hasta el 2008, para ver los impactos del ENOS en las temperaturas se utilizaron los datos de 8 estaciones del SMN, para generar los mapas de la distribución de la lluvia y de los impactos del ENOS en la distribución de la lluvia y de la temperatura se hicieron interpolaciones mediante el método de Kriging. Estas interpolaciones se obtienen mediante una combinación lineal ponderada de los valores de la altura (Z) en los puntos muestrales, por lo que puede considerarse como una variante del método de las medias móviles ponderadas, cuya diferencia estriba en la forma como se obtienen las ponderaciones W_{ij} (Bosque y García 2001).

Los mapas de temperaturas se hicieron con información obtenida de la base de datos generados por Hijmans et al. (2005), ellos generaron datos de temperatura media a 1 kilómetro de resolución mediante interpolaciones que relacionan la temperatura con la elevación, para generar los mapas utilizamos el programa Arc View.

3.2 Metodología

El estudio de la variabilidad climática incluyó al comportamiento de la precipitación y de la temperatura mensual ante la ocurrencia de

eventos fríos y calientes del fenómeno ENOS en Honduras, en sus distintas intensidades de débiles a intensos de acuerdo al ONI utilizado por la NOAA. Para ello se separaron los totales mensuales de precipitación, agrupándolos en períodos correspondientes a la caracterización de los eventos cálidos y fríos en el Océano Pacífico Ecuatorial, hechos por la NOAA y el Centro Británico.

Caracterizamos los eventos en Niñas y Niños Débiles, cuando la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico Ecuatorial eran entre 0.5 y 1.0 °C más frías o cálidas que el promedio, respectivamente; Moderados, cuando las anomalías eran entre 1.0 y 1.5 °C y Fuertes cuando las anomalías de la TSM eran superiores a 1.5 °C en el caso del Niño e inferiores a 1.5 °C en el caso de las Niñas. Se graficaron los resultados mensuales para eventos Niña y Niño débil y moderado, en mapas utilizando el programa Surfer 8.0 que hace interpolaciones mediante el método de Krigin.

Aunque existen una gran variedad de métodos para crear los escenarios de cambio climático en Honduras, para los años 2020, 2050 y 2090, se utilizará el modelo MAGIC SCENGEM versión 5.3, cuya resolución es de 2.5 X 2.5 grados. Se utilizarán las salidas de los MCG para combinarlos con las salidas de generadores de escenarios climáticos. El modelo MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change), es un modelo climático unidimensional que permite al usuario determinar los cambios en la temperatura media global y elevación del nivel medio del mar como consecuencia de los cambios en las concentraciones de sulfuros y

dióxidos de carbono a la atmosfera; el SCENGEN (SCENario GENerator) combina los resultados de MAGICC y los de un conjunto de MCG para producir escenarios de cambio climático regionalizados de las variables climáticas, precipitación, temperatura y presión atmosférica.

Posteriormente se utilizaron las salidas del Modelo PRECIS, hechas por Martínez, B., C. et al, 2009, que es un modelo que reduce la escala del modelo HadRM3P, desarrollado por el Centro Hadley de la Oficina de Meteorología del Reino Unido. Este es un modelo dinámico adaptado para la creación de escenarios climáticos y tiene una alta resolución espacial y temporal, $0.44^\circ \times 0.44^\circ$ latitud/longitud y $0.22^\circ \times 0.22^\circ$ latitud/longitud, equivalente a pixeles de 50km x 50km y 25km x 25km, respectivamente.

De acuerdo a trabajos previos realizados por Alvarado, L.F., Campos, M., Zárate, E., Ramírez, P., Bonilla, A. (2005) se encontró que los modelos que mejor reprodujeron la climatología de referencia de temperatura de América Central fueron los siguientes: CCC1TR, CSI2TR, ECH4TR, GISSTR, HAD2TR. Mientras que para la precipitación fueron el CSI2TR, ECH3TR, ECH4TR, HAD2TR, HAD3TR.

Para la elaboración de los escenarios de cambio climáticos, se utilizó el Modelo MAGGIC/SCENGEN y se escogieron los escenarios de emisiones A2-ASF y B2-MESSAGE, del escenario A2-ASF supone concentraciones más altas de gases de efecto invernadero por tanto es más pesimista que B2-MESSAGE.

Se compararon las salidas de 20 modelos climáticos de circulación general para la preparación u obtención de la climatología inicial o línea base climática (LBC). La LBC debe ser elaborada de forma tal que permita tipificar las condiciones climáticas actuales. Existe el consenso de que un período de 30 años es suficientemente prolongado para calcular con significación estadística, distribuciones de frecuencia de diferentes variables y obtener una buena representación de algunas características de la variabilidad del clima, sobre todo aquellas relacionadas con la variabilidad interanual (Parry y Carter, 1998).

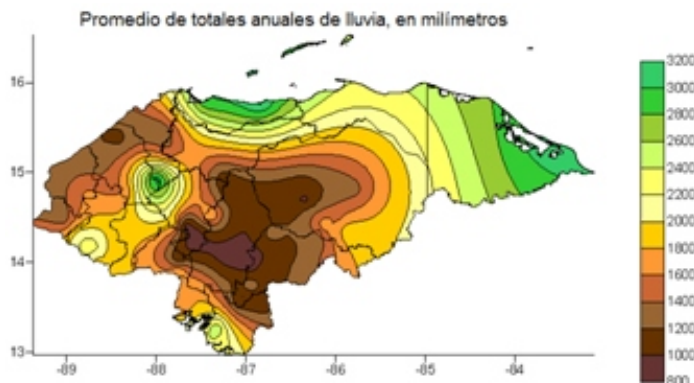
Para seleccionar los modelos que mejor simulan la LBC se calcularon estadísticos de validación tanto para el dominio global como para el regional (América Central) y el nacional. A partir de estas estadísticas y dándole mayor peso a las correlaciones de los modelos con la LBC en las estaciones de verano, otoño e invierno del Hemisferio Norte, de manera que reflejaran los efectos la temporada lluviosa en la mayor parte del territorio, se seleccionaron 5 MCG para la precipitación y la presión atmosférica el CCCMA-31, CNRM-CM3, MIROC MED, NCARPCM1 y el UKHADCM3. De estos se escogieron 3 modelos para la temperatura el CCCMA-31, CNRM-CM3 y el UKHADCM3. Estos modelos son los que tienen las correlaciones más altas y los errores cuadráticos medios más bajos, se discriminaron el MIROC MED y el NCARPCM1 para la temperatura, ya que estos tienen una correlación muy baja, los resultados se muestran en las tablas 3, 4 y 5.

IV. RESULTADOS

4.1 Clima de Honduras

La orografía del territorio hondureño juega un papel muy importante en la diversificación del clima, ya que al interactuar con la circulación general de la atmósfera y los sistemas de baja y alta presión, vaguadas de superficie, altura y de niveles medios, ondas tropicales, frentes fríos, ciclones tropicales y ondas tropicales que afectan la región, producen regímenes de lluvias distintos en la vertiente del Caribe, la vertiente del Pacífico y en la zona central intermontana (Pastrana, 1976).

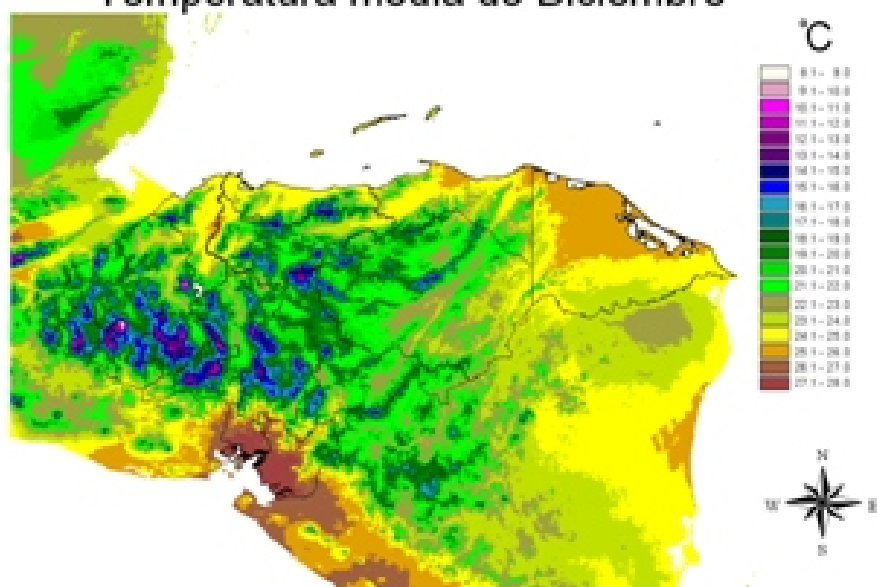
La mayor parte del territorio hondureño, especialmente las zonas intermontanas y el litoral del Golfo de Fonseca, tienen un clima con un régimen de precipitación que presenta dos estaciones bien marcadas, una estación lluviosa y la otra seca. Durante la estación lluviosa de estas regiones (mayo-octubre) se presenta una disminución en la precipitación en un período conocido como Canícula. En contraste, en el litoral caribeño llueve durante casi todo el año registrándose una disminución en la precipitación durante los meses de febrero a mayo. La región donde más llueve es el litoral Caribe y la región donde menos llueve es la zona central del país.



El régimen de precipitación de Honduras es una consecuencia directa e indirecta de los siguientes fenómenos: Zona Intertropical de Convergencia (Z.I.T.C.), vaguadas en los oestes de latitudes medias, ondas tropicales, sistemas de baja presión atmosférica en altura y superficie, brisas de mar a tierra, brisas de valle y de montaña, frentes fríos, líneas de cortante y ciclones tropicales. Según Alfaro (2002), otros factores que deben tomarse en cuenta son la convergencia de la humedad y el flujo de calor latente, ya que estos parámetros se incrementan durante la estación lluviosa teniendo una influencia positiva en la convección sobre la región y que se refleja con un incremento en la evaporación y la advección de humedad.

La estación seca y la canícula (julio-agosto), en las regiones sur e intermontana, es una consecuencia del fortalecimiento y desplazamiento hacia el oeste del anticiclón del Atlántico Norte, ubicado sobre las islas Bermudas durante esta época del año, el cual, provoca un aumento en la velocidad de los vientos alisios (Hastenrath, 1991).

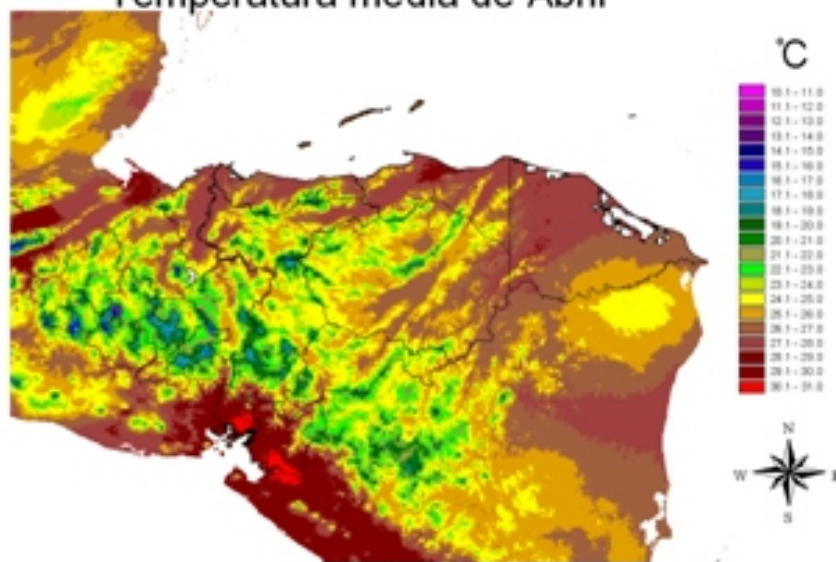
Temperatura media de Diciembre

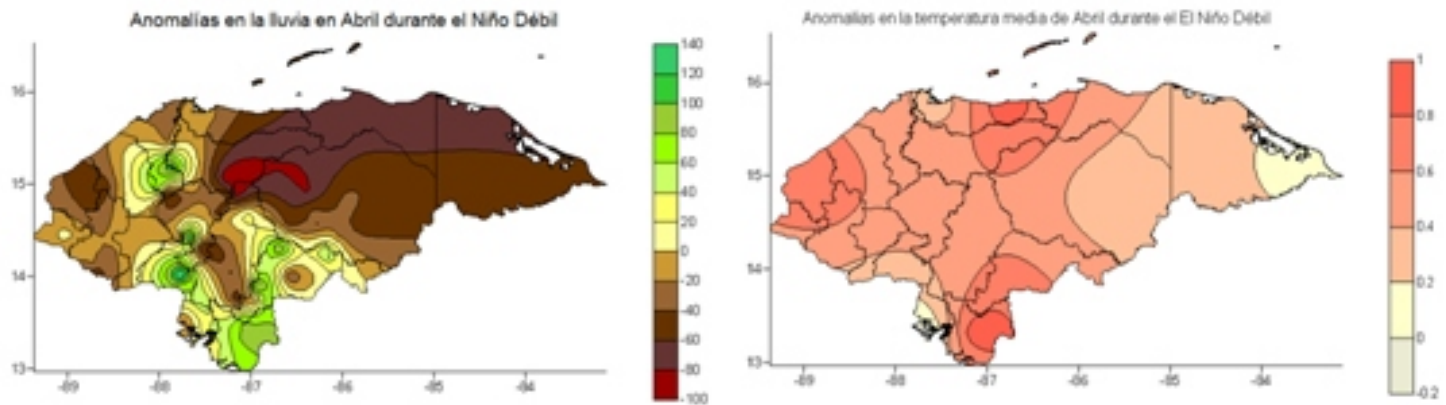


Las temperaturas medias de Honduras, más bajas se presentan en el mes de diciembre y oscilan entre 8°C, en las partes altas de la sierra de Celaque, hasta 28°C en las planicies del sur, mientras que el mes más caliente es el de abril donde las temperaturas medias oscilan desde

los 10°C en las partes altas de la sierra de Celaque hasta 31°C en las planicies del sur. En junio la temperatura más alta de toda Honduras se registra en el Valle de Sula, eso se debe a que es hasta en este mes que se inicia la temporada lluviosa en la región noroccidental.

Temperatura media de Abril

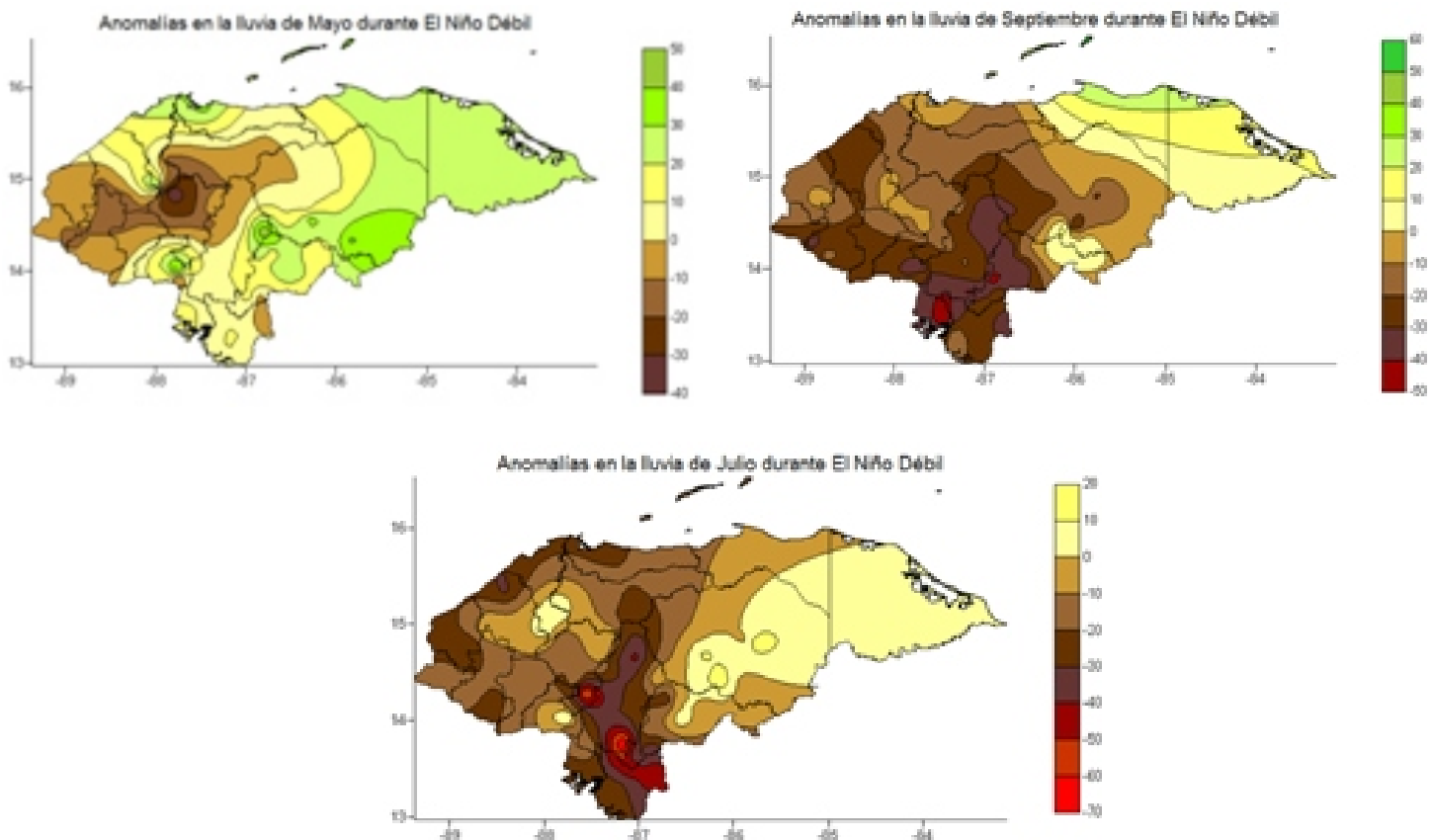


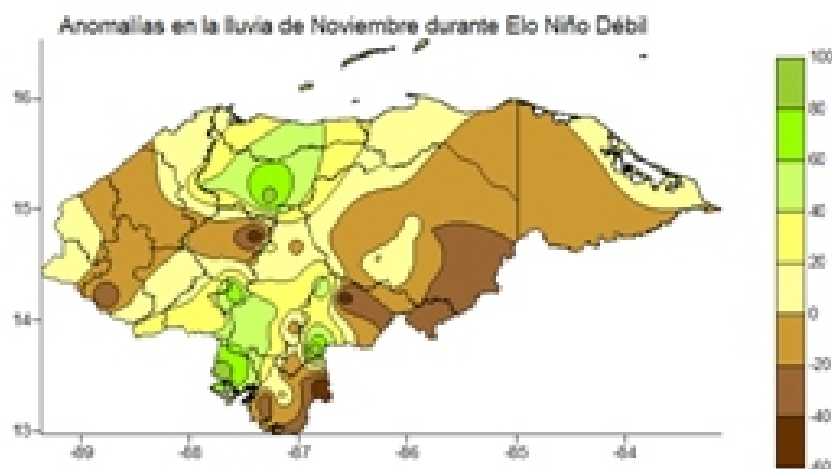


4.2 Niño Débil

Durante la ocurrencia del ENOS, con intensidad débil se registran algunas lluvias en marzo y abril en la vertiente Pacífica de Honduras lo que hace que la cantidad de agua acumulada en esos meses supere el 100 % ya que en un año normal las cantidades de lluvia, durante esos meses son casi cero; la temperatura media se incrementa entre 0.8°C a 1°C en esa misma zona. También en marzo las lluvias en la zona noroccidental se incrementan hasta en un 60 %

lo que podría estar relacionado con las llegadas de frentes fríos en este mes. En el mes de mayo hay un incremento en la cantidad de lluvia en la Costa Caribe y la región oriental y un déficit de lluvia en el occidente y centro del país de casi un 40 % y las temperaturas medias se incrementan entre 0.4 a 0.6°C, en la región centro occidente del país, esto se podría explicar con un retraso en el inicio de la estación lluviosa en esas regiones.



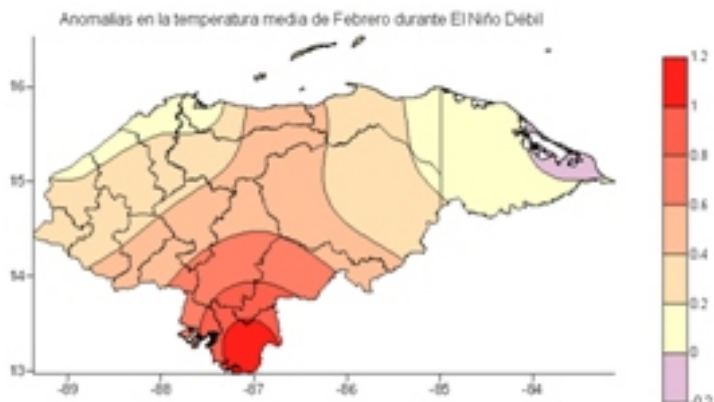
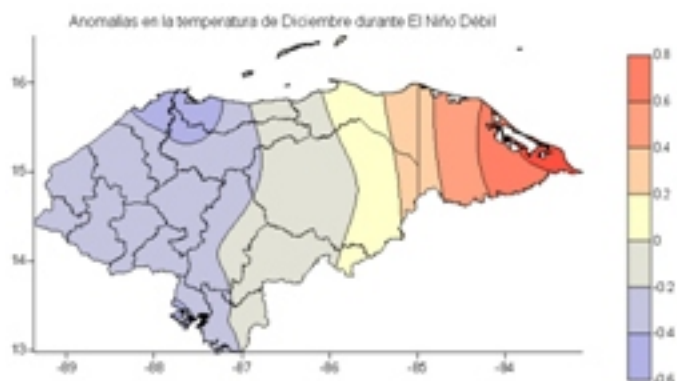


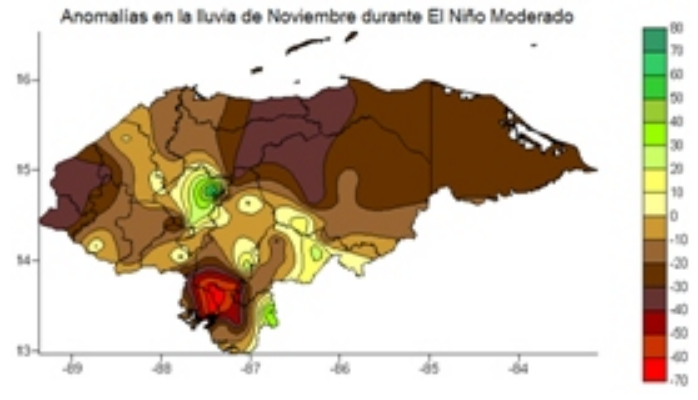
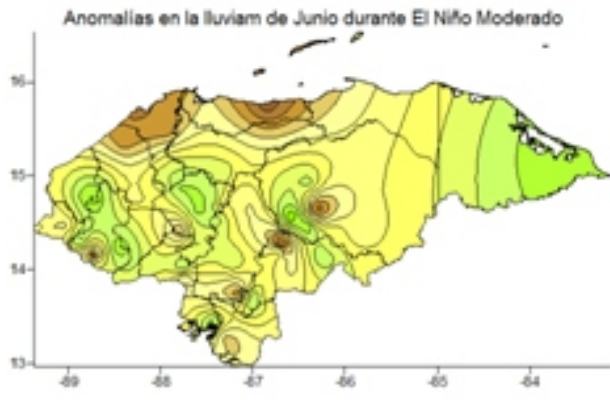
En el resto de la temporada lluviosa siempre hay déficit de lluvia en la mayor parte del territorio, durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, este déficit es más notorio en el centro, sur y occidente y en octubre en el noroccidente. De éstos, el mes de agosto es el más crítico ya que la precipitación disminuye en más de un 60% en ciertos municipios como: el este de La Paz, el Sur de Comayagua, casi todo Francisco Morazán, el suroccidente de El Paraíso, el norte de Choluteca y Valle; la temperatura se incrementa hasta 1.6°C en Choluteca y entre 0.6°C y 0.8°C en el occidente, el sur de Francisco Morazán y el Paraíso.

Durante el mes de noviembre se registra una disminución en la temperatura de más de 0.4 °C y un incremento en la precipitación del 20 al 60 % en la zona Caribe, lo cual está relacionado

con la llegada de más frentes fríos durante este mes.

En diciembre las cantidades de lluvia en la región Caribe hondureña son ligeramente superiores al promedio, pero las temperaturas son más frías en la mitad occidental del país, lo que nos hace suponer que también durante este mes, entran más frentes fríos al territorio nacional que en otros años. En enero se registra una ligera disminución en las cantidades de lluvias en el litoral Caribe y temperaturas ligeramente más bajas en la parte noroccidental y sur del país; esto se puede interpretar con la llegada de pocos frentes fríos siendo éstos muy intensos. En febrero la cantidad de frentes fríos que entran al país son menos que en otros años ya que el déficit de precipitación en el Caribe es de cerca del 40% y las temperaturas son más cálidas que en otros años.





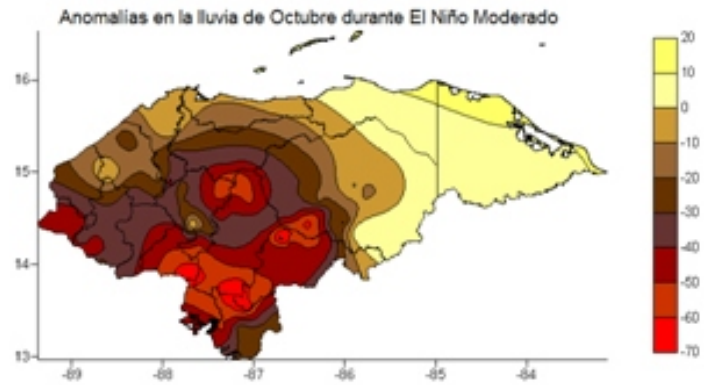
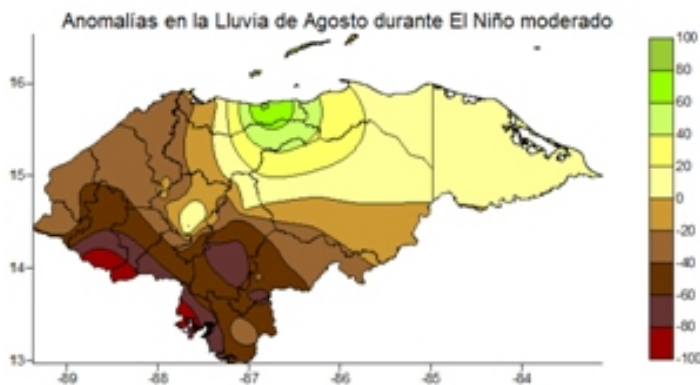
4.3 Niño Moderado

Durante la temporada lluviosa se presentan ligeros incrementos de la lluvia durante el mes de junio en la zona del occidente del país; en la zona central como el departamento de Comayagua, en la zona oriental como el departamento de Gracias a Dios; en el sur de Valle, nor oriente de El Paraíso y occidente de Olancho y déficit en el litoral Caribe occidental.

Luego en julio y agosto la precipitación disminuye hasta más del 80 % en el sur occidente del país y se registra un ligero incremento de la lluvia en el litoral Caribe, esto puede estar relacionado con un fortalecimiento de los vientos alisios en este

mes lo que hace que la canícula se extienda más de dos semanas.

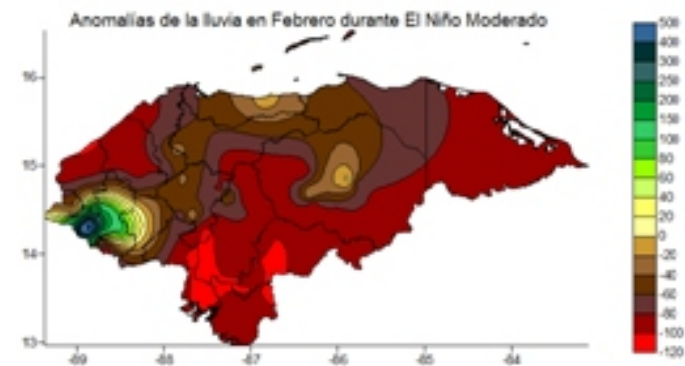
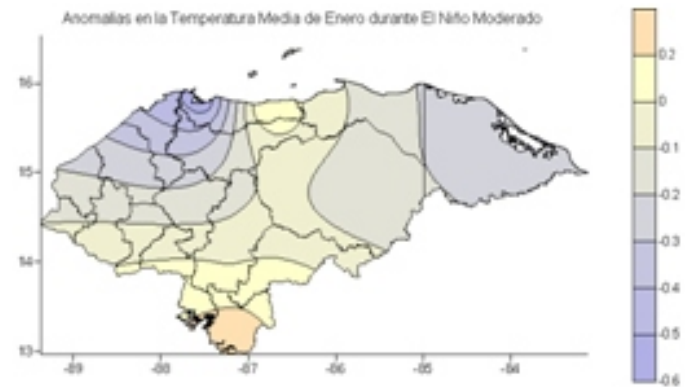
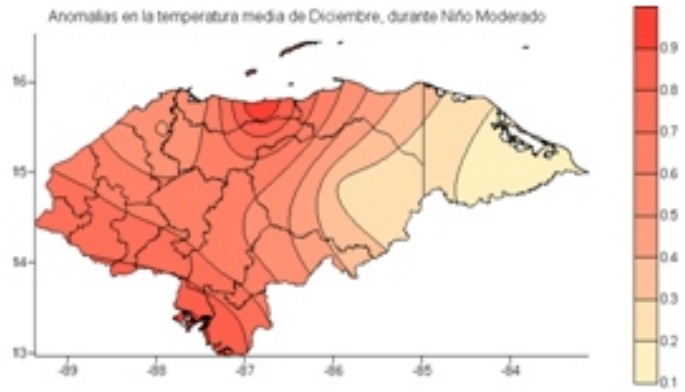
Después, en el mes de octubre se refleja déficit de más del 40 % en la mayor parte del territorio, excepto en Gracias a Dios, donde más bien hay un ligero incremento en la lluvia. La sequía de este mes se acentúa en los departamentos de La Paz y Valle, el sur y nororiente de Comayagua, sur de Francisco Morazán, el occidente de los departamentos de El Paraíso y Choluteca y la posible causa es la disminución en el número de huracanes que cruzan por el mar Caribe que afectan directa o indirectamente a Honduras en años normales.



Durante el mes de noviembre la cantidad de agua registrada en el litoral Caribe disminuye hasta en un 40 % y la temperatura se incrementa hasta 0.4°C arriba del promedio, lo que supone que entren menos frentes fríos que en un año promedio. En el mes de diciembre se registran condiciones de lluvia igual al promedio, pero la temperatura muestra incrementos de 0.9°C en el litoral Caribe y más de 0.6 °C en el resto del territorio. De nuevo suponemos que en este mes llegan menos frentes fríos que en otros años, pero los que entran producen fuertes precipitaciones que incluso generan inundaciones.

En enero las temperaturas descienden hasta 0.6°C en el noroccidente, sin embargo las cantidades de precipitación son muy parecidas al promedio, en este caso podemos intuir que entran frentes fríos débiles, los que no provocan las precipitaciones que ocasionan en otros años.

En febrero los frentes se vuelven más escasos y débiles que en otros años, por lo que se registran temperaturas mayores al promedio en más de 0.05°C en los extremos oriental y occidental del Caribe hondureño y las precipitaciones disminuyen más del 40 % en casi todo el litoral Caribe.



4.4 Niña Débil

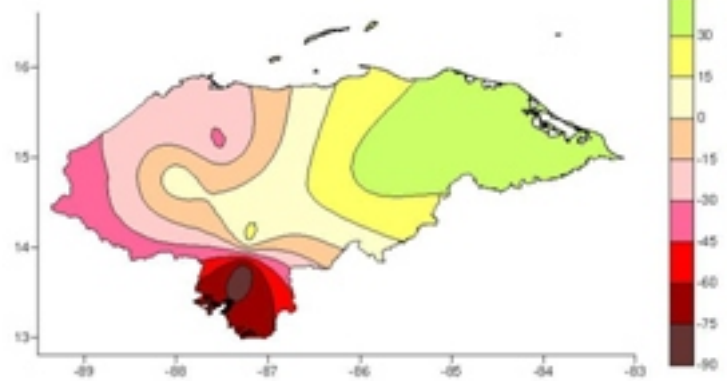
Bajo la influencia de un evento de Niña débil, durante los meses de enero, febrero y marzo se observa una disminución en la precipitación cercana al 30 % en relación al promedio en la región noroccidental. Más del 50 % en la zona sur, esto podría estar relacionado a una disminución de llegadas de empujes polares o con la llegada de frentes muy débiles al territorio nacional.

En abril, se observa un incremento en la precipitación cercano al 30 % en la región noroccidental y un déficit mayor al 40 % en la zona central, esto podría estar relacionado con la llegada de frentes fríos al Golfo de Honduras, durante este mes.

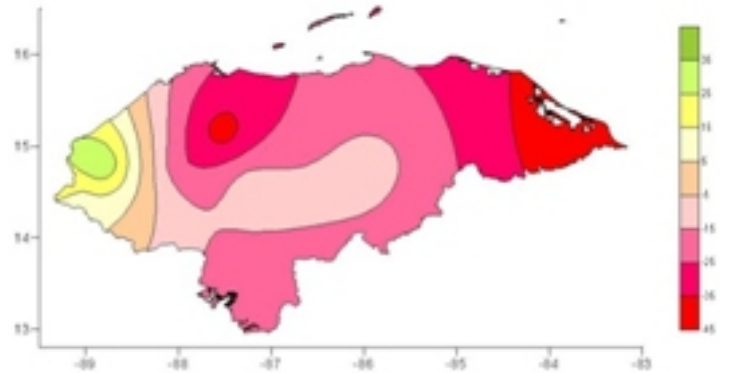
El inicio de la temporada lluviosa, en mayo se retrasa o es muy pobre ante la influencia del evento la Niña débil ya que se observa un déficit cercano al 25% en la mayor parte del territorio nacional.

Durante junio se observan valores menores de precipitación en la región central y ligeramente arriba del promedio en el occidente, esto podría estar relacionado con el arribo de ondas tropicales muy débiles al país.

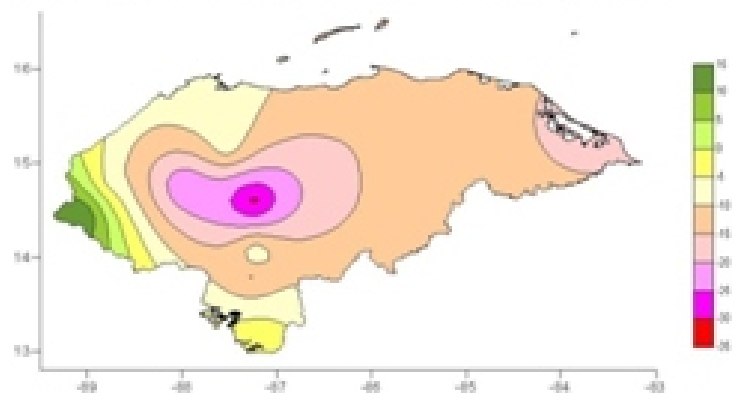
Anomalías porcentuales de pcpn. Niña débil, Enero



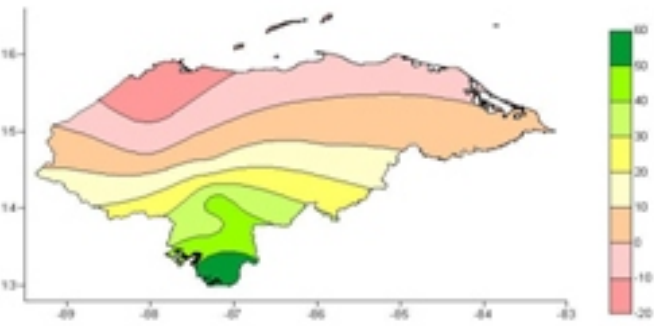
Anomalías porcentuales de la pcpn. durante Niña débil, Mayo



Anomalías porcentuales de la pcpn. durante Niña débil, Junio



Anomalías porcentuales de la pcpn. durante la Niña, Julio

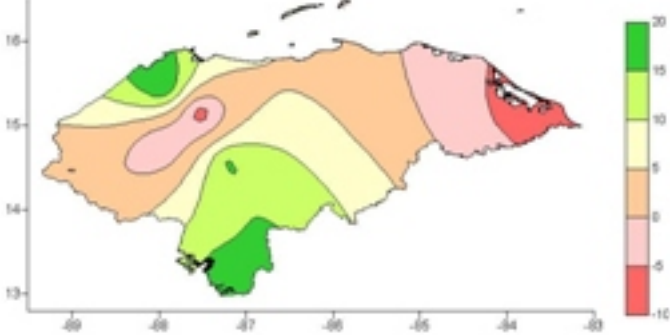


En julio y agosto se observan excesos de lluvia en la región sur, este patrón puede estar ligado a incursión de humedad desde el Océano Pacífico cuyo mecanismo de producción podría estar vinculado al paso de ciclones tropicales por el Caribe al norte de Honduras y el Golfo de México.

En septiembre se presentan valores de precipitación muy cercanos al promedio en casi todo el país con un ligero incremento de la precipitación en el noroccidente y sur del país, con una ligera disminución en la zona de la Mosquitia. Es muy difícil poder asociar algún evento meteorológico extremo a este patrón de distribución de la precipitación.

Con Niña débil se presenta una disminución significativa de la precipitación en el occidente

Anomalías porcentuales de la pcpn. Niña débil, Sep.

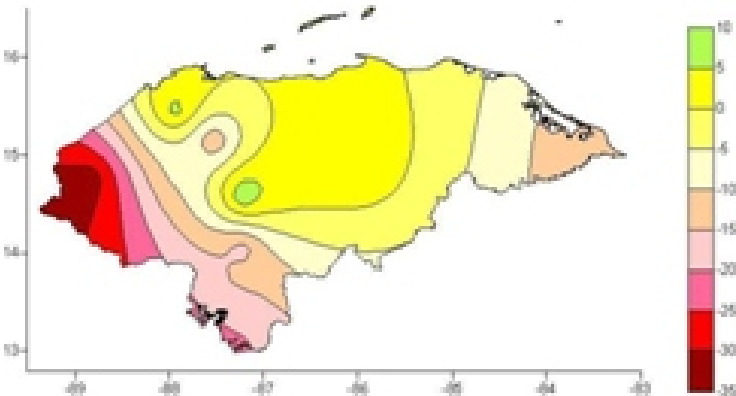


del país y condiciones cercanas al promedio en el resto del territorio, durante octubre, esto podría relacionarse con una disminución en la intensidad de los vientos alisios y un debilitamiento en la intensidad de las ondas tropicales que cruzan sobre la región.

Cuando la Niña es débil, en el mes de noviembre se observan valores de lluvia, menores al promedio en la cuenca del Lago de Yojoa, en la Mosquitia y en la región sur, esto podría originarse por una escasa invasión de masas de aire polar a nuestras latitudes.

En diciembre se presentan condiciones normales de lluvia en casi todo el territorio, exceptuando un ligero exceso de lluvia en el centro del país y un déficit muy marcado en el departamento de Valle.

Anomalías porcentuales de la pcpn. Niña débil, Octubre



4.5 Niña Moderada

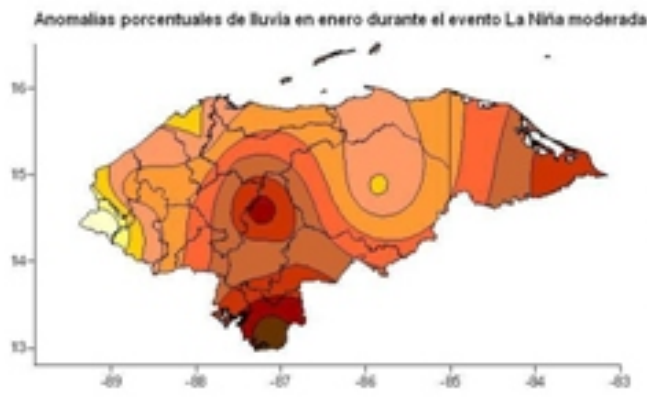
Entre los meses de enero a junio las condiciones de lluvia son deficitarias en casi todo el país. Esto no debería tener alguna trascendencia entre los meses de enero a abril en las regiones oriental, centro, sur y occidental del país ya que es en este último período cuando se presenta la estación seca en estas regiones, no obstante para el litoral Caribe donde las lluvias de enero y febrero son muy importantes para la actividad agropecuaria.

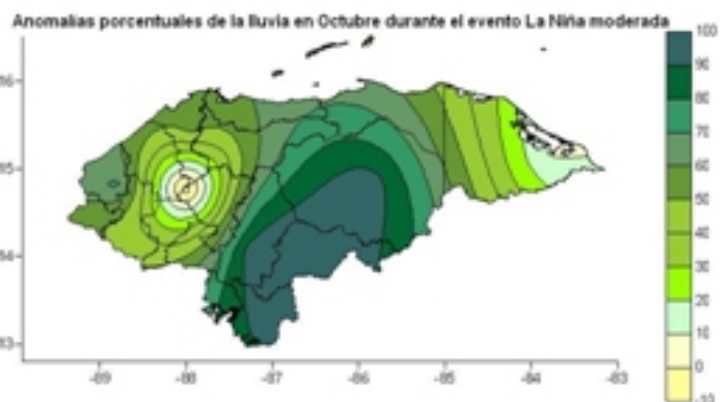
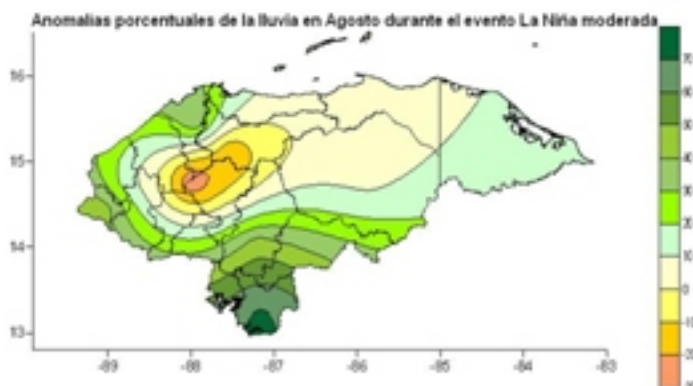
Para el mes de julio, las condiciones permanecen secas en la zona de la Mosquitia,

mientras que para la zona sur se observan excesos de lluvias y condiciones muy cercanas al promedio en el resto del país.

En agosto las condiciones lluviosas prevalecen en la región noroccidental, occidental sur y suroriental de Honduras y condiciones muy próximas al promedio en el resto del territorio.

En septiembre, las condiciones son bastantes secas en la región noroccidental y nororiental del país, mientras que excesos de lluvia se registran en la región suroriental y sur del país.



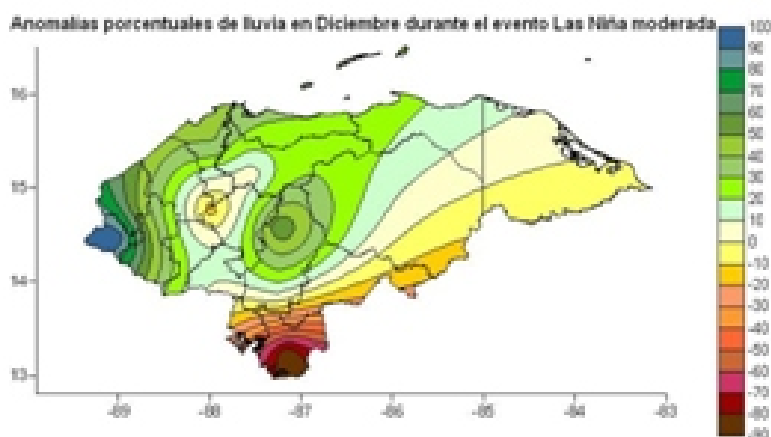


En octubre, condiciones muy lluviosas prevalecen en casi todo el país excepto en la zona del lago de Yojoa y en el extremo nororiental donde las condiciones son muy cercanas al promedio.

mientras que en el resto del territorio se registran condiciones muy cercanas al promedio.

En noviembre se observan excesos de lluvia sobre el centro del país y déficits en el occidente

Durante el mes diciembre se aprecian valores de lluvia mayores al promedio en la región occidental, noroccidental, norte y centro del país y déficit en el sur.



4.6 Escenarios de Cambio Climático

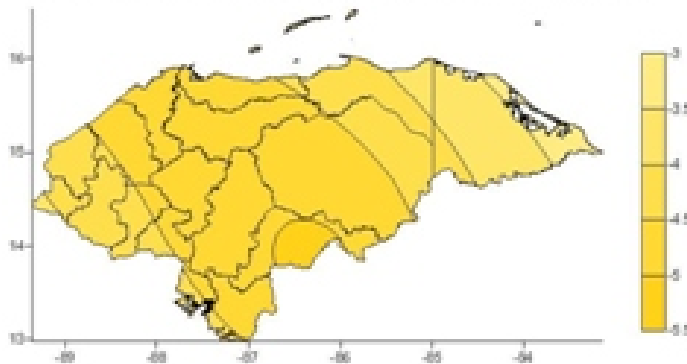
Escenarios 2020.

