



DOCUMENTOS DE TRABAJO
N.º 06 | 2025

Gasto en consumo durante eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica

Catalina Sandoval Alvarado
Mónica Rodríguez Zúñiga

Fotografía de portada: "Presentes", conjunto escultórico en bronce, año 1983, del artista costarricense Fernando Calvo Sánchez. Colección del Banco Central de Costa Rica.

Gasto en consumo durante eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica

Catalina Sandoval Alvarado[‡]

Mónica Rodríguez Zúñiga[†]

Las ideas expresadas en este documento son de los autores y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica.

Resumen

La mayor variabilidad climática y el aumento en la frecuencia y severidad de eventos meteorológicos extremos representan grandes desafíos económicos y sociales. Condiciones inusuales en el clima pueden alterar los patrones de consumo y tener implicaciones macroeconómicas. Este trabajo explora la relación entre el gasto en consumo y los eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica entre enero de 2019 y mayo de 2022. Se estima el efecto en el consumo total y por categorías al usar datos a escala cantonal mediante un modelo de efectos fijos en dos vías (TWFE). Este enfoque explota dos fuentes exógenas de variación: la probabilidad de experimentar un evento extremo en los cantones y el momento en que ocurre. Los resultados indican que los eventos extremos lluviosos tienen un efecto negativo en el consumo total, particularmente en categorías que se relacionan con movilidad. Por ejemplo, se estima un menor consumo de combustibles, hoteles, vestimenta y supermercados. Mientras que los eventos extremos secos parecen inducir a un intercambio en el gasto entre categorías de consumo. En la época lluviosa, estos se asocian con aumentos en el gasto en combustibles y servicios de hoteles, pero con reducciones en el consumo de servicios de salud y supermercados. Los efectos de ambos tipos de eventos extremos son transitorios en la mayoría de las categorías.

Palabras clave: consumo, eventos extremos, efectos fijos en dos vías

Clasificación JEL.: E21, D12, Q54, C23

[‡] Departamento de Investigación Económica. División Económica, BCCR. sandovalac@bccr.fi.cr

[†] Departamento de Integración y Análisis de Datos. División de Análisis de Datos y Estadísticas, BCCR. rodriguezsm@bccr.fi.cr

Consumer Spending During Extreme Hydrometeorological Events in Costa Rica

Catalina Sandoval Alvarado ‡

Mónica Rodríguez Zúñiga†

The ideas expressed in this paper are those of the authors and not necessarily represent the view of the Central Bank of Costa Rica.

Abstract

Greater climate variability and the increase in the frequency and severity of extreme weather events represent major economic and social challenges. Unusual weather conditions can alter consumption patterns and have macroeconomic implications. This paper explores the relationship between consumption expenditure and extreme hydrometeorological events in Costa Rica between January 2019 and May 2022. The effect on total consumption and by category consumption is estimated using cantonal-scale data using a two-way fixed-effect (TWFE) model. This approach exploits two exogenous sources of variation: the likelihood of experiencing an extreme event in the cantons and the timing of its occurrence. The results indicate that extreme rainy events have a negative effect on consumption, particularly in categories related to mobility. This is reflected in reduced spending on fuel, hotels, clothing, and supermarkets. Meanwhile, extreme dry events appear to induce a reallocation of spending across consumption categories. During the rainy season, these events are associated with increased spending on fuel and hotels, but decreased spending on health services and supermarkets. The effects of both types of extreme events are transitory in most categories.

Key words: consumer spending, extreme weather events, TWFE model

JEL codes: E21, D12, Q54, C23

‡ Department of Economic Research, Economic Division, BCCR. sandovalac@bccr.fi.cr

† Department of Integration and Data Analysis. Data Analysis and Statistics Division, BCCR. rodriguezzm@bccr.fi.cr

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Estacionalidad y eventos extremos en Costa Rica.....	2
3. Revisión de literatura	4
4. Datos	6
4.1 Gasto en consumo.....	7
4.2 Datos de precipitación e indicadores de eventos extremos	9
4.3 Otros datos	12
4.3.1 Temperatura	13
4.3.2 COVID-19	13
5. Estrategia empírica.....	13
6. Resultados.....	16
6.1 Efecto de los eventos extremos en el consumo total	16
6.2 Efecto de los eventos extremos en el gasto en consumo por categorías de consumo .	18
6.3 Análisis de sensibilidad a variaciones en el umbral de eventos extremos	20
6.4 Análisis dinámico del efecto de los eventos extremos	22
7. Conclusiones y consideraciones finales	24
8. Referencias	26
9. Anexo.....	30
9.1 Detalles de los datos	30
9.2 Cuadros de resultados.....	33
9.3 Sesgo de selección de la muestra.....	33
9.4 Pruebas para diagnosticar sesgo en el estimador de TWFE.....	35
Análisis de pesos negativos.....	36
Supuesto de homogeneidad del efecto del tratamiento.....	37
Exclusión de controles contaminados	38

1. Introducción

A lo largo de la historia, el clima ha sido un elemento determinante en la toma de decisiones de la sociedad (Carleton & Hsiang, 2016). La programación de numerosas actividades productivas y recreativas en determinadas épocas del año y lugares se ajusta a las características climáticas, lo cual no es algo nuevo. Sin embargo, con el calentamiento global, el clima está cambiando y haciendo más probables y severos los eventos meteorológicos extremos (IPCC, 2021). Ante esto, el comportamiento habitual de los agentes económicos podría cambiar, alterando los patrones de consumo usuales de cada época. Si esos cambios ocurren sistemáticamente, elementos relevantes para el análisis macroeconómico como el ciclo económico o las proyecciones podrían afectarse (Sandqvist & Siliverstovs, 2021), los cuales son insumos importantes en la toma de decisiones de las autoridades de bancos centrales y otras instituciones financieras del sector público y privado.

Lo anterior añade una motivación¹ desde el Banco Central por interesarse en estudiar los posibles efectos de la variabilidad climática y los eventos meteorológicos extremos sobre variables económicas como el gasto en consumo. El objetivo de este estudio es estimar la relación entre el gasto en consumo y los eventos hidrometeorológicos extremos ocurridos en Costa Rica entre enero del 2019 y mayo del 2022.

Costa Rica se divide en varias regiones climáticas que son susceptibles a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos, los cuales pueden generar eventos extremos en diferentes momentos y zonas del país (IMN-CRRH, 2008). Esto lo hace un caso de estudio interesante que, además, podría servir como un ejemplo para otros países de la región centroamericana caracterizados por la variabilidad climática interna (Maldonado et al., 2021).

El estudio del efecto de los eventos meteorológicos extremos en el gasto en consumo en Costa Rica, hasta ahora, ha sido nulo. Por otra parte, la literatura internacional en este tema es un poco más abundante. En ella se enumeran variados canales por los que desviaciones del tiempo atmosférico pueden afectar el gasto en consumo y pueden resumirse en factores psicológicos, de conveniencia, de complementariedad y dinámicas temporales (Murray et al., 2010). Estos factores inciden en que la respuesta de los consumidores a la variabilidad del clima y los eventos extremos no sea trivial. Empíricamente, los estudios internacionales sugieren que el tiempo atmosférico anómalo tiene un efecto en el gasto en consumo, condicional a la época del año, al tipo de bien o al sector económico (Agarwal et al., 2020; Parnaudeau & Bertrand, 2018; Sandqvist & Siliverstovs, 2021; Starr-McCluer, 2000).

Los estudios internacionales se caracterizan por analizar casos de países desarrollados, con cuatro estaciones al año, tales como los Estados Unidos (Bonfrer et al., 2022; Busse et al., 2015) o países europeos (Badorf & Hoberg, 2020; Parnaudeau & Bertrand, 2018; Sandqvist & Siliverstovs, 2021). En estos es común el uso de técnicas estadísticas para el

¹ Adicional a los intereses de estudiar los efectos de fenómenos meteorológicos en la estabilidad financiera.

análisis de series de tiempo o datos de panel. Además, los indicadores de variabilidad climática o extremos basados en datos de temperatura son de los más usados y con efectos significativos en el consumo.

Este estudio contribuye a la literatura existente al ser el primero en estimar el efecto de los eventos hidrometeorológicos extremos en el consumo en un país tropical en desarrollo, a partir de datos desagregados espacial y temporalmente que abarcan todo el país en varios años. El uso de un modelo de efectos fijos en dos vías (TWFE, por sus siglas en inglés) permitirá reducir problemas de variables omitidas que pueden confundir el impacto de un evento extremo en el consumo con el efecto de diversos factores. Además, analizamos la relación para distintas categorías de consumo y en diferentes épocas del año.

Los resultados de este estudio indican que los eventos extremos lluviosos tienen un efecto contemporáneo negativo en el gasto en el consumo total. Cuando se observa por categorías de consumo y épocas del año se encuentra que el efecto negativo parece estar guiado por un menor gasto en el consumo de combustibles, hoteles y vestimenta durante la época lluviosa. Mientras que, en la época seca, también se refleja una disminución en el consumo de servicios de hoteles y vestimenta, aunado a un menor gasto en supermercados.

Los eventos extremos secos se asocian con incrementos en el consumo de servicios de hoteles a lo largo del año. El efecto de la baja en las precipitaciones en la época lluviosa es heterogéneo entre categorías pues se asocia con incrementos en el gasto en combustibles, así como con un menor gasto en servicios de salud y supermercados. Mientras que los eventos secos durante la época seca tienen un efecto negativo en el consumo de vestimenta. Lo anterior sugiere un posible intercambio en el gasto entre categorías de consumo.

El resto del documento se organiza de la siguiente forma. En la sección 2 se describen elementos del clima en Costa Rica. La sección 3 resume la literatura internacional más relevante en el análisis de la relación entre consumo e indicadores de variabilidad climáticas. En la sección 4 se describen los datos utilizados, mientras que en la sección 5 se expone la metodología de análisis. En la sección 6 se presentan los resultados y en la sección 7 las conclusiones del estudio.

2. Estacionalidad y eventos extremos en Costa Rica

Costa Rica se ubica latitudinalmente entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio, lo que define el clima tropical del país. Como tal, la precipitación es la característica más relevante (Manso et al., 2005) y solo hay dos estaciones definidas: estación seca y estación lluviosa. Las temperaturas son relativamente estables durante todo el año.

El sistema montañoso interno divide al país en dos vertientes, Caribe y Pacífico, con regímenes de precipitación bien definidos (Manso et al., 2005). Esto, junto con la interacción de factores geográficos, atmosféricos y oceánicos influyen en la definición de siete regiones climáticas: Caribe Sur, Caribe Norte y Zona Norte (ubicadas en la Vertiente del Caribe), región Central, Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur (en la Vertiente del Pacífico).

A partir de los patrones de precipitación mensual históricos de cada región se pueden identificar las épocas seca y lluviosa (así como los meses de transición entre épocas) a lo largo del año (IMN-CRRH, 2008). Las regiones de la Vertiente del Pacífico experimentan la época seca entre enero y marzo, con excepción del Pacífico Norte, donde inicia desde diciembre. En esas regiones, enero y abril se consideran meses de transición hacia la época seca y lluviosa, respectivamente. En las regiones de la Vertiente del Caribe no hay una estación seca bien definida (Manso et al., 2005), pero se identifican meses con menos precipitación. En la región Norte, enero se considera un mes de transición hacia la época menos lluviosa, la cual suele ocurrir entre febrero y abril. Por su parte, las regiones Caribe Norte y Caribe Sur experimentan menos lluvias en los meses de febrero, marzo, setiembre y octubre (véase Cuadro A1 en el Anexo).

De acuerdo con Manso et al. (2005), la variabilidad climática² incide en la distribución temporal y espacial de la precipitación en el país, con lo cual afecta la estacionalidad de las lluvias y, en ocasiones, la ocurrencia de eventos extremos de precipitación (hidrometeorológicos). El fenómeno meteorológico más relacionado con variabilidad climática en el país, que es generador de eventos extremos, es El Niño Oscilación Sur (ENOS), cuya evolución se da en años. Los eventos extremos también pueden ser generados por fenómenos estacionales de evolución diaria, como huracanes, tormentas tropicales, entre otros, o fenómenos menos frecuentes, por ejemplo, tornados o granizadas, que evolucionan en horas (IMN-CRRH, 2008).

Una mayor frecuencia o intensidad en la ocurrencia de estos fenómenos incidiría en la generación de eventos extremos. De hecho, en el caso de Costa Rica, Alfaro-Córdoba et al. (2024) encuentran que la tendencia sigue un aumento en la intensidad de los eventos extremos. Sin embargo, debe considerarse que la magnitud de los eventos extremos hidrometeorológicos varía entre las distintas regiones climáticas del país (IMN-CRRH, 2008)³.

La variabilidad de las regiones climáticas trasciende a escala cantonal. Costa Rica está dividida administrativamente en 84 cantones. Cada uno tiene su gobierno local, conocido como municipalidad. Aproximadamente el 33% de los cantones (28) se ubica en la Región Climática Central⁴, el 40% está localizado en las regiones del Pacífico Norte (18), Pacífico Central (8) y Pacífico Sur (6); mientras que el 26% se ubica en la zona Norte (9) y regiones Caribe Sur (6) y Caribe Norte (6).

² Se define variabilidad climática como fluctuaciones en el estado promedio y otras características estadísticas (desviación estándar, ocurrencia de extremos, etc.) del tiempo atmosférico en escalas espaciales y temporales más allá de un evento meteorológico individual (IPCC, 2018).

³ Siguiendo a IMN-CRRH (2008), en años considerados extremos secos la precipitación es inferior al promedio en 528 mm en el Pacífico Norte y hasta 810mm en la Zona Norte. Mientras que en años extremos lluviosos el exceso de lluvia ha registrado cerca de 538mm en el Pacífico Norte hasta 1105 mm en la región Caribe.

⁴ Si un cantón está en varias regiones climáticas a la vez, en este trabajo se asignó a la región donde tiene más área.

3. Revisión de literatura

Las condiciones atmosféricas inusuales pueden influir de variadas formas en las decisiones de consumo de las personas y, por ende, en el gasto. Algunas hipótesis sustentadas en la psicología o la teoría económica ayudan a explicar el por qué (Agarwal et al., 2020; Busse et al., 2015; Murray et al., 2010; Štulec et al., 2019) y pueden resumirse en los siguientes tres canales⁵.

El canal de la conveniencia, o comodidad, es el más directo. Éste supone que condiciones del tiempo adversas (v.g. precipitaciones intensas o bajas temperaturas) pueden evitar que las personas salgan a realizar compras por prevenir riesgos físicos (Steele (1951), citado por Murray et al. (2010); Starr-McCluer, 2000). Este mismo canal indica que, por el contrario, condiciones consideradas como buenas (v.g., días soleados o temperaturas cálidas) pueden incentivar las compras al propiciar una experiencia placentera (Sandqvist & Siliverstovs, 2021).

