



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

INFRAESTRUCTURA, SALUD Y DESASTRES NATURALES:
EVIDENCIA DEL TERREMOTO CHILENO DE 2010

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTORA EN SISTEMAS DE INGENIERÍA

VALERIA YANINA SCAPINI SÁNCHEZ

PROFESOR GUÍA:
PATRICIO VALENZUELA AROS

PROFESOR CO-GUÍA:
RAIMUNDO UNDURRAGA RIESCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
FLORENCIA BORRESCIO HIGA
MARCELO OLIVARES ACUÑA

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE DOCTORADO EN SISTEMAS DE INGENIERÍA
POR: VALERIA YANINA SCAPINI SÁNCHEZ
FECHA: 2019
PROF. GUÍA: PATRICIO VALENZUELA AROS

INFRAESTRUCTURA, SALUD Y DESASTRES NATURALES:
EVIDENCIA DEL TERREMOTO CHILENO DE 2010

Los desastres naturales generan grandes costos económicos, entre los cuales destacan la pérdida de vidas humanas, daño en la salud de las personas y la pérdida de bienes e infraestructura. En ese sentido, el caso de Chile es particularmente interesante, pues es considerado a nivel mundial uno de los países más sísmicamente activos por situarse en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”. Basado en la evidencia del terremoto del 2010, se realizó un trabajo empírico que utilizó la encuesta panel “CASEN Post terremoto 2010” y el panel de enfermedades de notificación obligatoria proporcionados por el Ministerio de Salud entre los años 2008 y 2013. En el capítulo 1 se aborda la relación entre el desastre y el daño de la vivienda, las variables que inciden en el costo de reparación del hogar y las fuentes de financiamiento. Los resultados indican que las casas más cercanas al epicentro son las más afectadas, principalmente aquellas en las cuales los muros se encuentran en mal estado en el período previo a la ocurrencia del desastre. El costo de reconstrucción se relaciona con el grado de destrucción de la casa, la distancia al epicentro, la condición de los muros antes del evento y el valor de la vivienda. Las zonas con más sucursales bancarias se relacionan con un costo de reparación menor. Finalmente a mayor costo de reparación los hogares son menos propensos a financiar con ahorro y aumenta la probabilidad de financiamiento con préstamos bancarios o subsidios. En el capítulo 2 se estudia la relación entre desastre y salud. Se estimaron cuatro modelos de triple diferencia en diferencia: El primero para determinar el efecto del desastre en el número de enfermedades de transmisión por alimentos, el segundo evalúa si la incidencia de enfermedades es mayor en zonas más cercanas al epicentro, el tercero si el daño de la vivienda se correlaciona con la incidencia de enfermedades y finalmente, el cuarto se encarga de tratar eventuales problemas de endogeneidad. Entre los resultados destacan la relación entre la ocurrencia del terremoto y la incidencia de salmonella, así como la correlación entre el daño de viviendas y la incidencia de fiebre paratifoidea, hepatitis A y salmonella. El principal foco del presente estudio fue investigar potenciales brotes de enfermedades de transmisión por alimentos y generar evidencia para la implementación de políticas de salud pública.

A mi hijo Lorenzo

Agradecimientos

Quiero dar las gracias, en primer lugar, a mi profesor guía Patricio Valenzuela por su tremenda dedicación y apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo. Agradezco a Dios de que lo pusiera en mi camino "Gracias profe por confiar en mi y por estar siempre presente, siempre. Cuando la luz se apagaba paulatinamente y llegaba la desmotivación, siempre me iluminó y alumbró hasta que me hizo ver la luz. Muchas gracias, Ud. es lejos el mejor". Asimismo, agradezco a mi profesor co-guía Raimundo Undurraga, por sus sugerencias, ideas y por todo el rigor que me ha inculcado durante todo este tiempo. Ambos me han dado la oportunidad de crecer mucho como investigadora y como persona, gracias.

A mi hermosa familia, a cada uno de ustedes, por estar siempre presente al lado mío o en mi corazón, y por estar ausente cada vez que fue necesario. En especial quiero agradecer a mi mamita hermosa por su infinita paciencia, y a mis dos grandes amores, mi amado Patricio que ha sostenido un divorcio virtual durante estos años y a mi hermoso hijo Lorenzo, el motor de mi vida. Ustedes siempre me entendieron, respetaron y apoyaron en este gran desafío. Para mi papá que siempre he llevado en mi corazón, me ha cuidado y ayudado desde arriba cada vez que lo he necesitado, y se que estaría muy orgulloso de mí.

A mis queridos compañeros del doctorado, con quienes compartí horas, semanas y meses de estudio, noches de trabajo interminables, cansancio hasta más no poder, siestas en el piso, almuerzos, pasteles, pizzas y muchísimos y muchísimos y muchísimos café. En fin, son tantos sentimientos que nos unen, muchas penas y alegrías durante estos años que solo nosotros podremos entender. Han sido demasiado importantes para mí, me han aceptado como soy, y me han ayudado cuando más lo he necesitado. Los quiero muchísimo, los llevo y llevaré siempre en mi corazón.

Quiero agradecer a todos quienes me ayudaron durante mi estadía en la Universidad de Chile desde el día que llegué. Al personal, al cuerpo de profesores que contribuyó a mi formación, y en especial a Fernanda Melis y Linda Valdés, quienes me orientaron y apoyaron cada vez que fue necesario y atendieron a mis consultas siempre de manera adecuada y a tiempo. Gracias por entenderme y ayudarme en todos los trámites, siempre el último día y a última hora, como es usual en mí, y por explicarme una y otra vez las mismas cosas. Gracias por vuestra tremenda paciencia, y por haberme permitido ser parte de Ustedes y confiar en mí. Por último, mis estudios de postgrado fueron financiados por Beca Doctorado Nacional CONICYT 2015 folio 21150422.

De todo corazón, Valeria.

Tabla de Contenido

Introducción	1
1. Desastres e infraestructura de vivienda	3
1.1. Motivación	3
1.2. Revisión de Literatura	5
1.3. Datos	7
1.4. Metodología	8
1.4.1. Daño de vivienda	8
1.4.2. Costo de reparación	9
1.4.3. Fuentes de financiamiento	9
1.5. Resultados	10
1.6. Conclusiones	13
2. Desastre, daño de infraestructura y salud	15
2.1. Motivación	15
2.2. Revisión de Literatura	16
2.3. Datos	19
2.4. Metodología	20
2.5. Resultados	22
2.6. Conclusiones	29
Conclusión	31
Bibliografía	33

Índice de Tablas

1.1. Estrategia de Financiamiento de acuerdo al riesgo y severidad	7
1.2. Estadística descriptiva	7
1.3. Número de viviendas afectadas, según tipo de daño	8
1.4. Probabilidad de daño de una vivienda	10
1.5. Probabilidad de daño de una vivienda, con interacción	11
1.6. Costo de reconstrucción estimado	12
1.7. Costo de reconstrucción estimado por agentes técnicos	13
1.8. Fuentes de financiamiento para la reconstrucción	14
2.1. Estadística descriptiva	19
2.2. Enfermedades de transmisión por alimentos (período 2008-2013)	20
2.3. Efecto del terremoto en el logaritmo del total de enfermedades (2008-2013) .	23
2.4. Efecto del terremoto en el logaritmo de enfermedades, por tipo de enfermedad (2008-2013)	23
2.5. Efecto del terremoto en el logaritmo del total de enfermedades (2008-2013) .	25
2.6. Efecto del terremoto en el logaritmo de enfermedades, por tipo de enfermedad (2008-2013)	26
2.7. Efecto del terremoto en las enfermedades, en zona afectada (2008-2013) . . .	26
2.8. Efecto del daño de viviendas en el logaritmo del total de enfermedades (2008- 2013)	27
2.9. Efecto del daño de vivienda en el logaritmo de enfermedades, por tipo (2008- 2013)	28
2.10. Efecto del terremoto en el logaritmo de las enfermedades (2SLS) (2008-2013)	29

Índice de Ilustraciones

1.1. Zona afectada por el terremoto de Chile, 2010	4
--	---

Introducción

Los desastres naturales tienen ocurrencia en todos los continentes del mundo y han aumentado en frecuencia los últimos años debido principalmente al incremento de los desastres de tipo climático. La base de datos de eventos de emergencia (EM-DAT) del centro de investigación sobre la epidemiología de los desastres (CRED) registró cerca de 240 desastres anuales relacionados con el clima antes del año 2000, en relación a 341 anuales después de esa fecha, lo que representa un aumento del 44 %. En oposición a ellos encontramos los desastres geofísicos que se han mantenido estables en los últimos 20 años. Sin embargo, el crecimiento de la población y los patrones de desarrollo económico favorecen el hecho de que cualquier peligro se convierta en una catástrofe, convirtiendo a los países grandes y muy poblados propensos a la ocurrencia de desastres [79].

Los desastres naturales afectan a las personas de todo el mundo generando una serie de consecuencias económicas, entre las cuales se pueden señalar la pérdida de vidas humanas, incidencia de enfermedades, pérdidas de bienes, activos, trabajo y producción. Dado que los desastres naturales no se pueden evitar, es importante tomar todo tipo de acciones con el fin de trabajar en la prevención, respuesta y reconstrucción [23]. En América, el 73 % de la población vive en zonas de alto riesgo, es por ello que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) se encarga de la gestión del riesgo en el área, para lo cual recopila todo tipo de información que tenga relación con temas de salud y desastres. Se requieren de estudios detallados de amenazas presentes que identifiquen focos de vulnerabilidad del sistema o de la población en riesgo y se necesita evaluar el impacto potencial de desastres en el área de la salud para proponer acciones de mitigación del riesgo y de respuesta oportuna [27].

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) la totalidad de los desastres repercuten en el área de salud, ya sea por el instinto de sobrevivencia ante situaciones de desastres, entre las cuales se pueden señalar las acciones de evacuación, rescate y programas de atención, o debido a los daños en la infraestructuras de los servicios de salud, lo que se conlleva a necesidades inmediatas y de mediano o largo plazo. Entre los costos del desastre sobre el sector salud se encuentran los costos de intervenciones sanitarias epidemiológicas, que responden principalmente a la falta de agua y saneamiento producto de la ocurrencia del evento [27].

Considerando el daño en viviendas e infraestructura sanitaria de los hogares, y que, las carencias de agua potable, saneamiento e higiene constituyen una importante causa de morbilidad y mortalidad, este trabajo tiene como propósito estudiar cómo la ocurrencia del terremoto tiene relación con el aumento de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA).

En este contexto, cabe destacar que cerca de 1,8 millones de defunciones anuales son generadas por enfermedades diarreicas en el mundo [81, 83], constituyen el 19% de la mortalidad total en la niñez y personas de la tercera edad [14], y es una causa importante de la morbilidad y mortalidad potencial para personas de la tercera edad [67] y con ello un impedimento al desarrollo económico. Entre las ETA más comunes se encuentra la salmonelosis que es causada por la bacteria *Salmonella* y afecta a decenas de millones de personas anualmente en todo el mundo, provocando más de cien mil muertes anuales [81, 83]. Solo en el año 2008, se registraron más de 100.000 casos en la UE de *Salmonella* sp. excluyendo a *Salmonella typhi* [31].

Esta investigación aporta con evidencia empírica mediante la utilización de los métodos de evaluación post y de diferencia en diferencia, en donde se considera el desastre natural como una variación exógena ya que no se puede predecir su ocurrencia. Utilizando la información disponible relacionada al terremoto, se analiza cómo el terremoto daña la infraestructura de vivienda, cómo fueron financiados los costos asociados con el proceso de reconstrucción o reparación del hogar, cómo incide el terremoto en el aumento de enfermedades de transmisión por alimentos, y cómo el daño del hogar se relaciona con la existencia de estas enfermedades.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: el capítulo 1 estudia la relación que existe entre desastre e infraestructura de vivienda, y en el capítulo 2 se investiga acerca de el daño de infraestructura de vivienda y la salud, y finalmente se concluye al respecto.

Capítulo 1

Desastres e infraestructura de vivienda

1.1. Motivación

A lo largo de la historia de la humanidad, los desastres naturales han generado pérdidas de todo tipo, alterando tanto la dinámica de las comunidades como las actividades económicas asociadas de las zonas afectadas. El caso particular de Chile es interesante de estudiar ya que, como se ubica en el Cinturón de Fuego del Pacífico, está constantemente expuesto a la ocurrencia de terremotos en todo el territorio nacional [49, 22] y junto con la ocurrencia de ellos, la generación de daños en vivienda e infraestructura [57, 43, 41].

Los desastres han existido de manera regular en la historia de Chile, encontrando antecedentes de historiadores desde el Chile colonial [33]. Labores de las Naciones Unidas como la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, han permitido aumentar la atención hacia las diversas amenazas naturales que generan consecuencias devastadoras [50]. Asimismo, las políticas de desarrollo a nivel internacional se han enfocado en la protección de personas vulnerables ante las pérdidas evitables, dejando a los desastres naturales como un hecho excepcional que no forma parte la teoría del desarrollo [61]. Sin embargo, el mundo mediatizado por la tecnología y el papel fundamental de las redes sociales en nuestras vidas, ha incrementado la investigación en el ámbito de las ciencias naturales con el fin de mejorar la capacidad de predecir dichos desastres y hacer frente a ellos. No obstante, la investigación económica relacionada con ellos no ha avanzado de la misma forma [18].

