

Efectos económicos de los choques climáticos. Evidencia de los sectores secundario y terciario en México^{1/}

Dra. Miriam Juárez-Torres

INEGI

Primera Sesión 2025 del Consejo Consultivo Académico

29 de abril de 2025

1/ Proyecto: LM 567. Efectos Económicos de los Choques Climáticos. Evidencia de los Sectores Secundario y Terciario

Motivación

El interés en el estudio de los ciclones tropicales surge de su potencial devastación:

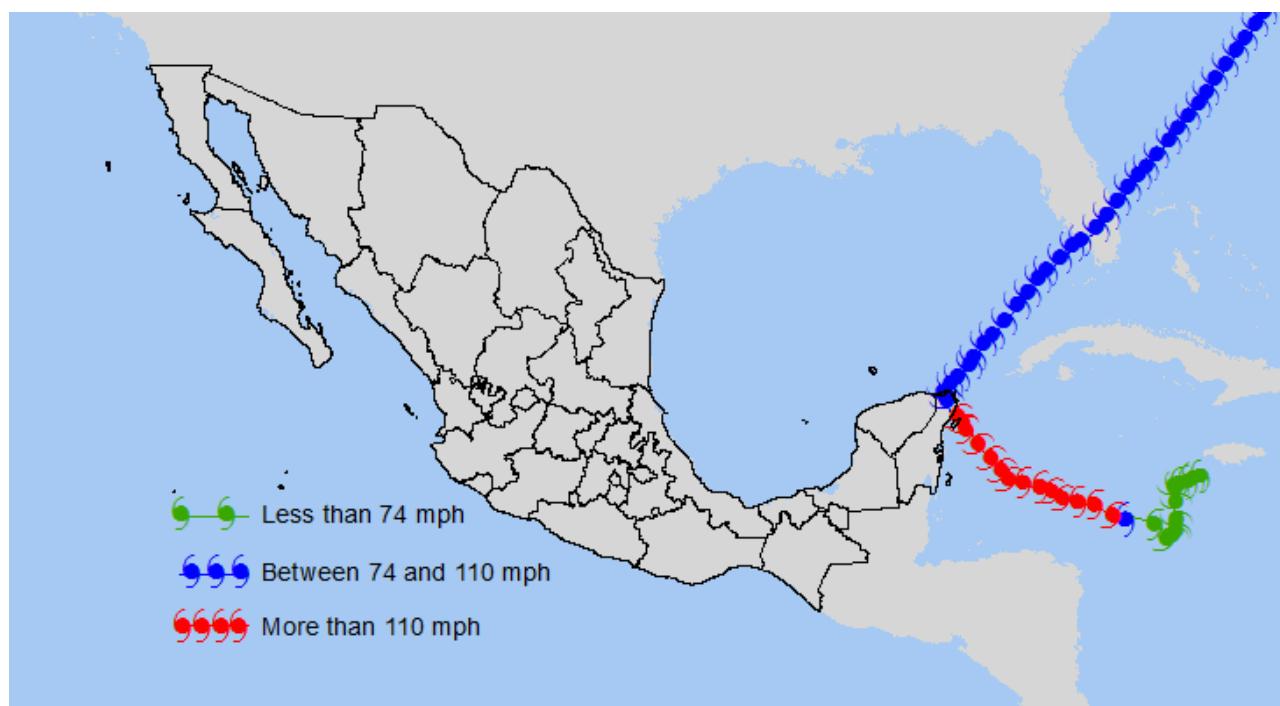
- Temporada récord de huracanes en el Atlántico en 2005 que incluyó tres de los diez huracanes más intensos: Katrina, Wilma y Rita.
- En México, el huracán Alex en 2010 y el huracán Odile en 2014.
- La temporada de huracanes en el Atlántico de 2017 fue hiperactiva y catastrófica, con 17 tormentas, 10 huracanes y 6 huracanes mayores.
- Desde 1975 se ha producido un aumento sustancial y observable a nivel regional y mundial del 25 al 30% en la proporción de huracanes de categoría 4 a 5 por cada 1 °C de calentamiento global (Holland y Bruyere, 2014).

Nordhaus (2010) examinó los impactos de los huracanes ocurridos entre 1900 y 2008 en la economía estadounidense. Hsiang (2010) documentó la respuesta de las actividades económicas en 28 países de la cuenca del Caribe. Sus hallazgos indican que los ciclones tropicales generan pérdidas de producción en la producción no agrícola que superan las pérdidas en el sector agrícola. Hsiang y Jina (2014) estudiaron los efectos a largo plazo sobre el crecimiento de los ciclones tropicales y encontraron que las tasas de crecimiento más bajas en los siguientes quince años después del desastre generan un efecto significativo en la trayectoria del crecimiento.

Los ciclones tropicales y la actividad económica

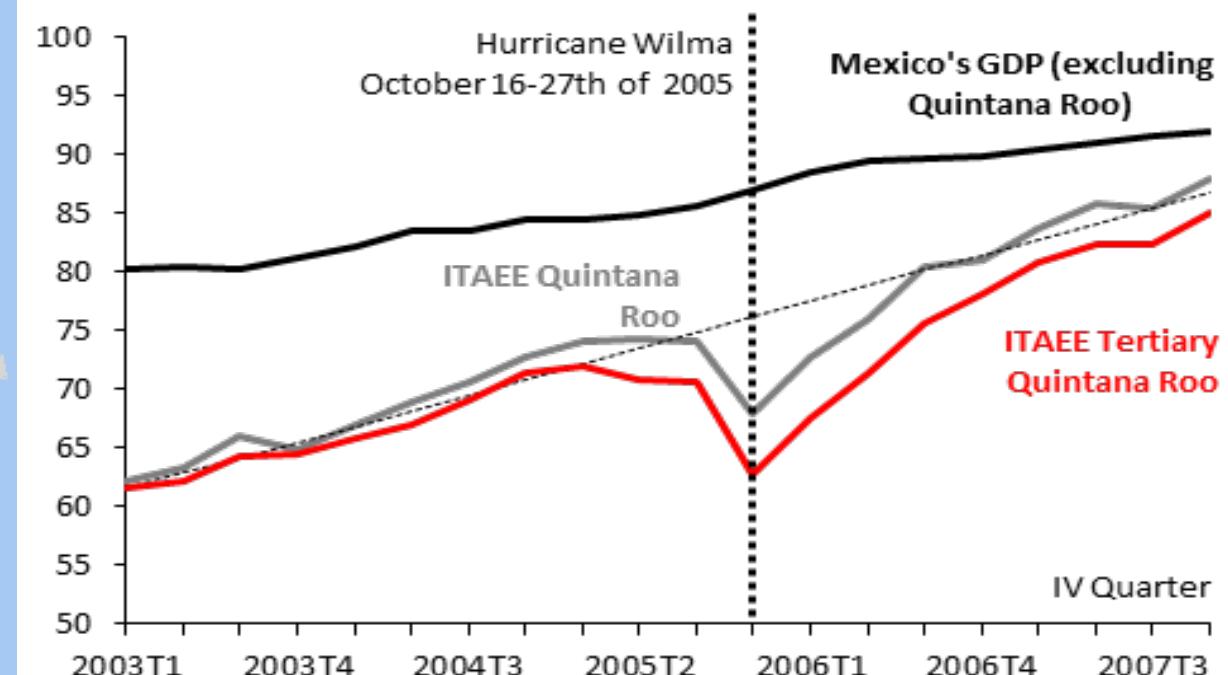
- Para México, un caso emblemático del efecto de los ciclones tropicales en la actividad económica es el huracán Wilma, uno de los más intensos registrados en la cuenca del Atlántico, que impactó el estado de Quintana Roo en octubre de 2005

Trajectory of Hurricane Wilma



Fuente: Elaboración propia utilizando el IBTrACS de NOAA.

