

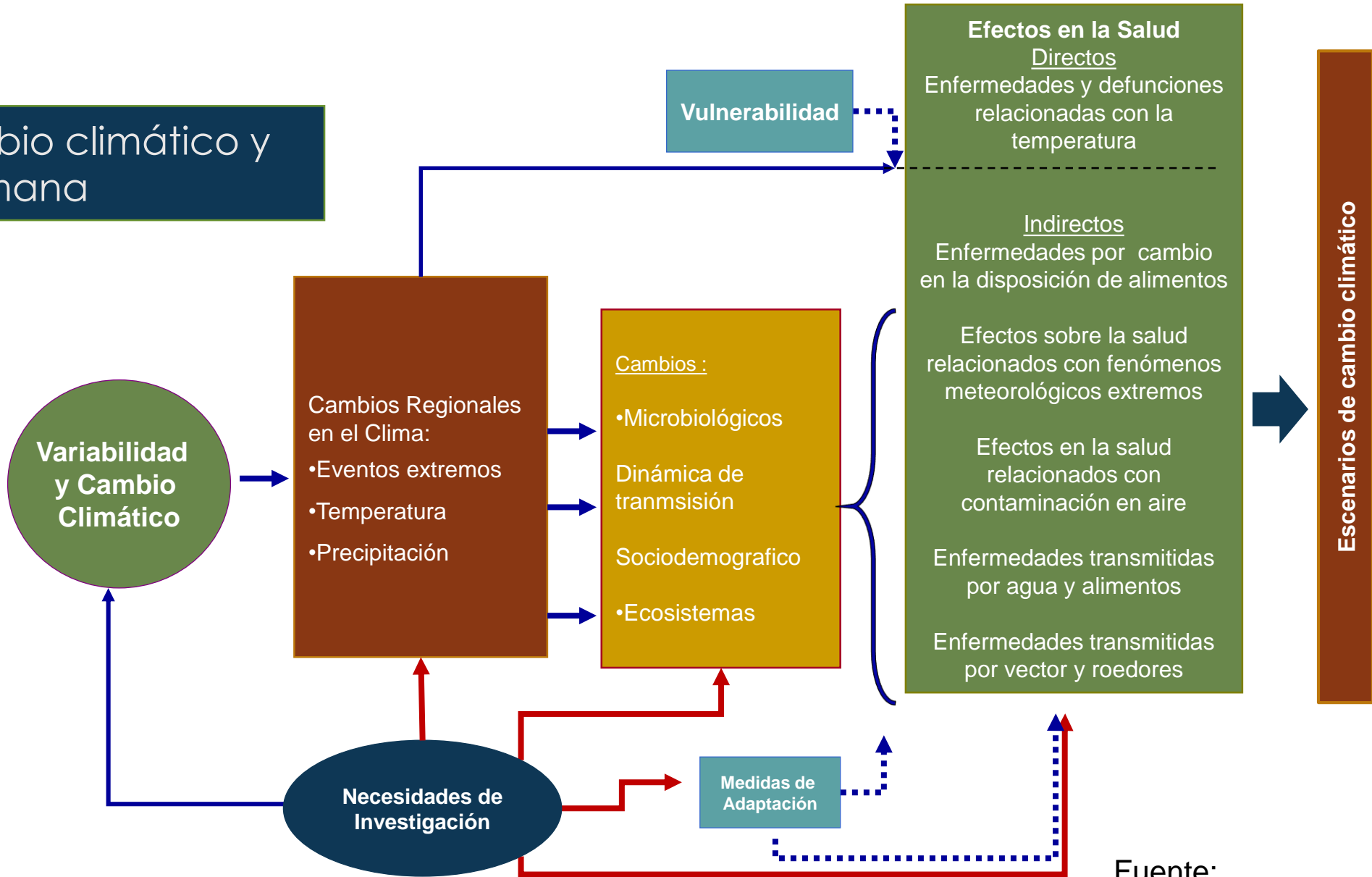


Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la Salud Humana en Centroamérica





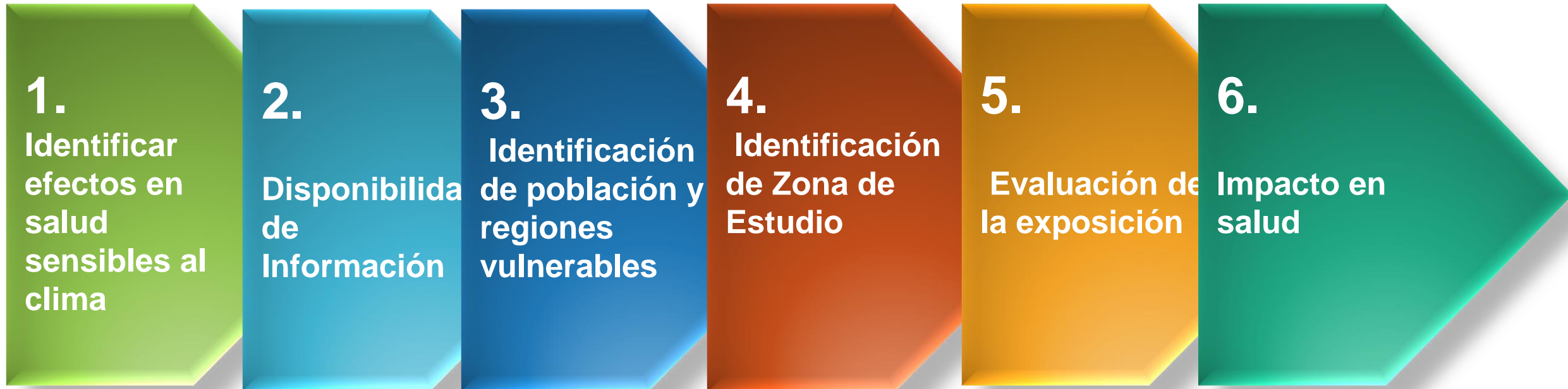
Variabilidad y cambio climático y salud humana



Fuente:
OMS, 2011



Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la Salud Humana





Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la Salud Humana

1.
Identificar
efectos en
salud
sensibles al
clima

```
graph LR; A[1. Identificar efectos en salud sensibles al clima] --> B[ ]; B --> C[ ]; C --> D[ ]; D --> E[ ]
```



. Identificar eventos en salud sensibles al clima

Enfermedades sensibles a los cambios en el clima

| Enfermedad | Variabilidad interanual | Sensible al clima | Variables climáticas |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Influenza | * * * * * | * * | <T |
| Meningitis | * * * * | * * * | >T, <H, >Pp |
| Leishmaniasis | * * | * * * | >T, >Pp |
| R.V. Fever | * * * | * * * | >Pp, <T |
| Cholera | * * * * * | * * * * * | >T |
| Malaria | * * * * * | * * * * * | >Pp, >T, >H |
| Malaria | * * * * * | * * * * * | >Pp, >T, >H |
| Dengue | * * * * | * * * | >Pp, >T, >H |



Efectos del cambio climático en hospederos y vectores

- Crecimiento, reproducción y desarrollo (Cambio metabólico)
- Tasa de reproducción, generaciones por estación (*Anopheles gambiae* : ciclos gonotróficos más cortos en sitios abiertos más cálidos que en sitios forestados)
- Patrones de actividad
- Elección de parejas y de hospedero
- Disponibilidad de sitios de apareamiento
- Supervivencia: (eventos extremos, límites de tolerancia, disponibilidad de agua, congelamiento, stress térmico)

| Vector | Disease agents | Threshold for Biological Activity |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| <i>Anopheles</i> mosquitoes | <i>Plasmodium</i> sp. | 8-10° C |
| Triatomine bugs | <i>Trypanosoma cruzi</i> | 20° C (2-6° C for survival) |
| <i>Aedes</i> mosquitoes | Dengue virus | 6-10° C |
| <i>Ixodes</i> ticks | <i>Borrelia burgdorferi</i> , <i>Anaplasma phagocytophilum</i> , <i>Babesia microti</i> | 5-8° C |
| <i>Bulinus</i> and other snails | <i>Schistosoma</i> sp. | 5° C (25+2° C optimal) |

Distribución y abundancia de hospederos y vectores

- Cambios climáticos (**T,HR,Pp**) provocan cambios en zonas haciéndolas más o menos favorables para reproducción y supervivencia
- Ejemplos:
- Mosquitos: Fiebre del valle Rift (arbovirus) (*Linthicum et al. 1999*)
- Malaria (protozoos) (varios autores)
- Pequeños mamíferos: roedores y la Plaga (*Kausrud et al. 2007*)
- Garrapatas: *Ixodes ricinus* (Sweden) (*Lindgren, Talleklint and Polfeldt 2002, Talleklint and Jaenson 1998*)
- *Dermacentor variabilis* (Colorado) (*Eisen, Meyer and Eisen 2007*)