El segundo canal se atribuye a la complementariedad entre el estado del tiempo y ciertos bienes o servicios (Murray et al., 2010; Sandqvist & Siliverstovs, 2021; Starr-McCluer, 2000). Ejemplos de ello son las ventas de sombrillas en días lluviosos o de helados en días calurosos. Esa complementariedad es responsable de la estacionalidad en el consumo de una amplia variedad de artículos; así mismo, puede explicar las desviaciones en el gasto en consumo durante condiciones atmosféricas inusuales. Por ejemplo, al impulsar a los agentes a anticipar o posponer el consumo entre épocas o estaciones del año.

Por otra parte, el canal del estado de ánimo, o psicológico, plantea que el tiempo atmosférico incide en el estado emocional de las personas y que este último afecta el gasto. Esto ocurre porque las condiciones del tiempo pueden influir en el optimismo, el auto reconocimiento, en destacar características de los productos (también llamado prominencia) e inducir a sesgos de proyección. En este último, las personas proyectan la utilidad futura de sus compras presentes influenciados por el estado actual del tiempo atmosférico (Agarwal et al., 2020; Busse et al., 2015; Murray et al., 2010).

Starr-McCluer (2000) argumenta que, a través de los canales mencionados, los cambios en el estado del tiempo pueden llevar a una recomposición del gasto entre bienes o servicios aun manteniendo los precios constantes. Al suponer que los agentes realizan una optimización intertemporal en sus decisiones de consumo y que tienen restricciones presupuestarias y de tiempo, la autora considera que estados atmosféricos inusuales que afecten la productividad de actividades no mercantiles podrían llevar a una sustitución del gasto entre categorías de consumo temporalmente.

Varios de los trabajos empíricos que han estudiado la relación entre el gasto en consumo (o las compras) y las condiciones atmosféricas inusuales indican que ésta difiere según la

⁵ El trabajo desarrollado por Steele (1951), citado por Murray et al. (2010), es un referente más general sobre las posibles vías a través de las cuales se da la relación entre consumo y tiempo atmosférico en áreas de mercadeo y negocios.

época del año y el sector económico. La variación del efecto en el consumo entre épocas se ha documentado en países como Suiza (Sandqvist & Siliverstovs, 2021), Alemania (Badorf & Hoberg, 2020) y Francia (Parnaudeau & Bertrand, 2018). Por ejemplo, las temperaturas inusualmente altas se asocian con incrementos en el gasto en consumo en épocas de primavera o invierno. Sin embargo, estas mismas condiciones pueden tener un efecto negativo en el gasto durante el otoño o el verano (Parnaudeau & Bertrand, 2018; Sandqvist & Siliverstovs, 2021).

Los resultados de diversos estudios también dan evidencia de efectos heterogéneos entre sectores económicos o categorías de consumo (Badorf & Hoberg, 2020; Parnaudeau & Bertrand, 2018). En general se observa que las compras en algunos sectores no alimentarios o servicios son más sensibles a variaciones en el tiempo atmosférico que las de alimentos (Sandqvist & Siliverstovs, 2021; Starr-McCluer, 2000). El consumo de prendas de vestir aumenta en primavera si las temperaturas son altas, pero se reduce en el otoño. En supermercados, durante la época de otoño, las altas temperaturas se relacionan con un menor gasto en el consumo, pero con incrementos en el sector de bebidas (Parnaudeau & Bertrand, 2018).

En sectores de servicios turísticos, el número de viajes y las noches de hospedaje se relacionan positivamente con la temperatura (Taylor & Ortiz, 2009). Sin embargo, se encuentra que el aumento contemporáneo se ve anulado en los meses posteriores, lo que podría ser explicado por una demanda inelástica (Agnew & Palutikof, 2006).

Las ventas de bienes durables también pueden ser susceptibles a las condiciones atmosféricas. Evidencia para los Estados Unidos refleja un aumento en las ventas de ese tipo de bienes, lo cual se atribuye al canal psicológico y se materializa mediante un efecto de prominencia o sesgo de proyección como posible explicación (Agarwal et al., 2020; Busse et al., 2015). Aunque en otros casos podría deberse al canal de conveniencia (Starr-McCluer, 2000), cuando el tiempo inusualmente frío se asocia con menores ventas contemporáneas de bienes durables, pero parece haber un aumento posterior que resulta en un efecto neto positivo (Starr-McCluer, 2000).

Otro elemento considerado en el estudio de este tema es la duración de los efectos, la cual podría ser permanente o transitoria. Los efectos permanentes pueden atribuirse a compras no planificadas, que no se darían si no hubiese ocurrido la anomalía. En ese grupo se clasifican las compras para reemplazar activos (Štulec et al., 2019) o las compras impulsivas, guiadas por el estado de ánimo (Agarwal et al., 2020; Busse et al., 2015; Starr-McCluer, 2000). Por otra parte, los efectos transitorios corresponden a una sustitución intertemporal en la que el consumo se pospone o anticipa, pero el efecto neto es nulo (Sandqvist & Siliverstovs, 2021; Starr-McCluer, 2000).

En la literatura previa es común encontrar diversos indicadores de clima para medir su relación con el consumo (temperatura, precipitación, velocidad del viento, luz solar, etc.), aunque la temperatura suele ser el indicador con un efecto más significativo en el consumo (Parnaudeau & Bertrand, 2018; Sandqvist & Siliverstovs, 2021; Taylor & Ortiz, 2009). Ese parece ser el caso en países de zonas templadas, donde las temperaturas pueden variar

considerablemente. Sin embargo, en países tropicales, en los cuales hay solo dos épocas, la temperatura se mantiene en un rango más acotado y la lluvia podría ser un indicador más relevante, considerando también que la precipitación suele tener mayor oscilación espacial que las temperaturas (Holtermann, 2020). Por lo cual es relevante analizar el efecto de las oscilaciones de lluvia o la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos en el consumo en el caso de países tropicales.

La literatura explorada omite un canal que podría ser particularmente relevante en los países tropicales, el cual se relaciona con la salud. De acuerdo con Retana et al., (2008), existe una fuerte relación entre factores atmosféricos y los procesos biológicos que provocan la aparición de enfermedades. Variables como la precipitación, la temperatura o la humedad pueden incidir en la distribución de casos de enfermedades estacionales⁶, por ejemplo, al afectar la calidad del agua o las condiciones para la proliferación y transmisión de virus, bacterias o parásitos. Las anomalías en dichas variables atmosféricas podrían generar desvíos del gasto usual en salud, por ejemplo, aumentar el gasto en medicamentos. Adicionalmente, la realización de ciertas actividades podría alterarse por las condiciones de salud, lo cual podría afectar el gasto también en otros sectores.

En Costa Rica no se encuentran estudios empíricos previos del impacto de eventos hidrometeorológicos en el gasto en consumo. Otros trabajos han estudiado el impacto en diversas variables socioeconómicas en el país, tales como la migración local (Robalino et al., 2015), las pérdidas de vidas humanas y daños en viviendas (Campos & Quesada-Román, 2017) y la mortalidad (Jiménez Valverde et al., 2021), los dos últimos trabajos desarrollan análisis descriptivos. Otros trabajos llevan a cabo un ejercicio de contabilidad de daños económicos (Brenes Maykall, 2017; Flores Verdejo et al., 2010), pero no una estimación del impacto en variables económicas dentro de un marco de análisis contrafactual, que busque identificar el efecto del evento hidrometeorológico aislado de otros factores.

Este estudio contribuye a la literatura existente al ser el primero en estimar al efecto de los eventos hidrometeorológicos extremos en el consumo en un país tropical en desarrollo, a partir de datos desagregados espacial y temporalmente que abarcan todo el país en varios años. El uso de técnicas estadísticas adecuadas nos permitirá reducir problemas de variable omitida que pueden confundir el impacto de un evento extremo en el consumo con el efecto de factores diversos. Además, analizamos la relación para distintas categorías de consumo y épocas del año.

4. Datos

Para estudiar si los eventos hidrometeorológicos extremos afectan el gasto en consumo en Costa Rica se utilizaron datos de transacciones en terminales de punto de venta y de precipitación, ambos a escala cantonal. A continuación, se describen en detalle las características de los datos empleados.

⁶ Por ejemplo, enfermedades respiratorias o gastrointestinales generadas por virus, bacterias o parásitos.

4.1 Gasto en consumo

Para aproximar los datos del gasto en consumo se utilizó el valor de las transacciones en terminales de punto de venta pagadas con tarjetas de débito o crédito en Costa Rica desde enero de 2019 hasta mayo del 2022, expresados en dólares estadounidenses constantes de enero del 2019. Estos datos fueron recolectados diariamente a través de datáfonos y proporcionados por uno de los mayores adquirentes⁷ del país. La información se recibió agregada por cantón⁸ y categorías mercantiles⁹.

Los datáfonos registran las compras, físicas o en línea, que se pagan con tarjetas emitidas por diversas entidades financieras, que operan dentro o fuera del país. Del monto total de compras registrado entre 2019 y 2021, cerca del 86% se realizó a través de tarjetas emitidas por entidades financieras ubicadas dentro de Costa Rica.

Las compras con tarjetas pueden ser realizadas por personas físicas o jurídicas (empresas), esto es relevante ya que el tipo de consumo y los patrones de compra de estos agentes pueden diferir entre sí y, además, responder de manera diferente a la variabilidad del clima. Si bien los datos disponibles no permiten distinguir cuál de estos agentes realizó la compra, se sabe que el porcentaje de tarjetas corporativas en el país entre 2019 y 2021 fue en promedio cercano al 3%¹⁰. Por lo cual es de esperar que la mayoría de las compras registradas mediante los datáfonos correspondan al consumo realizado por personas físicas, no por empresas.

Debe señalarse que no todos los hogares cuentan con tarjetas o hacen uso de estas para pagar sus compras de consumo. De hecho, según cifras de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH, 2018), en el 2018 un 41,7% de los hogares pagó gastos de consumo y compras para donaciones mediante tarjetas. Esos hogares se caracterizan por ser en su mayoría de ingreso alto (66%) y residir en la zona urbana (80%). Si bien estas cifras no se extraen de los datos utilizados en este estudio, permiten dar una idea indirecta del tipo de hogares que podrían estar siendo representados en este análisis.

Justamente cuando los datos de gasto en consumo se agrupan por regiones de planificación, se observa una concentración del valor cercana al 80%¹¹ en la región Central (ver Gráfico A1 en Anexo), lo cual se considera normal dentro de la estructura económica regional del país. En segundo lugar, se encuentra la región Chorotega (con cerca del 8%), seguida por el Pacífico Central (aproximadamente 5%), Huetar Norte, Brunca y Huetar Caribe.

⁷ En Costa Rica este mercado se caracteriza por una alta concentración; los tres mayores adquirentes procesan el equivalente al 95% del valor de las ventas con tarjetas realizadas en el país.

⁸ Se recibieron datos de un total de 81 cantones (municipalidades). Aunque actualmente Costa Rica cuenta con 84, los tres restantes correspondían a distritos que anteriormente estaban integrados dentro de otros cantones.

⁹ Las categorías mercantiles son usadas por los dueños de las marcas de tarjetas y las entidades financieras para clasificar a los locales comerciales según el tipo de bien o servicio que venden.

¹⁰ Según estadísticas de la División de Sistemas de Pagos del Banco Central de Costa Rica.

¹¹ Se asemeja a la concentración regional estimada con datos del PIB cantonal, con base en datos del BCCR.

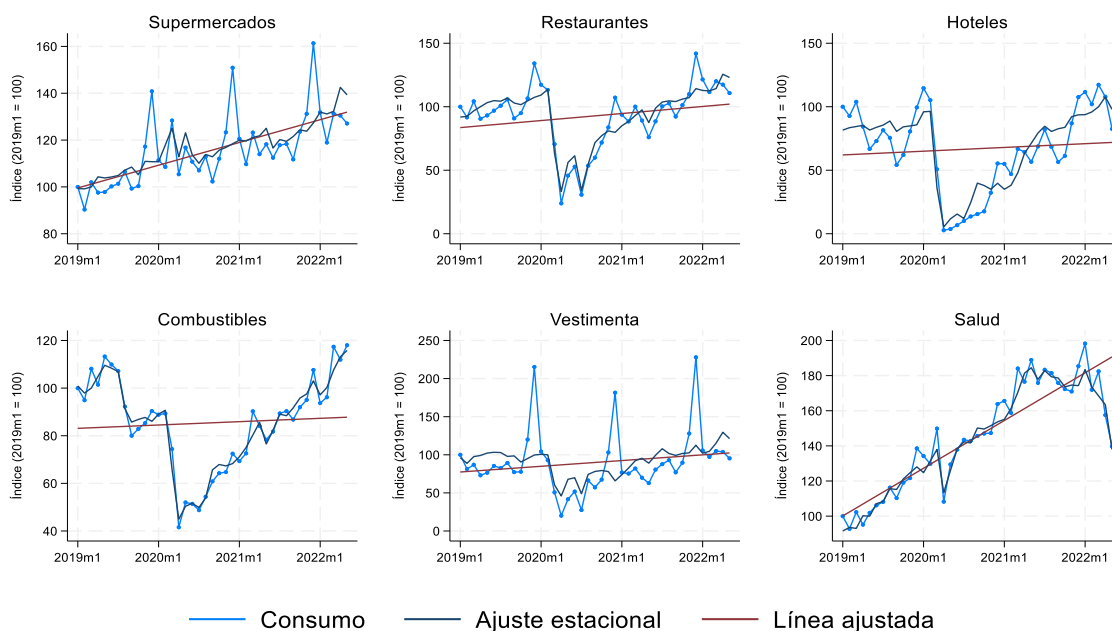
El uso de datos de transacciones presenta ventajas con respecto a otras opciones de datos de consumo más agregados o menos frecuentes, tales como el consumo final de los hogares de cuentas nacionales, que se encuentra agregado a escala nacional, o el gasto en consumo de los hogares de las encuestas de ingresos y gastos, cuya frecuencia es cercana a cada cinco años. Internacionalmente varios trabajos han recurrido también a datos de transacciones para representar variables de consumo (Agarwal et al., 2020; Aladangady et al., 2021; Wahdat & Lusk, 2024).

Los datos de consumo en cada cantón están desagregados en un máximo de 36 categorías mercantiles, las cuales se agregan en siete¹² grupos que se denominan categorías de consumo: supermercados, restaurantes, hoteles, combustibles, vestimenta, salud y otros (véase la participación anual relativa del valor en Gráfico A2 en el Anexo).

Se aplicó un ajuste estacional a las series por categoría de consumo para eliminar aquellas oscilaciones en el consumo atribuibles a factores característicos de ciertos meses, por ejemplo, el aumento de las compras navideñas en diciembre. Para ello se utilizó el método TRAMO/SEATS disponible en el software estadístico Eviews.