Durante el año 2010 ocurrió el segundo mayor sismo registrado en Chile a lo largo de su historia y el sexto mayor sismo a nivel mundial (USGS, 2019) que alcanzó una magnitud de 8,8 en la escala de Richter. Afectó a 6 de las 15 regiones del país dentro de una extensión aproximada de 700 kilómetros donde se concentra alrededor del 80 % de la población (CEPAL, 2010) [70]. Se estima que las pérdidas generadas por este evento son de treinta mil millones dólares equivalentes al 18 % del PIB [29, 25].

Este sismo es de gran interés debido a su magnitud, extensión y cantidad de hogares afectados. Además, gracias a los avances tecnológicos y capacidad de almacenamiento, este sismo generó una gran cantidad y variedad de información, incluida la ubicación de hogares

y su distancia con el epicentro. La Figura 1 muestra la zona afectada por el terremoto y regiones involucradas.



Figura 1.1: Zona afectada por el terremoto de Chile, 2010

Fuente: The New York Time, 2010

Utilizando la información disponible relacionada al terremoto, analizaremos el daño de las viviendas, como fueron financiados los costos asociados con el proceso de reconstrucción, y las fuentes de financiamiento, buscando dar respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Existe alguna relación entre la distancia al epicentro del terremoto con la probabilidad de daño de una vivienda? ¿Cuáles son las características que hacen que una vivienda sea más vulnerable

a un terremoto? ¿Cuáles son los principales determinantes del costo de la reconstrucción de una vivienda? ¿Cómo los hogares financian la reconstrucción de sus casas?

El trabajo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 realiza una revisión de la literatura, las secciones 3 y 4 describen los datos y la metodología utilizada, respectivamente. La sección 5 presenta los resultados empíricos y un conjunto de pruebas de robustez, y finalmente, la sección 6 concluye al respecto.

1.2. Revisión de Literatura

Los desastres naturales han sido estudiados desde distintas perspectivas y tópicos como lo son la evaluación de daños infraestructurales, mitigación de riesgos, preparación para emergencias, medidas preventivas, logística, efectos sociales, laborales, sanitarios, medioambientales, económicos, entre otros [3]. Una de estas perspectivas de estudio estiman los costos sociales y/o económicos que genera un evento sísmológico en las zonas sobre las cuales impacta. En esta línea de estudios, el Banco Mundial [?] muestra que el costo social y económico ha aumentado en los últimos años producto del crecimiento de la población. Señala que además de la pérdida de vidas y destrucción de infraestructura, los desastres naturales retrasan todo tipo de programa que tenga como objetivo la superación de la pobreza ya que genera desvíos de recursos a reconstrucción y recuperación.

Sen [73] establece que los costos asociados a los desastres naturales están determinados principalmente por factores económicos y sociales por sobre la magnitud vez del proceso natural en sí mismo. A modo de ejemplo, Cavallo, Powell y Becerra señalan los terremotos ocurridos en Haití y Chile el año 2010, en donde el primero causó la muerte de entre 200.000 y 250.000 personas y daños a la infraestructura económica del país en más del 100 % del PIB del país [19], mientras que segundo registró una mayor intensidad pero causó menos de 500 muertes y menores daños a los de Haití en relación al tamaño de la economía [18], específicamente un 18 % del PIB según la Superintendencia de Valores y Seguros (2010). En este sentido, CRED señala que los desastres naturales causan grandes pérdidas económicas en todo el mundo, sin embargo, el daño ocasionado tiene relación con el nivel de ingreso del país [79]. A su vez, las pérdidas económicas son más altas en los países desarrollados, pero menores como proporción del PIB con respecto a los países en desarrollo [6]. Kellenberg y Mobarak [47] relacionan las características socioeconómicas de los países con la forma en que afecta el desastre natural, y señalan que una correcta información sobre las zonas de riesgo haría que las viviendas localizadas en zonas de mayor riesgo fueran más caras y por ello se demandarían menos, lo cual reduciría los daños por desastres naturales futuros.

La existencia de pérdidas económicas hace necesario definir los tipos de impactos ante la presencia de un desastre natural. Pelling et al. [61] distingue entre daños directos e indirectos. Los daños directos corresponden a los daños a los activos fijos, capital, materias primas, recursos naturales extraíbles, mortalidad y la morbilidad como consecuencia directa del desastre. Los daños indirectos tienen relación con la producción de bienes y servicios que no podrá ser llevada a cabo después del desastre, costos adicionales en que se incurre debido a la necesidad de producir y/o distribución bienes alternativos, pérdida de ingresos resultantes

de la falta de provisión de bienes y servicios o de la destrucción de la producción. Además de los efectos directos e indirectos anteriormente señalados, pueden haber efectos secundarios, que corresponden a aquellos que tienen incidencia en el rendimiento global de la economía, y cuya medición se realiza a través de las variables macroeconómicas tales como el PIB, la balanza comercial, la balanza de pagos, el nivel de endeudamiento, reservas internacionales e inversión (Zapata-Martí [85]) donde la sensibilidad de un país frente al impacto de los desastres naturales puede incrementarse según su nivel de desarrollo económico. Kahn [44] concluye que en los países más ricos se generan menores muertes ante desastres naturales de igual gravedad.

Por su parte, existe una serie de estudios orientados a cuantificar el impacto de un desastre natural, el riesgo financiero asociado y el tiempo de recuperación. Dentro de este grupo de estudios económicos nos encontramos con un fuerte énfasis en el análisis sobre las relaciones entre la situación económica del gobierno, las relaciones exteriores y el nivel de madurez de la industria financiera, sobre todo en el mercado de los seguros y la transferencia de riesgos entre cada una de los actores afectados [5, 15, 16, 46]. Los análisis muestran una fuerte componente de evaluación en términos de costo-beneficio para así determinar qué sector será quien asuma el costo de los desastres para cada nivel de riesgo y, por lo tanto, las medidas de mitigación y prevención que un país debe establecer con el fin de reducir el impacto y los costes de rehabilitación y reconstrucción [46]. En relación con la recuperación y reconstrucción a nivel microeconómico, Noy [58] plantea que los flujos financieros juegan un rol importante en la recuperación de desastres, por lo tanto, las condiciones del mercado financiero son otro factor a considerar para evaluar las consecuencias de los desastres naturales. Señala también que a mayor crédito doméstico se reducen los costos del desastre [40, 39, 80, 19].

Benson y Clay [10] realizan un análisis del impacto económico de los desastres naturales considerando el gasto gubernamental y la redistribución de recursos para financiar las iniciativas de gobierno. En el estudio se identifica que los desastres generan en gastos adicionales o reasignación parcial de recursos financieros comprometidos para cumplir con los costos de reparación y rehabilitación de bienes públicos y brindar apoyo a las víctimas lo que produce abandono o postergación de inversiones planificadas o reducciones en la provisión de Servicios públicos generando problemas de empleo, reducción de los ingresos del gobierno y disminución de la actividad económica incluyendo posibles descensos netos en Importaciones y exportaciones que, a su vez, producen una reducción de los ingresos fiscales directos e indirectos. Además, en vista de los efectos del gasto público en estas situaciones, analizan el impacto de seguros e instrumentos del mercado de capitales identificando que han mostrado un papel relativamente pequeño en la transferencia de riesgos en países en desarrollo. Para que los seguros o apoyo de capital privado sean efectivos en la reducción del impacto de los desastres naturales es necesario realizar una planificación y asignación permanente de asignaciones de fondos que permitan cumplir con sus consecuencias de manera anticipada, así como mitigación y preparación esfuerzos. Concluyen que la reasignación de fondos después de un desastre se debe llevar a cabo mediante un proceso formal, diseñado luego de una revisión estratégica cuidadosa y que es necesario incrementar los mecanismos financieros que logren realizar correctamente las transferencias de riesgo entre distintos tipos de desastres y la mitigación de impacto.

En esta misma línea, Ghesquiere & Mahul [54] analizan los instrumentos disponibles para

el financiamiento de emergencia frente a situaciones de desastres naturales. Analizan los costos relativos y las velocidades de desembolso de ellos. Identifica que para los países en desarrollo es de gran importancia desarrollar estrategias de financiamiento dada su mayor vulnerabilidad, a diferencia de las economías desarrolladas que poseen un mayor y prolongado uso de recursos dedicado a reducir la vulnerabilidad (por ejemplo edificios de mejor estructura o leyes más exigentes para el uso de suelo o normas de construcción). Propone que la estrategia de recuperación debe ser abordada tanto con recursos públicos como privados de acuerdo a la frecuencia y severidad de los riesgos, de manera tal que se cree una estrategia de uso de instrumentos financieros de acuerdo a la severidad y frecuencia de cada tipo de desastre. La propuesta se resume en la Tabla 1.1 que se presenta a continuación:

Frecuencia	Severidad	Riesgo	Instrumento financiero
Baja	Mayor	Alto riesgo	Seguros de riesgo para desastres
Media	Media	Riesgo medio	Crédito de contingencia
Alta	Menor	Bajo riesgo	Presupuesto de contingencia y asignación desde presupuesto anual

Tabla 1.1: Estrategia de Financiamiento de acuerdo al riesgo y severidad

1.3. Datos

Para la realización del estudio se utilizaron diversos datos: en primer lugar, la encuesta panel CASEN Post Terremoto 2010 con información socioeconómica cuya población muestral es de 75.986 y los hogares muestrales son 22.255. En segundo lugar, la distancia del epicentro del terremoto a la capital provincial en la que se encuentra el hogar. Esta distancia fue construida exclusivamente para el presente trabajo y está expresada como la proporción de distancia en relación a cien kilómetros. Finalmente, el número de sucursales bancarias que existen en cada provincia en el año 2010, entregada por la superintendencia de bancos e instituciones financieras (SBIF). La estadística descriptiva de las variables utilizadas se presenta en la Tabla 1.2 que se muestra a continuación.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Personas por hogar	21899	3.603589	1.737654	1	15
Ingreso	21899	139121.2	224602.5	0	7000000
Edad	21899	54.44212	15.54528	2	102
Escolaridad	21899	8.053929	4.403268	0	20
Arriendo	20850	83.34577	67.89822	3	1500
Número de bancos	21899	77.2928	196.9695	1	916
Distancia	17436	2.868948	1.220185	0.6118	4.65

Tabla 1.2: Estadística descriptiva

Los resultados preliminares en relación al número de hogares afectados y el tipo de daño obtenido muestran que el 33,22 % de las viviendas del país tuvo algún tipo de daño luego de

la ocurrencia del terremoto y posterior tsunami. Específicamente el 21,91 % de los hogares presentó daños menores, el 8,06 % daños mayores, y el 3,24 % fue destruida producto del terremoto o posterior tsunami. Estos resultados se observan en la Tabla 1.3.

	Todas las Provincias		Provincias Afectadas	
	Número de hogares	%	Número de hogares	%
Destruídas por terremoto	643	2,94	643	3,69
Destruídas por tsunami	66	0,30	66	0,38
Daño mayor	1766	8,06	1732	9,93
Daño menor	4799	21,91	4715	27,04
No afectada	14625	66,78	10280	58,96
Total	21899	100	17436	100

Tabla 1.3: Número de viviendas afectadas, según tipo de daño

En cuanto al material de construcción de las viviendas bajo estudio, la mayoría de las viviendas estaban construidas de albañilería de ladrillos y/o bloques de concreto (42,26 %), seguidos por tabique de madera forrado en ambos lados (36,42 %), y en tercer lugar un pequeño porcentaje de casas construidas de adobe, tabiques de madera sin forro y hormigón armado (alrededor del 7 % cada uno). En general, el 20 % de los hogares mostraba algún tipo de daño anterior a la ocurrencia del sismo es decir, tenía en malas condiciones alguna parte de la construcción como las paredes, el techo o el piso.

En relación a la destrucción de viviendas producto de terremoto, se puede señalar que las casas de adobe son las que presentaron una mayor tasa de destrucción (23,99 %), seguidas de las casas de barro, quincha, pirca (17,33 %) y las de materiales de desecho (cerca del 13 %). Si se analiza el porcentaje de destrucción de viviendas condicioal a su estado de conservación, no existen diferencias relevantes, lo que indica que la destrucción de viviendas responde al tipo de material de construcción.

1.4. Metodología

Las preguntas de investigación se abordan desde tres temáticas: daño de vivienda, costo de reparación o reconstrucción de la vivienda, y fuentes de financiamiento.

1.4.1. Daño de vivienda

Para estudiar la relación entre la distancia al epicentro del terremoto y el daño de una vivienda, se utiliza un modelo probabilístico no lineal de elección binaria Probit, donde la variable explicada corresponde al daño de vivienda que puede tomar los valores 1 o 0 (donde 1 indica que la vivienda fue dañada y 0 que no tuvo daño como consecuencia del terremoto o tsunami). Las variables explicativas consideradas son la distancia desde la vivienda i hasta

el epicentro del terremoto (Dis) y un conjunto de variables de control (X) que indican el material de construcción de la vivienda, su estado de conservación y tipo de tenencia de la propiedad i . El modelo estimado tiene la siguiente forma:

$$PR(Daño_i = 1) = F(\alpha + \beta Dis_i + \gamma X_i) \quad (1.1)$$

Donde PR corresponde a la probabilidad y F es la función de distribución acumulada normal estándar. Los parámetros α, β, γ y δ fueron estimados por el método de máxima verosimilitud. Los resultados se interpretan como el efecto marginal, de manera que el signo del parámetro estimado indica la dirección en la que se mueve la probabilidad cada vez que la variable explicativa aumenta. Luego se incluye la interacción entre Dis y X para evaluar si el terremoto ha afectado a las viviendas en malas condiciones a pesar de la distancia de ellas al epicentro.