Efectos en el desarrollo de los patógenos

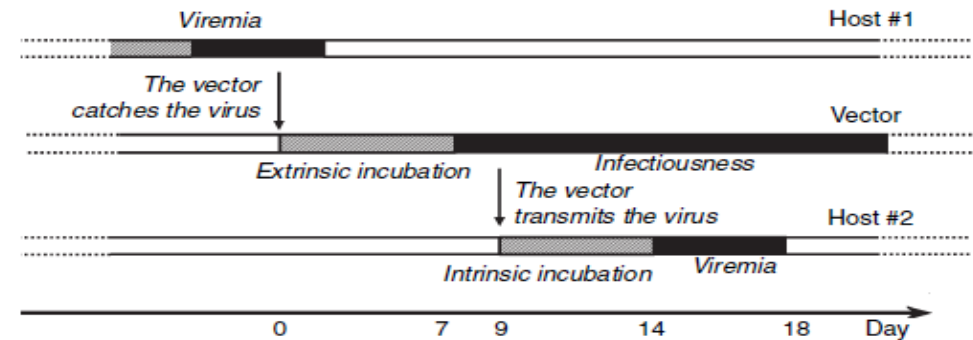
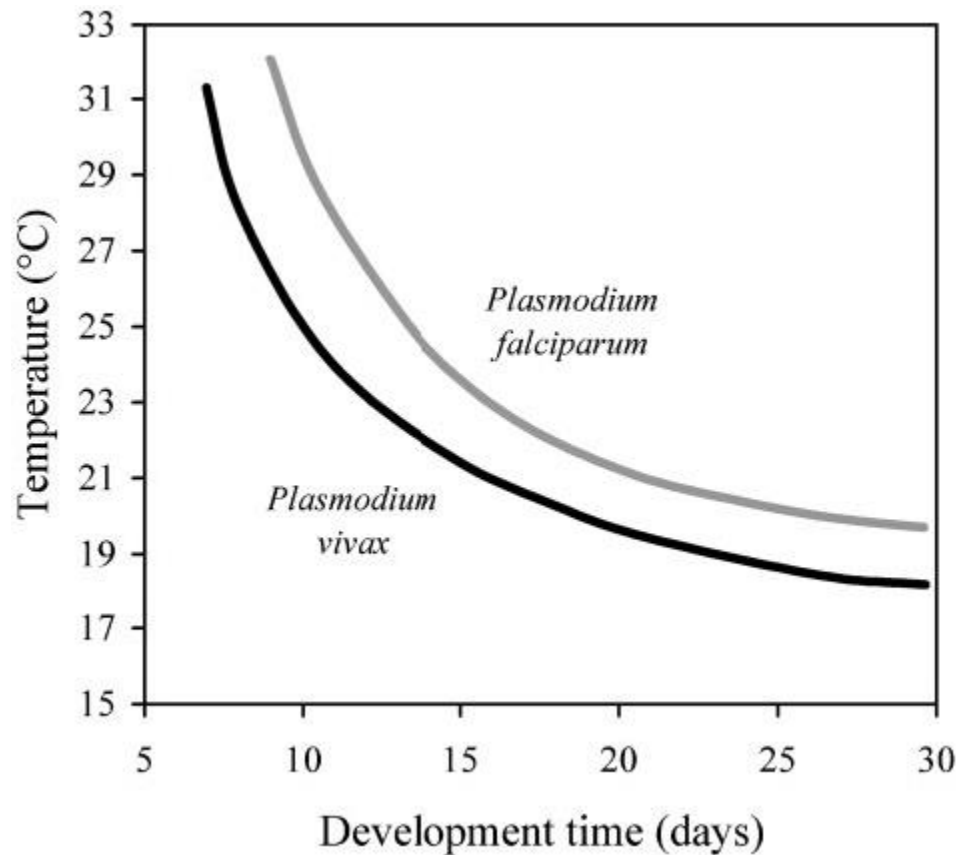


Figure 1 Scheme of transmission of dengue from one host to another via the vector. The vector infectiousness lasts for the rest of its life. In this example, the extrinsic incubation period lasts 7 days, the intrinsic incubation period lasts 5 days and the viraemia upto 4 days.

- Duración del período de incubación extrínseco
- Infectividad
- Habilidad para desarrollarse en el vector



Mecanismos

| Patógeno | Patrón de Sensibilidad al clima | Fuente |
|----------------------------|---|--|
| <i>Salmonella spp.</i> | ↑ T ↑ Incidencia | Kovats, Edwards et al . 2004; Fleury, Charron et al. 2006 |
| <i>Vibrio spp</i> | ↑ T ↑ Prevalencia en ambiente Enfermedad T Rango de expansión | Lobitz et al. 2000; Pascaul et al. 2000; McLaughlin et al. 2005 |
| <i>Leptospira spp</i> | ↑ Pp ↑ Brotes | Trevejo, Rigau-Pérez et al. 1998; Morgan; Bornstein et al.2002 |
| <i>Norovirus</i> | ↑ Pp ↑ Sobrecarga Enfermedad | Miossec, Le Guyander et al. 2000 |
| <i>Cryptosporidium spp</i> | ↑ Pp ↑ Sobrecarga Enfermedad | MacKenzie, Hoxie et al. 1994 |
| <i>Giardia</i> | ↑ Pp ↑ Sobrecarga Enfermedad | Atherholt, LeChevallier et al. 1998 |
| <i>Naegleria fowleri</i> | ↑ T ↑ Prevalencia en ambiente ↑ T ↑ Rango de expansión | Wellings et al. 1977; EPA 1979 |

T: Temperatura Pp: Precipitación pluvial

Patógenos sensibles al clima



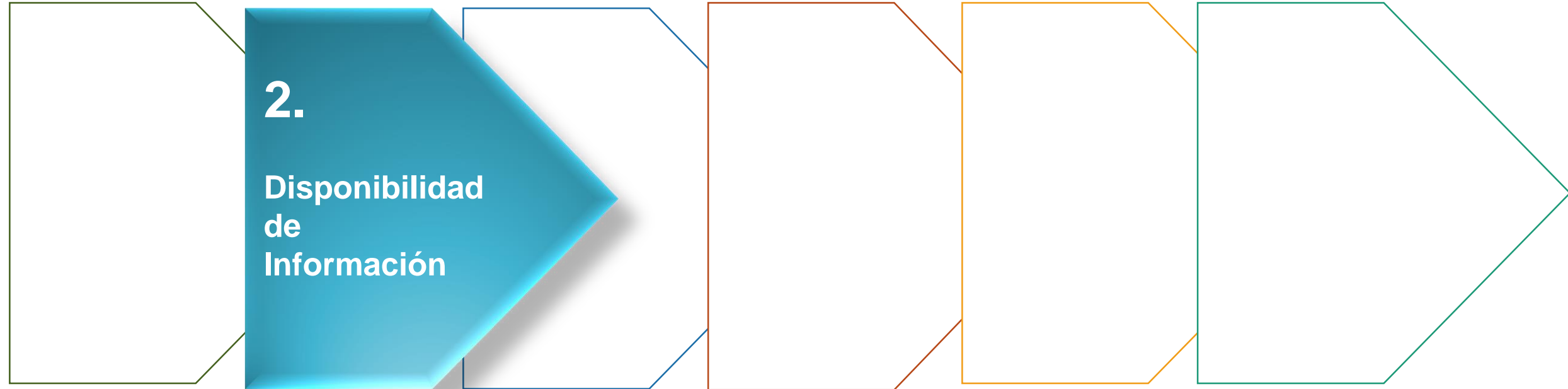
Efectos en el desarrollo de los patógenos

- **Bajas temperaturas matan larvas y huevos** de *Aedes aegypti* (Chandler 1945)
- **Temperatura afecta la replicación del patógeno**, maduración y la esperanza de vida infectante en el vector (*Reiter 1988, Watts et al. 1987*)
- Las epidemias de dengue están correlacionadas con la **precipitación** en Trinidad (*Chadee et al. 2006*)
- Incidencia de Dengue está negativamente correlacionada con la desviación de la temperatura mensual y humedad relativa (*Wu 2007*)
- Temperaturas crecientes incrementarán la temporada de transmisión en regiones templadas (*Jetten and Focks 1997*)



2.

**Disponibilidad
de
Información**





Agregación espacio-temporal de los datos epidemiológicos y su disponibilidad

| | | T EMPORAL | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Día | Semana | Mes | Año |
| E S P A C I A L | Localidad | No | No | No | Si |
| | Municipio | Si | Si | Si | Si |
| | Estado | No | Si | Si | Si |
| | | | Boletín epidemiológico | Boletín epidemiológico | Boletín epidemiológico |
| | País | No | Si | Si | Si |
| | | | Boletín epidemiológico | Boletín epidemiológico | Boletín epidemiológico |



Potenciales causas de muerte y enfermedad asociadas al cambio climático y su código en la CIE

| Causa de Muerte o Enfermedad | Clave CIE 9 | Clave CIE 10 |
|--|-------------|-----------------------|
| Dengue Hemorrágico | 65.4 | A91 |
| Malaria | 084 | A15.9 |
| Leishmaniasis | 085 | B55 |
| Leptospirosis | 100 | A27 |
| Enfermedad de Chagas | | |
| Golpe de Calor | E900.0 | X30 |
| Exposición a frío excesivo | E901.0 | X31 |
| Enfermedades Infecciosas | | |
| Intestinales | E001 - E009 | A00 - A09 |
| Infecciones Respiratorias Agudas | 460 – 466 | J00 - J06 y J20 - J22 |
| Intoxicación por Alimentos relacionada con Marea Roja | E865.1 | T61.0, T61.2 y T61.8 |
| Víctima de Desastres Naturales, Huracanes e Inundaciones | E908 | X37 y X38 |



- Cuando se obtienen los datos de estaciones meteorológicas es importante considerar la suficiencia de datos considerando:
- Las estaciones que cuenten con un 50% de suficiencia de información para el periodo de estudio.
- Los días/semanas/meses en los que se tengan mediciones con un mínimo de 75% de datos.



