

El Clima Pasado y Futuro de Indiana:

Un Informe de la Evaluación de Impacto del Cambio Climático de Indiana

purdue.ag/climatereport

Evaluación de los impactos del cambio climático de Indiana

EL CLIMA DE INDIANA ESTÁ CAMBIANDO

Las temperaturas están aumentando, caen más precipitaciones y las últimas heladas primaverales del año se adelantan cada vez más.

Los datos, que en algunos casos se remontan a 1895, muestran tendencias claras y no hay señales de que se detengan o retrocedan. En algunos casos, estas han sido progresiones lentas. Pero la velocidad con la que estos cambios ocurren ha aumentado significativamente en las últimas décadas.

Las proyecciones muestran que el ritmo se está acelerando a medida que gases de invernadero, producidos por humanos quemando fósiles combustibles, continúan acumulándose en la atmósfera. Indiana seguirá calentándose, caerán más precipitaciones y los días extremadamente calurosos serán comunes en muchas partes del estado. Estos patrones climáticos cambiantes nos afectan individualmente y afectan muchos aspectos de nuestra sociedad, incluyendo la salud humana, la infraestructura pública, los recursos hídricos, la agricultura, los usos de energía, los entornos urbanos y los ecosistemas.

Este informe de la Evaluación de Impacto de Cambio Climático de Indiana (IN CCIA) describe tendencias climáticas históricas a partir de más de un siglo de datos y proyecciones futuras que detallan las formas en que nuestro clima continuará a cambiar.

Conclusiones importantes, que se detallarán más adelante en este informe, incluyen:

- **Hallazgo clave:** Indiana ya se ha calentado 1.2°F desde 1895. Se prevé que las temperaturas aumenten alrededor de 5°F a 6°F para mediados del siglo¹, con un calentamiento significativamente mayor para el fin del siglo.
- **Importancia:** Un incremento de la temperatura media aumenta la posibilidad de calor extremo y reduce la posibilidad de frío extremo, y también cambia el tiempo y la duración de la estación libre de heladas cuando las plantas crecen. Estos cambios afectarán la calidad del aire, extenderán la temporada de crecimiento y la temporada de alergias y crearán condiciones favorables para algunas plagas y especies invasoras

- **Hallazgo clave:** El número de días extremadamente calurosos² aumentará significativamente en todas las zonas del estado. En el pasado³, el sur de Indiana tenía un promedio de siete de estos días por año, pero se prevé que para mediados de siglo esta región experimente entre 38 y 51 días extremadamente calurosos por año.
- **Importancia:** El calor extremo aumenta la probabilidad de enfermedades relacionadas con el calor, como agotamiento por calor e insolación, lo que puede provocar mayores hospitalizaciones y costos médicos. Los niños y los ancianos son especialmente vulnerables. El calor extremo también reduce el rendimiento de los cultivos, contrarrestando los beneficios de una temporada de crecimiento más larga.
- **Hallazgo clave:** Los eventos de frío extremo están disminuyendo. A mediados de siglo, el tercio norte de Indiana experimentará en promedio sólo seis días al año por debajo de los 5°F, frente a los 13 días del pasado.
- **Importancia:** Las temperaturas frías controlan las poblaciones de insectos portadores de enfermedades, como mosquitos y garrapatas, así como las plagas forestales. Los inviernos más cálidos permitirían que algunas de estas especies permanecieran activas durante períodos más prolongados o amplíen su distribución en Indiana.
- **Hallazgo clave:** La precipitación media anual ha aumentado 5.6 pulgadas desde 1895 y está cayendo más lluvia en forma de fuertes aguaceros. Es probable que los inviernos y las primaveras sean mucho más húmedos hacia mediados de siglo, mientras que los cambios esperados en las precipitaciones de verano y otoño son menos seguros.
- **Importancia:** El aumento de las precipitaciones, especialmente en forma de fuertes lluvias, aumentará los riesgos de inundaciones y contaminará el agua a medida que los sistemas combinados de alcantarillado se desborden y los fertilizantes se escurran de los campos agrícolas. Veranos más cálidos con la misma o menos lluvia aumentarían la presión sobre los cultivos agrícolas y el suministro de agua potable.
- **Hallazgo clave:** La temporada sin heladas se ha prolongado nueve días al año en todo el estado

desde 1895. Se prevé que esta tendencia continúe y se intensifique. Para mediados de siglo, se prevé que la temporada sin heladas en el centro de Indiana aumente entre 3.5 y 4.5 semanas en comparación con el pasado³.

- **Importancia:** Temporadas de crecimiento más largas pueden aumentar la productividad de los cultivos alimentarios y los bosques, y podrían ampliar las oportunidades de producción de cultivos en las latitudes septentrionales o la posibilidad de doble cultivo más al sur. Pero también aumentan el crecimiento de plantas menos deseables como la ambrosía y crean condiciones favorables para algunas especies invasoras.

LOS DATOS

Este informe se basa principalmente en dos documentos desarrollados por el Grupo de Trabajo sobre el Clima de IN CCIA. Las tendencias históricas abarcan el período 1895 a 2016, dependiendo de la variable específica. Vea Widhalm et al. (2018) para más detalles sobre el análisis histórico.

Las proyecciones climáticas futuras presentadas aquí se basan en promedios de 10 modelos climáticos globales, cuyos resultados consideramos los más probables para un escenario de emisiones determinado. Las proyecciones de esos modelos estiman patrones climáticos promedio durante tres períodos de 30 años centrados en las décadas de 2020 (2011 a 2040), 2050 (2041 a 2070) y 2080 (2071 a 2100). En este informe, "mediados de siglo" se refiere al período de 30 años centrado en 2050 y "finales de siglo" se refiere al período de 30 años centrado en 2080.

Se consideran dos escenarios futuros de emisiones de gases de efecto invernadero – "medios" y "altos". Estos escenarios siguen las Rutas de Concentración Representativas (RCP) 4.5 y 8.5⁴, respectivamente, que se han utilizado para desarrollar muchas proyecciones anteriores resumidas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Vea Hamlet et al. (2019) y Byun y Hamlet (2018) para obtener más detalles sobre el análisis climático futuro.

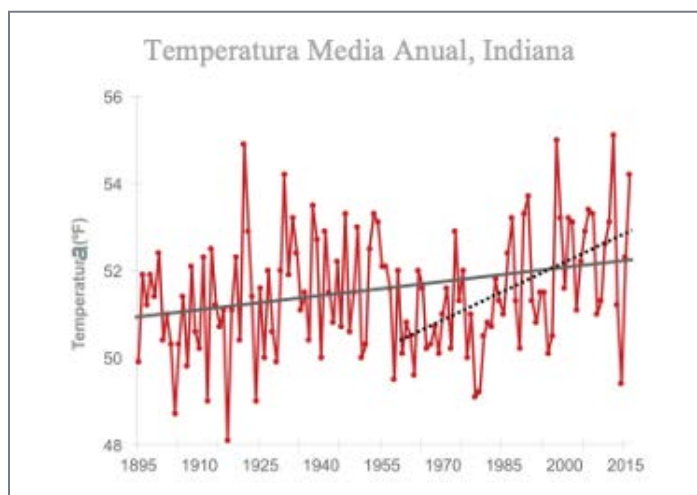
Al interpretar los datos de este informe, es importante tener en cuenta que es posible una variedad de climas futuros para nuestro estado, dependiendo no solo de la tasa futura de emisiones de gases de efecto invernadero, sino también de cómo responde el sistema climático a esas emisiones – no sólo en las compilaciones de ecuaciones matemáticas conocidas como modelos climáticos, sino en la realidad. Describimos algunas de las técnicas y suposiciones que se incluyen en las proyecciones de este informe en la página 11.

Al utilizar este informe o cualquier conjunto de proyecciones de modelos climáticos para planificar el futuro, el lector puede otorgar mayor importancia a los resultados proyectados por la mayoría o todos los modelos (como el aumento de las temperaturas proyectadas en este informe). Cuando diferentes modelos climáticos dan proyecciones bastante diferentes para una variable (como las precipitaciones de otoño en este informe), se debe tener más precaución. Planificar ahora para una variedad de posibles climas futuros será mucho menos riesgoso que contar con un resultado en particular.

TEMPERATURAS

Desde 1895, la temperatura promedio anual en todo el estado de Indiana ha aumentado 1.2°F, o alrededor de 0.1°F por década. Cuando se habla del tiempo (condiciones climáticas en un momento o día en particular), uno o dos grados de cambio pueden ocurrir rápidamente. Sin embargo, en el caso del clima (los patrones climáticos promedio a largo plazo durante muchas décadas), unos pocos grados de cambio en estos promedios se traducen en impactos locales graves.

Si bien la temperatura de Indiana ha aumentado durante el último siglo, gran parte de ese aumento se ha producido desde la década de 1960 y ya ha dado lugar a primaveras mucho más tempranas que las que experimentó el estado hace un siglo.