1.4.2. Costo de reparación

En relación a los principales determinantes del costo de la reconstrucción o reparación de una vivienda, estimamos una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), donde la variable dependiente es el costo de reparación o reconstrucción de la vivienda $Costo$ y las variables explicativas consideradas son: el tipo de propiedad de la vivienda, el número de bancos, el grado del daño de la vivienda, el valor de renta de la vivienda, distancia al epicentro, y el estado de conservación de los muros, pisos y techo, quedando el modelo a estimar de la siguiente forma:

$$Costo_i = \alpha + \beta Ban_i + \gamma Daño_i + \delta Renta_i + \rho Dist_i + \eta X_i + \varepsilon_i \quad (1.2)$$

Donde $Costo$ representa el costo estimado de reparación de la vivienda, la variable Ban representa el número de bancos que hay en la provincia, el grado del daño de la vivienda $Daño$ es una variable que puede tomar los valores 0, 1, 2 y 3 y representan a vivienda sin daño, con daños menores, daños mayores o destrucción producto del terremoto, respectivamente, el valor de renta de la vivienda Ren indica cuánto paga de arriendo por la vivienda o cuánto costaría si tuviera que pagarlo, Dis es la distancia al epicentro, y X representa el estado de conservación de los muros, pisos y techo.

1.4.3. Fuentes de financiamiento

Para conocer cómo los hogares financian la reconstrucción o reparación de sus viviendas se utiliza un modelo probabilístico no lineal de elección binaria Probit, donde la variable explicada corresponde a la opciones de financiamiento de banco, ahorro o subsidio Fin y las variables explicativas consideradas son el ingreso del hogar, la edad, el nivel de educación, zona, el costo de la reconstrucción, seguro, el número de bancos y distancia al epicentro de la vivienda i .

$$PR(Fin_i = 1) = F(\alpha + \beta Ing_i + \gamma Edad_i + \delta Edu_i + \rho Rur_i + \varepsilon Costo_i + \eta Seg_i + \phi Ban_i + \psi Dis_i) \quad (1.3)$$

Donde las opciones de financiamiento pueden ser banco, ahorro o subsidio y pueden tomar los valores 1 o 0 (donde 1 indica que el hogar utiliza dicha opción y 0 que no la utiliza). Las variables independientes son ingreso del hogar *Ing*, edad *Edad*, nivel de educación *Edu*, zona rural *Rur* es una variable binaria que indica si la vivienda pertenece o no a zona rural, costo de la reconstrucción o reparación de la vivienda *Costo*, seguro *Seg* es una variable binaria que indica si la vivienda tiene o no seguro de sismo, el número de bancos *Ban* y distancia al epicentro *Dis*.

Para verificar la consistencia estadística de los modelos, se calculó el estadístico *t* y se determinó el nivel de significancia de cada variable, así como el coeficiente de determinación de cada modelo.

1.5. Resultados

Los resultados de la primera estimación señalada en la metodología se presentan en la Tabla 1.4. Ellos muestran que existe una relación entre la distancia al epicentro y el nivel de daño o destrucción, con una significancia al 1 %, evidenciando que a mayor distancia es menor el daño. Sin embargo, este es un resultado intuitivo, ya que en el epicentro la intensidad del terremoto es mayor y disminuye a medida que nos alejamos de este punto. En segundo lugar, el tipo de tenencia de una propiedad también muestra una correlación con el daño del hogar. En particular, tener una vivienda propia o arrendada se relaciona con una menor probabilidad de daño o destrucción, con una significancia de a lo menos un 5 %, mientras que una vivienda de tenencia irregular se relaciona con una mayor probabilidad de daño mayor. Por último, en relación a la mala calidad de las paredes, la variable es altamente significativa al 1 % y los resultados muestran que se relaciona con una mayor probabilidad de daño o destrucción, mientras que la mala calidad del piso o del techo sólo se correlaciona con daños y no con destrucción. Al incorporar efecto fijo de materialidad y region, los resultados son similares.

	Daño	Daño mayor	Destrucción	Daño	Daño mayor	Destrucción
Propia	-0.0540*** (0.011)	-0.0318*** (0.007)	-0.0118*** (0.003)	-0.0497*** (0.011)	-0.0289*** (0.007)	-0.0099*** (0.002)
Arrendada	-0.0313** (0.015)	-0.0192** (0.009)	-0.0072*** (0.003)	-0.0279* (0.015)	-0.0162* (0.009)	-0.0048* (0.002)
Irregular	0.0569 (0.042)	0.0551* (0.028)	0.0027 (0.010)	0.0492 (0.042)	0.0542* (0.028)	0.0038 (0.009)
Distancia	-0.1188*** (0.003)	-0.0473*** (0.002)	-0.0125*** (0.001)	-0.1011*** (0.010)	-0.0327*** (0.006)	-0.0101*** (0.002)
Mal estado muro	0.0784*** (0.016)	0.0666*** (0.011)	0.0198*** (0.005)	0.0801*** (0.016)	0.0676*** (0.011)	0.0189*** (0.005)
Mal estado piso	0.0206 (0.016)	0.0081 (0.009)	-0.0029 (0.003)	0.0276* (0.016)	0.0117 (0.009)	-0.0019 (0.003)
Mal estado techo	0.1338*** (0.014)	0.0405*** (0.009)	0.0032 (0.003)	0.1347*** (0.014)	0.0420*** (0.009)	0.0044 (0.003)
Observaciones	17435	17435	17419	17435	17435	17419
Pseudo R-cuadrado	0.118	0.170	0.258	0.128	0.180	0.282
Efecto fijo material casa	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efecto fijo región	NO	NO	NO	SI	SI	SI

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Tabla 1.4: Probabilidad de daño de una vivienda

En la segunda estimación se incorpora la interacción entre las variables distancia y el estado de conservación de las viviendas, para evaluar si el terremoto ha afectado efectivamente a las casas en malas condiciones, a pesar de la distancia al epicentro. En primer lugar, se evidencia una correlación entre la distancia al epicentro y el daño o destrucción de una vivienda, variable altamente significativa al 1%. En segundo lugar, el tipo de tenencia de una propiedad también muestra una correlación con el daño del hogar. Al igual que la estimación anterior, una vivienda propia o arrendada se relaciona con una menor probabilidad de daño o destrucción, mientras que una vivienda cuya tenencia es irregular se relaciona con una mayor probabilidad de tener un daño mayor. En tercer lugar, se puede decir que la mala calidad de las paredes se relaciona con una mayor probabilidad de daño y destrucción, mientras que la mala calidad del techo se relaciona con una mayor probabilidad de daño. Ambas variables son significativa al 1%. La mala calidad del piso solo se correlaciona con daño mayor. Por último, la interacción incluida indica que las viviendas en malas condiciones tienen menos probabilidad de daño mayor si se localizan lejos del epicentro, con un nivel de significancia del 5%. Los resultados obtenidos se asemejan a los anteriores y se presentan en la Tabla 1.5. Al agregar efecto fijo de materialidad de construcción y región, los resultados son similares.

	Daño	Daño mayor	Destrucción	Daño	Daño mayor	Destrucción
Propia	-0.0541*** (0.011)	-0.0320*** (0.007)	-0.0119*** (0.003)	-0.0499*** (0.011)	-0.0292*** (0.007)	-0.0100*** (0.002)
Arrendada	-0.0314** (0.015)	-0.0193** (0.009)	-0.0072*** (0.003)	-0.0280* (0.015)	-0.0163* (0.009)	-0.0048* (0.003)
Irregular	0.0580 (0.042)	0.0571** (0.029)	0.0032 (0.010)	0.0509 (0.042)	0.0564** (0.028)	0.0042 (0.009)
Distance	-0.1175*** (0.004)	-0.0452*** (0.002)	-0.0120*** (0.001)	-0.0993*** (0.010)	-0.0305*** (0.006)	-0.0097*** (0.002)
Mal estado muro	0.0880*** (0.020)	0.0813*** (0.014)	0.0242*** (0.007)	0.0950*** (0.020)	0.0838*** (0.014)	0.0235*** (0.006)
Mal estado piso	0.0296 (0.019)	0.0190* (0.011)	-0.0009 (0.004)	0.0416** (0.020)	0.0238** (0.011)	0.0001 (0.003)
Mal estado techo	0.1437*** (0.018)	0.0539*** (0.012)	0.0060 (0.004)	0.1501*** (0.019)	0.0568*** (0.012)	0.0073* (0.004)
Distancia*mala calidad	-0.0033 (0.004)	-0.0043** (0.002)	-0.0011 (0.001)	-0.0051 (0.004)	-0.0046** (0.002)	-0.0010 (0.001)
Observaciones	17435	17435	17419	17435	17435	17419
Pseudo R-cuadrado	0.118	0.170	0.258	0.128	0.180	0.282
Efecto fijo material casa	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Efecto fijo región	NO	NO	NO	SI	SI	SI

***p<0.01,**p<0.05,*p<0.1

Tabla 1.5: Probabilidad de daño de una vivienda, con interacción

Para responder la segunda pregunta de investigación que tiene relación con los principales determinantes del costo de la reconstrucción, se realizaron dos estimaciones y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.6. Se puede ver que existe una correlación altamente significativa al 1% entre el grado de daño y el costo de la reparación o reconstrucción de la vivienda. Este resultado es intuitivo ya que el costo de reparación de una casa con daños pequeños debería ser menor que el costo de la reconstrucción completa del hogar. Asimismo, se observa una correlación significativa al 1% entre las variables de renta y costo, en particular, cuanto más alta es la renta de la casa, mayor es el costo de reparación de ella. Finalmente, se puede ver que un mayor número de bancos se correlaciona con un menor costo de reparación del hogar. Al agregar efecto fijo de materialidad y región los resultados son similares.

La segunda estimación también muestra resultados importantes. Existe una correlación altamente

significativa al 1% entre la distancia al epicentro y el costo de reparación del hogar, encontrando que a mayor distancia el costo disminuye. Esto es congruente con nuestros resultados anteriores, que mostraron que en el epicentro el daño es mayor y, por lo tanto, el costo de reparación debería ser mayor. También notamos que las paredes en mal estado antes del desastre están relacionadas con una reparación más costosa, variable que es significativa al 5%. Al igual que en el modelo anterior, se observa una correlación positiva entre las variables de renta y costo, y se observa que un mayor número de bancos se relaciona con un costo menor de reparación. Finalmente, se incluye el efecto fijo de región y los resultados obtenidos son similares, sólo se pierde la significancia de la variable distancia que ahora la capturan los controles de región.

	Costo	Costo	Costo	Costo
Número de bancos	-0.0003*** (0.000)	-0.0003** (0.000)	-0.0002* (0.000)	-0.0003** (0.000)
Grado del daño	1.2466*** (0.032)		1.1627*** (0.034)	
Renta	0.0030*** (0.000)	0.0021*** (0.000)	0.0029*** (0.000)	0.0025*** (0.000)
Distancia		-0.1126*** (0.019)		-0.0501 (0.058)
Calidad del muro		0.1852** (0.083)		0.1847** (0.083)
Calidad del piso		0.0392 (0.085)		0.0581 (0.084)
Calidad del techo		-0.0053 (0.070)		0.0345 (0.069)
Constante	1.8349*** (0.034)	2.5043*** (0.125)	1.7721*** (0.110)	2.0628*** (0.262)
Observaciones	3309	3275	3275	3275
R-cuadrado ajustado	0.3280	0.1018	0.3450	0.1173
Efecto fijo material casa	NO	SI	SI	SI
Efecto fijo región	NO	NO	SI	SI
Error estándar en parentesis		***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

Tabla 1.6: Costo de reconstrucción estimado

Al considerar los costos de reparación o reconstrucción obtenidos de agencias técnicas o especialistas en construcción, los resultados obtenidos difieren levemente y se muestran en el la Tabla 1.7. Se puede ver una correlación significativa al 1% entre el grado de daño y el costo de reparación de las viviendas, sin embargo, esta correlación es ligeramente menor en comparación con la obtenida previamente del jefe del hogar. Del mismo modo, existe una correlación positiva entre las variables de renta y costo, y se observa que un mayor número de bancos se relaciona con un costo menor, ambas significativas al 5%. Al agregar controles de materialidad y región, el número de bancos deja de ser significativo. La segunda estimación muestra resultados diferentes, ya que sólo se evidencia una relación entre la distancia al epicentro y el costo de reparación del hogar, significativa al 1%, encontrando que a mayor distancia el costo disminuye. Finalmente, se incluye el efecto fijo de región y se pierde la significancia de la variable distancia ya que ahora la capturan los controles de región.