Datos necesarios

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

Programa de Control de Vectores

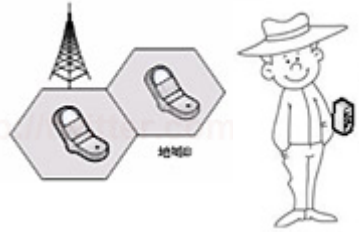
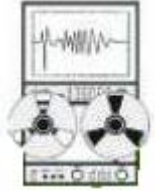
Ministerio de Salud

Índice de pobreza

| Fecha | Variable Dependiente | Variables del Agente | Variables Climáticas | Índices ENOS | Variables del Ecosistema | Control del Vector | Vulnerabilidad Social | Población |
|--------|---|----------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|---|-----------------------|---|
| Semana | Nº de Casos Tasas Localidades positivas | Serotipos | Temperatura Precipitación | IOS TSM IME | Altitud | Eliminación de Criaderos Abatización Índices de casas positivas Índices de recipientes positivos Nebulización | Marginación | Población total Densidad de Población Inmigración |

ONAMET

Vicepresidencia





3.
**Identificación
de población y
regiones
vulnerables**



Grupos vulnerables

- Adultos mayores
- Niños
- Personas con enfermedades cardiovasculares
- Personas con asma





- Pobreza e Infraestructura de los servicios de salud





Regiones vulnerables

- Plantaciones de plátanos, café
- Cultivo de cacao
- Construcción de carreteras
- Tala de bosques
- Represas
- Cuencas hidrológicas



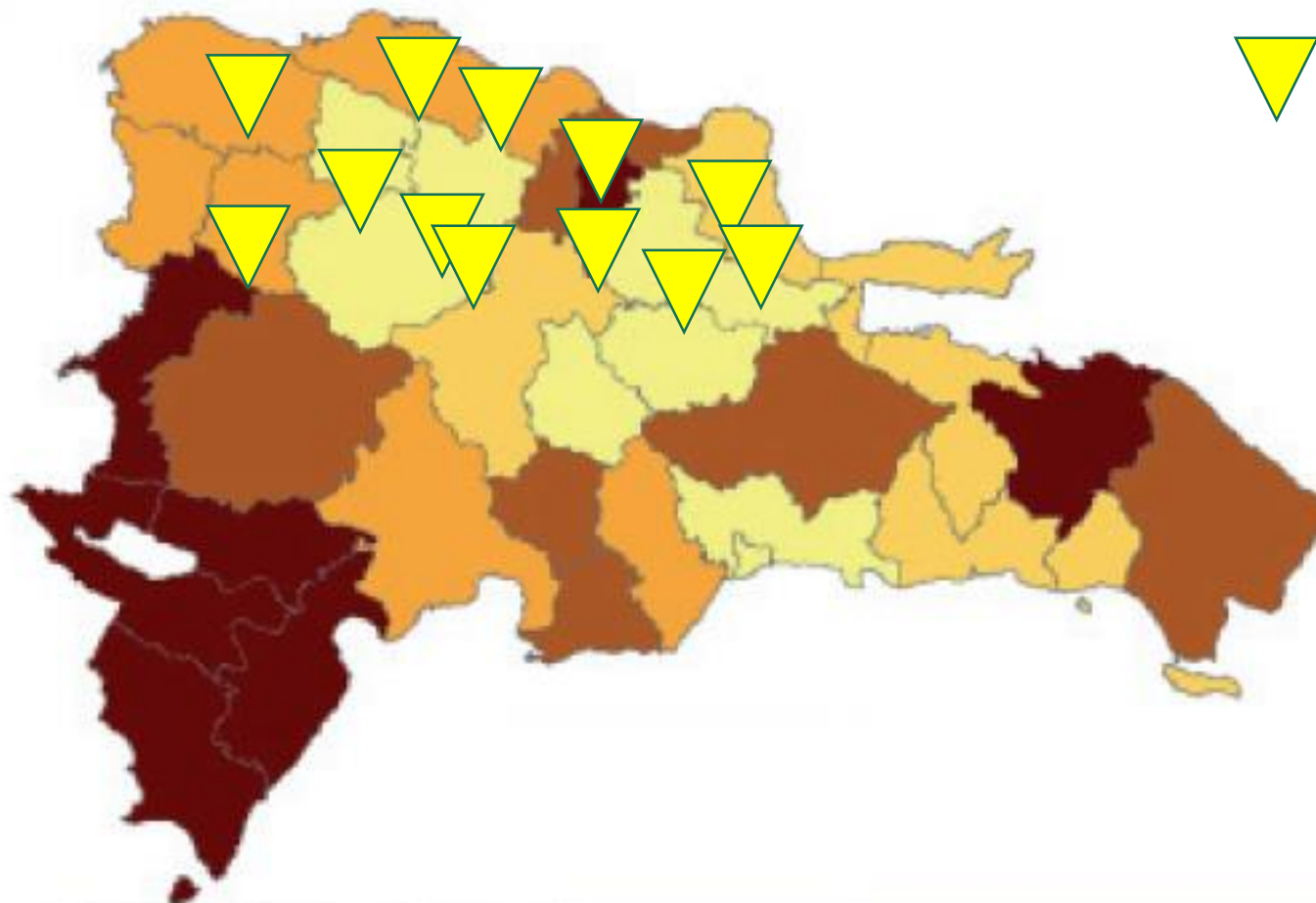


Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la Salud Humana

4.
Identificación
de Zona de
Estudio



Identificación de la zona de estudio



Estaciones meteorológicas



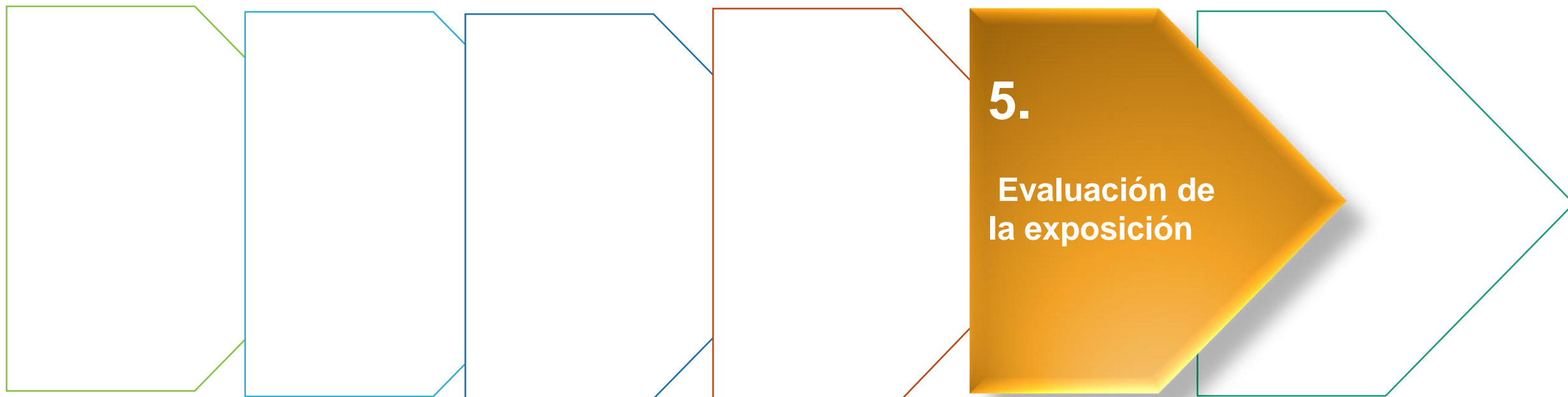
Estaciones de Monitoreo asignadas a los municipios; Región Olmeca.

| Estación | MUNICIPIOS |
|----------|---|
| 30077 | Jaltipan, Zaragoza, Soconusco, Cosoleacaque, Chinameca |
| 30081 | SJ Evangelista, Oteapan |
| 30148 | Acayucan |
| 30147 | Texistepec, Oluta |
| 30090 | Minatitlan, Sayula |
| 30458 | |
| 30327 | |
| 30292 | |
| 30224 | JCarranza, Hidalgotitlán |
| 30167 | Agua Dulce, Nanchital, Coatzacoalcos, Ixhuatlan del Sureste, Moloacan |

Se seleccionar la estación meteorológica más representativa de la región de estudio en términos de su ubicación geográfica, altitud, temperatura y precipitación, utilizando un SIG



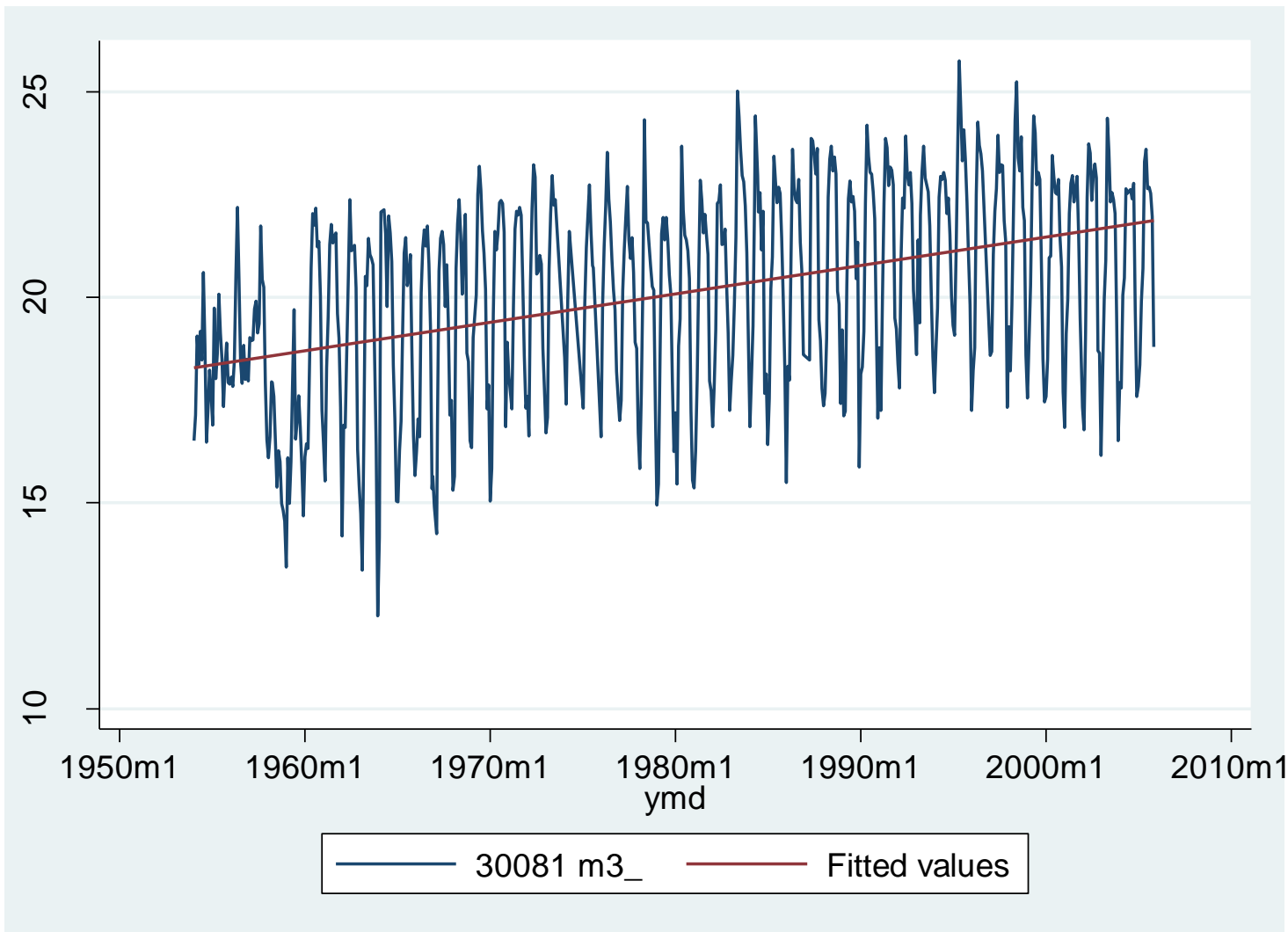
Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la Salud Humana





Tendencia de temperatura

Riesgo Relativo de casos semanales de EDAs en menores de 5 años asociados a temperatura y precipitación.