Tanto el escenario pesimista (A2) como el escenario optimista (B2) coinciden en la magnitud de los cambios que podríamos esperar para los parámetros meteorológicos que se estudiaron. Ambos escenarios nos dicen que podríamos esperar cambios en la **precipitación anual con valores cercanos al 5 % debajo del promedio, en la mayor parte del territorio nacional** y cerca del 3 % en la Mosquitia hondureña, pero esta disminución de la precipitación se vuelve más importante durante el verano del hemisferio norte ya que en promedio de este trimestre la precipitación puede disminuir hasta en un 10 por ciento y la

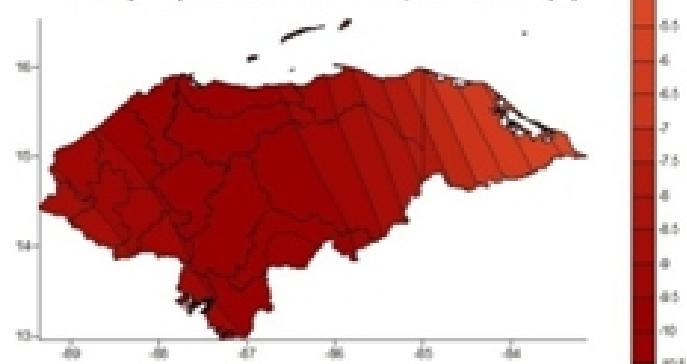
temperatura puede subir hasta 0.9°C en la vertiente Pacífica y algunas cuencas del Caribe como la del Motagua, Chamelecón y Ulúa.

Los cambios de temperatura que podríamos esperar están en el rango de 0.5°C mayor al promedio en el litoral Caribe oriental hasta 0.75°C en el occidente, el sur de la región central y oriental y la región sur de Honduras. Mientras que los cambios que podríamos esperar en la presión atmosférica son menores a 0.1 hecto Pascales (hPa), que prácticamente son despreciables.

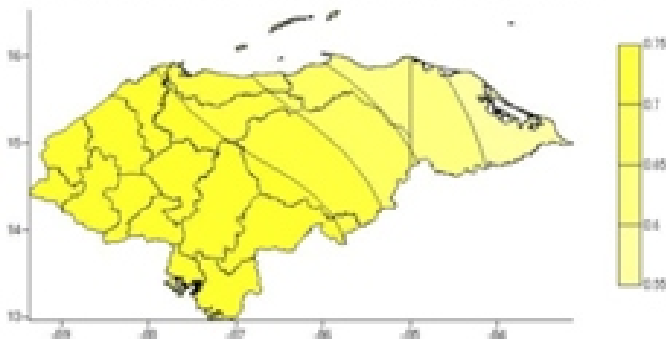
Cambios en la precipitación anual año 2020, escenario A2 (%)



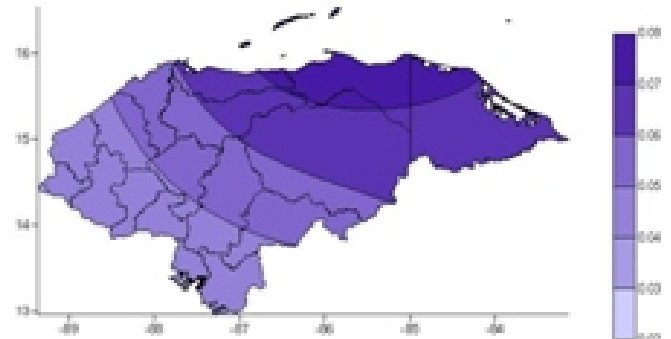
Deficit de precipitación J-J-A año 2020, escenario B2 (%)



Cambios en la temperatura anual año 2020, escenario B2 (°C)



Cambios en la presión anual año 2020, escenario A2 (hPa)



Escenarios 2050

De acuerdo a los escenarios pesimista y optimista los cambios que podríamos esperar en los distintos parámetros meteorológicos en estudio son muy similares. **Por ejemplo: en la precipitación podríamos esperar cambios en un rango anual entre el 9% menor que el promedio en el departamento de Gracias a Dios hasta un 14 % en la región sur oriental y un 13 % en la región central.** Pero lo más interesante de estos resultados es que la precipitación entre los meses de junio a agosto puede ser menor hasta en un 25 % en la mayor parte del territorio nacional y del centro de Olancho hacia la Mosquitia; esta disminución estaría entre el 22 % hasta un 13 %. Para este período el mayor cambio que según los escenarios se podría presentar es durante los meses de julio y agosto ya que la disminución en las lluvias podría ser desde un 14 % en la Mosquitia hasta un 38 %.

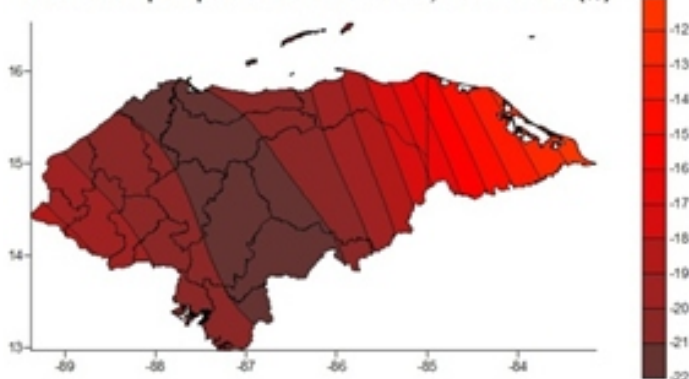
La temperatura media anual se podría incrementar cerca de 2°C en los departamentos

de Santa Bárbara, Copán, Ocotepeque, Lempira, Intibucá, La Paz, Valle y Choluteca y la porción sur de los departamentos de Comayagua, Francisco Morazán y El Paraíso y hasta 1 grado en la Mosquitia. Ambos escenarios nos muestran resultados muy parecidos y las diferencias entre los incrementos las temperaturas que podríamos esperar es de apenas 0.2°C mayor para el escenario pesimista con respecto al optimista.

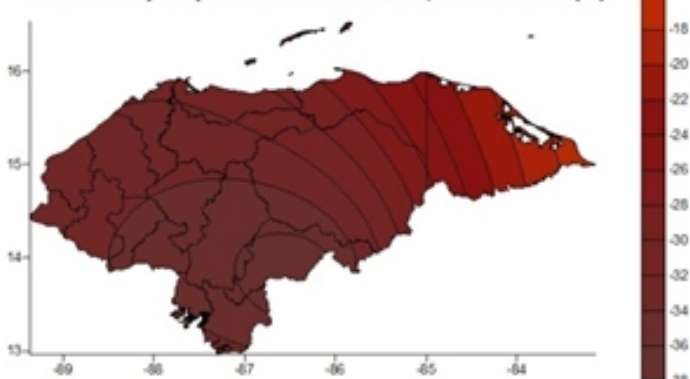
El mayor incremento de la temperatura se espera para el período de junio a agosto, mismo que puede alcanzar hasta 5 grados según el escenario pesimista en las regiones y departamentos antes mencionados, principalmente durante el mes de agosto.

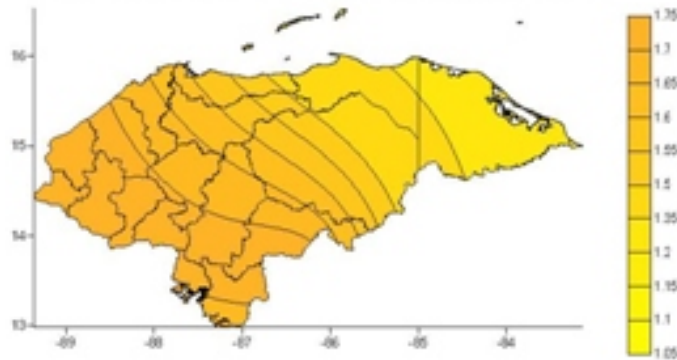
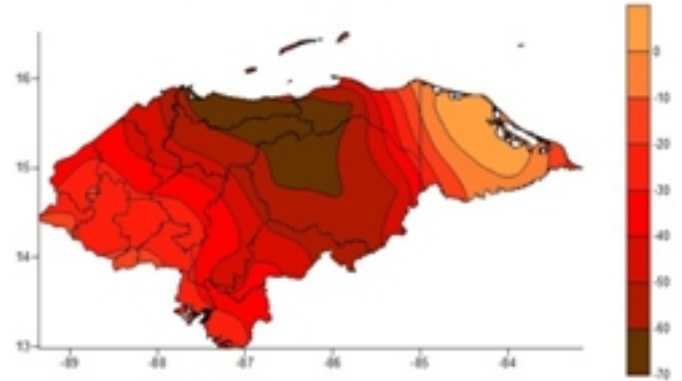
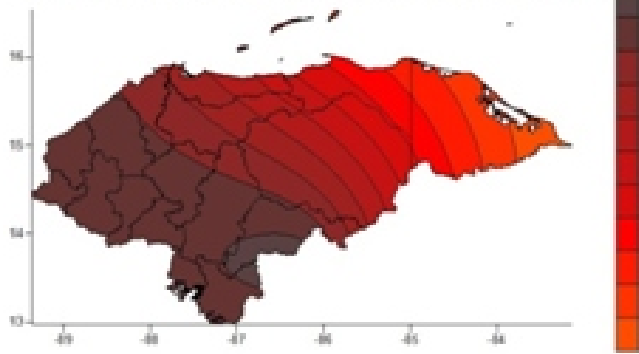
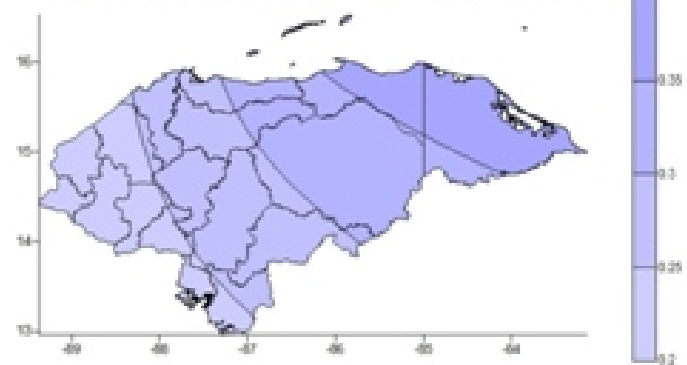
De nuevo el cambio que podríamos esperar en la presión atmosférica no es muy significativa ya que ambos escenarios coinciden en que el incremento sería de apenas medio hectoPascal, cuyo impacto en las condiciones atmosféricas se podría despreciar.

Deficit en la precipitación J-J-A año 2050, escenario B2 (%)



Deficit en el precipitación Julio año 2050, escenario A2 (%)

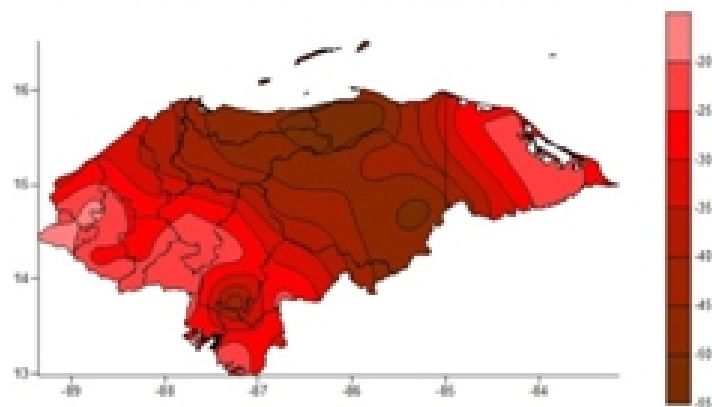


Cambios en la temperatura anual año 2050, escenario B2 (C)**Anomalías (%) en la precipitación agosto 2080, escenario A2, modelo PRECIS****Cambios en la temperatura Agosto año 2080, escenario A2 (°C)****Cambios en la presión Julio año 2050, escenario A2 (hPa)**

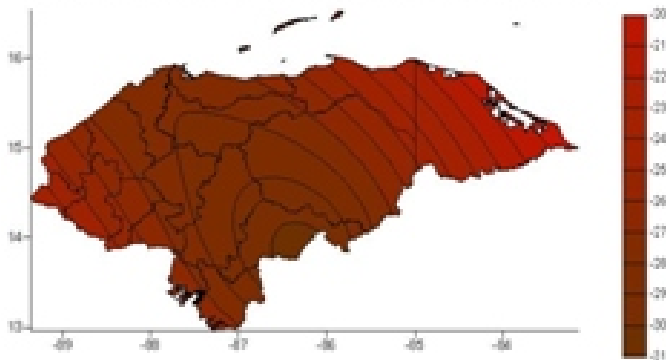
Escenario 2080

El escenario pesimista A2 pero corrido con el modelo PRECIS muestra que la precipitación promedio anual podría disminuir en un 55% en los departamentos de Atlántida, el occidente de Colón, el oriente de Yoro, el centro de Olancho y cerca de las fronteras entre los departamentos de Francisco Morazán, Choluteca y El Paraíso. También, para este

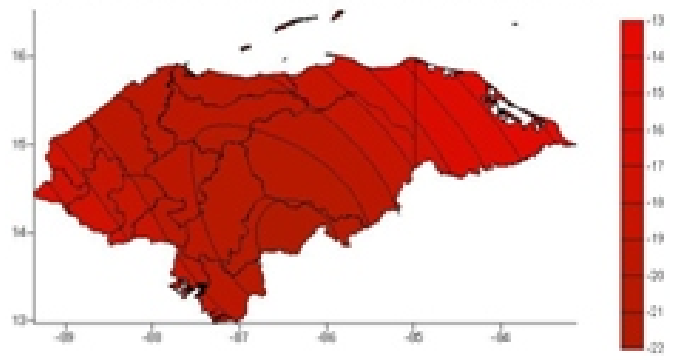
modelo y este escenario, el mes que mayor déficit de lluvia presenta es el mes de agosto ya que estima déficit de lluvia de cerca del 70 % en casi todo el departamento de Atlántida, el occidente de Colón, el oriente de Yoro y el noroccidente de Olancho, mientras que en la mayor parte del departamento de Gracias a Dios prácticamente no habría déficit de lluvia.

Anomalías (%) en la precipitación anual 2080, escenario A2, modelo PRECIS

Cambios en la precipitación anual año 2090, escenario A2 (%)



Cambios en la precipitación anual año 2090, escenario B2 (%)



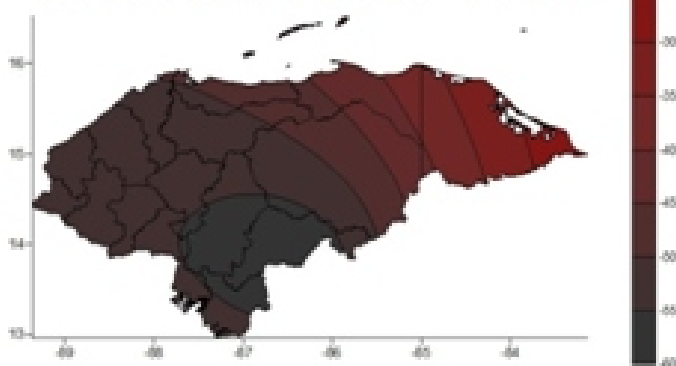
Escenarios 2090

Para el año 2090, los escenarios nos muestran un clima menos favorable ya que el escenario pesimista (A2) estima una disminución en la precipitación anual desde un 28 % hasta 31 % en los departamentos de Cortés, Atlántida, Yoro, Francisco Morazán, Comayagua y El Paraíso. También este rango de precipitación se espera en el norte de Choluteca, La Paz, oriente de Santa Bárbara, y occidente de Olancho, mientras que en la Mosquitia el déficit en la precipitación sería de un 20% anual. En esta ocasión el escenario optimista (B2) difiere

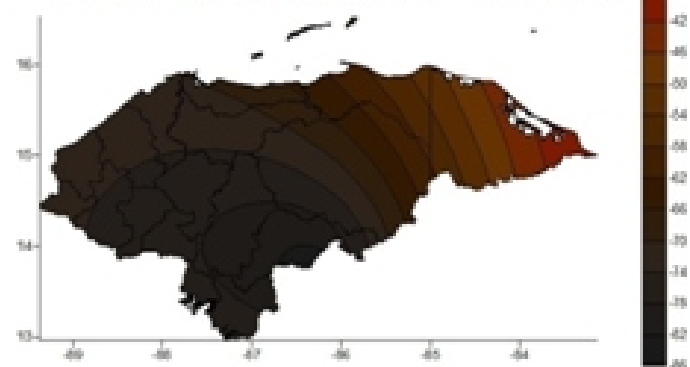
significativamente del escenario pesimista (A2) en las magnitudes de los cambios esperados por ejemplo para la precipitación estima disminuciones entre 20 y 22 % en los departamentos antes mencionados.

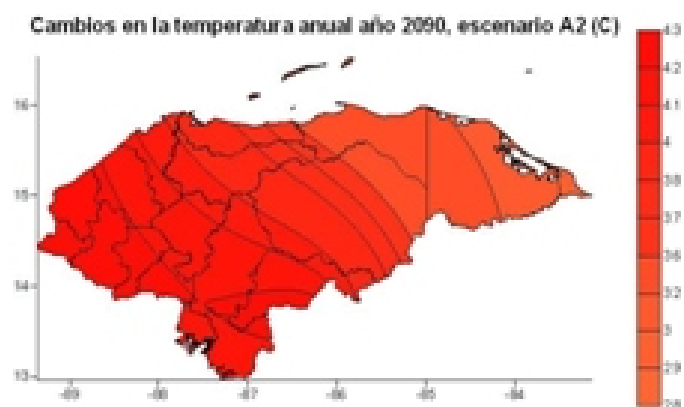
De nuevo los escenarios muestran que el mayor impacto será en los meses de julio y agosto cuando las precipitaciones pueden disminuir hasta un 80% en el occidente y sur según el escenario pesimista y hasta un 60 % según el escenario optimista (B2)

Déficit en la precipitación Julio año 2090, escenario B2 (%)



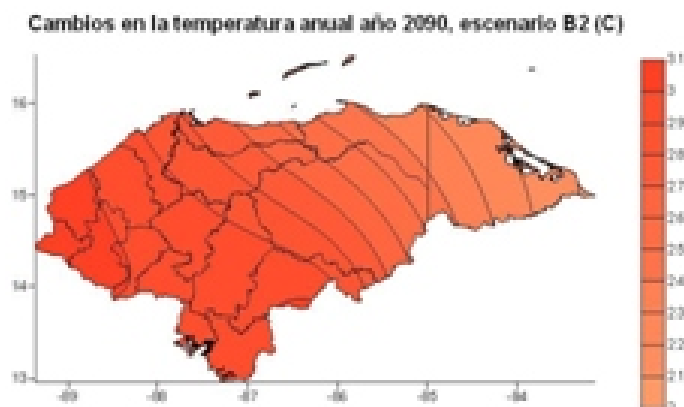
Déficit en la precipitación Julio año 2090, escenario A2 (%)





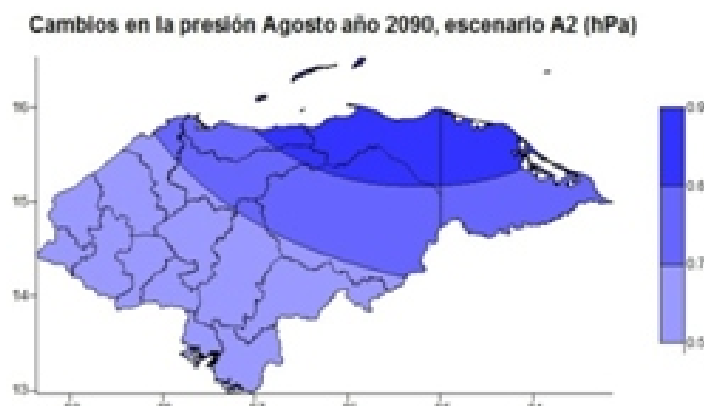
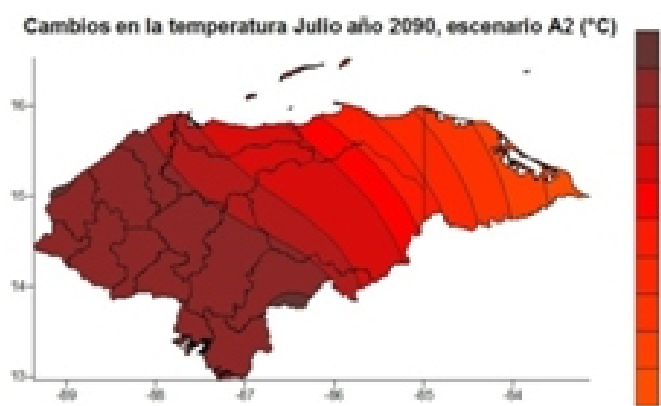
Según el escenario pesimista (A2) la temperatura media anual para este año se espera que se incremente hasta 4.3°C en el occidente centro y sur del país y cerca de 2.9°C en el departamento de Gracias a Dios. Mientras que de acuerdo al escenario optimista el incremento en la temperatura podría ser de hasta 3 grados °C para los departamentos de occidente, centro-sur y sur del país y de grados en la Mosquitia hondureña.

Como es de esperarse el mayor incremento en la temperatura se espera para los meses de julio y agosto, cuando la temperatura media



mensual puede incrementarse entre 4 y 5 °C en el occidente la mitad de la región central el sur y el sur oriente del país y cerca de 3°C en la Mosquitia.

La presión atmosférica se podría incrementar hasta casi un hectoPascal, según el escenario pesimista lo que implicaría condiciones desfavorables para formación de nubes de desarrollo vertical, típicas de la estación lluviosa tropical, con la consecuente disminución en la cantidad de lluvia durante esos meses y la extensión de la canícula.



V. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

El clima de Honduras es muy variado ya que la orografía del territorio es muy montañosa por lo que se registran cambios de temperatura de más de 20 °C, desde las zonas costeras hasta la punta de los picos más altos; esta misma orografía, marca la diferencia entre la distribución anual de la lluvia, la cual es distinta en el litoral Caribe, al resto del país donde muestran dos estaciones bien marcadas: la seca y la lluviosa.

Los vientos alisios son muy importantes en la determinación del clima de Honduras, ya que cuando este se intensifica, las lluvias en el sur y occidente del país disminuyen considerablemente, ya que la mayor cantidad de la humedad que arrastran estos vientos es descargada en el lado oriental de las sierras de Dipilto, Agalta, La Esperanza y Nombre de Dios, es decir a barlovento de dichas sierras.

El fenómeno El Niño provoca disminución de lluvias durante casi toda la temporada lluviosa, en especial en el mes de agosto y octubre donde el déficit de lluvia fácilmente supera el 60 %. Cuando el evento es débil llueve temprano en abril y mayo en el sur y cuando es moderado llueve más en junio, luego se vuelve deficitario para las regiones centro, sur oriente y occidente del país. En abril las temperaturas se incrementan en más de 0.6 °C en las regiones antes mencionadas. Lo mismo ocurre en agosto lo que implica una extensión del periodo de disminución de lluvias que se da en la temporada lluviosa y que conocemos como canícula.

En la temporada de frentes fríos de noviembre a febrero, El Niño favorece la entrada de más frentes fríos en noviembre si el evento es débil y en diciembre y enero si es moderado, durante El Niño los frentes disminuyen su presencia en el Caribe hondureño en el mes de febrero aunque al parecer pueden llegar más que el promedio en marzo.

Cuando se presentan condiciones de la Niña débil, se observa una disminución en la precipitación durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo sobre Honduras. Esto es consistente con los impactos que tiene la Niña en la costa sureste de los Estados Unidos de América, donde se ha caracterizado el predominio de condiciones más secas y cálidas entre diciembre y febrero, situación que lógicamente podría estar relacionada con una temporada muy pobre de invasión de masas polares hasta nuestras latitudes. Sin embargo todo parece indicar que si la intensidad del fenómeno de la Niña es moderada, favorece la entrada de frentes polares en diciembre a la costa Caribe hondureña.

Quizás las condiciones, arriba mencionadas, no son muy importantes para la región central, oriental, suroccidental y sur del país ya que es en este período cuando se presenta la estación seca cada año. Sin embargo, el déficit de precipitación observado entre abril, mayo y junio en estas regiones si es muy importante, ya que esto implica un pobre inicio de la estación lluviosa que podría estar relacionado con un desplazamiento al sur de la zona intertropical de convergencia y el cruce de ondas muy débiles sobre el territorio hondureño. La explicación sobre este comportamiento anómalo de la precipitación durante el inicio de la estación lluviosa cuando se presenta un evento Niña, podría encontrarse en el artículo elaborado por Alfaro (2002), donde explica que el inicio de la temporada lluviosa en Centroamérica depende del gradiente de la temperatura superficial del mar entre el Caribe y el Pacífico, que si el Pacífico está más caliente que el Caribe, llueve más temprano en Centroamérica y lo contrario sucede si el gradiente se invierte.

La canícula en el sur y suroriente se altera cuando hay Niña, ya que llueve más durante los

meses de julio y agosto, esto podría deberse a la entrada de humedad desde el Pacífico generado por el paso de ciclones tropicales por el Caribe noroccidental y el Golfo de México.

Los modelos de circulación general que mejor correlacionaron con la climatología de la región y en especial de Honduras fueron el canadiense CCCMA-31, el francés CNRM-CM3, el japonés MIROC-MED, el estadounidense NCARPCM1 y el inglés UKHADCM3, para la precipitación y la presión atmosférica. De estos los que mejor correlacionaron para la temperatura fueron el CCCMA-31, CNRM-CM3 y el UKHADCM3.

Tanto el escenario de emisión, de gases de efecto invernadero, optimista B2 como el pesimista A2 muestran cambios muy parecidos en magnitud para los parámetros de precipitación, temperatura y presión atmosférica para los años 2020 y 2050, las diferencias en las magnitudes entre ambos escenarios se vuelven más importantes para el 2090.

De acuerdo a los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero y los modelos seleccionados los cambios que podríamos esperar en la precipitación y temperatura para el año 2020 son cerca de un 6 % de disminución en la precipitación anual en los departamentos de Cortes, Santa Bárbara, Copán, Ocotepeque, Lempira, Intibucá, Comayagua, La Paz, Francisco Morazán, El Paraíso, Valle y Choluteca y un aumento de 0.8 °C en la temperatura media anual, especialmente en los departamentos del occidente y sur del país incluyendo la parte sur de los departamentos de Comayagua, Francisco Morazán y El Paraíso.

El oriente del departamento de Colón y Olancho y todo el departamento de Gracias a Dios es la región del país donde la disminución de la precipitación y el incremento de la temperatura son menores.

Para el año 2050 se estima una disminución en la precipitación con valores de 20% a 25% en la mayor parte del territorio nacional entre los meses de junio a agosto, sin embargo la disminución se vuelve más importante, durante los meses de julio y agosto cuando el déficit sobrepasa el 30% para la mayor parte del territorio especialmente los departamentos comprendidos en la mitad occidental de Honduras, esto nos hace suponer que la canícula, que es una disminución en las lluvias que se presenta a mitad de la temporada lluviosa, de la mayor parte del territorio nacional, se volverá más larga, caliente y seca de la que actualmente conocemos.

Los escenarios para el año 2090 son muy preocupantes, ya que los cambios esperados especialmente en los meses de julio y agosto en los cuales estaría lloviendo sólo un 40% o 30% de lo que actualmente llueve mientras que la temperatura se estaría incrementando más de 4°C en la mayor parte de Honduras y un incremento en la presión atmosférica de casi un hectopascal. Con estas condiciones podríamos sospechar que durante estos meses se podría presentar un fortalecimiento del flujo del viento del noreste y un mecanismo de bloqueo que no permitiría que los fenómenos tropicales que nos producen lluvia se desarrollen.

Estas condiciones de déficit de lluvia y temperaturas altas durante julio y agosto es análogo a las condiciones que se presentan bajo la influencia del fenómeno El Niño Oscilación del Sur, lo que nos hace suponer que esto podría ser una evidencia de que este fenómeno se podría volver más frecuente e intenso debido al calentamiento global. Bajo estos escenarios prácticamente los cultivos de primera en maíz que se siembran en el sur occidente, centro sur y sur de Honduras, prácticamente no se podrían dar sino se desarrollan medidas de adaptación ante estos cambios.

VI. BIBLIOGRAFIA

Aceituno, P. (1988). *On the functioning of the Southern Oscillation in the South America sector. Part I: Surface climate.* Mon. Weath. Rev., 116, 505 - 524.

Alfaro. (2002). *Some Characteristics of the Annual Precipitation Cycle in Central America and their Relationships with its Surrounding Tropical Oceans,* *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos,* Costa Rica, No 9.

Alfaro, E. (2002). *Response of Air Surface Temperatures over Central America to Oceanic Climate Variability Indices,* revista *Tópicos Meteorológicos* p. 63-72, Instituto Meteorológico Nacional San José Costa Rica.

Aguilar, E., et al. (2005). *Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America. 1961–2003,* J. Geophys. Res., 110, D23107, doi:10.1029/2005JD006119.

Alvarado, L.F., Campos, M., Zárate, E., Ramírez, P., Bonilla, A. (2005). *Escenarios de cambio climático para Centroamérica.* CRRH-UCR-CIGEFI-AIACC-LA06). San José, Costa Rica.

Bosque y García. (2001). Métodos de interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones. *Estudios geográficos,* 2001, LXII, nº 245, 2001, pp. 605-620, Caracas, Venezuela.

Campos y Argeñal. (2000). *Vulnerabilidad de Honduras al cambio climático; Escenarios Climáticos.* Reporte Final, Proyecto HON/97/G31.

CEPAL Sequía. (2001).
http://www.eird.org/esp/revista/No5_2002/pagina8.htm

Conde et al. (2008). *Fighting climate change,* *Human Development Report 2007/2008,* UNDP.

CPC, NOAA. (2008). Cold and Warm episodes by season,
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

CRRH. (2008). El Clima, su variabilidad y el cambio climático en Costa Rica.

Educación para vivir con el riesgo
http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/basic_docs/LwR2004esp/ch4-section3.pdf

Enfield, D. (1998). *Evolution and historical perspective of the 1997-1998 El Niño-Southern Oscillation event.* Bulletin of Marine Science, submitted, August 1998.

Fernández y Ramírez. (1991). *El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: una revisión.* *Tecnología en Marcha.* Vol. 11, No.1, 3-10.

García y Fernández. (2003). Relación entre la canícula y las temperaturas de la superficie del mar del Atlántico Tropical Norte y Niño 3.4: Desarrollo de un modelo empírico de pronóstico para la parte oriental del Salvador, *Revista Tópicos Meteorológicos,* Diciembre 2003, Volumen 10, número 2, Costa Rica.

Hastenrath, S. (1991). Climate Dynamics of the Tropics, *Kluwer Academic Publishers.* Norwell, USA. p. 113-145.

Hijmans et al. (2005). Very High Resolution Interpolated Climate Surface For Global Land Areas, *International Journal of Climatology,* 25, 2005, USA, p 1965-1978.

Aceituno, P. (1988). *On the functioning of the Southern Oscillation in the South America sector. Part I: Surface climate.* Mon. Weath. Rev., 116, 505 - 524.

Alfaro. (2002). *Some Characteristics of the Annual Precipitation Cycle in Central America and their Relationships with its Surrounding Tropical Oceans, Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, Costa Rica, No 9.*

Alfaro, E. (2002). *Response of Air Surface Temperatures over Central America to Oceanic Climate Variability Indices, revista Tópicos Meteorológicos p. 63-72, Instituto Meteorológico Nacional San José Costa Rica.*

Aguilar, E., et al. (2005). *Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America. 1961–2003, J. Geophys. Res., 110, D23107, doi:10.1029/2005JD006119.*

Alvarado, L.F., Campos, M., Zárate, E., Ramírez, P., Bonilla, A. (2005). *Escenarios de cambio climático para Centroamérica. CRRH-UCR-CIGEFI-AIACC-LA06).* San José, Costa Rica.

Bosque y García. (2001). *Métodos de interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones. Estudios geográficos, 2001, LXII, nº 245, 2001, pp. 605-620, Caracas, Venezuela.*

Campos y Argeñal. (2000). *Vulnerabilidad de Honduras al cambio climático; Escenarios Climáticos. Reporte Final, Proyecto HON/97/G31.*

CEPAL Sequía. (2001).
http://www.eird.org/esp/revista/No5_2002/pagina8.htm

Conde et al. (2008). *Fighting climate change, Human Development Report 2007/2008, UNDP.*

CPC, NOAA. (2008). *Cold and Warm episodes by season,*
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

CRRH. (2008). *El Clima, su variabilidad y el cambio climático en Costa Rica.*

Educación para vivir con el riesgo

http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/basic_docs/LwR2004esp/ch4-section3.pdf

Enfield, D. (1998). *Evolution and historical perspective of the 1997-1998 El Niño-Southern Oscillation event.* Bulletin of Marine Science, submitted, August 1998.

Fernández y Ramírez. (1991). *El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: una revisión. Tecnología en Marcha. Vol. 11, No.1, 3-10.*

García y Fernández. (2003). *Relación entre la canícula y las temperaturas de la superficie del mar del Atlántico Tropical Norte y Niño 3.4: Desarrollo de un modelo empírico de pronóstico para la parte oriental del Salvador, Revista Tópicos Meteorológicos, Diciembre 2003, Volumen 10, número 2, Costa Rica.*

Hastenrath, S. (1991). *Climate Dynamics of the Tropics, Kluwer Academic Publishers. Norwell, USA. p. 113-145.*

Hijmans et al. (2005). *Very High Resolution Interpolated Climate Surface For Global Land Areas, International Journal of Climatology, 25, 2005, USA, p 1965-1978.*

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Geneva, SWITZERLAND.*

IPCC. (2001). *Cambio Climático, Vulnerabilidad; Segundo informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, IPCC, Ginebra Suiza.

IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]*. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

Jiménez, M. (2005). El Niño y el sector agropecuario centroamericano: Alerta, impacto y respuesta. *Comunica online*, Edición Nº 2, II Etapa, abril, 2005, <http://www.iica.org.uy/data/documentos/92468.pdf>

Leon, Pobreza y hambre

[http://www.unicef.org/lac/Pobreza_hambre_y_seg_ali_CA_Panama_es\(1\).pdf](http://www.unicef.org/lac/Pobreza_hambre_y_seg_ali_CA_Panama_es(1).pdf)

Magaña y Vásquez. (2001). Sobre los usos del pronóstico de El Niño en América Latina y el Caribe, *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres en América Latina y el Caribe*. Revista 2, 2001. http://www.eird.org/esp/revista/No2_2001/pagina8.htm

Martínez, B., C. Conde, O. Sánchez, F. Estrada, A. Fernandez, J. Zavala, C. Gay. (2009). *Escenarios de Cambio Climático (2030 y 2050) para México y Centro América. Temperatura y Precipitación*. Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), Universidad Nacional Autónoma de México.

OMM. (2006). *Vigilancia y Alerta Temprana de la sequía*, Organización Meteorológica Mundial. OMM-Nº 1006, Ginebra, Suiza.

OPS. (2003). *Logros en salud en Centroamérica: 5 años después de Mitch*, Organización Panamericana de la Salud, ISBN 92 75 32489 1, Washington, D.C.

Parry, M. y T. Carter. (1998). Climate impact and adaptation assessment. A guide to the IPCC approach. *Earthscan Publication*, London, 166 pp.

Pastrana, D. (1976) *Precipitaciones intensas asociadas con huracanes y empujes polares en Honduras*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Rogers, J. C. (1988). The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. *American Meteorological Society*.

Sequia. (2001). <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/2/9452/l510-4.pdf>

SERNA. (2000). *Primera Comunicación de Honduras a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Tegucigalpa Honduras

Trenberth, K. (1997). The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. 78, No. 12, December 1997, USA.

Trenberth, K., Caron, J., Stepaniak, D. and Worley S. (2002). Evolution of El Niño-Southern Oscillation and Global atmospheric surface temperatures. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 107, No. D8, USA.

Valle A. And Bosley K. (2003). Reversing circulation patterns in a tropical estuary. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, NO, C10, 3331.

VII. Anexos

Anexo 1: Figuras

Figura # 1 Efectos de El Niño

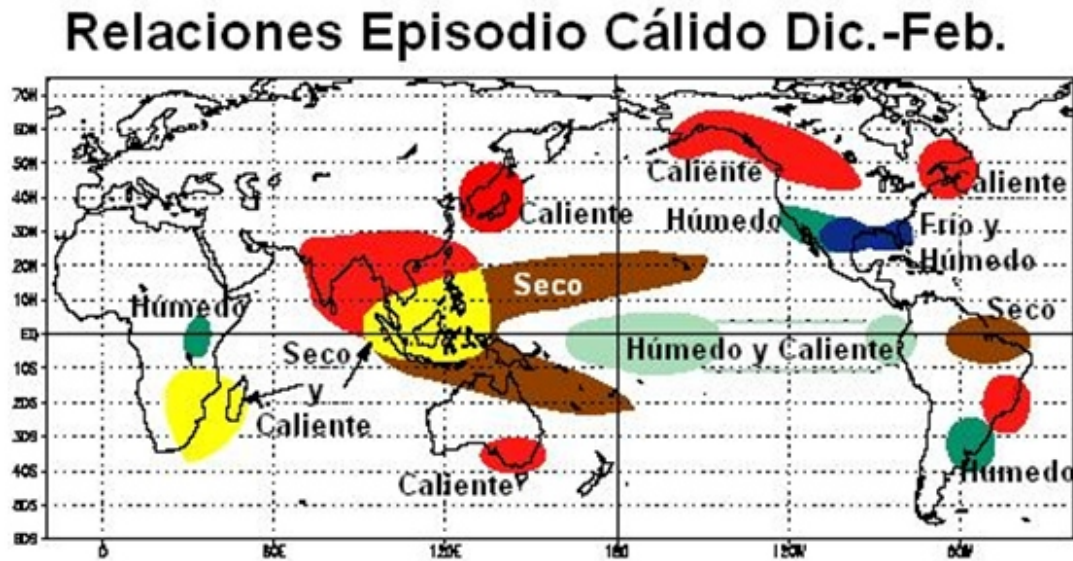


Figura # 2 Condiciones de La Niña

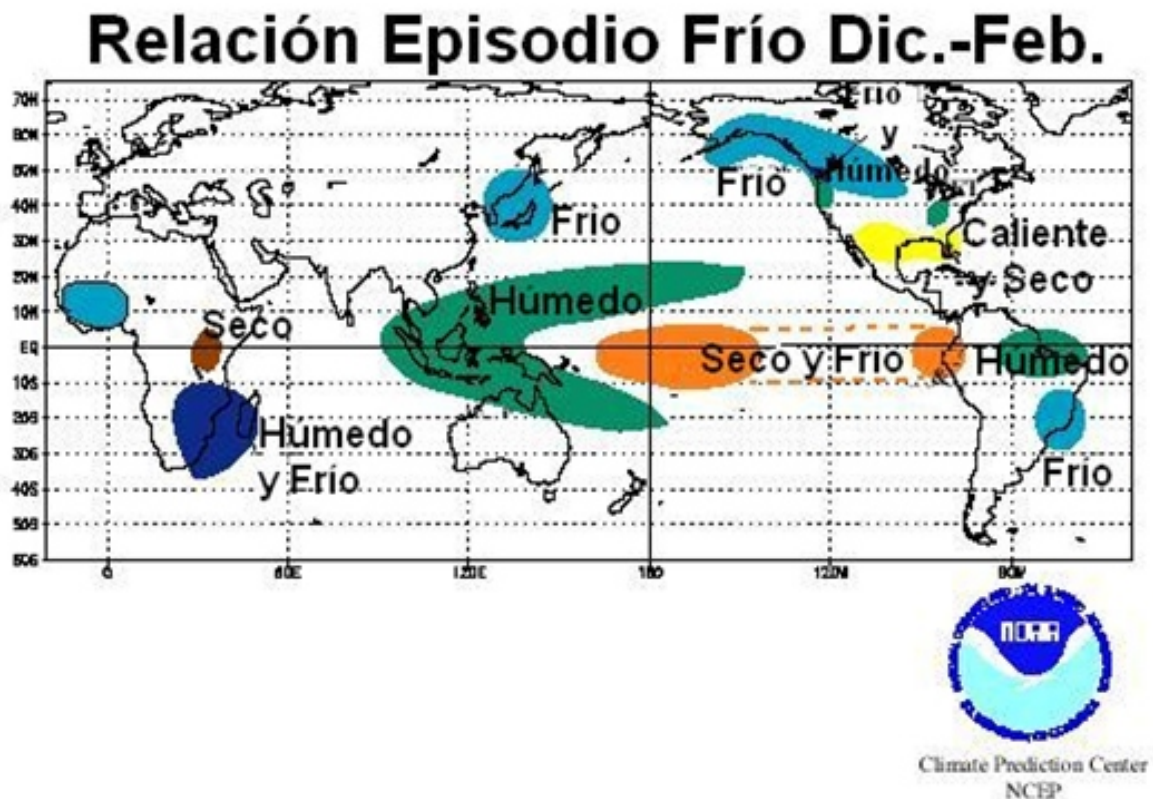


Tabla # 1
Ubicación de Estaciones

Estación	Longitud	Latitud
Agua Caliente FM	-87.2939	14.6819
Alianza	-87.7236	13.5153
Animas	-86.6067	14.2072
Azacualpa	-86.1100	14.4367
Catacamas	-85.8756	14.8367
Cayetano	-86.0142	14.4611
Choluteca	-87.1537	13.3183
Cololaca	-88.8819	14.3056
Coyolar	-87.5108	14.3167
El Guineo	-85.8608	14.3514
El Jaral	-88.0047	14.9375
El Junquillo	-86.1803	14.2364
El Vijao	-86.4086	14.4506
Erandique	-88.4667	14.2322
Esquíás	-87.3694	14.7414
Flores Comayagua	-87.5683	14.2917
Goascoran	-87.7542	13.9417
Guanaja	-85.9027	16.4438
Guayabillas	-86.2917	14.5856
Guinope	-86.9375	13.8917
Isleta	-86.7056	14.2208
La Ceiba	-86.8434	15.7480
La Ermita	-87.0681	14.4667
La Labor	-89.0167	14.4686
La Libertad F.M.	-87.5064	13.7153
La Lima	-86.5978	14.5553
La Mesa	-87.9296	15.4498
La Virtud	-88.6950	14.0575
Liure	-87.0869	13.5331
Manto	-86.3775	14.9206
Maraita	-87.0381	13.9342
Marale	-87.1672	14.8942
Marcovia	-87.3128	13.2872

Mesetas	-85.7658	14.8064
Níspero	-88.3381	14.7717
Nueva Armenia	-87.1644	13.7533
Palmital	-87.8150	14.8536
Pito Solo	-88.0117	14.7750
Playitas	-87.7017	14.4236
Portillo D. Mora	-87.7672	14.4181
Potreros	-87.7625	14.0011
Puerto Lempira	-83.7750	15.2637
Quimistan	-88.4069	15.3428
Rio Abajo	-86.8114	14.4403
San Antonio	-86.3125	14.6633
San Antonio de Flores	-86.8842	13.7203
San Felipe	-86.7156	14.2081
San Ignacio	-87.0406	14.6564
San Isidro Teupacenti	-86.6917	14.2933
San Jerónimo	-87.6042	14.6258
San Lorenzo	-87.4403	13.4236
San Lucas	-86.9522	13.7411
San Marcos de Colon	-86.8014	13.4375
San Nicolás	-87.3417	14.7142
Santa Elena	-87.9208	14.8928
Santa María	-86.2425	14.1458
Santa Rita	-87.8742	15.1947
Santa Rosa de Copan	-88.7744	14.7743
Sulaco	-87.2650	14.9100
Tegucigalpa	-87.2162	14.0598
Tela	-87.4730	15.7760
Texiguat	-87.0208	13.6458
Ulapa	-88.6044	14.9731
Valladolid	-88.7347	14.1514
Vallecillo	-87.3958	14.5175
Villa Ahumada	-86.5717	14.0042
Yorito	-87.2806	15.0661

Tabla # 2
Índice Oceanográfico del Niño

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.7	-1.5	-1.4	-1.4	-1.3	-1.2	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1
1951	-1.1	-0.9	-0.7	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.6
1952	0.3	0.2	0.1	0.1	0	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1
1953	0.1	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
1954	0.3	0.2	-0.2	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-1.1	-1.2	-1.1	-1.1	-1
1955	-1	-0.9	-0.9	-1	-1.1	-1	-1	-1	-1.4	-1.8	-2	-1.7
1956	-1.2	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7
1957	-0.5	-0.1	0.3	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.5
1958	1.7	1.5	1.1	0.7	0.5	0.5	0.4	0.2	0	0	0.2	0.4
1959	0.4	0.5	0.4	0.2	0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3
1960	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	0	0	0	-0.2	-0.2	-0.2
1961	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4
1962	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.7
1963	-0.6	-0.3	0	0.1	0.1	0.3	0.7	0.9	0.9	0.9	1	1
1964	0.9	0.4	0	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-1	-1.1	-1.1	-1
1965	-0.8	-0.5	-0.2	0	0.3	0.7	1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5
1966	1.2	1.1	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5	-0.2	0	0	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.5
1968	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.4	0	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	0.9
1969	1	1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6
1970	0.5	0.3	0.2	0.1	0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-1.1
1971	-1.3	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1	-0.9
1972	-0.7	-0.3	0	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	0	-0.5	-0.8	-1	-1.2	-1.4	-1.7	-1.9	-2
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-0.7
1975	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.1	-1.3	-1.3	-1.5	-1.6	-1.7	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.9	-0.6	-0.5	-0.2	0.1	0.3	0.6	0.8	0.8	0.8
1977	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8
1978	0.8	0.5	0	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1
1979	-0.1	0	0.1	0.2	0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0	-0.1	0	0	0
1981	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0
1982	0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.7	0.8	1	1.5	1.9	2.2	2.3
1983	2.3	2.1	1.6	1.3	1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.7	-0.9	-0.7
1984	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.2	0.4	0.6	0.9	1	1.2
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.2	1.1
1988	0.7	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.4	-1.2	-1.3	-1.6	-2	-2
1989	-1.8	-1.6	-1.2	-0.9	-0.7	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
1991	0.4	0.4	0.3	0.3	0.6	0.8	1	0.9	0.9	0.9	1.3	1.6
1992	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.3
1993	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
1994	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.9	1.3	1.3
1995	1.2	0.9	0.6	0.3	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8
1996	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1997	-0.4	-0.3	-0.1	0.3	0.8	1.3	1.7	2	2.2	2.4	2.5	2.5
1998	2.3	2	1.4	1.1	0.4	-0.1	-0.7	-1	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1	-1	-1.2	-1.4	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1	-0.8	-0.6	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.1	0	0	-0.1	-0.1	-0.2
2002	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.9	1.1	1.3	1.5	1.4
2003	1.2	0.9	0.5	0.1	-0.1	0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4
2004	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
2005	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.1	1.1
2007	0.8	0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-1.0	-1.1	-1.3
2008	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.6

Tabla #3

Estadísticas de la Temperatura de la Línea Base Climática, promedios anuales.