Por último, para responder la última interrogante de cómo los hogares financian la reconstrucción o reparación de sus viviendas, se analizan tres fuentes distintas de financiamiento y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.8. Ellos indican que los hogares que cuentan con seguro se sismos tienen una menor probabilidad de financiar su reparación o reconstrucción con ahorros propios o subsidios, con a lo menos una significancia del 5%. En relación al nivel de ingreso de los hogares, se puede ver que mayores ingresos se relacionan con una mayor probabilidad de reparación del

	Costo	Costo	Costo	Costo
Número de bancos	-0.0006** (0.000)	-0.0004 (0.000)	-0.0004 (0.000)	-0.0003 (0.000)
Grado del daño	1.1673*** (0.070)		1.1405*** (0.071)	
Renta	0.0018** (0.001)	0.0008 (0.001)	0.0019*** (0.001)	0.0012 (0.001)
Distancia		-0.1363*** (0.046)		-0.0625 (0.142)
Calidad del muro		0.1836 (0.201)		0.1434 (0.200)
Calidad del piso		0.0861 (0.197)		0.1435 (0.198)
Calidad del techo		-0.1543 (0.159)		-0.1313 (0.160)
Constante	2.7372*** (0.256)	3.5500*** (0.311)	2.6171*** (0.277)	3.0830*** (0.661)
Observaciones	755	755	755	755
R-cuadrado ajustado	0.3628	0.1287	0.3650	0.1387
Efecto fijo material casa	SI	SI	SI	SI
Efecto fijo región	NO	NO	SI	SI
Error estándar en parentesis		***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

Tabla 1.7: Costo de reconstrucción estimado por agentes técnicos

hogar financiada por ahorros y se correlaciona con menos probabilidad de obtener subsidios, con una significancia del 1%. Asimismo, notamos que los propietarios de mayor edad tienen menos probabilidad de financiar la reparación con subsidios. El nivel de educación de los propietarios de viviendas también afecta el tipo de financiamiento obtenido, ya que mayores niveles de educación se relaciona con mayor financiamiento bancario y con menor subsidio, en ambos casos significativo al 1%. Las casas ubicadas en zonas rurales es menos probables que obtengan financiamiento bancario. Por último la variable, el costo estimado de reparación está altamente relacionada al 1% con las tres fuentes de financiamiento: un mayor costo se relaciona con mayor probabilidad de financiamiento bancario y de subsidios, y al mismo tiempo con menos financiamiento con ahorros propios.

Al agregar controles por región y la variable *Número de bancos* se torna significativa al 5%, ahora se relaciona con menos probabilidad de tener financiamiento bancario y ahorros propios.

1.6. Conclusiones

Los terremotos generan daños y pérdidas de infraestructura, razón por la cual el propósito del trabajo consistió en estudiar las variables que inciden en el daño de una vivienda, los principales determinantes del costo de la reconstrucción, y cómo los hogares financian la reconstrucción. El trabajo se centra en el terremoto chileno de 2010 y se utilizaron datos a nivel micro de la encuesta de hogares llevada a cabo tres meses después del desastre.

En relación a la destrucción de viviendas, los resultados muestran que las casas de adobe son las que presentaron una mayor tasa de destrucción, seguidas de las casas de barro, quincha y pirca. En relación a la distancia al epicentro del terremoto y el daño de una vivienda, los resultados muestran que las casas situadas más cerca del epicentro fueron, en promedio, más afectadas por el terremoto.

	Banco	Ahorro	Subsidio	Banco	Ahorro	Subsidio
Seguro	0.0200 (0.017)	-0.0578** (0.029)	-0.0723*** (0.023)	0.0221 (0.018)	-0.0505* (0.029)	-0.0794*** (0.022)
Número de bancos	-0.0000 (0.000)	-0.0001 (0.000)	-0.0001 (0.000)	-0.0001** (0.000)	-0.0001** (0.000)	0.0000 (0.000)
Ingreso	-0.0021 (0.007)	0.0572*** (0.011)	-0.0655*** (0.010)	-0.0034 (0.007)	0.0571*** (0.012)	-0.0662*** (0.010)
Edad	0.0004 (0.000)	0.0009 (0.001)	-0.0016*** (0.001)	0.0005 (0.000)	0.0010* (0.001)	-0.0018*** (0.001)
Escolaridad	0.0039*** (0.001)	0.0037 (0.002)	-0.0115*** (0.002)	0.0039*** (0.001)	0.0041* (0.002)	-0.0115*** (0.002)
Rural	-0.0595*** (0.012)	0.0085 (0.018)	0.0160 (0.016)	-0.0556*** (0.012)	0.0080 (0.018)	0.0142 (0.016)
Costo	0.0221*** (0.003)	-0.1005*** (0.006)	0.0928*** (0.005)	0.0229*** (0.003)	-0.0985*** (0.006)	0.0892*** (0.005)
Observaciones	3869	3869	3869	3869	3869	3869
Pseudo R-cuadrado	0.0380	0.0694	0.102	0.0463	0.0746	0.117
Efecto fijo región	NO	NO	NO	SI	SI	SI

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Tabla 1.8: Fuentes de financiamiento para la reconstrucción

Este efecto es más fuerte en las casas más deterioradas antes del desastre, principalmente en aquellas en las cuales los muros se encuentran en mal estado.

El segundo conjunto de resultados, muestra que los costos de reconstrucción asociados con el terremoto están relacionados con el grado de destrucción de la casa, la distancia al epicentro, la condición de los muros antes del evento y el valor de la casa. El número de sucursales bancarias de la provincia se relaciona con un costo menor de reparación, concordando con los resultados obtenidos por Atienza y Aroca [8] donde se pone en discusión la relación que existe entre la concentración espacial y eficiencia, la que permite disminuir el costo del comercio. Al igual que Noy [58] que observó que el crédito interno reduce el costos del desastres en términos de crecimiento del producto perdido, este trabajo evidencia que la mayor competencia del crédito interno ayuda a reducir el costo en términos de precios.

Por último, se caracteriza cómo los hogares financian la reconstrucción de sus casas. Específicamente, el estudio muestra que los hogares de ingresos más altos tienen más posibilidades de financiar la reconstrucción con ahorros, mientras que los hogares de menores ingresos son más propensos a financiar la reconstrucción con subsidios del gobierno u otras instituciones. Las familias que viven en zonas rurales tienen menos posibilidades de financiar la reconstrucción con entidades bancarias. Mientras mayor sea el costo de la reconstrucción, los hogares son menos propensos a financiar con el ahorro y aumenta la probabilidad de financiamiento con préstamos bancarios o subsidios.

Capítulo 2

Desastre, daño de infraestructura y salud

2.1. Motivación

Los desastres naturales ocurren en todos los continentes del mundo y su frecuencia ha aumentado en los últimos años. Afectan directa e indirectamente a las personas generando una serie de consecuencias entre las cuales se pueden señalar la pérdida de vidas humanas, daños en la salud de las personas y en el ambiente, así como también la pérdida de bienes [24]. Debido a que no se pueden evitar, es necesario generar estudios que permitan diseñar e implementar políticas públicas que permitan enfrentar situaciones de esta naturaleza, y desde luego tomar todo tipo de acciones con el fin de trabajar en la prevención, respuesta y reconstrucción [23, 11, 68].

Los terremotos ocurren en las zonas de la superficie terrestre donde limitan las placas tectónicas, y a medida que ellas se mueven causan deformaciones en las rocas a ambos lados del límite de la placa, liberando energía en forma de calor y como ondas de choque, las que conforman el terremoto. Cuando la vibración alcanza la superficie, puede causar daño a las estructuras que a su vez pueden lesionar o matar a personas [62, 56]. En este contexto, Chile es considerado a nivel mundial como uno de los países más sísmicamente activos por estar situado en el conocido “Cinturón de Fuego del Pacífico”, zona donde limitan placas tectónicas que se encuentran en permanente fricción, y que posee la mayor cantidad de volcanes potencialmente activos, según la Organización Mundial de Operarios Volcánicos WOVO [4, 77]. Esto hace que la experiencia de Chile sea conocida a nivel mundial en el contexto de gestión de desastres.

Entre los principales eventos, destaca el terremoto del 27 de febrero de 2010 (27-F) que alcanzó una magnitud de 8,8 en la escala de Richter. El epicentro se situó 8 km al oeste de Curanipe y 115 km al nor-noreste de Concepción, empezó a las 03:34 horas y su duración fue de aproximadamente 3 minutos. Afectó desde Santiago a Temuco, lo que corresponde a una distancia de aproximadamente 700 kilómetros en donde se localiza cerca del 80 % de la población del país. El terremoto produjo 507 víctimas fatales, cerca de 440.000 viviendas dañadas y las prioridades asistenciales fueron la provisión de agua y alimentos, servicios básicos tales como salud, transporte y comunicaciones, y por último la búsqueda de desaparecidos [70]. Se estima que entre el 30 y 40 % de los damnificados podrían presentar secuelas psicológicas post terremoto, de los cuales, un tercio seguirá sufriendo posteriormente durante diez años, lo que requiere que las zonas afectadas tengan un plan de apoyo psicosocial de manera prioritaria [34].

Considerando el daño en viviendas e infraestructura sanitaria de los hogares y que las carencias de agua potable y saneamiento e higiene constituyen una importante causa de morbilidad y mortalidad, este trabajo tiene como propósito estudiar el efecto del terremoto en el aumento de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA). En este contexto, cabe destacar que cerca de 1,8 millones de defunciones anuales son generadas por enfermedades diarreicas en el mundo [81, 83], constituyen el 19% de la mortalidad total en la niñez y personas de la tercera edad [14], y es una causa importante de la morbilidad y mortalidad potencial para personas de la tercera edad [67] y con ello un impedimento al desarrollo económico. Entre las ETA más comunes se encuentra la salmonelosis que es causada por la bacteria *Salmonella* y afecta a decenas de millones de personas anualmente en todo el mundo, provocando más de cien mil muertes anuales [81, 83]. Solo en el año 2008, se registraron más de 100.000 casos en la UE de *Salmonella* sp. excluyendo a *Salmonella typhi* [31].

Las razones por las que se estudia este tema son al menos tres: La primera es que Chile es considerado el segundo país más activo sísmicamente del mundo debido a su ubicación en el cinturón de fuego del Pacífico, y el cuarto por el riesgo de sufrir daños mayores por catástrofes naturales [42]. La segunda razón se debe a la ocurrencia del terremoto de febrero del año 2010, cuya magnitud fue de 8,8 en la escala Mw, y es considerado uno de los mayores eventos sísmicos registrados en la historia de la humanidad. En tercer lugar, por la existencia de datos a nivel de hogares afectados, los cuales fueron contrastados con la distancia al epicentro, y datos a nivel de comuna del número de enfermedades de transmisión de alimentos.

Este trabajo busca responder las siguientes interrogantes: ¿Existe alguna relación entre la ocurrencia de un terremoto y la incidencia de enfermedades de transmisión por alimentos? ¿Las zonas más cercanas al epicentro presentan una incidencia mayor? ¿El daño de la vivienda se relaciona con el aumento de enfermedades de transmisión por alimentos?

El trabajo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 realiza una revisión de la literatura, las secciones 3 y 4 describen los datos y la metodología utilizada, respectivamente. La sección 5 presenta los resultados empíricos y un conjunto de pruebas de robustez, y finalmente, la sección 6 concluye al respecto.

2.2. Revisión de Literatura

El ser humano desde su origen se ha visto enfrentado a riesgos de diversa naturaleza, algunos provenientes del medio natural y otros que han tenido su origen en la humanidad misma. En términos generales, cuando nos enfrentamos a un evento agresivo para el cual no hay posibilidad de anticiparse y efectos colaterales, nos encontramos ante la presencia de un desastre o catástrofe [30]. La definición de desastre ha sido ampliamente discutida [65, 66, 63] de acuerdo a diversas áreas del conocimiento. En este sentido Oliver-Smith [59] identifica que su definición varía en torno a los siguientes aspectos: 1) los agentes físicos; 2) el impacto material de los agentes físicos; 3) la evaluación de los agentes físicos; 4) los quiebres sociales provocados por el evento en cuestión; 5) la construcción de realidad en base a la percepción de crisis frente a un evento que puede o no causar daño material; 6) la definición política de ciertos tipos de crisis; 7) el desbalance del *ratio* demanda-capacidad frente a una situación de crisis. Con ellos se pueden evidenciar diferentes tipos de desastres.

Existe una clasificación de desastres que se basa en el origen y el tipo de desastre, que tiene un alto grado de consenso a nivel mundial, y que considera dos grandes grupos: los desastres “naturales” y aquellos “causados por el hombre” [13, 38, 12]. En particular, [55] define los desastres naturales

como “*un evento extremo provocado por causas geofísicas que afectan a una sociedad expuesta y vulnerable de tal manera que se excede la capacidad de afrontamiento de la sociedad y se necesita asistencia externa*”.

Labores de las Naciones Unidas como la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, ha permitido aumentar la atención hacia las diversas amenazas con las que convive el ser humano [50]. Asimismo, las políticas de desarrollo a nivel internacional se han enfocado en la protección de personas vulnerables ante las pérdidas evitables, dejando a los desastres naturales como un hecho excepcional que no forma parte la teoría del desarrollo [61]. Sin embargo, el mundo mediatizado por la tecnología y el papel fundamental de las redes sociales en nuestras vidas, ha incrementado la investigación en el ámbito de las ciencias naturales con el fin de mejorar la capacidad de predecir dichos desastres y hacer frente a ellos. No obstante, la investigación económica relacionada a ellos no ha avanzado de la misma forma [18].