Últimos años de eventos El Niño / La Niña

EL NIÑO

- 1951
- 1953
- 1957-1958
- 1965
- 1969
- 1972-1973
- 1982-1983
- 1986-1987
- 1991-1992
- 1994
- 1997-1998
- 2002-2003
- 2004
- 2006
- 2009-2010
- **2015-2016**

LA NIÑA

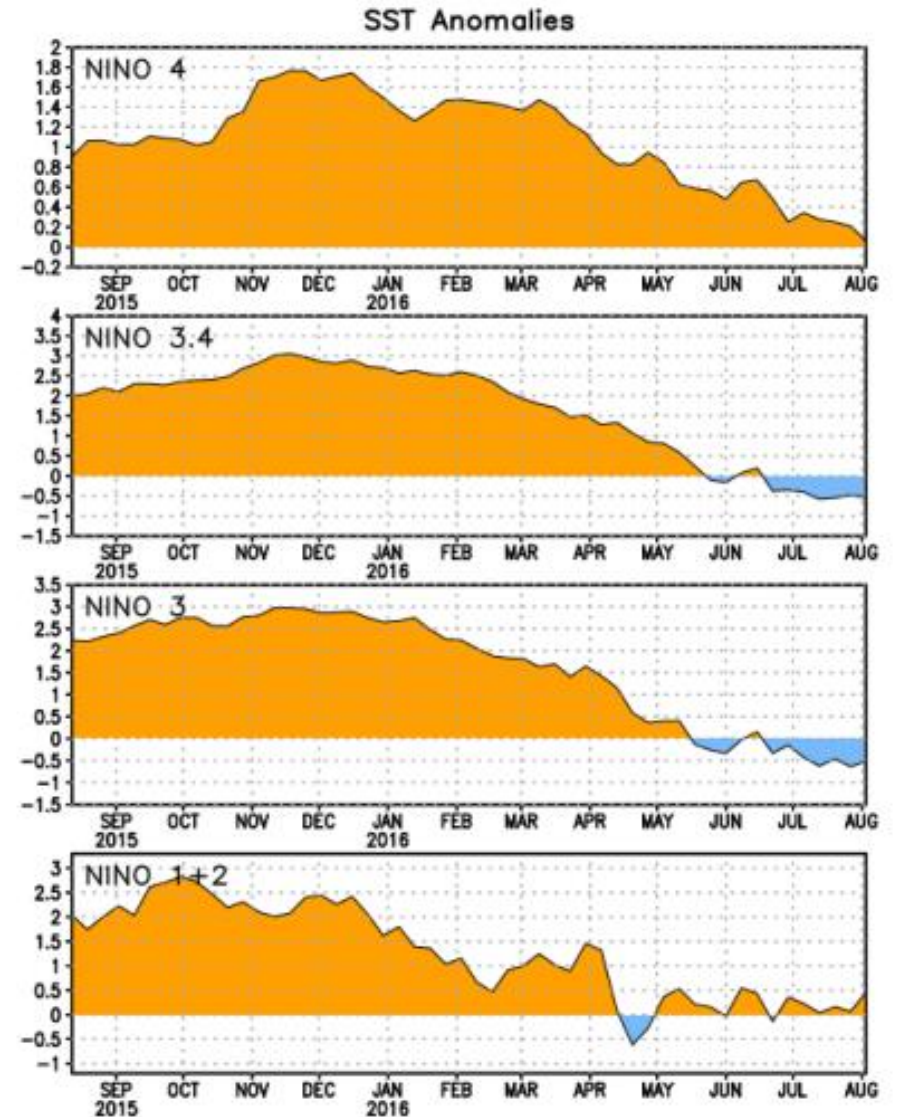
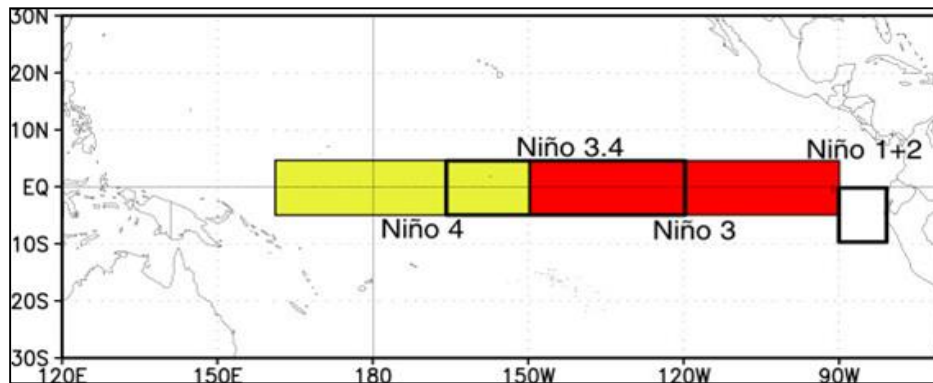
- 1949-1950
- 1954-1955
- 1964-1965
- 1970-1971
- 1973-1974
- 1975-1976
- 1988-1989
- 1995-1996
- 1998-2000
- 2007-2008
- 2010-2011



Evolución de El Niño 2015

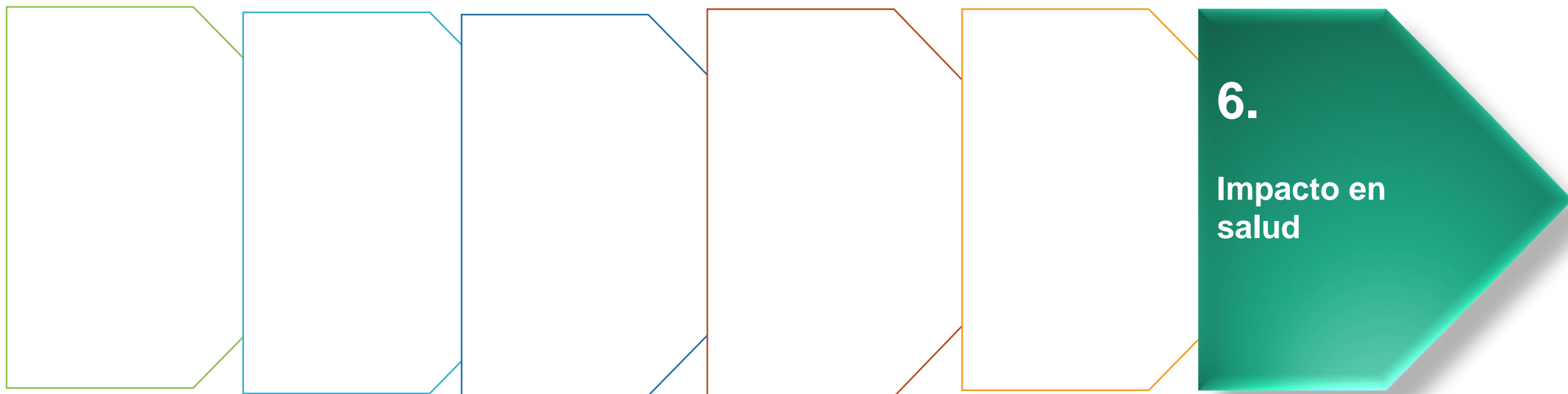
Últimas anomalías de la TSM por región
(11 de agosto, 2016):

| | |
|----------|-------|
| Niño 4 | 1.4°C |
| Niño 3.4 | 2.5°C |
| Niño 3 | 2.5°C |
| Niño 1+2 | 1.4°C |





Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la Salud Humana





Riesgo Relativo de casos semanales de EDAs en menores de 5 años asociados a temperatura y precipitación.
Región Olmeca , 1998– 2005

| MUNICIPIO | TEMP MAX | | | Pp | | |
|----------------|----------|-------|--------------|-----|-------|--------------|
| | Lag | RR | 95% CI | Lag | RR | 95% CI |
| ACAYUCAN | 3 | 1.077 | 0.946, 1.226 | 0 | 1.007 | 0.998, 1.017 |
| COATZACOALCOS | 1 | 0.999 | 0.985, 1.015 | 0 | 0.999 | 0.998, 0.999 |
| COSOLEACAQUE | 0 | 1.044 | 0.929, 1.172 | 0 | 1.002 | 0.996, 1.008 |
| CHINAMECA | 2 | 1.008 | 0.973, 1.044 | 5 | 1.002 | 1.001, 1.004 |
| LAS CHOAPAS | 1 | 1.387 | 1.199, 1.605 | 5 | 1.011 | 1.005, 1.018 |
| JESUS CARRANZA | 1 | 1.015 | 0.982, 1.049 | 0 | 1.001 | 1.001, 1.003 |
| MECAYAPAN | 0 | 1.005 | 0.982, 1.028 | 0 | 0.999 | 0.999, 1.001 |