Estadísticas de la temperatura de los Modelos de Circulación General											
Anual Global				Anual Regional				Anual Nacional			
Modelo	Correl.	ECM °C	# Ptos.	Modelo	Correl.	ECM °C	# ptos.	Modelo	Correl	ECM °C	# ptos.
CCSM--30	0.997	1.635	10368	BCCRBCM2	0.905	2.582	30	MIROC-HI	0.966	1.133	8
MPIECH-5	0.997	1.795	10368	MPIECH-5	0.892	0.593	30	BCCRBCM2	0.905	2.897	8
MODBAR	0.997	2.181	10368	CNRM-CM3	0.874	2.925	30	UKHADGEM	0.896	1.644	8
MIROC-HI	0.996	1.791	10368	UKHADGEM	0.813	1.613	30	CCCMA-31	0.893	1.171	8
MRI-232A	0.996	2.912	10368	MIROC-HI	0.801	1.435	30	MPIECH-5	0.882	0.837	8
UKHADCM3	0.996	2.729	10368	MRI-232A	0.776	0.822	30	CNRM-CM3	0.822	2.991	8
GFDLCM21	0.995	2.427	10368	MODBAR	0.727	1.420	30	GFDLCM20	0.800	1.430	8
UKHADGEM	0.995	3.630	10368	ECHO---G	0.641	0.993	30	MODBAR	0.795	1.183	8
MIROCMED	0.994	2.542	10368	CCSM--30	0.629	1.355	30	GFDLCM21	0.682	1.129	8
NCARPCM1	0.994	3.376	10368	CCCMA-31	0.628	2.102	30	INMCM-30	0.674	1.342	8
CSIRO-30	0.993	3.416	10368	UKHADCM3	0.611	1.069	30	CCSM--30	0.668	1.199	8
IPSL_CM4	0.993	2.944	10368	GISS--ER	0.599	1.694	30	ECHO---G	0.661	1.485	8
BCCRBCM2	0.992	4.438	10368	GFDLCM20	0.582	1.743	30	MRI-232A	0.647	1.428	8
CNRM-CM3	0.992	2.969	10368	GFDLCM21	0.562	1.547	30	UKHADCM3	0.567	1.510	8
GFDLCM20	0.992	3.433	10368	INMCM-30	0.517	1.916	30	NCARPCM1	0.488	2.306	8
CCCMA-31	0.991	4.152	10368	NCARPCM1	0.505	2.731	30	GISS--ER	0.313	1.809	8
ECHO---G	0.991	2.672	10368	FGOALS1G	0.329	2.050	30	FGOALS1G	0.239	1.564	8
GISS--ER	0.991	2.732	10368	IPSL_CM4	0.130	1.865	30	CSIRO-30	-0.285	2.388	8
INMCM-30	0.991	3.354	10368	GISS--EH	-0.122	1.315	30	IPSL_CM4	-0.301	1.748	8
GISS--EH	0.986	3.447	10368	CSIRO-30	-0.390	2.409	30	GISS--EH	-0.314	1.927	8
FGOALS1G	0.968	6.250	10368	MIROCMED	-0.596	2.041	30	MIROCMED	-0.777	2.589	8

Tabla # 4

Estadísticas de la Precipitación de la Línea Base Climática, promedios anuales.

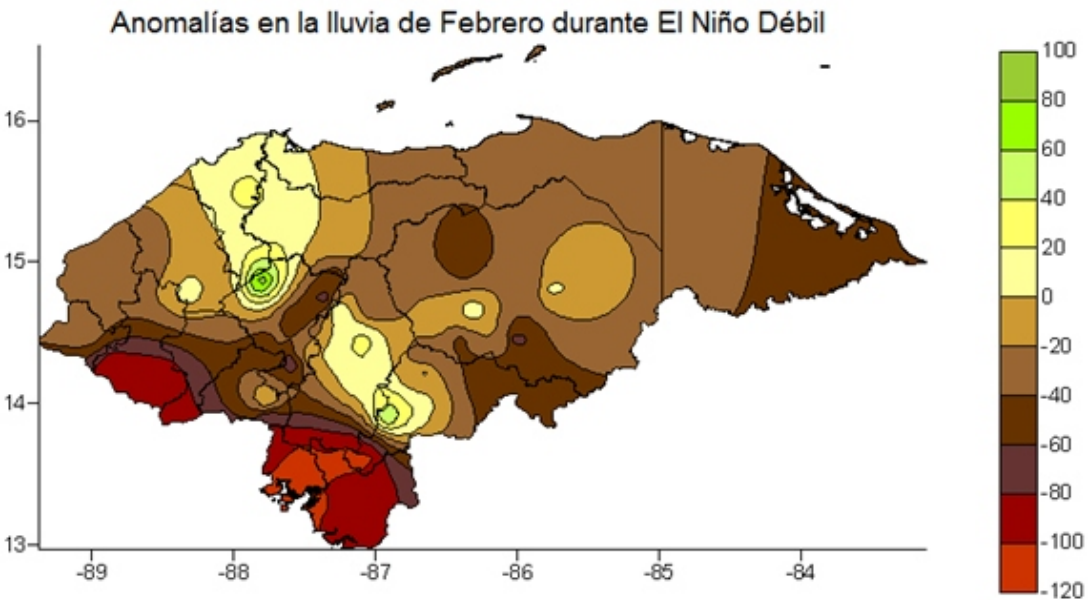
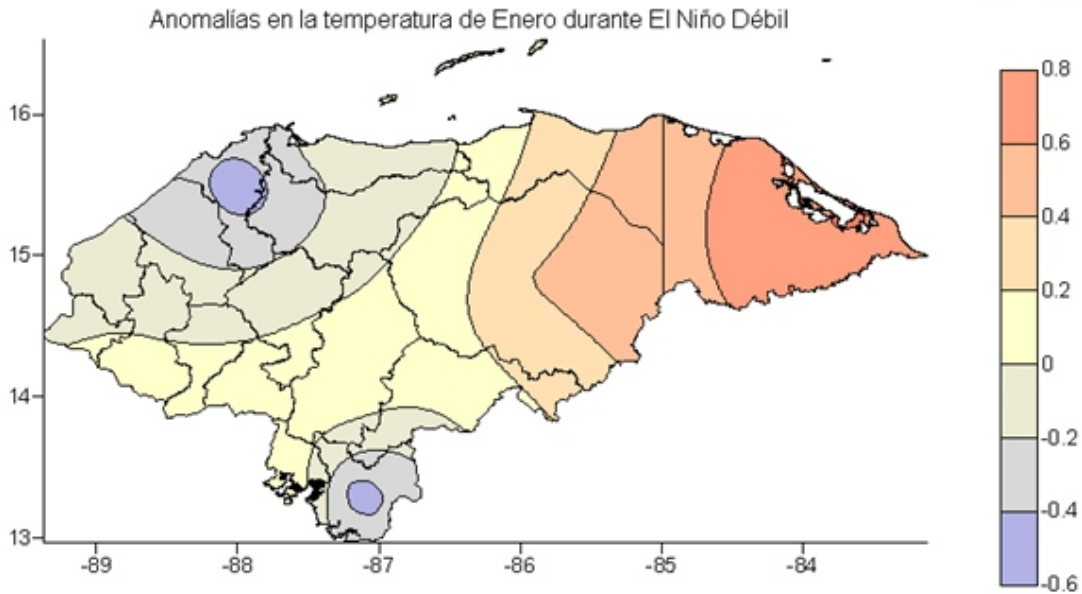
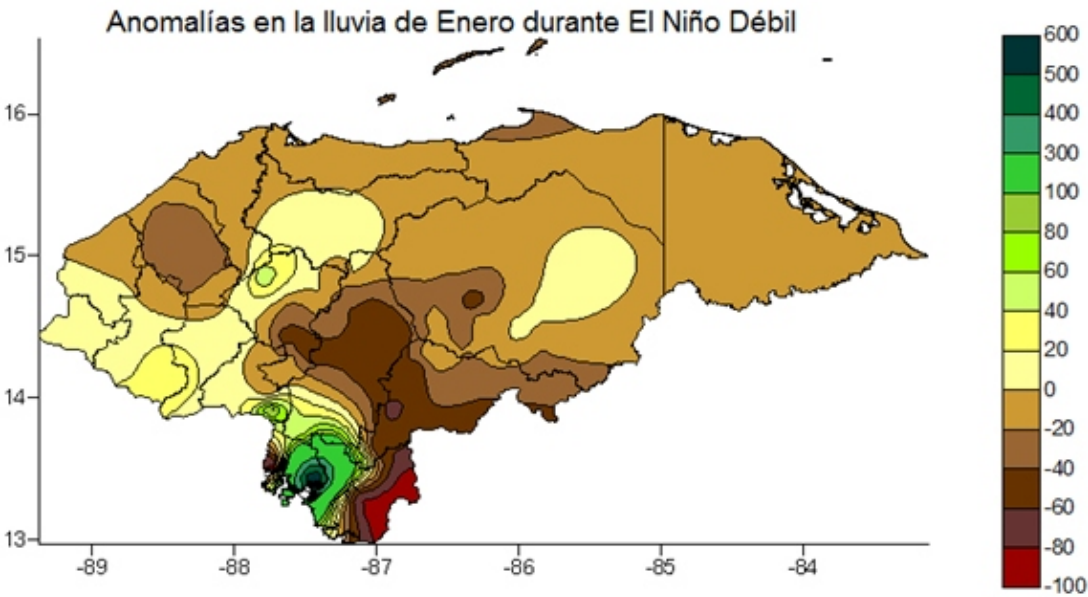
Estadísticas de precipitación de los Modelos de Circulación General											
Global				Regional				Nacional			
Modelo	Correl	ECM %	# ptos.	Modelo	Correl	ECM %	# ptos.	Modelo	Correl	ECM %	# ptos.
MODBAR	0.921	0.742	10368	IPSL_CM4	0.879	3.296	30	MIROCMED	0.849	3.023	8
ECHO---G	0.919	0.751	10368	MIROCMED	0.874	2.867	30	IPSL_CM4	0.661	3.469	8
CCCMA-31	0.907	0.794	10368	CCCMA-31	0.847	0.877	30	CCCMA-31	0.652	0.603	8
MRI-232A	0.900	0.816	10368	MODBAR	0.810	1.687	30	MPIECH-5	0.318	1.378	8
GFDLCM20	0.887	0.927	10368	MRI-232A	0.801	1.337	30	UKHADCM3	0.229	2.367	8
GFDLCM21	0.881	0.959	10368	MIROC-HI	0.758	2.299	30	GISS--ER	0.006	1.630	8
UKHADCM3	0.880	1.048	10368	UKHADGEM	0.738	1.137	30	NCARPCM1	-0.030	2.796	8
MIROCMED	0.858	0.983	10368	GFDLCM21	0.698	1.878	30	INMCM-30	-0.110	3.525	8
CSIRO-30	0.845	1.007	10368	MPIECH-5	0.676	1.251	30	FGOALS1G	-0.180	2.733	8
MPIECH-5	0.839	1.140	10368	GFDLCM20	0.664	1.774	30	CNRM-CM3	-0.210	0.732	8
MIROC-HI	0.834	1.130	10368	UKHADCM3	0.612	2.109	30	UKHADGEM	-0.260	1.066	8
IPSL_CM4	0.833	1.069	10368	ECHO---G	0.600	1.444	30	CSIRO-30	-0.290	4.007	8
FGOALS1G	0.831	1.116	10368	FGOALS1G	0.590	2.623	30	CCSM--30	-0.550	3.494	8
UKHADGEM	0.831	1.347	10368	CNRM-CM3	0.568	1.053	30	GISS--EH	-0.630	0.916	8
CCSM--30	0.830	1.112	10368	GISS--EH	0.534	1.180	30	MODBAR	-0.660	1.690	8
BCCRBCM2	0.829	1.103	10368	BCCRBCM2	0.504	1.103	30	MIROC-HI	-0.740	2.183	8
GISS--ER	0.814	1.191	10368	INMCM-30	0.464	3.312	30	GFDLCM21	-0.750	2.211	8
CNRM-CM3	0.813	1.211	10368	GISS--ER	0.407	2.057	30	GFDLCM20	-0.800	2.116	8
GISS--EH	0.782	1.265	10368	NCARPCM1	0.350	2.842	30	MRI-232A	-0.830	1.709	8
INMCM-30	0.753	1.328	10368	CSIRO-30	0.011	4.278	30	ECHO---G	-0.920	2.174	8
NCARPCM1	0.734	1.415	10368	CCSM--30	-0.040	3.888	30	BCCRBCM2	-0.970	1.576	8

Tabla # 5

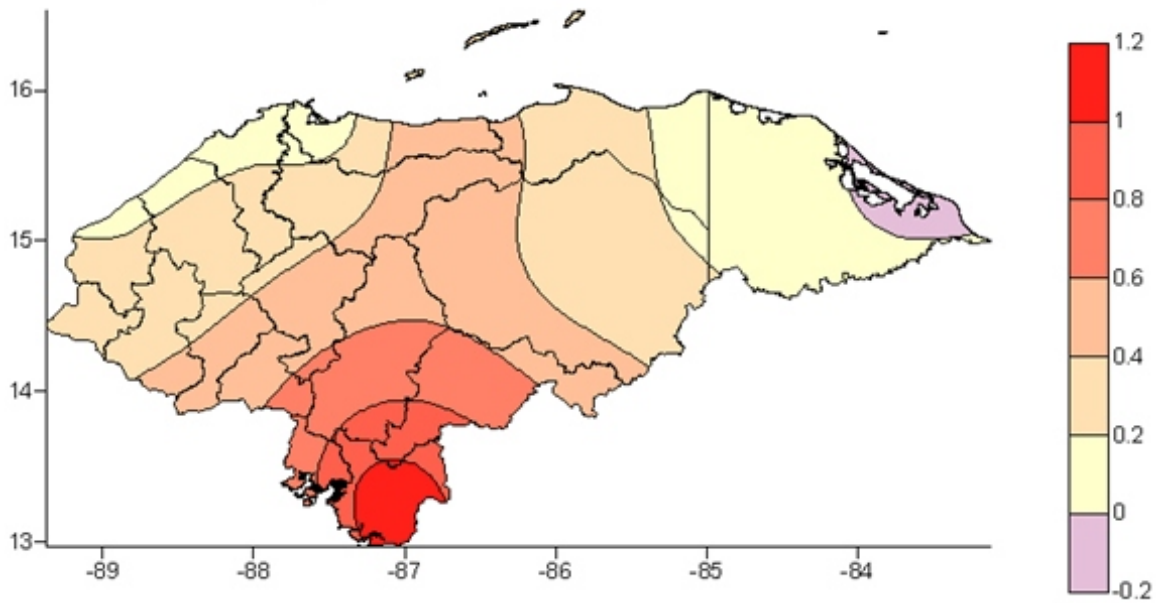
Comparación de la correlación los modelos con la LBC de precipitación estacional en Honduras.

Comparaciones de la correlación de la Precipitación					
Modelo	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
MIROCMED	0.849	-0.607	0.849	0.439	0.938
IPSL_CM4	0.661	0.654	0.293	0.820	0.676
CCCMA-31	0.652	0.482	0.044	0.661	0.811
MPIECH-5	0.318	-0.646	0.058	0.416	0.811
UKHADCM3	0.229	0.040	0.365	0.303	0.877
GISS--ER	0.006	0.247	-0.043	-0.134	0.432
NCARPCM1	-0.028	-0.157	0.058	0.431	0.948
INMCM-30	-0.112	-0.074	0.027	0.011	0.876
FGOALS1G	-0.176	-0.454	0.244	0.159	0.897
CNRM-CM3	-0.207	-0.633	-0.116	0.627	0.950
UKHADGEM	-0.256	-0.819	0.042	-0.045	0.721
CSIRO-30	-0.293	-0.440	-0.295	-0.279	0.757
CCSM--30	-0.549	-0.782	-0.029	-0.047	0.640
GISS--EH	-0.625	0.384	-0.007	-0.418	0.845
MODBAR	-0.657	-0.861	-0.044	-0.122	0.874
MIROC-HI	-0.744	-0.869	0.103	-0.287	0.756
GFDLCM21	-0.754	0.311	-0.183	-0.785	0.646
GFDLCM20	-0.796	-0.612	-0.231	-0.401	0.785
MRI-232A	-0.834	-0.951	-0.170	-0.556	0.837
ECHO---G	-0.915	-0.968	-0.230	-0.582	0.600
BCCRBCM2	-0.967	-0.809	-0.324	-0.647	0.800

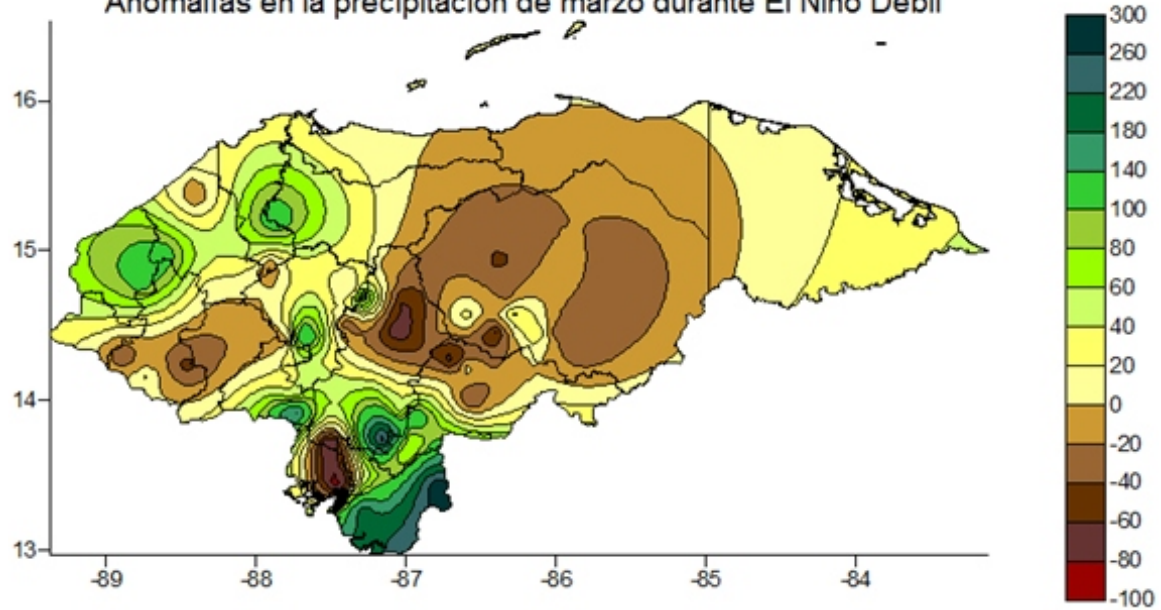
Anexo 3: Mapas



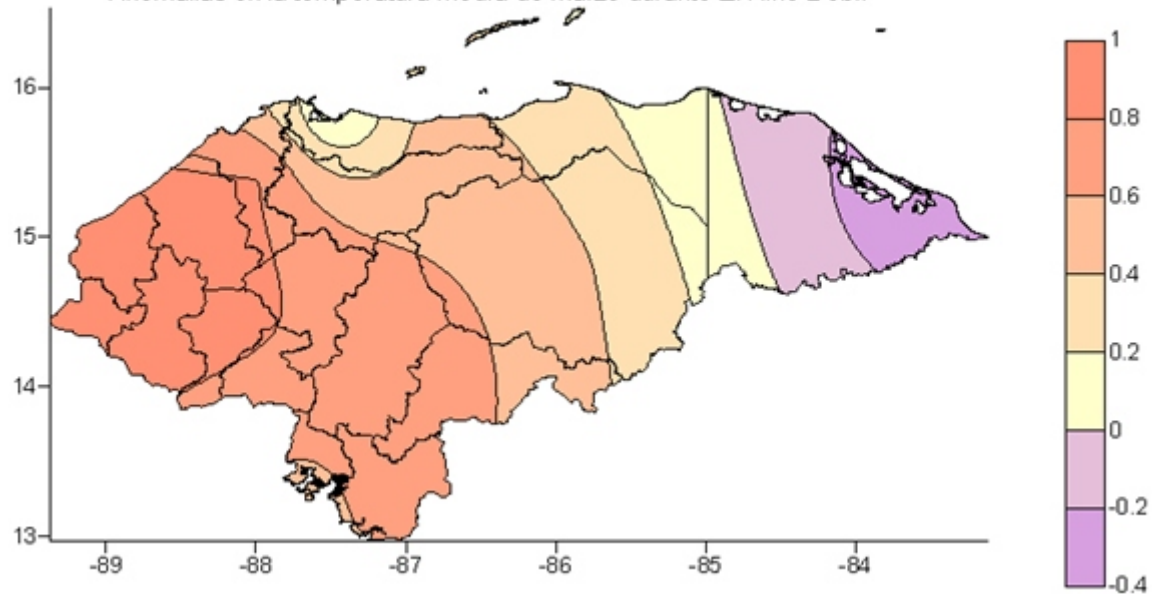
Anomalías en la temperatura media de Febrero durante El Niño Débil



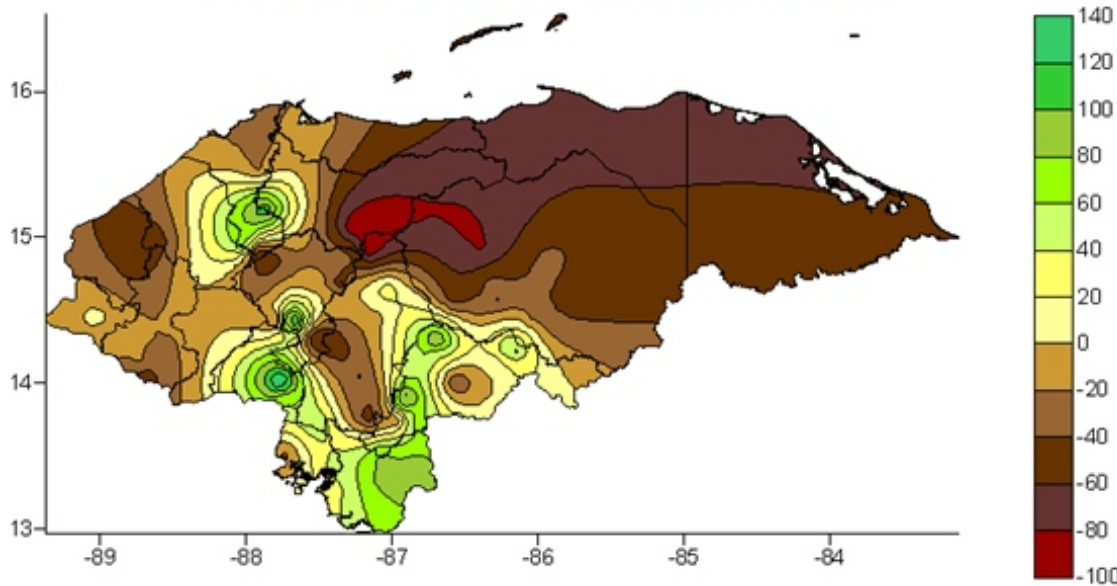
Anomalías en la precipitación de marzo durante El Niño Débil



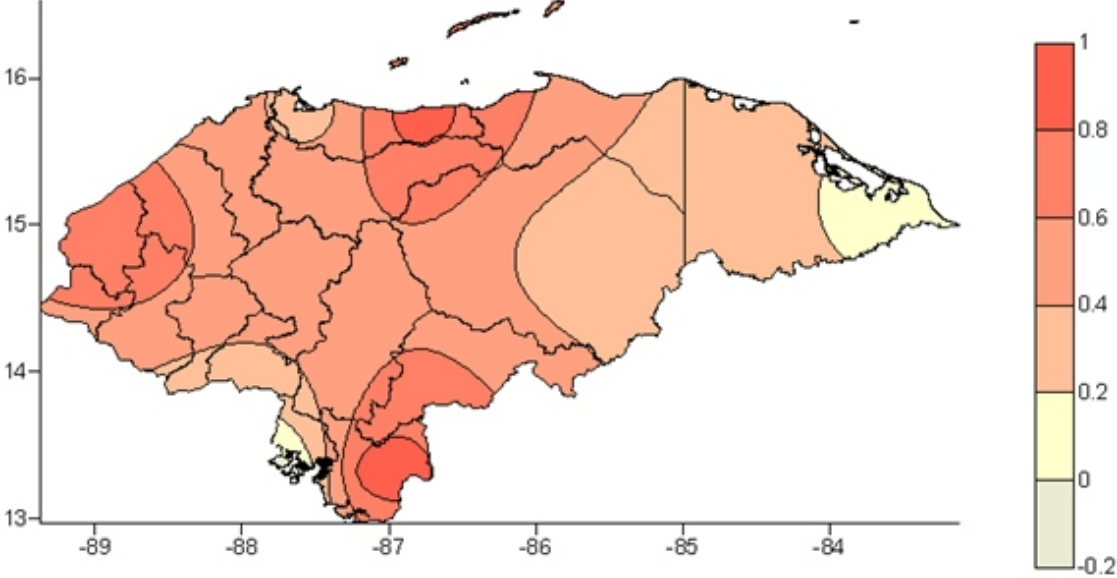
Anomalías en la temperatura media de Marzo durante El Niño Débil



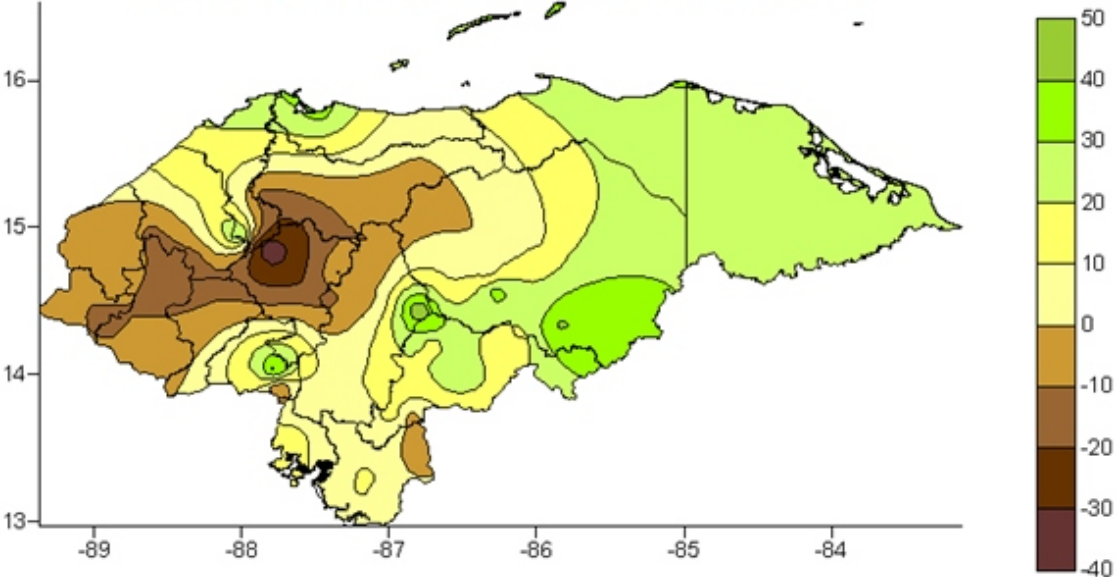
Anomalías en la lluvia en Abril durante el Niño Débil

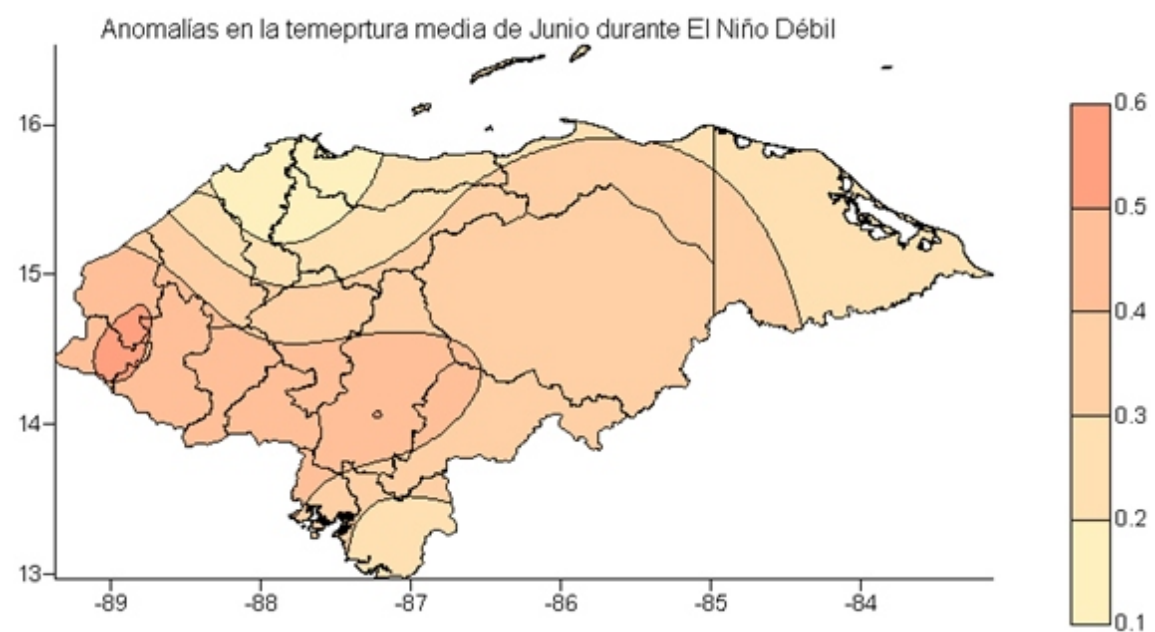
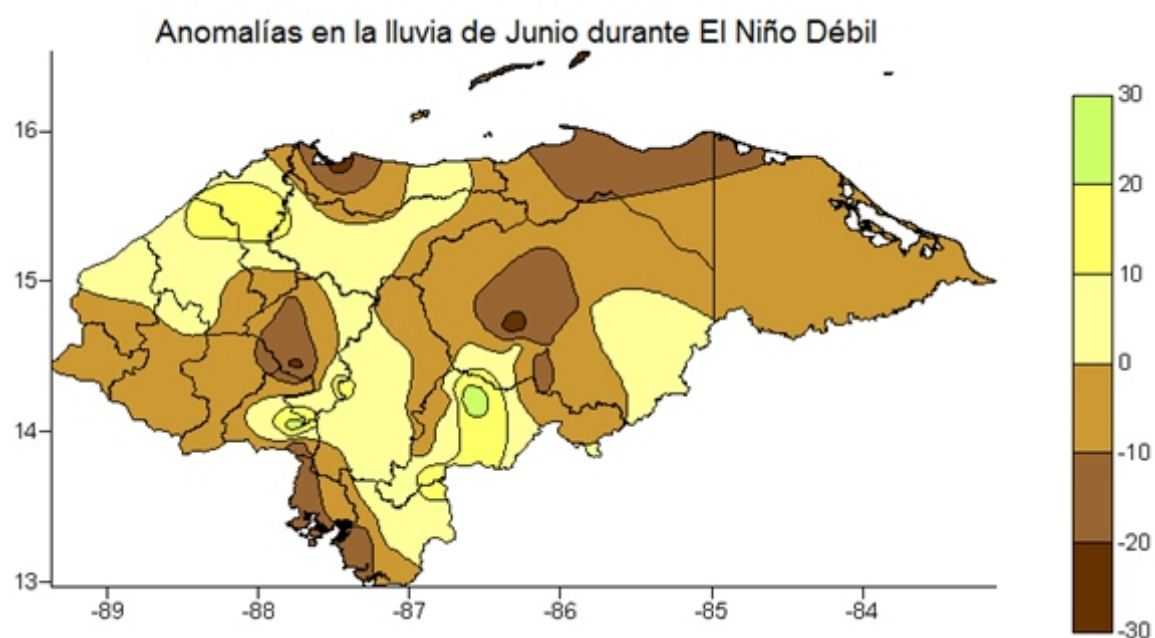
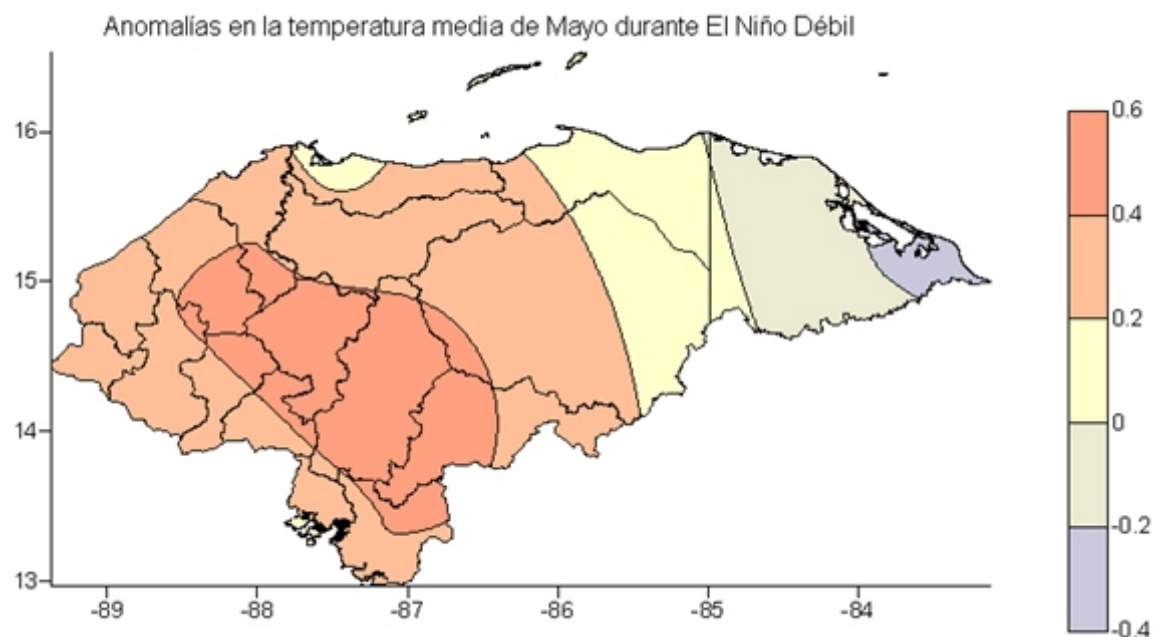


Anomalías en la temperatura media de Abril durante el El Niño Débil

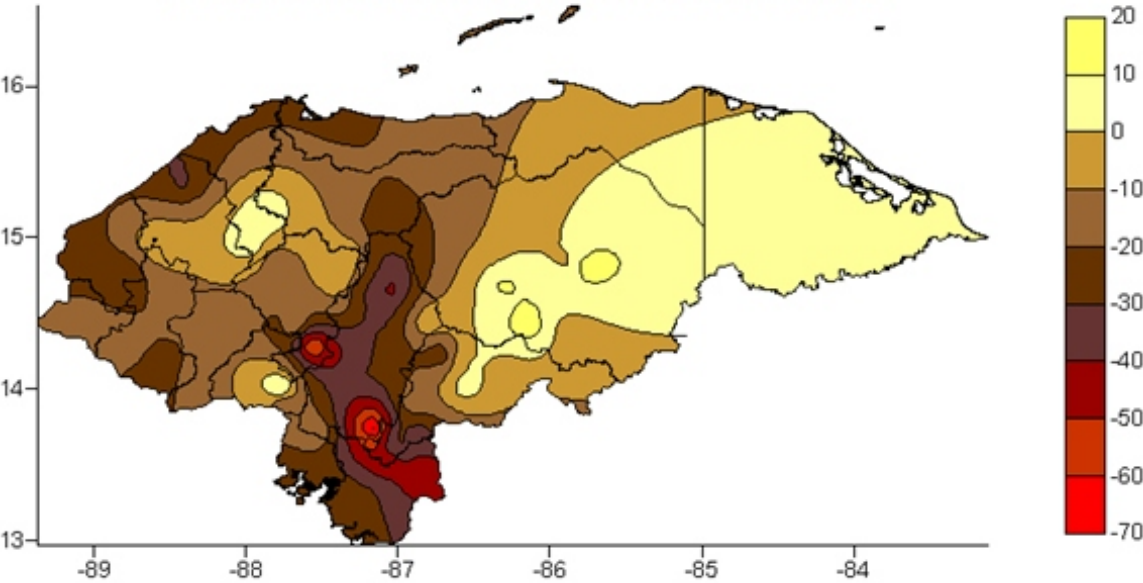


Anomalías en la lluvia de Mayo durante El Niño Débil

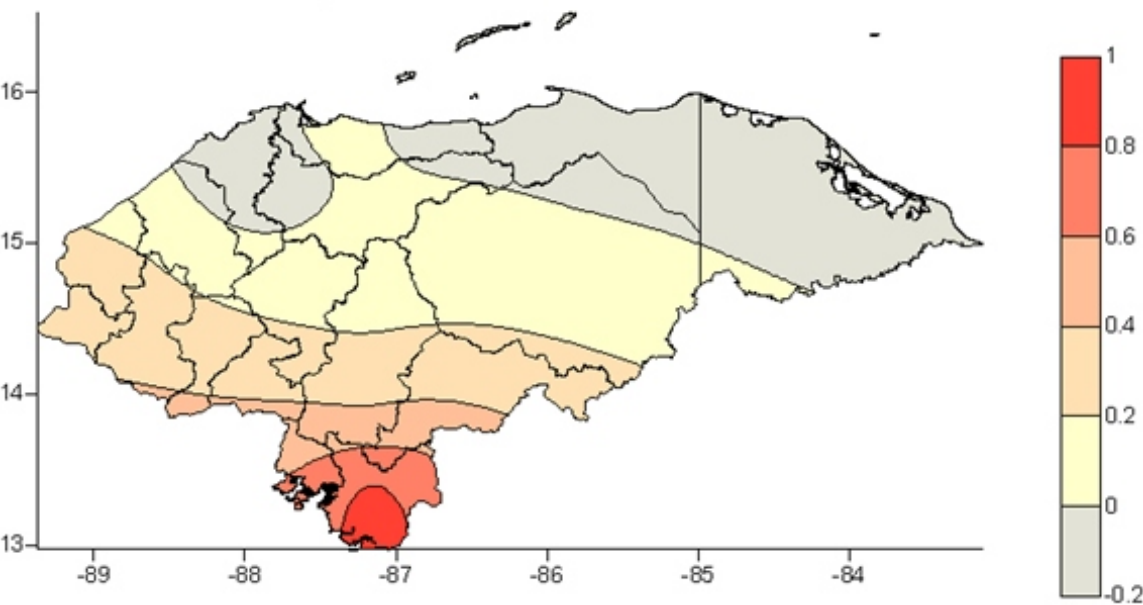




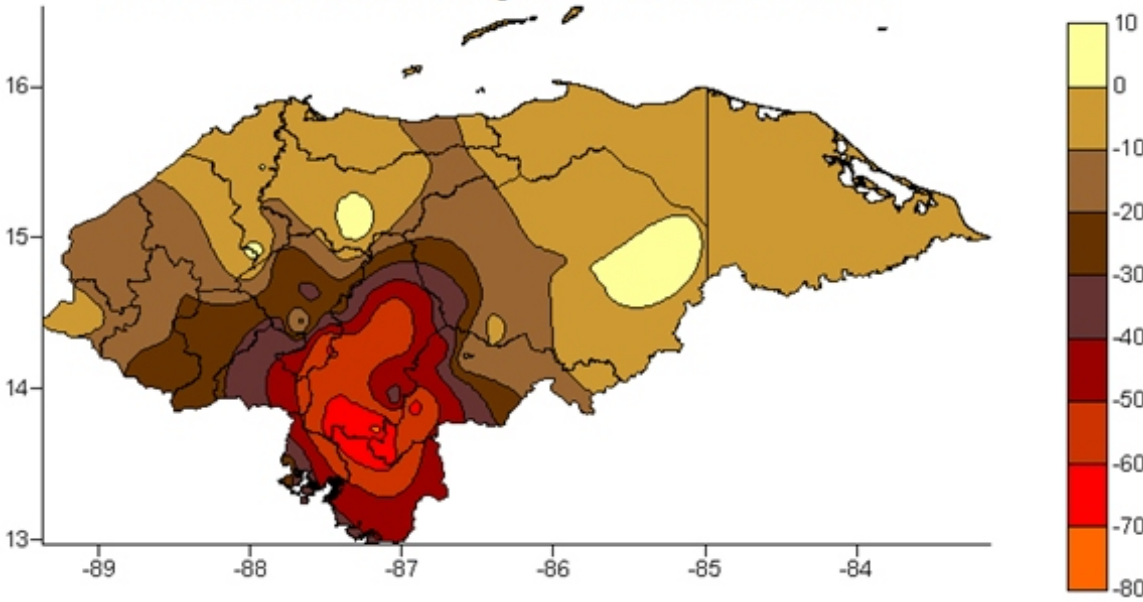
Anomalías en la lluvia de Julio durante El Niño Débil