Arriba: La temperatura promedio anual a nivel estatal para Indiana desde 1895 hasta 2016 se muestra en rojo. La línea sólida negra muestra la tendencia creciente de la temperatura anual (0.1°F/década) para el período de 1895 a 2016. La línea de puntos negra muestra la tendencia de la temperatura desde 1960 (0.4°F/década). Fuente: Base de datos de un vistazo al clima de la NOAA.

El mayor aumento de temperatura ha sido en la primavera, donde la temperatura promedio ha aumentado 0.2°F por década (1895 a 2016). El invierno y el otoño se han calentado aproximadamente la mitad de eso. No ha habido cambios en la temperatura media del verano de 1895 a 2016⁵.

La tendencia de calentamiento se ha acelerado en las últimas décadas. Desde 1960, la temperatura media anual ha aumentado 0.4°F por década, identificándose tendencias de calentamiento en las cuatro estaciones. Este reciente aumento de temperatura ha sido mayor en invierno, con 0.7°F por década.

Las tendencias de las temperaturas máximas y mínimas diarias, promediadas a lo largo del año, son similares a las de las temperaturas medias diarias.

La temperatura media global está experimentando aumentos similares. De 1945 a 1979, no se establecieron récords de temperatura promedio global más caliente. Desde entonces, se han producido temperaturas récord 12 veces, y en 2014, 2015 y 2016 se batieron récords. La

¿POR QUÉ SE UTILIZA LA TEMPERATURA PROMEDIO?

Los científicos consideran la temperatura media anual como un indicador general del estado del clima. ¿Por qué? Porque cuando se combinan las medidas de temperatura de muchos lugares a lo largo de un año, los valores no fluctúan tanto de un año a otro. Esto facilita la identificación de años extremos y la detección de tendencias a corto y largo plazo.

Para Indiana, la temperatura anual de un año puede ser un grado más cálida o más fría que el promedio a largo plazo. Cuando empezamos a desviarnos 2 o 3 grados de este promedio, se convierte en récord. Las proyecciones futuras indican que la temperatura promedio de nuestro estado aumentará mucho más de lo que hemos visto en el pasado, lo que explica por qué unos pocos grados de cambio son motivo de preocupación.

Los Diez Años Más Cálidos de Indiana		
AÑO	RANGO	Grados Por Encima del Promedio*
2012	1	3.8°F
1998	2	3.7°F
1921	3	3.6°F
1931	4 (empate)	2.9°F
2016	4 (empate)	2.9°F
2017	6	2.7°F
1991	7	2.4°F
1938	8	2.2°F
2006	9	2.1°F
1946	10	2.0°F

Los Diez Años Más Fríos de Indiana		
AÑO	RANGO	Grados Por Encima del Promedio*
1917	1	3.2°F
1904	2	-2.6°F
1912	3 (empate)	-2.3°F
1924	3 (empate)	-2.3°F
1978	3 (empate)	-2.3°F
1979	6	-2.1°F
1958	7 (empate)	-1.9°F
2014	7 (empate)	-1.9°F
1963	9	-1.7°F
1907	10	-1.5°F

Fuente: Panorama climático de la NOAA

*1901-2020

Fuente: Panorama climático de la NOAA

*1901-2020

temperatura media mundial de 2017 ocupó el tercer lugar entre las más cálidas⁶, y ese año marcó el 41° consecutivo con temperaturas superiores a la media. Si el clima no se estuviera calentando, la probabilidad de tener aleatoriamente 41 años seguidos superiores al promedio sería menos de una entre un billón.

Las tendencias de calentamiento medidas en las últimas décadas en Indiana continuarán y se intensificarán en las próximas décadas.

Tendencias de Temperatura en Indiana (1895 a 2016)

Variable	Winter	Spring	Summer	Fall	Annual
Tmax	0.1°F	0.1°F	- 1°F	0°F	0°F
Tavg	0.1°F	0.2°F	0°F	0.1°F	0.1°F
Tmin	0.2°F	0.2°F	0.1°F	0.1°F	0.2°F

Unidades = °F por década

Tendencias de Temperatura en Indiana (1960 a 2016)

Variable	Winter	Spring	Summer	Fall	Annual
Tmax	0.5°F	0.6°F	0.1°F	0.2°F	0.3°F
Tavg	0.7°F	0.5°F	0.3°F	0.2°F	0.4°F
Tmin	0.8°F	0.5°F	0.5°F	0.3°F	0.5°F

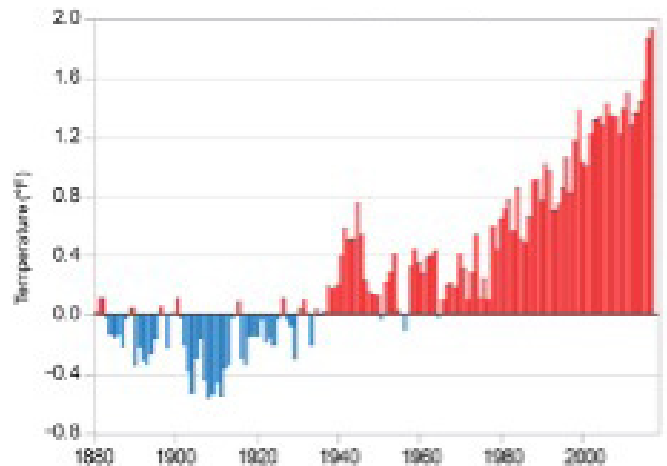
Unidades = °F por década

Arriba: Tendencias de temperatura anuales y estacionales para Indiana de 1895 a 2016 (arriba) y de 1960 a 2016 (abajo). Ambas tablas muestran la temperatura máxima (Tmax), la temperatura media (Tmed) y la temperatura mínima (Tmin). Fuente: Base de datos de un vistazo al clima de la NOAA.

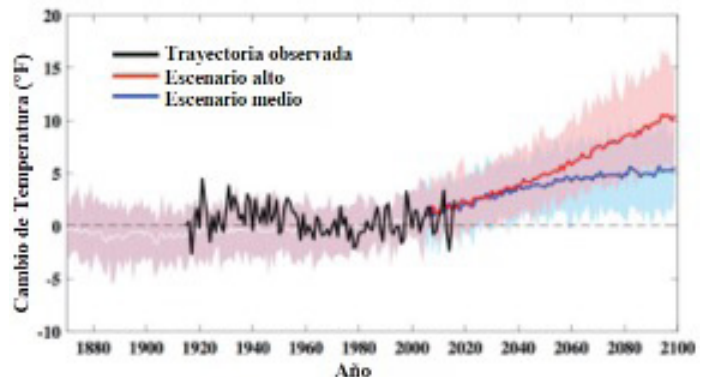
En los escenarios de emisiones medias y altas, en relación con el pasado reciente⁷, se proyecta que la temperatura promedio anual de Indiana aumentará aproximadamente 3°F para la década de 2020. A mediados de siglo, las temperaturas aumentan alrededor de 5°F en el escenario medio y alrededor de 6°F en el escenario alto. A finales de siglo, la temperatura promedio anual del estado alcanza aproximadamente 6°F y 10°F por encima del promedio histórico⁷, respectivamente, en esos escenarios. Este aumento se proyecta que será similar en todas las estaciones, aunque algunos modelos sugieren que el calentamiento será mayor en verano y otoño a finales de siglo.

Temperatura Global Promedio

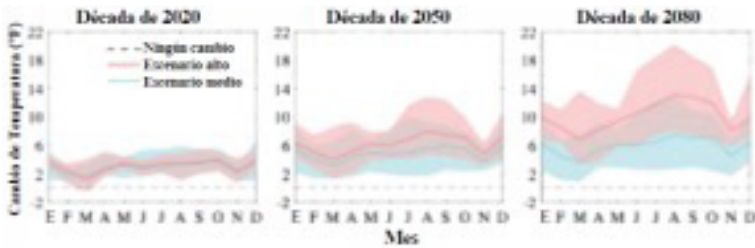
Distancia del promedio a largo plazo



Arriba: Diferencia en la temperatura promedio global (incluyendo las superficies terrestres y oceánicas) del promedio a largo plazo para cada año desde 1880 hasta 2016. El promedio a largo plazo se basa en el período de referencia histórico de 1901 a 1960. Las barras rojas muestran temperaturas más cálidas que el promedio y las barras azules muestran temperaturas más frías que el promedio. Fuente: USGCRP 2017.



Arriba: Trayectoria del cambio de temperatura media anual para Indiana. El período de referencia histórico es de 1971 a 2000. La línea negra gruesa muestra la temperatura anual de Indiana a partir de observaciones históricas (1915 a 2013). Cada área sombreada representa el 95 por ciento de las proyecciones del modelo climático. Se omiten las proyecciones más extremas y las líneas de colores muestran la proyección promedio de los 31 modelos restantes. Fuente: Byun y Hamlet 2018.



Arriba: Cambios proyectados en la temperatura promedio mensual de Indiana para las décadas 2020 (2011-2040), 2050 (2041-2070) y 2080 (2071-2100), en relación con una base histórica de 1971 a 2000. Las líneas continuas roja y azul muestran el promedio de 10 modelos para los escenarios de emisiones altas y medias, respectivamente. Las áreas sombreadas muestran la variedad de resultados en los 10 modelos climáticos. Fuente: Hamlet et al. (2019).