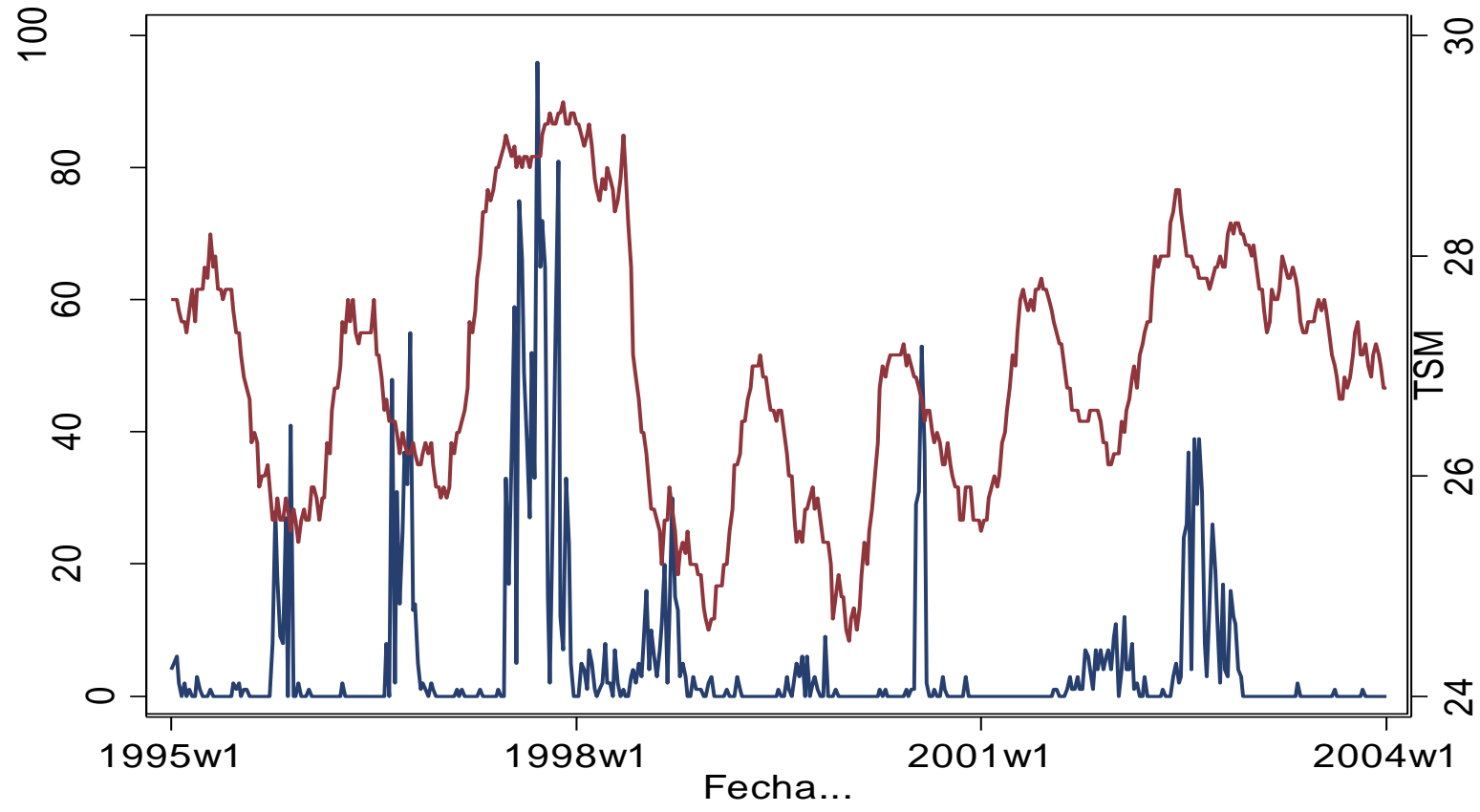
El incremento de los casos semanales de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años se asocia positivamente con la temperatura máxima.

El efecto de esta asociación es durante la misma semana o con 1, 2 ó 3 semanas de rezago en el incremento de la temperatura.



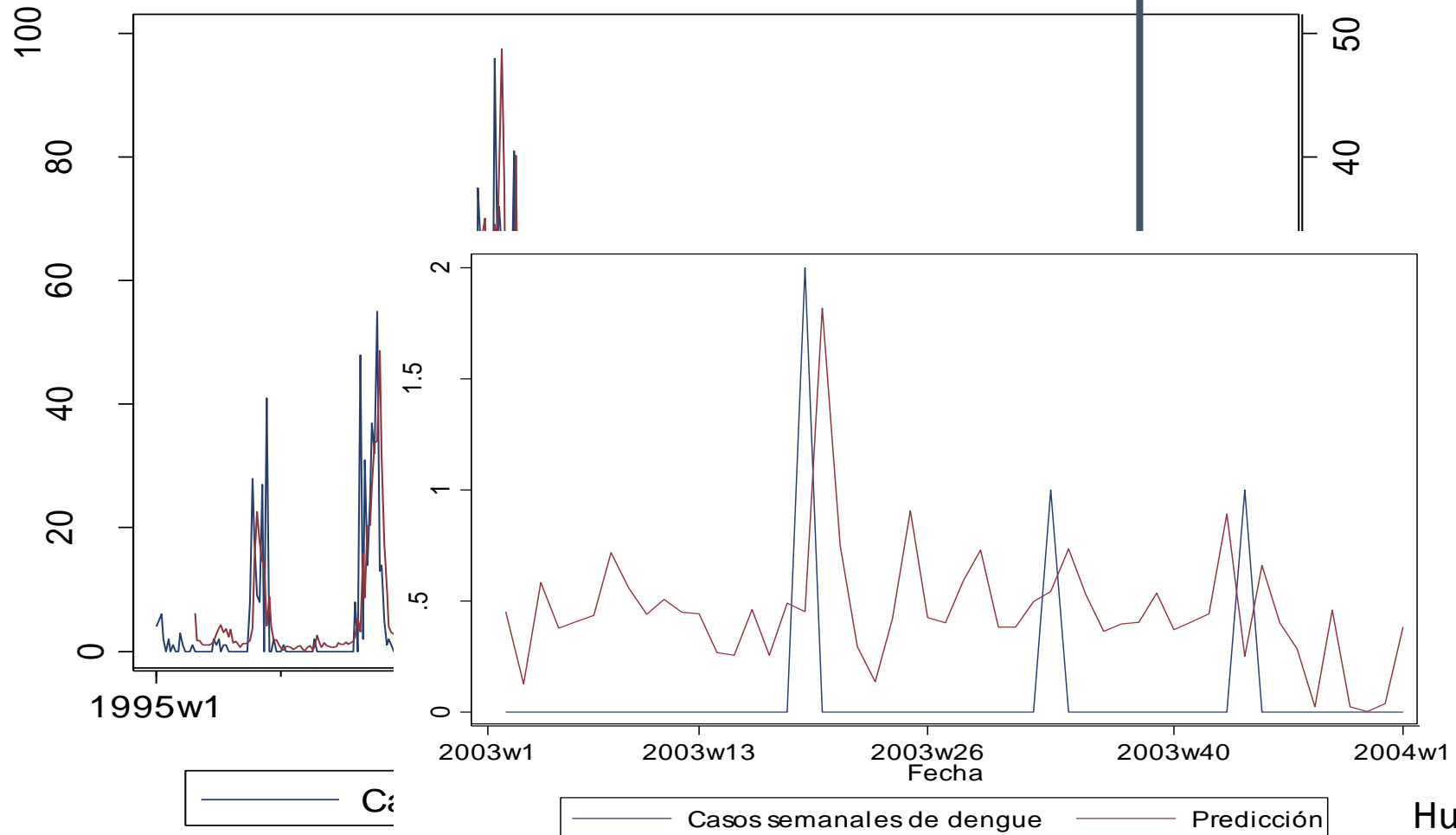
Dengue

Variabilidad climática (**temperatura superficial del mar**) y casos semanales de dengue en San Andrés Tuxtla, 1995 - 2004



— Casos semanales de dengue — TSM

Predicciones en San Andrés Tuxtla 1995 - 2004



Variabilidad climática y dengue en municipios de Veracruz

Coeficientes ajustados entre el ln de casos semanales de dengue y variables climáticas

| Variable climática | β | CI95% |
|------------------------------------|--------------|-----------------------|
| Temperatura (°C) | 0.048 | (0.003, 0.072) |
| Pp (cm ³) [*] | 0.002 | (0.001, 0.002) |
| SST (°C)^{**} | 0.425 | (0.198, 0.722) |