En los casos en que no se pudo desestacionalizar o cuando la transformación por estacionalidad arrojó un valor negativo o positivo que originalmente era cero (5,94% de los casos), o cuando reemplazó un valor negativo por uno positivo (0,31%), todos estos se reemplazaron por el valor original de la serie, es decir, sin el ajuste estacional. Lo cual se realizó en un 6,25% de las observaciones.

Gráfico 1. Índice de gasto en consumo total por mes, según categoría de consumo, 2019m1-2022m5 (2019m1 = 100)



Nota: No se incluye la categoría de consumo denominada "Otros". Fuente: elaboración propia.

¹² Véase la lista completa de categorías de consumo en el Cuadro A2 en el Anexo.

En el Gráfico 1 se muestra la evolución del gasto por categoría de consumo durante el periodo de análisis, con y sin ajuste estacional, y una línea de ajuste estimada para la serie original. Se observa que, además de la marcada estacionalidad en el consumo en supermercados y vestimenta en los meses de diciembre, hay una caída significativa en el consumo de restaurantes, hoteles y combustibles a partir de marzo del 2020, al inicio de la pandemia del COVID-19 en el país. En esas tres últimas categorías posteriormente se observa la recuperación gradual hasta alcanzar niveles previos a la pandemia, aproximadamente entre uno y dos años después. También es notoria la tendencia creciente en el consumo de la categoría de salud durante este periodo, hasta casi duplicar las cifras al cabo de tres años, aunque se observa una disminución a partir de abril del 2022.

4.2 Datos de precipitación e indicadores de eventos extremos

Los datos de precipitación a escala cantonal pertenecen al Repositorio de Ambiente y Clima del Área de Estadísticas Ambientales del Banco Central de Costa Rica. La fuente primaria de los datos es el *Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Stations*, conocido como CHIRPS por sus siglas en inglés (Funk et al., 2015). Se trata de precipitación obtenida a partir de imágenes satelitales ajustada con datos de estaciones meteorológicas. CHIRPS provee datos de grilla con una resolución de $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ (aproximadamente $5,6 \text{ km}^2$). Para obtener los valores a escala cantonal se utilizó la capa de cantones del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). La precipitación cantonal se calculó como el promedio diario de los valores de la grilla dentro de cada cantón¹³. Luego, los datos diarios se agregaron por mes para generar la variable de precipitación acumulada mensual en el periodo de enero de 1981 a mayo del 2022.

Se generaron variables mensuales¹⁴ de ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos y ocurrencia de anomalías en precipitación para cada cantón durante el periodo de enero del 2019 hasta mayo del 2022. La generación de estas variables requirió del uso de un periodo de referencia¹⁵ de 30 años, según las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología, para aproximar la distribución de precipitación de largo plazo en cada cantón y mes.

Los eventos hidrometeorológicos extremos se pueden definir como fenómenos raros en cierto lugar y época porque son poco frecuentes de acuerdo con su distribución de probabilidad (IMN-CRRH, 2008; Retana, 2012). En este estudio, similarmente a Otero-Cortés & Bohorquez-Penuela (2020), un evento extremo ocurre cuando el valor observado de precipitación se encuentra por debajo del percentil 10 o por arriba del percentil 90 de su distribución de probabilidad mensual (precipitación de largo plazo) en cada cantón y mes específico.

¹³ Los datos forman parte del Repositorio de Ambiente y Clima del Área de Estadísticas Ambientales del Banco Central de Costa Rica.

¹⁴ Retana (2012) indica que los valores mensuales, e incluso anuales, pueden capturar la señal de eventos extremos diarios.

¹⁵ Al que también se le llama línea base.

La precipitación observada se tiene para el periodo entre enero de 2019 y mayo del 2022, mientras que la precipitación de largo plazo es medida entre enero de 1989 y diciembre del 2018. A partir de ello se crean variables dicotómicas, con referencia a percentiles específicos, que asumen el valor de 1 si ocurrió un evento extremo y 0 si no. Los eventos hidrometeorológicos extremos basados en percentiles 90 y 10 se pueden expresar de la siguiente forma:

$$\begin{array}{cc}
 \text{Evento extremo lluvioso} & \text{Evento extremo seco} \\
 EE90_{it} = \begin{cases} 1 \text{ si } P_{it}^o - P_{im}^{PC90} > 0 \\ 0 \text{ si } P_{it}^o - P_{im}^{PC90} \leq 0 \end{cases} & EE10_{it} = \begin{cases} 1 \text{ si } P_{im}^o - P_{im}^{PC10} < 0 \\ 0 \text{ si } P_{im}^o - P_{im}^{PC10} \geq 0 \end{cases}
 \end{array}$$

donde $EE90_{it}$ se refiere a un evento hidrometeorológico extremo con respecto al percentil 90 de la distribución en el cantón i en el tiempo (mes-año) t , P_{it}^o es la precipitación observada y P_{im}^{PC90} es la precipitación en el percentil 90 de la distribución de largo plazo del mes m . Mientras que $EE10_{im}$ se refiere a un evento hidrometeorológico extremo con respecto al valor del percentil 10 de la distribución de largo plazo (P_{im}^{PC10}). Similarmente se generaron indicadores de eventos extremos basados en los percentiles 5 y 95 de la distribución.

Adicionalmente se aplica el concepto de anomalía estandarizada para definir la ocurrencia de un evento extremo de otra forma. La anomalía indica cuánto se desvía la precipitación observada del promedio de largo plazo en un mismo cantón. Se puede expresar en milímetros o número de desviaciones estándar. Esta variable se puede interpretar como un choque de corto plazo y ha sido utilizada previamente en el análisis de la relación entre clima anormal y el consumo (Sandqvist & Siliverstovs, 2021). En este trabajo calculamos anomalías estandarizadas al dividir la anomalía por la desviación estándar de largo plazo, similar a Alvarado-Quesada et al., (2024) y, de igual forma, tomamos el umbral de dos desviaciones estándar (por arriba o por abajo del promedio) para determinar la ocurrencia de un evento extremo (lluvioso o seco) en un determinado mes y cantón. En la siguiente fórmula:

$$nds_{it} = \frac{P_{it}^o - P_{im}^{LP}}{ds_{im}^{LP}}$$

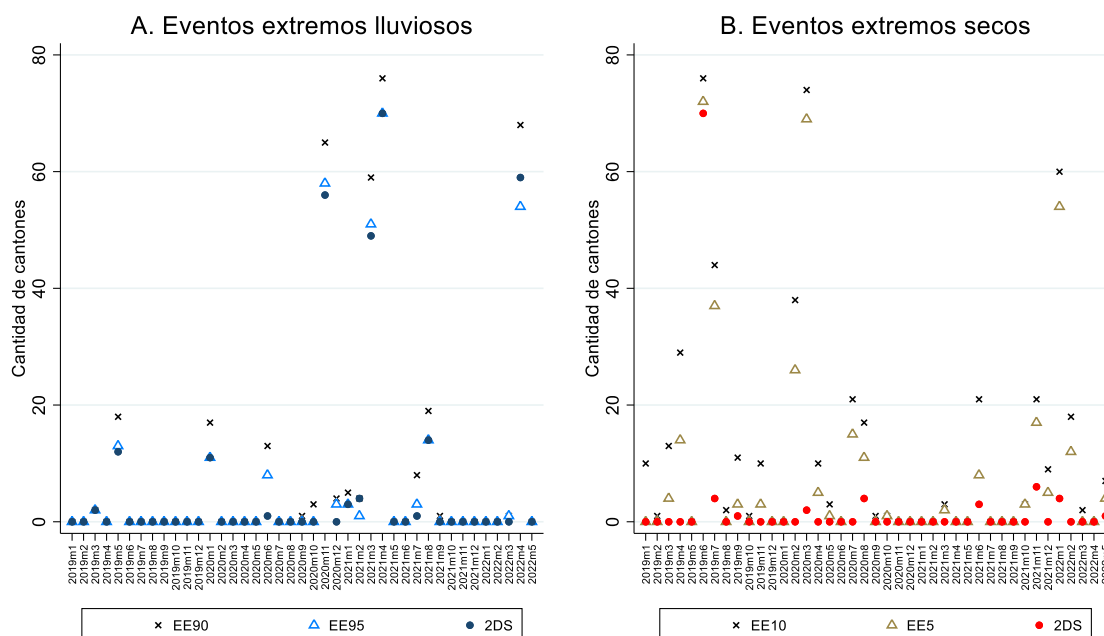
nds_{it} es el número de desviaciones estándar de precipitación en el cantón i en el tiempo t , P_{it}^o es la precipitación observada, P_{im}^{LP} es la precipitación promedio de largo plazo para el mes m y ds_{im}^{LP} es la desviación estándar de largo plazo. Las anomalías secas, con lluvia inferior al promedio, corresponden a valores negativos, éstos se multiplicaron por -1. Luego, los eventos hidrometeorológicos extremos basados en la anomalía estandarizada se pueden expresar de la siguiente forma:

$$2DS_{it} = \begin{cases} 1 \text{ si } nds_{it} > 2 \\ 0 \text{ si } nds_{it} \leq 2 \end{cases}$$

donde $2DS_{im}$ se refiere a un evento hidrometeorológico extremo con respecto a la anomalía de dos desviaciones estándar en el cantón i en el tiempo (mes-año) t .

El Gráfico 2 muestra la cantidad de cantones que experimentaron un evento extremo lluvioso (panel A) o seco (panel B) por mes según diferentes umbrales en la definición del evento extremo. Los eventos extremos asociados al percentil 10 o 90 son menos extremos, por definición, que aquellos asociados al percentil 5 y 95, por lo que se observa una mayor ocurrencia de los primeros. Los eventos extremos basados en al menos dos desviaciones estándar del promedio son generalmente aún más extremos; se aprecia que su ocurrencia es menos frecuente en general, pero sobre todo el caso de eventos extremos secos. Independientemente del umbral usado para la identificación de eventos extremos, se observa que los secos ocurrieron con más frecuencia en los meses de enero, marzo y junio cuando se registró al menos la mitad de los eventos. Mientras que los eventos extremos lluviosos se concentraron en los meses de marzo, abril y noviembre como se aprecia en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Cantidad de cantones con eventos extremos por mes, 2019m1-2022m5



Nota: Cantidad de cantones en los que ocurrió un evento extremo al mes. Panel A: eventos extremos lluviosos definidos al usar como umbrales los percentiles 90 (EE90), 95 (EE95) o de 2 desviaciones estándar (2DS). Panel B: eventos extremos secos definidos al usar como umbrales los percentiles 10 (EE10), 5 (EE5) o de 2 desviaciones estándar (2DS).

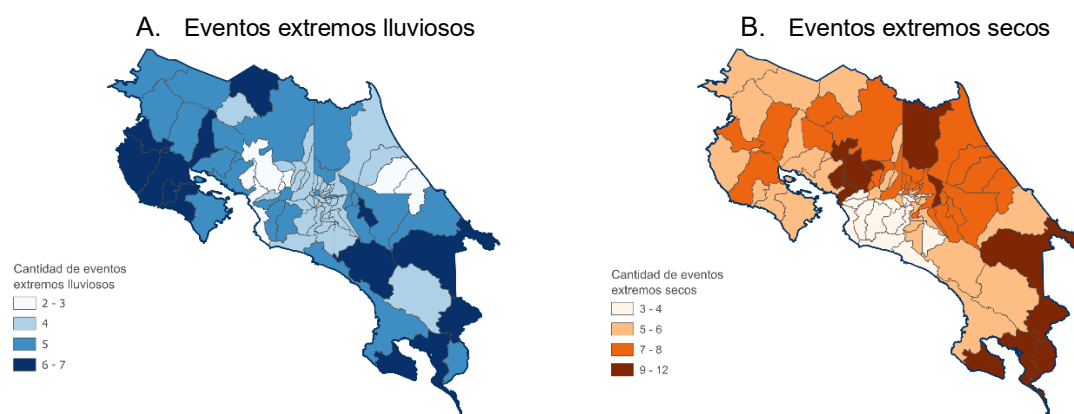
Fuente: elaboración propia.

Una característica que se observa de los eventos extremos es que su ocurrencia no es continua. Pueden suceder más de una vez en el mismo cantón, pero es poco probable que ocurra en meses consecutivos, a esto se le conoce como tratamiento intermitente. En el 3,64% y el 0,57% de los casos cantón-mes ocurrieron eventos extremos secos (EE10) consecutivos de dos meses y tres, respectivamente. Entre los que sobresalen los eventos secos ocurridos en junio y julio del 2019, y en febrero y marzo del 2020, con una incidencia de la mitad de los cantones. En 2019 los meses coinciden con la época en la que el país estuvo bajo la influencia del fenómeno del Niño. Por su parte, los eventos extremos lluviosos (EE90) consecutivos ocurrieron en el 1,89% de los casos y se destacan los meses de marzo

y abril del 2021, con 56 cantones. Meses en los que el país estuvo bajo la influencia del fenómeno la Niña.

En cuanto a la distribución espacial de los eventos hidrometeorológicos extremos, en la Figura 1, panel A, se observa que los eventos lluviosos se concentran principalmente en cantones localizados en el Pacífico Norte y la Región Norte, así como en el Pacífico Sur y Caribe Sur. Se observa una menor frecuencia de estos eventos en las regiones Caribe Norte, Central, Pacífico Central.

Figura 1. Cantidad de eventos extremos por cantón, 2019m1-2022m5



Nota: Mapa de cantones de Costa Rica. El panel A indica la cantidad de eventos extremos lluviosos (escala de color azul) y el panel B la cantidad de eventos extremos secos por cantón (escala de color anaranjada). En los cantones más nuevos (Monte Verde, Río Cuarto y Puerto Jiménez) se anotaron los eventos extremos del cantón al que pertenecían originalmente.

Fuente: Elaboración del Área de EAM del BCCR con base en mapas del IGN (2024)¹⁶.

En la Figura 1, panel B, se observa una mayor concentración de eventos extremos secos en cantones de las regiones Central, Norte y Caribe Norte. Además, destacan los cantones Coto Brus, Corredores y Golfito, en la región del Pacífico Sur, y Talamanca con al menos 9 eventos extremos secos. Llama la atención que los cantones de Golfito, Coto Brus y Talamanca muestran también alta ocurrencia de eventos extremos lluviosos.

4.3 Otros datos

En parte de los análisis se consideraron también datos de temperatura y de variables relacionadas con la pandemia del COVID-19, las cuales se describen a continuación.

¹⁶ Instituto Geográfico Nacional. (2024). División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica por provincia, cantón y distrito, escala 1:5.000 (Capa oficial). Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). Recuperado de https://www.snitcr.go.cr/Metadatos/full_metadata2?k=Y2FwYT06SUdOKzEIM0E1bWlSk0NPOjpsaW1pdGVjYW50b25hbF81aw==

4.3.1 Temperatura

Los datos de temperatura son mediciones diarias de 53 estaciones meteorológicas en sitio, en grados Celsius (°C), para el periodo de enero del 2019 a diciembre del 2022 y fueron suministrados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Algunas estaciones no presentan series completas o presentan valores acumulados en un solo día. Se descartaron las estaciones con más del 10% de valores faltantes, lo cual resultó en 42 estaciones. Cuando hubo valores acumulados se calculó el promedio diario de los días en cuestión.