Esos aumentos de temperatura añadirían presión sobre cultivos como el maíz, la soja y el trigo, y podrían reducir el rendimiento de los cultivos. La producción de ozono a nivel del suelo, un componente importante del smog, aumenta con la temperatura. Esta disminución de la calidad del aire representaría una amenaza para quienes padecen asma u otras enfermedades relacionadas con los pulmones, aumentando las visitas al hospital, los costos médicos y las muertes prematuras⁸, además de dañar los cultivos.

El aumento de las temperaturas ya ha provocado una temporada de crecimiento más larga. La temporada libre de heladas de Indiana, en la que la temperatura se mantiene continuamente por encima de los 32°F, se ha extendido en un promedio de nueve días más que en 1915. Ocho de ellos llegaron en primavera y uno en otoño.

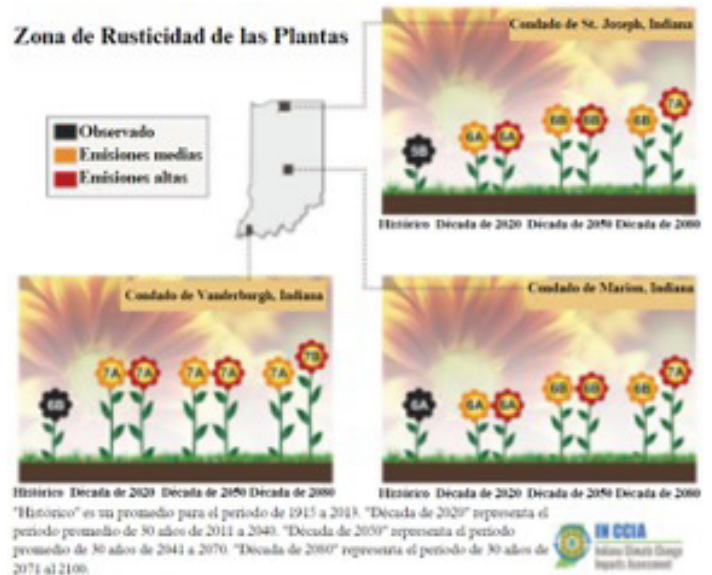
Se espera que esta tendencia se acelere a medida que el aumento de las temperaturas alargue significativamente la temporada de crecimiento en todo el estado. Históricamente³, el centro de Indiana ha tenido un promedio de 175 días consecutivos sin heladas por año. Se proyecta que la región tendrá 202 en el escenario medio y 208 en el escenario alto para mediados de siglo. Es posible que en algunos lugares se duplique la cosecha o que en las latitudes del norte se pueda producir una variedad más amplia de cultivos. Además, más días consecutivos sin heladas extenderían la temporada de alergias, que sigue de cerca la duración de la temporada de crecimiento. Muchas aves que migran según la temperatura o la luz del día dependen de los granos caídos en los campos agrícolas durante las migraciones. A medida que las fechas de cosecha se retrasen, aquellas especies que continúan migrando en el mismo periodo podrían estar en desventaja porque esa fuente de alimento ya no estaría disponible para ellas.

El aumento de las temperaturas en los meses de invierno también afecta los tipos de plantas que pueden prosperar en Indiana. Según las zonas de rusticidad de las plantas del USDA, que se derivan del promedio de temperaturas mínimas extremas en invierno, bajo el escenario de altas emisiones, para finales de siglo el extremo sur de Indiana imitaría el de la rusticidad de las plantas del norte de Alabama actual (zona 7b).

Temporada de Crecimiento de Indiana

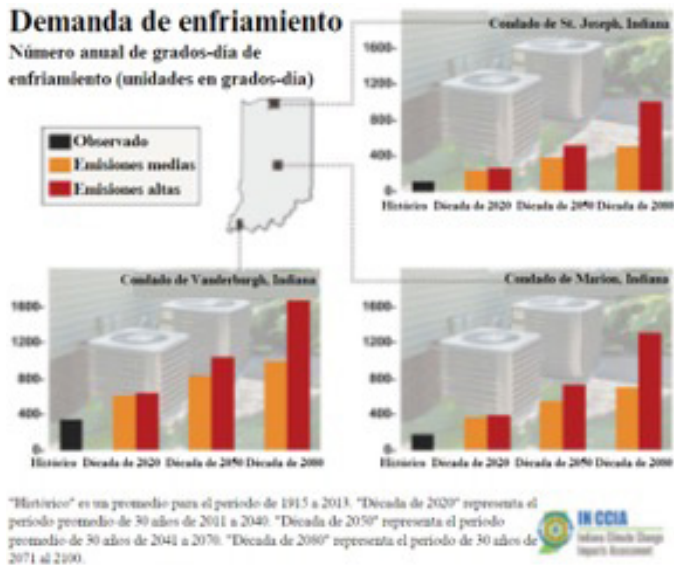


Arriba: Duración de la temporada de crecimiento y fechas promedio de primera y última helada para el norte, centro y sur de Indiana. "Histórico" es el promedio del período 1915 a 2013. Para proyecciones futuras, "década de 2050" representa el promedio del período de 30 años entre 2041 y 2070 para el escenario de altas emisiones. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).



Arriba: Zonas de rusticidad de las plantas del USDA para tres condados de Indiana. "Histórico" es un promedio para el período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, "década de 2020" representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, "década de 2050" representa el promedio de 2041 a 2070, y "década de 2080" representa el promedio de 2071 a 2100. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

Se proyecta que los cambios en el clima de Indiana alterarán la cantidad de energía que los habitantes necesitarán para calentar y enfriar sus hogares y negocios. Las necesidades anuales de calefacción generalmente se miden en “grados-día de calefacción”, mientras que la demanda de enfriamiento se mide en “grados-día de enfriamiento”⁹. Los datos históricos no muestran una tendencia detectable en el promedio estatal de grados-día de calefacción o grados-día de enfriamiento por año desde el período 1950 a 2016, pero a medida que las temperaturas aumenten en todas las estaciones a mediados y finales de siglo, las demandas de calefacción y refrigeración cambiarán.

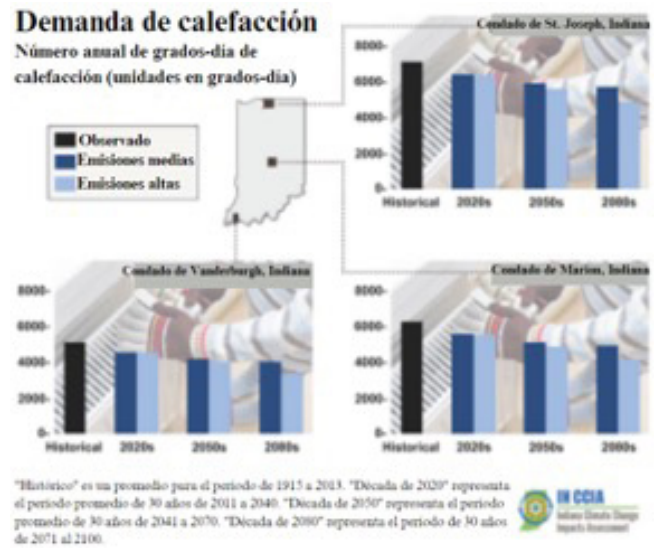


Arriba: Grados-día de enfriamiento por año para tres condados representativos de Indiana. “Histórico” es un promedio para el período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, “década de 2020” representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, “década de 2050” representa el promedio de 2041 a 2070, y “década de 2080” representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

En el escenario de altas emisiones, el incremento de las temperaturas provocará un aumento de aproximadamente cuatro veces los grados-día de enfriamiento para la década de 2080 en comparación con el siglo pasado. Se prevé que los grados-día de calefacción disminuyan aproximadamente un 30 por ciento. A finales de este siglo, la gente del norte de Indiana hará funcionar sus calentadores tan sólo como lo hacía históricamente la gente del sur de Indiana. Al mismo tiempo, sin embargo, se espera que estos habitantes del norte utilicen sus aires acondicionados con mucha más frecuencia que los del sur históricamente.

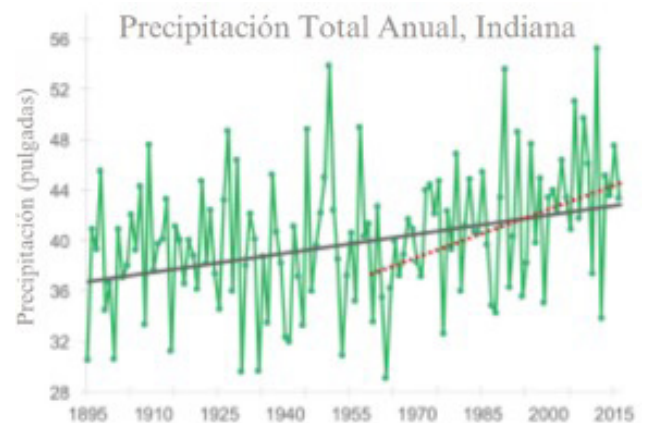
PRECIPITACIÓN

Desde 1895, la precipitación media anual en Indiana ha aumentado aproximadamente un 15%, o aproximadamente 5.6 pulgadas, según una tendencia lineal. Se prevé que esta tendencia continúe, aunque el tipo de precipitación y el momento en que cae están cambiando y seguirán haciéndolo.