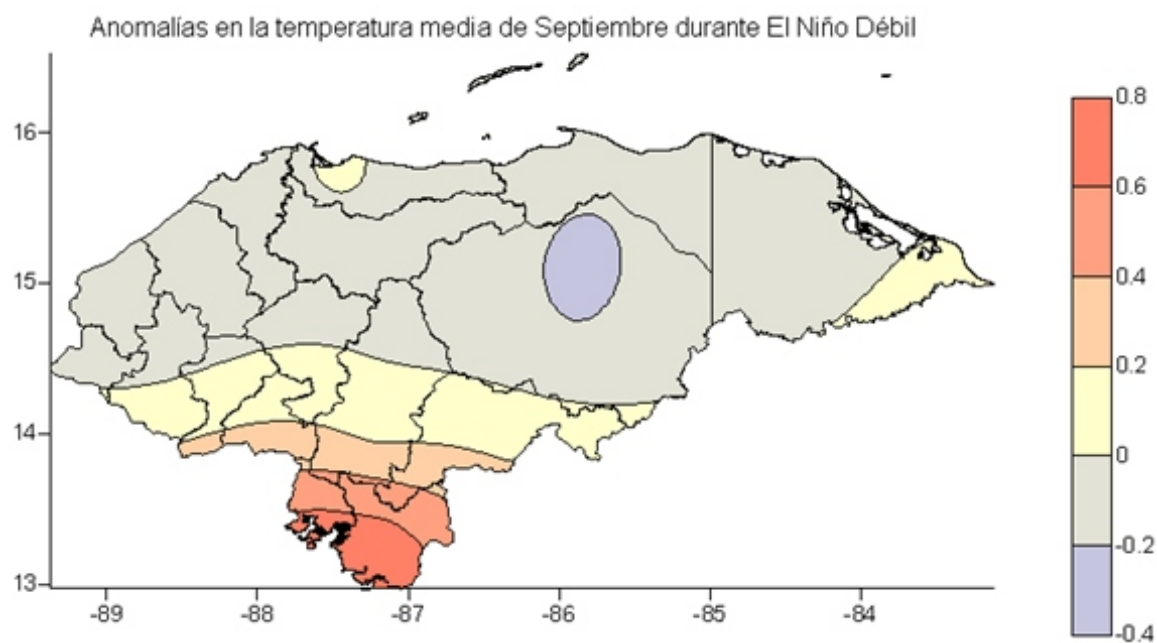
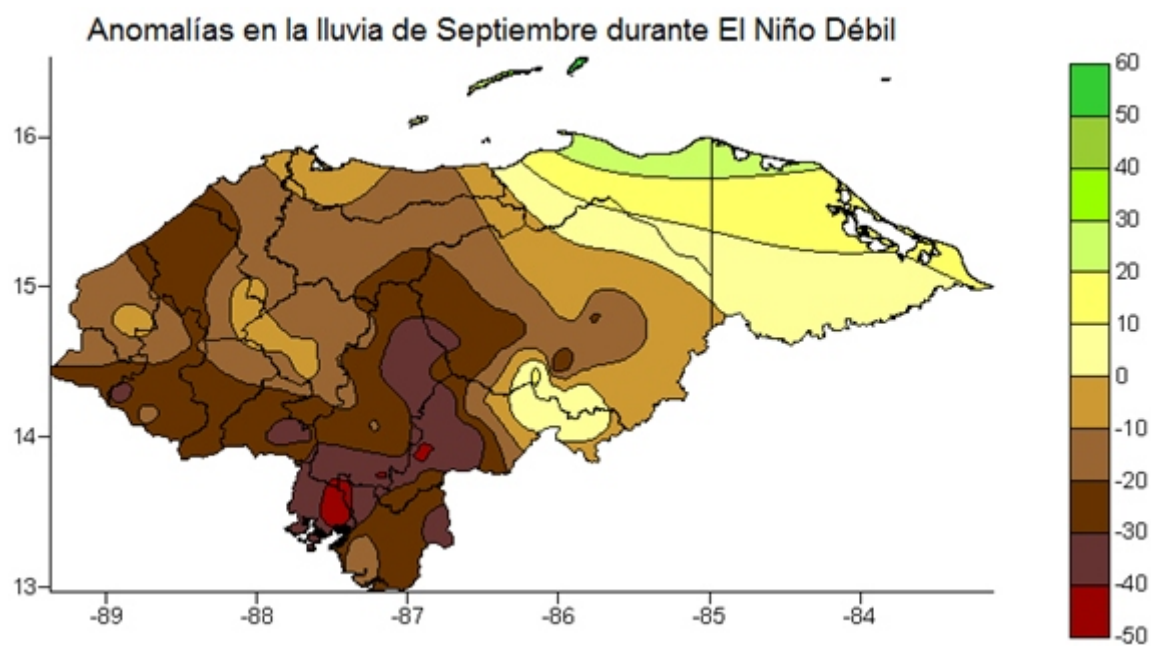
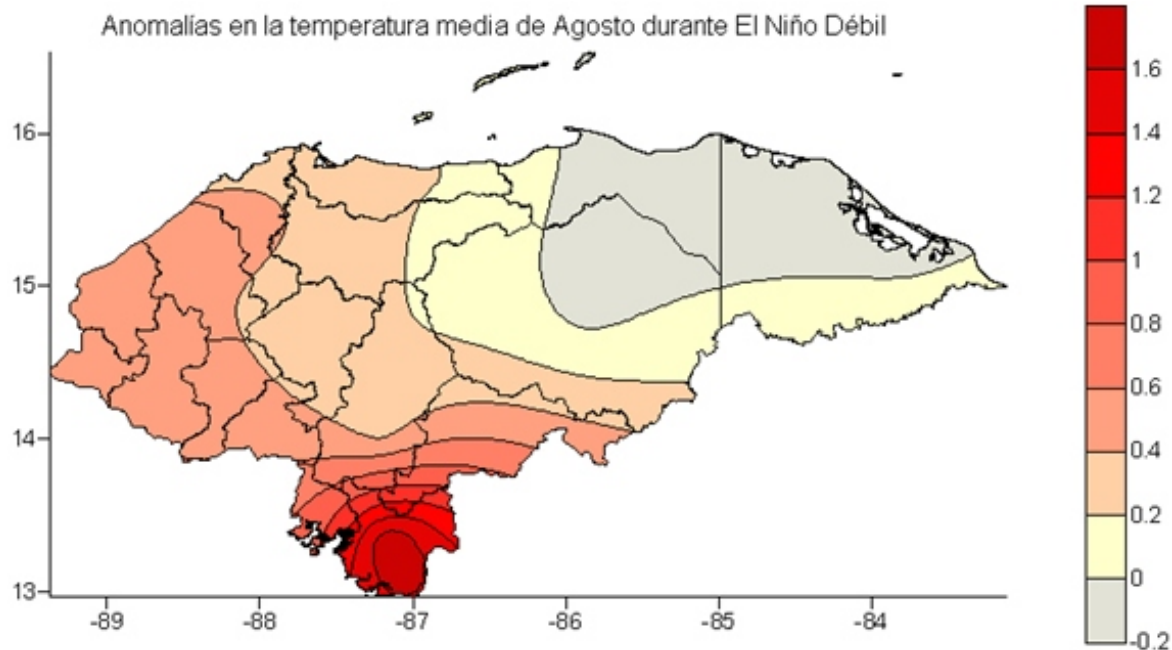


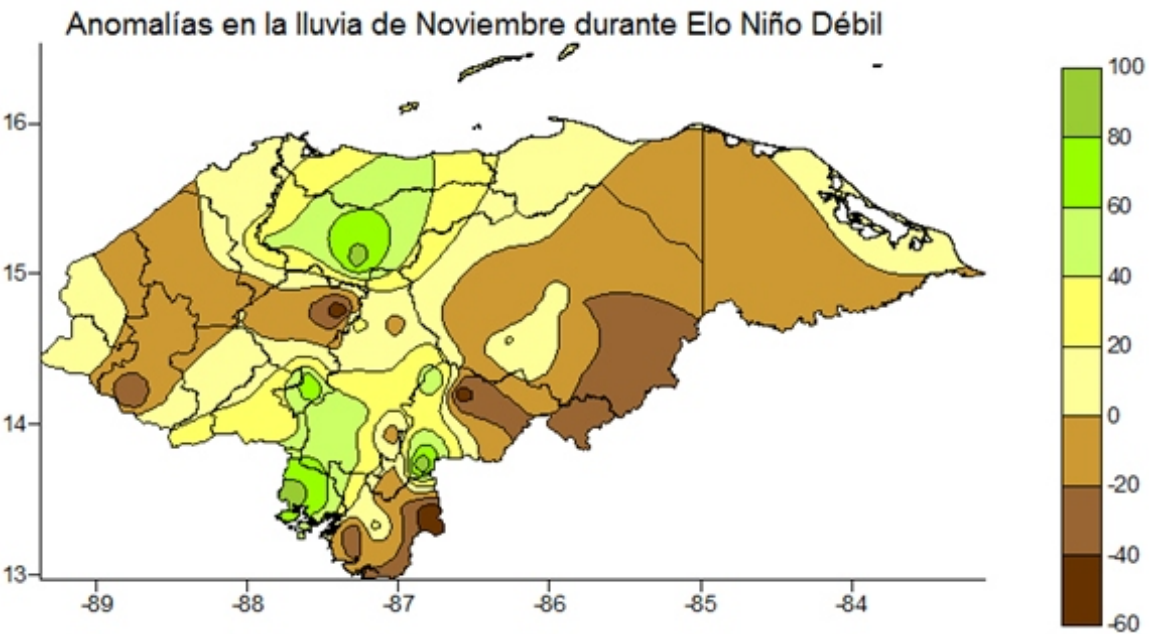
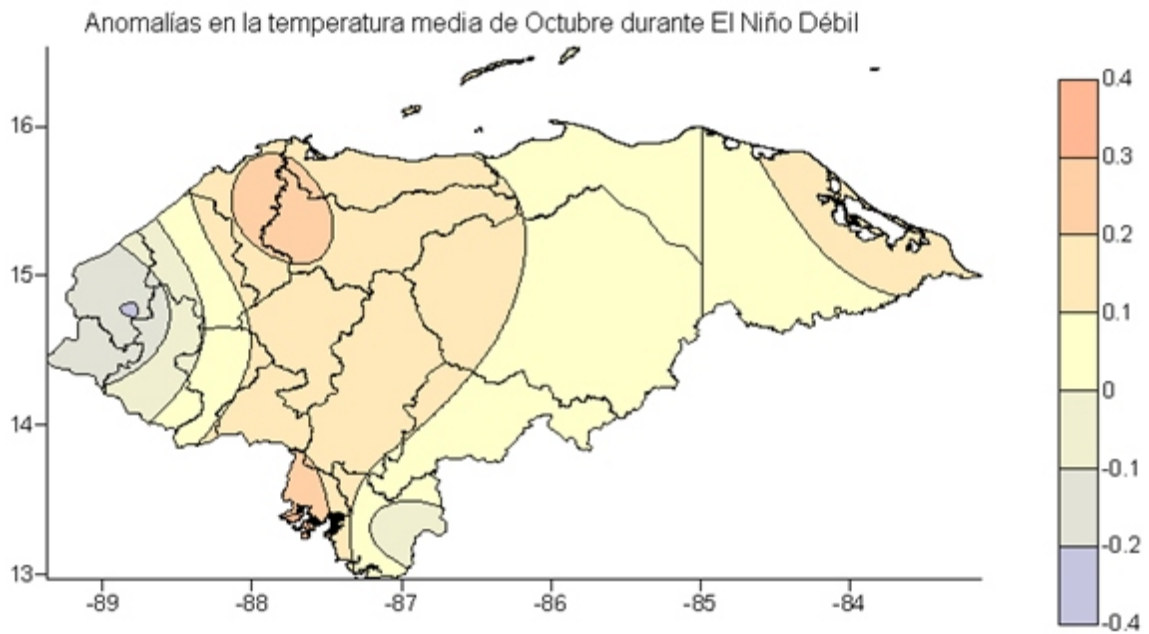
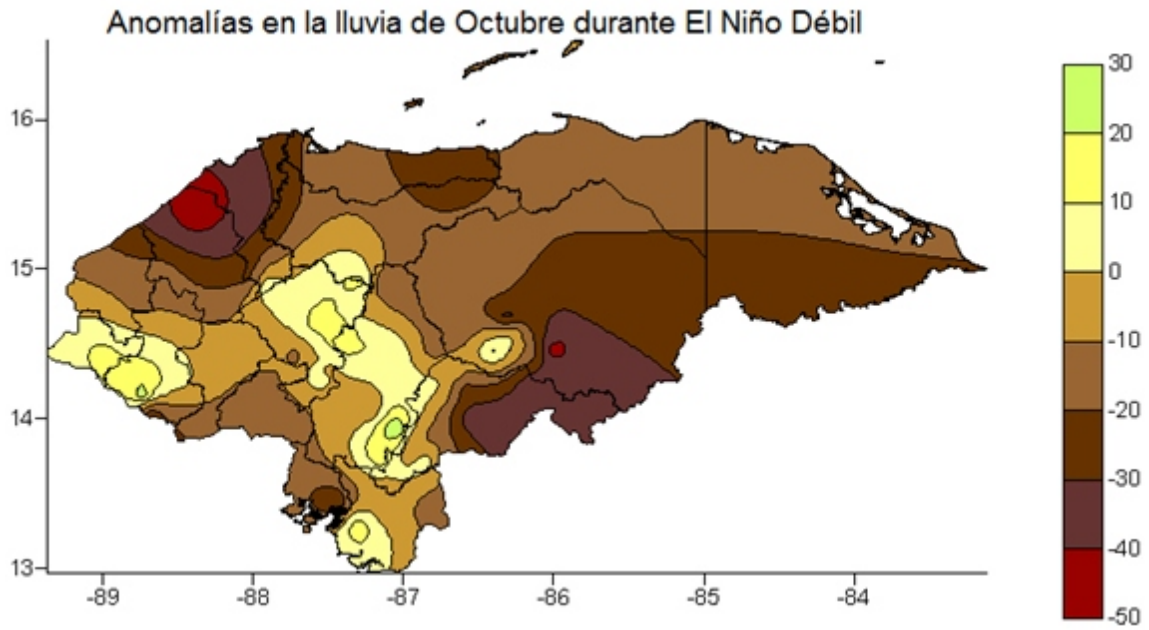
Anomalías en la temperatura media de Julio durante El Niño Débil



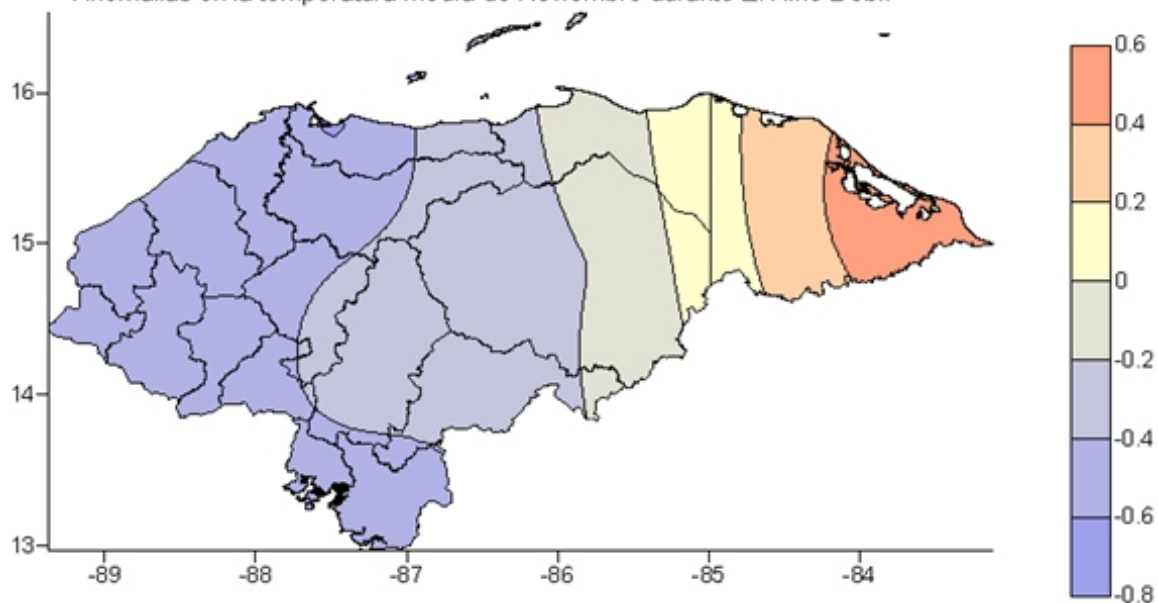
Anomalías en la lluvia de Agosto durante el Niño Débil



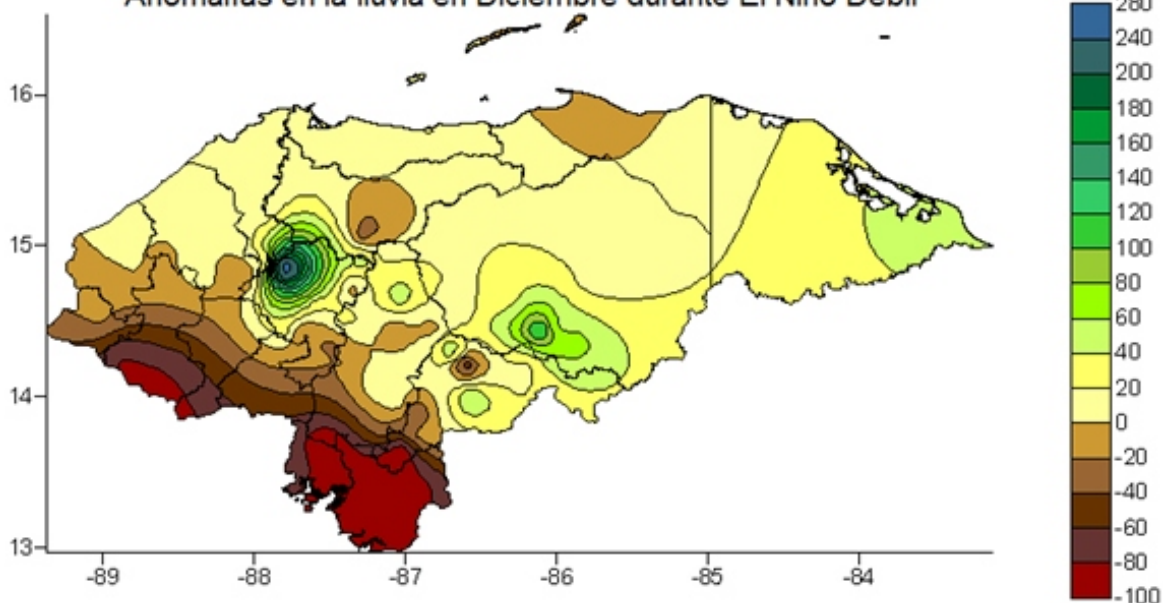




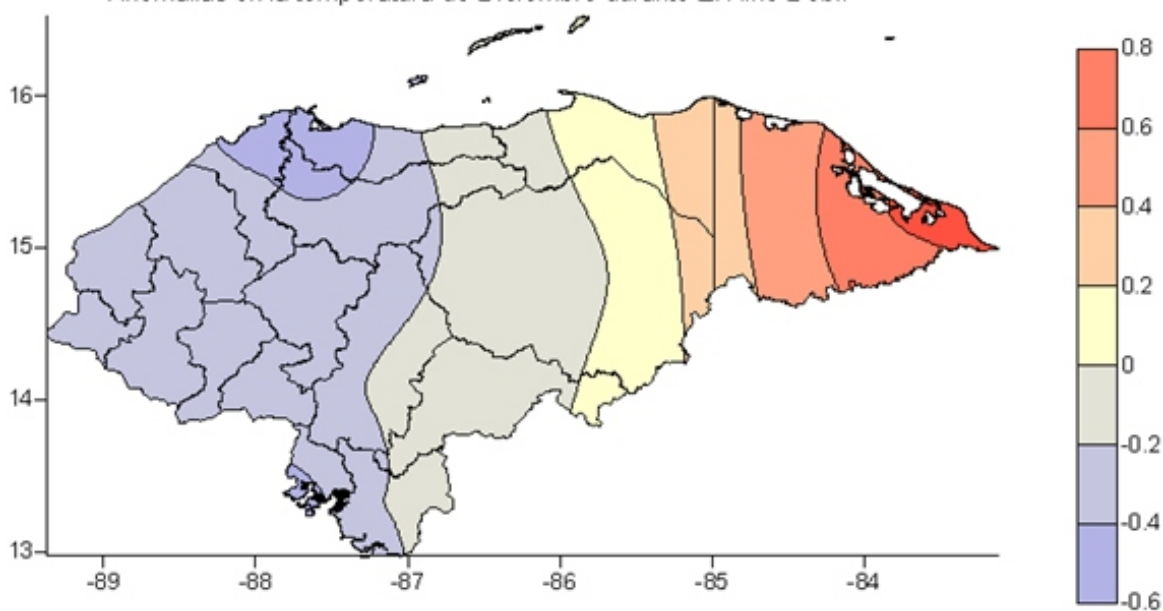
Anomalías en la temperatura media de Noviembre durante El Niño Débil



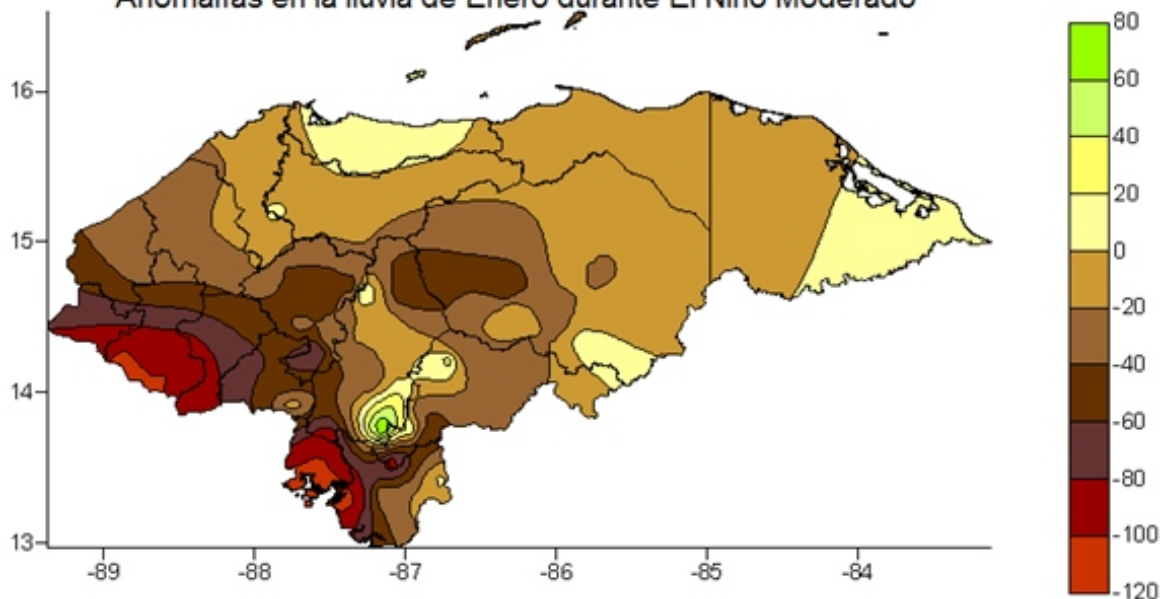
Anomalías en la lluvia en Diciembre durante El Niño Débil



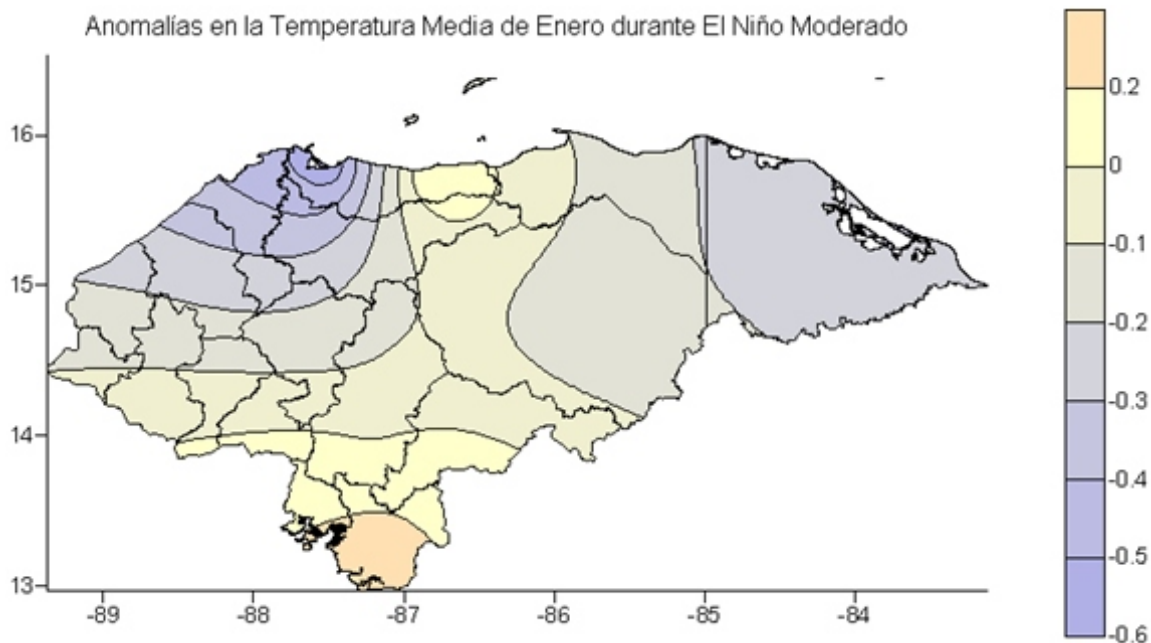
Anomalías en la temperatura de Diciembre durante El Niño Débil



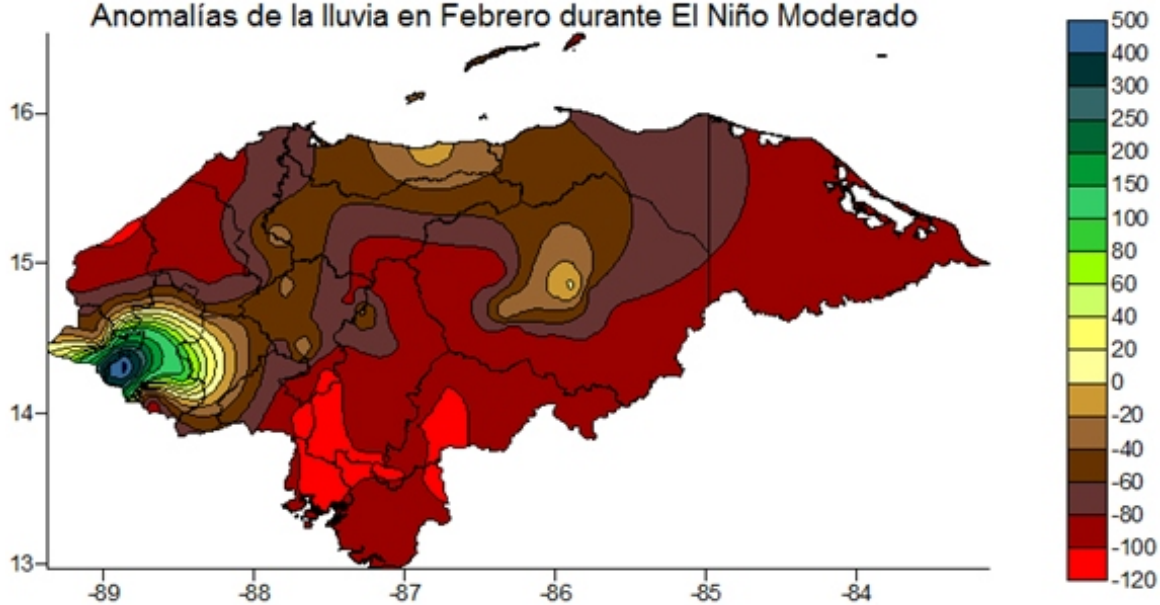
Anomalías en la lluvia de Enero durante El Niño Moderado



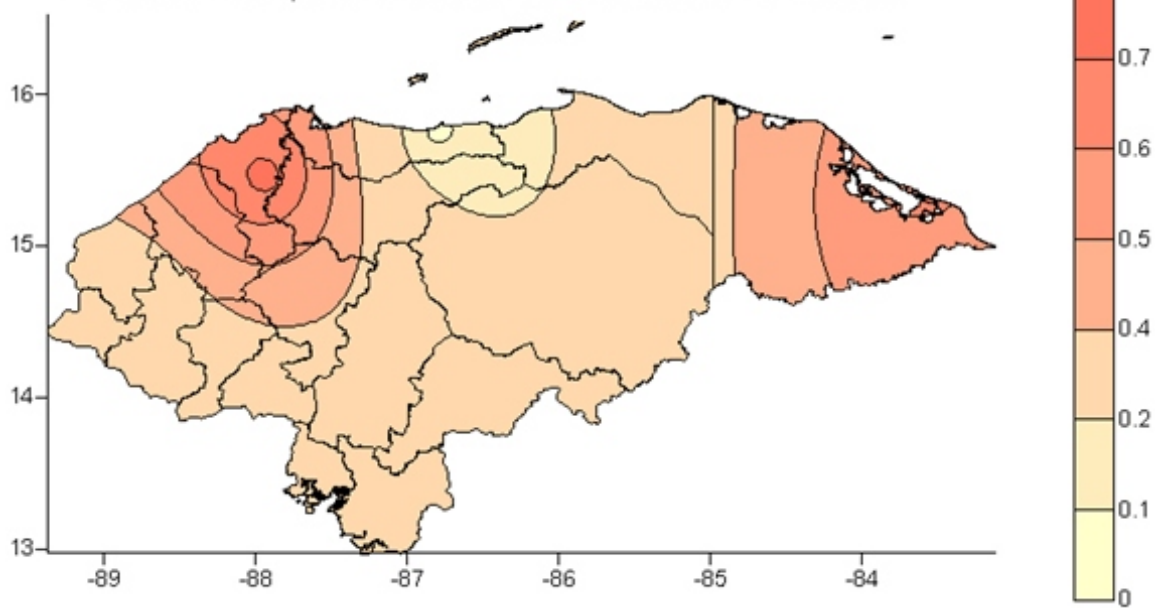
Anomalías en la Temperatura Media de Enero durante El Niño Moderado



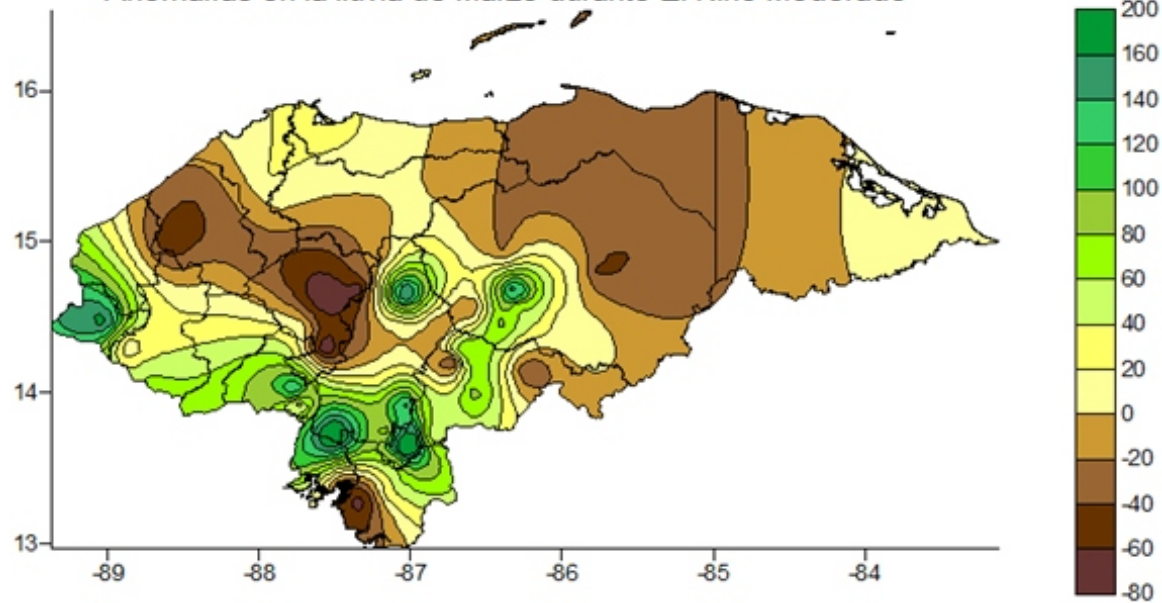
Anomalías de la lluvia en Febrero durante El Niño Moderado



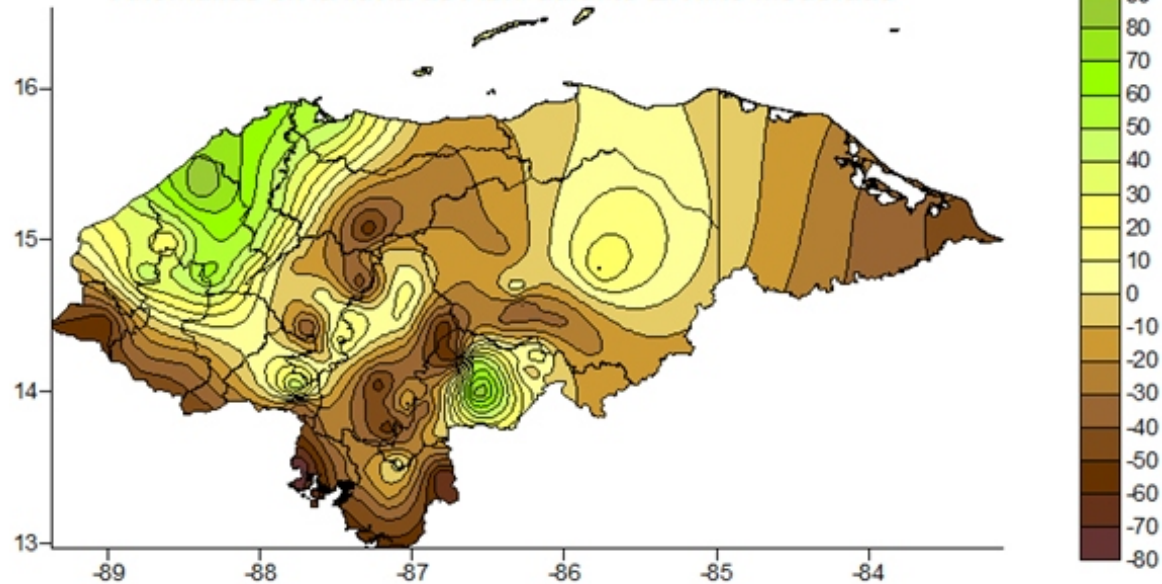
Anomalías en la temperatura Media de Febrero durante El Niño Moderado

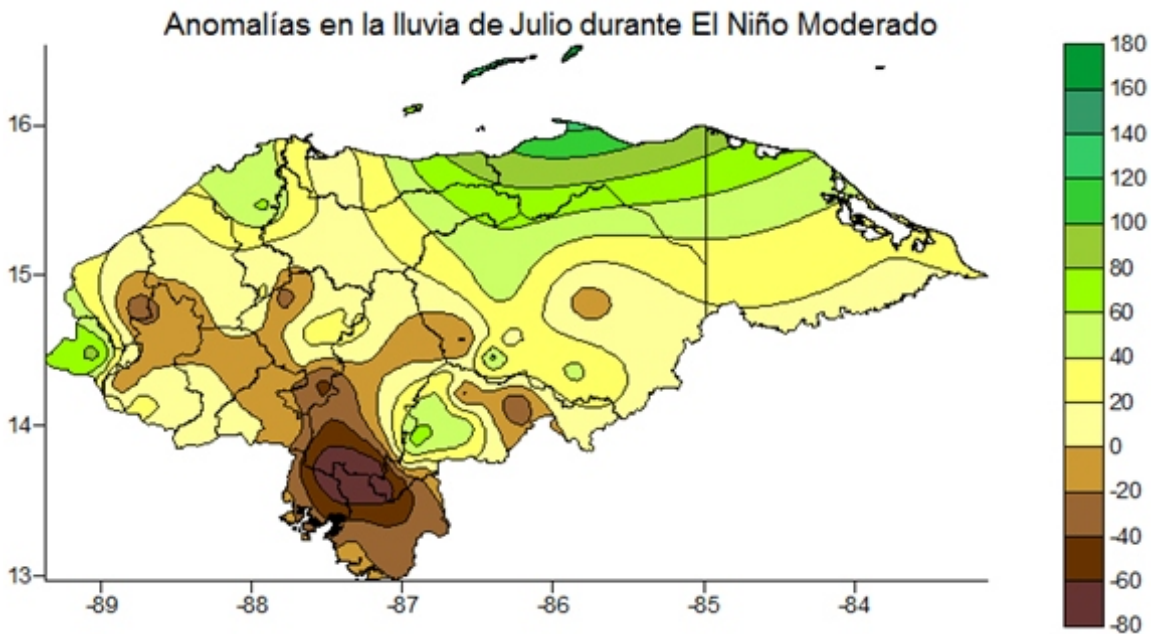
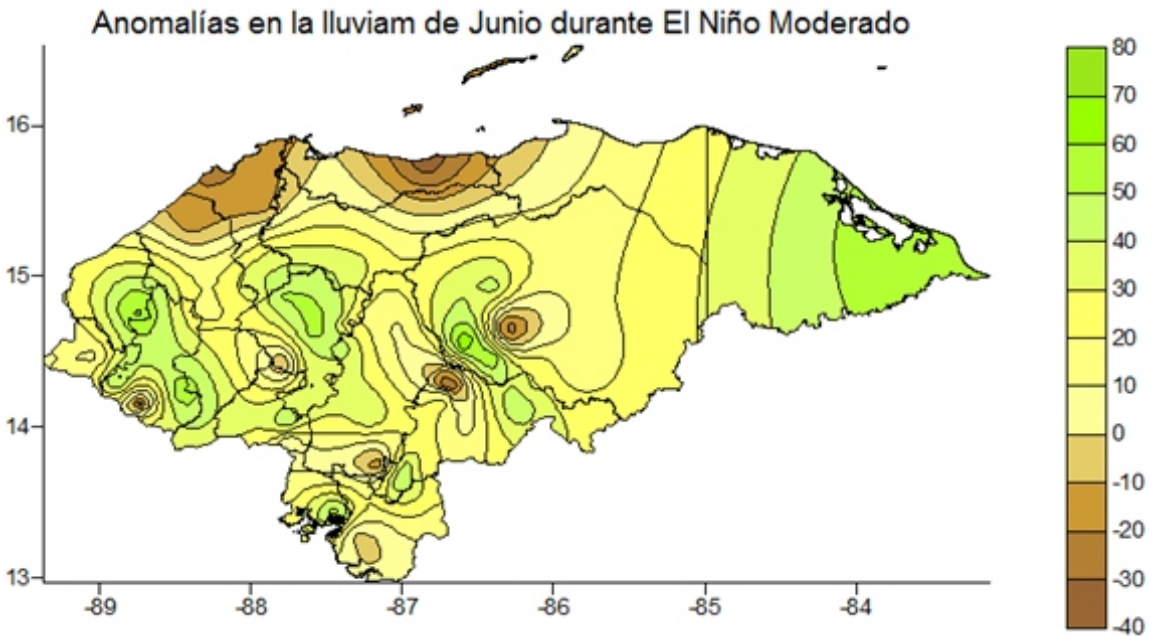
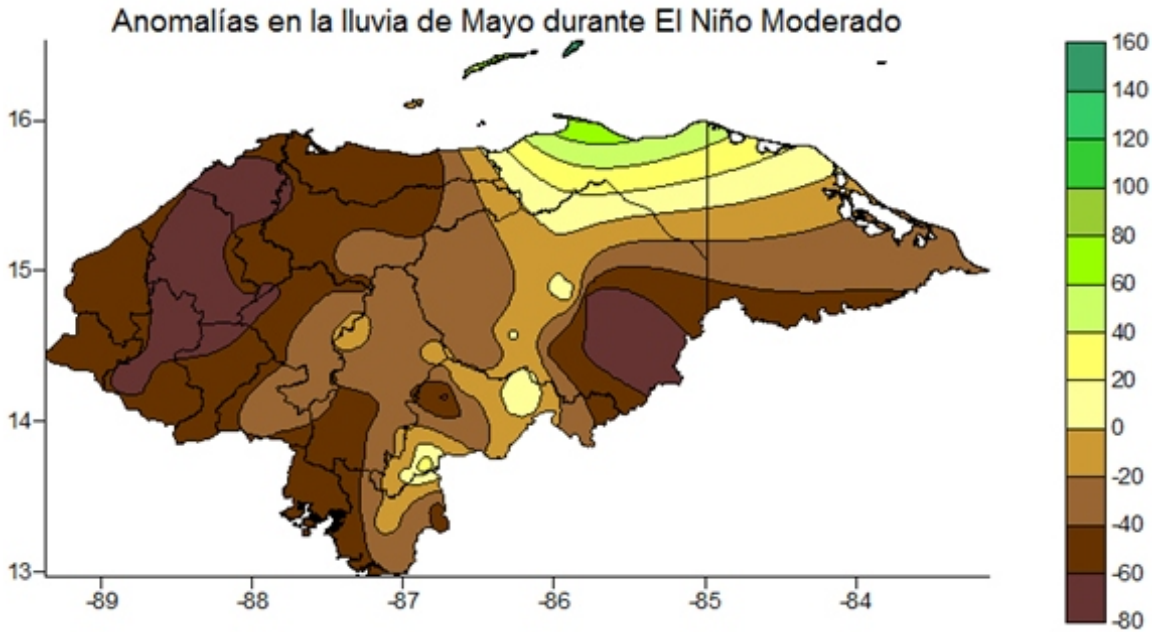


Anomalías en la lluvia de Marzo durante El Niño Moderado

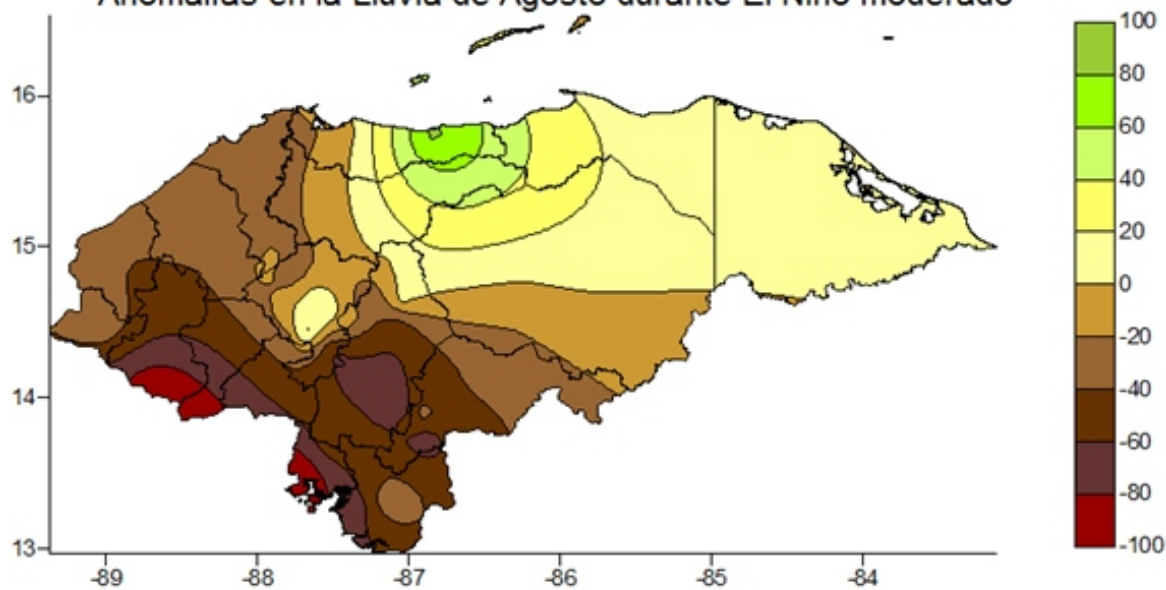


Anomalías en la lluvia de Abril durante El Niño Moderado

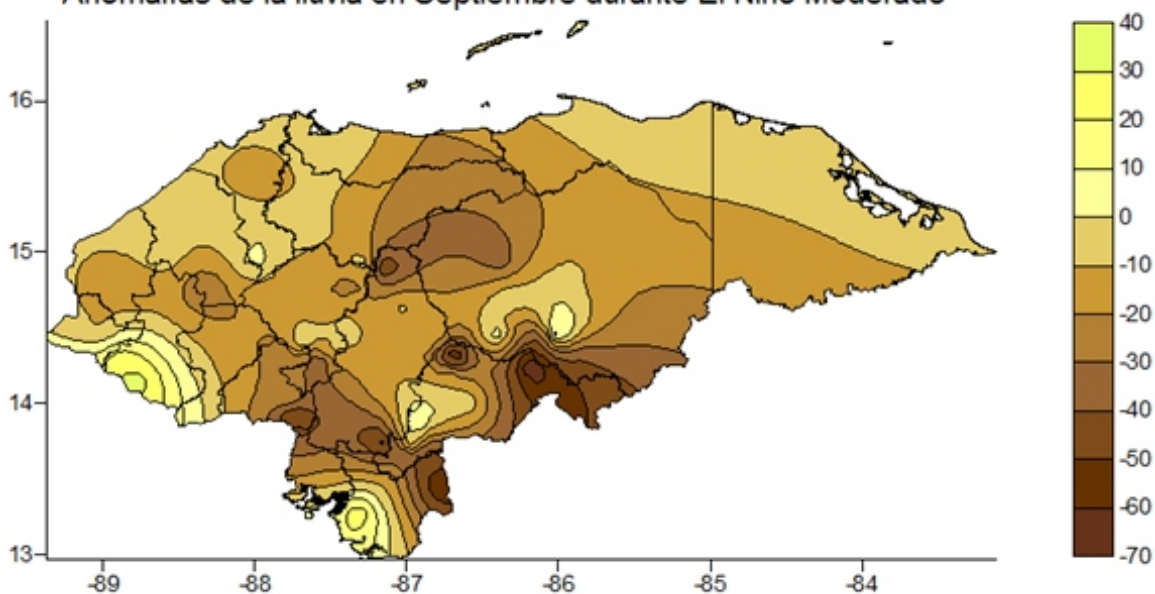




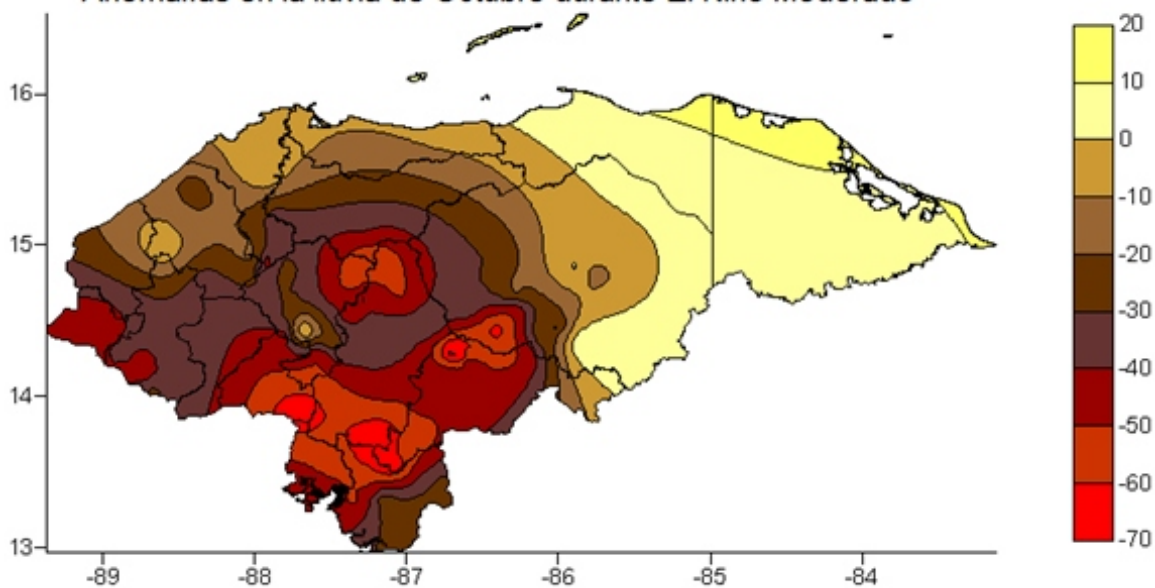
Anomalías en la Lluvia de Agosto durante El Niño moderado