Impact of Hurricane Wilma on Economic Activity



Nota: Indicador Trimestral de la Actividad Económica del Estado (ITAE).

Fuente: Elaboración propia con series desestacionalizadas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Preguntas, principales hallazgos y contribución

- ¿Cuál es el efecto de los ciclones tropicales en la actividad económica de los establecimientos de manufactura y servicios?
- Este artículo estima los efectos de los ciclones tropicales en la actividad económica de los establecimientos de los sectores manufacturero para el periodo 1994-2017 y en el sector servicios para el periodo 2008-2015 en México. El análisis se basa en datos de panel que combinan la actividad económica a nivel de establecimiento con la exposición a nivel municipal a los ciclones tropicales mensual para estimar un modelo de rezagos distribuido aumentados. Los resultados muestran que, después de un ciclón tropical:
 - *El establecimiento manufacturero promedio experimenta un efecto negativo a corto plazo y pequeño en el crecimiento de la producción.*
 - *Para los establecimientos del sector servicios, el efecto es pequeño y negativo en el crecimiento de los ingresos, mientras que positivo, de mayor magnitud y más persistente en el crecimiento de los gastos operativos. Los datos desagregados permiten analizar la heterogeneidad de los efectos entre los sectores manufacturero y de servicios.*
- Una contribución de este trabajo se basa en el carácter temporal y espacial más desagregado de los resultados.

Datos y fuentes

- Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera 1994-2017 representativa de entre 205 y 240 clases económicas NAICS de 6 dígitos, emitida por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, INEGI.
- La Encuesta Mensual de Servicios 2008-2014 incluye 105 clases económicas de 6 dígitos del NAICS, emitidas por el INEGI.
- Trayectorias de ciclones tropicales y vientos máximos sostenidos del International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS).
- Utilizamos el paquete Storm Wind Model en R desarrollado por Brook Anderson de la Universidad Estatal de Colorado. Este algoritmo nos permitió modelar las velocidades del viento en puntos de la cuadrícula en el territorio mexicano utilizando los datos de los registros de trayectoria de los ciclones tropicales.
- Información meteorológica de cerca de 3,000 estaciones terrestres ubicadas en todos los estados con registros diarios de precipitación, temperatura máxima y mínima del Sistema Meteorológico Nacional.

Las trayectorias de 708 ciclones tropicales en México, 1994 – 2017

Depresiones Tropicales < 38 mph

Tormentas Tropicales 39-73 mph

Hurricanes:

Categoría 1 74-95 mph

Categoría 2 96-110 mph

Categoría 3 111-129 mph

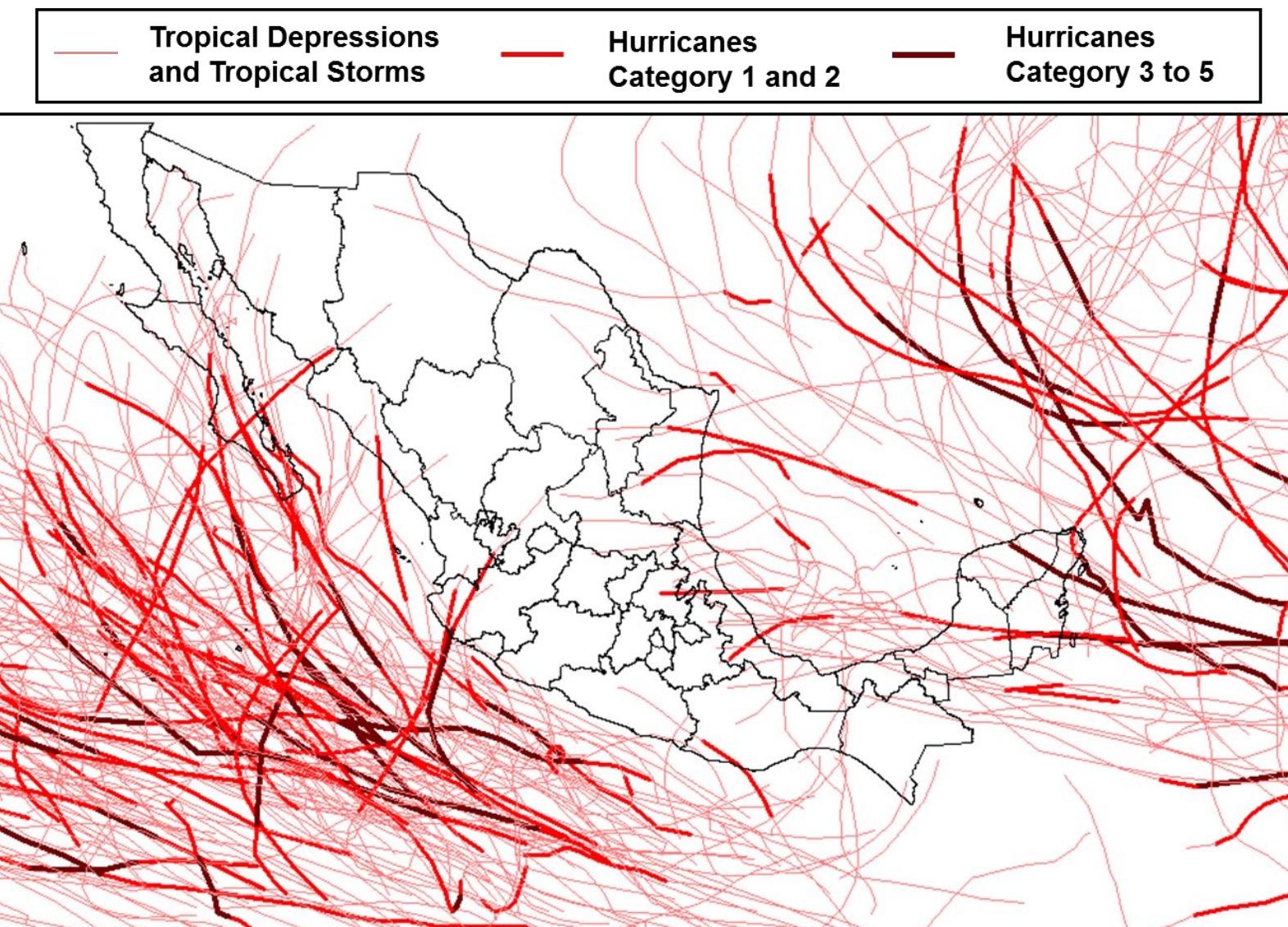
Categoría 4 130-156 mph

Categoría 5 > 157 mph

La mayoría de los huracanes han tocado tierra en estados como Baja California Sur, Sonora, Tamaulipas, Jalisco, Yucatán y Quintana Roo.