*Pp: 2 lag 2 semanas

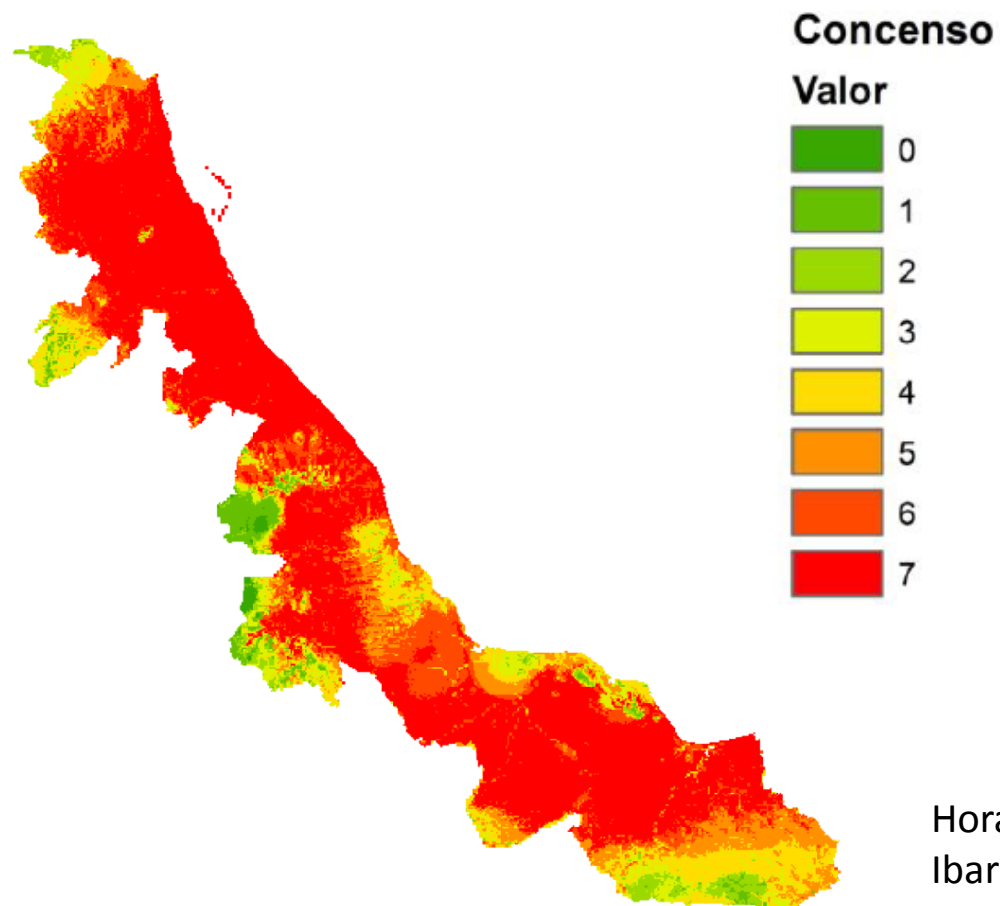
¿Cómo se traduce en términos de impacto en salud?

- Si se incrementa **1° C** la temperatura mensual, entonces se incrementan los casos mensuales de dengue un 4%.
- Si se incrementan **10 mm** los niveles mensuales promedio de la precipitación, entonces se incrementan los casos mensuales de dengue un 2%.



Identificar potenciales áreas de epidemia de la enfermedad

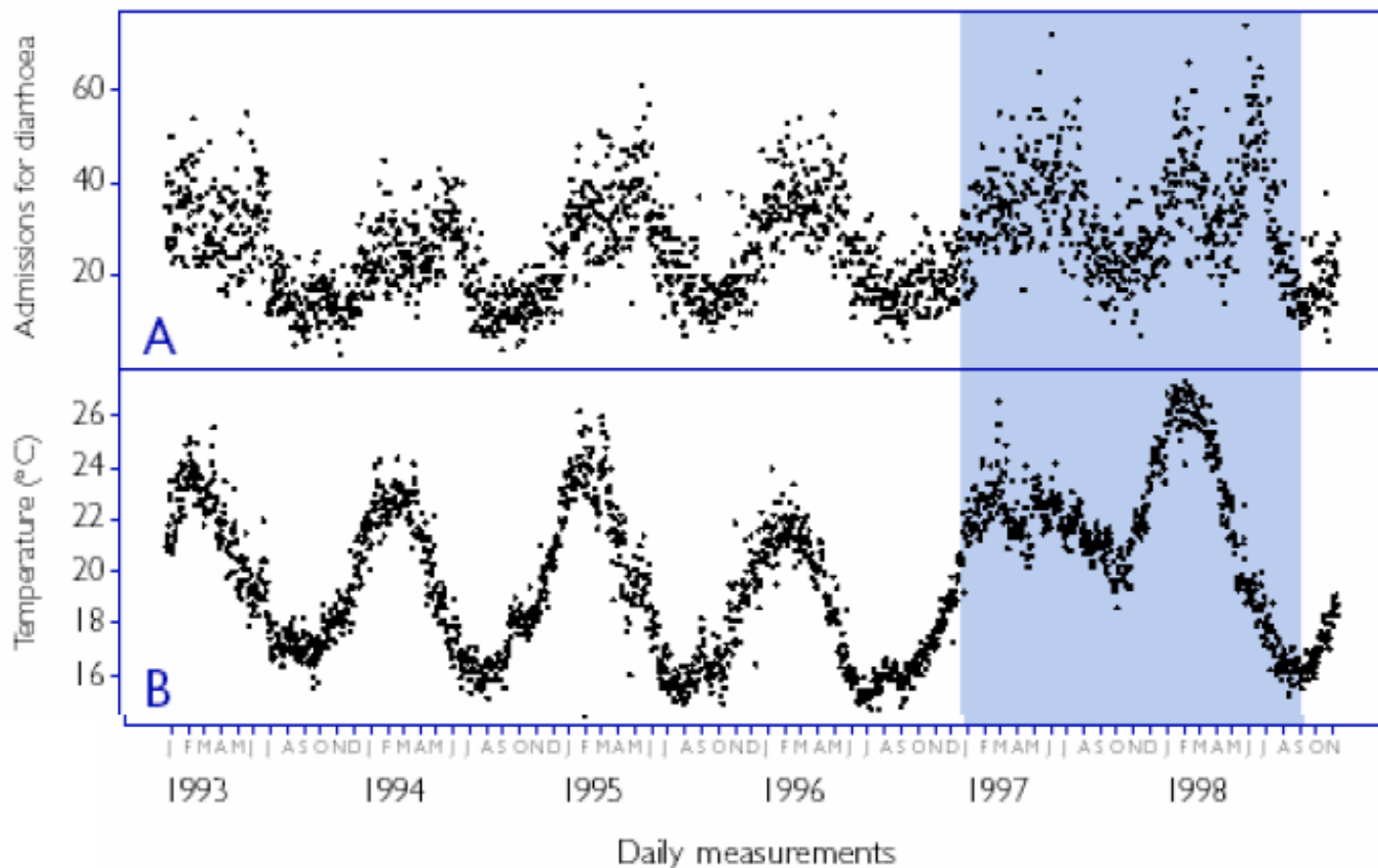
Distribución Actual de las zonas de transmisión del Dengue predichas 7 algoritmos de nicho ecológico.



Horacio Riojas Rodríguez, Magali Hurtado Díaz, Carlos N. Ibarra Cerdeña, Rosa A. Azamar-Arizmendi, Grea L. Moreno Banda. Mapas de Riesgo para Dengue como Bien Público en Localidades de Veracruz



Enfermedades Diarreicas Agudas

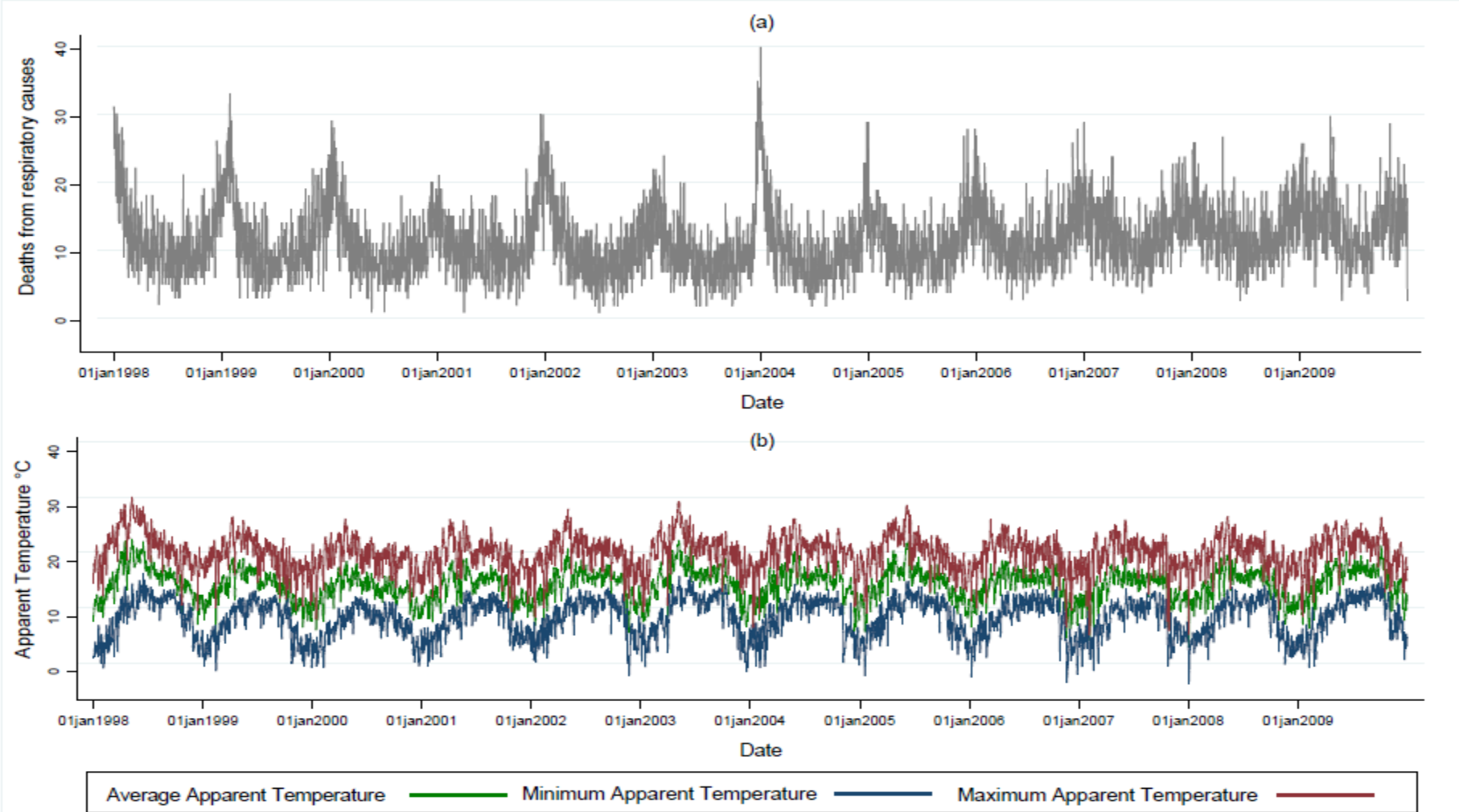


Las hospitalizaciones por EDAs se incrementaron un 8% por cada 1°C de aumento en la temperatura

