

El impacto de los ciclones tropicales en los precios de los alimentos

Extracto del Reporte sobre las Economías Regionales Octubre - Diciembre 2023, Recuadro 4, pp. 59-61, documento publicado el 14 de marzo de 2024.

Nota: En la versión electrónica de este documento se puede obtener la información que permite generar todas las gráficas y tablas que contiene dando clic sobre ellas, con excepción de aquella que no es producida ni elaborada por el Banco de México.

1. Introducción

Los ciclones tropicales son eventos de clima extremo originados en el océano y caracterizados por fuertes vientos y abundantes lluvias concentrados alrededor de un centro rotatorio de baja presión. En algunas ocasiones, estos eventos impactan tierra firme. Cuando esto sucede, la capacidad destructiva de sus vientos tiene el potencial de disminuir la oferta de alimentos en las poblaciones afectadas debido a interrupciones en la producción, lo cual podría generar presiones al alza en sus precios en el corto plazo. En este Recuadro se estima el efecto de los ciclones tropicales en los precios de los alimentos utilizando como medida de su intensidad la velocidad máxima de sus vientos. Los resultados sugieren que, tras el impacto de un ciclón tropical, el precio de las mercancías alimenticias y de las frutas y verduras se incrementa de forma transitoria. El centro norte y el sur enfrentan los mayores riesgos de presiones al alza en el precio de los alimentos debido a que reciben el impacto directo de los ciclones tropicales con una mayor frecuencia.

2. Antecedentes de los ciclones tropicales en México

Entre enero de 2001 y diciembre de 2023, 142 ciclones tropicales afectaron a México.¹ Del total, 61 fueron tormentas tropicales (43%) y 81 fueron huracanes categoría 1 o superior (57%).² La Gráfica 1 muestra la velocidad máxima de los vientos alcanzada por estos ciclones tropicales durante su trayectoria, desde su formación hasta su disipación. En ella, los ciclones tropicales están clasificados de acuerdo con la región que fue afectada primero, si bien es posible que un ciclón tropical afecte a más de una. Destaca que, dada su posición geográfica, las regiones sur y centro norte son las más propensas a recibir el primer impacto de los ciclones tropicales. Históricamente, el ciclón tropical más intenso que ha afectado México es el huracán Patricia en octubre del 2015. Los vientos máximos de este huracán alcanzaron una intensidad pico de 325 km/h, poco antes de tocar tierra en la costa sur de Jalisco como un huracán categoría 4 con vientos máximos sostenidos de 240 km/h. Recientemente, en octubre de 2023, el huracán Otis sobrepasó este récord al tocar tierra en Acapulco con vientos máximos sostenidos de 270 km/h.

3. Estrategia de identificación y datos de vientos

Para estimar el efecto de la velocidad los vientos de ciclones tropicales en el nivel de precios de los alimentos se estimó un modelo de datos en panel a nivel de ciudad para el periodo enero de 2001 a diciembre de 2023. El análisis se basa en información de las 55 ciudades que cotizan en el INPC. El modelo es:

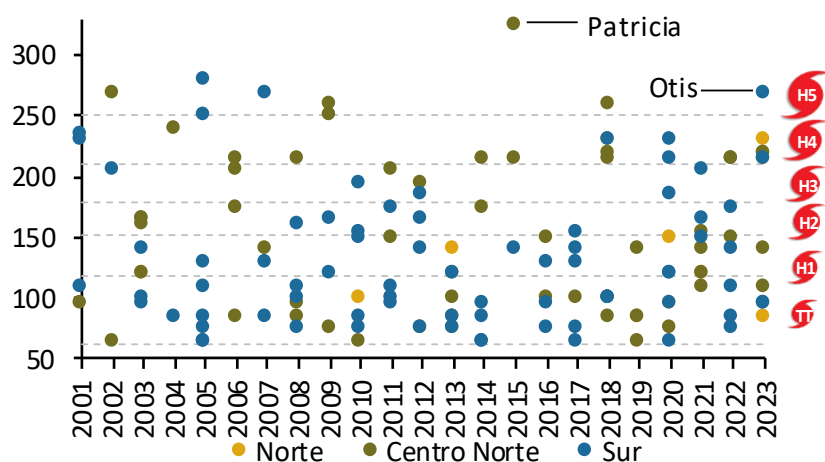
¹ De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), un ciclón tropical afecta a México si su centro toca tierra en el territorio nacional o se acerca a menos de 100 kilómetros de la costa.