Cavallo et al. [17] estudian el impacto que causan los desastres naturales a corto y largo plazo, encontrando que solo aquellos desastres extremadamente grandes impactan negativamente la producción en el corto y largo plazo, y que los desastres pequeños, por más intensos que sean, no generan efectos en la producción. Kousky [48] revisa la literatura empírica del impacto económico de los desastres climáticos para estimar posibles daños de corto y largo plazo, e incluye medidas de disminución de riesgos y estrategias de adaptación para cambios climáticos futuros. Del mismo modo, Shabnam [75] realiza una revisión de literatura existente de las teorías de crecimiento económico y los efectos ocasionados por los shocks de “desastres naturales”, encontrando resultados mixtos.

Entre los estudios que estima los costos sociales y/o económicos destaca el Banco Mundial [24] quién indica que el costo social y económico de desastres naturales ha aumentado en los últimos años producto del crecimiento de la población. Señala que entre los costos sociales y/o económicos, se encuentran la pérdida de vidas, destrucción de infraestructura y la pobreza. Esta última se debe al desvío de recursos cuyo objetivo es la superación de la pobreza hacia planes de reconstrucción y recuperación de las zonas dañadas, lo que provoca retrasos en los primeros. En este sentido, se puede decir que los desastres naturales causan grandes pérdidas económicas en todo el mundo. Sin embargo, el daño ocasionado tiene relación con el nivel de ingreso del país [79], las pérdidas económicas son más altas en los países desarrollados, pero menores como proporción del PIB [6].

Los trabajos que intentan identificar las determinantes de los costos directos de los desastres, proponen en su mayoría un modelo que explica los daños directos utilizando medidas de daño inicial primario como de mortalidad, morbilidad o de pérdidas de capital, y entre las variables independientes consideradas, se incluyen la magnitud del desastre y la “vulnerabilidad” del país a los desastres. La sensibilidad de un país frente al impacto de los desastres naturales puede incrementarse según su nivel de desarrollo económico. Kahneman y Krueger [45] concluyen que en los países más ricos se generan menores muertes ante desastres naturales de igual gravedad. Noy [58] plantea que los flujos financieros juegan un rol importante en la recuperación de desastres, por lo tanto, las condiciones del mercado financiero inciden en las consecuencias de los desastres naturales. Señala también que a mayor crédito doméstico se reducen los costos del desastre. Este campo de estudios, que tiene como propósito determinar los costos económicos producto de un desastre natural, tiene diversos trabajos que se basan en un evento particular, como por ejemplo Horwich [40], Hallegatte [39], Vigdor [80] y Cavallo et al. [19] los cuales estudian el terremoto de Japón, huracán Katrina, y terremoto de Haití respectivamente.

Entre los trabajos que estudian los desastres, infraestructura y el comportamiento del consumo, cabe destacar aquel realizado por Acconcia, Corsetti y Simonelli [1], quienes aprovechan la ocurrencia

de tres terremotos italianos como cuasi-experimentos y estudian la respuesta del consumo frente a las transferencias para financiar la reconstrucción de las viviendas. Encuentran que las transferencias afectan la liquidez de la riqueza de los hogares en el corto plazo y no tiene efecto en el consumo en el largo plazo. Sin embargo, se evidencian algunas diferencias: aumenta el consumo no duradero en hogares con baja liquidez y deuda bancaria, mientras que los hogares que tienen liquidez no se muestra diferencia.

Entre los trabajos que relacionan los desastres naturales con la salud, destacan aquellos que estudian el bienestar psicológico de una persona [69, 37, 32, 72]. La incidencia de estrés post traumático producto de la ocurrencia de un terremoto aumenta con respecto a un año normal, produciendo más daños a la salud pública que aquellos provocados por accidentes de tránsito, enfermedades cardiovasculares o la diabetes, lo que se traduce en la necesidad de un plan de apoyo psicosocial a las comunidades afectadas [34]. En esta línea, destaca el trabajo de López [51], quién busca resolver la interrogante de hasta qué punto los servicios financieros que suavizan el consumo aumentan la fortaleza psicológica del individuo ante la existencia de desastres naturales. El autor estudia el terremoto ocurrido en Chile el año 2010 y utiliza datos de panel de 22.456 hogares de la encuesta socioeconómica nacional, CASEN. Entre los resultados obtenidos se destaca que, tener un seguro de terremoto se relaciona con una disminución en la probabilidad de tener un trastorno de estrés postraumático en más del 50 % de las personas que viven en propiedades que fueron dañadas por el desastre. Del mismo modo, Palmeiro et al. [60] estudian el mismo desastre chileno y cómo el estrés que viven las mujeres embarazadas incide en la salud de su descendencia. Los autores encuentran la relación entre la vivencia de estrés producto del desastre y la existencia de partos más tempranos y una reducción de la longitud y la circunferencia de la cabeza de los bebés nacidos.

Por otro lado, destaca Adhikari et al.[2], quienes estudian los efectos de los terremotos del 2015, crisis de combustible y cortes de energía en los servicios de salud de Nepal. Entre sus resultados destacan que los terremotos generan necesidades de corto y largo plazo, las cuales difieren entre sí, mientras que los cortes de energía y las crisis de combustible afectan la asistencia de manera desproporcionada. Desde el punto de vista epidemiológico, existe literatura que nos informa de brotes de enfermedades infecciosas posteriores a desastres naturales. En este sentido, [76] estudia el terremoto de Nepal del año 2015, en donde se recolectaron 360 muestras de los distritos afectados por el terremoto detectando *Salmonella* spp. y *Shigella dysenteriae*.

El problema económico que enfrentan los gobiernos los lleva a tomar difíciles decisiones de asignación de recursos escasos, y entre las áreas prioritarias destaca la salud como una de las principales responsabilidades [36]. Sen [74] señala que la salud es considerada fundamental en el ámbito de la justicia social ya que es uno de los estados más importantes en nuestras vidas y asimismo valorado por las personas. De esta manera, considera una injusticia al hecho de que algunos no pueden tener la oportunidad de lograr una buena salud por un tema social y no por una decisión personal. Por lo mismo, las políticas de salud, en la mayoría de los países, se basan en la protección financiera de las personas disminuyendo el gasto de bolsillo destinado a salud, y que este gasto no los lleve a caer o permanecer en condición de pobreza [26, 21].

Las inversiones en salud generan beneficios sociales y económicos, destaca una relación directa entre la salud y el crecimiento económico, el bienestar social y la disminución de la pobreza [35, 64]. Existe evidencia de que una mala salud en personas adultas puede conducir a la pérdida de ingresos familiares debido al ausentismo laboral o a la baja productividad del individuo [84]. En este contexto gobiernos realizan diversas políticas públicas para garantizar que el sistema de salud funcione adecuadamente, destacando las políticas de los sistemas sanitarios (que tienen relación con los medicamentos esenciales, la tecnología y recursos humanos, entre otros), la atención primaria y

las reformas a favor de la cobertura universal [20].

2.3. Datos

Este trabajo utiliza distintas fuentes de datos. La primera de ellas corresponde a los datos panel de la Encuesta Nacional de Caracterización Socioeconómica Post Terremoto que contiene información a nivel de hogar, la cual fue realizada meses antes y después del terremoto (CASEN 2010 post terremoto), cuya población muestral es de 75.986 personas y 22.255 hogares que responden en ambos años. El Ministerio de Planificación (MIDEPLAN) fue el encargado del levantamiento de la Encuesta Post Terremoto (EPT), que actualmente corresponde al Ministerio de Desarrollo Social (MDS). Con esta base de datos se genera un indicador de daño de vivienda que toma valores entre 0 y 1, donde 0 indica que la vivienda no tuvo daño y 1 que tuvo algún tipo de daño. Posteriormente se genera un indicador de daño promedio de viviendas a nivel comunal que será empalmado con los datos que se señalan a continuación.

En segundo lugar, se utiliza la distancia lineal que existe entre dos puntos de la tierra, específicamente entre el epicentro del terremoto y la capital comunal en la que se encuentra el hogar. Esta distancia fue construida exclusivamente para el presente trabajo y está expresada como la proporción de distancia en relación a doscientos kilómetros. Por último, se utiliza el panel de datos con enfermedades de transmisión por alimentos (ETA) entre los años 2008 y 2013, construido con la información proporcionada por el Ministerio de Salud del número de enfermedades de notificación obligatoria (ENO) a nivel de semana estadística, comuna y tipo de enfermedad. Fue necesario eliminar del análisis el año 2010 debido a que no se dispone de información continua producto del desastre. La estadística descriptiva de las enfermedades consideradas se muestran en la Tabla 2.1 y el número de casos totales registrados en el período de estudio para cada tipo de enfermedad estudiada (fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea, hepatitis A y salmonella) se presenta en la Tabla 2.2. Las enfermedades de colera, hepatitis E y e-coli no fueron consideradas porque existen pocos casos registrados en el período de estudio, específicamente 2, 16 y 13 casos respectivamente.

La estadística descriptiva de ellas se presenta en la Tabla 2.1 a continuación:

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Indicador de daño	53530	0.3298994	0.2447213	0	0.8412699
Distancia	53530	2.112478	2.062532	0	9.77475
Total de enfermedades	53530	0.0423874	0.3607637	0	27
Tifoidea	53530	0.0103493	0.1295412	0	10
Paratifoidea	53530	0.0014945	0.0436265	0	4
Hepatitis A	53530	.0256305	.2867299	0	27
Salmonella	53530	.0049131	.1644546	0	16

Tabla 2.1: Estadística descriptiva

La fusión de las bases de datos anteriormente señaladas permiten responder el conjunto de preguntas de investigación propuestas.

	N°enfermedades	%
Fiebre tifoidea	766	27.45
Fiebre paratifoidea	111	3.98
Hepatitis A	1645	58.94
Salmonella	269	9.64
Total	2791	100

Tabla 2.2: Enfermedades de transmisión por alimentos (período 2008-2013)

2.4. Metodología

Para estudiar el efecto del terremoto en las enfermedades de transmisión de alimentos, se utilizó un modelo de diferencia en diferencia en diferencias (DDD), conocido también como modelo de triple diferencia (TD), con un enfoque similar al utilizado por Dehejia et al. [28]. La utilización de este modelo requiere que se cumplan dos supuestos: que la ocurrencia del terremoto sea una variación exógena y que no esté relacionado con otros eventos que ocurren en la zona afectada. Basados en la historia sísmica de nuestro país [52] y la localización de Chile sobre una zona de subducción de placas conocida como el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, la ocurrencia de terremotos no se puede predecir [4, 77] y, por lo tanto, este supuesto se cumple. El segundo supuesto que se debe cumplir es el de tendencias paralelas, es decir, que no exista diferencia en las tendencias de las enfermedades entre las zonas afectadas y no afectadas por del terremoto en el período previo a la ocurrencia de éste. Durante el desarrollo de este trabajo nos enfocaremos en que este supuesto se cumpla.

El primer modelo estimado corresponde a una especificación de triple diferencia que busca determinar el efecto del desastre en el número de enfermedades de transmisión por alimentos, más explícitamente:

$$y_{i,t} = \beta_1 + \beta_1 Afectada_i + \beta_2 Post_t + \beta_3 Tendencia + \beta_4 Afectada_i \times Post_t + \beta_5 Afectada \times Tendencia + \beta_6 Post \times Tendencia + \beta_7 Afectada \times Post \times Tend + \varepsilon_{i,t} \quad (2.1)$$

donde $y_{i,t}$ es la variable dependiente (número de enfermedades, trabajada como logaritmo), i corresponde a la comuna y t a la semana estadística, $Afectada_i$ es una variable binaria que indica si la comuna fue afectada por del terremoto [7], $Post_t$ corresponde a una variable binaria que representa los períodos de tiempo posteriores a la ocurrencia del terremoto, y $Tendencia_i$ representa la tendencia temporal para la zona no afectada, β_4 representa la zona afectada en el período posterior a la ocurrencia del terremoto, β_5 representa la diferencia de pendiente entre la zona afectada y no afectada en el período previo a la ocurrencia del desastre, β_6 indica la tendencia temporal para la zona no afectada en el período posterior a la ocurrencia del terremoto, y β_7 representa la diferencia de pendiente entre la zona afectada y no afectada en el período posterior a la ocurrencia del desastre.

Los resultados de la estimación permiten ver si se cumple el supuesto de tendencias paralelas, es decir, que no exista diferencia en las tendencias de las enfermedades entre las zonas afectadas y no afectadas en el período previo al terremoto. Esto es posible de determinar si el parámetro estimado β_5 es no significativo, es decir, no existe diferencia significativa de pendiente entre la zona afectada y no afectada en el período previo a la ocurrencia del desastre. El efecto del terremoto en la zona afectada lo captura el parámetro estimado β_7 , donde nos interesa encontrar diferencia significativa entre las pendientes de la zona afectada y no afectada en el período posterior a la ocurrencia del desastre, y que esta diferencia sea positiva para la zona afectada. Luego se mejoran las estimaciones

incluyendo efecto fijo por semana estadística y comuna, y con ello logramos controlar todas las diferencias que varían con el tiempo y todas aquellas que no varían con el tiempo. Posteriormente, se realiza la misma estimación para zonas urbanas y zonas rurales, con el fin de determinar si el terremoto impacta de manera diversa en dichas zonas. Por último, ampliamos nuestros resultados realizando la misma estimación para cada tipo de enfermedad, ya que las enfermedades pueden responder de manera diferente frente a la ocurrencia de un desastre.