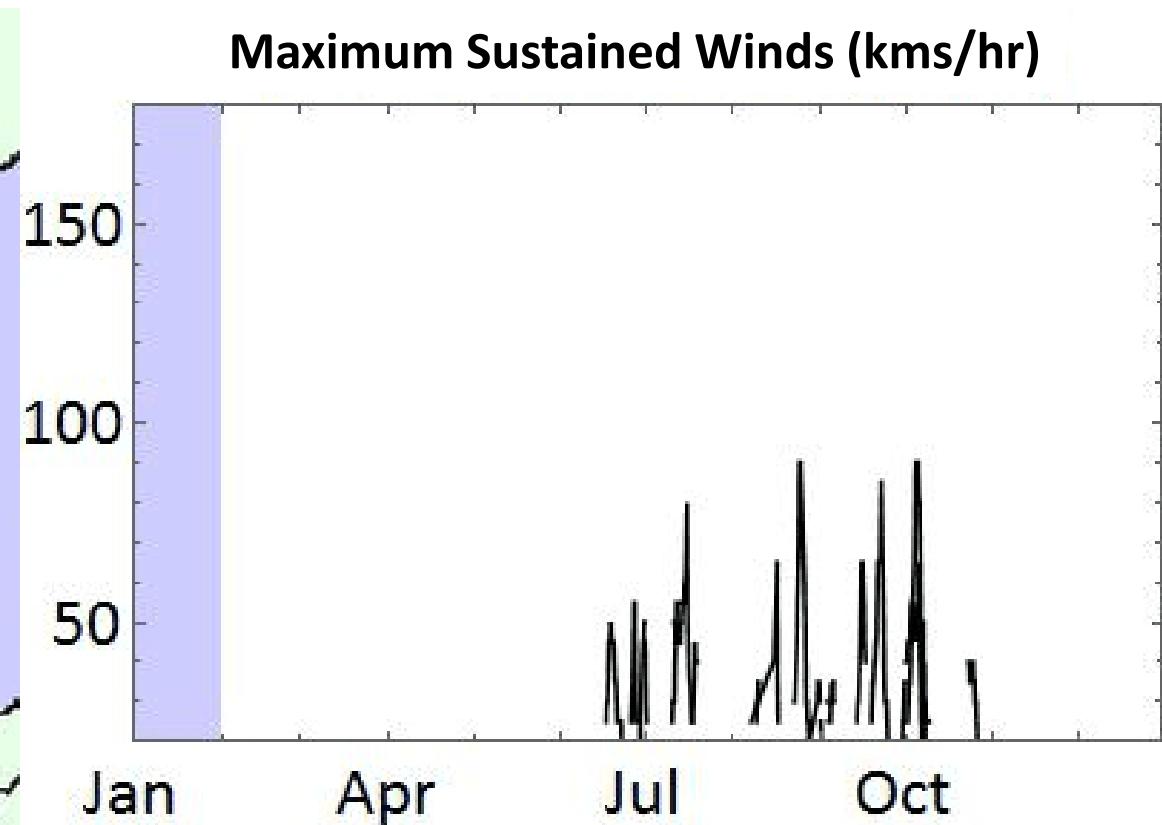
Note: The tropical cyclones recorded in the IBTrACS database are classified according to the Saffir-Simpson Wind Scale.

Source: Own elaboration using the IBTrACS from NOAA.



Hechos estilizados

Trayectoria y velocidad del viento de los ciclones tropicales, 2003 - 2016

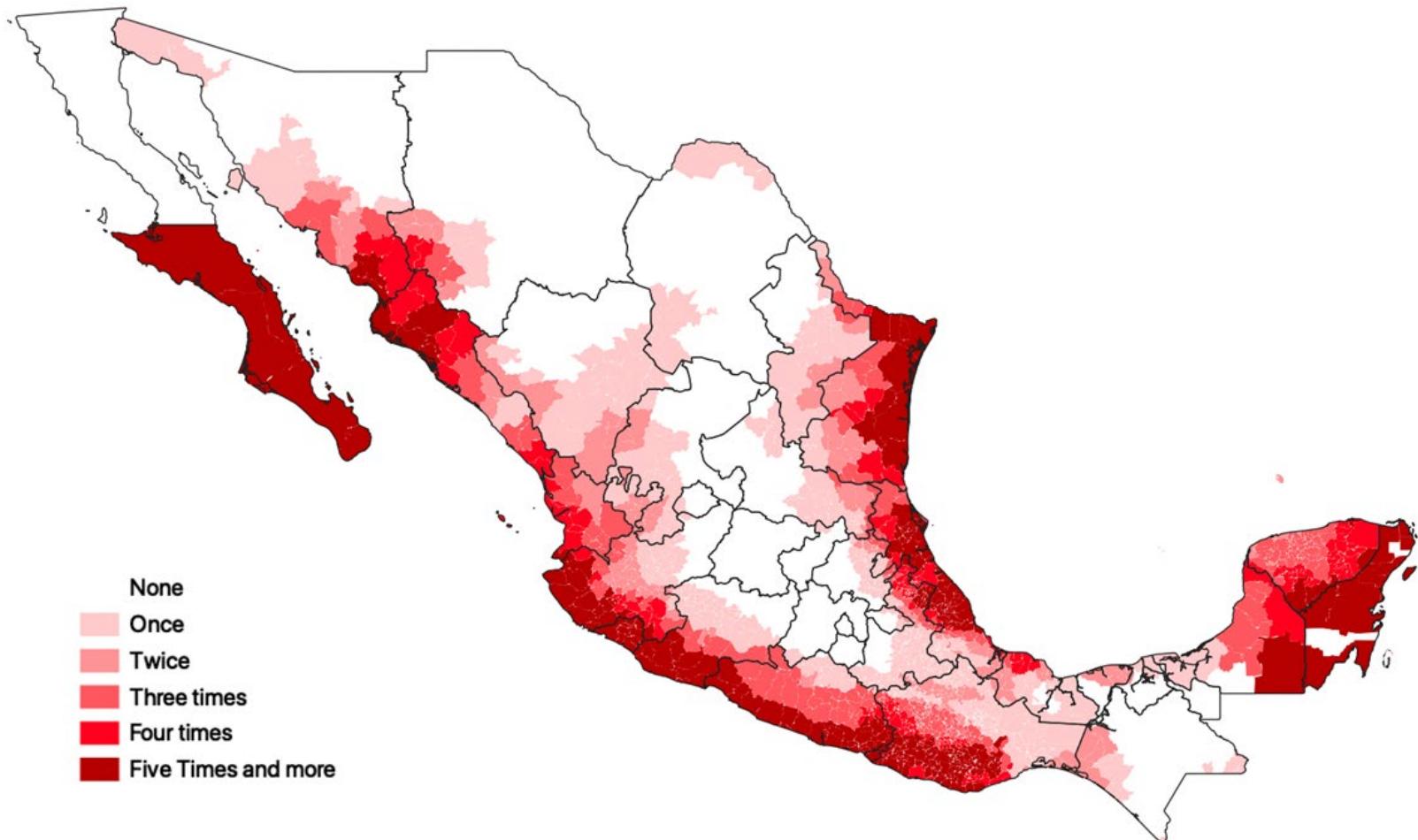


Fuente: Elaboración propia utilizando el IBTrACS de NOAA

Mapa de Riesgo de Ciclones Tropicales

- Número de veces que un municipio ha sido azotado por huracanes de categoría 1 y superior durante el período 1994-2017
- Hay alrededor de 685 municipios con alta exposición a ciclones tropicales.
 - En el Pacífico, estos municipios se ubican principalmente en las entidades de Baja California Sur, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.
 - en el Atlántico, la mayoría de los municipios con alta exposición se encuentran en Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo.

Frecuencia de huracanes de categoría 1 y superior a nivel municipal, 1994 – 2017



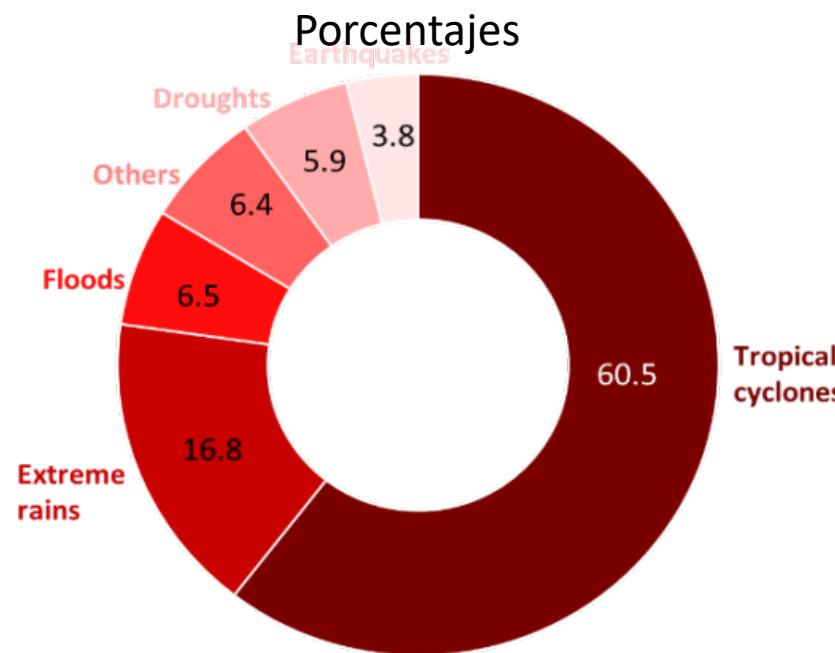
Nota: Este indicador cuantifica el número de veces que los municipios han estado expuestos a vientos máximos sostenidos de 110 m/s y más.