² La clasificación de los ciclones tropicales de acuerdo con la escala Saffir-Simpson es la siguiente: a) Tormenta Tropical (63-118km/h), b) Huracán 1 (119-153 km/h), c) Huracán 2 (154-177km/h), d) Huracán 3 (178-208 km/h), e) Huracán 4 (209-251km/h), y f) Huracán 5 (más de 252 km/h).

$$\ln P_{it} = \sum_{a=0}^5 \beta_s Viento_{i,t-s} + C_{it}\gamma + \mu_i + \tau_t + \theta_r t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

en donde P_{it} y $Viento_{it}$ son el nivel de precios de los alimentos y la velocidad máxima de los vientos de ciclones tropicales (en km/h) en la ciudad i y en el año-mes t , respectivamente. En la estimación, se incluyen hasta 5 rezagos de la variable $Viento_{it}$ para controlar por su posible efecto rezagado en una ventana de tiempo de 6 meses.³ Los coeficientes estimados para las variables de viento (β_s) capturan el efecto promedio de los ciclones tropicales ocurridos entre 2001 y 2023 en el nivel de precios de los alimentos.⁴ La ecuación (1) se estima por separado para el índice de precios de *Alimentos*, *Bebidas* y *Tabaco* del componente subyacente, y el de *Frutas* y *Verduras* y de *Pecuarios*, ambos en el componente no subyacente.

Gráfica 1
Velocidad máxima de vientos alcanzada por los ciclones tropicales que afectaron a México
 Kilómetros por hora



Nota: La gráfica muestra la velocidad máxima alcanzada por cada ciclón a lo largo de su trayectoria la cual no es necesariamente igual a su velocidad al momento de tocar tierra. TT=tormenta tropical; H1-H5=huracán categoría 1 - categoría 5.

Fuente: Elaboración del Banco de México con información del SMN.

Los datos de ciclones tropicales que se utilizan en la estimación se obtuvieron de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) (Knapp et al., 2018) y contienen un registro detallado de la ubicación geográfica y la velocidad de los vientos de cada ciclón durante toda su trayectoria, desde su formación hasta su disipación.⁵ Esta información fue procesada con el modelo de vientos de ciclones tropicales propuesto por Willoughby et al. (2006) para estimar la velocidad máxima del viento de los ciclones tropicales durante su paso sobre los municipios de México. A manera de ejemplo, la Gráfica 2 muestra las

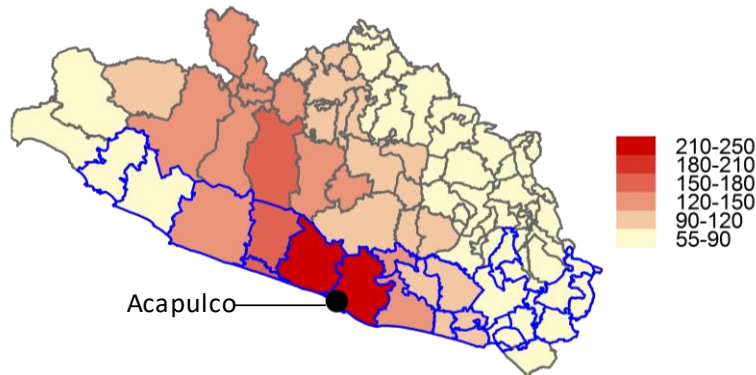
³ En estimaciones auxiliares se incluyeron hasta 11 rezagos de la variable de vientos. Solo se reportan los resultados que consideran hasta 5 rezagos debido a que los coeficientes estimados para rezagos adicionales no son, en general, estadísticamente significativos.

⁴ Si bien es posible que el efecto de los vientos de ciclones tropicales en los precios sea no lineal conforme aumenta su intensidad, estimaciones auxiliares no apuntan en esa dirección.

⁵ En total, el NOAA reporta un total de 765 ciclones tropicales formados en los océanos Pacífico y Atlántico entre enero de 2001 y diciembre de 2023. De estos, solo 142 afectaron México (ver Gráfica 1).

velocidades máximas de vientos estimadas para los municipios de Guerrero durante el paso del huracán Otis. Las más elevadas se observan en los municipios cercanos a la trayectoria del huracán. Conforme Otis ingresó a territorio nacional, su velocidad máxima de vientos disminuyó progresivamente hasta disiparse sobre Michoacán. Para Acapulco, la velocidad estimada es de 247 km/h la cual es menor a la velocidad con la que Otis tocó tierra (270 km/h) debido a que la velocidad de los vientos de los ciclones tropicales se reduce una vez que están sobre tierra.