Hubo 26 cantones, de un total de 81, en los que había al menos una estación meteorológica. En los cantones con una estación (12 casos) usamos el valor registrado por esa única estación para calcular la temperatura promedio mensual del cantón. En los cantones con 2 o 3 estaciones (14 casos) se calculó la temperatura promedio ponderada por la población del distrito¹⁷ donde se localizaba la estación y, a partir de ello, el promedio mensual cantonal. En los cantones donde no hubo estaciones (55 casos), se imputó la temperatura promedio de la región climática correspondiente. La temperatura de las regiones climáticas se calculó como el promedio ponderado por la población de los cantones que pertenecían a la región¹⁸ y que tenían estaciones.

4.3.2 COVID-19

Consideramos la inclusión de variables control que aproximen la situación de la pandemia del COVID-19 durante el periodo de análisis. Contamos con datos diarios de casos nuevos de contagio del COVID-19 por cantón de marzo del 2020 a mayo del 2022, provenientes del Ministerio de Salud, los cuales se agregaron mensualmente. Se usa una transformación de seno hiperbólico inverso para contemplar los meses con cero contagios antes de la pandemia. También se tiene información diaria de alertas sanitarias por cantón, que fueron emitidas por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) para establecer restricciones de movilidad durante la pandemia. Las alertas se clasifican en cuatro categorías (verde, amarilla, naranja y roja) que indicaban el grado de severidad de las restricciones, para más detalle véase Barquero-Romero et al. (2022).

5. Estrategia empírica

En este estudio se pretende estimar el efecto de los eventos hidrometeorológicos extremos en el gasto en consumo. Para poder identificar un efecto causal es necesario que los eventos extremos hayan ocurrido aleatoriamente y que sean exógenos a otros factores. Los datos empleados proveen dos fuentes exógenas de variación de los eventos extremos: la variación en el momento y lugar de ocurrencia. El cumplimiento de la condición de exogeneidad resuelve el problema de causalidad inversa (Dell et al., 2014), es decir, que

¹⁷ Los datos de población corresponden a las estimaciones y proyecciones de población distritales publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (Brenes Camacho, 2014).

¹⁸ En el caso de cantones con parte de su área en más de una región climática, el cantón se asignó a la región climática que contaba con una mayor parte de su área.

anula la preocupación de que el gasto en consumo tenga alguna influencia sobre los eventos extremos.

En la medida en que los eventos extremos se den aleatoriamente, se reduce la posibilidad de omitir en nuestra estimación otros factores relacionados con su ocurrencia y con el gasto en consumo a la vez, lo cual se conoce como el problema de variable omitida (Bonfrer et al., 2022). Sin embargo, algunos factores asociados a la parte predecible del tiempo atmosférico podrían ser difíciles de eliminar y afectarían nuestras estimaciones de no considerarlos.

Ese puede ser el caso de factores culturales, propios de cada cantón, que estén correlacionados con su clima y consumo. Es necesario controlar por esos factores para evitar que los eventos extremos capturen las diferencias en los patrones de consumo entre cantones, que responden al clima de largo plazo. Un ejemplo específico puede ser las diferencias en el consumo entre los cantones de Siquirres y Santa Ana, en Siquirres llueve más y el gasto en consumo en supermercados es relativamente mayor que el gasto en restaurantes en Santa Ana. No es esa diferencia en el consumo la que se quiere capturar, si no la que se genera por las desviaciones del tiempo atmosférico con respecto al clima característico de cada cantón.

También es pertinente eliminar el posible sesgo ocasionado por factores que varían en el tiempo y que son comunes entre cantones, un ejemplo es la pandemia del COVID-19 que inició en marzo del 2020. Los efectos del virus en la salud de las personas, junto con las medidas tomadas para detener su contagio, tuvieron un impacto significativo en el consumo y en otras variables económicas en el país.

Para tratar de controlar por ambos tipos de factores se aplica un modelo de efectos fijos en dos vías, mejor conocido como *Two Way Fixed Effects* (TWFE). En una vía se incluyen efectos fijos a nivel de cantón-categoría de consumo y en la otra vía los efectos fijos a nivel de mes-año. Esta estrategia se usa comúnmente cuando el tratamiento se implementa en diferentes lugares y diferentes momentos, ya que permite controlar los factores específicos de la ubicación y del período (Jakiela, 2021). En este caso, la ocurrencia de un evento extremo (tratamiento) varía en los cantones y en el tiempo.

El estimador de TWFE es un promedio ponderado de todas las posibles estimaciones del efecto de Diferencias en Diferencias de dos periodos y dos grupos (Goodman-Bacon, 2021). Un supuesto clave en la estrategia TWFE es que la ocurrencia del evento extremo es exógena condicional a los efectos fijos. Esta estrategia puede proporcionar un impacto causal de los eventos extremos en el consumo bajo el supuesto de tendencias paralelas y efectos homogéneos¹⁹ en el tiempo en los cantones (Goodman-Bacon, 2021).

El modelo TWFE que representa la relación entre el gasto en consumo total y los eventos extremos se representa mediante la siguiente ecuación:

¹⁹ Para mayor detalle véase el Anexo 9.4.

$$\ln(c_{jit}) = \beta_0 + \beta_1 EE10_{it} + \beta_2 EE90_{it} + \theta_1 COVID_{it} + \alpha_{ij} + \mu_t + \epsilon_{ijt} \quad (1)$$

donde $\ln(c_{jit})$ es el logaritmo natural²⁰ del gasto en consumo de la categoría de consumo j en el cantón i en el mes t . $EE10_{it}$ es una variable indicadora de evento extremo seco que asume el valor de 1 si el evento ocurrió en el cantón i en el mes t y 0 si no. Mientras que $EE90_{it}$ es el indicador de evento extremo lluvioso. La variable $covid_{it}$ representa el seno hiperbólico inverso del número de casos nuevos de coronavirus en cada mes y cantón. Los efectos fijos a nivel de cantón-categoría de consumo están representados por α_{ij} , mientras que los efectos fijos temporales, de mes-año, que comparten los cantones se representan por μ_t . El componente ϵ_{ijt} representa un término aleatorio. Los parámetros β_1 y β_2 representan el efecto de los eventos extremos secos y lluviosos, respectivamente, en el consumo. Se pueden interpretar como que el evento extremo tuvo un impacto del $\beta\%$ en el consumo en comparación con la no ocurrencia del evento.

Adicionalmente, se ajusta el modelo para estimar la relación entre el gasto en consumo y los eventos extremos por época. Esto se contempla en la ecuación con la incorporación de la interacción de las variables de eventos extremos con una variable indicadora de época que asume el valor de 1 en los meses de la época seca (y meses de transición) y 0 en los meses de la época lluviosa, según corresponda a la región climática de pertenencia del cantón.

Luego, para considerar la existencia de posibles efectos heterogéneos por categorías de consumo en la relación entre eventos extremos lluviosos y el gasto en consumo, la ecuación (2) incluye la interacción entre el indicador de categoría de consumo, I_j , y el indicador de evento extremo lluvioso, $EE90_{it}$. Además, para analizar diferencias por época, la interacción mencionada se interactúa también por la variable de época seca (V_t). El modelo se plantea mediante la siguiente ecuación:

$$\ln(c_{jit}) = \beta_0 + \beta_1 EE10_{it} + \beta_2 EE90_{it} + \beta_3 EE90_{it} * V_t + \sum_{n=1}^6 \delta_j I_j * EE90_{it} + \sum_{n=1}^6 \gamma_j I_j * EE90_{it} * V_t + \theta_1 COVID_{ij} + \alpha_{ij} + \mu_t + \epsilon_{ijt} \quad (2)$$

donde V_t es el indicador de época, asume el valor de 1 si es época seca o 0 si es lluviosa, mientras que I_j representa j variables dicotómicas que asumen el valor de 1 si la categoría de consumo es la j -ésima (para cada una de las categorías²¹, con excepción de la categoría base, que en este caso es vestimenta) y cero en caso contrario. El efecto de los eventos extremos lluviosos en el gasto en consumo de la categoría base durante la época lluviosa se representa mediante β_2 . En la época seca ese efecto se calcula como $\beta_2 + \beta_3$, porque β_3 es la diferencia del efecto entre épocas. El efecto de los eventos extremos lluviosos en una determinada categoría de consumo j durante la época lluviosa se estima como $\beta_2 + \delta_j$. Mientras que el efecto en esa misma categoría j durante en la época seca se calcula como $\beta_2 + \beta_3 + \delta_j + \gamma_j$.

²⁰No se consideran observaciones con consumo igual a cero. No obstante, se realizan pruebas de robustez de los resultados que comprenden la transformación de ceros en la variable consumo (Sección 6.1) y un ajuste por selección de la muestra (Anexo 9.3).

²¹ Categorías de consumo: 1. Combustibles, 2. Hoteles, 3. Otros, 4. Restaurantes, 5. Salud, 6. Supermercados

Los demás elementos de la ecuación se interpretan tal como en la Ecuación 1. La Ecuación 2 se puede expresar homológamente para estimar el efecto de los eventos extremos secos por categoría de consumo y época al intercambiar $EE90_{it}$ por $EE10_{it}$ y viceversa.

6. Resultados

En esta sección se describen los resultados de la estimación del impacto de los eventos extremos en el gasto en consumo total y por categorías de consumo. Los resultados que se muestran a continuación se derivan de estimar el modelo de TWFE (Ecuación 1 o 2) expuesto en la sección anterior. En algunos casos se incorporan variaciones al modelo que se indican según corresponde.

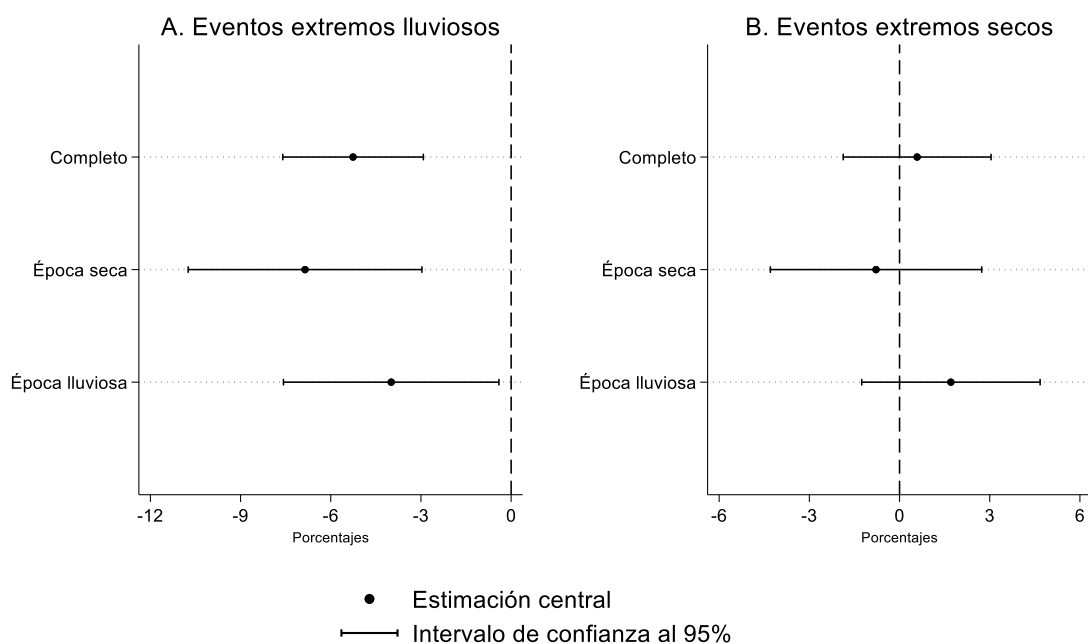
6.1 Efecto de los eventos extremos en el consumo total

El primer resultado sugiere que los eventos extremos lluviosos tienen un impacto negativo en el consumo total. El Gráfico 3, panel A, muestra el efecto estimado cuando se considera el modelo completo, en época seca y en época lluviosa. Se estima un efecto promedio negativo en el consumo del 5,3%, que puede interpretarse como una reducción promedio en el consumo en los cantones y meses en los que ocurrió un evento extremo en comparación con la ausencia del evento. Cuando se estima el efecto para cada época, el signo sigue siendo negativo en ambos casos, con un impacto negativo de 6,9% en los meses de la temporada seca y de 4,0% en los meses de la temporada lluviosa, cuya diferencia (2,9 puntos porcentuales) no es estadísticamente significativa.

Se encuentra que los eventos extremos secos no tienen un efecto significativo en el consumo total, aun cuando se estudian separadamente las épocas seca y lluviosa (Gráfico 3, panel B). Sin embargo, este resultado cambia cuando se analiza por categorías de consumo, como se muestra posteriormente en la Sección 6.2.

Los resultados del modelo completo (base) son robustos a variantes en la especificación y cambios en las variables de control. En todos los casos se confirma la estimación de un efecto negativo y significativo de los eventos extremos lluviosos en el gasto en consumo total y que no hay un efecto significativo de los eventos extremos secos.

Gráfico 3. Efecto estimado de los eventos extremos en el gasto en consumo



Nota: Efecto estimado de los eventos extremos en el gasto en consumo por tipo de evento extremo (el panel A corresponde a eventos extremos lluviosos y el panel B a eventos extremos secos) al usar el modelo completo (base) y por época, mediante el modelo de TWFE. El modelo base corresponde a la Ecuación 1. El modelo por épocas añade a la Ecuación 1 un término de interacción de cada evento extremos por una variable dicotómica de época (ver resultados en Cuadro A3 en el Anexo). Errores estándar a nivel de conglomerados (cantón). El efecto estimado es estadísticamente igual a cero cuando el intervalo de confianza al 95% interseca la línea vertical punteada.