Fuente: Elaboración propia utilizando el IBTrACS de NOAA.

Hechos estilizados

En el año 2000, México creó el Fondo Mexicano para Desastres Naturales (FONDEN) como un mecanismo para financiar la recuperación de infraestructura federal y estatal afectada por desastres naturales.

**recursos asignados para la reconstrucción causados por la
Desastres naturales en México, 2000 – 2015**



Los huracanes más destructivos en México, 2000 - 2015

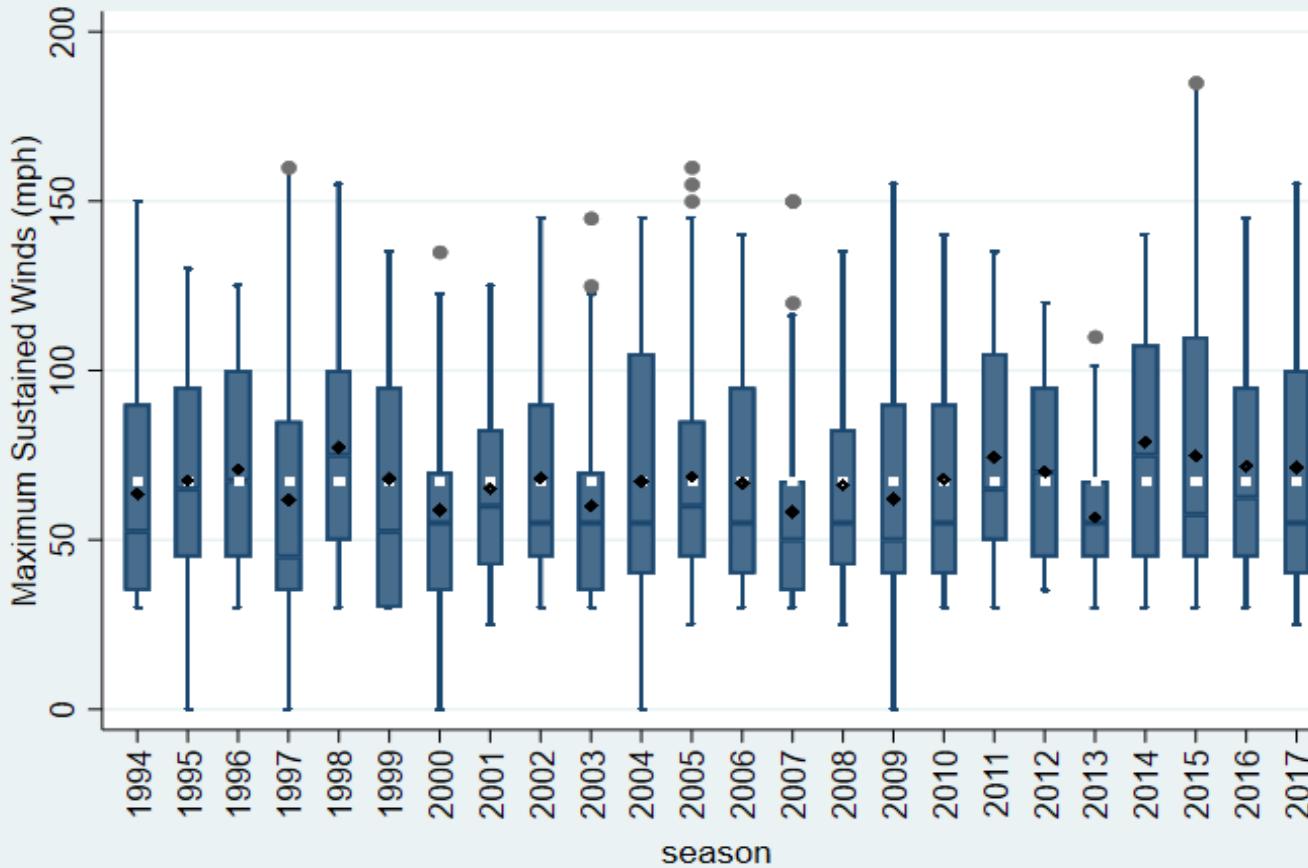
	Month/Year	Name	State	Total of resources exercised Percentajes
1	September 2010	Karl and Matthew	Veracruz	11.1
2	September 2014	Odile	Baja California Sur	10.2
3	September 2013	Ingrid and Manuel	Guerrero	10.3
4	June 2010	Alex	Nuevo Leon	9.7
5	October 2005	Wilma	Quintana Roo	9.5
6	October 2005	Stan	Chiapas	7.8
7	September 2002	Isidore	Yucatan	3.8
				62.4

Fuente: Elaboración propia con datos del Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED).

Fuente: Elaboración propia con datos del Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED).

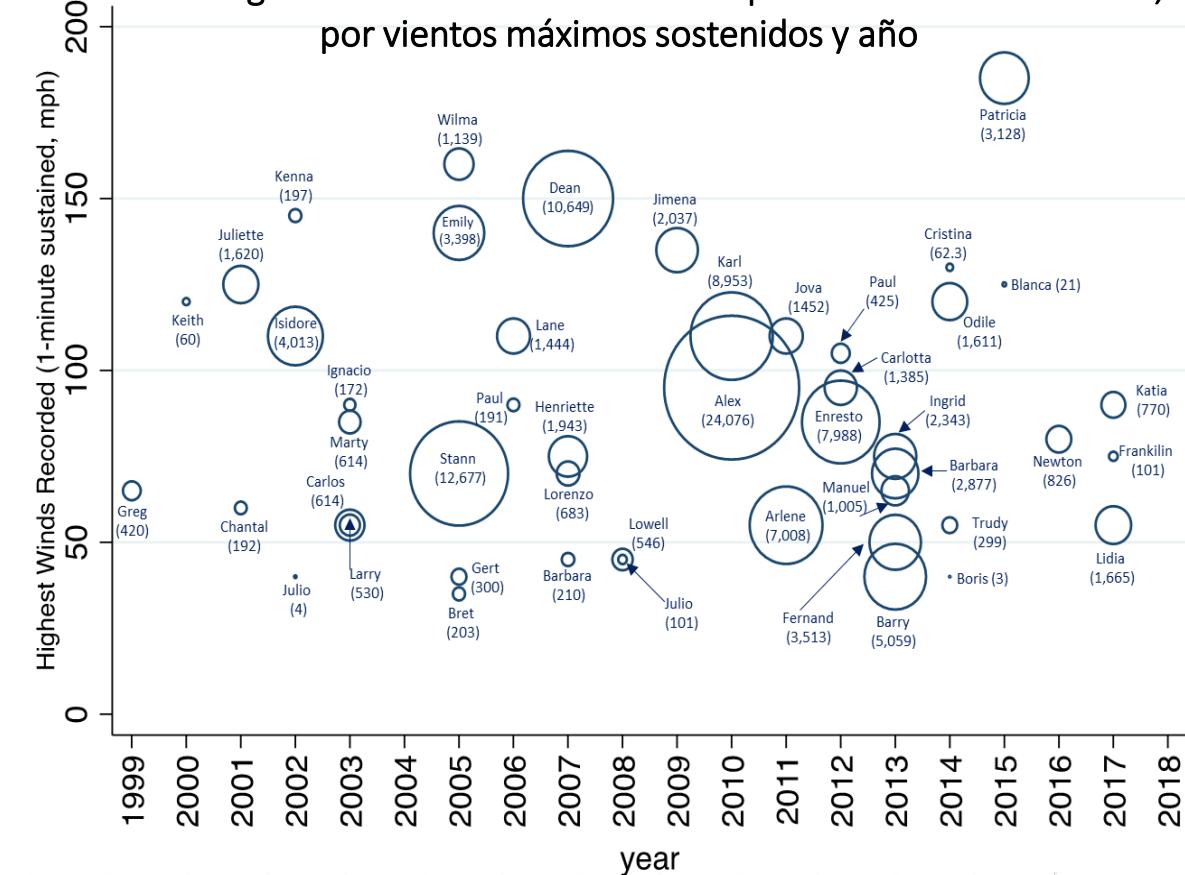
Diagrama de caja & brazos de la distribución por entidad de los vientos máximos sostenidos 1994-2017