Fuente: Checkley et al 2000, Lancet)



Temperatura y mortalidad por IRAs en la Ciudad de México





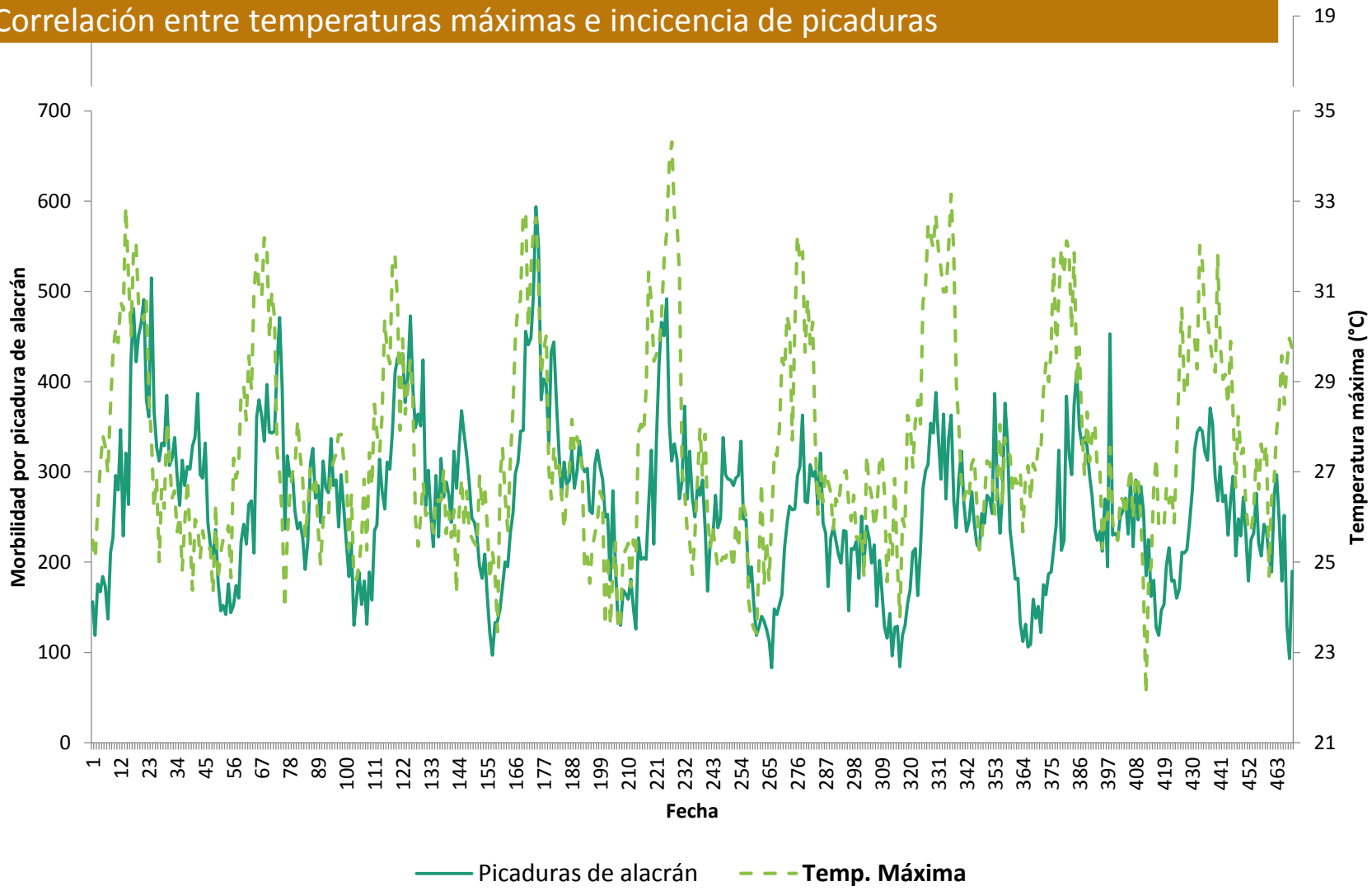
Mortalidad infantil por incremento en la Temperatura en grandes ciudades

| Autor - año | Grupo etario | Exposición | Causas | Resultados (95% IC) |
|---|---------------------|--|---|--|
| Gouveia 2002 São Paulo, Brasil | <15 años | Incremento de 1° C superior a 20° C | Todas las causas Cardiovasculares Respiratorias | Incremento de la mortalidad 2,6% (1,6-3,6) |
| O'Neill 2005 Cd. De Mexico y Monterrey | 0-14 años | Cd- de México Incremento de 1°C sobre 20°C, relativo a la media 15°C Incremento 1°C sobre 35°C relativo a la media 25° | Todas las causas | Cd. De México No se reportó la asociación Monterrey 5,5% (-10.1 - 23.8) |
| Hajat 2005 Delhi India, Sao Paulo Brasil | < 15 años | Incremento de 1°C por arriba de 20 ° C | Todas las causas Cardiovasculares Respiratorias | Delhi 3.2 % (1.8 to 4.5) Sao Paulo 0.6 % (-0.5 to 1.7) |
| Basu 2008 California, USA | <1 año | Incremento de 10 grados Fahrenheit (5.5°C) en la temperatura promedio diaria | Todas las causas Cardiovasculares Respiratorias | Incremento 4,9 % (-1.8 - 11.6) |



Alacranismo

Temperatura ambiente y alacranismo en regiones de Morelos.
Correlación entre temperaturas máximas e incidencia de picaduras



Vulnerabilidad

EHM Golpe de Calor EDAs IRAs Dengue Alacranismo

Vulnerabilidad Ambiental

- Cambio de uso de suelo
- Deforestación
- Efectos acumulados por procesos de deterioro ambiental

- Temperatura umbral
- Días consecutivos con temperaturas inhabituales
- Ecosistema urbano

- Temperatura
- Precipitación

- Temperatura
- Humedad
- Contaminación atmosférica

- Temperatura
- Precipitación
- Altitud
- Uso de suelo
- Ecosistema urbano

- Temperatura
- Precipitación

Vulnerabilidad Social

- Condiciones de la vivienda
- Deterioro de infraestructura
- Crecimiento poblacional
- Asentamientos irregulares

- Condiciones de la vivienda
- Bajo nivel socioeconómico
- Ocupación
- Alcoholismo

- Agua entubada
- Excusado
- Escolaridad materna

- Hacinamiento
- Bajo nivel socioeconómico
- Escolaridad de los padres

- Manejo de agua
- Migración

- Condiciones de la vivienda
- Acceso a los servicios de salud
- Higiene pública

Vulnerabilidad Individual

- Condiciones de salud

- Edad
- Género
- Enfermedades previas
- Uso de medicamentos

- Edad
- Desnutrición
- Inmunodeficiencia
- Lactancia materna

- Edad
- Hábito tabáquico

- Inmunidad

- Edad
- Género
- Condiciones de salud

- Mejora de infraestructura
- Protección civil
- Sistema de Salud

- Activación de alertas tempranas
- Aislamiento térmico
- Climatización
- Vigilancia epidemiológica

- Refrigeración de alimentos
- Higiene alimentaria

- Planeación urbana
- Reducción de GEI
- Mejora de calidad del aire
- Vigilancia Epidemiológica

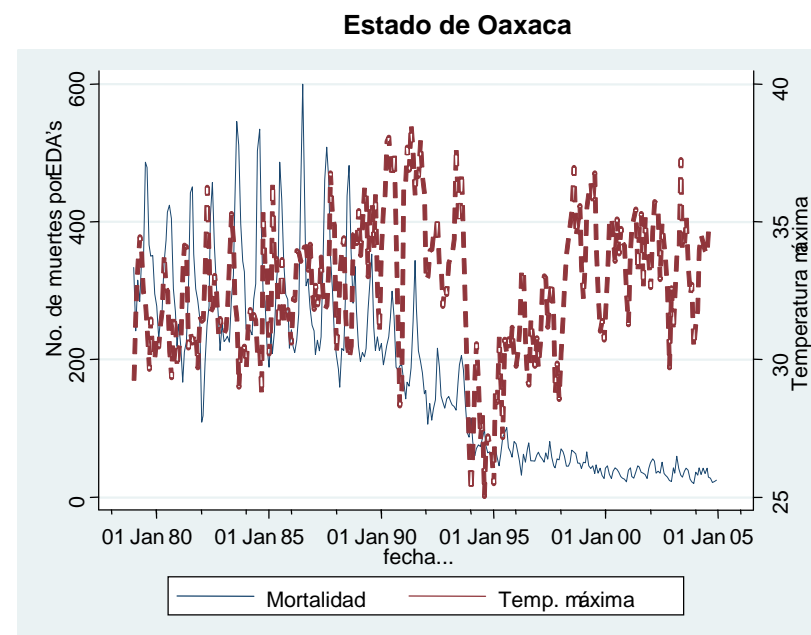
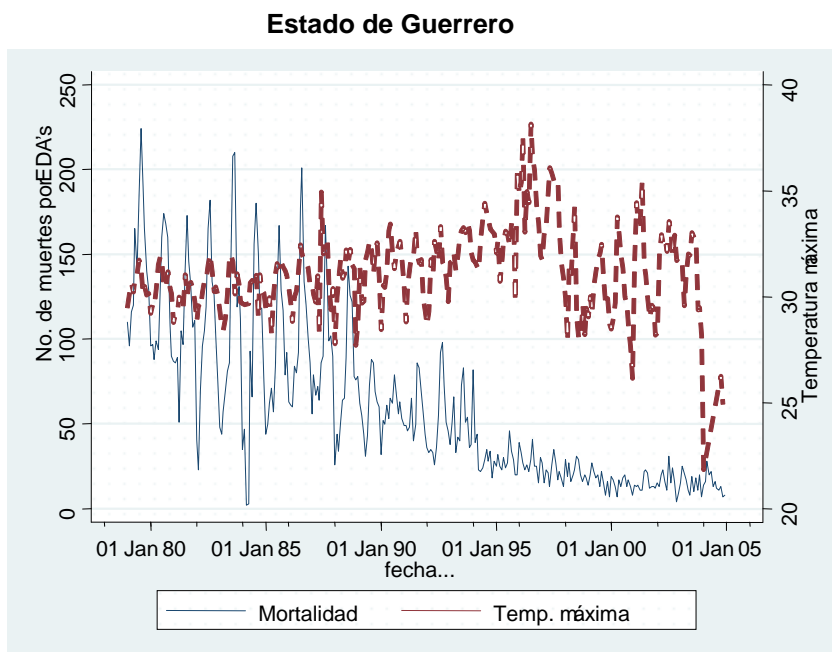
- Eliminación de focos de agua estancada
- Control del vector
- Mosquiteros
- Eliminación de cacharros