El segundo modelo estimado busca evaluar si el aumento de enfermedades post terremoto es mayor en las zonas más cercanas al epicentro. Para ello realizamos una especificación de triple diferencia de la siguiente forma:

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Distancia_i + \beta_2 Post_t + \beta_3 Tendencia + \beta_4 Distancia_i \times Post_t + \beta_5 Distancia \times Tendencia + \beta_6 Post \times Tendencia + \beta_7 Distancia \times Post \times Tend + \varepsilon_{i,t} \quad (2.2)$$

donde $y_{i,t}$ es el número de enfermedades, trabajado como logaritmo, $Distancia_i$ indica la distancia desde la comuna al epicentro del terremoto, $Post_t$ es una variable binaria que representa los períodos de tiempo posteriores al desastre, y $Tendencia_i$ representa la tendencia temporal para la zona no afectada, β_5 nos indica si acaso se cumple el supuesto de tendencias paralelas, y β_7 nos indica el impacto del terremoto por cada 200 kilómetros. Luego se mejora la estimación incluyendo efecto fijo comuna y semana estadística, y por último, realizamos la misma estimación para cada tipo de enfermedad.

El tercer modelo estimado pretende evaluar si el Daño de la vivienda producto del terremoto incide en el número de enfermedades de transmisión de alimentos. Para ello realizamos la siguiente especificación de triple diferencia:

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Daño_i + \beta_2 Post_t + \beta_3 Tendencia + \beta_4 Daño_i \times Post_t + \beta_5 Daño \times Tendencia + \beta_6 Post \times Tendencia + \beta_7 Daño \times Post \times Tend + \varepsilon_{i,t} \quad (2.3)$$

donde y_{it} es el número de enfermedades en la comuna i en la semana t trabajada como logaritmo, $Daño$ es un indicador del daño promedio de las viviendas en la comuna i como consecuencia del terremoto, y $Post_t$ se refiere a períodos de tiempo posteriores a la ocurrencia del terremoto. Por lo tanto, β_5 nos indica si acaso se cumple el supuesto de tendencias paralelas, y β_7 representa el impacto del daño de las viviendas en el número de enfermedades. Mejoramos las estimaciones incluyendo los controles de semana estadística y comuna y ampliamos nuestros resultados por tipo de enfermedad.

Del modelo anterior, se puede suponer que la variable $Daño$ presenta un problema de endogeneidad, pensando en que las viviendas más dañadas pertenecen a personas más pobres y, por lo tanto, son construcciones de menor calidad. Para solucionarlo realizamos una regresión de mínimos cuadrados en dos etapas (2SLS). En primer lugar definimos nuestro instrumento a utilizar, para ello consideramos como instrumento apropiado para la variable endógena $Daño$ a la $Distancia$ al epicentro del terremoto, ya que intuitivamente las viviendas más dañadas son aquellas que se sitúan más cerca del epicentro. Luego de validar el instrumento, estimamos el valor predicho del daño de la vivienda ceteris paribus, y luego, en la segunda etapa, corremos la misma regresión e incluimos el valor predicho anterior como un regresor.

Finalmente, comparamos los parámetros estimados que acompañan a *Afectada*, *Distancia* y *Daño*, esperando encontrar una magnitud mayor en valor absoluto para aquellos coeficientes que acompañan a la variable $Daño$, suponiendo que el daño de la vivienda es el mecanismo directo de transmisión de las enfermedades y no la cercanía al epicentro del terremoto.

2.5. Resultados

Efecto del terremoto en las enfermedades

En general, los resultados corroboran los supuestos del modelo de triple diferencia. Las zonas afectadas por el terremoto y aquellas no afectadas comparten la misma tendencia antes del desastre, y en el período posterior al terremoto la zona afectada muestra un aumento de su tendencia en relación a la zona no afectada.

El primer modelo estimado (2.1) muestra el efecto del terremoto en el número total de enfermedades de transmisión por alimentos antes y después del terremoto, y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.3. En ella podemos ver en la columna (1) que el coeficiente de *Tendencia* (para las zonas no afectadas) no es significativo para el total de enfermedades reflejando una nula tendencia en el período previo al terremoto. La interacción entre *Tendencia* \times *Afectada* no es significativa (en el período pre-tratamiento) lo que indica que no existe diferencia en las pendientes de las zonas afectadas y no afectadas, y con ello se cumple el supuesto de tendencias paralelas. Finalmente, en la triple interacción *Post* \times *Afectada* \times *Tendencia*, se puede ver que en el período posterior a la ocurrencia del terremoto aumenta la tendencia de las enfermedades en la zona afectada en relación a la zona no afectada. En la columna (2) agregamos un efecto fijo de comuna y los resultados obtenidos son similares a los señalados, es decir, no se evidencia diferencias significativas en tendencia en el período pre-tratamiento pero si posterior al tratamiento, encontrando un aumento de las enfermedades en la zona afectada en el período posterior a la ocurrencia del terremoto.

Las columnas (3) y (4) muestran los resultados para las zonas urbanas y rurales. En ambas zonas no se evidencian diferencias significativas en la tendencia para el período pre-tratamiento. En el período posterior al terremoto encontramos diferencia en las tendencias de las enfermedades para las zonas urbanas afectadas en relación a las no afectadas. En zonas rurales no se evidencian diferencias. Esto concuerda con los resultados obtenidos por [9], en donde señala que en zonas urbanas se han instalado poblaciones más pobres que, junto a una falta de planificación urbana, ha aumentado su nivel de vulnerabilidad socioeconómica. Del mismo modo la OMS señala que a pesar de que una mayor proporción de población urbana tiene acceso a saneamiento básico, en general, el riesgo es mayor en las ciudades debido a las condiciones de vida de sus habitantes [82]. Esto básicamente se explica por la escasez de agua potable de algunos hogares urbanos, lo que sumado a condiciones de hacinamiento, saneamiento e instalaciones ineficientes para la preparación y mantención de alimentos, contribuye a una mala salud [71].

Al estimar el modelo (2.1) con el logaritmo del número de casos para cada tipo de enfermedad, los resultados difieren de los señalados anteriormente. En la 2.4 se puede ver que las enfermedades de fiebre tifoidea, paratifoidea y salmonella presentan la misma tendencia temporal en el período previo al terremoto para los grupos control y tratamiento, es decir, se corrobora el supuesto de tendencias párales para las enfermedades mencionadas. En el período posterior al terremoto, en la zona afectada aumenta significativamente la tendencia en relación a la del grupo control para las enfermedades de salmonella y hepatitis A. Sin embargo, para el caso de hepatitis A, a pesar de que se evidencia un aumento de pendiente en el en la zona afectada en el período posterior al terremoto, ambos grupos (control y tratamiento) no comparten la misma tendencia de tiempo en el período previo al desastre. En el caso de la fiebre tifoidea y paratifoidea, no se evidencian efectos posteriores a la ocurrencia del terremoto.

Cabe señalar que luego de la catástrofe generada por el terremoto y el posterior tsunami, el

Variable	Total	Total	Urbano	Rural
Post	0.114*** (-0.0175)	0.114*** (-0.0155)	0.132*** (-0.018)	0.00877 (-0.0114)
Tendencia	0.00308 (-0.00439)	0.00308 (-0.00448)	0.00241 (-0.00508)	0.00719 (-0.00676)
Afectada	-0.00561 (-0.00736)	-0.0208 (-0.0139)	-0.0183 (-0.0144)	
Tendencia*Post	-0.0202*** (-0.00529)	-0.0202*** (-0.00517)	-0.0221*** (-0.0059)	-0.00812 (-0.00683)
Tendencia*Afectada	-0.00522 (-0.0047)	-0.00522 (-0.00477)	-0.00509 (-0.0054)	-0.00474 (-0.00709)
Post*Afectada	-0.131*** (-0.0183)	-0.131*** (-0.0165)	-0.151*** (-0.0189)	-0.004 (-0.0127)
Post*Afectada*Tendencia	0.0259*** (-0.00564)	0.0259*** (-0.00551)	0.0288*** (-0.00627)	0.00526 (-0.00722)
Constante	0.0239*** (-0.00683)	0.0182 (-0.014)	0.0153 (-0.0146)	-0.00353 (-0.0104)
Observaciones	53530	53530	47435	6095
R-cuadrado	0.009	0.143	0.143	0.02
E.F. comuna	NO	SI	SI	SI
E.F. semana	NO	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis		***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

Tabla 2.3: Efecto del terremoto en el logaritmo del total de enfermedades (2008-2013)

Variable	Tifoifea	Paratifoifea	Hepatitis A	Salmonella
Post	-0.00859 (-0.00669)	-0.00407 (-0.00293)	0.0627*** (-0.0112)	0.0667*** (-0.00904)
Tendencia	-0.00667** (-0.00302)	-0.00155 (-0.00144)	0.0109*** (-0.00315)	0.000676 (-0.00116)
Afectada	-0.0191*** (-0.00688)	-0.00299 (-0.00244)	0.0281*** (-0.00503)	-0.0258** (-0.0112)
Tendencia*Post	0.00468 (-0.00312)	0.00141 (-0.00147)	-0.0150*** (-0.0037)	-0.0118*** (-0.00196)
Tendencia*Afectada	0.00475 (-0.00322)	0.00124 (-0.0015)	-0.0112*** (-0.00333)	-0.000575 (-0.00124)
Post*Afectada	0.00703 (-0.00744)	0.00301 (-0.00311)	-0.0799*** (-0.012)	-0.0651*** (-0.0091)
Post*Afectada*Tendencia	-0.00334 (-0.00336)	-0.00109 (-0.00154)	0.0200*** (-0.00394)	0.0113*** (-0.00201)
Constante	0.0204*** (-0.00676)	0.00346 (-0.00232)	-0.0360*** (-0.00534)	0.0296*** (-0.0113)
Observaciones	53530	53530	53530	53530
R-cuadrado	0.037	0.01	0.133	0.123
E.F. comuna	SI	SI	SI	SI
E.F. semana	SI	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis		***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

Tabla 2.4: Efecto del terremoto en el logaritmo de enfermedades, por tipo de enfermedad (2008-2013)

sistema de salud en conjunto con la cooperación internacional respondieron de manera efectiva a los dos días de ocurrido el desastre por medio de un “listado oficial de solicitud de ayuda humanitaria” que permitió acoger donativos provenientes de 31 países, y entre las donaciones recibidas destacan el mobiliario clínico, el equipamiento médico e instrumental, y los medicamentos e insumos, situando al sector de salud como uno de los de mayor cantidad de donativo internacional percibió [53]. A pesar de esta intervención se evidencia una correlación entre la ocurrencia del terremoto y el aumento de enfermedades de transmisión por alimentos en la zona afectada en el período posterior al desastre. Esto sugiere trabajar de manera preventiva en temas relacionados con la educación sanitaria post desastre, y de manera activa en focalizar la ayuda necesaria a los hogares damnificados.

5.2. Efecto de la distancia al epicentro del terremoto en las enfermedades

Luego de la ocurrencia del desastre vemos un aumento significativo en el número de casos de enfermedades de transmisión por alimentos en la zona afectada por el terremoto. Sin embargo, queremos saber si la zona afectada tiene un efecto homogéneo o si, por el contrario, las zonas más cercanas al epicentro tienen un aumento relativamente mayor al de las zonas más lejanas. Por esta razón estimamos el segundo modelo (2.2) que permite identificar el impacto del terremoto en las enfermedades en relación con su distancia al epicentro.

Esta estimación compara el logaritmo del número de casos total de enfermedades de las zonas cercanas al epicentro con aquellas relativamente más distantes. En general, y al igual que la estimación anterior, los resultados corroboran los supuestos del modelo de triple diferencia. Las zonas más distantes del epicentro y aquellas más cercanas comparten la misma tendencia antes del desastre, y en el período posterior a este, las zonas más lejanas muestran una disminución de su tendencia. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.5. En ella podemos ver que el coeficiente de *Tendencia* (para las zonas cercanas al epicentro) no es significativo para el total de enfermedades de transmisión por alimentos, reflejando una nula tendencia en el período previo al terremoto. Podemos ver que el coeficiente de la interacción entre *Tendencia* \times *Distancia* no es significativo en el período pre-tratamiento, lo que indica que zonas cercanas y lejanas al epicentro cumplen el supuesto de tendencias paralelas. Luego en la triple interacción *Post* \times *Distancia* \times *Tendencia* se puede ver que en el período posterior al terremoto, la tendencia de enfermedades en zonas lejanas al epicentro disminuye respecto de la tendencia que muestran las zonas cercanas. Este resultado es bastante intuitivo ya que se espera que en zonas cercanas al epicentro el impacto sea mayor y que éste disminuya en la medida que nos alejamos.

En las columnas siguientes (3) y (4) se pueden ver los resultados para zonas urbana y rural respectivamente. En ambas zonas se cumple nuevamente el supuesto de tendencias paralelas en el período previo al terremoto, y en el período posterior encontramos una disminución de la tendencia en las zonas urbanas afectadas, respecto de las no afectadas, cuya magnitud es mayor a la del total de enfermedades. En zonas rurales no se evidencian diferencias. Esto refuerza los resultados de la estimación anterior y concuerda con [82].