Diagrama de caja de los registros de ciclones tropicales de vientos máximos sostenidos y frecuencia por estación, 1994-2107



Recursos del FONDEN por ciclones tropicales (1999-2018)

Montos asignados en miles de millones de pesos constantes de 2008,
por vientos máximos sostenidos y año

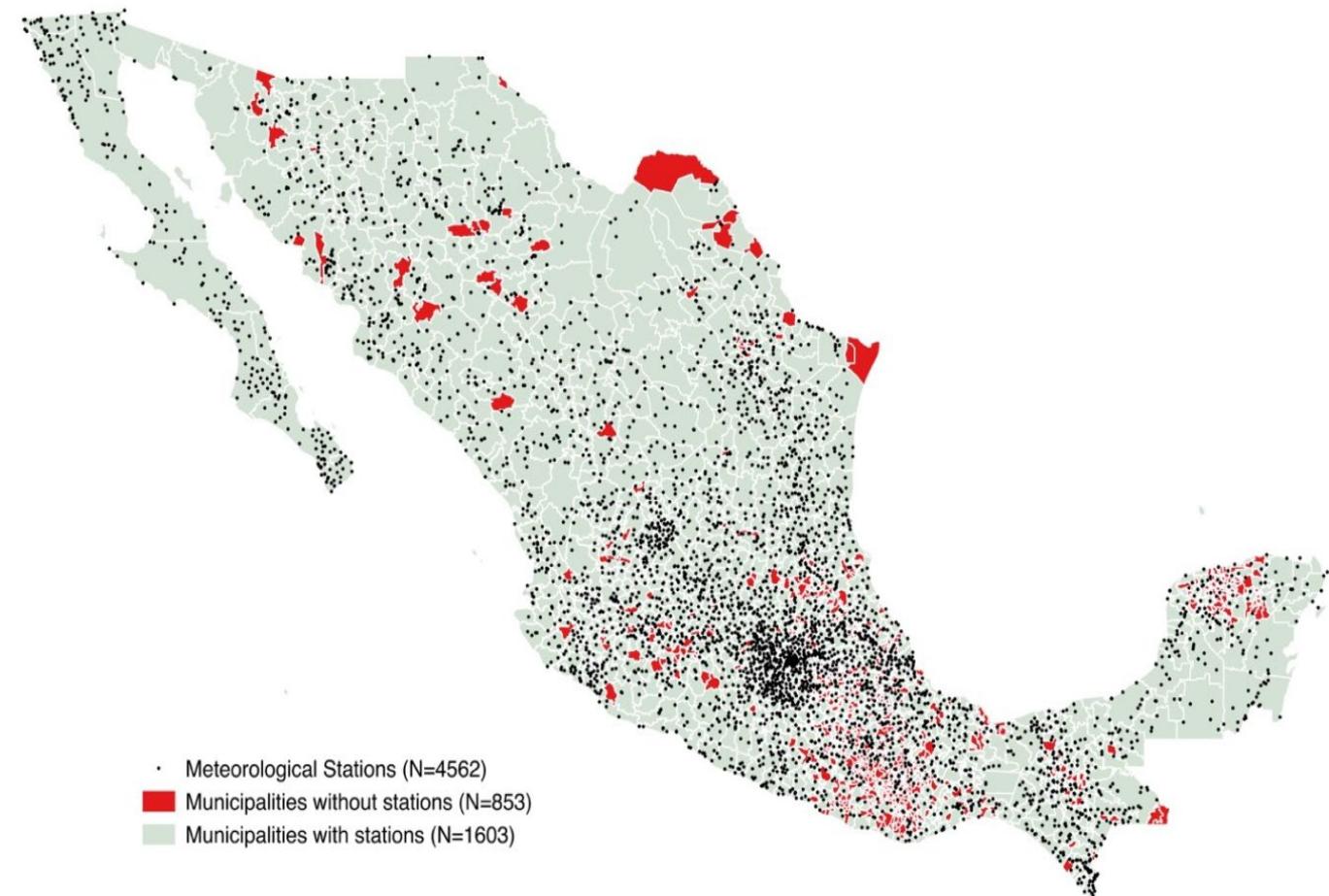


Season	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Hurricanes 3 and higher	5	6	3	6	5	6	3	4	5	2	6	6	3	3	5	4	5	7	1	0	7	9	6	6
Tropical Cyclones	34	35	28	33	30	30	39	36	31	38	34	47	33	32	35	33	33	32	36	31	36	39	39	39

Ubicación de las estaciones meteorológicas terrestres

- La ubicación de todas las estaciones meteorológicas terrestres con información.
- Aunque las estaciones están muy extendidas y cubren la mayor parte del territorio, sólo se encuentran en 1,603 de los 2,456 municipios de México.
- Interpolamos los datos de las estaciones a través de una cuadrícula para proporcionar datos en cuadrícula que muestran una cobertura completa a nivel de municipio

Geographical Distribution of Ground Weather Stations



Source: Own elaboration based on data of the National Meteorological System.