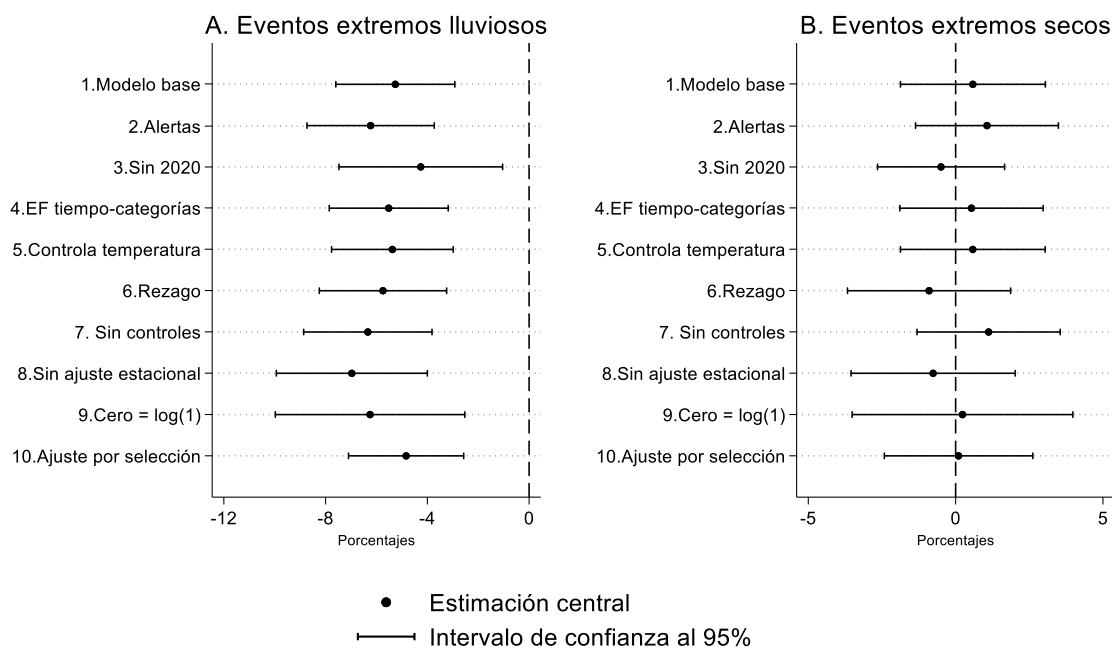
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 4 presenta los resultados de pruebas de sensibilidad para eventos lluviosos (panel A) y secos (panel B), listadas del 2 al 10. Los modelos 2 y 3 examinan que los resultados no hayan sido guiados por los efectos económicos relacionados con la pandemia: el modelo 2 usa la Alerta Sanitaria en vez de contagios nuevos, y el modelo 3 excluye el año 2020 debido a su impacto negativo en el consumo de los hogares.

En el modelo 4 se incorporan efectos fijos de mes-año que varían por categorías de consumo y no solo por cantón, esto es para considerar choques temporales que pueden diferir entre tipos de consumo. El modelo 5 controla por una variable de temperatura promedio mensual del cantón, su omisión podría sesgar el resultado al estar correlacionada con los eventos extremos y el consumo, y variar en el tiempo y por cantón.

En el modelo 6 se incluye un rezago de la variable de eventos extremos para prever la posibilidad de que los efectos un mes previo no anulen el resultado contemporáneo. Mientras que el modelo 7 se estima sin variables de control, únicamente se mantienen los efectos fijos. El modelo 8 emplea la variable de consumo sin aplicar el ajuste estacional, mientras que el modelo 9 transforma la variable de consumo al reemplazar los ceros por el logaritmo natural de 1. Finalmente, en el modelo 10 se aplica la corrección de selección muestral por truncamiento incidental, se dan más detalles de este ejercicio en el Anexo 9.3.

Gráfico 4. Prueba de sensibilidad en los resultados de consumo total



Nota: Efecto estimado de los eventos extremos en el gasto en consumo por tipo de evento extremo (el panel A corresponde a eventos extremos lluviosos y el panel B a eventos extremos secos) para el modelo base (1) y los modelos del 2 al 10 que incorporan las pruebas de robustez mediante modelos de TWFE (Ecuación 1 y variaciones). Errores estándar ajustados por conglomerados de cantón. El efecto estimado es estadísticamente igual a cero cuando el intervalo de confianza al 95% interseca la línea vertical punteada. Fuente: Elaboración propia.

Otra posible causa de sesgo en el estimador de TWFE se relacionan con el uso de unidades contaminadas en la construcción del contrafactual. El análisis de diagnóstico de la existencia de este tipo de sesgos se revisa en el Anexo 9.4. En resumen, los resultados son robustos a pruebas que eliminan el uso de controles contaminados y se descarta que la aparición de pesos negativos esté guiando los resultados.

6.2 Efecto de los eventos extremos en el gasto en consumo por categorías de consumo

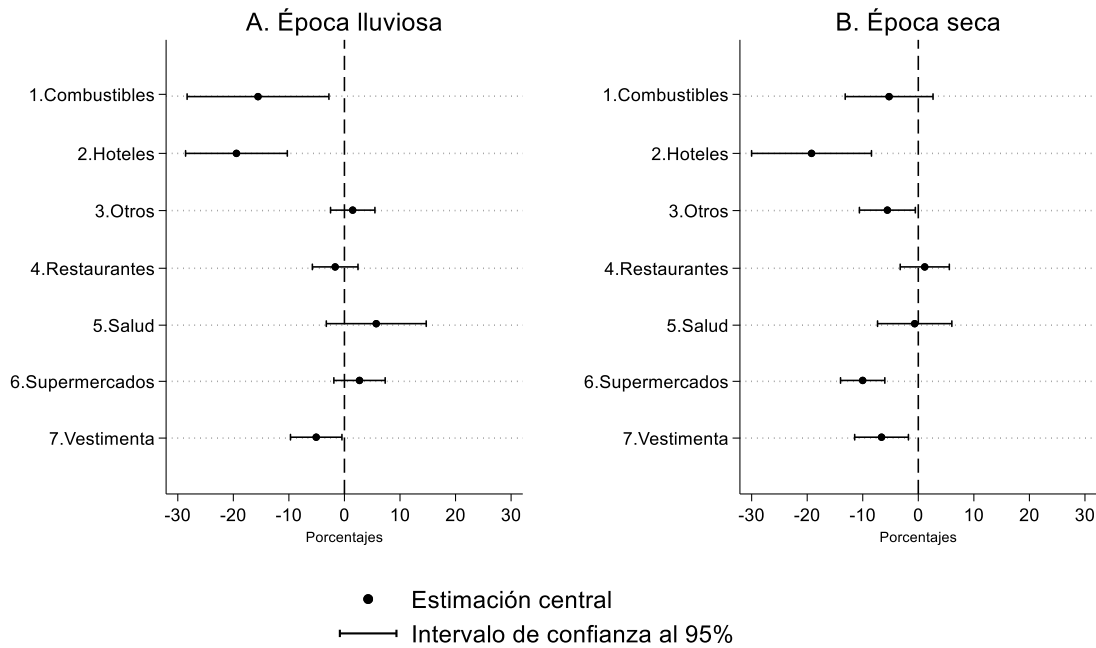
En este apartado se muestra evidencia de efectos heterogéneos de los eventos extremos, lluviosos o secos, sobre el gasto por categorías de consumo. Además, se encuentra que el efecto estimado del evento extremo varía según la época del año en la que ocurre.

El Gráfico 5, panel A, muestra que la ocurrencia de eventos extremos lluviosos durante la época lluviosa tiene un impacto promedio negativo y significativo en el gasto en consumo de combustibles y hoteles. Un común denominador de estas actividades es que se relacionan con movilidad, por lo que este resultado sugiere que lluvias que exceden el nivel usual en la época lluviosa previenen el gasto en actividades asociadas con desplazamientos. Además, se observa un efecto negativo en las compras de vestimenta.

En el mismo gráfico se observa que el consumo de servicios de restaurantes, servicios de salud y supermercados no se ven afectados estadísticamente por eventos extremos lluviosos en la época lluviosa. Esto parece reflejar que el consumo de actividades usualmente consideradas como esenciales, tales como venta de alimentos y medicamentos, no sufre un impacto significativo.

Por otra parte, el panel B del Gráfico 5 muestra los efectos de las lluvias extremas en el consumo durante la época seca. Similar al resultado anterior, el consumo en restaurantes y servicios de salud no se ve afectado significativamente por lluvias extremas en época seca. Sin embargo, éstas tienen un efecto negativo significativo en el consumo en actividades de hoteles, supermercados y vestimenta, pero no en el de combustibles. Lo anterior señala la existencia de heterogeneidad en el efecto de los eventos extremos lluviosos también a nivel de una misma categoría en distintas épocas del año.

Gráfico 5. Efecto de los eventos extremos lluviosos en el consumo por categoría de consumo, según época



Nota: Efecto estimado de los eventos extremos lluviosos en el gasto en consumo por categoría de consumo (el panel A corresponde a la época lluviosa y el panel B a época seca) mediante un modelo de TWFE (Ecuación 2). Errores estándar ajustados por conglomerados de cantón. El efecto estimado es estadísticamente igual a cero cuando el intervalo de confianza al 95% interseca la línea vertical punteada.

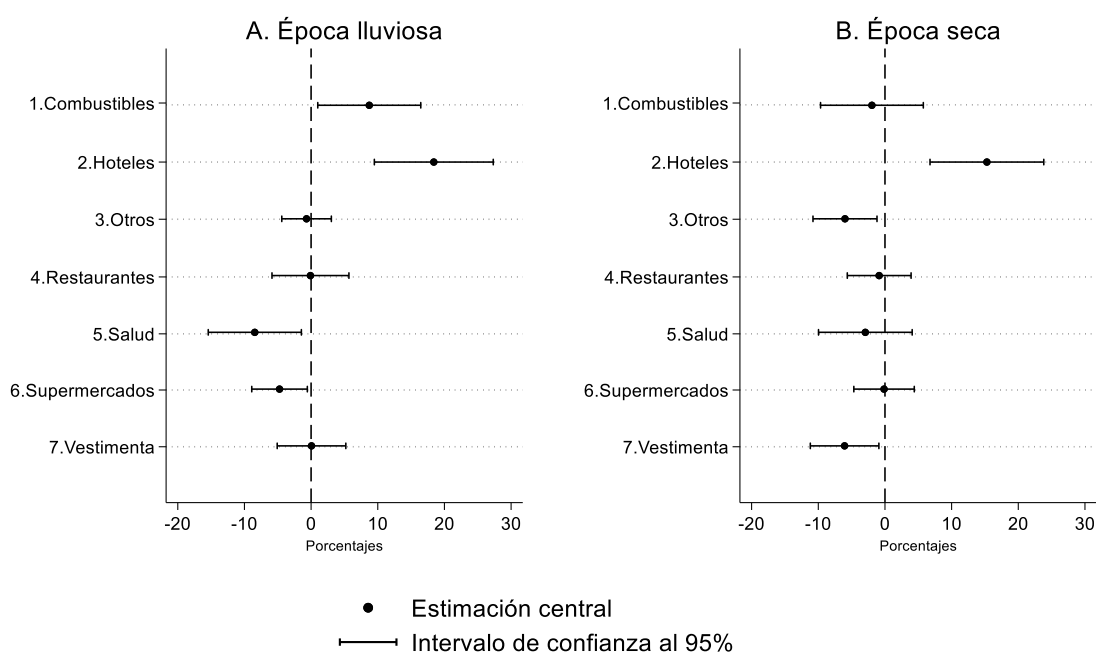
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 6 provee evidencia de existencia de efectos heterogéneos de los eventos extremos secos en el gasto por categorías de consumo. Los eventos extremos secos que ocurrieron en la época lluviosa se asocian con un incremento en el consumo de combustibles y hoteles, mientras que reducen el consumo en categorías de salud y supermercados (Gráfico 6, panel A). Estos resultados sugieren que la disminución inusual de las lluvias en la época lluviosa genera un intercambio del gasto entre categorías de

consumo. Una hipótesis para explicarlo es que las condiciones atmosféricas se vuelven más favorables para realizar actividades como paseos o turismo, las cuales implican movilidad. Adicionalmente, una disminución en las lluvias estacionales podría contribuir a evitar la propagación de enfermedades respiratorias que proliferan con alta frecuencia durante la época lluviosa (Universidad de Costa Rica, 2020). Lo cual podría ser el responsable de un menor gasto en consumo en servicios de salud.

Por otra parte, el Gráfico 6, panel B, muestra que los eventos extremos secos tienen un efecto positivo en el gasto en consumo de hoteles, pero negativo en la categoría de vestimenta durante la época seca.

Gráfico 6. Efecto estimado de los eventos extremos secos en el consumo por categoría de consumo, según época



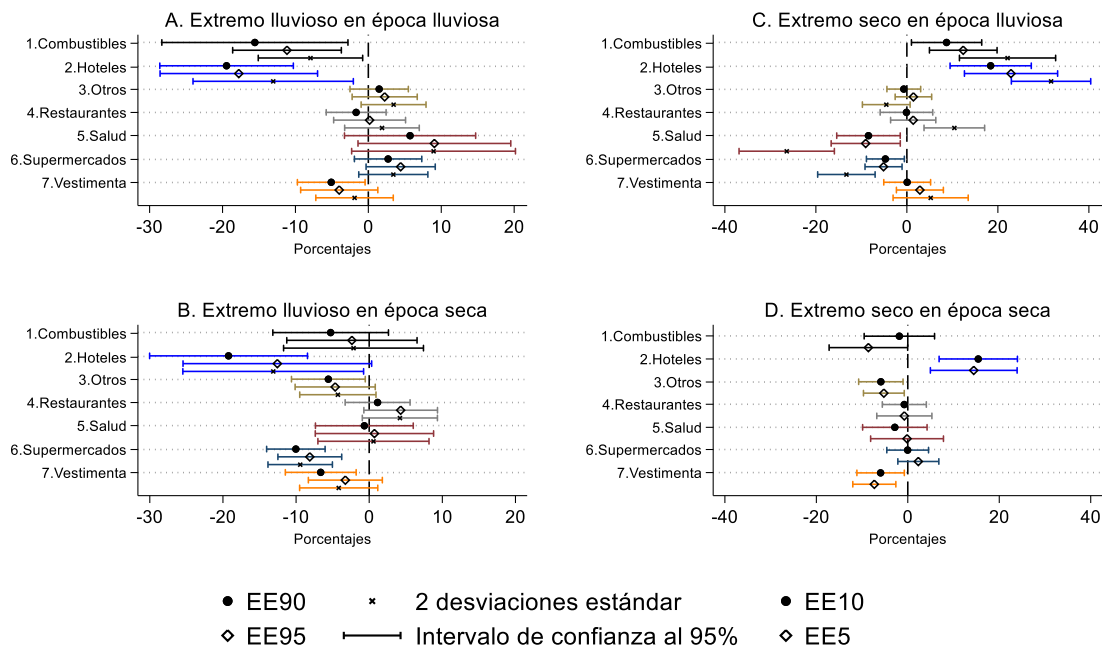
Nota: Efecto estimado de los eventos extremos secos en el gasto en consumo por categoría de consumo (el panel A corresponde a la época lluviosa y el panel B a época seca) mediante un modelo de TWFE (Ecuación 2). Errores estándar ajustados por conglomerados de cantón. El efecto estimado es estadísticamente igual a cero cuando el intervalo de confianza al 95% interseca la línea vertical punteada.
 Fuente: Elaboración propia.