Gráfica 2
Velocidad máxima de vientos del huracán Otis durante su paso
por Guerrero en octubre de 2023
 Kilómetros por hora



Nota: La línea azul demarca a los municipios ubicados en el área geográfica del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) de Acapulco.

Fuente: Elaboración del Banco de México con información del NOAA.

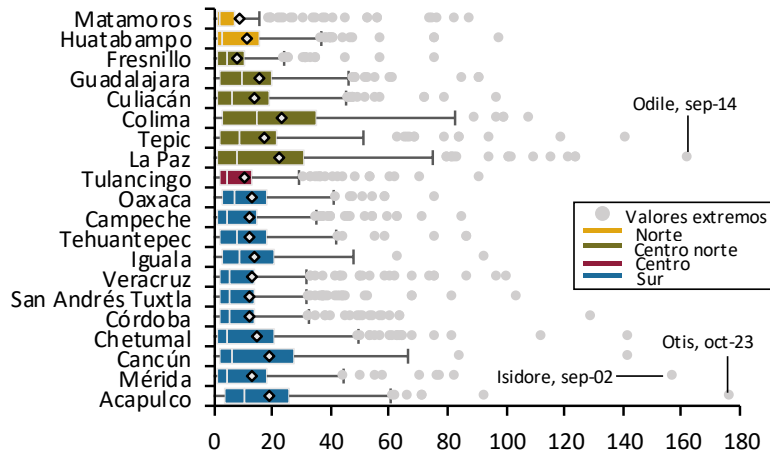
La variable de la velocidad máxima de vientos de ciclones tropicales para cada ciudad se obtiene como un promedio ponderado de las estimaciones de velocidad máxima de vientos a nivel municipal. En este cálculo se utilizó como ponderador la proporción que representa la población de cada municipio en la población total del área geográfica del INPC de cada ciudad (marcada en azul para Acapulco como ejemplo en la Gráfica 2). La Gráfica 3 muestra diagramas de caja y brazos de la velocidad máxima de vientos que resulta de este procedimiento para las 20 ciudades que registran las velocidades de vientos de ciclones tropicales más elevadas en la muestra. En los valores extremos se destacan, además de Otis, los huracanes Isidore (categoría 3) y Odile (categoría 4) que impactaron las costas de Yucatán y Baja California Sur en 2002 y 2014, respectivamente.

Finalmente, en el modelo estimado se incluyen en la matriz C_{it} funciones lineales y cuadráticas de temperatura (en grados centígrados) y precipitación (en centímetros) mensuales, contemporáneas y rezagadas construidas con información de DAYMET (Thornton et al., 2022). Estas variables climáticas se incluyen para controlar por su potencial correlación con los vientos.⁶ También se incluyen efectos fijos por ciudad (μ_i) y año-mes (τ_t) así como una tendencia temporal específica para cada región (θ_{rt}).⁷ ϵ_{it} es el término del error. En la estimación, los errores estándar se ajustan por correlación serial y espacial.

⁶ Estas variables se construyeron con la misma metodología que se utilizó para agregar la variable de vientos (promedio municipal ponderado por población).

⁷ Se realizaron varias pruebas de raíz unitaria para datos en panel tanto a la variable dependiente (nivel de precios) como a las independientes (vientos, temperatura y precipitación). Los resultados de estas pruebas favorecen la hipótesis de que las series contenidas en el panel son estacionarias.

Gráfica 3
Diagramas de caja y brazos para las 20 ciudades con las
velocidades de vientos de ciclones tropicales más elevadas
 Kilómetros por hora



Nota: Las cajas representan el intervalo intercuartílico de la distribución. La línea en el interior de la caja corresponde a la mediana, el diamante blanco es la media, los brazos simbolizan la amplitud de la distribución sin valores atípicos. Los puntos grises corresponden a los valores extremos.

Fuente: Elaboración del Banco de México con información del NOAA.

4. El efecto de los vientos de ciclones tropicales en los precios de los alimentos

La Gráfica 4 muestra los resultados obtenidos. En ella, los coeficientes estimados representan la elasticidad del precio de los alimentos ante un aumento de 10 km/h en la velocidad máxima de los vientos de ciclones tropicales.⁸ Las bandas identifican intervalos de confianza con un nivel de confiabilidad del 95%. Los resultados sugieren que cuando ocurre un ciclón tropical, un aumento de 10 km/h en la velocidad máxima de sus vientos incrementa el nivel de precios de las mercancías alimenticias en aproximadamente 0.05% de forma inmediata (mes 0) y durante los 3 meses posteriores al impacto. A partir del cuarto mes, el efecto pierde significancia estadística. En los precios de frutas y verduras, los resultados identifican un incremento estadísticamente significativo de 0.1% en el mes posterior al impacto (mes 1). En productos pecuarios, los efectos estimados son positivos, pero no estadísticamente significativos.