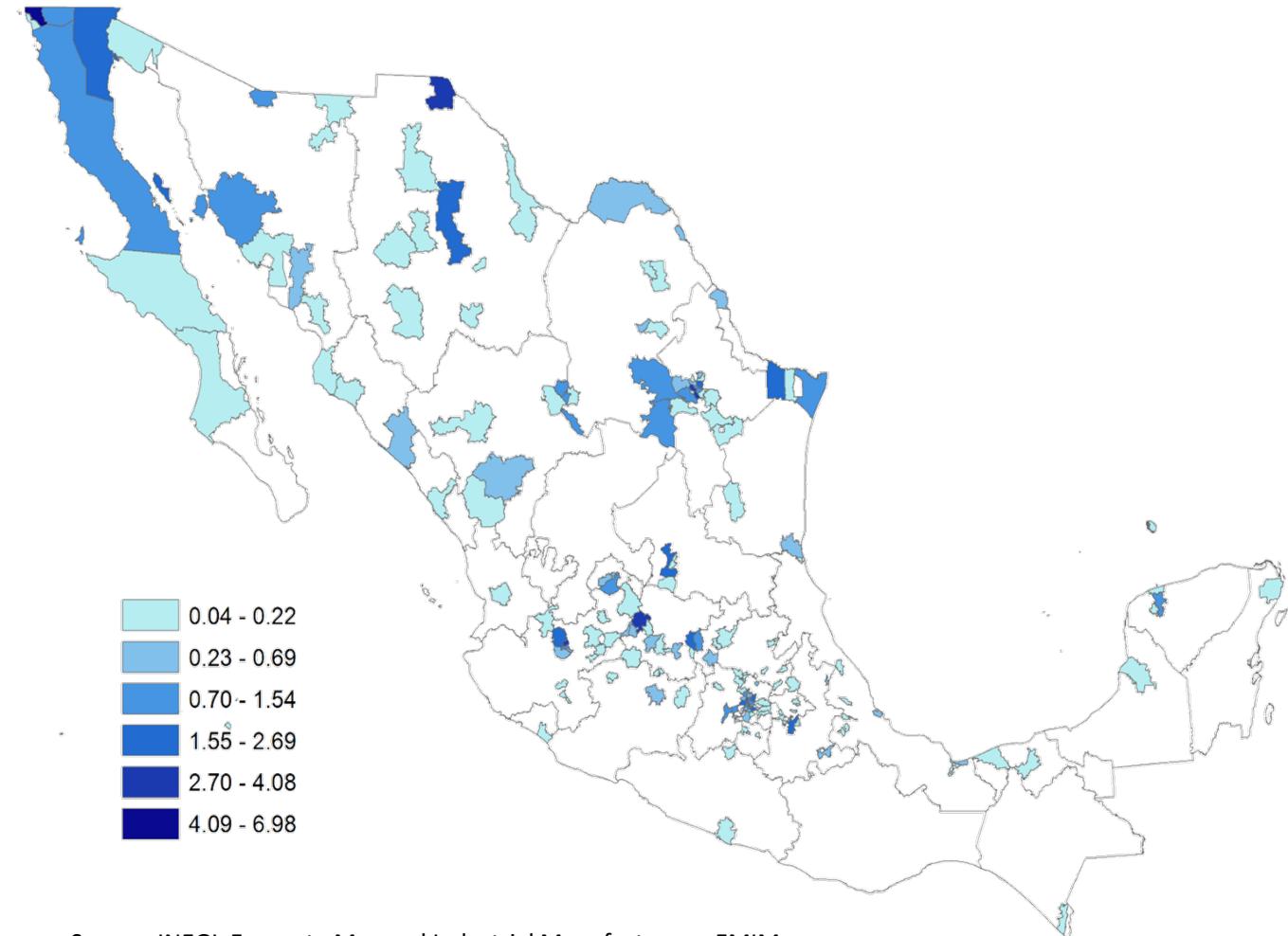
Mapa de distribución espacial de establecimientos manufactureros

Distribución geográfica de las empresas de la EMIM 1994-2017

- La muestra está compuesta por 18.511 empresas distribuidas en 432 municipios.
- Las empresas del sector manufacturero se ubican principalmente en 19 estados ubicados principalmente en el norte y centro del país: Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro de Arteaga, San Luis Potosí, Sonora y Veracruz, Baja California, Durango, Morelos, Sinaloa, Tlaxcala y Yucatán.

Variables de la encuesta:

- ✓ Índice de producción
- ✓ Remuneración real por trabajador
- ✓ Horas trabajadas

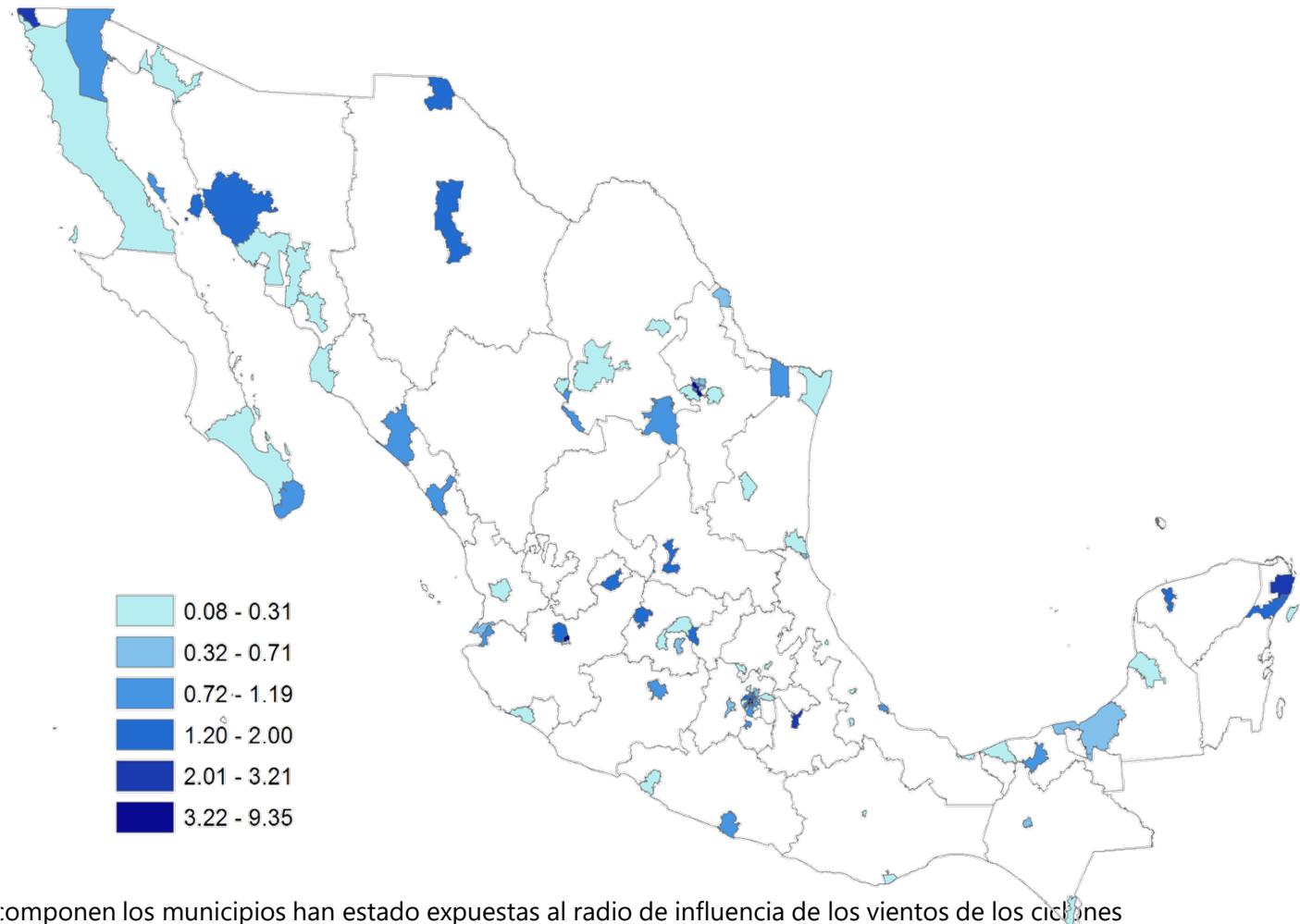


Source: INEGI, Encuesta Mensual Industrial Manufacturera, EMIM.

Mapa de distribución espacial de establecimientos de servicios

Geographical Distribution of Firms from the EMS 2005-2015

- La muestra incluyó 7.465 empresas de todo el país con diferentes períodos de observación y 4.921 empresas con un conjunto completo de 95 observaciones.
- La muestra total se distribuye geográficamente en 320 municipios de los 32 estados del país.
- Los estados que concentran una parte importante de la muestra son Ciudad de México, Estado de México, Jalisco, Monterrey, Baja California Norte y Yucatán.
- Variables de la Encuesta
 - ✓ **Índice de ingresos**
 - ✓ **Gastos operativos reales**
 - ✓ **Remuneración real por trabajador**



Nota: Este indicador cuantifica el número de veces que todas las localidades que componen los municipios han estado expuestas al radio de influencia de los vientos de los ciclones tropicales. Fuente: Elaboración propia utilizando el IBTrACS de NOAA.