6.3 Análisis de sensibilidad a variaciones en el umbral de eventos extremos

En los resultados previos, los eventos extremos se definen usando umbrales de lluvia que toman como referencia el percentil 10 o 90 de la distribución de lluvia acumulada para cada cantón en cada uno de los doce meses. Como prueba de sensibilidad aplicamos dos variaciones a este indicador. La primera toma el percentil 5 y 95 de la distribución de lluvia como valor de referencia, es decir, se consideran eventos aún más extremos (EE5 y EE95, respectivamente). La segunda variación toma como eventos extremos los casos en que la lluvia observada excedió (o fue inferior) al promedio de largo plazo en dos desviaciones

estándar. La mayoría de las veces, la precipitación asociada a este umbral excede los valores con respecto a los indicadores previos, por lo que pueden considerarse eventos aún menos probables.

Gráfico 7. Prueba de sensibilidad a diferentes eventos extremos



Nota: Efecto estimado de los eventos extremos en el gasto en consumo por categoría de consumo mediante un modelo de TWFE (Ecuación 2) y al usar diferentes indicadores de evento extremo: eventos extremos lluviosos (EE90, EE95, 2 desviaciones estándar) y eventos extremos secos (EE10, EE5, 2 desviaciones estándar). Los paneles A y B corresponden a eventos extremos lluviosos en época lluviosa y época seca, respectivamente. Los paneles C y D corresponden a eventos extremos secos en época lluviosa y seca, respectivamente. El panel D no incluye resultados de eventos extremos de 2 desviaciones estándar debido a cantidad insuficiente de eventos de ese tipo en época seca. Errores estándar ajustados por conglomerados de cantón. El efecto estimado es estadísticamente igual a cero cuando el intervalo de confianza al 95% interseca la línea vertical punteada.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 7 muestra los resultados. Al usar el percentil 95, se respalda que los eventos extremos lluviosos reducen el consumo en combustible y hoteles en la época lluviosa, así como la ausencia de efectos significativos de estos en el consumo de las demás categorías (panel A). Mientras que, durante la época seca, este tipo de eventos se asocia con un efecto negativo en el consumo de hoteles y supermercados (panel B).

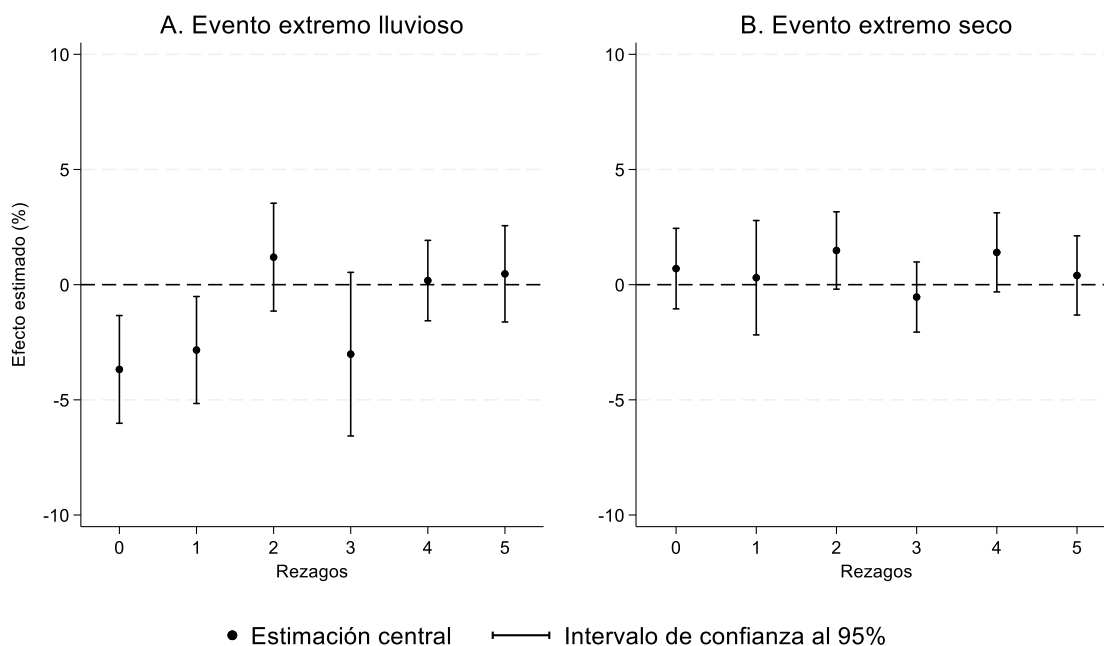
Por su parte, las distintas definiciones de eventos extremos secos respaldan el resultado de que, durante la época lluviosa, éstos se asocian con incrementos en el consumo de combustibles y hoteles, y reducen el consumo de las categorías de salud y supermercados (panel C). Además, en la época seca se sigue observando un consumo mayor en hoteles y menor en vestimenta que se asocia con extremos secos.

6.4 Análisis dinámico del efecto de los eventos extremos

La ocurrencia de un evento extremo pasado podría tener un efecto sobre el gasto en el consumo presente. Esto se puede analizar al incluir el rezago del indicador de eventos extremos en la Ecuación 1 de la Sección 5. El coeficiente asociado al rezago indicaría que, si un evento extremo ocurrió el mes pasado, las ventas del mes actual cambian en determinado porcentaje. Análogamente se puede suponer que ese porcentaje representa el efecto estimado de un evento extremo que ocurrió en el mes actual sobre el consumo del próximo mes. Además, se pueden incluir más rezagos y su coeficiente representarían el efecto estimado en el consumo de los meses futuros.

Esta técnica ha sido empleada en otros estudios para analizar un posible efecto de sustitución intertemporal en el consumo causado por variables meteorológicas (Busse et al., 2015; Sandqvist & Siliverstovs, 2021). El resultado de la suma de los coeficientes de las variables rezagadas se puede tomar como evidencia de si hubo una sustitución del consumo a través del tiempo.

Gráfico 8. Efecto estimado de los rezagos de los eventos extremos en el consumo



Nota: Efecto estimado de los eventos extremos presentes y pasados en el gasto en consumo por tipo de evento extremo (el panel A corresponde a eventos extremos lluviosos (EE90) y el panel B a eventos extremos secos (EE10)) mediante el modelo de TWFE. Al modelo base (Ecuación 1) se incluyen rezagos en del indicador de evento extremo y en la variable dependiente. Errores estándar ajustados a nivel de conglomerados (cantón). El efecto estimado es estadísticamente igual a cero cuando el intervalo de confianza al 95% interseca la línea horizontal punteada.

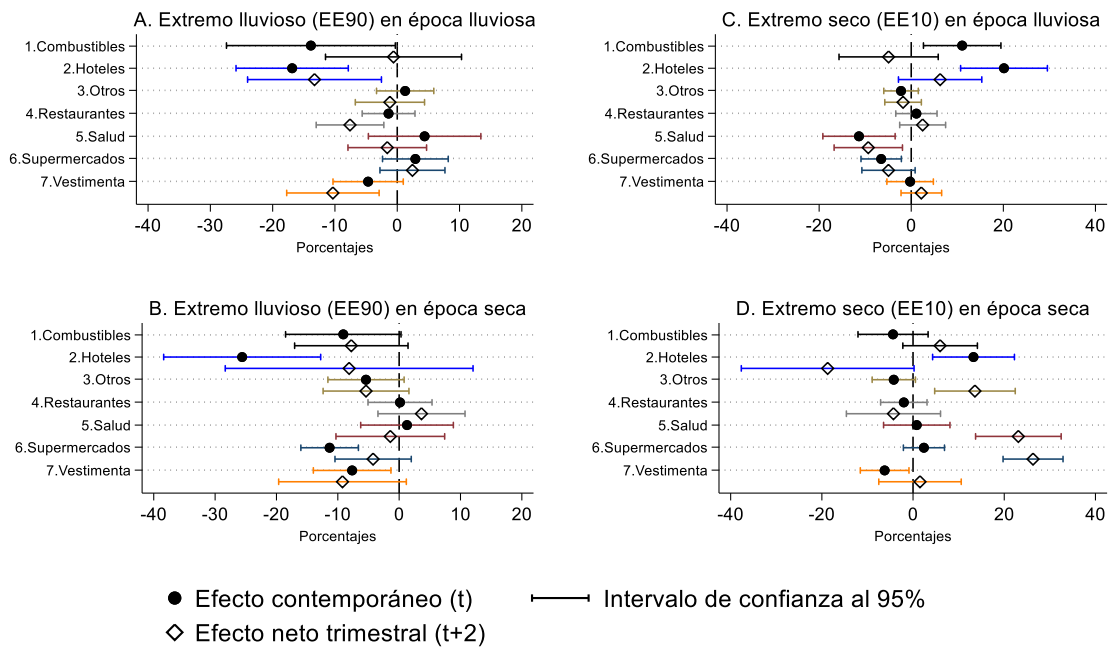
Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 8 se muestran los resultados. Se estima que los eventos extremos lluviosos afectan el consumo total hasta un mes después, pero no así los eventos extremos secos, los cuales no tienen un efecto significativo. El efecto acumulado de los eventos extremos

lluviosos no se anula, aun cuando se consideran hasta 5 rezagos, lo cual sugiere que no se deben a una sustitución intertemporal. El efecto acumulado de los primeros dos meses es del 5,3%, éste no difiere de la estimación del efecto contemporáneo sin rezagos.

Algunos estudios internacionales han encontrado una sustitución intertemporal en el consumo, principalmente en el caso de bienes no duraderos o compras de temporada, cuyo efecto en el consumo se desvanece luego de un trimestre (Sandqvist & Siliverstovs, 2021; Starr-McCluer, 2000). A partir del análisis dinámico por categoría de consumo se encuentra que la mayoría de las veces los efectos son menores o no significativos al cabo de un trimestre (véase Gráfico 9), lo que sugiere que los eventos son transitorios. Algunas excepciones son la caída en las ventas en hoteles por eventos lluviosos en la época lluviosa (panel A), o menor gasto en el consumo de salud asociados a eventos secos también en esa época (panel C).

Gráfico 9. Efecto estimado del rezago de los eventos extremos en el consumo por categoría de consumo



Nota: Efecto estimado contemporáneo (t) de los eventos extremos en el gasto en consumo por categoría de consumo mediante un modelo de TWFE (Ecuación 2) y efecto neto trimestral (t+2) del indicador de eventos extremos: eventos extremos lluviosos (EE90) y eventos extremos secos (EE10). El efecto neto trimestral se estima al incluir dos rezagos de los eventos extremos en la Ecuación 2 (Sección 5) y un rezago de la variable dependiente. Los paneles A y B corresponden a eventos extremos lluviosos en época lluviosa y época seca, respectivamente. Los paneles C y D corresponden a eventos extremos secos en época lluviosa y seca, respectivamente. Errores estándar ajustados por conglomerados de cantón. El efecto estimado es estadísticamente igual a cero cuando el intervalo de confianza al 95% interseca la línea vertical punteada.

Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones y consideraciones finales

Este estudio analizó el efecto de los eventos hidrometeorológicos extremos en el gasto en consumo a nivel cantonal en Costa Rica durante el periodo de enero del 2019 a mayo del 2022. Las estimaciones del efecto se llevaron a cabo mediante modelos TWFE para aislar el impacto de los eventos extremos de otros posibles factores que pueden sesgar la estimación al relacionarse con la ocurrencia de eventos y el gasto en consumo a la vez. Los resultados sugieren que las respuestas del consumo a los eventos extremos difieren por tipo de evento y según la categoría de consumo y la época.

Una primera conclusión es que los eventos extremos lluviosos se relacionan negativamente con el gasto en consumo total. Se estima que el gasto en consumo se redujo en aproximadamente un 5,3% en aquellos cantones que experimentaron un evento extremo lluvioso. Este resultado fue robusto a diferentes pruebas de sensibilidad.

En segundo lugar, el efecto negativo no difiere estadísticamente entre épocas a nivel agregado; tampoco en las categorías de servicios de hotel o vestimenta. Sin embargo, se encuentran reducciones en el gasto de consumo en combustibles solo en la época lluviosa y de supermercados solo en la época seca. Lo cual sugiere que condiciones lluviosas extremas pueden implicar diferentes ajustes en el gasto en consumo en categorías particulares dependiendo de la época del año.

Una tercera conclusión se refiere a los eventos extremos secos. Éstos no tienen un efecto significativo en el consumo total, pero hay evidencia de efectos significativos en algunas categorías de consumo. Se encuentra un impacto positivo en el consumo de combustibles y hoteles durante la temporada lluviosa, pero un efecto negativo en el consumo de servicios de salud y supermercados. Mientras que, durante la temporada seca, los eventos secos aumentan el gasto en servicios de hotel, pero reducen el consumo de vestimenta. Lo anterior sugiere un posible intercambio del gasto entre categorías de consumo.

Los hallazgos de este estudio señalan la importancia que tiene considerar la variabilidad del clima en el análisis del gasto en consumo, principalmente en ciertas categorías. Los impactos de los eventos analizados parecen ser transitorios en la mayoría de los casos. No obstante, las autoridades pueden prepararse para tener en cuenta las consecuencias económicas que se deriven de las fluctuaciones en el consumo a raíz de la variación en los patrones de precipitación, especialmente en sectores sensibles y que representan un peso importante en la economía, como el turismo.

Los resultados de este trabajo muestran robustez, pero deben tenerse en cuenta algunas limitaciones relacionadas con interpretación y generalización. En primer lugar, los datos de consumo se basan en transacciones con tarjetas de débito y crédito, lo que puede no representar completamente el comportamiento de consumo de toda la población, especialmente en áreas rurales o entre hogares de bajos ingresos que no utilizan tarjetas. Aunado a esto, los resultados se basan en el contexto específico de Costa Rica y pueden no ser directamente aplicables a otros países con diferentes características climáticas y socioeconómicas.

En la interpretación de los resultados debe tenerse claro que no se cuenta con información sobre cambios en los precios o en la composición de las ventas, solamente en los montos. Siendo así, la estimación de un efecto en el gasto en consumo puede venir de tres vías que no se pueden distinguir: 1) cambios en la cantidad consumida, al mantener el precio constante, 2) cambios en el precio, aunque se mantiene la cantidad consumida, 3) ambos casos. En este estudio se asume que los cambios se atribuyen a la primera opción. Limitaciones similares se encuentran en otros estudios de este tipo (Starr-McCluer, 2000).

Los estudios sobre la variabilidad del clima basados en datos empíricos, en general, sufren de la limitación de que los agentes pueden adaptarse. Si los agentes toman medidas para atenuar la mayor variabilidad del clima en la planificación de sus actividades, puede que los efectos en el consumo difieran a través del tiempo.