La Gráfica 5 muestra el incremento promedio estimado en el nivel de precios de *Alimentos, bebidas y tabaco* y *Frutas y Verduras* que se estima pudo ser causado por los vientos de ciclones tropicales en las regiones de México, de acuerdo con los resultados del modelo. Para el cálculo de este promedio se combinaron los coeficientes estimados en el modelo con las velocidades máximas de viento observadas en cada ciudad de la muestra. Posteriormente los resultados fueron promediados a nivel regional.⁹ El incremento promedio estimado

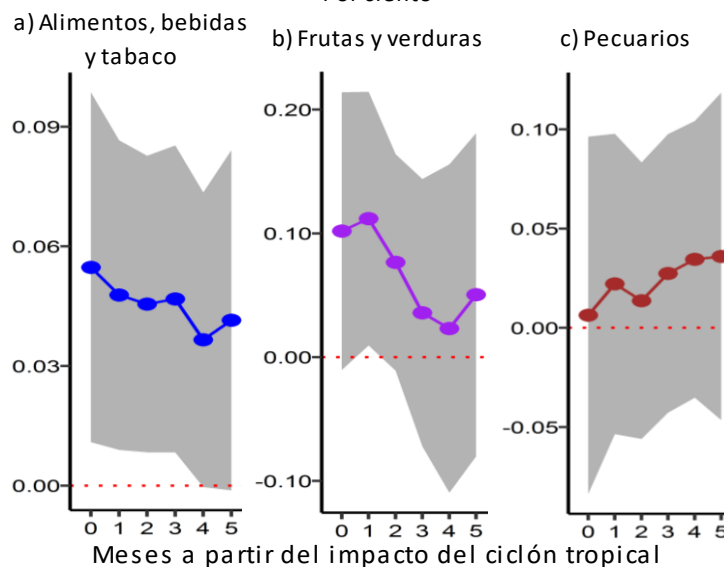
⁸ Debido a que el efecto estimado es lineal, la elasticidad estimada es constante. Es decir, el cambio porcentual en los precios es el mismo cuando la velocidad del viento pasa de 0 a 10 km/h o de 100 a 110 km/h. En ausencia de un ciclón tropical, el efecto de los vientos en los precios es nulo.

⁹ En específico, se evaluó la siguiente expresión para cada observación de la muestra:

$$\ln P_{it} = \sum_{s=0}^S \hat{\beta}_s \text{Viento}_{i,t-s} \quad (2)$$

que se muestra en la Gráfica 5 considera los últimos 5 años del periodo analizado (de 2019 a 2023) y es relativo a un escenario en ausencia de ciclones tropicales. En todas las regiones los incrementos promedio estimados se concentran, principalmente, en los meses que abarca la temporada de ciclones tropicales, de mayo a noviembre. Los mayores efectos promedio estimados se observan en el centro norte. Se estima que en esta región, la ocurrencia de ciclones tropicales entre 2019 y 2023 habría incrementado el nivel de precios de mercancías alimenticias y frutas y verduras en un promedio de 0.29% y 0.20%, respectivamente, durante la temporada de ciclones tropicales. Le sigue en orden de importancia el sur con un incremento promedio estimado de 0.21% y 0.13% en mercancías alimenticias y frutas y verduras, respectivamente, durante la temporada de ciclones tropicales. Estas dos regiones presentan los mayores efectos promedio estimados debido a que, históricamente, son las más propensas a recibir el impacto directo de ciclones tropicales y los vientos con las mayores velocidades. En el centro, los incrementos promedio estimados estarían asociados con vientos de ciclones tropicales que alcanzan a afectar a esta región, si bien no existe un impacto directo. En esta región, el incremento promedio estimado para el periodo 2019-2023 es de 0.19% y 0.12% en mercancías alimenticias y frutas y verduras, respectivamente, durante la temporada de ciclones tropicales. Finalmente, el norte muestra los menores impactos debido, principalmente, a la poca frecuencia con la que esta región es afectada por ciclones tropicales.