- limpieza periódica y minuciosa
- Tapar puertas y ventanas al exterior

Resiliencia



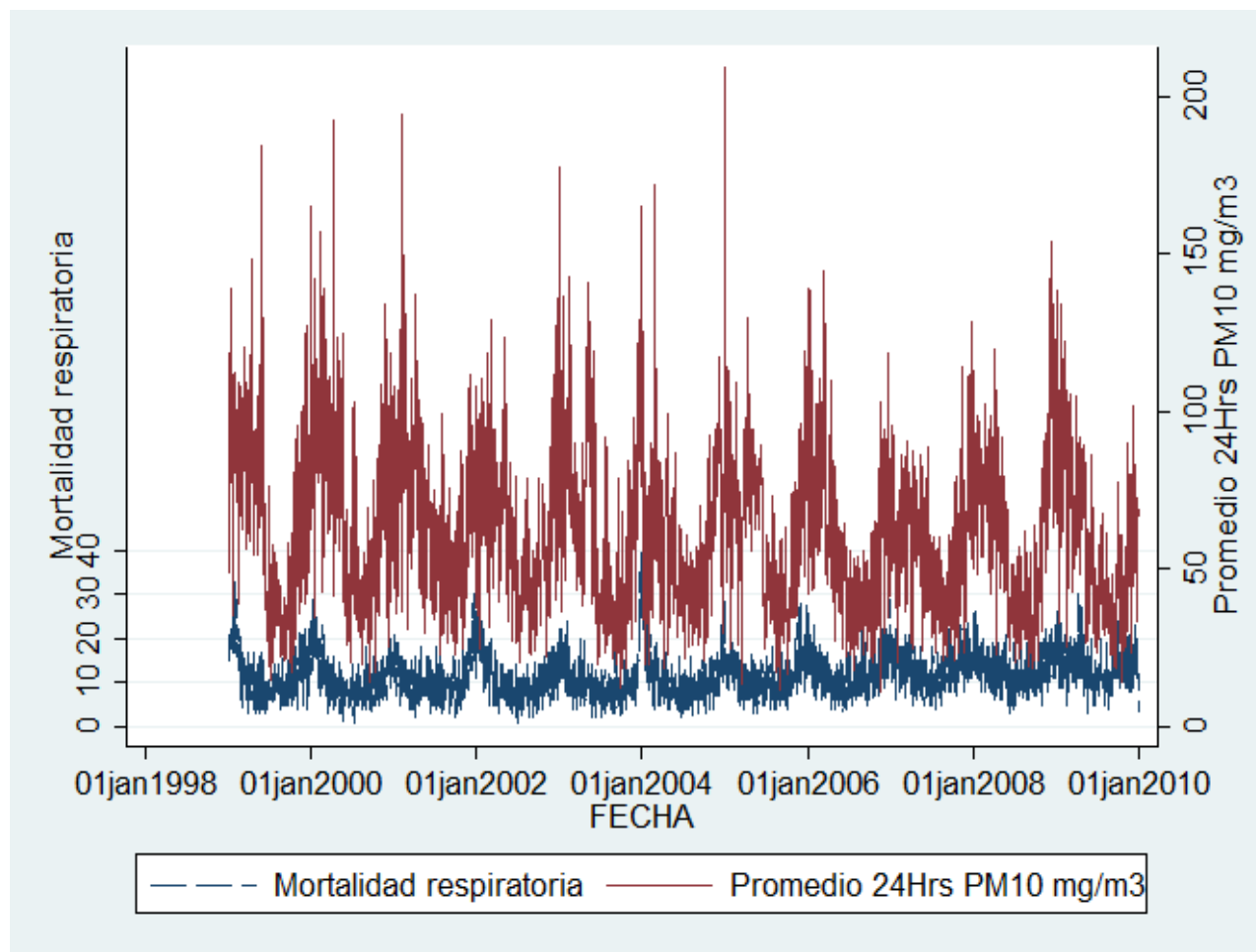
Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguda y temperatura máxima en regiones de alta marginación



A pesar de el decremento en la tendencia tanto de morbilidad como de mortalidad por EDA's en México, esta presenta una correlación positiva con significancia estadística en 3 de los 4 estados considerados

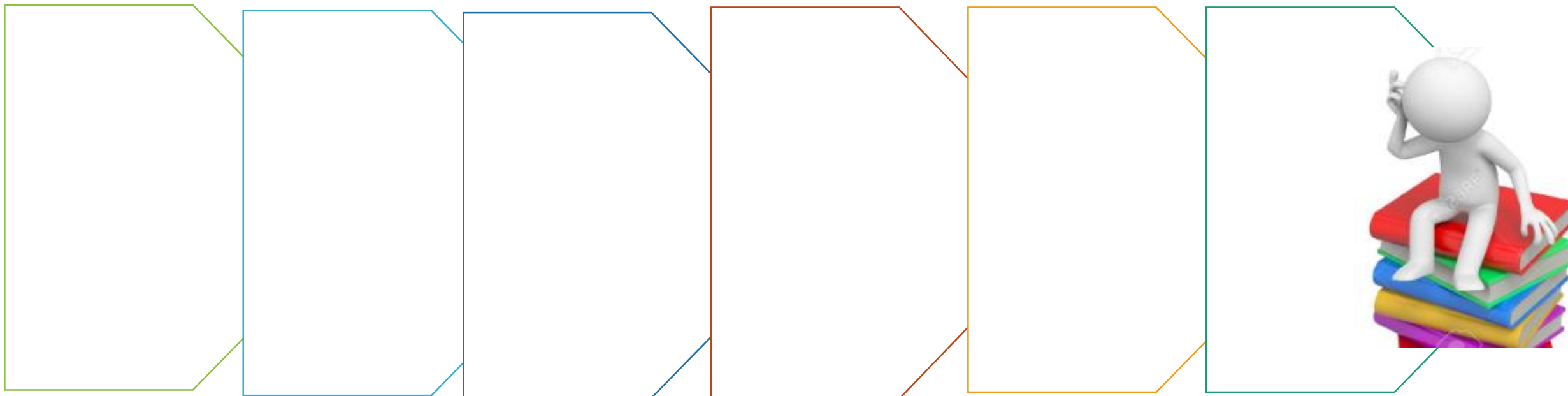


Mortalidad por causas respiratorias y PM_{10} en Ciudad de México





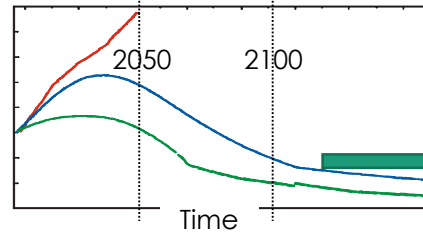
Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en la Salud Humana



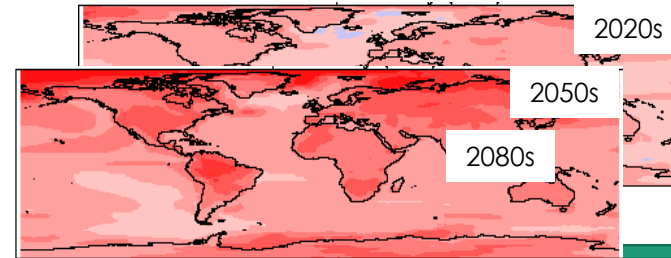


Clima y políticas públicas en salud

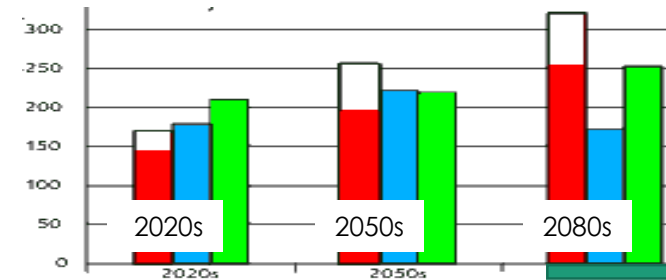
Escenarios de cambio climático



Modelos climáticos globales
Generar series de mapas con las predicción de clima en un futuro



Modelo de impacto en la salud
Estimar los cambios en riesgos relativos de enfermedades específicas



Medidas de adaptación en salud pública

| Level | Aae group (years) | | 15-29 | 30-44 | 45-59 | 60-69 | 70+ |
|-------|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | 0-4 | 5-14 | | | | | |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 3 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 3 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 3 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| 3 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |



¡ GRACIAS !

rosy_61@hotmail.com

Magali Hurtado Díaz ^b
Horacio Riojas Rodríguez ^b

^b Instituto Nacional de Salud Pública

Octubre 2016