8. Referencias

- Agarwal, S., Chomsisengphet, S., Meier, S., & Zou, X. (2020). In the mood to consume: Effect of sunshine on credit card spending. *Journal of Banking and Finance*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2020.105960>
- Agnew, M. D., & Palutikof, J. P. (2006). Impacts of short-term climate variability in the UK on demand for domestic and international tourism. *Climate Research*, 31(1), 109–120.
- Aladangady, A., Aron-Dine, S., Dunn, W., Feiveson, L., Lengermann, P., & Sahm, C. (2021). From Transaction Data to Economic Statistics: Constructing Real-Time, High-Frequency, Geographic Measures of Consumer Spending. En *Big Data for Twenty-First-Century Economic Statistics* (pp. 115–145). National Bureau of Economic Research, Inc. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:nbr:nberch:14267>
- Alfaro-Córdoba, M., Mora-Sandí, N. P., Hidalgo, H. G., & Alfaro, E. J. (2024). Central American climate extreme trends: A statistical analysis of CLIMDEX indices. *International Journal of Climatology*, 44(11), 4115–4126.
- Alvarado-Quesada, I., Barquero-Romero, J. P., & Sancho-Brenes, C. (2024). Assessment of the banking sector's exposure to hydrometeorological events in Costa Rica. *Latin American Journal of Central Banking*, 100155.
- Badorf, F., & Hoberg, K. (2020). The impact of daily weather on retail sales: An empirical study in brick-and-mortar stores. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 52, 101921. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101921>
- Barquero-Romero, J. P., Méndez-Chacón, E., & Segura-Rodríguez, C. (2022). Impact of COVID-19 Restrictions in Costa Rica: a Local Approach. En N. Ramírez Rondán & B. Tello Bravo (Eds.), *Macroeconomic Policy Responses to COVID-19*. CEMLA.
- Bonfrer, A., Podolski, E., & Veeraraghavan, M. (2022). The Effect of Weather on Consumer Retail Spending: Evidence from Big Data. *Available at SSRN 4250806*.
- Brenes Camacho, G. C. (2014). *Estimaciones y proyecciones de población distritales por sexo y grupos de edades, 2000-2025*. San José, CR: Instituto Nacional de Estadística y Censos. https://inec.cr/wwwisis/documentos/INEC/Estimaciones%20y%20Proyecciones/Estimaciones_Proyecciones_Distritales_2000-2025_2014.pdf
- Brenes Maykall, A. (2017). *Gestión del riesgo en Costa Rica e impactos del huracán Otto*.
- Busse, M. R., Pope, D. G., Pope, J. C., & Silva-Risso, J. (2015). The psychological effect of weather on car purchases. *The Quarterly Journal of Economics*, 130(1), 371–414.
- Campos, D., & Quesada-Román, A. (2017). Impacto de los eventos hidrometeorológicos en Costa Rica, periodo 2000-2015. *Geo Uerj*, 30, 440–465.

- Carleton, T. A., & Hsiang, S. M. (2016). Social and economic impacts of climate. *Science*, 353(6304), aad9837.
- Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2014). What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature. *Journal of Economic Literature*, 52(3), 740–798. <https://doi.org/10.1257/jel.52.3.740>
- Flores Verdejo, R., Salas Jiménez, J., Astorga Molina, M., & Rivera Ugarte, J. (2010). *El impacto económico de los eventos naturales y antrópicos extremos en Costa Rica, 1988-2009*.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shraddhanand, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). *The climate hazards infrared precipitation with stations-a new environmental record for monitoring extremes*. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Goodman-Bacon, A. (2021). Difference-in-differences with variation in treatment timing. *Journal of econometrics*, 225(2), 254–277.
- Holtermann, L. (2020). Precipitation anomalies, economic production, and the role of “first-nature” and “second-nature” geographies: A disaggregated analysis in high-income countries. *Global Environmental Change*, 65, 102167.
- IMN-CRRH. (2008). *El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica*.
- IPCC. (2018). Anexo I: Glosario. En J. B. R. Matthews, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, & T. Waterfield (Eds.), *Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases ...* IPCC.
- IPCC. (2021). *El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando [Comunicado de prensa]*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf
- Jakiela, P. (2021). *Simple Diagnostics for Two-Way Fixed Effects* (Williams College Department of Economics Working Paper).
- Jiménez Valverde, G., Carvajal Tovar, K., Granados Jiménez, R., Morales Aguilar, R., Sanabria Valverde, N., Araya Villalobos, C., Gómez Porras, H., & Retana Barrantes, J. (2021). *Análisis de la mortalidad por eventos meteorológicos extremos en Costa Rica. Periodo 1980-2017*.
- Maldonado, T., Alfaro, E. J., & Hidalgo, H. G. (2021). Análisis de los conglomerados de precipitación y sus cambios estacionales sobre América Central para el período 1976-2015. *Revista de Matemática Teoría y Aplicaciones*, 28(2), 337–362.

- Manso, P., Stolz, W., & Fallas, J. C. (2005). El régimen de la precipitación en Costa Rica. *Ambientico*, 144, 7–8.
- Murray, K. B., Di Muro, F., Finn, A., & Leszczyc, P. P. (2010). The effect of weather on consumer spending. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 17(6), 512–520.
- Otero-Cortés, A., & Bohorquez-Penuela, C. (2020). Blame it on the Rain: The Effects of Weather Shocks on Formal Rural Employment in Colombia. *Documento de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana*; No. 292.
- Parnaudeau, M., & Bertrand, J.-L. (2018). The contribution of weather variability to economic sectors. *Applied Economics*, 50(43), 4632–4649.
- Retana, J. (2012). Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima. *Revista de Ciencias Ambientales*, 44(1), 5–16.
- Retana, J., Campos, M., & Deford, D. (2008). *Efectos del clima, su variabilidad y cambio climático sobre la salud humana en Costa Rica*.
- Robalino, J., Jimenez, J., & Chacón, A. (2015). The Effect of Hydro-Meteorological Emergencies on Internal Migration. *World Development*, 67, 438–448.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.10.031>
- Sandqvist, A. P., & Siliverstovs, B. (2021). Is it good to be bad or bad to be good? Assessing the aggregate impact of abnormal weather on consumer spending. *Empirical Economics*, 1–27.
- Semykina, A., & Wooldridge, J. M. (2010). Estimating panel data models in the presence of endogeneity and selection. *Journal of Econometrics*, 157(2), 375–380.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2010.03.039>
- Starr-McCluer, M. (2000). *The effects of weather on retail sales*.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.221728>
- Steele, A. T. (1951). Weather's effect on the sales of a department store. *Journal of Marketing*, 15(4), 436–443.
- Štulec, I., Petljak, K., & Naletina, D. (2019). Weather impact on retail sales: How can weather derivatives help with adverse weather deviations? *Journal of Retailing and Consumer Services*, 49, 1–10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.02.025>
- Taylor, T., & Ortiz, R. A. (2009). Impacts of Climate Change on Domestic Tourism in the UK: A Panel Data Estimation. *Tourism Economics*, 15(4), 803–812.
<https://doi.org/10.5367/000000009789955161>
- Universidad de Costa Rica. (2020, junio 18). Los virus y la época lluviosa: un juego de ajedrez microscópico. *Noticias*.

Wahdat, A. Z., & Lusk, J. L. (2024). Extreme weather events, food shopping behavior, and card spending. *Journal of the Agricultural and Applied Economics Association*, 3(4), 673–689.

Wooldridge, J. M. (2009). *Introductory econometrics : a modern approach*. South Western, Cengage Learning.

9. Anexo

9.1 Detalles de los datos

Cuadro A1. Meses de las épocas seca y lluviosa por región climática

Región climática	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Región Pacífico Norte	Época seca	Época seca	Época seca	Mes de Transición	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época seca
Región Pacífico Central	Época seca	Época seca	Época seca	Mes de Transición	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Mes de Transición
Región Pacífico Sur	Época seca	Época seca	Época seca	Mes de Transición	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Mes de Transición
Región Central	Época seca	Época seca	Época seca	Mes de Transición	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Mes de Transición
Región Norte	Mes de Transición	Época seca	Época seca	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa
Región Caribe Sur	Época lluviosa	Época seca	Época seca	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época seca	Época seca	Época lluviosa	Época lluviosa
Región Caribe Norte	Época lluviosa	Época seca	Época seca	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época lluviosa	Época seca	Época seca	Época lluviosa	Época lluviosa

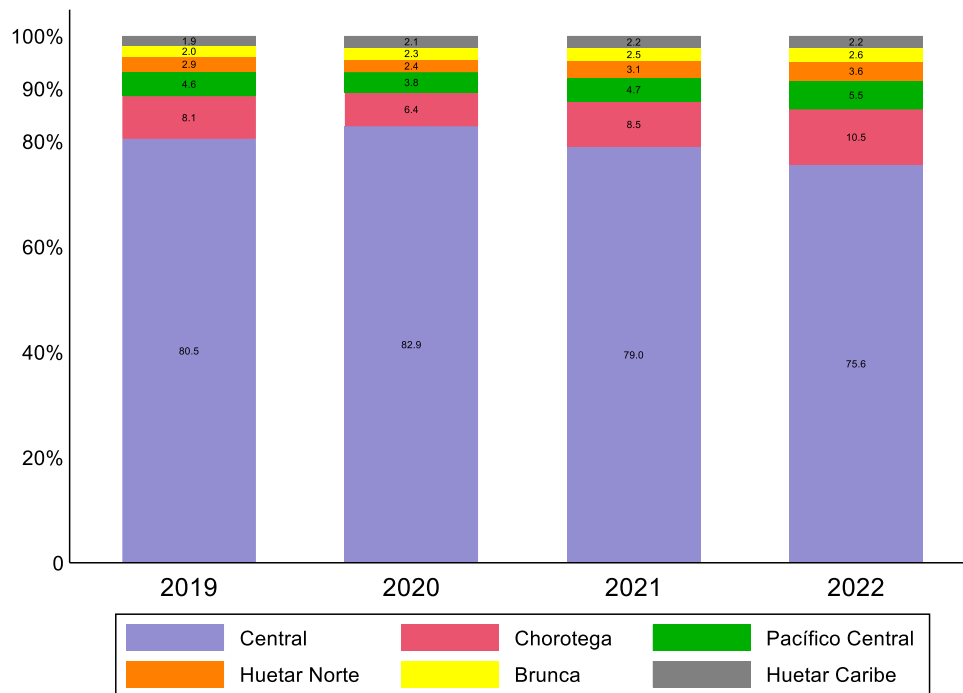
Época seca

Época lluviosa

Mes de Transición

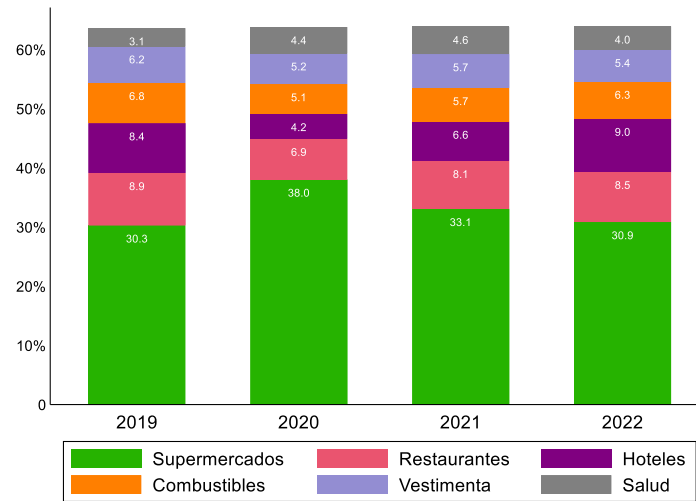
Fuente: Elaboración propia con base en información del IMN-CRRH (2008).

Gráfico A1. Gasto en consumo, participación relativa en el valor total por región de planificación según año



Fuente: elaboración propia.

Gráfico A2. Gasto en consumo, participación relativa por categoría de consumo según año



Fuente: elaboración propia.

Cuadro A2: Agrupación de categorías mercantiles en categorías de consumo

Categorías de consumo	Categorías mercantiles
Supermercados	Supermercados
	Tiendas de alimentos
Restaurantes	Restaurantes
	Comidas rápidas
Combustibles	Gasolineras
Vestimenta	Tiendas por departamentos
	Ropa y zapatería
Salud	Farmacias
	Salud
Hoteles	Hoteles
	Accesorios y servicios de informática
Otros	Aerolíneas
	Agencias de viaje
	Artículos eléctricos
	Artículos y servicios personales
	Casinos
	Construcción
	Educación
	Entretenimiento
	Ferretería
	Gobierno
	Hogar
	Joyerías
	Libros-Periódicos
	Materiales/Equipos de oficina
	Membresías
	Organizaciones de caridad
	Otros
	Regalos
	Renta de automóviles
	Servicios profesionales
Servicios públicos	
Trade	
Transportes	
Vehículos	
Veterinaria	

Fuente: Elaboración propia.

9.2 Cuadros de resultados

Cuadro A3. Efecto estimado de los eventos extremos por tipo de evento y época

Variables	Modelo base	Modelo por época
Evento extremo lluvioso (EE90)		
Periodo completo	-0.0526*** [0.0118]	
Época seca		-0.0686*** [0.0195]
Época lluviosa		-0.0399** [0.0180]
Evento extremo seco (EE10)		
Periodo completo	0.0059 [0.0124]	
Época seca		-0.0078 [0.0177]
Época lluviosa		0.0171 [0.0149]
COVID-19	-0.0457*** [0.0158]	-0.0457*** [0.0159]
Constante	-1.6285*** [0.0571]	-1.6341*** [0.0574]
Observaciones	22,215	22,215
R2 ajustado	0.9635	0.9635
Número de clusters	81	81

Nota: Efecto estimado de los eventos extremos (lluvioso y secos) en el gasto en consumo al usar el periodo completo (modelo base) y por época, mediante el modelo de TWFE. El modelo base corresponde a la Ecuación 1 en la sección 5. El modelo por épocas añade a la Ecuación 1 un término de interacción de cada evento extremos por una variable dicotómica de época. *, **, *** indica significancia al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Errores estándar a nivel de conglomerados en corchetes.
Fuente: Elaboración propia.

9.3 Sesgo de selección de la muestra

La base de datos utilizada en este estudio tiene una estructura de panel, en la cual las unidades de análisis son categorías de consumo a escala cantonal que se observan durante 41 meses. En este caso, un panel balanceado equivaldría a 23.247 observaciones (7 categorías * 81 cantones * 41 meses), pero cerca del 4,4% de las observaciones tienen datos faltantes en la variable de gasto en consumo lo cual resulta en un panel desbalanceado. Si la falta de valores se da sistemáticamente en ciertos grupos de consumo y cantones, entonces podría existir un sesgo generado por la selección de la muestra. El Cuadro A3 muestra que los datos faltantes se concentran, en su mayoría, en las categorías de hoteles, combustibles y salud.