Gráfica 4
Elasticidad estimada del precio de los alimentos ante un
aumento de 10km/h en la velocidad máxima de los vientos
 Por ciento



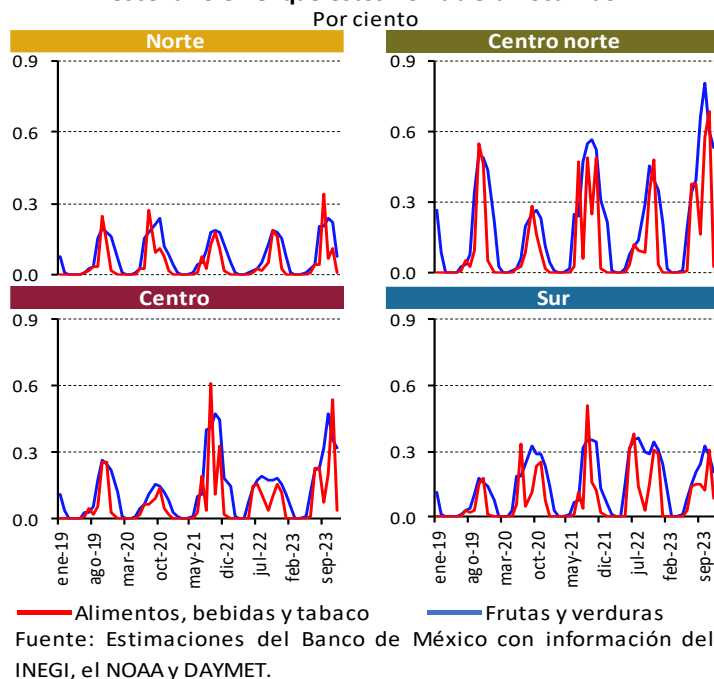
Nota: Las bandas identifican intervalos de confianza con un nivel de confiabilidad de 95%. Errores estándar ajustados por correlación serial y espacial.

Fuente: Estimaciones del Banco de México con información del INEGI, el NOAA y DAYMET.

en donde $\hat{\beta}_s$ corresponde al coeficiente estimado para el rezago s de la variable *Viento*. En el cálculo se utilizaron únicamente los coeficientes estimados con un nivel de significancia estadística de 95%. En *Alimentos, bebidas y tabaco* estos coeficientes corresponden a los rezagos 0 a 3. En *Frutas y verduras* solo se utilizó el coeficiente del primer rezago (ver Gráfica 4). El resultado se promedió a nivel regional utilizando como ponderador la proporción que representa el peso de cada ciudad en el INPC en la suma total de los pesos del INPC de las ciudades ubicadas dentro de la región.

Gráfica 5

Incremento promedio estimado en el nivel de precios de los alimentos causado por los ciclones tropicales respecto de un escenario en el que estos no hubieran ocurrido



5. Consideraciones finales

Los resultados de este Recuadro apuntan a que los vientos de ciclones tropicales tienen el potencial de generar presiones sobre los precios de las mercancías alimenticias y las frutas y verduras en el corto plazo y de forma transitoria. Así, tras el impacto de un ciclón tropical, el restablecimiento de las condiciones de oferta de alimentos en las zonas afectadas podría contribuir a mitigar el incremento de sus precios. En el contexto del calentamiento global, además de los ciclones tropicales, otros eventos climáticos extremos como ondas de calor y sequías podrían incrementar su importancia como un riesgo de presiones en los precios de productos alimenticios.¹⁰ Hacia adelante, las medidas de adaptación podrían tener un rol cada vez más relevante en la mitigación de los efectos de estos eventos climáticos extremos.

6. Referencias

- Knapp, K. R., H. J. Diamond, J. P. Kossin, M. C. Kruk y C. J. Schreck. 2018. “International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) project, version 4”. NOAA National Centers for Environmental Information. doi:10.25921/82ty-9e16
- Thornton, M.M., R. Shrestha, Y. Wei, P.E. Thornton, S-C. Kao, y B.E. Wilson. 2022. “Daymet: monthly climate summaries on a 1-km grid for North America, Version 4 R1”. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Willoughby, H.E., R.W.R. Darling y M.E. Rahn. 2006. “Parametric representation of the primary hurricane vortex. Part II: A new family of sectionally continuous profiles”. *Monthly Weather Review* 134 (4): 1102–1120.

¹⁰ Al respecto, existe literatura en la que se documenta una relación entre cambio climático y la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales, si bien aún se trata de un tema en debate. Los datos que se utilizaron en este Recuadro sugieren que la frecuencia de los ciclones tropicales que afectaron a México se incrementó en el tiempo al pasar de un promedio de 5 por año en 2001-2010 a 7 por año en 2014-2023.