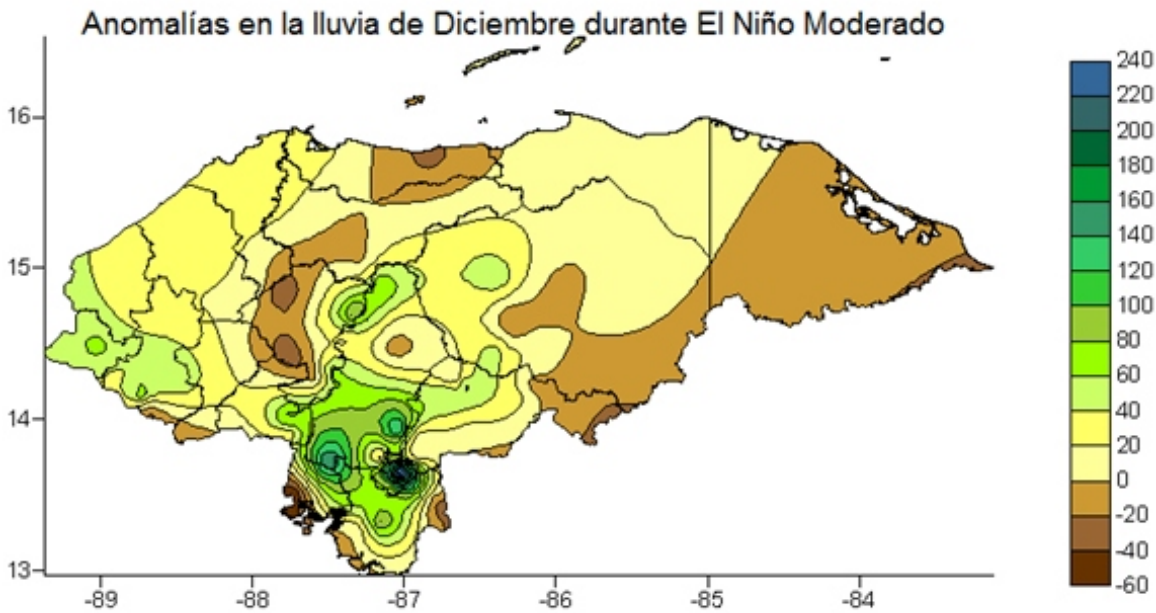
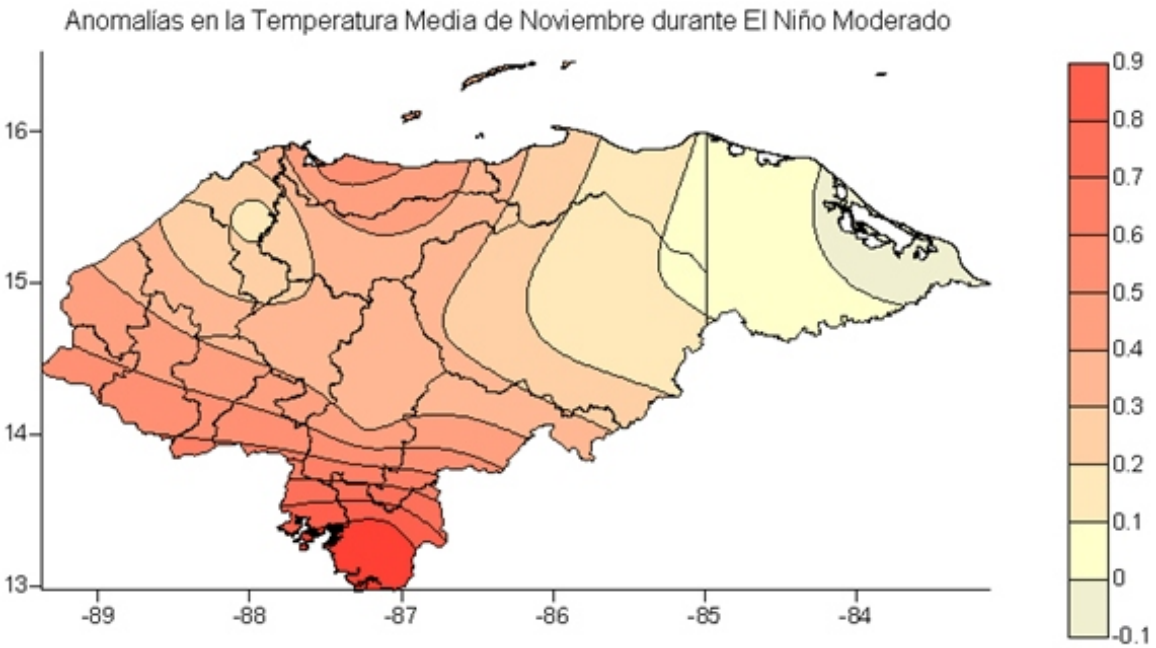
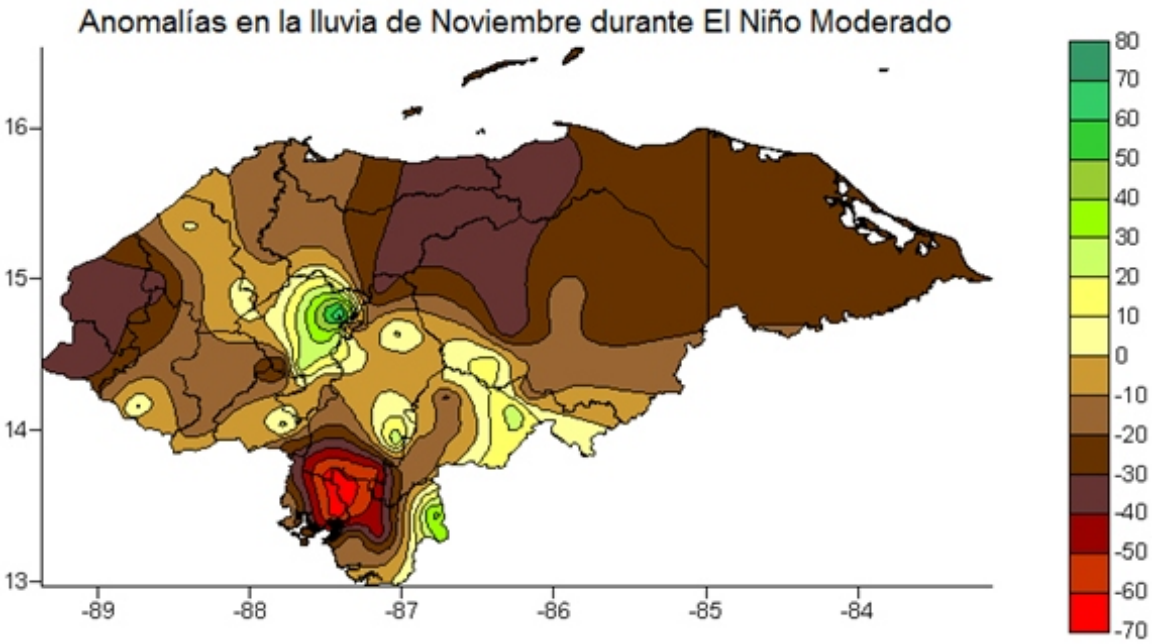


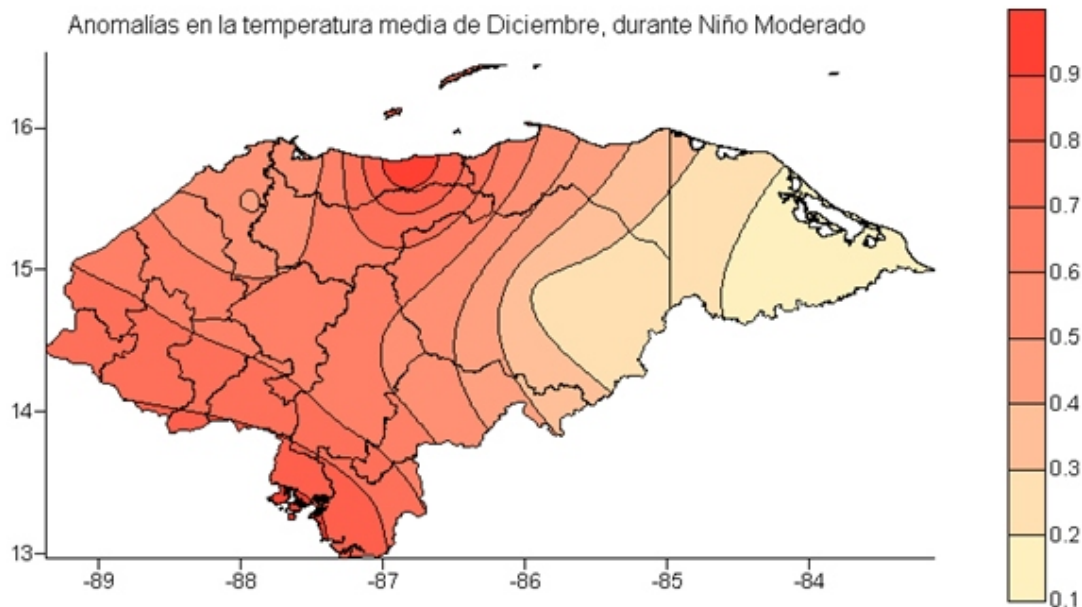
Anomalías de la lluvia en Septiembre durante El Niño Moderado



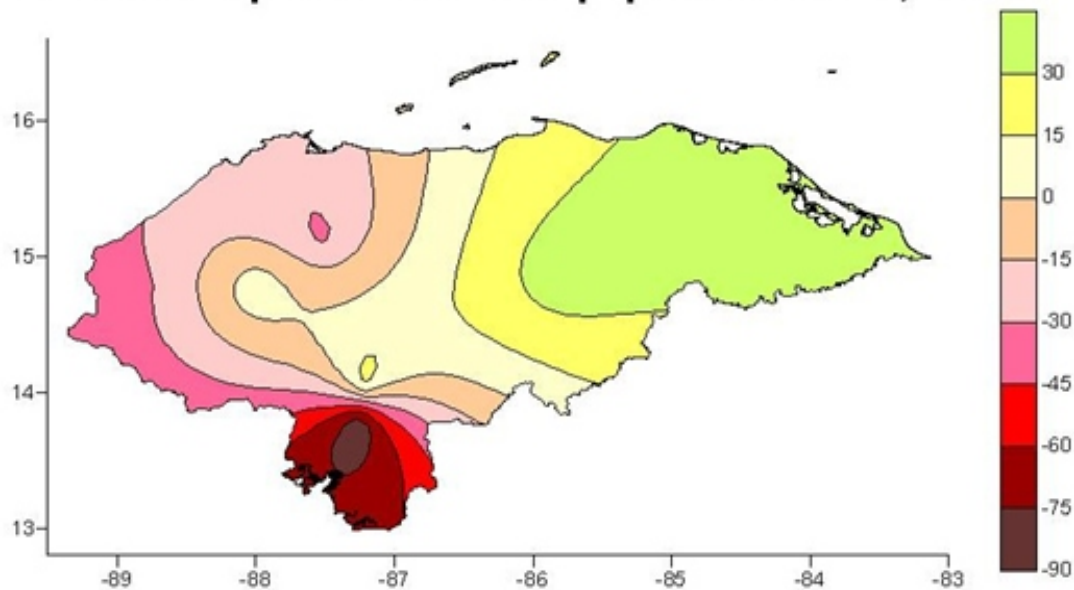
Anomalías en la lluvia de Octubre durante El Niño Moderado



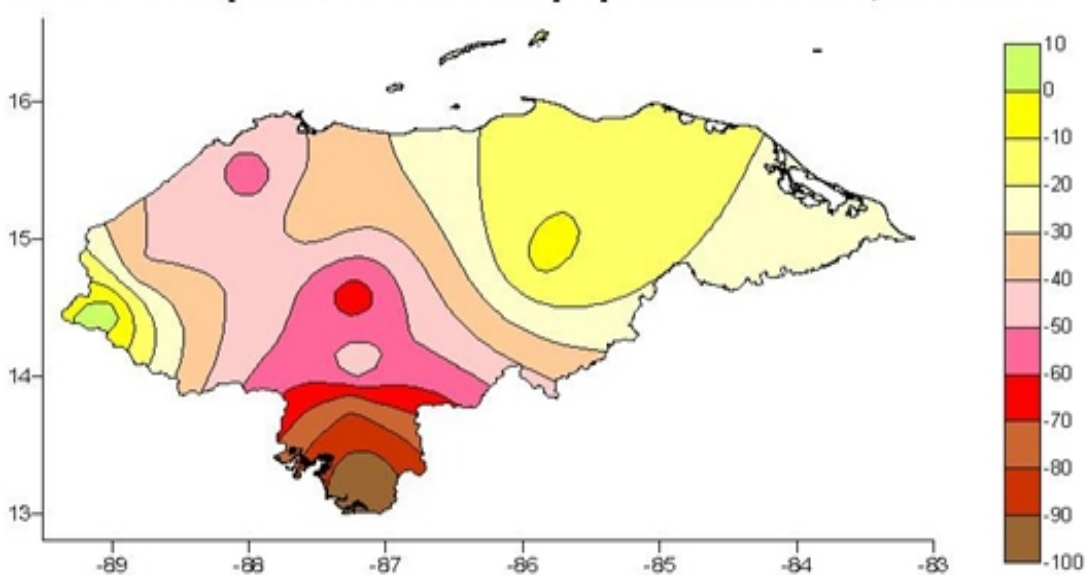




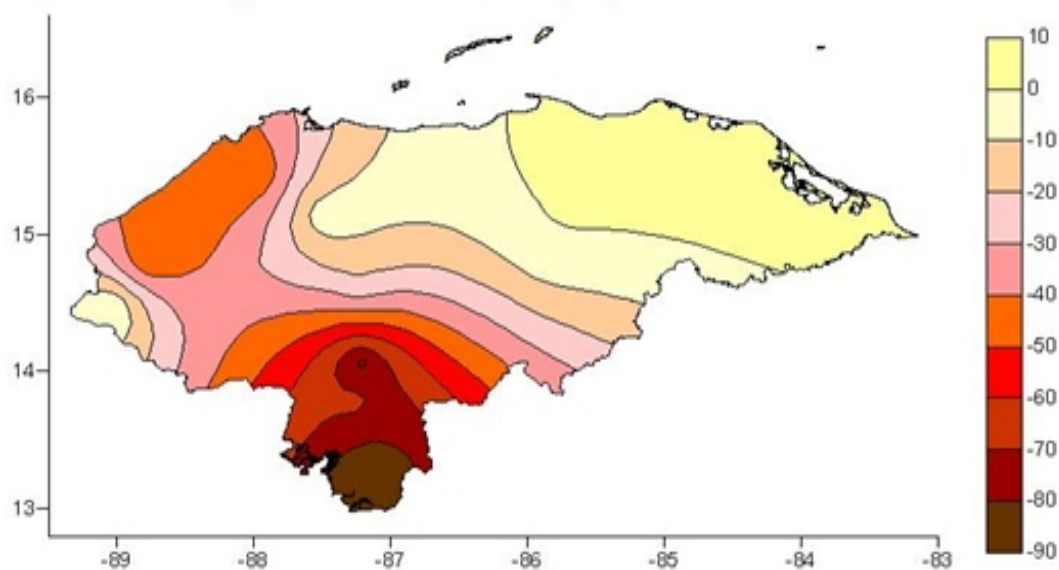
Anomalías porcentuales de pcpn. Niña débil, Enero



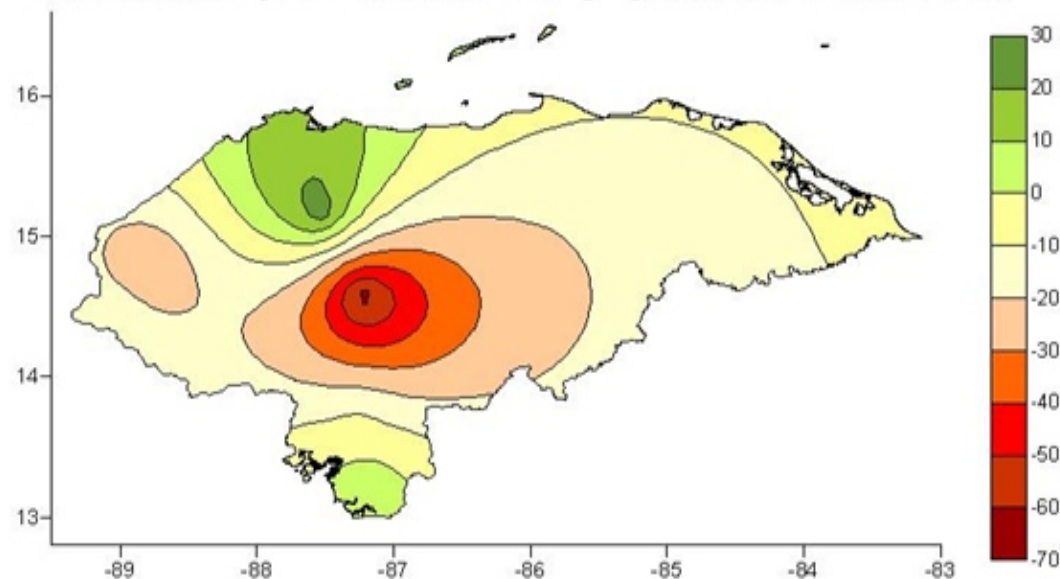
Anomalías porcentuales de pcpn. Niña débil, Febrero



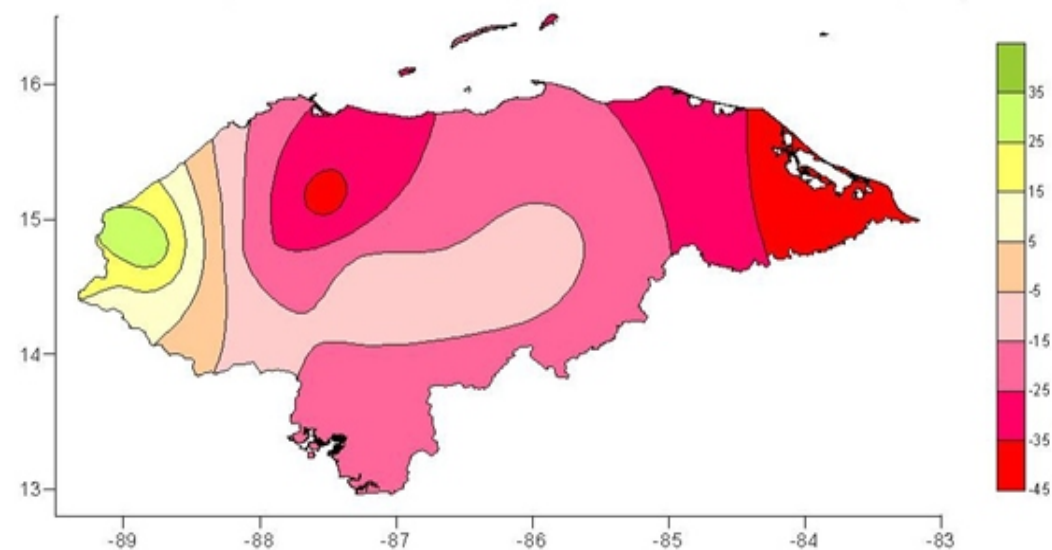
Anomalías porcentuales de pcpn. Niña débil, Marzo



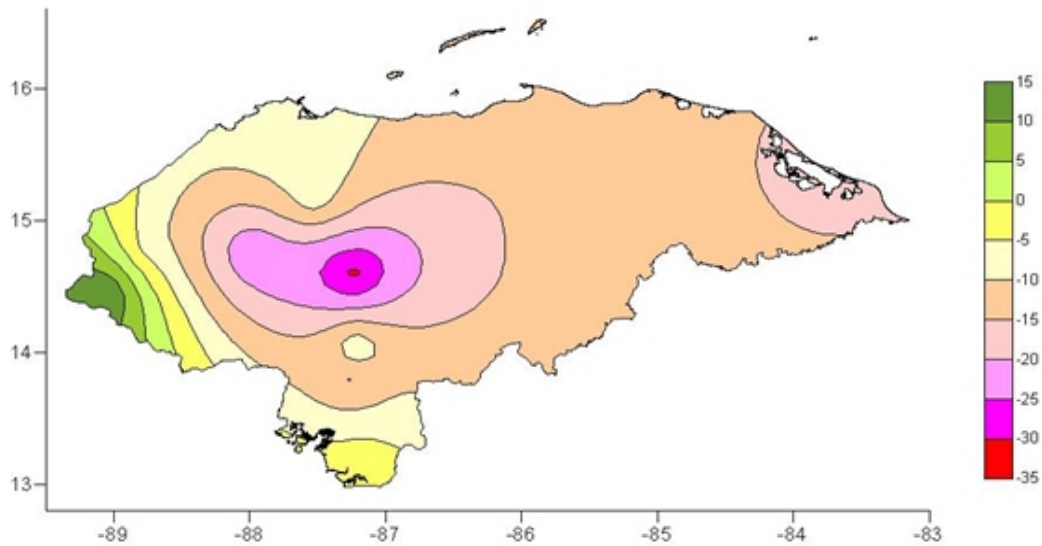
Anomalías porcentuales de pcpn. Niña débil, Abril



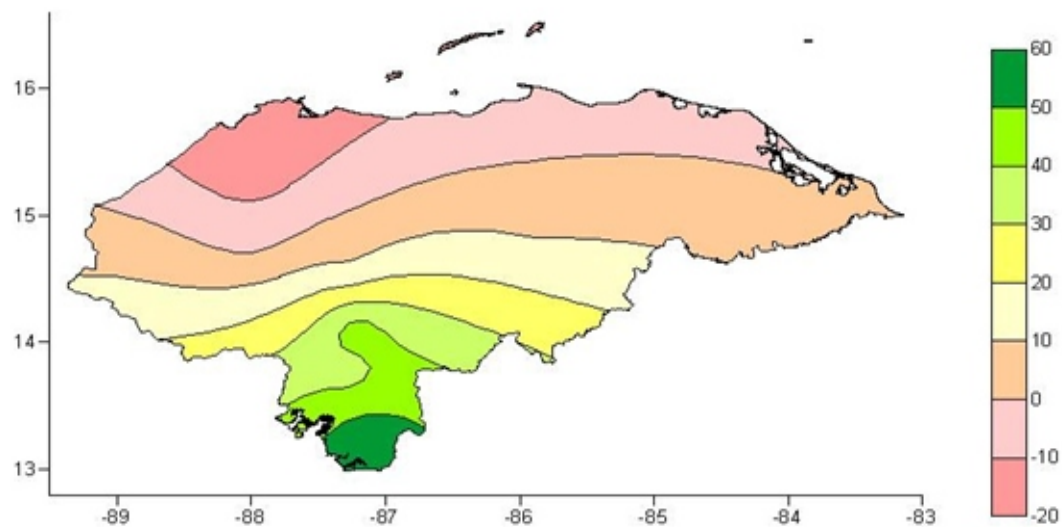
Anomalías porcentuales de la pcpn. durante Niña débil, Mayo



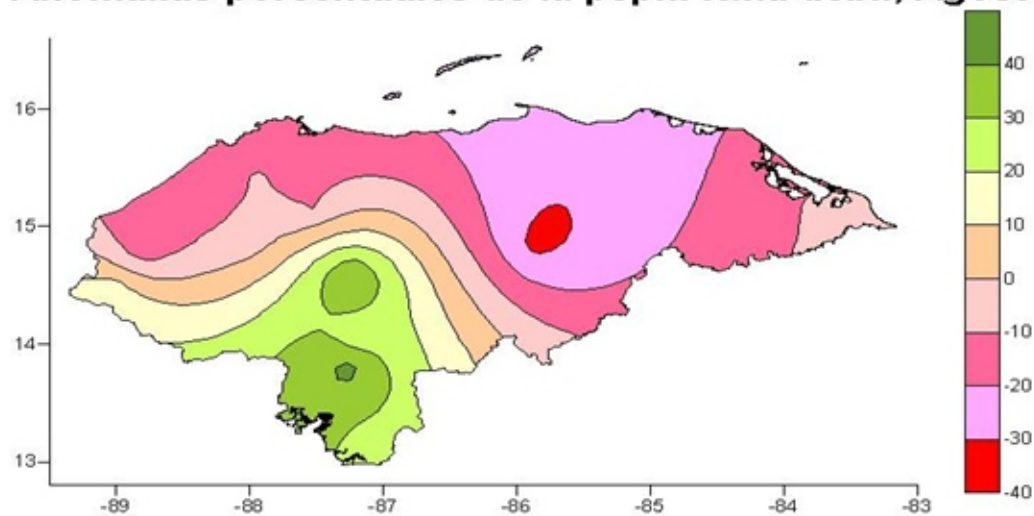
Anomalías porcentuales de la pcpn. durante Niña débil, Junio



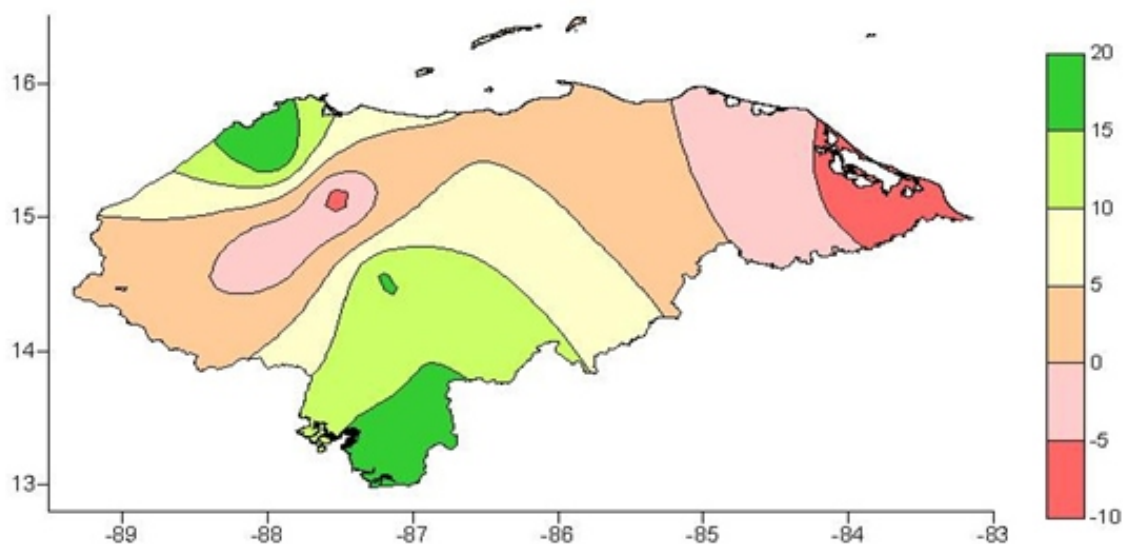
Anomalías porcentuales de la pcpn. durante la Niña, Julio



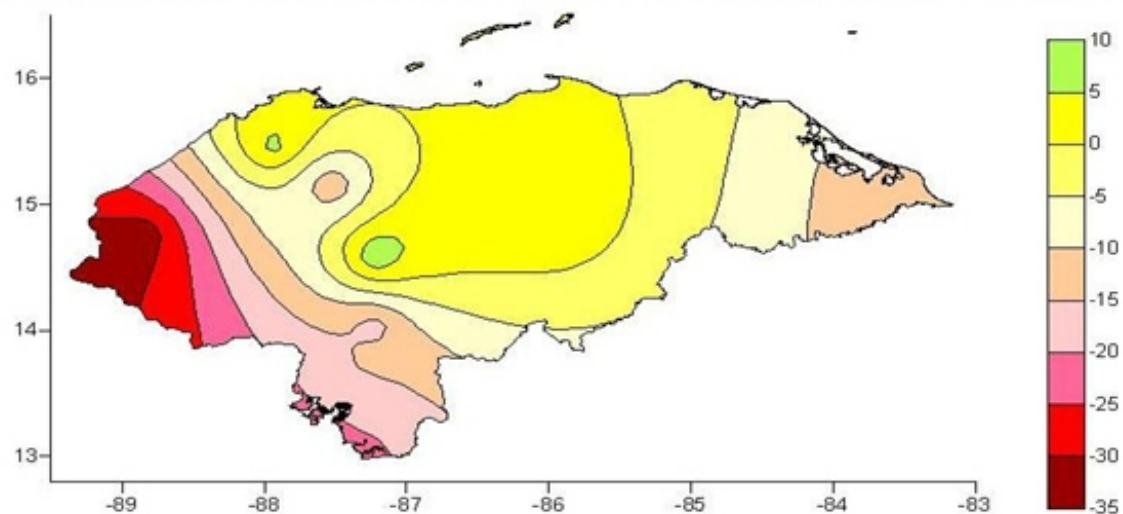
Anomalías porcentuales de la pcpn. Niña débil, Agosto



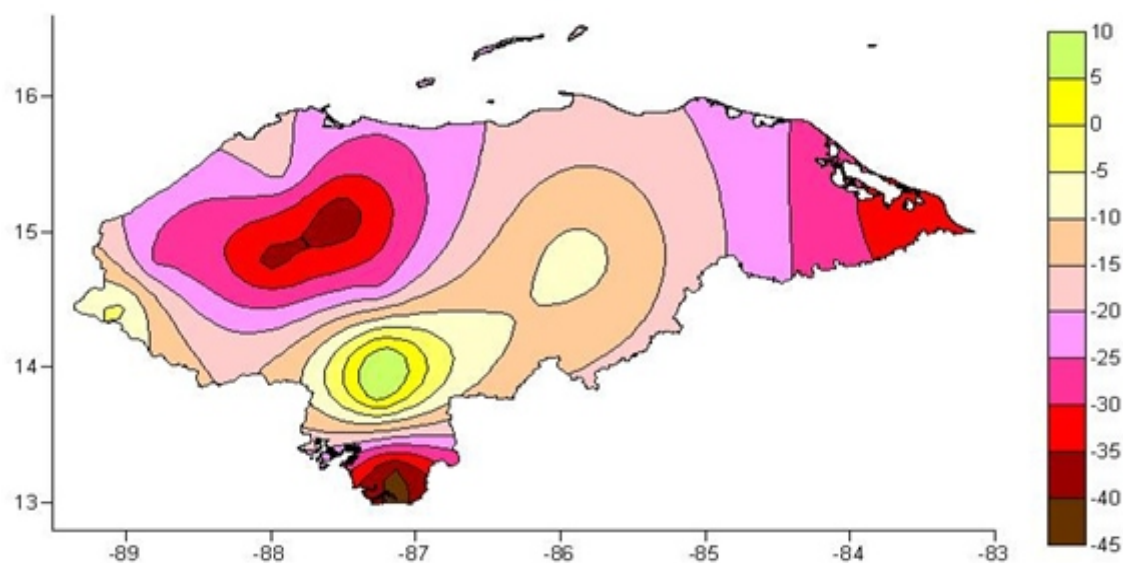
Anomalías porcentuales de la pcpn. Niña débil, Sep.



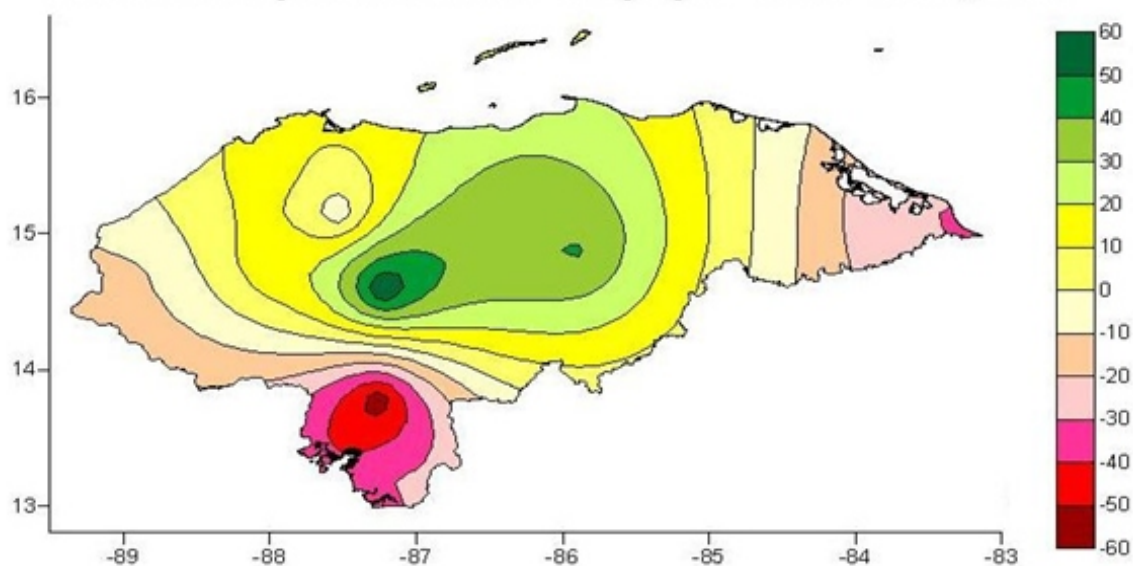
Anomalías porcentuales de la pcpn. Niña débil, Octubre



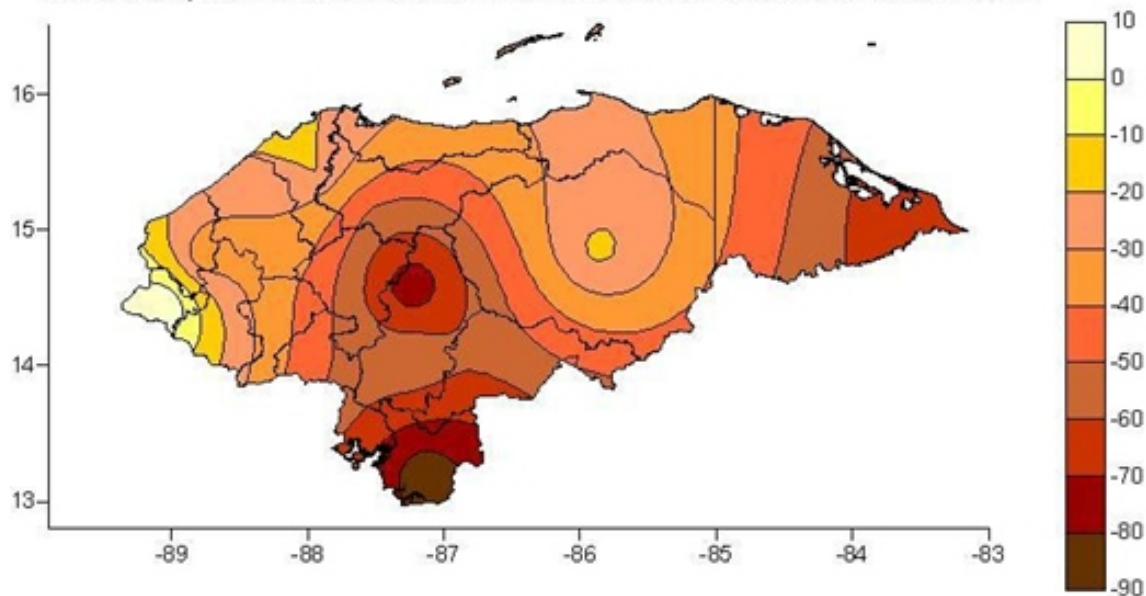
Anomalías porcentuales de pcpn. Niña débil, Nov.



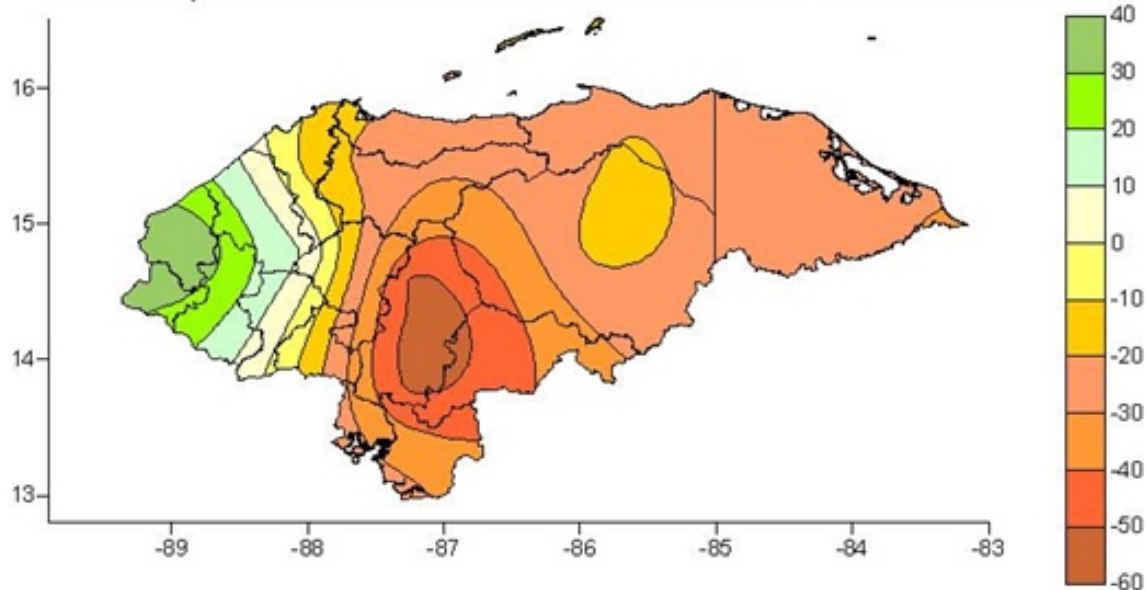
Anomalías porcentuales de pcpn. Niña débil, Dic.