Al estimar el modelo (2.2) con el logaritmo del número de casos para cada tipo de enfermedad, los resultados difieren de los señalados anteriormente y refuerzan a los obtenidos en (2.1). En la Tabla 2.6 se puede ver que para las enfermedades de fiebre tifoidea, paratifoidea y salmonella el coeficiente de la interacción entre *Tendencia* \times *Distancia* no es significativamente diferente de cero en el período pre-tratamiento, lo que indica que las zonas cercanas y lejanas al epicentro tienen la misma tendencia antes del desastre, y con esto se corroboran los supuestos del modelo de diferencia en diferencia para las enfermedades señaladas. En el período posterior al terremoto, la triple interacción

Variable	Total	Total	Urbano	Rural
Post	-0.0934*** (-0.0118)	-0.0934*** (-0.0108)	-0.111*** (-0.0126)	0.00601 (-0.00589)
Tendencia	-0.00243 (-0.00269)	-0.00243 (-0.00276)	-0.00307 (-0.0032)	0.00238 (-0.00243)
Distancia	0.00377* (-0.00225)	0.000216 (-0.00318)	-0.000882 (-0.00344)	-0.00042 (-0.00206)
Tendencia*Post	0.0177*** (-0.00339)	0.0177*** (-0.00334)	0.0211*** (-0.00387)	-0.00293 (-0.0026)
Tendencia*Distancia	0.000748 (-0.00138)	0.000748 (-0.00144)	0.000762 (-0.00165)	0.000747 (-0.00135)
Post*Distancia	0.0516*** (-0.00655)	0.0516*** (-0.00589)	0.0602*** (-0.00684)	-0.000012 (-0.00226)
Post*Distancia*Tendencia	-0.00871*** (-0.00178)	-0.00871*** (-0.00175)	-0.0101*** (-0.00202)	-0.000754 (-0.00136)
Constante	0.0117*** (-0.00446)	0.00825 (-0.00575)	0.00952 (-0.00653)	-0.000127 (-0.00706)
Observaciones	53530	53530	47435	6095
R-cuadrado	0.035	0.151	0.152	0.02
E.F. comuna	NO	SI	SI	SI
E.F. semana	NO	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis			***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1	

Tabla 2.5: Efecto del terremoto en el logaritmo del total de enfermedades (2008-2013)

$Post \times Distancia \times Tendencia$ muestra que a mayor distancia del epicentro disminuye la tendencia de casos de salmonella y hepatitis A. Sin embargo, para el caso de hepatitis A, a pesar de que se evidencia esta disminución en el período post-terremoto, ambos grupos (control y tratamiento) no comparten la misma tendencia de tiempo en el período previo al desastre. En el caso de la fiebre tifoidea y paratifoidea, no se evidencian efectos posteriores a la ocurrencia del terremoto.

5.3. Considerando sólo la zona afectada

Procedemos ahora a observar cómo se comportan las enfermedades solo en la zona afectada, pensando que la inclusión de las regiones extremas o relativamente poco afectadas puede hacer que el coeficiente estimado tienda a ser cero. Para ello consideramos las regiones Metropolitana, O'Higgins, Del Maule, Bío-Bío o Araucanía (estas regiones registraron una intensidad igual o mayor a 8 en escala de Mercalli, y se localizan en un área de influencia de hasta 500 km aproximados desde el epicentro del terremoto). Estimamos el mismo modelo (2.2) para el logaritmo del número de notificaciones totales y por tipo de enfermedad, condicional a pertenecer a esta zona y los resultados se muestran en la Tabla 2.7. En ella podemos ver que el coeficiente de la interacción entre $Tendencia \times Distancia$ no es significativo en el período pre-tratamiento para las enfermedades de hepatitis A y salmonella, y con ello se cumple el supuesto de tendencias paralelas.

Luego, en la triple interacción $Post \times Distancia \times Tendencia$, se puede ver que la tendencia disminuye de manera significativa para hepatitis A. Esto nos muestra que a mayor distancia del epicentro disminuye la tendencia en relación a las zonas más cercanas. Sin embargo, para el caso de salmonella no se evidencia esta disminución en el período post-terremoto, es decir, en la zona afectada aumenta la proporción de casos independiente de la distancia al epicentro en que nos encontremos.

Variable	Tifoifea	Paratifoifea	Hepatitis A	Salmonella
Post	0.00439 (-0.00505)	-0.00093 (-0.0016)	-0.0647*** (-0.0082)	-0.0352*** (-0.00555)
Tendencia	0.000143 (-0.00199)	-0.000346 (-0.000642)	-0.00281 (-0.00187)	0.00008 (-0.000821)
Distancia	0.00533*** (-0.00192)	0.000513 (-0.000591)	-0.00970*** (-0.00156)	0.00375* (-0.00221)
Tendencia*Post	-0.000544 (-0.00212)	0.000459 (-0.000682)	0.0130*** (-0.0024)	0.00574*** (-0.00126)
Tendencia*Distancia	-0.00153 (-0.00104)	-0.000127 (-0.000367)	0.00250** (-0.00101)	0.00008 (-0.000464)
Post*Distancia	-0.00364 (-0.00226)	-0.000415 (-0.000798)	0.0319*** (-0.00445)	0.0250*** (-0.0036)
Post*Distancia*Tendencia	0.00129 (-0.00107)	0.00006 (-0.000379)	-0.00613*** (-0.00128)	-0.00427*** (-0.000779)
Constant	-0.00404 (-0.00363)	0.000125 (-0.00128)	0.00567 (-0.00393)	0.00734*** (-0.00244)
Observaciones	53530	53530	53530	53530
R-cuadrado	0.038	0.011	0.14	0.135
E.F. comuna	SI	SI	SI	SI
E.F. semana	SI	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis	***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1			

Tabla 2.6: Efecto del terremoto en el logaritmo de enfermedades, por tipo de enfermedad (2008-2013)

Variable	Tifoifea	Paratifoifea	Hepatitis A	Salmonella
Post	-0.0106 (-0.00967)	-0.00341 (-0.00288)	-0.0886*** (-0.0118)	0.00441* (-0.00231)
Tendencia	-0.00975*** (-0.00293)	-0.00195** (-0.000972)	-0.00277 (-0.00248)	0.000186 (-0.000712)
Distancia-0.00860**	-0.00173 (-0.00335)	0.00483 (-0.00131)	0.000715 (-0.00391)	(-0.00119)
Tendencia*Post	0.00908*** (-0.00333)	0.00207* (-0.00108)	0.0219*** (-0.00347)	-0.000864 (-0.000798)
Tendencia*Distancia	0.00645*** (-0.00209)	0.00135* (-0.000819)	0.00203 (-0.00199)	-0.00007 (-0.000782)
Post*Distancia	0.0075 (-0.00658)	0.00194 (-0.002)	0.0589*** (-0.00872)	-0.00232 (-0.00185)
Post*Distancia*Tendencia	-0.00637*** (-0.00235)	-0.00143 (-0.000874)	-0.0140*** (-0.00264)	0.00031 (-0.00082)
Constante	0.00998** (-0.00496)	0.00215 (-0.00162)	-0.00658 (-0.00496)	0.00202 (-0.00271)
Observaciones	40280	40280	40280	40280
R-cuadrado	0.033	0.008	0.053	0.025
E.F. comuna	SI	SI	SI	SI
E.F. semana	SI	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis	***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1			

Tabla 2.7: Efecto del terremoto en las enfermedades, en zona afectada (2008-2013)

En el caso de las enfermedades de fiebre tifoidea y paratifoidea, a pesar de que se evidencia una disminución de la tendencia relativa de las zonas lejanas en el período post-terremoto, no se cumple el supuesto de tendencias paralelas en el período previo.

5.4. Efecto del daño de la vivienda en las enfermedades

Las estimaciones anteriores muestran correlación entre la ocurrencia del desastre y el aumento del número de enfermedades de transmisión por alimentos en la zona afectada por el terremoto. Sin embargo, queremos estudiar si el daño de la vivienda es el mecanismo de transmisión directo. Para ello estimamos el modelo (2.3) y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.8. En ella podemos ver que en la columna (1) que el coeficiente de *Tendencia* no es significativo para el total de enfermedades reflejando una nula tendencia en el período previo al terremoto, y para las zonas donde las viviendas no fueron dañadas. Luego, la interacción entre *Tendencia* \times *Daño* es significativa al 5% de significancia en el período pre-tratamiento, lo que indica que entre zonas con mayor y menor daño la tendencia del total de enfermedades no es similar, y con ello no se cumple el supuesto de tendencias paralelas. En la triple interacción *Post* \times *Daño* \times *Tendencia*, se puede ver que la tendencia de las enfermedades aumenta en las zonas con viviendas dañadas en el período posterior a la ocurrencia del terremoto, lo que indica correlación entre el daño de viviendas y el aumento de enfermedades.

Variable	Total	Total	Urbano	Rural
Post	0.0995*** (-0.0129)	0.0995*** (-0.0116)	0.114*** (-0.0132)	0.00838 (-0.0104)
Tendencia	0.00529 (-0.00334)	0.00529 (-0.00339)	0.00553 (-0.00378)	0.00711 (-0.00599)
Daño	0.00985 (-0.0121)			
Tendencia*Post	-0.0203*** (-0.004)	-0.0203*** (-0.00391)	-0.0228*** (-0.00438)	-0.008 (-0.00606)
Tendencia*Daño	-0.0186** (-0.00744)	-0.0186** (-0.00752)	-0.0218** (-0.00883)	-0.00802 (-0.00986)
Post*Daño	-0.254*** (-0.0294)	-0.254*** (-0.0268)	-0.304*** (-0.0319)	-0.00597 (-0.0178)
Post*Daño*Tendencia	0.0593*** (-0.00906)	0.0593*** (-0.00883)	0.0705*** (-0.0104)	0.00883 (-0.01)
Constante	0.0164*** (-0.00524)	0.0198 (-0.0133)	0.017 (-0.0136)	0.0147 (-0.0146)
Observaciones	53530	53530	47435	6095
R-cuadrado	0.006	0.143	0.143	0.02
E.F. comuna	NO	SI	SI	SI
E.F. semana	NO	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis				

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

Tabla 2.8: Efecto del daño de viviendas en el logaritmo del total de enfermedades (2008-2013)

En la columna (2) agregamos un efecto fijo de comuna y los resultados obtenidos son similares a los de la columna anterior. Las columnas (3) y (4) muestran los resultados para las zonas urbanas y rurales. En zona urbana no se cumple el supuesto de tendencias paralelas. En el período posterior a la ocurrencia del terremoto, en la triple interacción se puede ver que en las zonas donde las viviendas fueron dañadas aumentó la tendencia, y al estimar por tipo de zona urbana o rural, se muestra un

aumento en ambas zonas. Específicamente en zona urbana la tendencia de las enfermedades aumenta de manera significativa y de magnitud mayor a la zona rural, reforzando nuevamente la que sostiene la OMS [82].

Al determinar el impacto del daño de la vivienda en las enfermedades por tipo, los resultados muestran que se cumple el supuesto de tendencias paralelas en el período previo al terremoto para las enfermedades de fiebre tifoidea, paratifoidea y salmonella. Después del terremoto se observa en la triple interacción $Post \times Daño \times Tendencia$ que la tendencia aumenta en zonas cuyas viviendas fueron dañadas aumenta respecto de las no dañadas para todas las enfermedades, específicamente para fiebre tifoidea aumenta un 0,4 %, fiebre paratifoidea 0,02 %, hepatitis A 4,2 % y salmonella 1,5 %, siendo este aumento significativo al 1 % para las dos últimas. Estos resultados confirman nuestra hipótesis de trabajo, que las zonas donde las casas presentan mayor daño se correlaciona con mayor número de enfermedades de transmisión por alimentos debido al deterioro o destrucción de la vivienda, la falta de agua, electricidad o alcantarillado, entre otros.

Variable	Tifoidea	Paratifoidea	Hepatitis A	Salmonella
Post	-0.00269 (-0.00522)	-0.00267 (-0.0022)	0.0612*** (-0.00858)	0.0460*** (-0.00634)
Tendencia	-0.00229 (-0.00225)	-0.000549 (-0.00107)	0.00792*** (-0.00232)	0.00051 (-0.00105)
Tendencia*Post	0.000832 (-0.00235)	0.000514 (-0.00109)	-0.0139*** (-0.00277)	-0.00836*** (-0.00151)
Tendencia*Daño	-0.00244 (-0.00526)	-0.000199 (-0.00219)	-0.0165*** (-0.00497)	-0.000809 (-0.00197)
Post*Daño	-0.00183 (-0.014)	0.00262 (-0.00522)	-0.178*** (-0.0198)	-0.0858*** (-0.0123)
Post*Daño*Tendencia	0.00407 (-0.00565)	0.000246 (-0.00229)	0.0422*** (-0.0062)	0.0154*** (-0.00289)
Constante	0.0127** (-0.00591)	0.00172 (-0.00172)	-0.0275*** (-0.00429)	0.0324*** (-0.0113)
Observations	53530	53530	53530	53530
R-cuadrado	0.037	0.01	0.133	0.121
E.F. comuna	SI	SI	SI	SI
E.F. semana	SI	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis	***p<0.01,**p<0.05,*p<0.1			

Tabla 2.9: Efecto del daño de vivienda en el logaritmo de enfermedades, por tipo (2008-2013)

5.5. El daño de la vivienda como variable endógena

Realizamos una regresión de mínimos cuadrados en dos etapas (2SLS) y utilizamos como instrumento apropiado para la variable endógena $Daño$ a la $Distancia$ al epicentro del terremoto, ya que intuitivamente las viviendas más dañadas son aquellas que se sitúan más cerca del epicentro. La variable $Distancia$ resulta ser estadísticamente significativa al 1 %, lo que nos indica que es un buen instrumento. Luego calculamos el valor predicho del modelo y lo incluimos en la estimación de la ecuación estructural. Los resultados obtenidos en la segunda etapa corroboran lo ya encontrado en la estimación (2.2) y se muestran en la Tabla 2.10. En ella podemos ver que el coeficiente de $Tendencia$ no es significativo al 5 % para el total de enfermedades y para los casos de fiebre tifoidea, paratifoidea y salmonella, reflejando una nula tendencia en el período previo al terremoto.