Arriba: Grados-día de calefacción por año para tres condados representativos de Indiana. “Histórico” es un promedio para el período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, “década de 2020” representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, “década de 2050” representa el promedio de 2041 a 2070, y “década de 2080” representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

De 1895 a 1959, el estado ganó 0.32 pulgadas de precipitación por década. Desde entonces, la tasa de cambio de precipitación ha aumentado a 1.33 pulgadas adicionales por década, un aumento cuatro veces mayor. Este aumento ocurre en todas las estaciones, aunque la primavera (0.13 pulgadas por década) y el verano (0.19 pulgadas por década) han aumentado a un ritmo más rápido que el otoño (0.11 pulgadas por década) y el invierno (0.03 pulgadas por década) durante el período de 1895 a 2016.



Arriba: Precipitación total anual en todo el estado de Indiana de 1895 a 2016. La línea continua negra muestra la tendencia creciente en la precipitación anual (0.46"/década) para el período de 1895 a 2016. La línea de puntos roja muestra la tendencia de precipitación desde 1960 (1.33"/década). Fuente: Base de datos de un vistazo al clima de la NOAA.

Si bien las precipitaciones aumentaron en todo el estado entre 1895 y 2016, algunos lugares han experimentado aumentos mayores que otros. Las regiones sur y centro-oeste del estado observaron los mayores aumentos, mientras que las regiones centro-este y noreste observaron los menores. Los aumentos de primavera y otoño fueron menores en el norte y mayores en el sur. Lo contrario ocurrió en verano, cuando los aumentos fueron mayores en el norte y el oeste.

En ambos escenarios de emisiones futuras, se prevé que las precipitaciones anuales aumenten. A mediados de siglo, Indiana verá entre un 6 y un 8 por ciento más de lluvia que el promedio en el pasado reciente⁷, según el escenario.

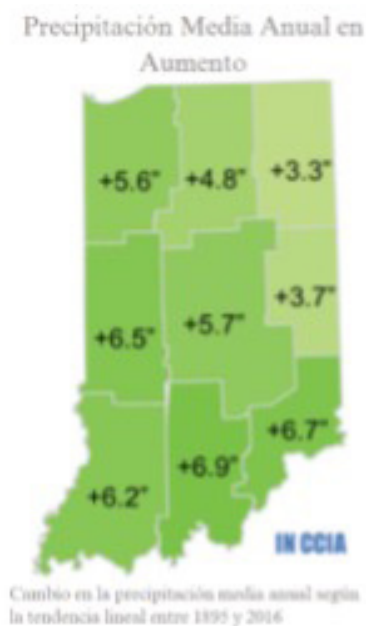
Sin embargo, el aumento de las precipitaciones no caerá de manera uniforme durante todo el año.

Los diez modelos climáticos dan proyecciones similares para las precipitaciones durante algunas estaciones, pero no durante otras. Durante los meses de invierno y

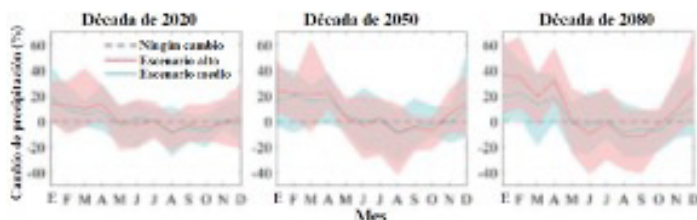
primavera, casi todos los modelos climáticos sugieren un aumento de las precipitaciones en los tres períodos futuros, con mayores aumentos a lo largo del tiempo en ambos escenarios de emisiones. Sin embargo, hay menos certeza sobre la dirección y magnitud del cambio en los meses de verano y otoño. En relación con el pasado reciente⁷, el promedio de todos los modelos climáticos muestra poco o ningún cambio en las precipitaciones en verano y otoño durante la década de 2020, aunque modelos individuales muestran aumentos o disminuciones. A mediados de siglo, más modelos climáticos apuntan a condiciones secas, pero el cambio promedio en relación con el pasado reciente⁷ sigue siendo mínimo (una disminución del 2 al 3 por ciento). A finales de siglo, en el escenario de altas emisiones, se proyecta que las precipitaciones de verano disminuirán en casi un 8 por ciento, y las precipitaciones de otoño disminuirán en aproximadamente un 2 por ciento.

A medida que el clima se calienta, la lluvia reemplazará gran parte de la nieve en la estación fría, de noviembre a marzo. En el sur de Indiana, habrá pocas nevadas a finales de siglo en ambos escenarios de emisiones. En el norte, las nevadas se reducirán considerablemente en comparación con el pasado³. Los casos de más de 2 pulgadas de nieve serán bastante raros en el sur de Indiana para la década de 2080 en el escenario de altas emisiones. En todo el estado, y en ambos escenarios, los eventos de nieve de más de 2 pulgadas ocurrirán aproximadamente con la mitad de frecuencia para finales de siglo.

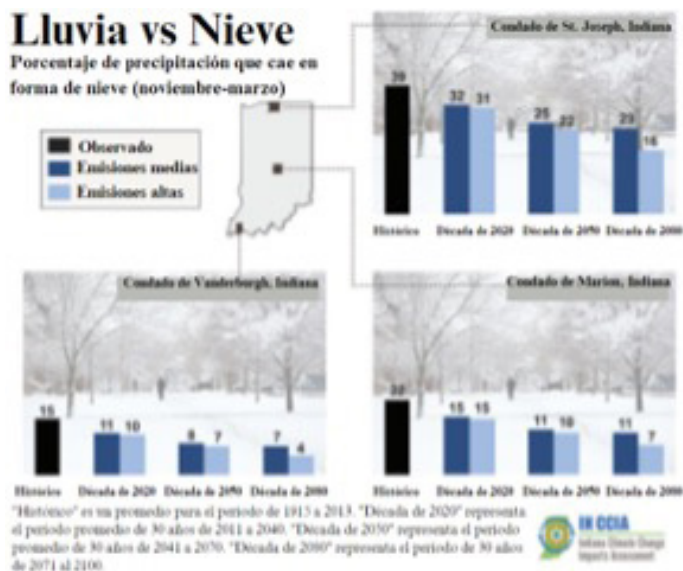
Menos días de nieve ahorrarán a los municipios y al estado dinero utilizado para quitar la nieve y poner sal en las carreteras. Se espera que los residentes ahorren



Arriba: Aumento de la precipitación anual para las nueve divisiones climáticas de Indiana, según una tendencia lineal, de 1895 a 2016. Fuente: Base de datos de un vistazo al clima de la NOAA.



Arriba: Cambios proyectados en la precipitación promedio mensual en Indiana para las décadas de 2020 (2011-2040), 2050 (2041-2070) y 2080 (2071-2100), en relación con una base histórica de 1971 a 2000. Las líneas continuas roja y azul muestran el promedio de 10 modelos para los escenarios de emisiones altas y medias, respectivamente. Las áreas sombreadas muestran el rango correspondiente de resultados en los 10 modelos climáticos. Fuente: Hamlet et al. (2019).

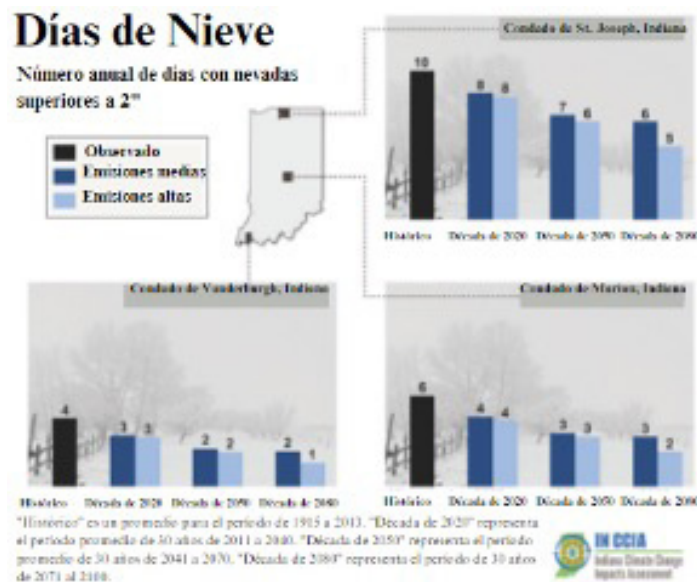


Arriba: Porcentaje de precipitaciones de la estación fría que caen en forma de nieve en tres condados de Indiana. Un valor de 100 significaría que toda la precipitación de noviembre a marzo cayó en forma de nieve, mientras que un valor de 0 significaría que ninguna precipitación fue nieve. "Histórico" es el promedio del período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, "década de 2020" representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, "década de 2050" representa el promedio de 2041 a 2070, y "década de 2080" representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y períodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

tiempo y recursos utilizados para la remoción de nieve personalmente.