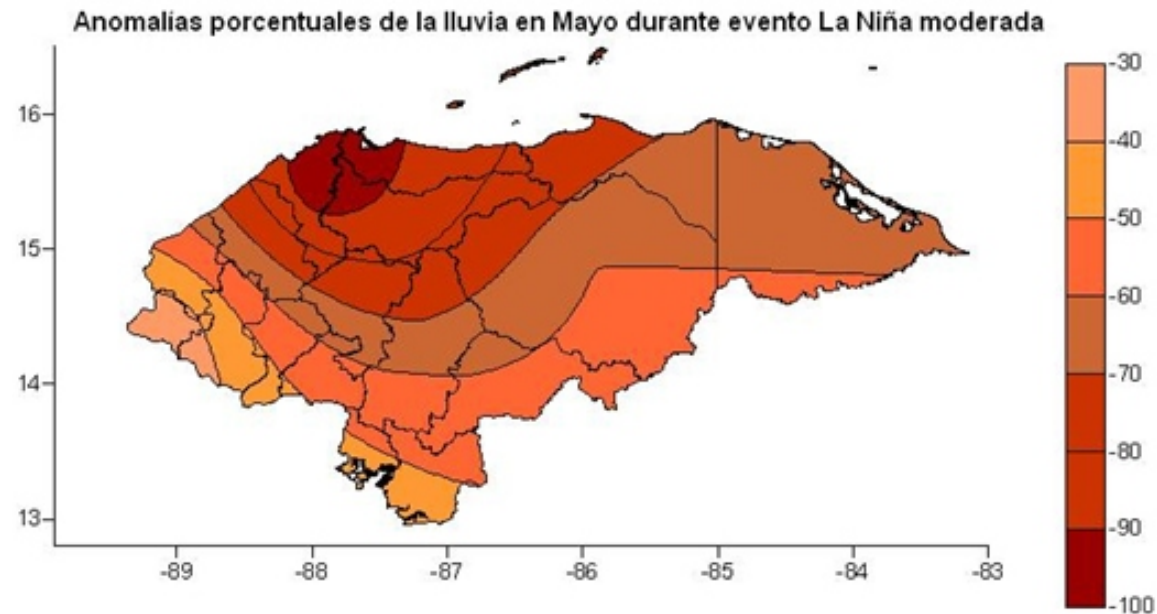
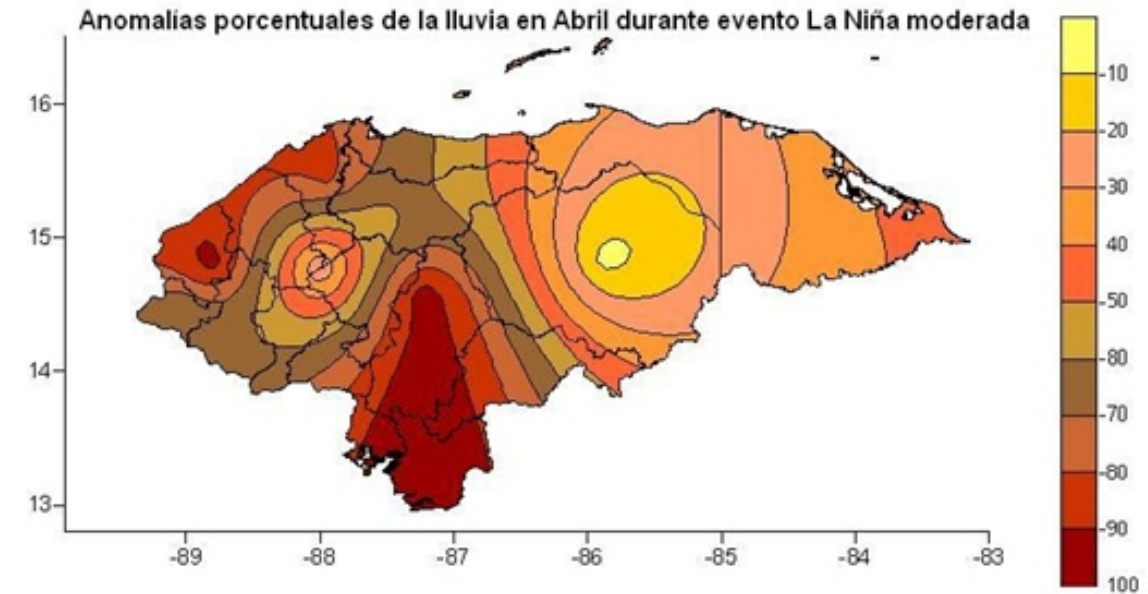
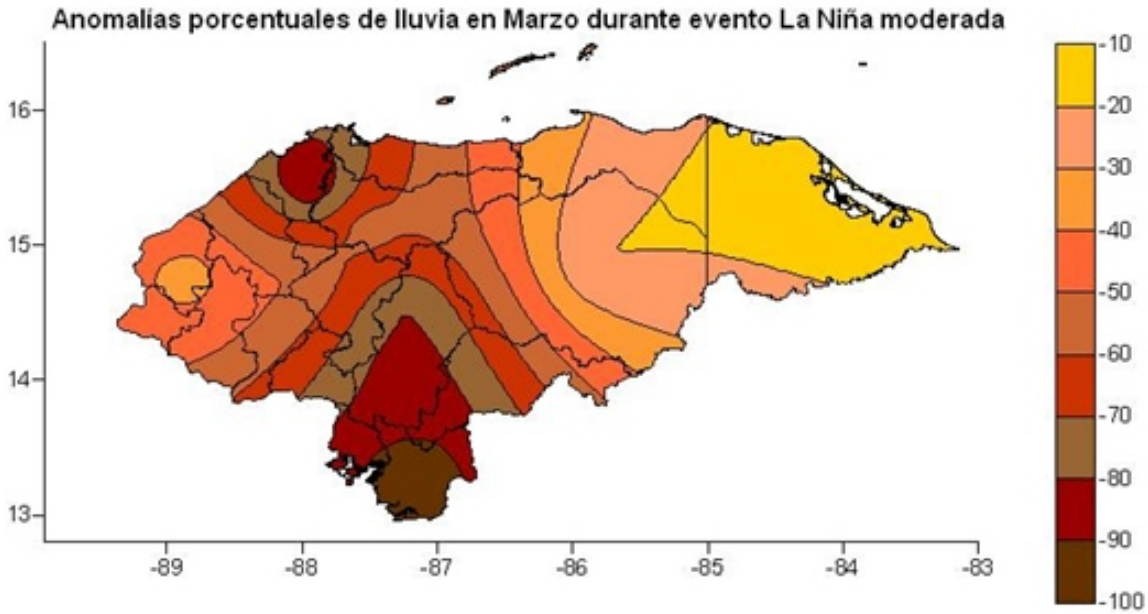


Anomalías porcentuales de lluvia en enero durante el evento La Niña moderada

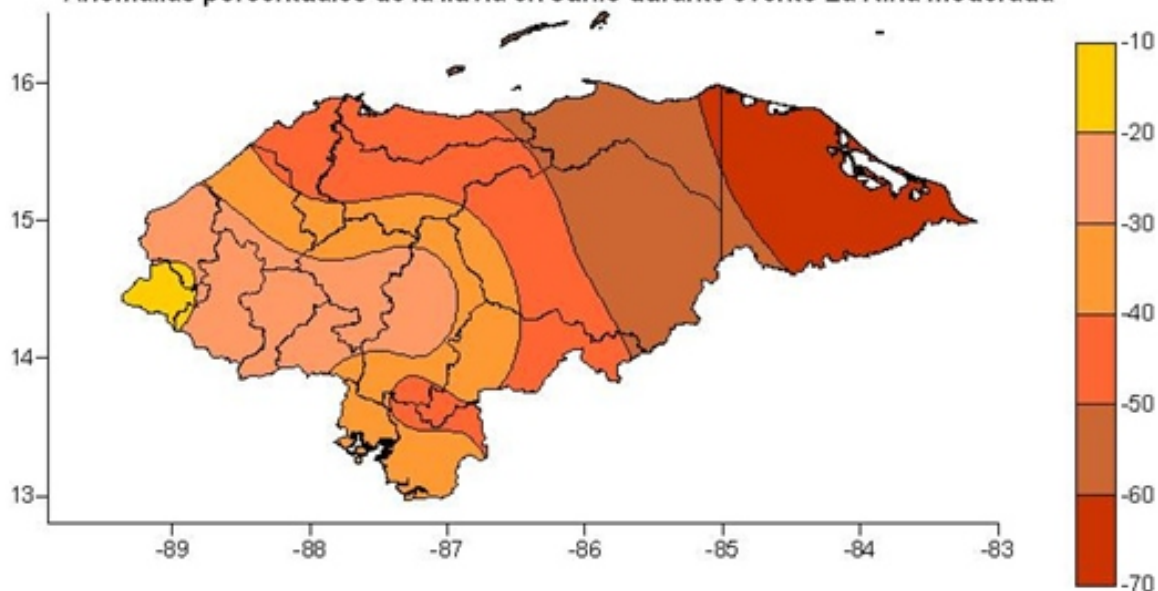


Anomalías porcentuales de la lluvia en Febrero durante evento La Niña moderada

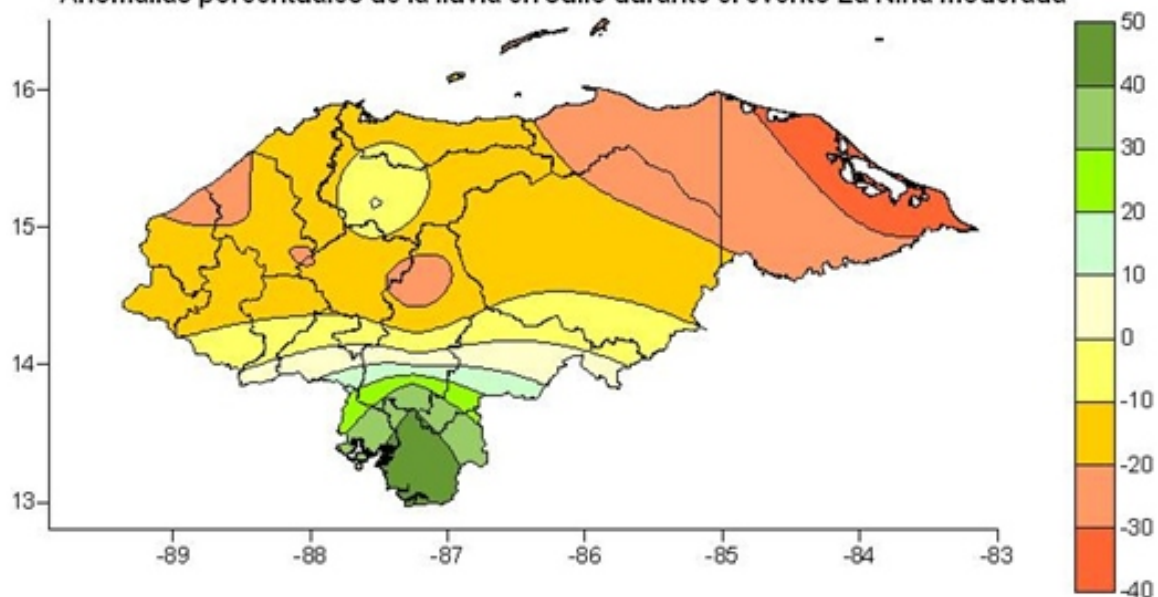




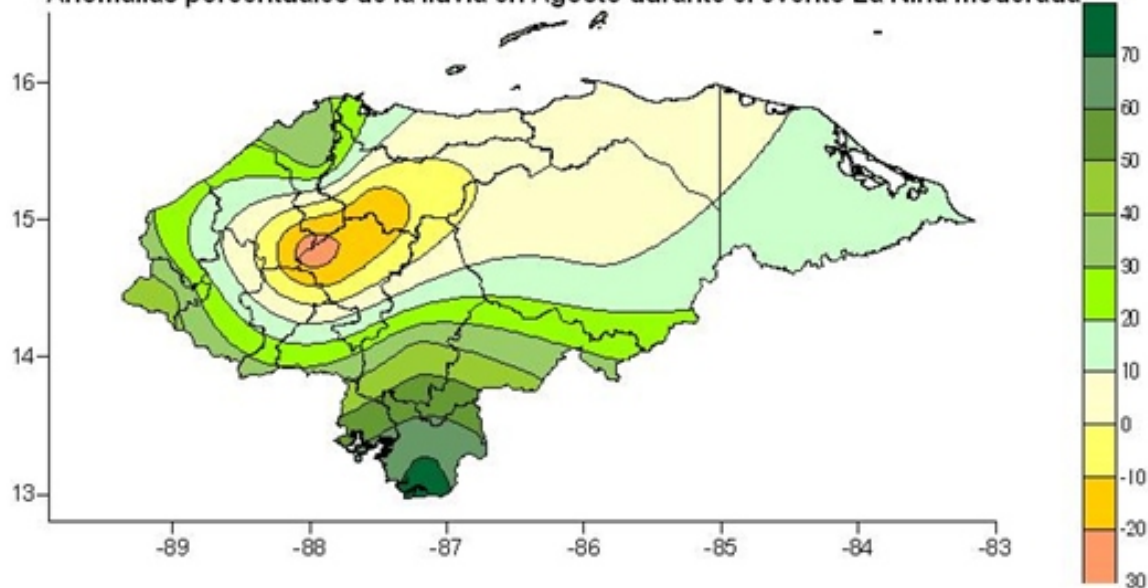
Anomalías porcentuales de la lluvia en Junio durante evento La Niña moderada

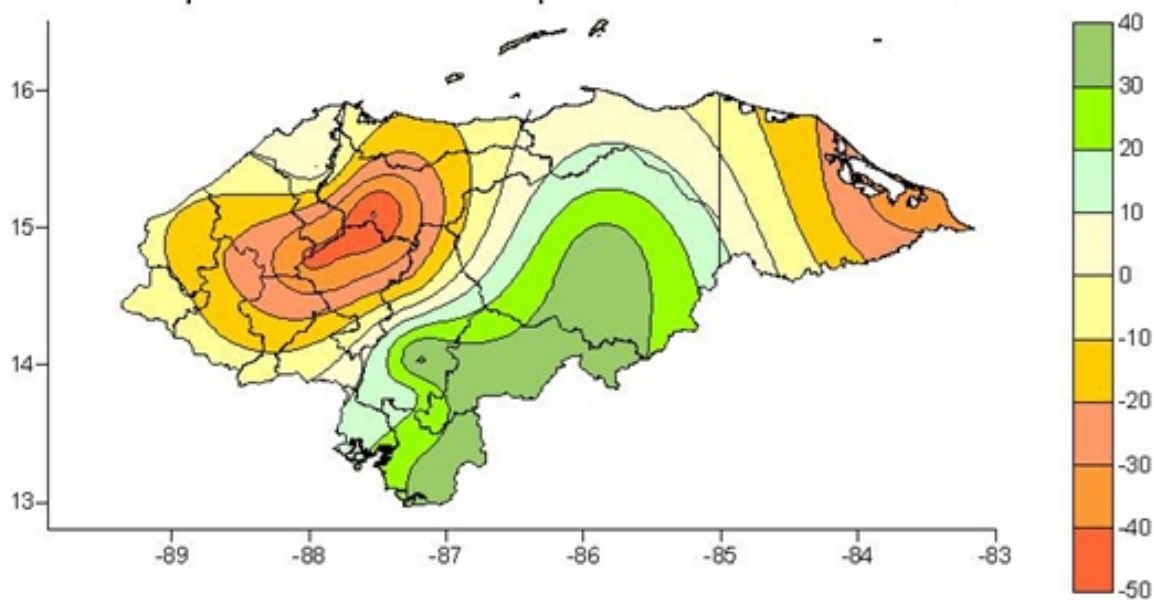
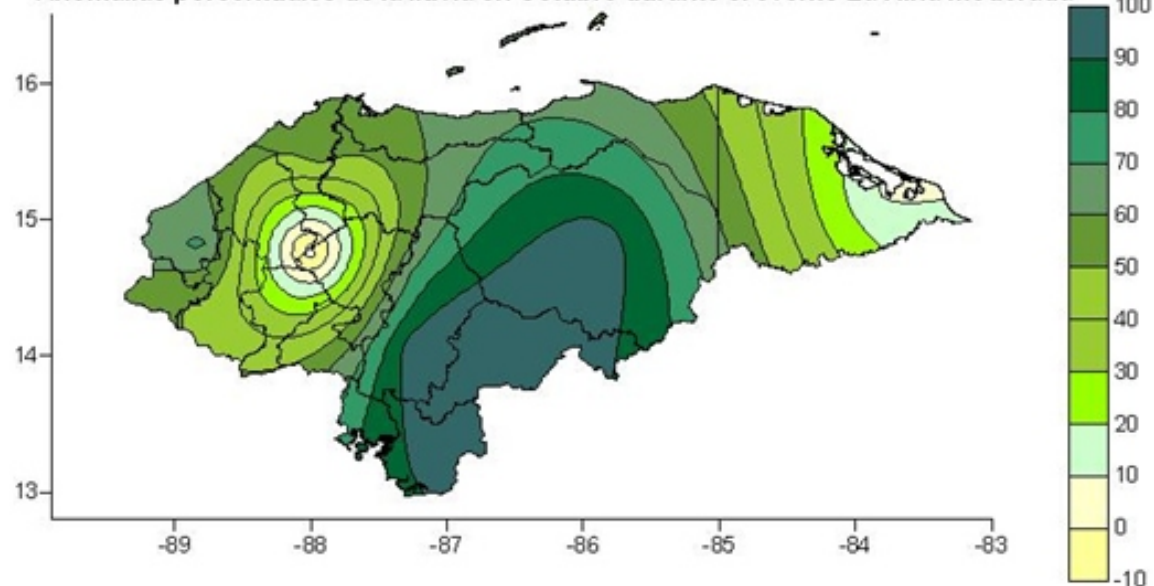
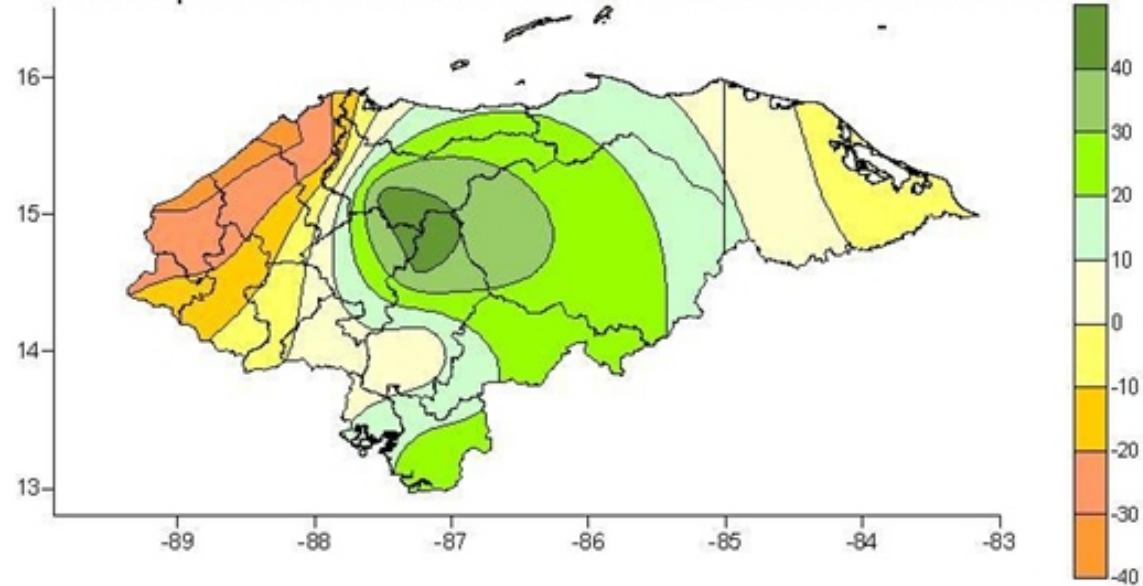


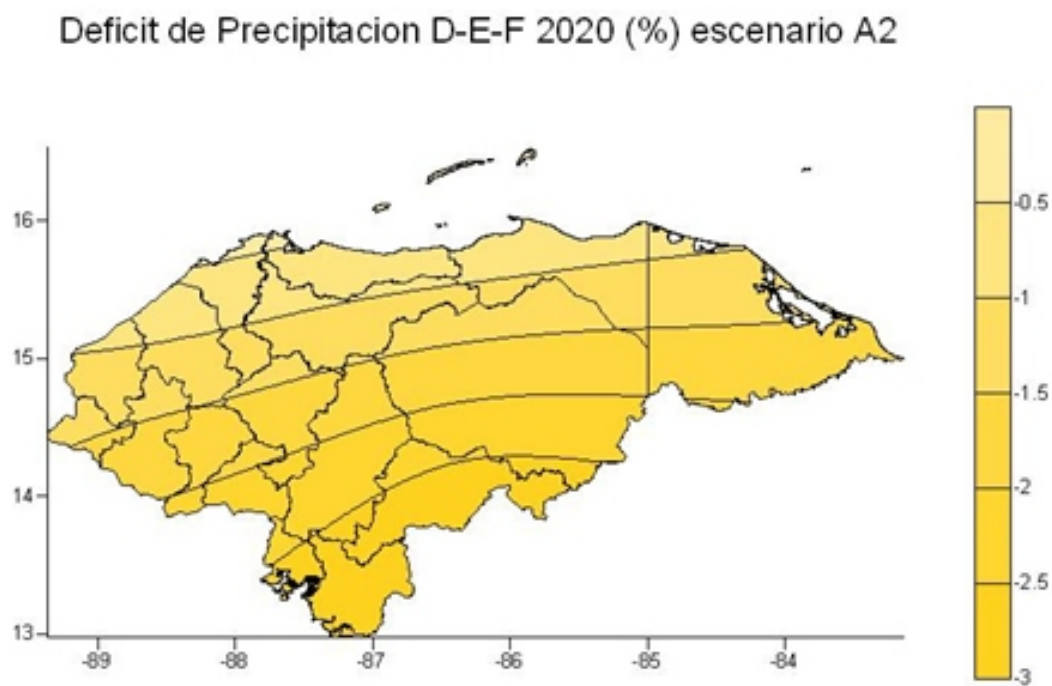
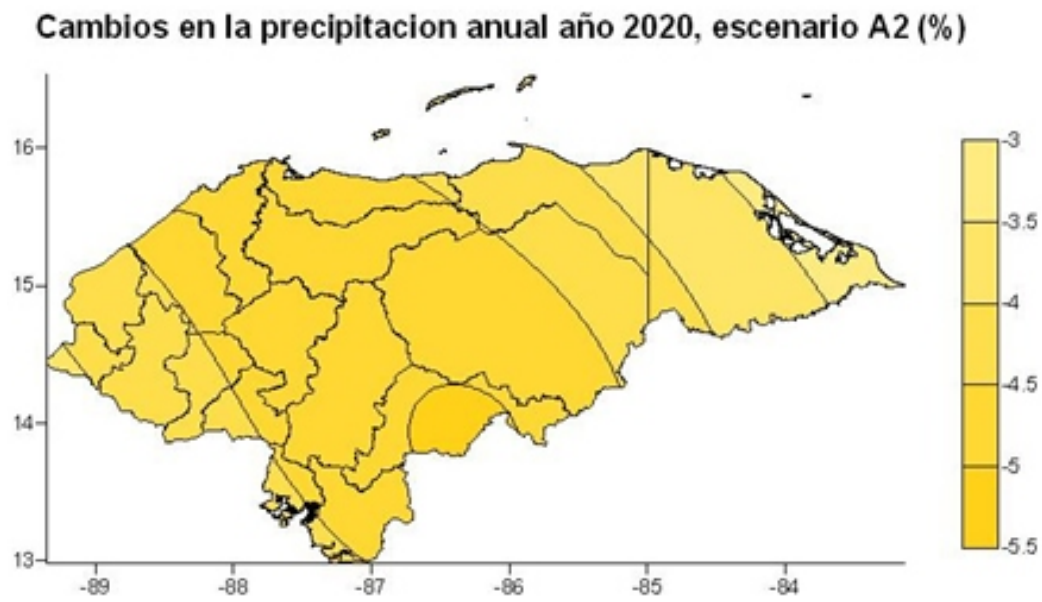
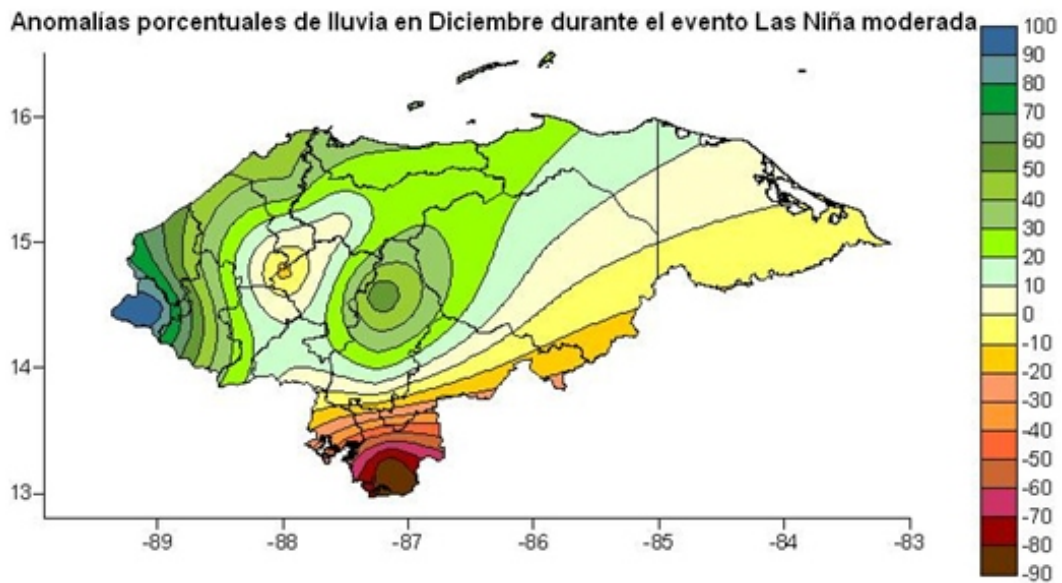
Anomalías porcentuales de la lluvia en Julio durante el evento La Niña moderada



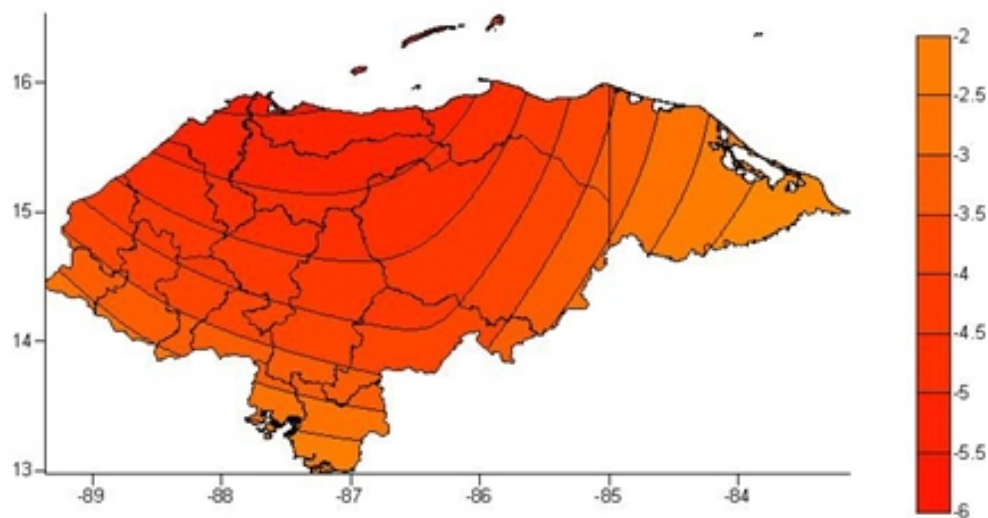
Anomalías porcentuales de la lluvia en Agosto durante el evento La Niña moderada



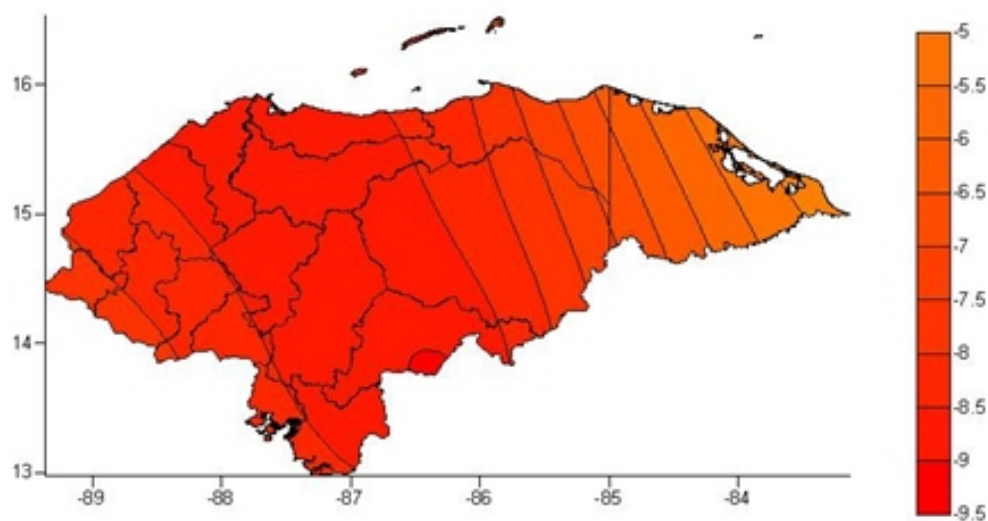
Anomalías porcentuales de lluvia en Septiembre durante evento La Niña moderada**Anomalías porcentuales de la lluvia en Octubre durante el evento La Niña moderada****Anomalías porcentuales de la lluvia en Noviembre durante evento La Niña moderada**



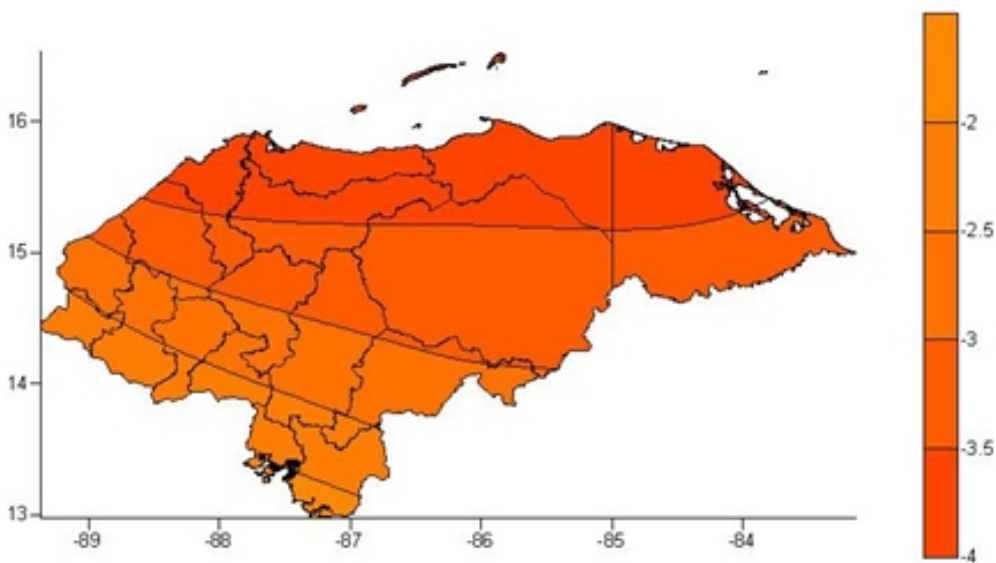
Deficit de Precipitación M-A-M 2020 (%) escenario A2



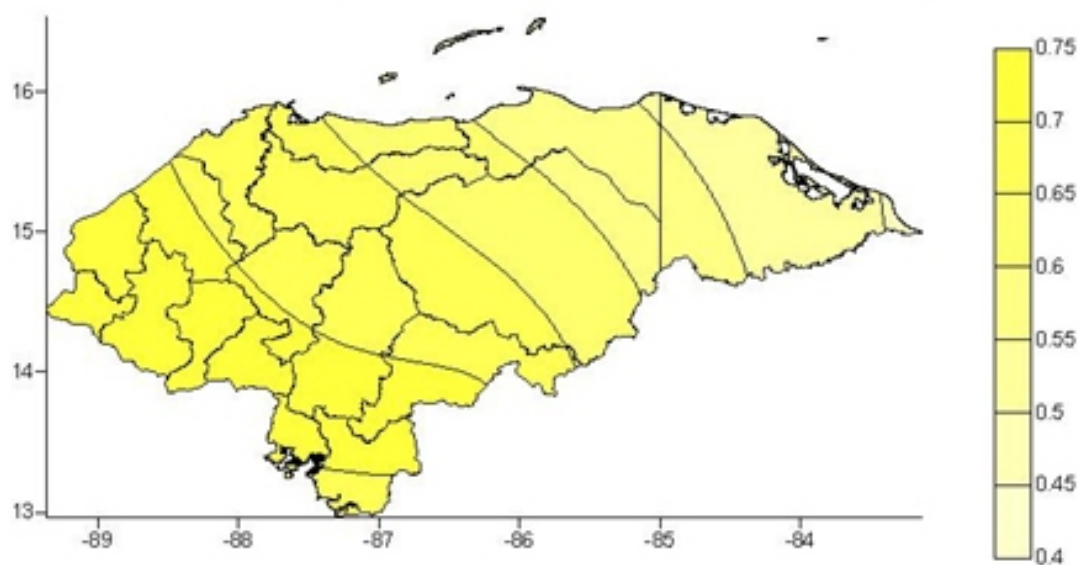
Deficit de Precipitación J-J-A 2020 (%) escenario A2



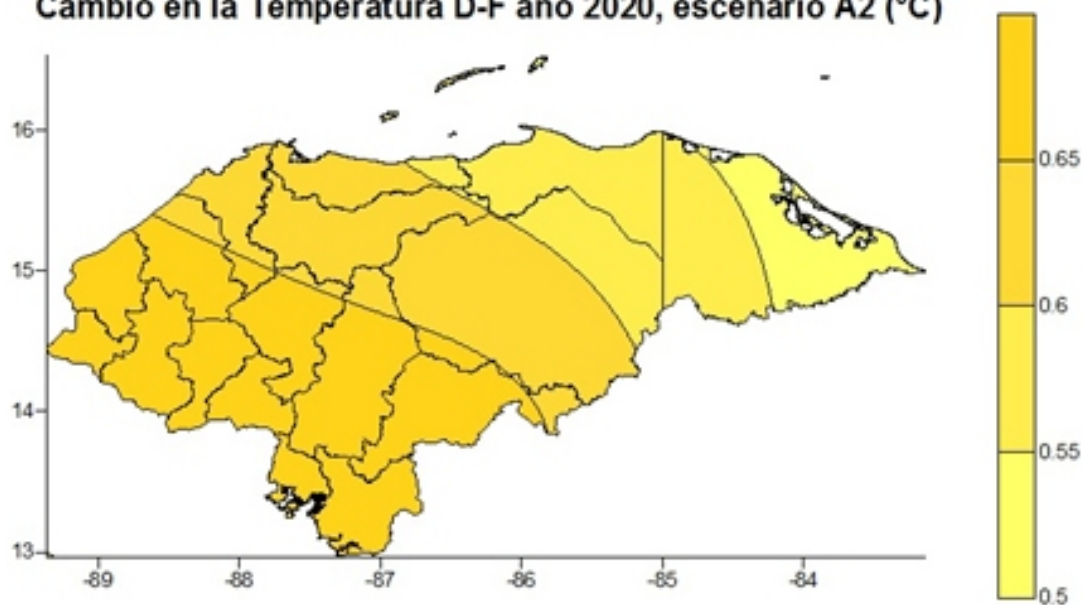
Deficit de Precipitación S-O-N 2020 (%) escenario A2



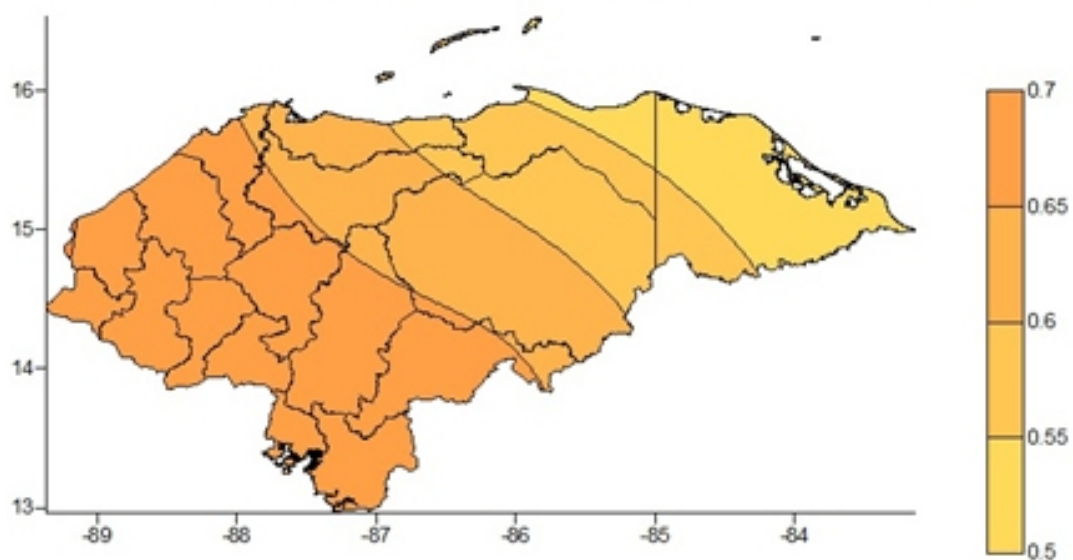
Cambios en la temperatura anual año 2020, escenario A2 (C)

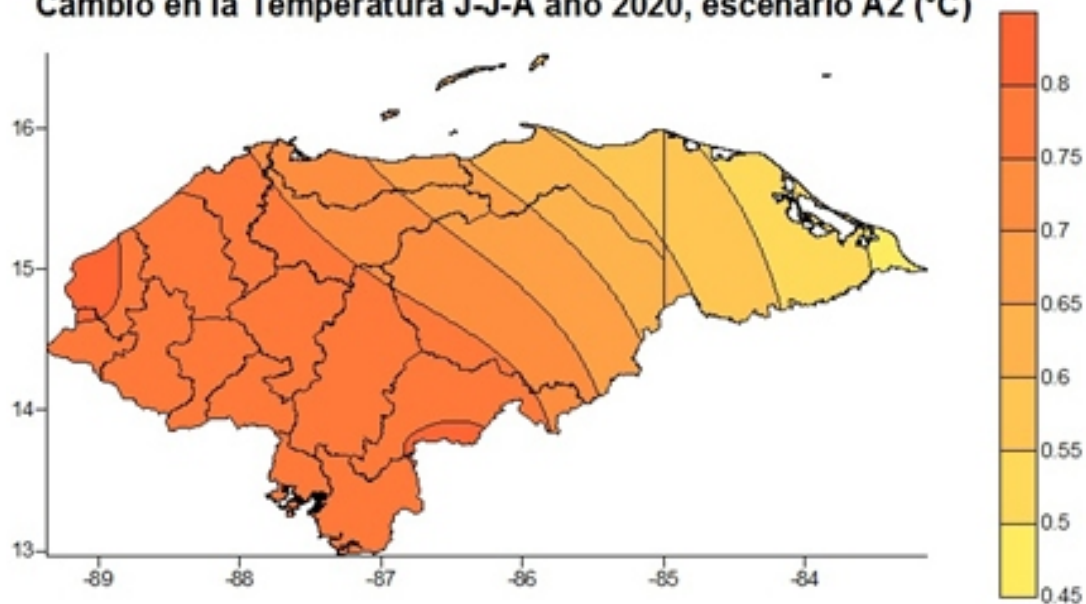
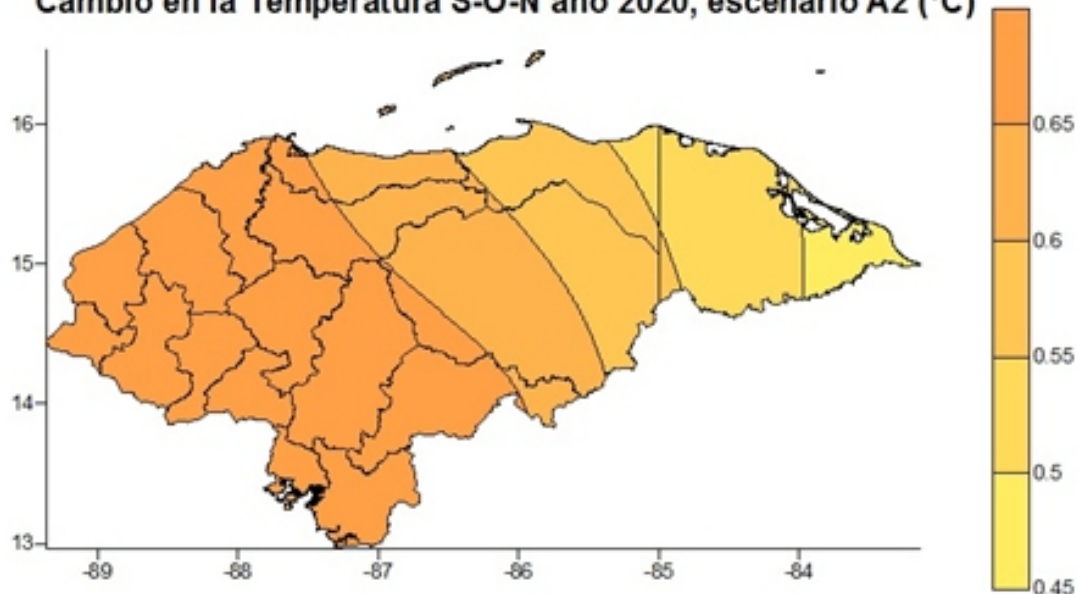
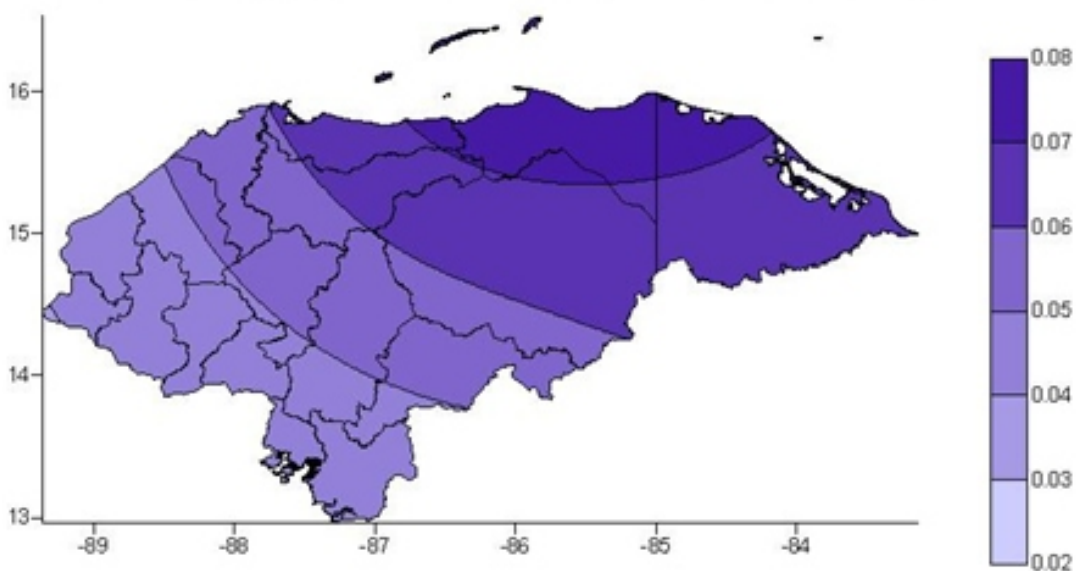


Cambio en la Temperatura D-F año 2020, escenario A2 (°C)

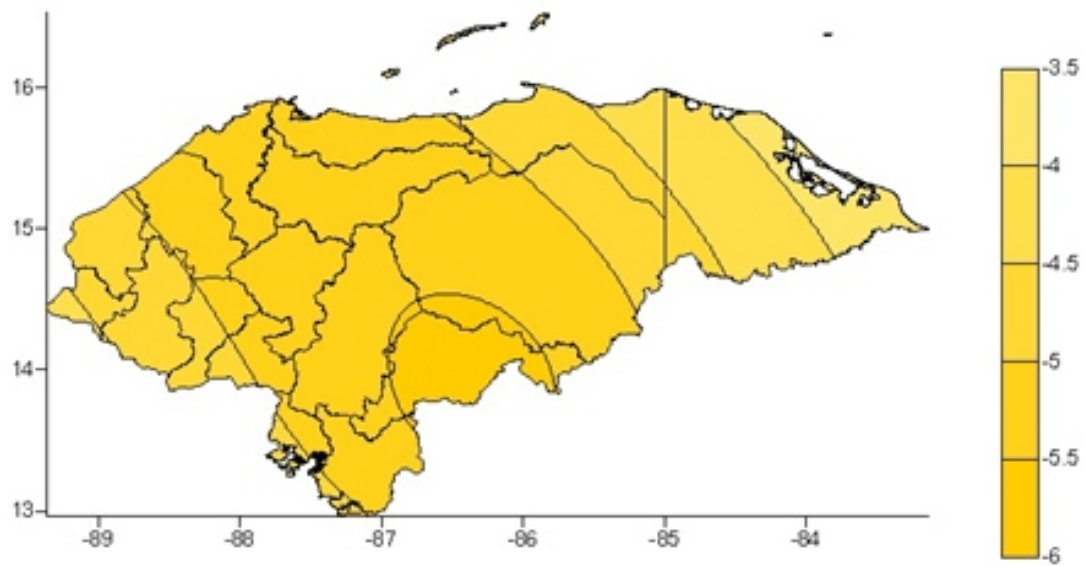


Cambio en la Temperatura M-A-M año 2020, escenario A2 (°C)

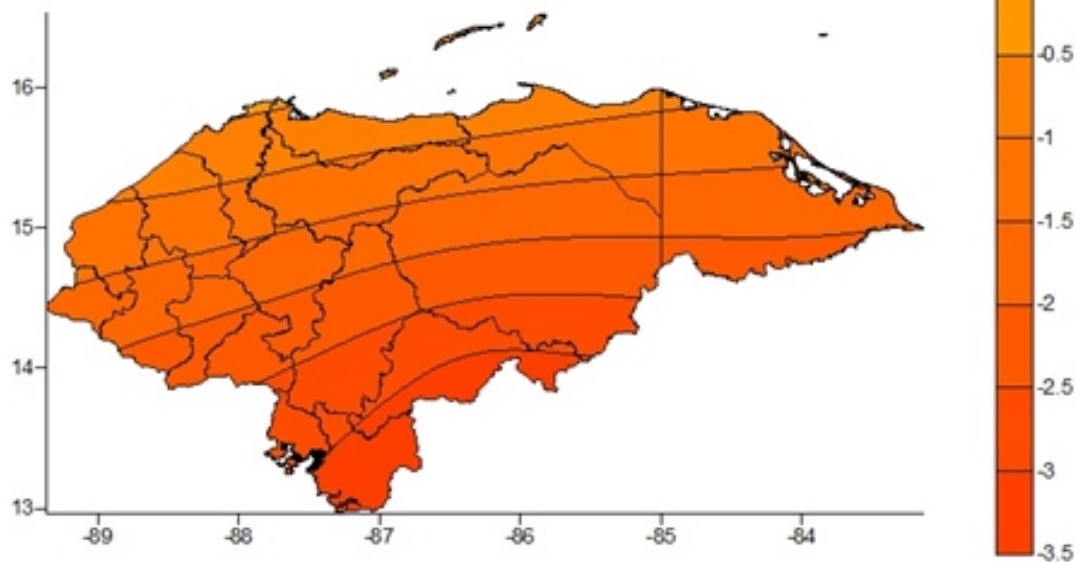


Cambio en la Temperatura J-J-A año 2020, escenario A2 (°C)**Cambio en la Temperatura S-O-N año 2020, escenario A2 (°C)****Cambios en la presión anual año 2020, escenario A2 (hPa)**

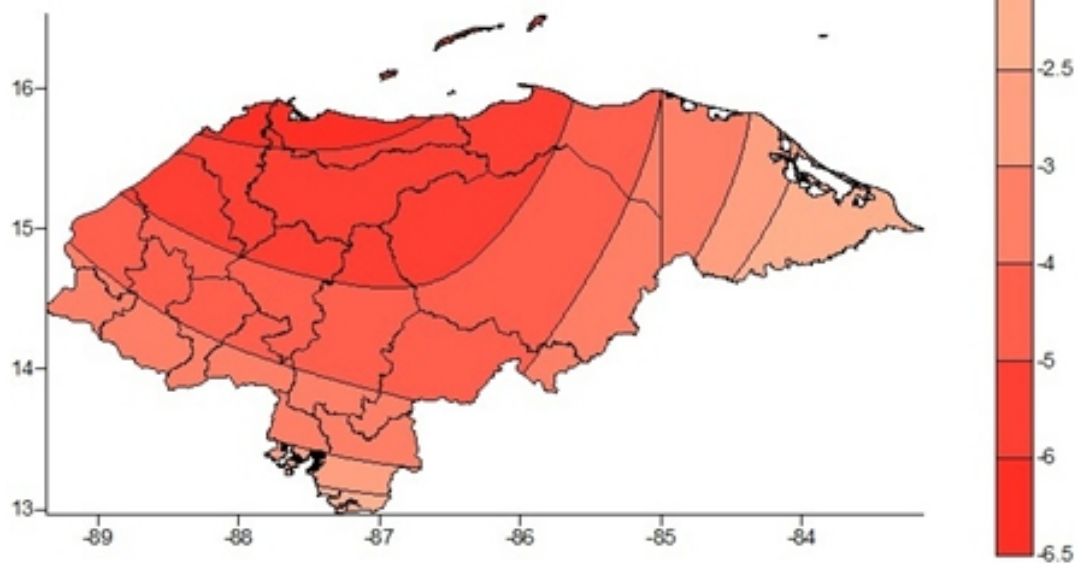
Cambios en la precipitacion anual año 2020, escenario B2 (%)