Cuadro A4. Distribución de valores faltantes por año (porcentajes)

Año	2019	2020	2021	2022	Total
Hoteles	2,07	2,56	2,26	0,85	1,94
Combustibles	1,19	0,98	0,88	0,29	0,84
Salud	0,60	0,85	0,65	0,22	0,58
Vestimenta	0,19	0,24	0,28	0,15	0,21
Otros	0,10	0,18	0,18	0,07	0,13
Restaurantes	0,03	0,09	0,18	0,07	0,09
Supermercados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4,19	4,89	4,42	3,99	4,37

Fuente: Elaboración propia.

Las razones para explicar los casos de valores faltantes pueden ser diversas, desde inexistencia de datáfonos del adquirente en ciertos comercios de algunos cantones, hasta ventas nulas, por ejemplo, por causas asociadas a la pandemia del COVID-19. La mayoría de los valores faltantes se debe al primer caso, el cual se puede catalogar como truncamiento incidental. De acuerdo con Wooldridge (2009)²², éste se da cuando observamos la variable dependiente solo para un subconjunto de la población.

En este caso, el truncamiento incidental se origina porque para observar el dato de consumo se requiere de la tenencia de un datáfono del adquirente en los establecimientos de ventas. Como resultado, en aquellas categorías de consumo y cantones en las que el adquirente no procesa pagos con tarjetas, no se puede observar el consumo. Esto puede generar un problema de sesgo de selección de la muestra.

Para tratar este tipo de truncamiento, Wooldridge (2009) indica que se puede incluir una ecuación de selección en el modelo principal. Es decir, se puede estimar un modelo de selección para explicar la tenencia del datáfono, en cada cantón-categoría de consumo y mes. En la Ecuación A1, la variable s_{ij} representa la tenencia del datáfono y asume el valor de 1 en los casos en los que se observa el consumo y 0 en los que no. Como determinantes de la tenencia del datáfono, además de las variables incluidas en el modelo de consumo, se incluye un conjunto de variables z_i , las cuales son siempre observables, que representan características de los cantones que se relacionan con la actividad comercial, tales como tamaño de población, área, tiempo de distancia a San José y un índice de competitividad cantonal, además de la precipitación y temperatura promedios, y efectos fijos de las categorías de consumo (ω_j).

$$s_{ij} = z_i\gamma + \omega_j + v_{ij} \quad (A1)$$

A partir de la estimación de γ , se calcula para cada unidad i el cociente inverso de Mills, el cual se puede expresar como $\hat{\lambda}_{ij} = \lambda(z_i\gamma + \omega_j)$ y se estima separadamente en cada mes, similar a Semykina & Wooldridge (2010). El cociente se incluye como variable explicativa en el modelo de consumo, éste último comprende únicamente aquellos casos en que $s_{ij} = 1$.

El modelo de consumo con ajuste por selección de muestra está dado ahora por la ecuación

$$\ln(c_{ijt}) = \beta_0 + \beta_1 EE10_{it} + \beta_2 EE90_{it} + \beta_3 COVID_{ij} + \rho \hat{\lambda}_{ijt} + \alpha_{ij} + \mu_t + \epsilon_{ijt}. \quad (A2)$$

²² Véase también Semykina & Wooldridge (2010).

El coeficiente ρ indica qué tan grave es el problema de selección de muestra. La selección muestral no es un problema cuando $\rho = 0$, caso contrario los errores estándar pueden no ser los correctos (Wooldridge, 2009), aun así, los coeficientes estimados son consistentes. Los resultados de este ejercicio rechazan la hipótesis nula de que $\rho = 0$ con una confianza del 90% (Cuadro A4). Se observa que el coeficiente estimado de los eventos extremos lluviosos (EE90) en el modelo con ajuste por selección de muestra (columna 2) se redujo aproximadamente en 8% con respecto al modelo base (columna 1), pero esta diferencia no resultó estadísticamente distinta de cero²³. La variación del coeficiente de eventos extremos secos (EE10) fue mayor, pero sigue siendo estadísticamente igual a cero. Ante esto se concluye que los resultados obtenidos son robustos a esta prueba.

Cuadro A5. Resultados del modelo con corrección muestral

Variables	(1)	(2)
	Modelo base	Ajuste por selección muestral
EE90	-0.0526*** [0.0118]	-0.0483*** [0.0114]
EE10	0.0059 [0.0124]	0.0010 [0.0127]
COVID	-0.0457*** [0.0158]	-0.0466*** [0.0160]
Cociente inverso de Mills ($\hat{\lambda}$)		-0.5900* [0.3003]
Constante	-1.6285*** [0.0571]	-1.5908*** [0.0706]
Observaciones	22,215	22,215
R2 ajustado	0.9635	0.9636
Conglomerados	81	81

Nota: Efecto estimado de los eventos extremos en el gasto en consumo al usar el modelo completo (base) y el modelo ajustado por selección muestral. El modelo base corresponde a la Ecuación 1 (ver Sección 5) y el modelo por selección muestral a la Ecuación A2. Errores estándar a nivel de conglomerados (cantón). ***, **, * indican significancia estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

Fuente: elaboración propia.

9.4 Pruebas para diagnosticar sesgo en el estimador de TWFE

El estimador de TWFE es un promedio ponderado de todas las posibles estimaciones de Diferencias en Diferencias de dos periodos y dos grupos (Goodman-Bacon, 2021). De acuerdo con Jakiela (2021) los pesos usados en la ponderación son proporcionales a los residuos de la regresión del tratamiento con efectos fijos, en nuestro caso de cantón y tiempo²⁴. Ya que los eventos extremos ocurren en diferentes momentos entre cantones, y

²³ La hipótesis nula de que los coeficientes son iguales no se rechaza con una confianza del 95% ($\chi^2 = 2,78$, Prob. $>\chi^2 = 0,1$).

²⁴ Si bien en este estudio las regresiones de TWFE se realizan a nivel de cantón-categoría de consumo y tiempo, la regresión que se aplica para estimar los pesos (regresión del tratamiento explicado por los efectos fijos) incluye únicamente efectos fijos de cantón y tiempo, esto porque el tratamiento se repite

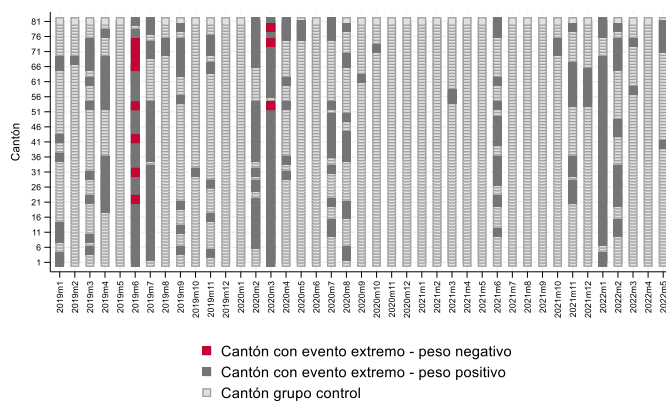
algunos cantones-meses donde ocurrió un evento extremo se usan como grupo control, es posible que reciban pesos negativos. Esto puede representar un problema si, además, el efecto del evento extremo no es homogéneo entre los cantones ni en el tiempo. Se ha evidenciado que la existencia de estas dos condiciones juntas puede generar estimaciones sesgadas del efecto del tratamiento, inclusive llevar a valores fuera del rango de estimación del efecto en las unidades tratadas (para más detalle véase Goodman-Bacon, 2021 y Jakiela, 2021).

Se aplican tres pruebas para diagnosticar posibles sesgos en el efecto del tratamiento cuando éste se estima mediante el modelo de TWFE, siguiendo a Jakiela (2021). El objetivo de las primeras dos pruebas es conocer si existen unidades con pesos negativos en la estimación del efecto del evento extremo, así como si ese efecto es heterogéneo entre cantones y en el tiempo. Además, una tercera prueba busca eliminar las comparaciones entre unidades tratadas y unidades control que puedan estar contaminadas y que, por tanto, produzcan un mal contrafactual del gasto en consumo.

Análisis de pesos negativos

El Gráfico A3 indica que algunos cantones mostraron pesos negativos cuando ocurrió un evento extremo seco en junio del 2019 y marzo del 2020. Mientras que el Gráfico A4 indica que no hay pesos negativos en cantones donde ocurrieron eventos extremos lluviosos. Dada la evidencia de pesos negativos en el efecto de eventos extremos secos, es relevante analizar también el supuesto de homogeneidad del efecto del tratamiento en los cantones.

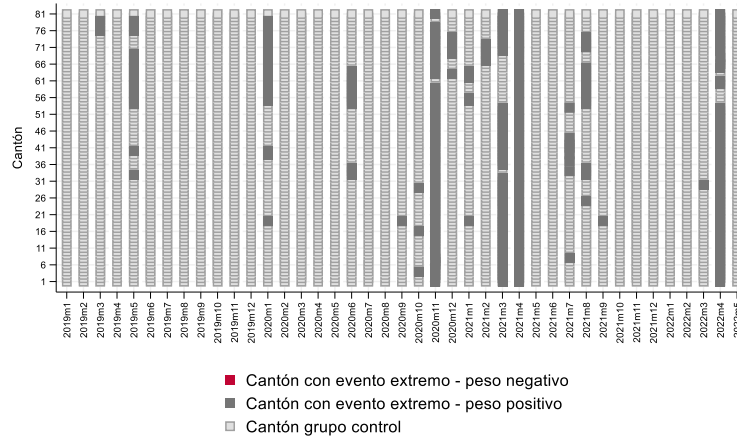
Gráfico A3. Diagnóstico de pesos negativos: evento extremo seco



Nota: Gráfico de dispersión que indica el tipo de peso en los cantones tratados y cantones control por mes. El peso de cada cantón es proporcional al residuo la regresión de eventos extremos con efectos fijo de cantón y mes-año. Fuente: elaboración propia siguiendo a (Jakiela, 2021).

para todas las categorías de consumo en un mismo cantón y mes, por lo que la categoría de consumo no aporta variabilidad en este caso.

Gráfico A4. Diagnóstico de pesos negativos: evento extremo lluvioso

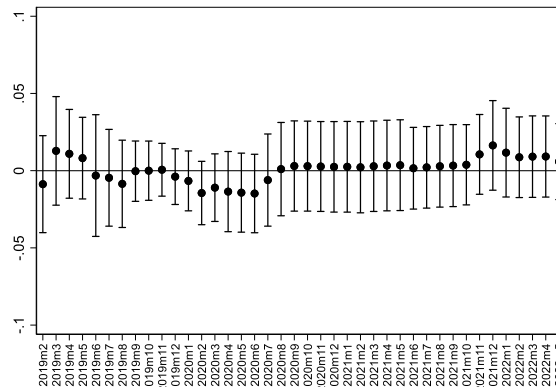


Nota: Gráfico de dispersión que indica el tipo de peso en los cantones tratados y cantones control por mes. El peso de cada cantón es proporcional al residuo la regresión de eventos extremos con efectos fijo de cantón y mes-año. Fuente: elaboración propia siguiendo a (Jakiela, 2021).

Supuesto de homogeneidad del efecto del tratamiento

En condiciones que respalden el supuesto de homogeneidad, la estimación del efecto promedio no debería variar cuando se incluyen nuevas unidades tratadas o a través del tiempo. Revisamos la estabilidad del efecto estimado al añadir un mes adicional a la muestra partiendo de marzo del 2019 hasta mayo del 2022. El efecto estimado se mantiene estable (véase Gráfico A5), lo cual sugiere que los pesos negativos observados en el Gráfico A3 no influyeron en el resultado. Como una prueba adicional, se eliminaron los meses con pesos negativos y el efecto estimado de los eventos extremos secos en el gasto en consumo sigue siendo inferior al 1% y no significativo, lo que sugiere que esas observaciones no están influyendo particularmente en el resultado encontrado en el apartado 6.1.

Gráfico A5. Efecto estimado de los eventos extremos secos



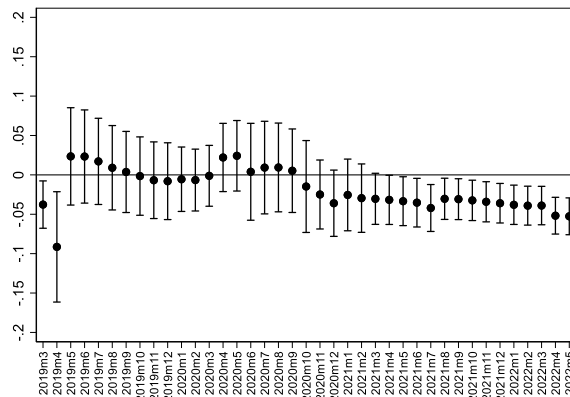
Fuente: Elaboración propia.

Como se vio, no hay evidencia de pesos negativos en el caso de eventos extremos lluviosos. Sin embargo, el Gráfico A6 sugiere que podría haber alguna heterogeneidad en el efecto a través del tiempo. El efecto promedio de los eventos extremos lluviosos es

negativo y significativo en marzo y abril del 2019, pero con la inclusión de nuevos meses el efecto se anula hasta marzo del 2021, a partir de entonces nuevamente se estima un efecto negativo y significativo.

Una característica importante que considerar en el caso de los eventos extremos lluviosos es que su ocurrencia se concentra en la segunda mitad del periodo de análisis. Tan solo el 15% del total de estos eventos se dio antes de noviembre del 2020. Mientras que desde esa fecha hasta agosto del 2021 ocurrió el 64% de los eventos registrados de todo el periodo. Es justamente tras la inclusión de dichos meses cuando se estima un efecto estadístico negativo. Lo cual sugiere que la ausencia de un efecto negativo significativo previamente se atribuye a la menor ocurrencia de los eventos.

Gráfico A6. Efecto estimado de los eventos extremos lluviosos



Fuente: Elaboración propia.

Exclusión de controles contaminados

Esta prueba consiste en que, para aquellos cantones en los que ocurrió un evento extremo, se elimina la observación del mes siguiente al evento. Una razón es que algunos eventos extremos pueden afectar el consumo presente y el del mes siguiente tras su ocurrencia, tal como se vio en el apartado 6.4. Esos casos representan un problema para el estimador usual de TWFE porque contempla el uso de controles contaminados que no producen un buen contrafactual. Esto se da cuando se compara el consumo de un cantón donde ocurrió un evento extremo (tratado en $t=0$), con su consumo del mes siguiente ($t=1$), asumiendo que en $t=1$ el consumo corresponde al de un cantón que no fue afectado.

Otra razón es que algunos eventos extremos se dan de forma consecutiva. Aunque sucede en pocas ocasiones, como se mencionó en el apartado 4.2, es preciso eliminar estos casos porque también producen un mal contrafactual del consumo. El efecto estimado al eliminar observaciones contaminadas es 5,95% (error estándar de 0,015), superior en 0,69 puntos porcentuales al efecto principal de 5,26% (0,012). Esto denota un sesgo a la baja del efecto de los eventos extremos lluviosos en el modelo base, lo cual tiene sentido porque se compara erróneamente el consumo de dos meses afectados.