Pero los inviernos y primaveras más húmedos aumentarían el riesgo de inundaciones. El aumento de las precipitaciones en forma de lluvia en el invierno, cuando los campos están en barbecho, podría arroyar fertilizantes y sedimentos de los campos agrícolas, degradando la calidad del agua río abajo y reduciendo el rendimiento de los cultivos en la siguiente temporada de crecimiento. Los desbordamientos del sistema de alcantarillado, un problema existente para muchas comunidades del estado durante eventos de lluvia intensa, podrían ocurrir con mayor frecuencia, arrojando aguas residuales a los cursos de agua locales. El aumento de las precipitaciones en primavera también puede dificultar la siembra agrícola temprana, ya que los campos podrían estar demasiado embarrados para que entre maquinaria agrícola pesada. Las proyecciones de precipitación de verano varían entre los modelos, pero la proyección promedio de precipitación reducida aumentaría el riesgo de estrés hídrico en los cultivos, especialmente cuando se combina con temperaturas más altas.

La humedad de la estación cálida (mayo a septiembre) ha aumentado en todo el estado. De 1973 a 2016, la temperatura promedio del punto de rocío aumentó lentamente en algunos lugares (0.18°F por década en South Bend y 0.22°F por década en Indianápolis) y más rápidamente en otros: 0.73°F por década en Fort Wayne, 0.62°F por década en Lafayette y 0.59°F por década en Evansville.



Arriba: Número de días al año con más de 2 pulgadas de nieve en tres condados de Indiana. "Histórico" es el promedio del período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, "década de 2020" representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, "década de 2050" representa el promedio de 2041 a 2070, y "década de 2080" representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

Los altos niveles de humedad atmosférica pueden hacer que las temperaturas se sientan más altas, según lo medido por el índice de calor, que se calcula utilizando la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío. A pesar del aumento de las temperaturas del punto de rocío, el número de días con un índice de calor especialmente alto (aquellos que se encuentran en el 5 por ciento superior de las temperaturas del índice de calor) no muestra una tendencia significativa entre 1973 y 2016. Eso sugiere que no siempre ocurrieron días con temperaturas de punto de rocío altas en días con altas temperaturas del aire. Durante la década de 1990, la frecuencia de los días con un índice de calor alto disminuyó en comparación con el período de 1973 a 1989 antes de regresar a niveles históricos de 2000 a 2016.

El "Folleto Climático Americano: Riesgos Económicos en Estados Unidos,"¹⁰ un informe del 2014 de Grupo Rhodium proyecta una expansión del clima cálido y húmedo en todo el país en las próximas décadas. El grupo desarrolló un índice de riesgo de insolación utilizando la temperatura de bulbo húmedo, que combina la temperatura del aire y la humedad. El informe predice que para mediados de siglo (2040 a 2059) gran parte del Medio Oeste, incluyendo Indiana, experimentará temperaturas de bulbo húmedo de 80°F a 86°F durante 10 a 30 días cada año, en comparación con 1 a 10 días por año en el periodo histórico (1981 a 2010). Estas condiciones se consideran peligrosas y muy parecidas a los meses de verano más calurosos en las partes más húmedas de Texas y Luisiana o a los días de verano más húmedos en Washington, D.C. y Chicago en la actualidad.

EVENTOS EXTREMOS

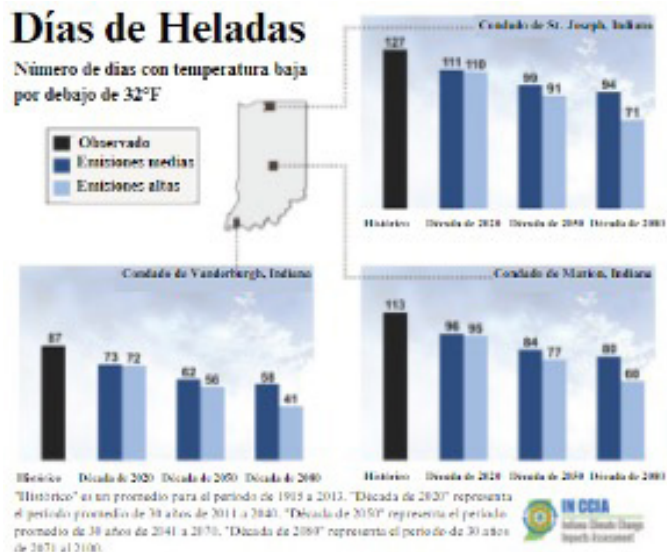
El cambio climático ya es un factor sospechoso en una serie de fenómenos extremos, desde huracanes en el Atlántico hasta sequías y los consiguientes incendios forestales en el oeste. En Indiana, el cambio climático afectará principalmente a las temperaturas extremas, las precipitaciones extremas que afectan las aguas pluviales y los caudales máximos anuales que determinan las inundaciones de los ríos.

Como era de esperarse con el aumento de las temperaturas, Indiana ha experimentado recientemente una tendencia a la baja en los eventos de frío extremo. Si analizamos todo el período de registro de 1915 a 2013, no hubo ninguna tendencia detectable en los días fríos (definidos como días por año en los que la temperatura mínima diaria es inferior a 5°F) o en los días de heladas, cuando la temperatura mínima diaria es inferior a 32 °F. Estas tendencias reflejan las condiciones extremadamente cálidas de las décadas de 1930 y 1940. Pero en el período más reciente, de 1960 a 2016, el número promedio de días fríos y de heladas disminuyó, por nueve y ocho días al año, respectivamente.

Tanto en escenarios de emisiones medias como altas, los días fríos y los días con heladas disminuyen constantemente a lo largo del siglo XXI. En el escenario medio, el norte de Indiana pasará de unos 15 días fríos al año en el pasado³ a unos seis en la década de 2080. En el

escenario alto, a finales de siglo habrá en promedio sólo tres días fríos al año en la parte norte del estado.

Se espera que la temperatura promedio más baja del año aumente en todo el estado y en cantidades similares de norte a sur. Se prevé que estas temperaturas, que suelen ser la noche más fría del invierno en un lugar determinado, aumentarán alrededor de 6°F para mediados de siglo en comparación con el promedio del último siglo³, tanto en



Arriba: Días de heladas por año en tres condados representativos de Indiana. Un día helado ocurre cuando la temperatura mínima diaria es inferior a 32°F. "Histórico" es el promedio del período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, "década de 2020" representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, "década de 2050" representa el promedio de 2041 a 2070, y "década de 2080" representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y períodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

el escenario de emisiones medias como en el de altas. Esto pone a Indiana en riesgo de sufrir algunas especies invasoras y plagas de insectos que históricamente no sobrevivirían a las temperaturas invernales más frías de Indiana.

Aunque las temperaturas promedio de Indiana han aumentado con el tiempo, el número promedio de días extremadamente calurosos por año disminuyó de 1915 a 2013. Esta disminución fue impulsada en gran medida por las temperaturas extremadamente altas que ocurrieron con alta frecuencia durante los años de sequía de la década de 1930, que distorsionan el récord. Durante lo peor del calor, tanto en 1933 como en 1934 hubo más de 20 días al año con temperaturas promedio en todo el estado que excedieron los 95°F. A modo de comparación, el número promedio de días extremadamente calurosos en todo el estado en el pasado reciente⁷ fue solo dos por año, aunque este número varía en todo el estado, con más días extremadamente calurosos en el sur que en otras áreas. No ha habido cambios en el número de días extremadamente calurosos por año entre 1960 y 2013. Esto corresponde a las tendencias observadas estacionalmente, en las que las temperaturas de verano han sido bastante estables mientras que en las otras estaciones las temperaturas han aumentado.



EL CAMBIO CLIMÁTICO YA HA AFECTADO SIGNIFICATIVAMENTE A LA ECONOMÍA ESTADOUNIDENSE

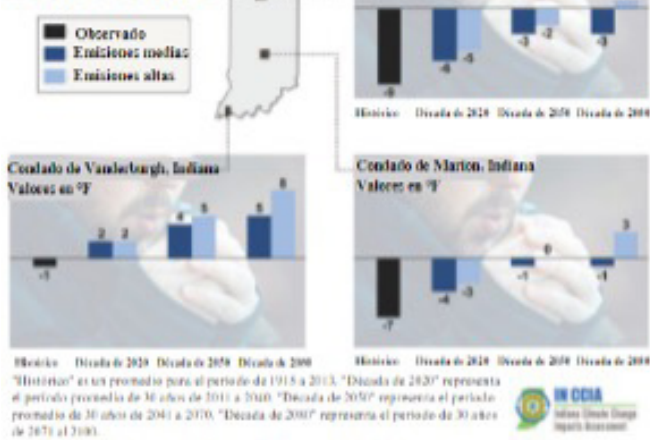
Fenómenos meteorológicos extremos e incendios le han costado al gobierno federal de EE. UU. más de \$350 mil millones durante la última década (excluyendo los costos relacionados con los huracanes Harvey, Irma y María en 2017). La Oficina de Responsabilidad Gubernamental de EE. UU. dijo en un informe de 2017 que es probable que los costos aumenten a medida que nuestro clima cambie. Para mediados de siglo, los costos federales de limpieza de desastres podrían casi duplicarse, aumentando entre \$12 mil millones y \$35 mil millones por año.