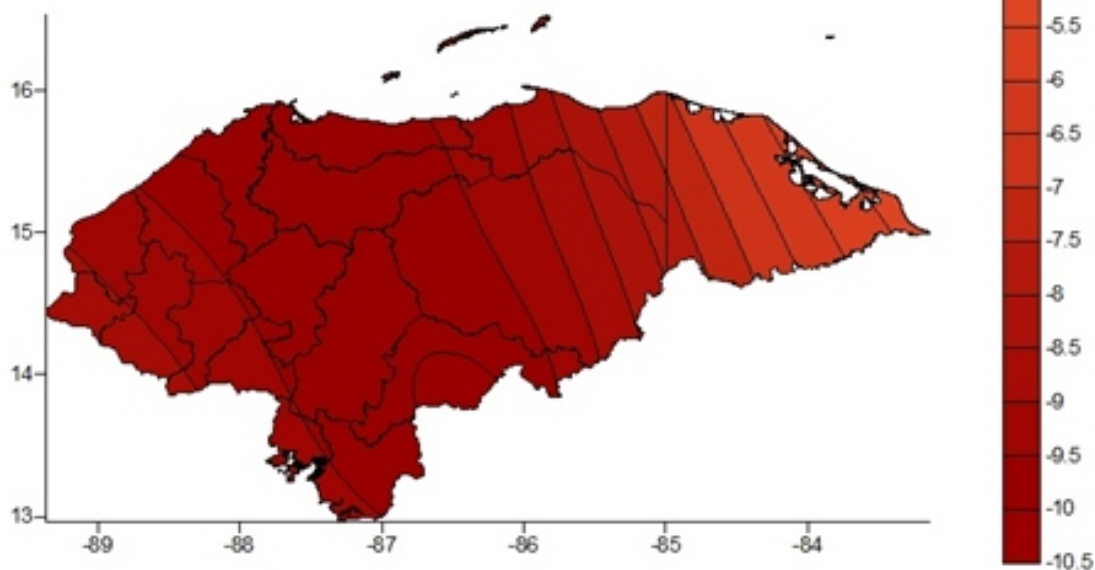
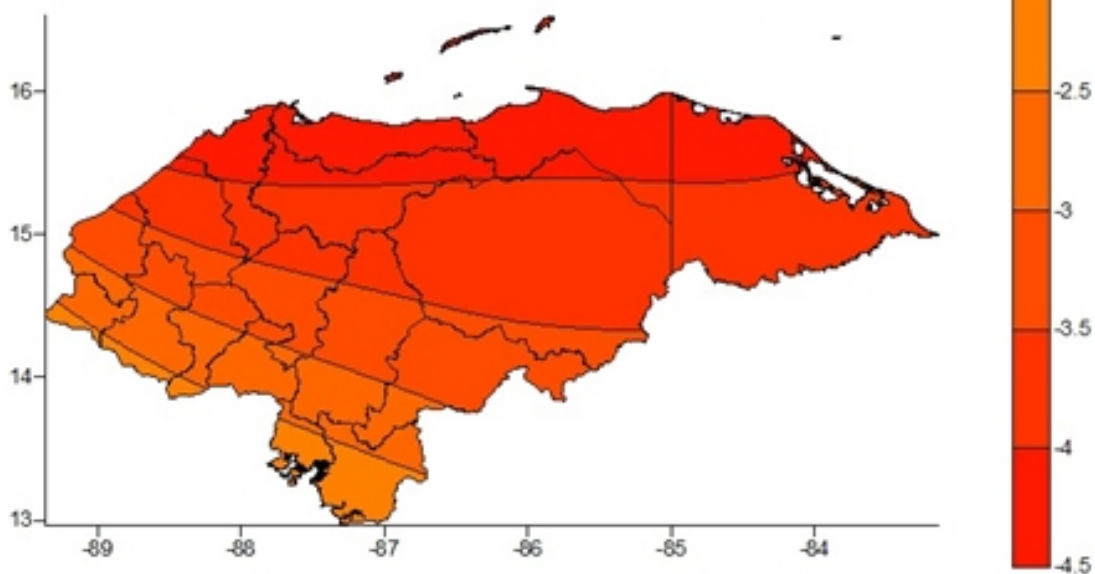
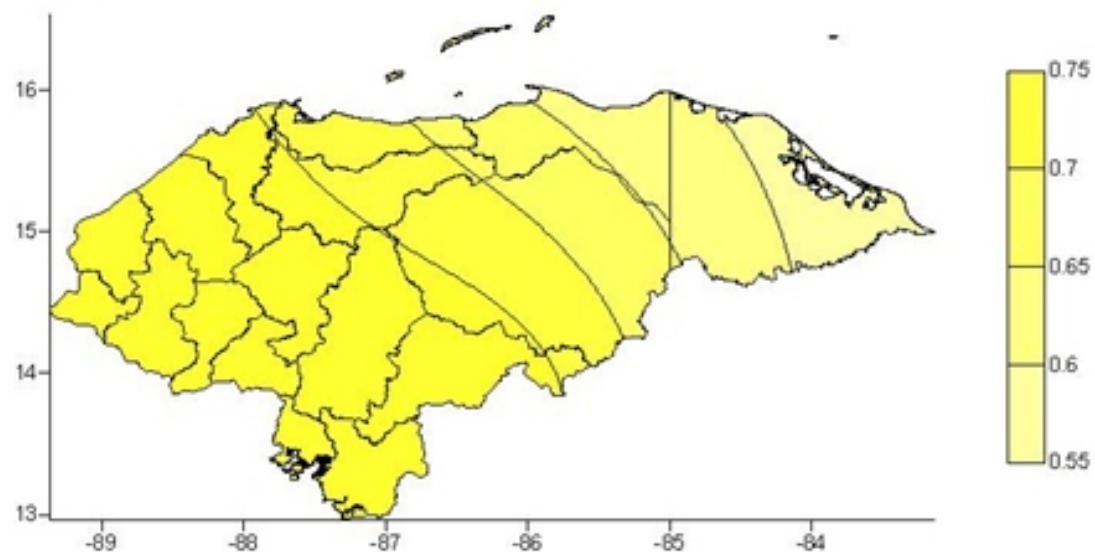


Deficit de precipitacion D-E-F año 2020, escenario B2 (%)

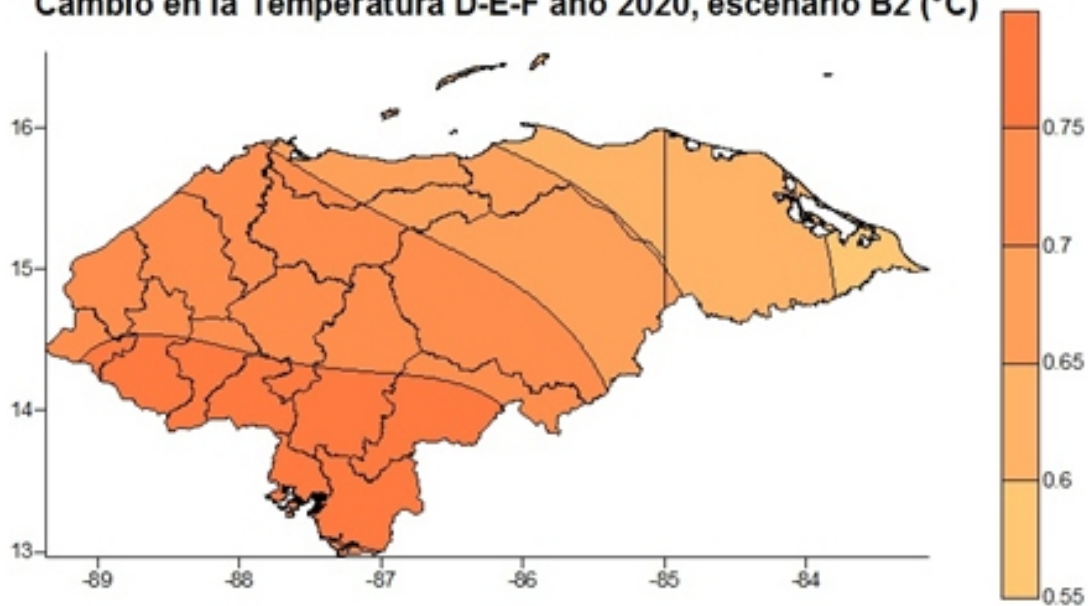


Deficit de precipitacion M-A-M año 2020, escenario B2 (%)

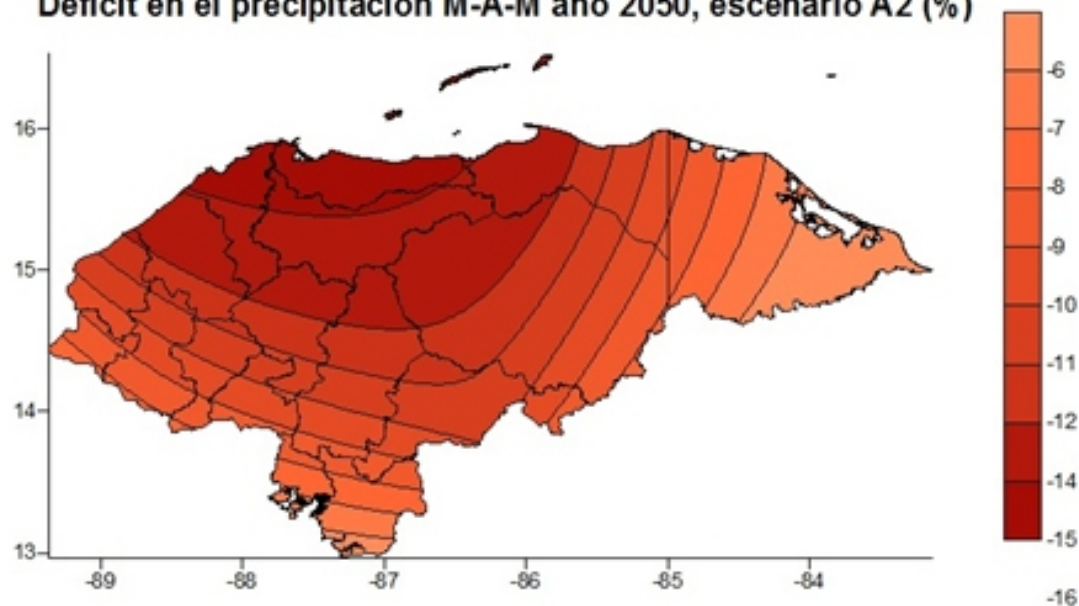


Deficit de precipitación J-J-A año 2020, escenario B2 (%)**Deficit de precipitación S-O-N año 2020, escenario B2 (%)****Cambios en la temperatura anual año 2020, escenario B2 (C)**

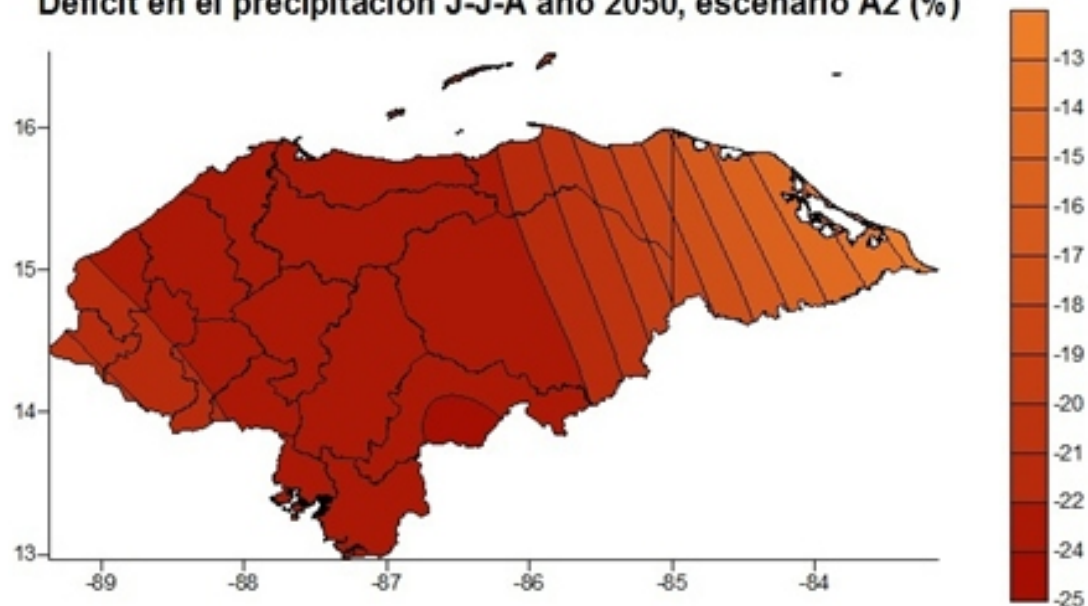
Cambio en la Temperatura D-E-F año 2020, escenario B2 (°C)

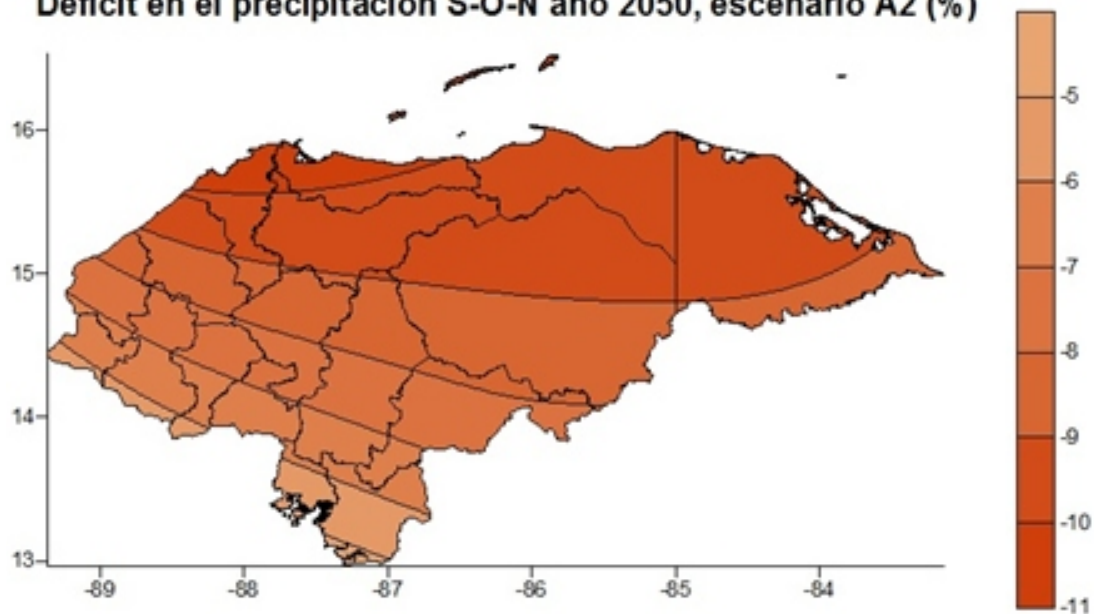
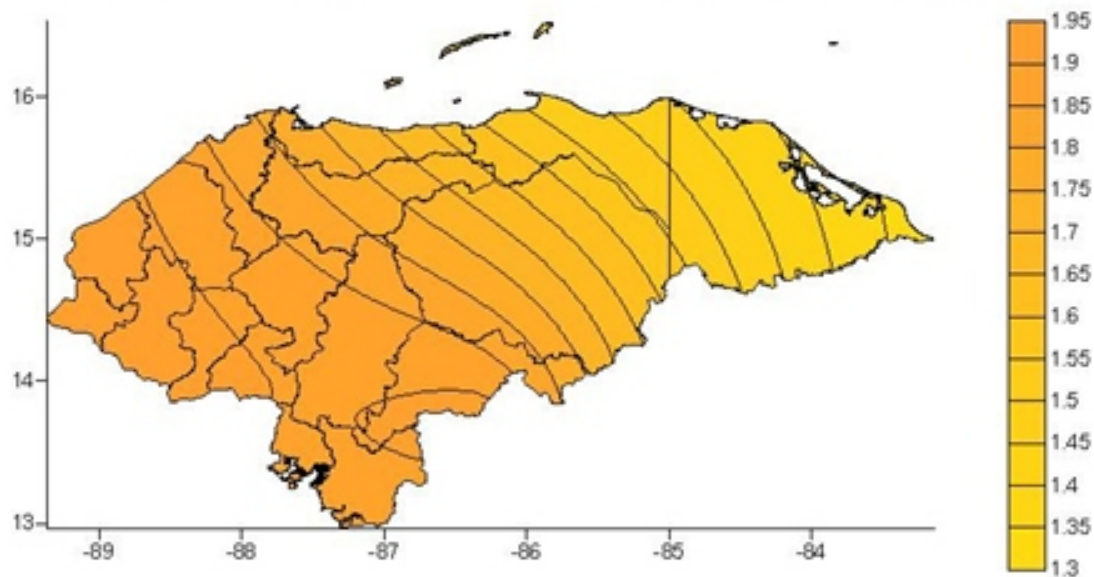
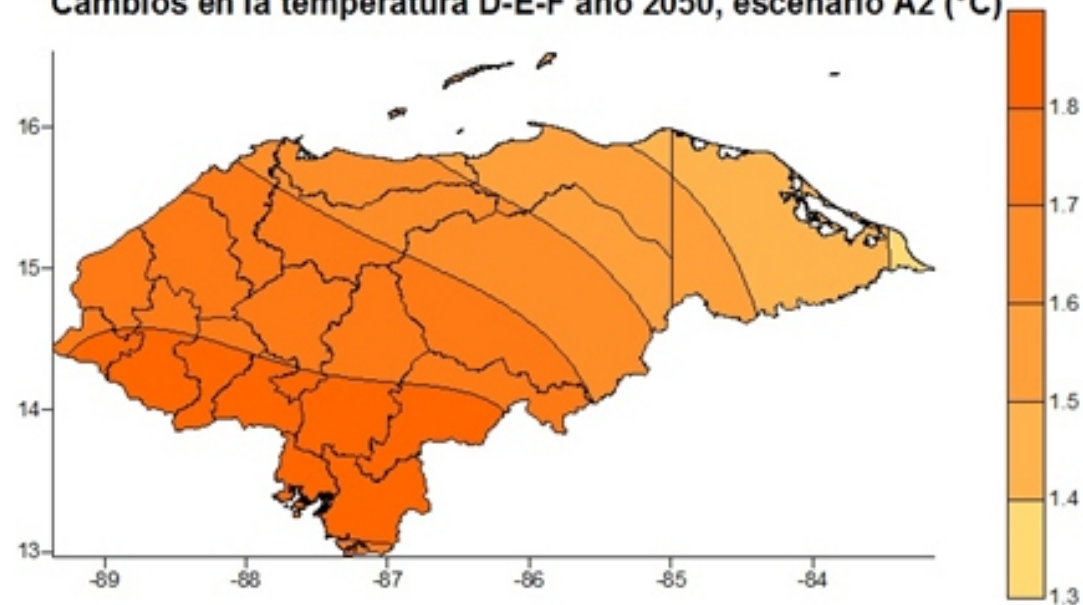


Deficit en el precipitación M-A-M año 2050, escenario A2 (%)

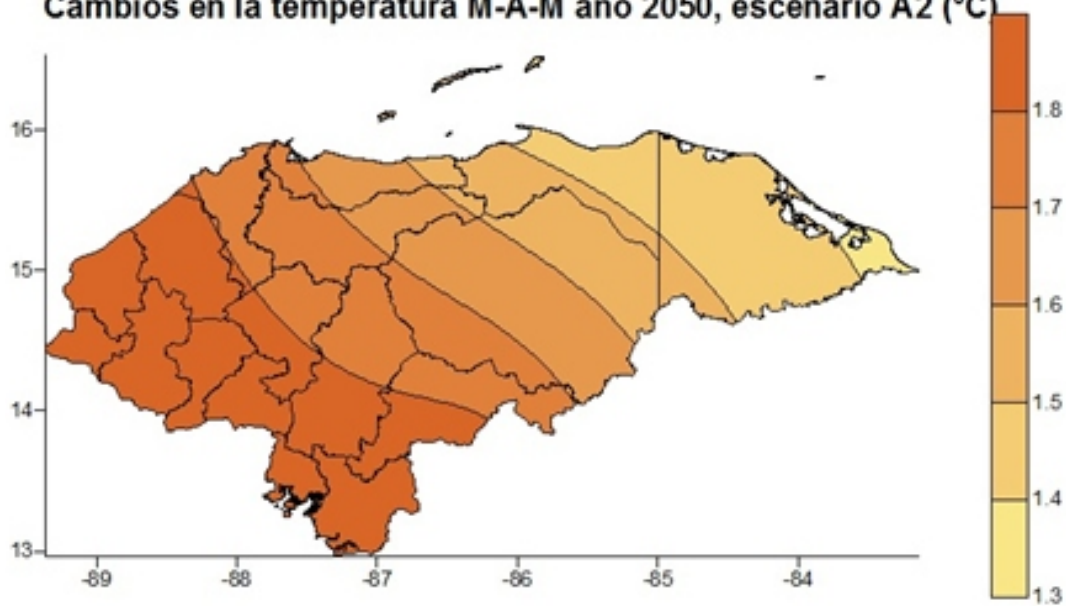


Deficit en el precipitación J-J-A año 2050, escenario A2 (%)

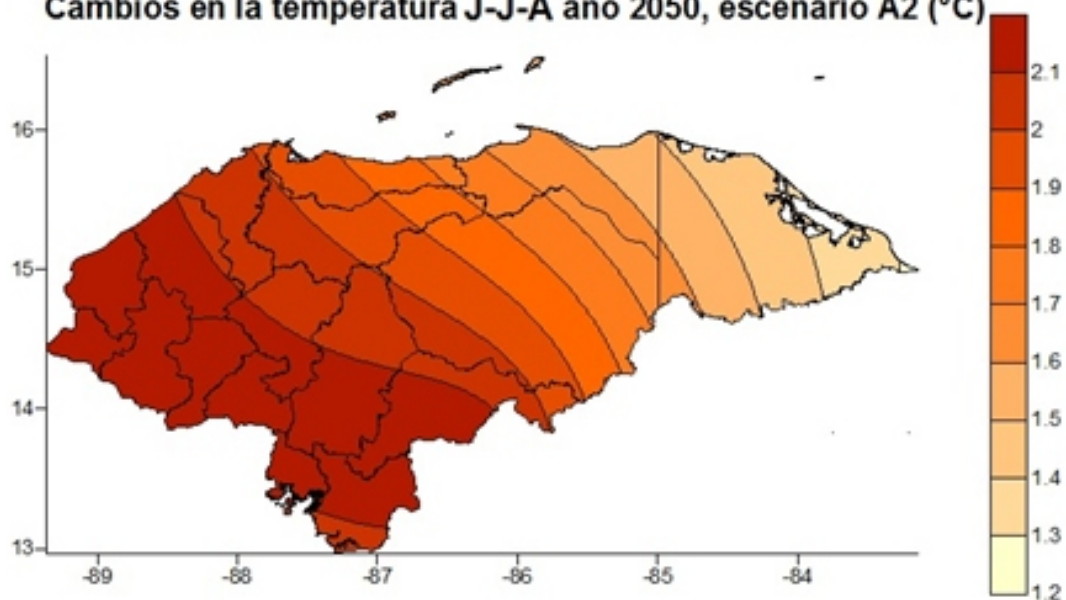


Deficit en el precipitación S-O-N año 2050, escenario A2 (%)**Cambios en la temperatura anual año 2050, escenario A2 (C)****Cambios en la temperatura D-E-F año 2050, escenario A2 (°C)**

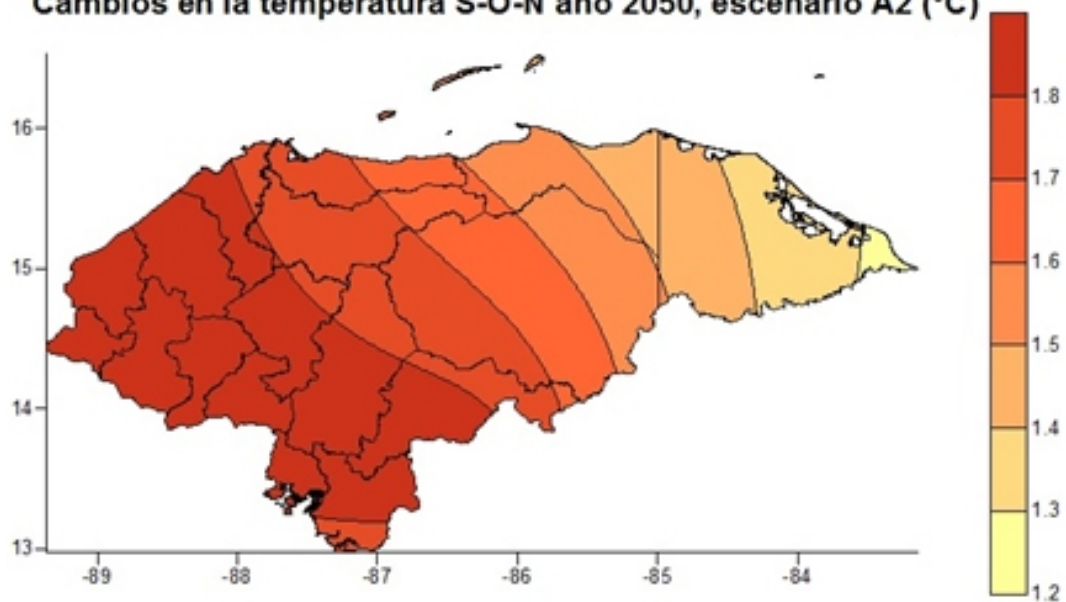
Cambios en la temperatura M-A-M año 2050, escenario A2 (°C)

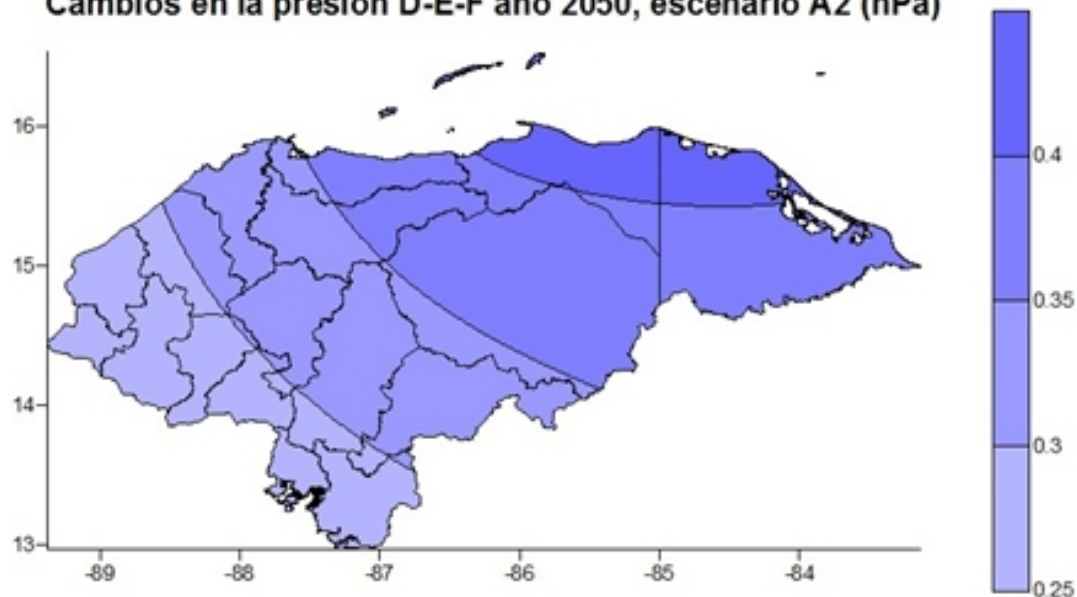
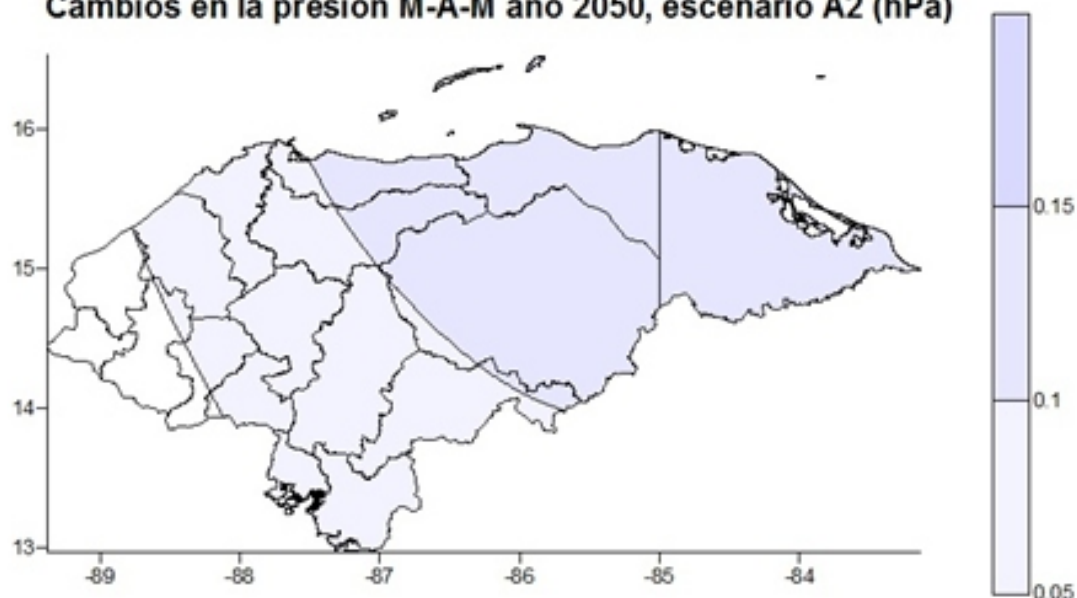
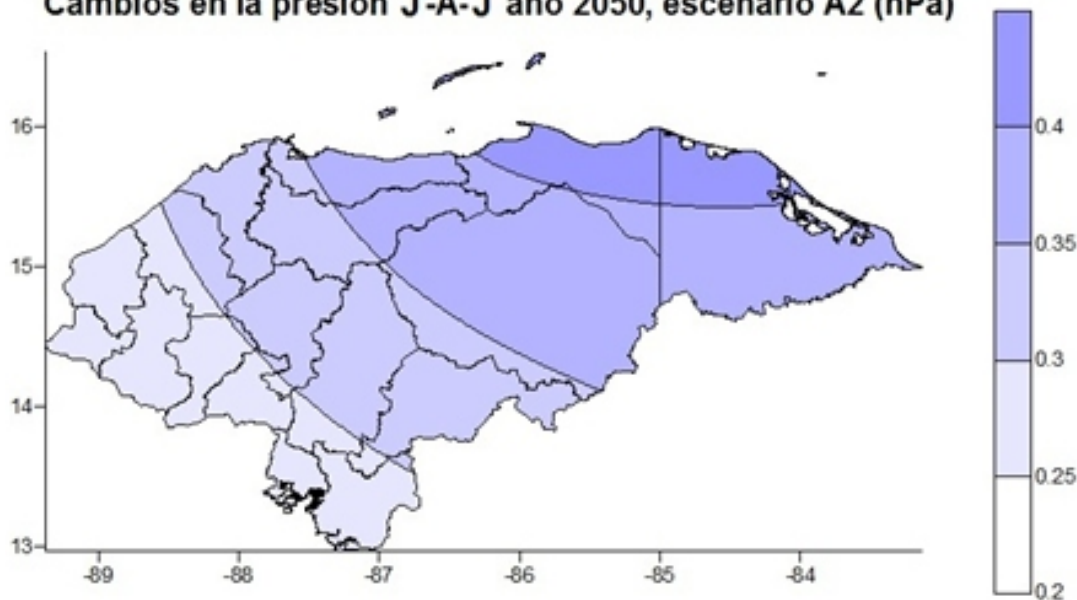


Cambios en la temperatura J-J-A año 2050, escenario A2 (°C)

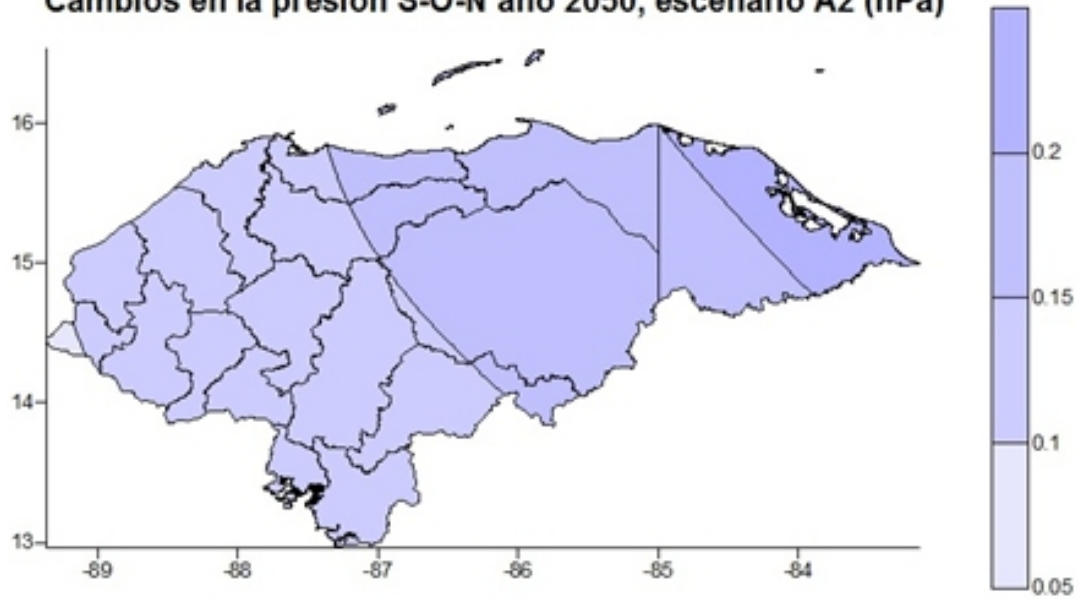


Cambios en la temperatura S-O-N año 2050, escenario A2 (°C)

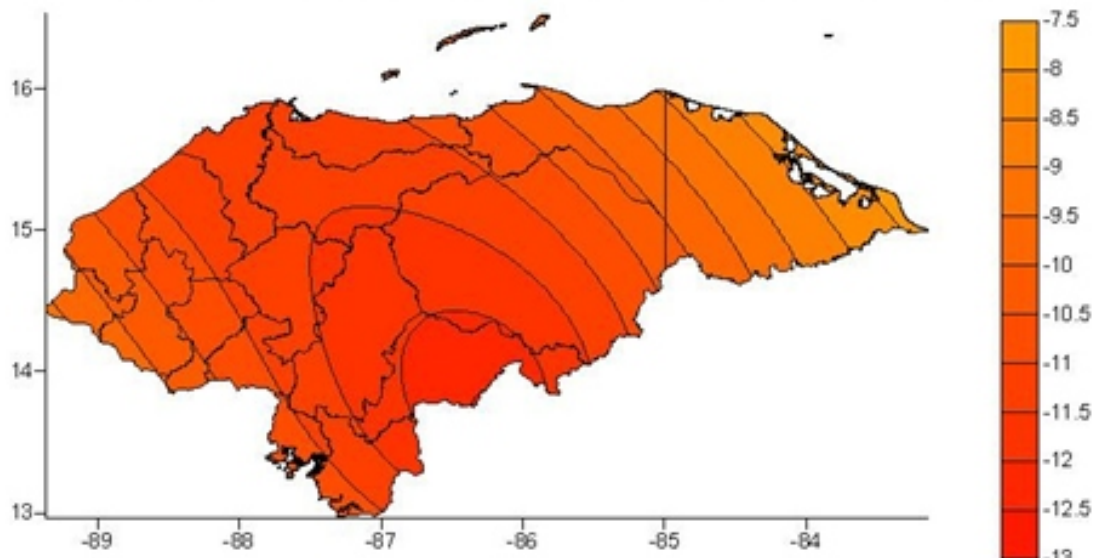


Cambios en la presión D-E-F año 2050, escenario A2 (hPa)**Cambios en la presión M-A-M año 2050, escenario A2 (hPa)****Cambios en la presión J-A-J año 2050, escenario A2 (hPa)**

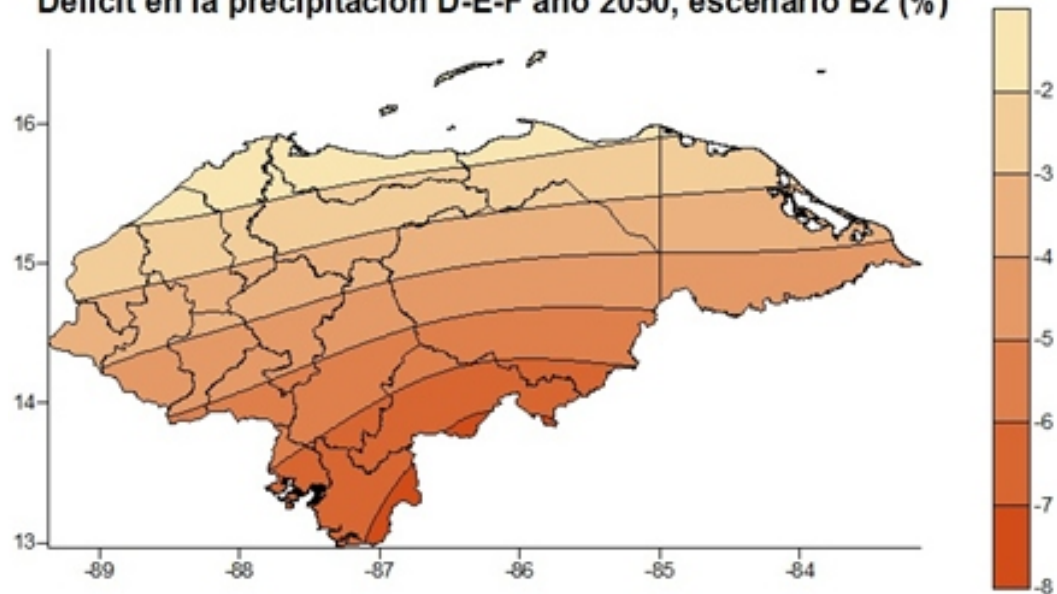
Cambios en la presión S-O-N año 2050, escenario A2 (hPa)

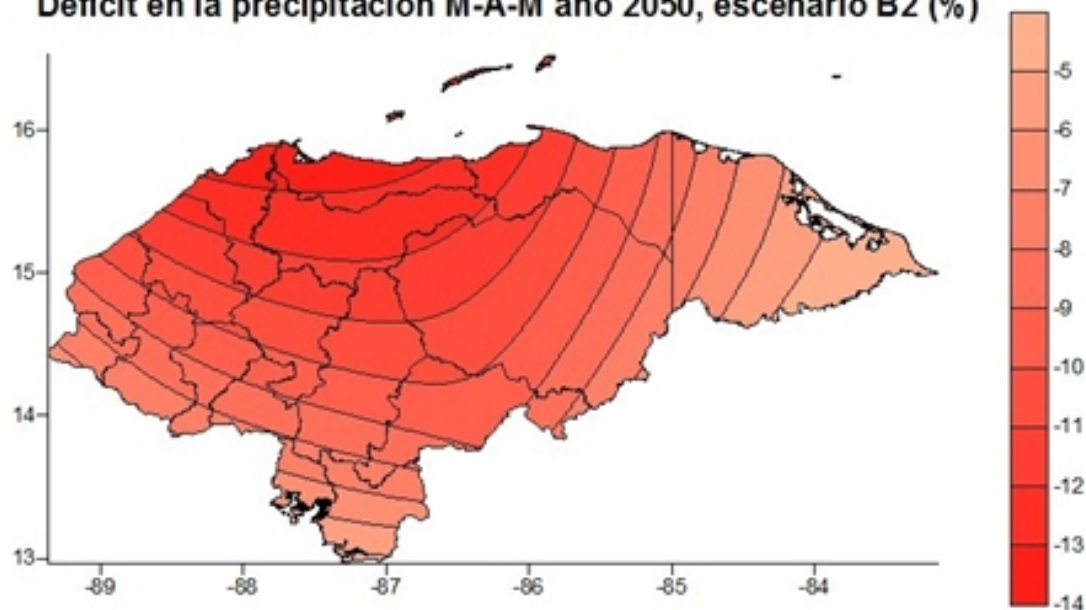
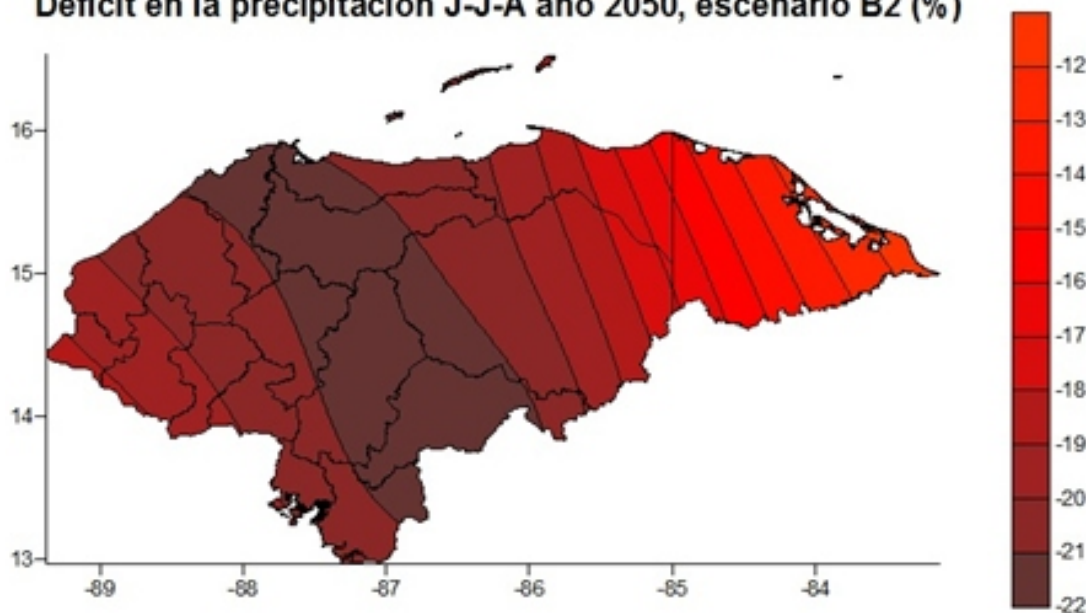
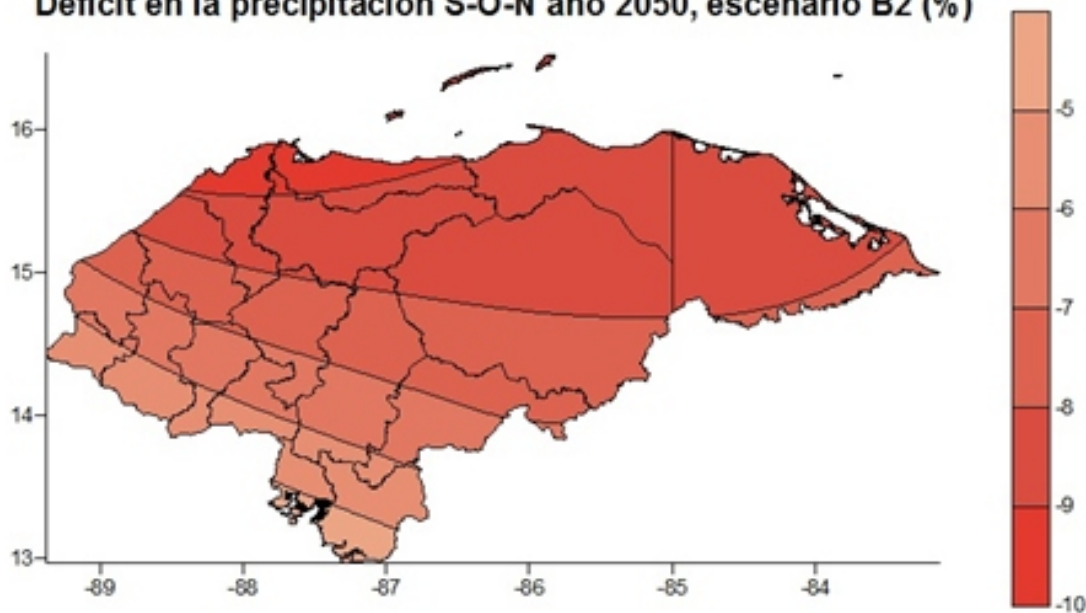


Cambios en la precipitación anual año 2050, escenario B2 (%)

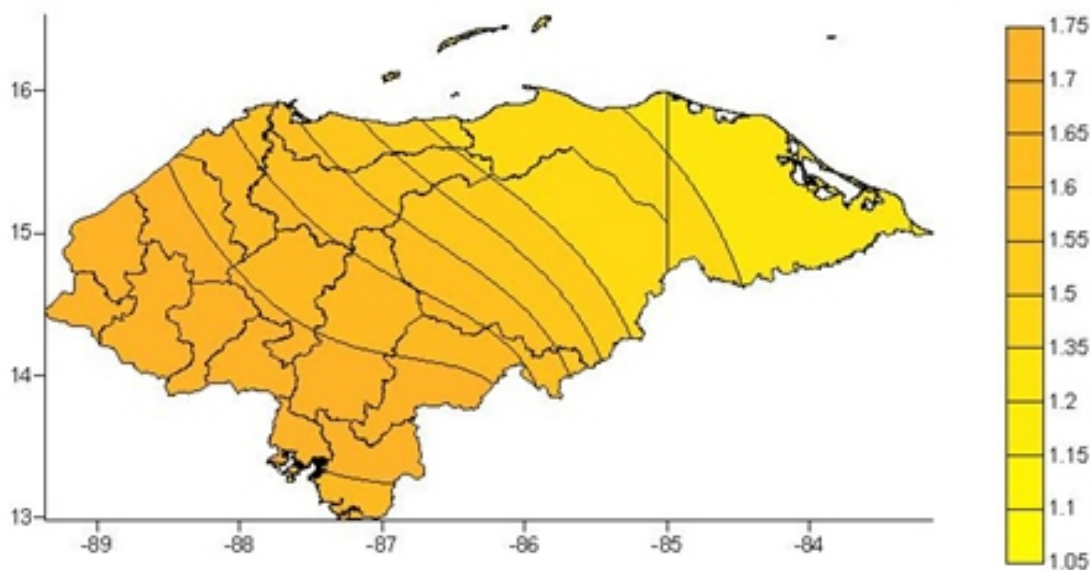


Deficit en la precipitación D-E-F año 2050, escenario B2 (%)