Estimating Equation

Utilizamos un Modelo Aumentado, Distribuido, Rezagado

$$\Delta \ln Y_{i,j,t} = \alpha_i + \sum_{l=0}^L \beta_l Wind_{j,t-l} + \sum_{l=0}^L \tau_l Temp_{j,t-l} + \sum_{l=0}^L \phi_l Rain_{j,t-l} + \rho_t + \mu_{statexyear} + \lambda_{sectorxyear} + \varepsilon_{i,j,t}$$

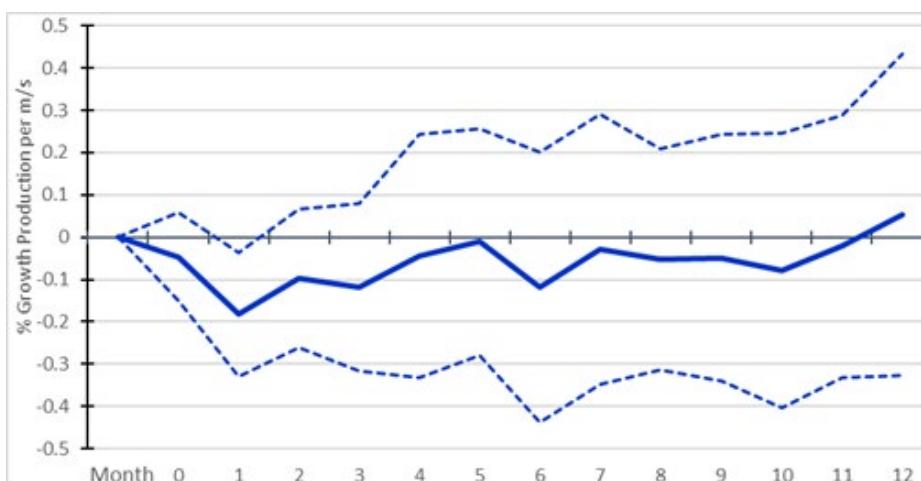
$Y_{i,j,t}$ denota el resultado del establecimiento i ubicado en el municipio j y el tiempo t ; $Wind_{j,t}$ mide la exposición a vientos máximos sostenidos de ciclones tropicales a 10 metros de altitud en cada municipio j durante el periodo t ; $Temp_{j,t}$ es la temperatura media registrada en el municipio j durante el tiempot; $Rain_{j,t}$ representa la precipitación acumulada registrada en el municipioj Durante el tiempo t . ρ_t son efectos fijos mes-año que controlan los patrones de estacionalidad comunes del mes y el año que afectan el crecimiento de las variables de producción de los establecimientos. $\mu_{statexyear}$ como efectos fijos del año estatal que capturan los choques comunes para todos los establecimientos; $\lambda_{sectorxyear}$ Controla por dinámicas anuales específicas comunes a todos los establecimientos. $\varepsilon_{i,j,t}$ es el término de error agrupado por estado para permitir una correlación serial arbitraria entre diferentes establecimientos del mismo estado.

Los coeficientes de interés β_l , τ_l y ϕ_l proporcionan el impacto dinámico de una unidad adicional de vientos máximos sostenidos (1 m/s), temperatura (1 °C) y precipitación acumulada (1 mm), respectivamente, sobre la tasa de crecimiento de la variable de producción de los establecimientos en el rezago l después del choque. \widehat{B} , \widehat{T} , $\widehat{\Phi}$ mide los impactos acumulativos marginales a largo plazo después de períodos L resultantes de un evento climático de una unidad 1 m/s para los vientos máximos sostenidos, 1 °C para la temperatura media mensual y 1 mm para la precipitación mensual acumulada, respectivamente, sobre el crecimiento de las variables de producción, ingreso y gastos operativos de los establecimientos.

Resultados

Industria manufacturera nacional: efecto acumulativo marginal de la exposión a CT en el índice de producción en volumen

Puntos porcentuales de crecimiento por metro por segundo (m/s)



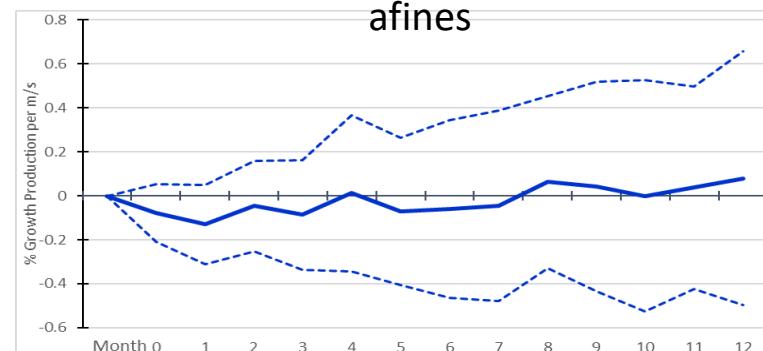
Nota: Las líneas punteadas indican intervalos de confianza del 95 %. Los errores estándar se agrupan por estado.

Fuente: Juárez -Torres & Puigvert (2021).

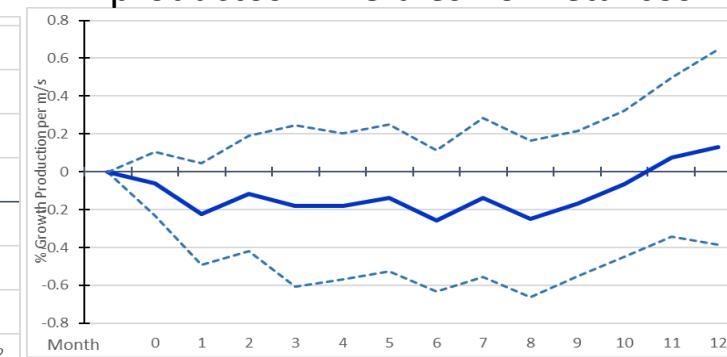
Sector manufacturero: efecto acumulativo marginal de la exposición a ciclones tropicales en el índice de producción en volumen

Puntos porcentuales de crecimiento por metro por segundo (m/s)

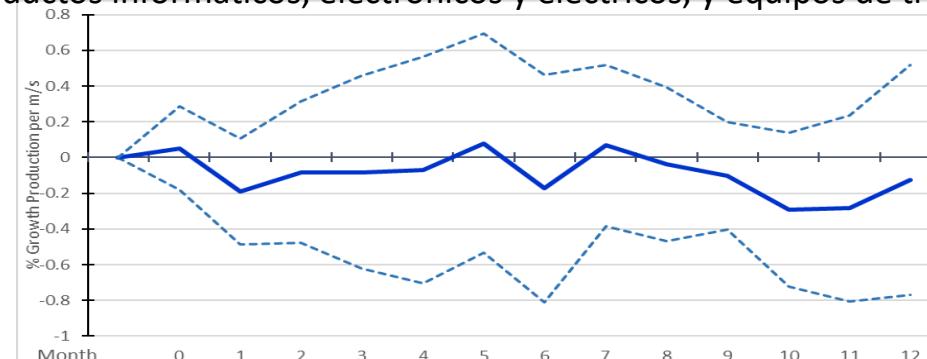
Sector 31. Fabricación de alimentos, bebidas, tabaco, prendas de vestir, cuero y productos afines



Sector 32. Fabricación de madera, papel, productos químicos, plásticos y productos minerales no metálicos.