Un informe de la Casa Blanca sobre la amenaza de la contaminación por carbono en Indiana señala el año 2011, cuando 11 de los 14 desastres relacionados con el clima que costaron más de mil millones de dólares en Estados Unidos ocurrieron en el Medio Oeste. En 2008, las inundaciones mataron a 24 personas y costaron \$8 mil millones en pérdidas agrícolas. Se espera que esas cifras aumenten a medida que la región experimente olas de calor, inundaciones y nieve con efecto de lago más frecuentes y extremas debido al cambio climático.

Las fuertes lluvias provocan 60 descargas combinadas de alcantarillado cada año en Indianápolis, enviando 8 mil millones de galones de aguas residuales sin tratar al río Blanco y sus afluentes, según un informe de la Unión de Científicos Preocupados. La ciudad está gastando más de \$2 mil millones en 20 años para reducir esos desbordamientos a cuatro por año. Pero a medida que las lluvias más intensas se vuelven más frecuentes, es posible que la ciudad tenga que gastar más para alcanzar ese objetivo.

En las granjas, los inviernos fríos ayudan a mantener bajo control las plagas y los patógenos. Pero los inviernos más cálidos permitirán que las plagas se propaguen hacia el norte y exacerben las presiones de las enfermedades. Los productores de maíz estadounidenses gastan más de mil millones de dólares al año en el control de plagas, según el informe de la Unión de Científicos Preocupados. Un estudio de la Universidad Purdue sugiere que el cambio climático y su efecto sobre las plagas del maíz aumentarán sustancialmente los costos de semillas e insecticidas para esos productores y reducirán el rendimiento de los cultivos.

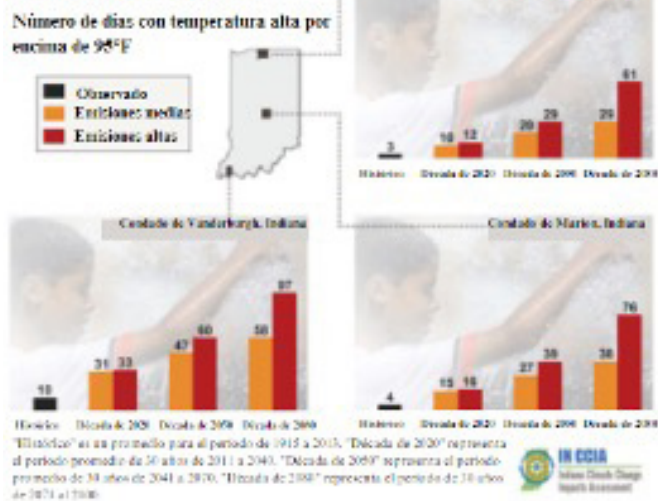
Temperatura Más Fría del Año



Arriba: Temperatura más fría del año en tres condados representativos de Indiana. "Histórico" es el promedio del período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, "década de 2020" representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, "década de 2050" representa el promedio de 2041 a 2070, y "década de 2080" representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

Pero a medida que las temperaturas promedio continúan aumentando, se prevé que la ocurrencia de eventos de calor extremo aumente sustancialmente. Los días extremadamente calurosos² aumentan en ambos escenarios de emisiones a lo largo del siglo y se prevé que partes del sur de Indiana, como Evansville (ubicada en el condado de Vanderburgh), experimenten la mayor cantidad.

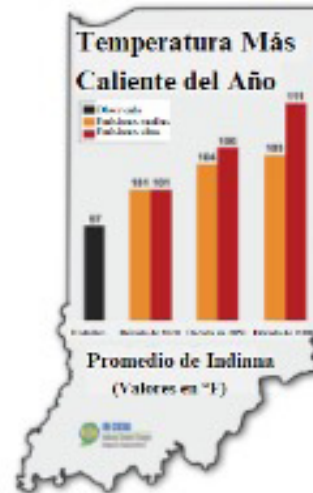
Calor Extremo



Arriba: Días de calor extremo por año para tres condados representativos de Indiana. Un día de calor extremo ocurre cuando la temperatura máxima diaria es superior a 95°. "Histórico" es el promedio del período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, "década de 2020" representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, "década de 2050" representa el promedio de 2041 a 2070, y "década de 2080" representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

Nuestro análisis muestra que también se prevé que aumente la temperatura promedio más alta del año en el estado. Durante el último siglo, el día más caluroso promedio del año fue de 97°F. Para mediados de siglo, se proyecta que la temperatura más alta del año será aproximadamente 8°F más alta que en el pasado³ en ambos escenarios de emisiones. Las altas temperaturas pueden crear desafíos para las carreteras y el pavimento a medida que aumenta el riesgo de deformación y pandeo durante las épocas más calurosas del año (Chinowsky et al. 2013). Los materiales de las carreteras utilizados históricamente pueden ser inadecuados para estas nuevas temperaturas.

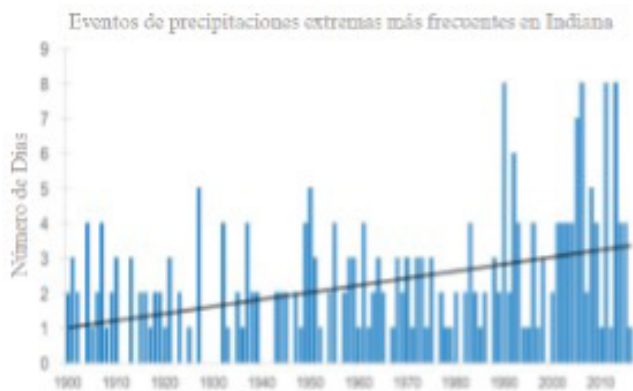
Los eventos de lluvia extrema, definidos como aquellos con un total de lluvia diaria en el uno por ciento superior de todos los eventos, han aumentado durante el último siglo y se espera que continúen haciéndolo. Las fuertes lluvias contribuyen a la erosión del suelo y la escorrentía de nutrientes, lo que afecta tanto a la calidad del agua como a la productividad de los cultivos. Estos eventos también pueden saturar los sistemas de aguas residuales y crear desafíos para la infraestructura de control de inundaciones.



Arriba: Temperatura más alta del año en Indiana. "Histórico" es el promedio del período de 1915 a 2013. Para las proyecciones futuras, "década de 2020" representa el promedio del período de 30 años de 2011 a 2040, "década de 2050" representa el promedio de 2041 a 2070, y "década de 2080" representa el promedio de 2070 a 2100. Datos para otras ubicaciones y periodos disponibles. Fuente: Hamlet et al. (2019).

En promedio en todo el estado, históricamente, un evento de lluvia extrema ocurre cuando caen más de 0.86 pulgadas de lluvia en un día. Desde 1900, el número de días al año con lluvias extremas ha aumentado una media de 0.2 días por década. Sin embargo, la mayor parte de ese aumento se ha producido desde 1990. La parte noroeste del estado ha experimentado el mayor aumento: una tasa de aproximadamente 0.4 días por década.

Las observaciones regionales de fuertes precipitaciones en el medio oeste de EE. UU. también muestran que no sólo los eventos extremos ocurren con mayor frecuencia, sino que también se miden mayores precipitaciones totales dentro de estos eventos. En promedio en todo el



Arriba: El número de días con eventos de precipitación que exceden el percentil 99 del período 1900 a 2016 para Indiana (promedio estatal). La línea negra representa la línea de tendencia (0.2 días/década) para el período de 1900 a 2016. Fuente: Centro Climático Regional del Medio Oeste.

Medio Oeste, ha habido un aumento del 42 por ciento en la cantidad de precipitación que cae en el 1 por ciento superior de los eventos entre 1958 y 2016 (USGCRP, 2017). Esta tendencia regional observada brinda apoyo adicional a la validez de los resultados en Indiana.

Se espera que los episodios de fuertes precipitaciones se intensifiquen a medida que aumenten las temperaturas a lo largo de este siglo. El análisis preliminar de los científicos del IN CCIA sugiere un aumento de uno a dos días en el número promedio de días por año con precipitaciones extremas. Este hallazgo es consistente con otros análisis realizados en el medio oeste de EE. UU. (Pryor et al., 2014). Además, en todo el Medio Oeste, se proyecta un aumento de dos a tres veces en el número de tormentas que exceden un período de retorno de dos días de cinco años¹¹ para finales de siglo en el escenario de altas emisiones, con un aumento de tormentas de un día con período de retorno de 20 años en aproximadamente 20 por ciento (USGCRP, 2017).