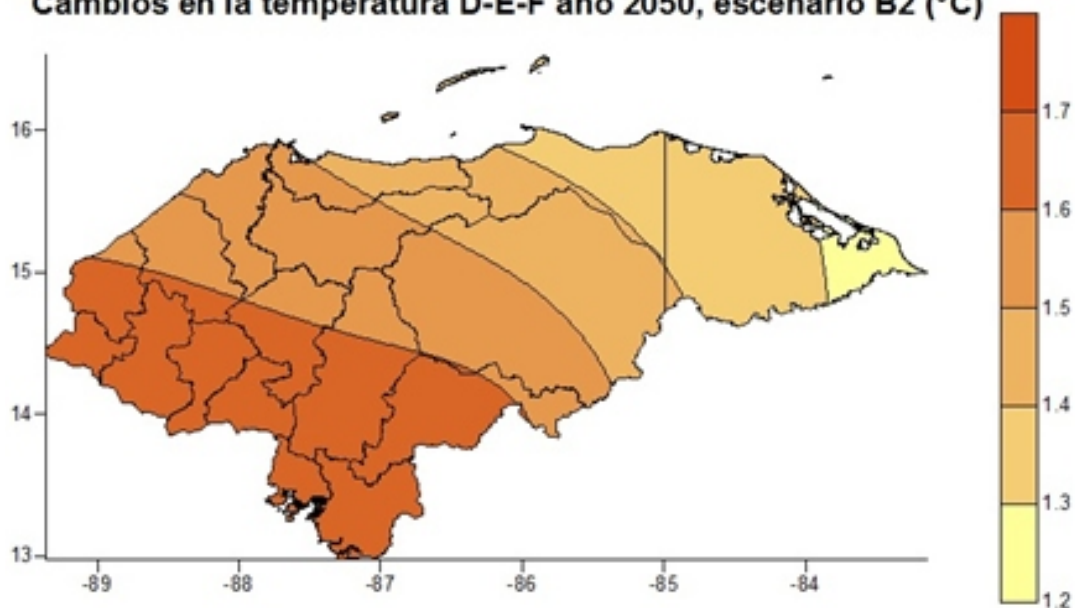


Deficit en la precipitación M-A-M año 2050, escenario B2 (%)**Deficit en la precipitación J-J-A año 2050, escenario B2 (%)****Deficit en la precipitación S-O-N año 2050, escenario B2 (%)**

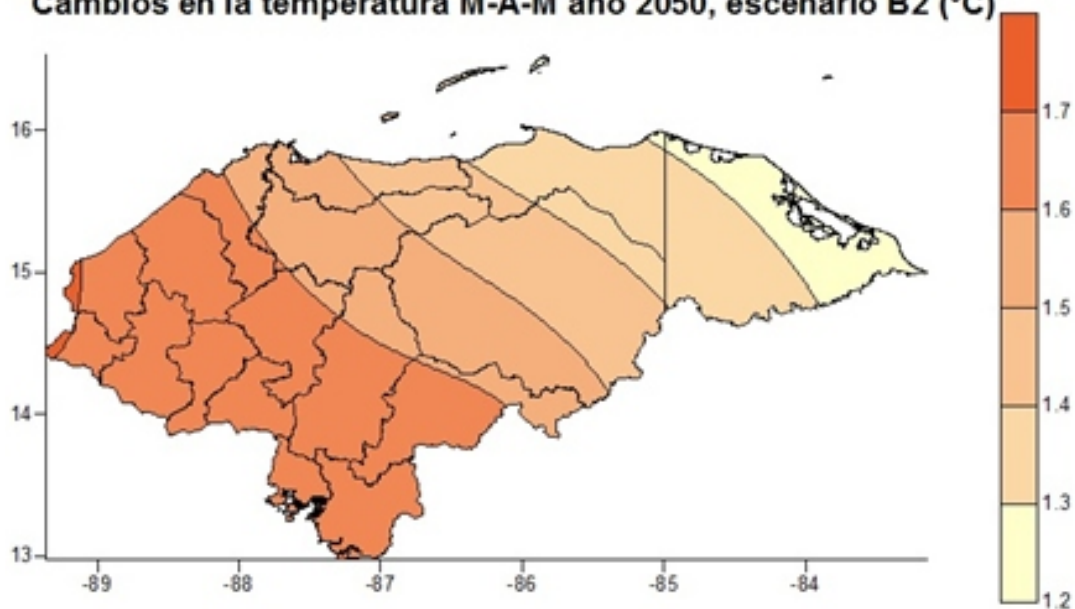
Cambios en la temperatura anual año 2050, escenario B2 (C)

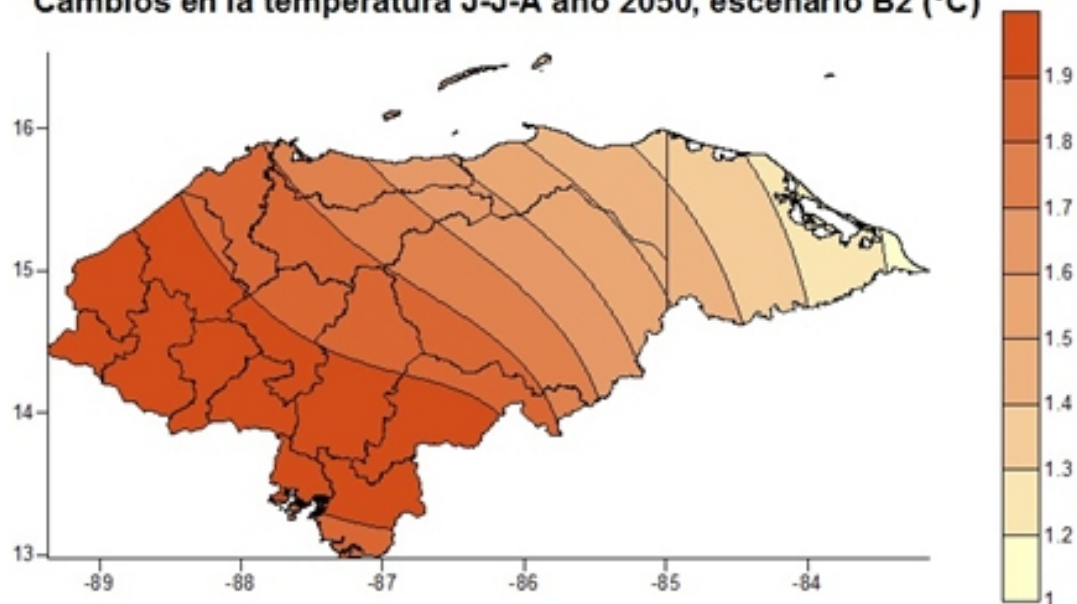
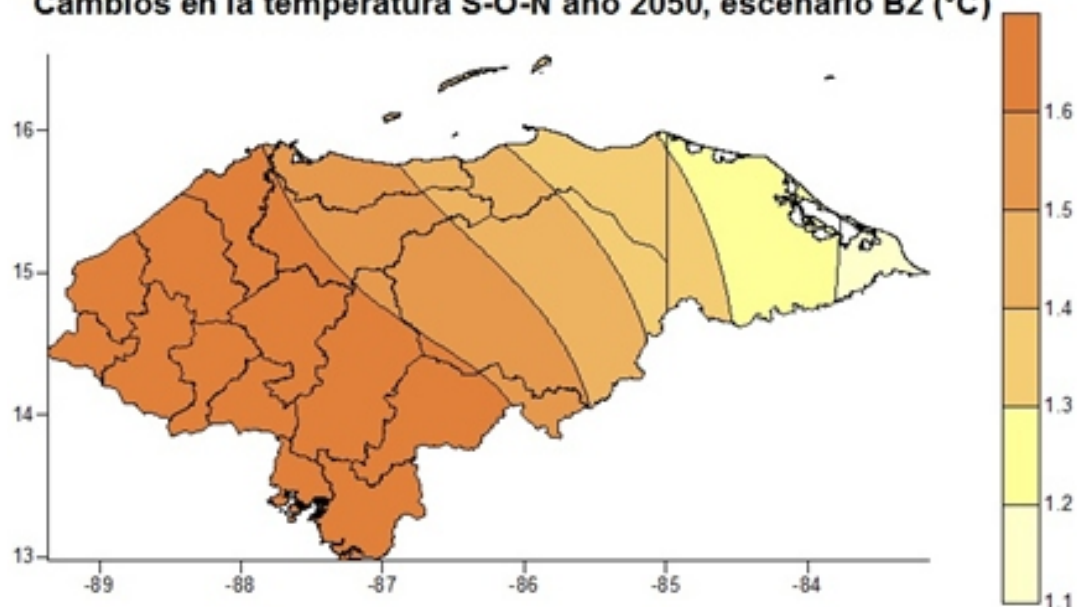
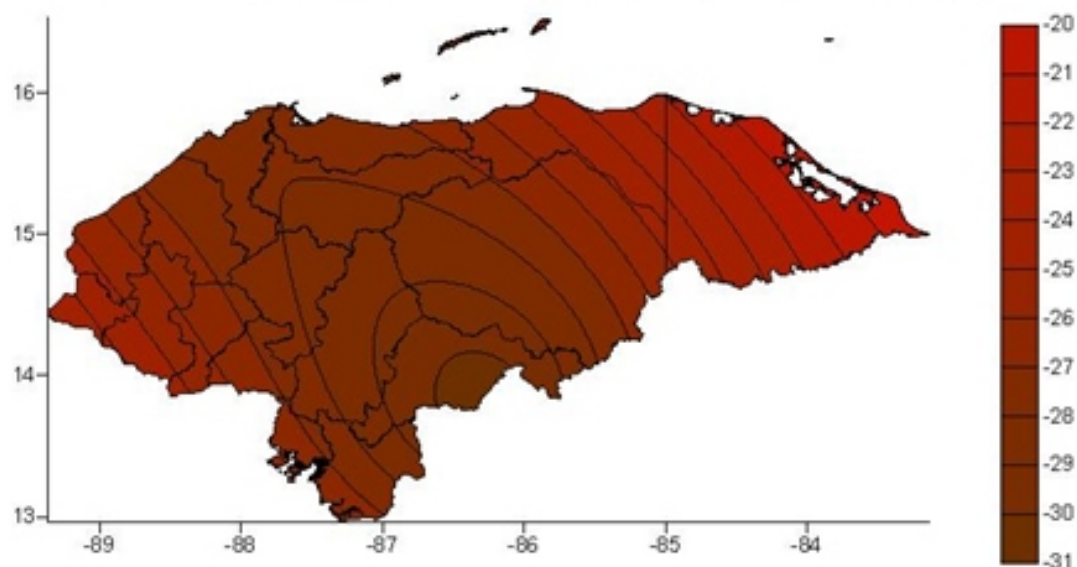


Cambios en la temperatura D-E-F año 2050, escenario B2 (°C)

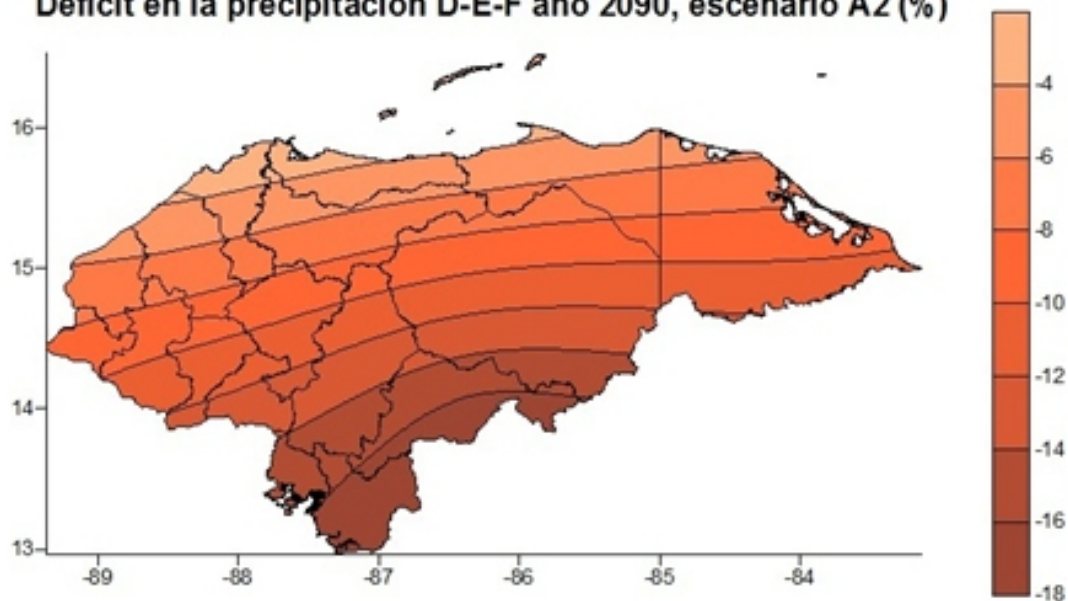


Cambios en la temperatura M-A-M año 2050, escenario B2 (°C)

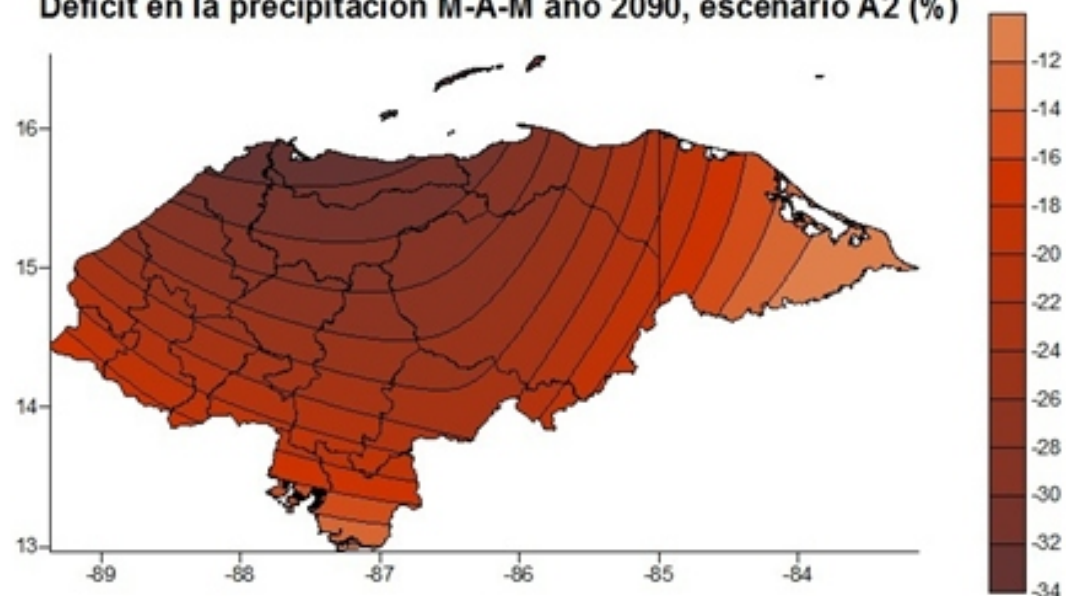


Cambios en la temperatura J-J-A año 2050, escenario B2 (°C)**Cambios en la temperatura S-O-N año 2050, escenario B2 (°C)****Cambios en la precipitación anual año 2090, escenario A2 (%)**

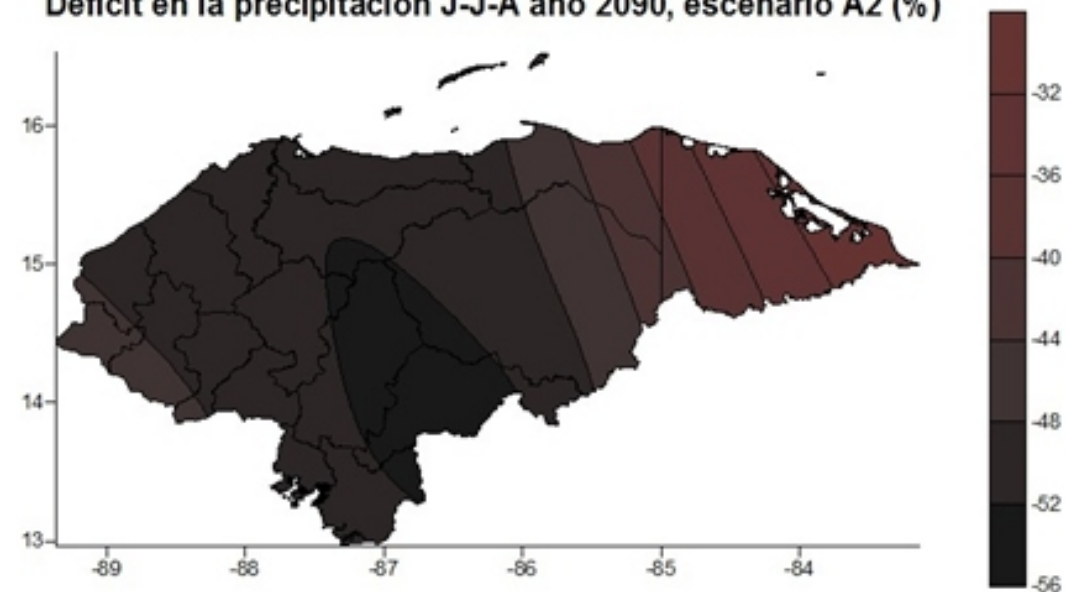
Déficit en la precipitación D-E-F año 2090, escenario A2 (%)

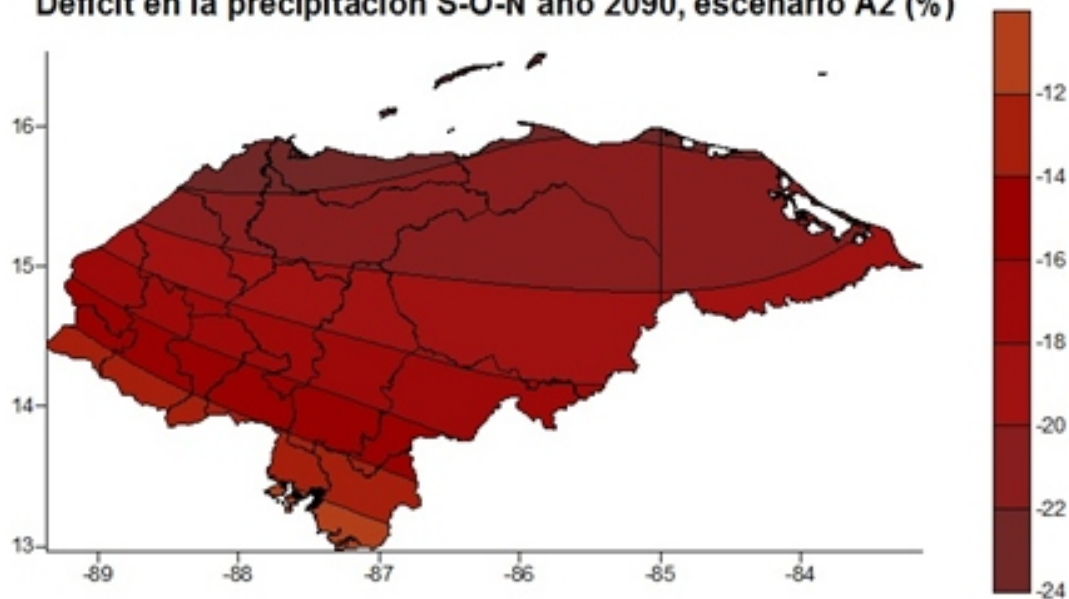
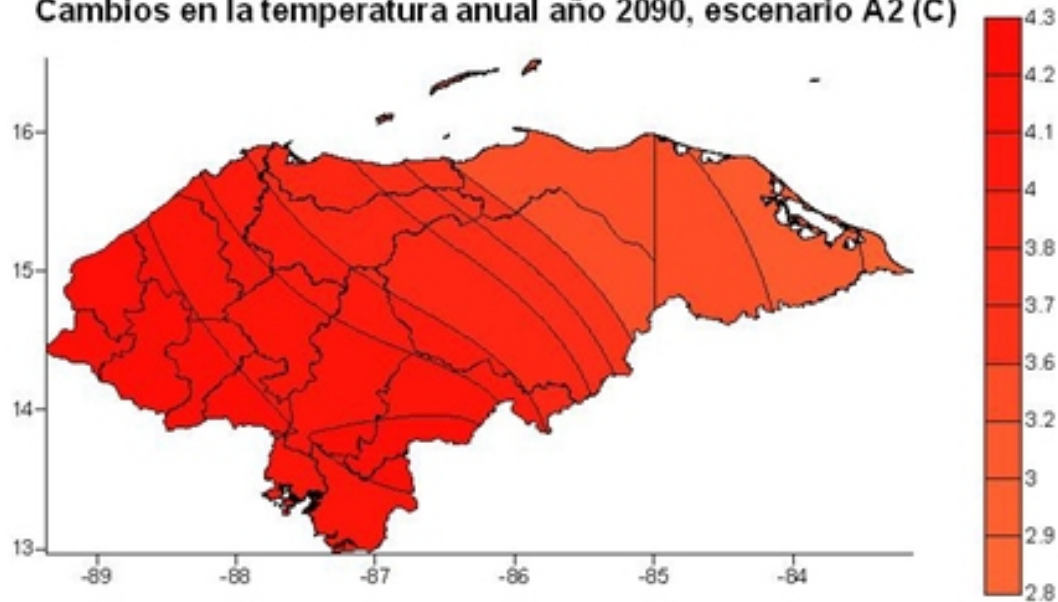
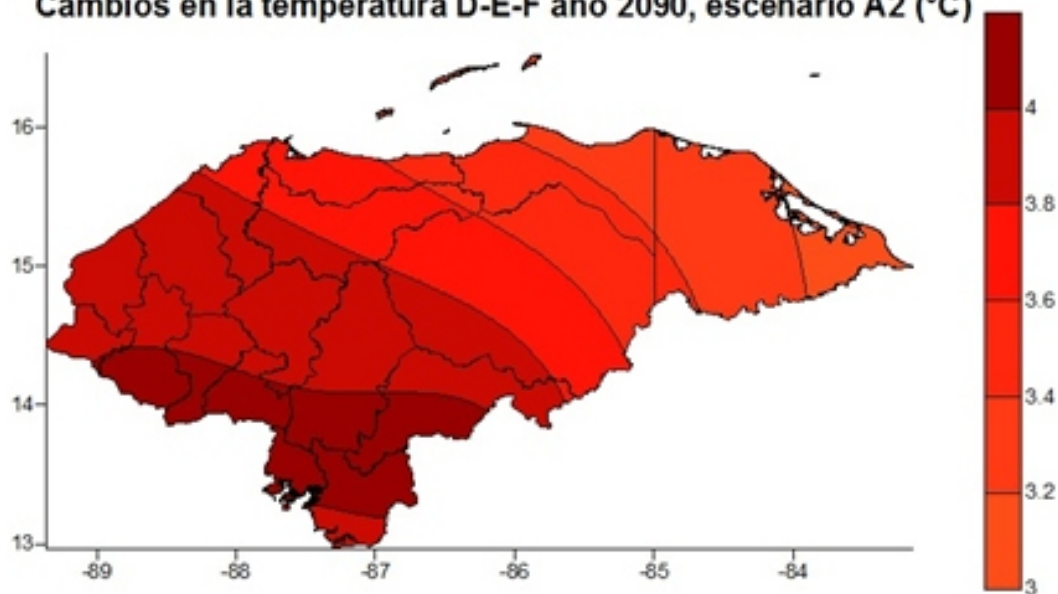


Déficit en la precipitación M-A-M año 2090, escenario A2 (%)

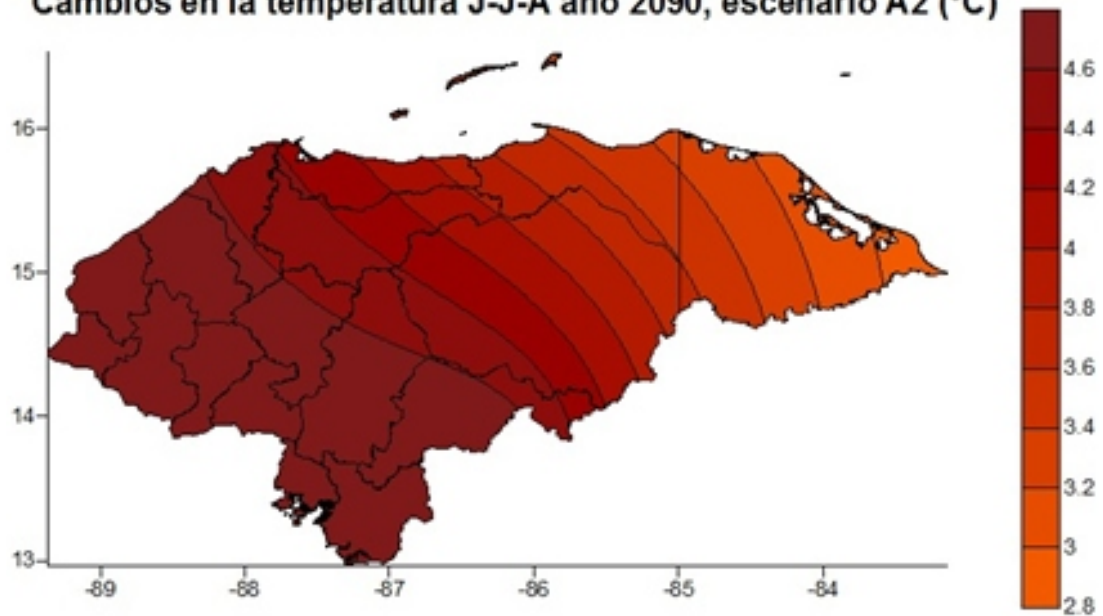


Déficit en la precipitación J-J-A año 2090, escenario A2 (%)

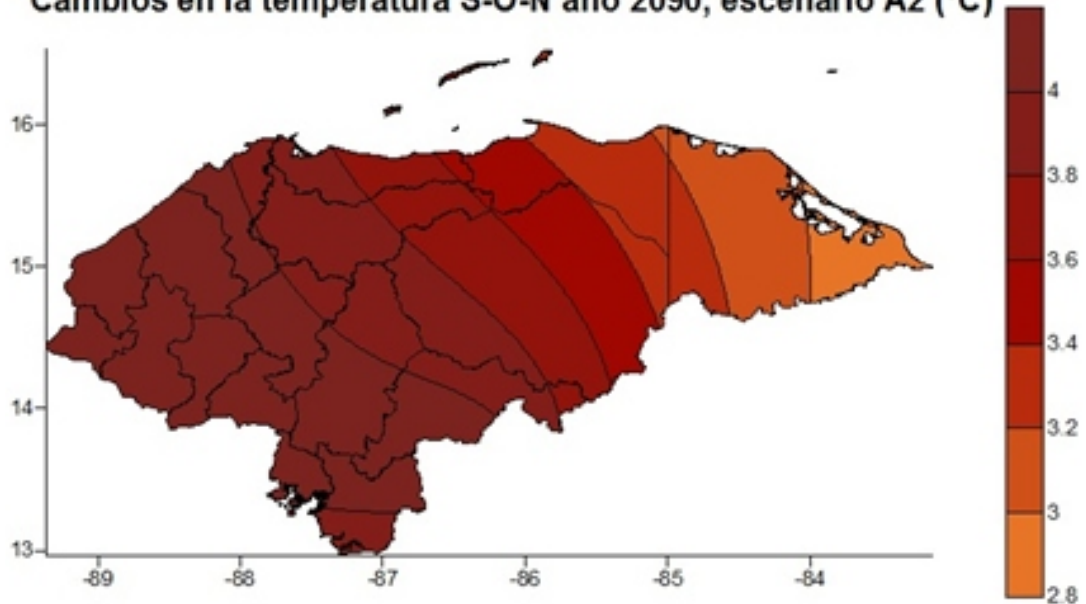


Déficit en la precipitación S-O-N año 2090, escenario A2 (%)**Cambios en la temperatura anual año 2090, escenario A2 (C)****Cambios en la temperatura D-E-F año 2090, escenario A2 (°C)**

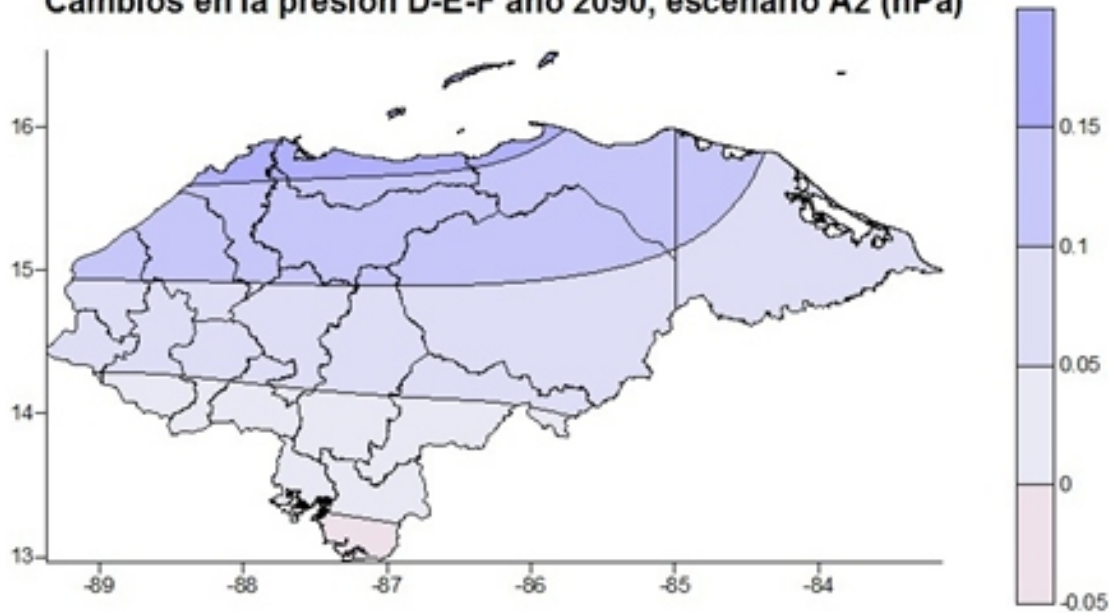
Cambios en la temperatura J-J-A año 2090, escenario A2 (°C)



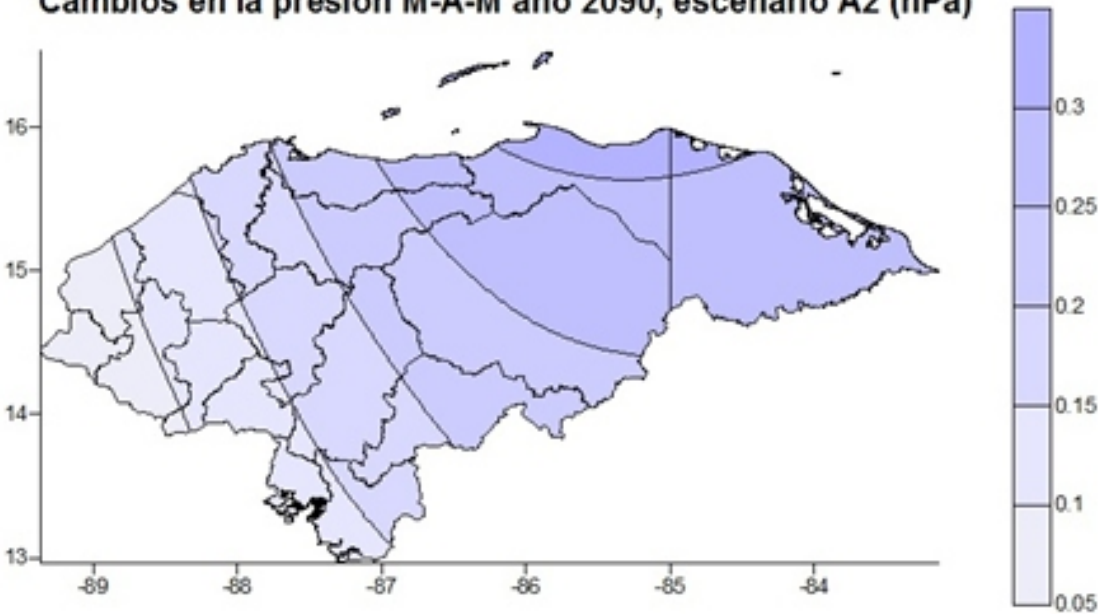
Cambios en la temperatura S-O-N año 2090, escenario A2 (°C)



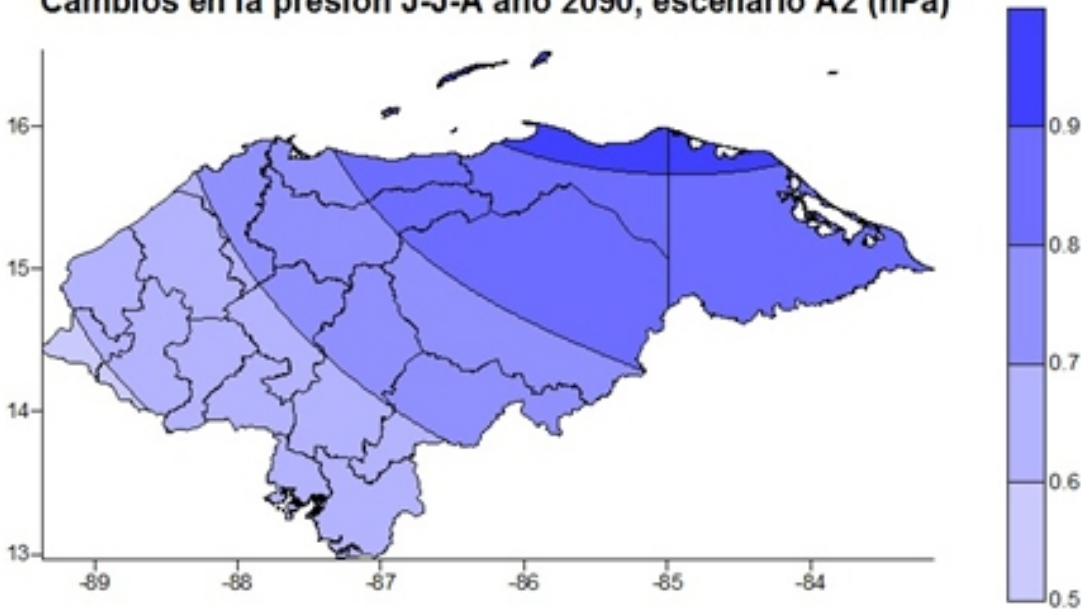
Cambios en la presión D-E-F año 2090, escenario A2 (hPa)



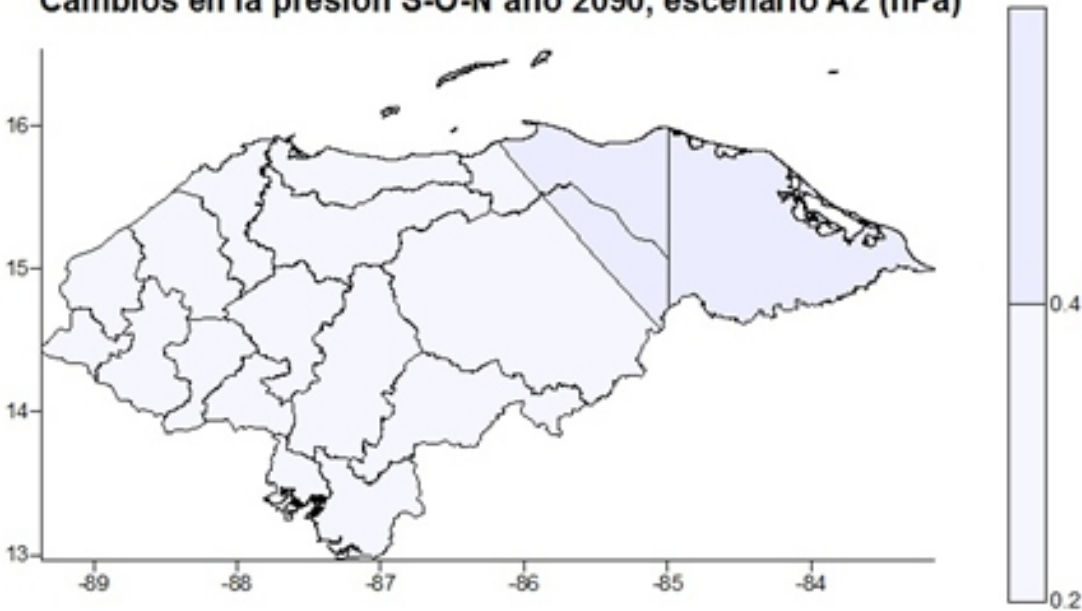
Cambios en la presión M-A-M año 2090, escenario A2 (hPa)



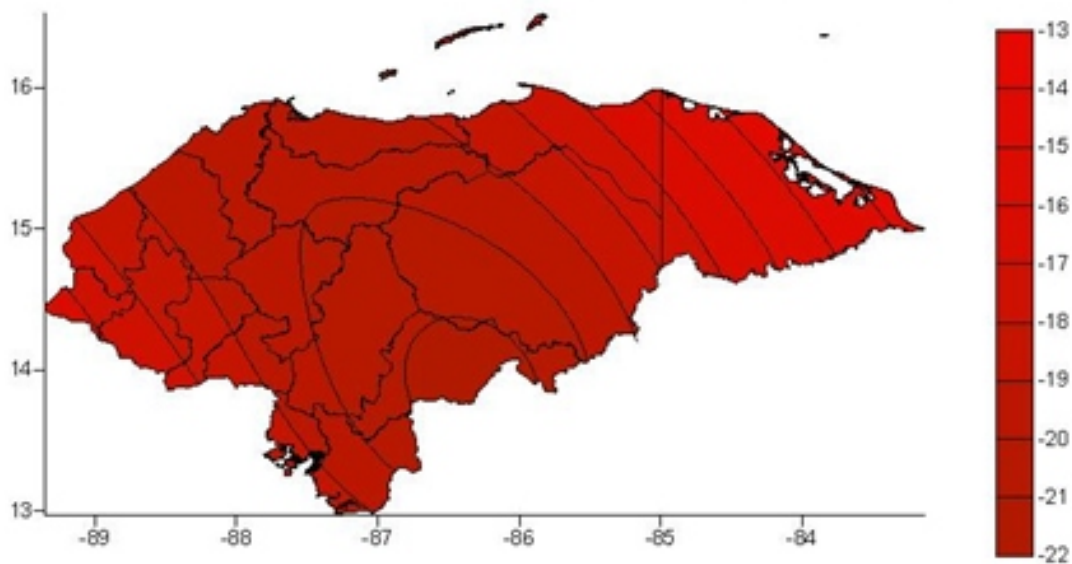
Cambios en la presión J-J-A año 2090, escenario A2 (hPa)



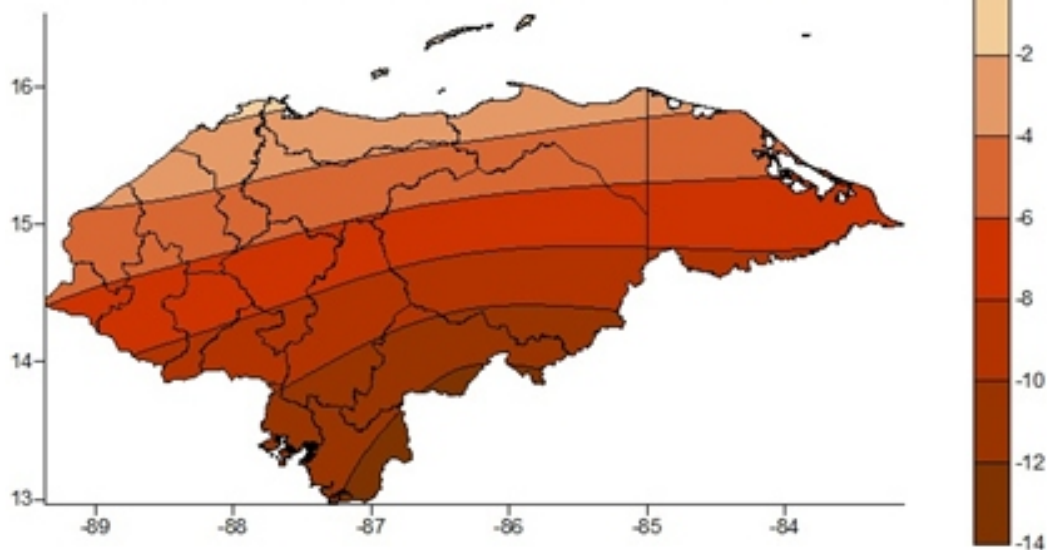
Cambios en la presión S-O-N año 2090, escenario A2 (hPa)



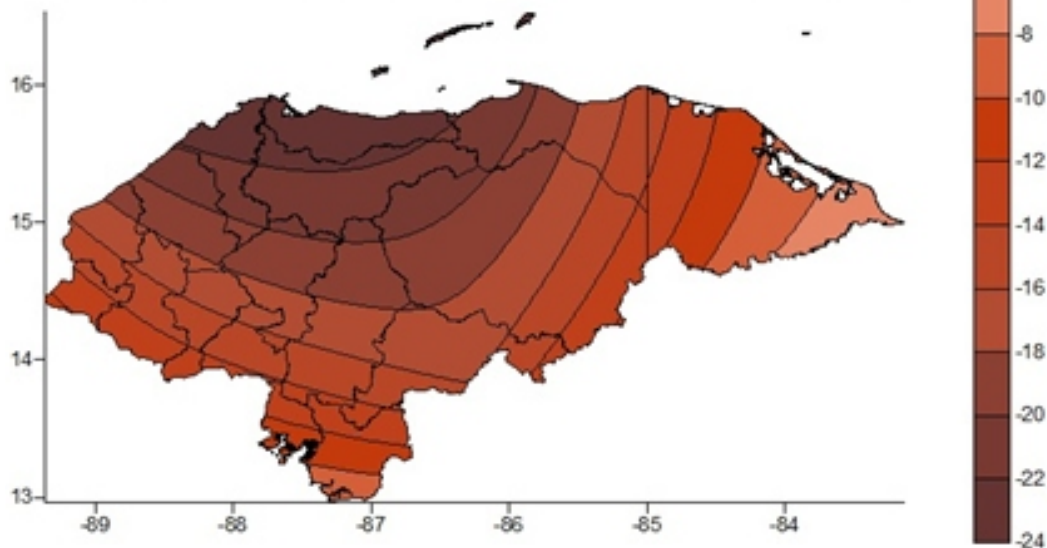
Cambios en la precipitación anual año 2090, escenario B2 (%)

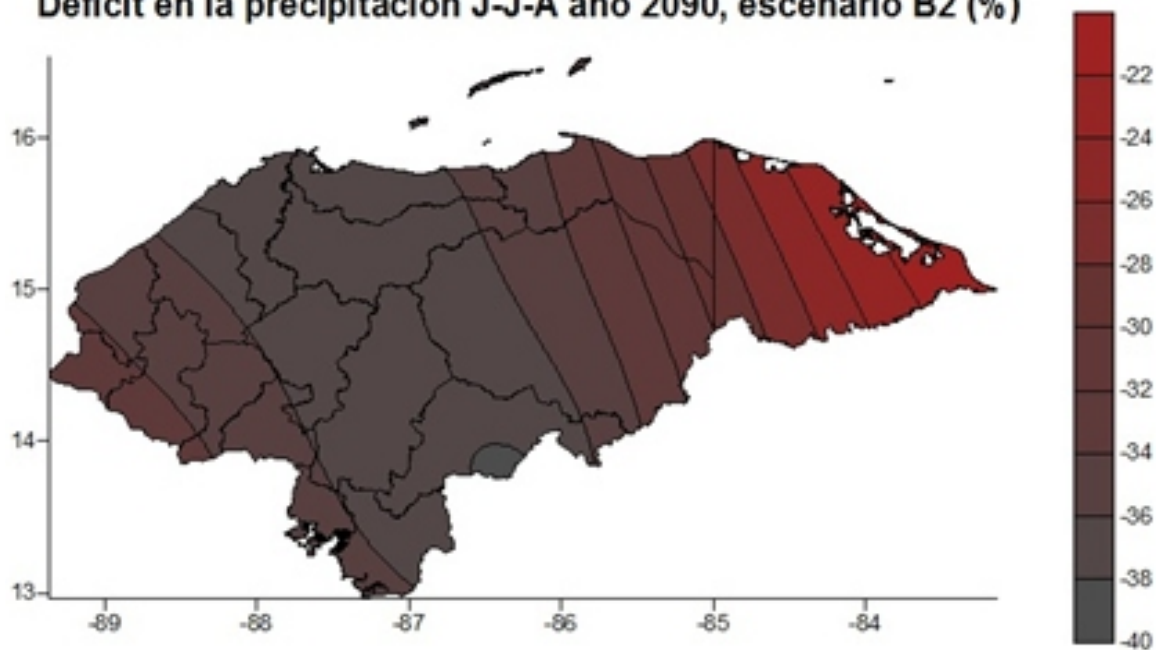


Déficit en la precipitación D-E-F año 2090, escenario B2 (%)



Déficit en la precipitación M-A-M año 2090, escenario B2 (%)



Déficit en la precipitación J-J-A año 2090, escenario B2 (%)**Cambios en la temperatura anual año 2090, escenario B2 (C)**