Sector 33. Fabricación de metal primario, productos metálicos fabricados, maquinaria, productos informáticos, electrónicos y eléctricos, y equipos de transporte



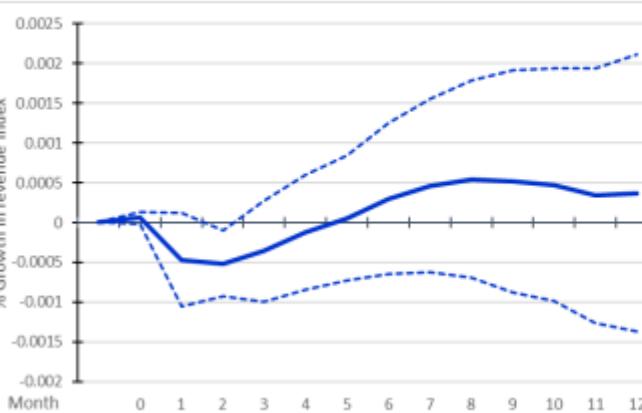
Resultados

Efecto acumulativo marginal de la exposición a ciclones tropicales sobre el crecimiento del índice de ingresos y los gastos operativos reales de los establecimientos

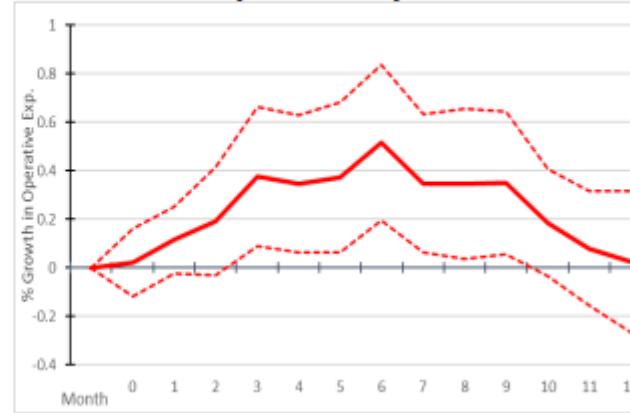
Puntos porcentuales de crecimiento por metro por segundo (m/s)

Service Sector

Revenue Index 2008=100

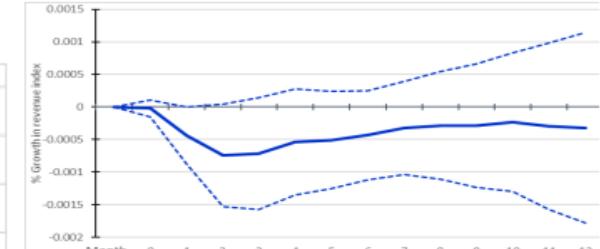


Real Operative Expenditures

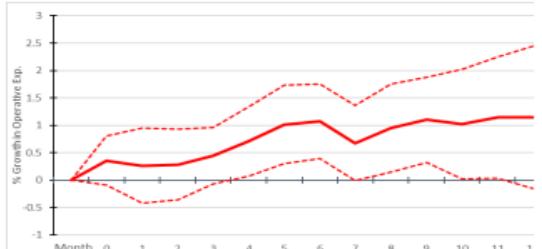


Revenue Index 2008=100

Sector 51 Information

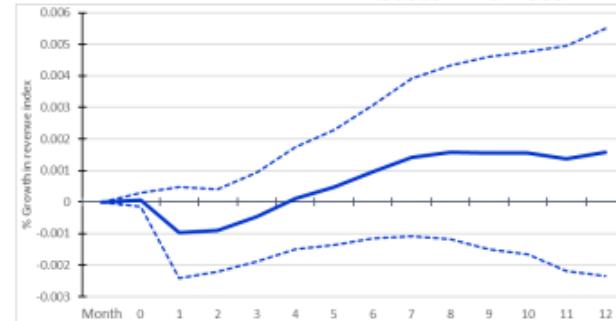


Real Operative Expenditures

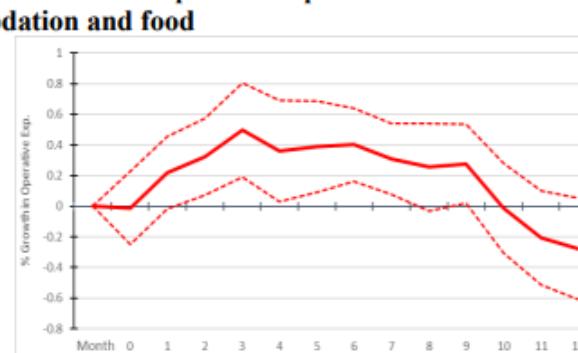


Revenue Index 2008=100

Sector 72. Accommodation and food



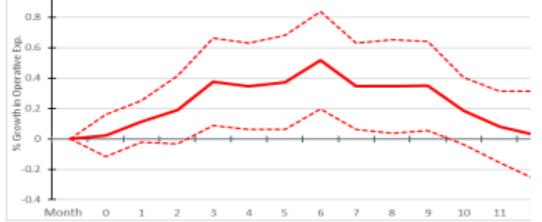
Real Operative Expenditures



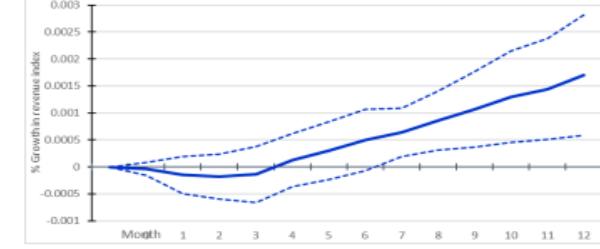
Sector 54 Professional, scientific and technical



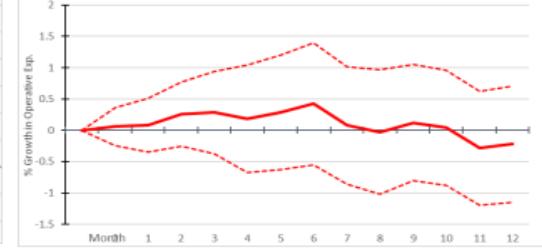
Sector 54 Professional, scientific and technical



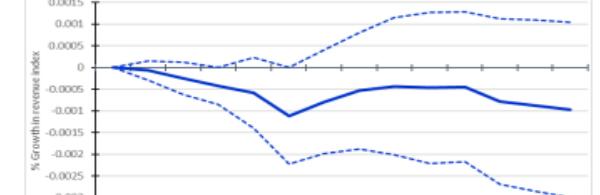
Sector 56. Waste and remediation



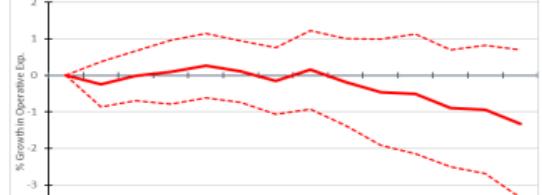
Sector 56. Waste and remediation



Sector 71. Recreation



Sector 71. Recreation



Nota: Las líneas punteadas indican intervalos de confianza del 95 %. Los errores estándar se agrupan por estado.

Fuente: Juárez –Torres & Puigvert (2021).

Conclusiones

- De acuerdo con la literatura económica, controlando por el clima, encontramos que los ciclones tropicales afectan la actividad económica de los establecimientos de los sectores manufacturero y de servicios. Sin embargo, existen resultados heterogéneos en todos los sectores.
- En general, las empresas ubicadas en municipios con alta exposición a ciclones tropicales muestran mayores efectos en comparación con las empresas ubicadas en municipios con baja exposición.
- Para un establecimiento promedio del sector manufacturero ubicada en los municipios más vulnerables, la exposición a los ciclones tropicales, medida por los vientos máximos sostenidos, genera efectos negativos en la producción en el corto plazo.
- Para los establecimientos del sector servicios, el efecto es pequeño y negativo en el crecimiento de los ingresos, mientras que positivo, de mayor magnitud y más persistente en el crecimiento de los gastos operativos. Los datos desagregados permiten analizar la heterogeneidad de los efectos entre los sectores manufacturero y de servicios.