Indiana tiene alrededor de 15 tornados por año con una calificación de al menos EF1 en la escala Fujita mejorada, en la que los tornados EF5 son los más dañinos. Desde 1960, se han visto tornados todos los meses, pero principalmente de abril a junio. Hay una variación significativa de un año a otro y no hay una tendencia en la actividad de los tornados.

El aumento de las temperaturas podría alargar la temporada de tormentas, pero es difícil hacer predicciones sobre futuras tormentas severas. Los científicos analizan los "ingredientes", como la inestabilidad y la cizalladura vertical del viento, que pueden provocar tormentas y tornados. Se espera que esos ingredientes aumenten en un clima cambiante (Diffenbaugh et al., 2013), pero eso no significa necesariamente que conducirán a una mayor actividad tormentosa o tormentas más severas.

Recientemente, los científicos han comenzado a utilizar modelos para estimar la probabilidad de un aumento de la actividad tormentosa. Las primeras proyecciones sugieren un aumento en la frecuencia e intensidad de las tormentas, pero persiste una incertidumbre considerable (Gensini y Mote, 2014; Hoogewind et al., 2017).

BRECHAS DE CONOCIMIENTOS CLAVE

Si bien algunas tendencias del clima de Indiana pueden estimarse a partir de modelos climáticos, otros aspectos siguen siendo difíciles de predecir. Por ejemplo, nuestro estado recibe gran parte de sus precipitaciones de verano en tormentas que tienen un diámetro demasiado pequeño para ser representadas individualmente en los modelos climáticos globales. Pronosticar cómo cambiará el carácter de estas tormentas es importante, pero también complicado y requiere mucho tiempo, y aún no es posible en este informe. De manera similar, no hay mucha información sobre cómo los cambios en la temperatura del lago Michigan probablemente afectarán el clima del norte de Indiana porque temperaturas de lagos no están bien representadas en la mayoría de los modelos. Ya se están realizando investigaciones sobre estos y otros temas desafiantes.

CONCLUSIONES

Esta evaluación documenta que se han producido cambios significativos en el clima de Indiana durante más de un siglo, y que los mayores cambios se han producido en las últimas décadas. Los hallazgos de esta evaluación resaltan los cambios futuros proyectados utilizando dos escenarios que representan el aumento de los gases que atrapan el calor durante el próximo siglo. Estas proyecciones generalmente sugieren que las tendencias que ya están ocurriendo continuarán y el ritmo de estos cambios se acelerará. Indican que el clima de Indiana se calentará dramáticamente en las próximas décadas, particularmente en verano. Se prevé que tanto el número de días calurosos como las temperaturas más altas del año aumentarán notablemente. Se prevé que los inviernos y primaveras de Indiana serán considerablemente más húmedos, y se espera que aumente la frecuencia e intensidad de los eventos de precipitación extrema, aunque se necesita más investigación en esta área para determinar mejor los detalles.



Arriba: Una ilustración de cómo se sentirán los climas de verano e invierno de Indiana en escenarios futuros, en comparación con el clima actual en los Estados Unidos. Los contornos coloreados de Indiana se centran en las *El Clima Pasado y Futuro de Indiana: Un Informe de la Evaluación de Impacto del Cambio Climático de Indiana* regiones con climas de verano (izquierda) e invierno (derecha) más similares al clima futuro proyectado de Indiana para escenarios de emisiones medias (contornos azules) y altas (contornos rojos). Las proyecciones se basan en promedios estacionales de temperatura y precipitación a nivel estatal. Los mapas subyacentes muestran las temperaturas promedio estacionales del día actual basadas en datos de PRISM.



UNA VARIEDAD DE POSIBLES CLIMAS FUTUROS

Recomendamos que los habitantes de Indiana se preparen para una variedad de posibles condiciones climáticas futuras.

Las perspectivas futuras de este informe se basan en modelos climáticos, que son representaciones matemáticas del sistema climático de la Tierra basadas en cientos de miles de líneas de código informático (o más). Muchos grupos de investigación diferentes en todo el mundo han creado diferentes modelos, y estos modelos se han mejorado continuamente durante las últimas décadas.

Incluso con herramientas sofisticadas como estas, nadie puede predecir el clima futuro con total certeza por diversas razones. En primer lugar, no sabemos cómo afectarán las acciones de las personas a las concentraciones de gases que atrapan el calor en el futuro. En segundo lugar, existen pocas posibilidades de que se produzcan fenómenos naturales impredecibles, como la erupción de volcanes. Estos eventos afectan el clima, pero están fuera del control de los científicos del clima.

Sin embargo, los investigadores pueden utilizar modelos climáticos para hacer "proyecciones" del clima futuro basadas en suposiciones razonables sobre las condiciones atmosféricas futuras. Las proyecciones utilizadas en este informe suponen que la sociedad seguirá liberando gases que atrapan calor a tasas "medias" o "altas".

Incluso cuando se utiliza una de estas suposiciones, las proyecciones científicas responsables seguirán sugiriendo una variedad de posibles climas futuros. Si bien los modelos son impresionantes por su capacidad para simular climas pasados, no representan (ni pueden) representar perfectamente el enormemente complejo mundo natural.

Cada uno de los diferentes modelos intenta equilibrar la simplicidad (para permitir cálculos más rápidos) con la complejidad (para simular los aspectos más importantes del sistema climático). Los distintos modelos logran diferentes equilibrios, utilizando diferentes ecuaciones matemáticas para representar los procesos relacionados con el clima. Estos modelos representan necesariamente versiones simplificadas del mundo y dan proyecciones algo diferentes para el futuro, incluso cuando se da el mismo conjunto de supuestos sobre los gases que atrapan calor en la atmósfera. Por ejemplo, algunos modelos muestran un calentamiento más rápido que otros. Los científicos tienen mayor confianza en las proyecciones futuras cuando muchos modelos diferentes producen resultados similares basados en el mismo conjunto de supuestos.

Al crear esta perspectiva para el clima de Indiana, queríamos brindarle al público proyecciones que pudieran diferenciar las condiciones futuras en diferentes partes del estado. Los habitantes de Indiana saben que el clima de Indiana es diferente de norte

a sur, pero los modelos climáticos globales actuales tienen una resolución espacial relativamente baja, lo que significa que es posible que no muestren patrones como este. Para producir resultados más útiles a nivel estatal, utilizamos un procedimiento llamado "reducción de escala estadística" para traducir los resultados de baja resolución del modelo climático a estimaciones de mayor resolución dentro de una región pequeña. Esta técnica se utiliza comúnmente y ofrece la ventaja de producir patrones más realistas de proyecciones climáticas en todo el estado. Por supuesto, esta técnica también se basa en un conjunto de suposiciones. El rendimiento de las técnicas de reducción de escala se prueba y mejora en función de datos anteriores, pero nunca puede ser perfecto.

Las perspectivas para el clima futuro de Indiana presentadas en este informe se basan en proyecciones de 10 modelos climáticos globales. Estas proyecciones se han reducido y analizado para mostrar cómo es probable que varíe el clima futuro en todo el estado. Para cualquier momento y nivel de

El Clima Pasado y Futuro de Indiana: Un Informe de la Evaluación de Impacto del Cambio Climático de Indiana

emisiones determinado, interpretamos el valor promedio de los diferentes modelos como el resultado futuro más probable.

Sin embargo, para comprender plenamente las proyecciones de este informe y utilizarlas en la planificación, es importante que los lectores no sólo tengan en cuenta las cifras principales presentadas, que normalmente son promedios de las proyecciones de los 10 modelos diferentes, sino también la variedad de resultados producidos por los diferentes modelos. Esto da alguna indicación del nivel de acuerdo entre los modelos sobre que se producirá un cambio determinado.

Por ejemplo, en este informe, todos los modelos sugieren que el clima de Indiana se volverá más cálido en todas las estaciones y que este calentamiento aumentará con el tiempo. Además, la mayoría o todos los modelos sugieren que los meses de invierno y primavera de Indiana serán sustancialmente más húmedos con el tiempo. La coherencia de estos resultados entre los modelos nos da una gran confianza en estas proyecciones específicas.

Sin embargo, tenemos menos confianza en algunas de las otras proyecciones, como los cambios en las precipitaciones durante los meses de verano y otoño. Durante este período, algunos modelos sugieren aumentos menores de las precipitaciones, mientras que otros sugieren grandes disminuciones. Para cualquier variable dada, es útil comprender tanto el resultado futuro más probable como el rango de posibilidades sugeridas por los diferentes modelos.

Planificar ahora para una variedad de posibles climas futuros será mucho menos riesgoso que contar con un resultado en particular.

Hoy en día no existe ningún lugar en los Estados Unidos que tenga un clima representativo del clima proyectado para Indiana. Los veranos en Indiana se parecerán cada vez más a los que asociamos con Mississippi, Arkansas y otros estados del suroeste de Indiana. Los inviernos se parecerán más a los vistos recientemente en Pensilvania, Nueva Jersey y Maryland. Estos cambios dramáticos afectarán a muchos sectores de nuestro estado.

Este informe sirve como recurso para los habitantes de Indiana y como punto de partida para análisis adicionales sobre cómo la economía y los recursos de Indiana se verán afectados por el cambio climático. Los datos relacionados están disponibles en línea en IndianaClimate.org.

REFERENCIAS

- Alter, R. E., Douglas, H. C., Winter, J. M. y E. A. B. Eltahir. (2018). Twentieth century regional climate change during the summer in the central United States attributed to agricultural intensification. [Cambio climático regional del siglo XX durante el verano en el centro de Estados Unidos atribuido a la intensificación agrícola]. *Geophysical Research Letters*, 45. DOI: 10.1002/2017GL075604
- Byun, K. y A.F. Hamlet. (2018). Projected Changes in Future Climate over the Midwest and Great Lakes Region Using Downscaled CMIP5 Ensembles. [Cambios proyectados en el clima futuro en la región del Medio Oeste y los Grandes Lagos utilizando conjuntos CMIP5 reducidos]. *International Journal of Climatology*, DOI 10.1002/joc.5388 (en prensa).
- Chinowsky, P.S., Price, J.C. y J.E. Neumann. (2013). Assessment of climate change adaptation costs for the US road network. [Evaluación de los costos de adaptación al cambio climático para la red de carreteras de EE. UU.]. *Global Environmental Change*, 23(4), páginas 764-773
- Diffenbaugh, N. S., M. Scherer, y R. J. Trapp. (2013). Robust increases in severe thunderstorm environments in response to greenhouse forcing. [Fuertes aumentos en entornos de tormentas severas en respuesta al forzamiento de efecto invernadero]. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 110, 16 361-16 366, <https://doi.org/10.1073/pnas.1307758110>
- Gensini, V. A. y T. L. Mote. (2014). Estimations of hazardous convective weather in the United States using dynamical downscaling. [Estimaciones del clima convectivo peligroso en los Estados Unidos mediante reducción de escala dinámica]. *J. Climate*, 27, 6581-6589, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-007771>
- Hamlet, A., Byun, K., Robeson, S., Widhalm, M. y M. Baldwin. (2019). Impacts of Climate Change on the State of Indiana: Future Projections Based on CMIP5. [Impactos del cambio climático en el estado de Indiana: proyecciones futuras basadas en CMIP5]. *Climatic Change*
- Hoogewind, K.A., M.E. Baldwin y R.J. Trapp. (2017). The Impact of Climate Change on Hazardous Convective Weather in the United States: Insight from High-Resolution Dynamical Downscaling. [El impacto del cambio climático en el clima convectivo peligroso en los Estados Unidos: información a partir de la reducción de escala dinámica de alta resolución]. *J. Climate*, 30, 10081-10100, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-08851>
- Mueller, N. D., Butler, E. E., McKinnon, K. A., Rhines, A., Tingley, M., Holbrook, N. M. y Huybers, P. (2016). Cooling of US Midwest summer temperature extremes from cropland intensification. [Enfriamiento de las temperaturas extremas del verano en el Medio Oeste de EE. UU. debido a la intensificación de las tierras de cultivo]. *Nature Climate Change*, 6(3), 317-322.
- Pryor, S. C., D. Scavia, C. Downer, M. Gaden, L. Iverson, R. Nordstrom, J. Patz y G. P. Robertson. (2014). Ch. 18: Mid- west. Climate Change Impacts in the United States: *The Third National Climate Assessment*, [Cap. 18: Medio Oeste. Impactos del cambio climático en los Estados Unidos: La Tercera Evaluación Nacional del Clima] J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond y G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 418-440. doi:10.7930/JOJ1012N.
- USGCRP. (2017) *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Informe especial sobre ciencia climática: Cuarta evaluación climática nacional, volumen I] [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart y T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp.
- Widhalm, M., Robeson, S., Hall, B., Baldwin, M., and J. Coleman. (2018). *Indiana's Climate Trends: A Resource for the Indiana Climate Change Impacts Assessment*. [Tendencias climáticas de Indiana: un recurso para la evaluación de los impactos del cambio climático de Indiana]. Preparado para la Evaluación de Impactos del Cambio Climático de Indiana, Centro de Investigación del Cambio Climático Purdue.

COMO CITAR

Widhalm, M., Hamlet, A. Byun, K., Robeson, S., Baldwin, M., Staten, P., Chiu, C., Coleman, J., Hall, B., Hoogewind, K., Huber, M., Kieu, C., Yoo, J., Dukes, J.S. 2018. El Clima Pasado y Futuro de Indiana: Un Informe de la Evaluación de Impacto del Cambio Climático de Indiana. Centro de Investigación del Cambio Climático Purdue, Purdue University. West Lafayette, Indiana. DOI:10.5703/1288284316634

Grupo de Trabajo Climático de la IN CCIA:

- Alan Hamlet, Universidad de Notre Dame(codirector)
- Mike Baldwin, Universidad Purdue(codirector)
- Kyuhyun Byun, Universidad de Notre Dame
- Chun-Mei Chiu, Universidad de Notre Dame
- Jill Coleman, Universidad Estatal Ball
- Jeffrey Dukes, Universidad Purdue
- Beth Hall, Centro Climático Regional del Medio Oeste
- Kim Hoogewind, Universidad Purdue
- Matt Huber, Universidad Purdue
- Chanh Kieu, Universidad de Indiana
- Scott Robeson, Universidad de Indiana
- Paul Staten, Universidad de Indiana
- Melissa Widhalm, Universidad Purdue
- Jinwoong Yoo, Universidad Purdue

Agradecimientos: Agradecemos a Brian Wallheimer por redactar este informe, a Stan Coffman por su ayuda con los gráficos, a Víctor Gerardo García Mosqueda por traducir este informe del inglés al español y al personal del Departamento de Comunicación Agrícola de la Universidad Purdue, incluidos Maureen Manier, Darrin Pack, Erin Robinson, Kenny Wilson, Andrew Banta, Joan Crow y Russell Merzdorf. También agradecemos a Daniel Vimont, profesor de Ciencias Atmosféricas y Oceánicas de la Universidad de Wisconsin-Madison y a John Kutzbach, Profesor Emérito de Ciencias Atmosféricas y Oceánicas de la Universidad de Wisconsin-Madison por su revisión científica de este informe. Por el soporte de publicación en línea de todos los documentos asociados con IN CCIA, agradecemos a la División de Publicaciones Académicas de Bibliotecas de la Universidad Purdue, específicamente a Nina Collins y Marcia Wilhelm-South.

NOTAS FINALES

- ¹ En comparación con la temperatura promedio del estado entre 1971 y 2000.
- ² Los días extremadamente calurosos se definen como aquellos en los que la temperatura alcanza 95°F o más
- ³ Promedio de 1915 a 2013
- ⁴ Para lograr el escenario medio, las emisiones globales de gases de efecto invernadero deben reducirse significativamente casi de inmediato y alcanzar su punto máximo en la década de 2040 antes de disminuir. En el escenario alto, las emisiones de gases de efecto invernadero seguirán aumentando hasta finales de este siglo. Actualmente estamos en el camino de las altas emisiones
- ⁵ Un posible factor que podría contribuir a la falta de aumento de la temperatura en verano es que los agricultores han impulsado el crecimiento de las plantas en las tierras de cultivo durante el último siglo. El incremento en pérdida de agua de estos cultivos enfría el aire (Mueller et al, 2016; Alter et al., 2018).
- ⁶ 2017 fue el tercer año más cálido registrado en EE.UU.: <http://www.noaa.gov/news/2017-was-3rd-warmest-year-on-record-for-us>
- ⁷ Promedio de 1971 a 2000
- ⁸ https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/air_pollution.htm
- ⁹ Para este informe, los grados-día de calefacción se acumulan cuando la temperatura promedio del día es inferior a 68°F, lo que sugiere que las personas pueden estar calentando edificios. Los días de enfriamiento son lo contrario, con una temperatura promedio del día superior a 75°F donde es más probable que las personas enfríen una casa o un negocio. Un día con una temperatura promedio de 79°F contaría como 4 grados-día de enfriamiento, mientras que un día con una temperatura promedio de 55°F contaría como 13 grados-día de calefacción.
- ¹⁰ <http://www.impactlab.org/research/american-climate-prospectus/>
- ¹¹ Un período de retorno describe la probabilidad de que ocurra una tormenta con una intensidad específica en un año determinado. Los umbrales de intensidad de las tormentas son únicos para cada ubicación. Una tormenta de 5 años tiene un 20% de posibilidades de ocurrir en cualquier año. Una tormenta de 20 años tiene un 5% de posibilidades de ocurrir en cualquier año.

El Centro de Investigación del Cambio Climático de Purdue fue integrado al Instituto para un Futuro Sostenible de Purdue en 2022. La Evaluación de los Impactos del Cambio Climático de Indiana sigue contando con el apoyo del Instituto y del Colegio de Agricultura y todos los informes siguen estando disponibles en: ag.purdue.edu/indianacclimate/. Información sobre el Instituto está disponible en research.purdue.edu/isf/.

Ve en línea en: purdue.ag/climate-report

Marzo de 2018 | Traducido en abril de 2024

La Universidad Purdue es una institución que ofrece igualdad de acceso y oportunidades