Podemos ver que el coeficiente de la interacción entre $Tendencia \times Daño$ no es significativo, para el total de enfermedades y para los casos de fiebre tifoidea, paratifoidea y salmonella, lo que indica que en el período previo al terremoto las zonas cuyas viviendas fueron dañadas y no dañadas, cumplen el supuesto de tendencias paralelas. Luego en la triple interacción $Post \times Daño \times Tendencia$ se puede ver que, posterior al terremoto, la tendencia en zonas con viviendas dañadas aumenta un 10,6% respecto de las no dañadas para el total de enfermedades, aumenta un 7,5% para hepatitis A y 5,2% para salmonella. En el caso particular de hepatitis A, a pesar de no cumplir el supuesto de tendencias paralelas en el período previo al terremoto, en el período posterior a éste disminuye la tendencia para zonas de viviendas no dañadas y aumenta en zonas cuyas viviendas se encuentran dañadas.

Variable	Total	Tifoidea	Paratifoidea	Hepatitis A	Salmonella
Post	0.224*** (-0.0272)	-0.0180* (-0.0102)	-0.00348 (-0.00377)	0.131*** (-0.0204)	0.119*** (-0.0168)
Tendencia	0.00217 (-0.00679)	-0.00928* (-0.00481)	-0.00113 (-0.00179)	0.0125*** (-0.0048)	0.000552 (-0.00217)
Tendencia*Post	-0.0358*** (-0.00821)	0.00736 (-0.00493)	0.000857 (-0.00184)	-0.0247*** (-0.00599)	-0.0205*** (-0.00364)
Tendencia*Daño	-0.00915 (-0.0179)	0.0187 (-0.0128)	0.00156 (-0.00448)	-0.0305** (-0.0126)	-0.000937 (-0.00575)
Post*Daño	-0.630*** (-0.0726)	0.0445 (-0.0276)	0.00507 (-0.00975)	-0.389*** (-0.0546)	-0.306*** (-0.0443)
Post*Daño*Tendencia	0.106*** (-0.0217)	-0.0157 (-0.0131)	-0.000792 (-0.00463)	0.0749*** (-0.0159)	0.0522*** (-0.00962)
Constante	0.00377 (-0.016)	0.0270*** (-0.00902)	0.00322 (-0.00279)	-0.0528*** (-0.00777)	0.0253** (-0.0116)
Observaciones	53530	53530	53530	53530	53530
RMSE	0.132	0.035	0.01	0.123	0.102
E.F. comuna	SI	SI	SI	SI	SI
E.F. semana	SI	SI	SI	SI	SI
Error estándar en parentesis		***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1			

Tabla 2.10: Efecto del terremoto en el logaritmo de las enfermedades (2SLS) (2008-2013)

2.6. Conclusiones

Los desastres naturales como los terremotos generan importantes costos económicos asociados la destrucción de viviendas e infraestructura sanitaria de los hogares. En este sentido, el propósito de este trabajo consiste en estudiar cómo la ocurrencia del terremoto tiene relación con el aumento de enfermedades transmitidas por los alimentos, pensando en que la carencia de agua potable, saneamiento e higiene constituyen una importante causa de contagio. Nos enfocamos en el terremoto chileno de 2010, y usamos datos a nivel micro de la encuesta de un hogar llevada a cabo tres meses después del desastre, junto con datos proporcionados por el Ministerio de Salud de enfermedades de transmisión por alimentos.

Los resultados muestran que luego del terremoto, en la zona afectada por el desastre se evidencia un aumento significativo de 2,6% del total de enfermedades respecto de las zonas no afectadas. Las zonas urbanas muestran que este aumento es mayor mientras que zonas rurales no evidencian cambios. Al estimar el modelo por tipo de enfermedad, los resultados difieren de los señalados

anteriormente. En el período posterior al terremoto, en la zona afectada aumenta el porcentaje de casos de hepatitis A en 2% y de salmonella en 1,1% respectivamente, sin embargo, se cumple el supuesto de tendencias paralelas solo para el caso de salmonella.

Luego del terremoto se puede ver una disminución de 0,87% del total de enfermedades por cada 200 kilómetros de distancia del epicentro del terremoto. Las zonas urbanas muestran una disminución levemente mayor y en zonas rurales no se evidencian cambios. Al estimar el modelo por tipo de enfermedad, los resultados refuerzan a los encontrados en la estimación anterior. En el período posterior al terremoto, en la zonas más lejanas disminuye el porcentaje de casos de hepatitis A y salmonella en 0,6% y 0,4% respectivamente, sin embargo, se cumple el supuesto de tendencias paralelas solo para el caso de salmonella. Luego de excluir las zonas no afectadas del análisis, pensando que ellas pueden hacer que el coeficiente estimado tienda a ser cero, nuestros resultados nos sorprenden al encontrar que hepatitis A cumple el supuesto de tendencias paralelas y disminuyen los casos significativamente en el período post tratamiento en un 1,4% por cada 200 kilómetros de distancia del epicentro.

Por último, al correlacionar el daño de vivienda con las enfermedades, los resultados muestran que en las zonas donde las viviendas fueron dañadas por el terremoto, aumentan los casos de enfermedades totales en un 5,9% respecto de las viviendas no dañadas. Este aumento es mayor en zonas urbanas que en rurales. Al estimar el modelo por tipo de enfermedad, encontramos que todas ellas se correlacionan positivamente con el daño de vivienda en el período post-terremoto. Este aumento es significativo para los casos de hepatitis A y salmonella. El único tipo de enfermedad que no cumple el supuesto de tendencias paralelas es hepatitis A. Al realizar una regresión de mínimos cuadrados en dos etapas y utilizar el instrumento *Distancia* para la variable *Dao*, los resultados refuerzan los ya obtenidos, específicamente aumenta en el período post terremoto en un 10,6% el total de enfermedades, en 7,5% la hepatitis A y en 2,5% la salmonella.

Los resultados confirman nuestra hipótesis de trabajo porque encontramos una relación entre la ocurrencia de un terremoto y la incidencia de enfermedades de transmisión por alimentos. Las zonas más cercanas al epicentro presentan una incidencia mayor, pero sin lugar a dudas, el daño de la vivienda se relaciona con el aumento de enfermedades de transmisión por alimentos. El total de enfermedades aumenta significativamente en el período post terremoto, así como hepatitis A y salmonella, y los parámetros estimados aumentan en magnitud en la medida que precisamos la estimación y nos hacemos cargo de la endogeneidad.

Finalmente, este trabajo constituye una fuente de evidencia para la intervención y generación de políticas públicas en el ámbito de la salud. Se recomienda, como trabajo futuro, el estudio de la tasa de retorno al estado estacionario de cada una de las enfermedades, es decir, determinar el tiempo que demora en volver a la tendencia de la zona no afectada cada una de ellas. Del mismo modo, estudiar la relación que existe entre la ocurrencia de otros tipos de desastres y la incidencia de posibles enfermedades asociadas.

Conclusión

Los desastres naturales tales como terremotos, huracanes, incendios o sequía, entre otros, causan enfermedades que perjudican a las poblaciones en todos los contextos. En particular, los terremotos generan destrucción de viviendas e infraestructura sanitaria de los hogares, restringiendo el acceso al agua potable y dañando el saneamiento e higiene del hogar, lo que genera la ocurrencia de muchas enfermedades. Se estima que a nivel mundial las enfermedades diarreicas causan 1,5 millones de fallecimientos cada año (OMS, 2012), de las cuales el 58% se debe a la falta de agua potable, saneamiento e higiene insuficiente. Según cifras de la OMS y el UNICEF, a nivel mundial 3 de cada 10 personas (2100 millones de personas) no tienen acceso a agua potable en el hogar, y cerca de 6 de cada 10 (4500 millones), precisan de un saneamiento seguro [78].

En este sentido, el propósito de este trabajo consiste en estudiar cómo la ocurrencia del terremoto tiene relación con el daño de las viviendas, y éstos en el aumento de enfermedades transmitidas por los alimentos. Nos enfocamos en el terremoto chileno de 2010, y usamos datos a nivel micro de la encuesta de un hogar llevada a cabo tres meses después del desastre, junto con un panel de datos proporcionados por el Ministerio de Salud de enfermedades de transmisión por alimentos entre los años 2008 y 2013.

En relación a la destrucción de viviendas, las casas situadas más cerca del epicentro fueron, en promedio, más afectadas por el terremoto. Este efecto es más fuerte en las casas más deterioradas antes del desastre, principalmente en aquellas en las cuales los muros se encuentran en mal estado.

En relación a las enfermedades de transmisión por alimentos, se evidencia un aumento del total de enfermedades luego de la ocurrencia del terremoto en la zona afectada por el desastre. Por tipo de enfermedad, los resultados muestran una correlación entre casos de salmonella y hepatitis A. Asimismo, se evidencia una correlación positiva entre el número de enfermedades y el daño de la vivienda generado por el terremoto.

Finalmente, este trabajo constituye una fuente de evidencia para la intervención y generación de políticas públicas en el ámbito de la salud que permitan mejorar la planificación y la gestión. Ante la ocurrencia de un terremoto es necesario adoptar medidas para mejorar el servicio de agua y saneamiento e higiene de los hogares para evitar todo tipo de enfermedades.

Bibliografía

- [1] Antonio Acconcia, Giancarlo Corsetti, and Saverio Simonelli. The consumption response to liquidity-enhancing transfers: Evidence from italian earthquakes. 2015.
- [2] Bipin Adhikari, Shiva Raj Mishra, Sujan Babu Marahatta, Nils Kaehler, Kumar Paudel, Janak Adhikari, and Shristi Raut. Earthquakes, fuel crisis, power outages, and health care in nepal: Implications for the future. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, pages 1–8, 2017.
- [3] David C Alexander. *Natural disasters*. Routledge, 2017.
- [4] Gabriel Alvarez, Jorge Ramirez, Lorena Paredes, and Miguel Canales. Zonas oscuras en el sistema de alarma de advertencia de tsunami en Chile. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 18(3):316–325, 2010.
- [5] Torben Andersen. Innovative financial instruments for natural disaster risk management. Technical report, Inter-American Development Bank, 2002.
- [6] Mary B Anderson. Which costs more: prevention or recovery. *Managing natural disasters and the environment*. Washington, DC: World Bank, 1991.
- [7] Eduardo Aquevedo. Chile: terremoto del 27 de febrero de 2010. <https://aquevedo.wordpress.com/2010/03/08/chile-terremoto-del-27-de-febrero-de-2010/>, 2010.
- [8] Miguel Atienza and Patricio Aroca. Concentración y crecimiento en Chile: una relación negativa ignorada. *EURE (Santiago)*, 38(114):257–277, 2012.
- [9] Joel Audefroy. La problemática de los desastres en el hábitat urbano en américa latina. *Revista INVI*, 18(47), 2003.
- [10] Charlotte Benson and Edward Clay. *Understanding the economic and financial impacts of natural disasters*. The World Bank, 2004.
- [11] Sergio Bitar. Doce lecciones del terremoto chileno. *Estado, Gobierno, Gestión Pública: Revista Chilena de Administración Pública*, (15):7–18, 2010.
- [12] Piers Blaikie, Terry Cannon, Ian Davis, and Ben Wisner. *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, 2014.
- [13] Piers M Blaikie. *Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres*. Soluciones Practicas, 1996.
- [14] Cynthia Boschi-Pinto, Lana Velebit, and Kenji Shibuya. Estimating child mortality due to diarrhoea in developing countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 86:710–717, 2008.

- [15] Omar D Cardona, MG Ordaz, Mabel C Marulanda, and AH Barbat. Fiscal impact of future earthquakes and country's economic resilience evaluation using the disaster deficit index. In *Innovation Practice Safety: Proceedings 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, 2008*.
- [16] Omar D Cardona, MG Ordaz, Luis Yamín, S Arámbula, Mabel C Marulanda, and A Barbat. Probabilistic seismic risk assessment for comprehensive risk management: modeling for innovative risk transfer and loss financing mechanisms. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, 2008.
- [17] Eduardo Cavallo, Sebastian Galiani, Ilan Noy, and Juan Pantano. Catastrophic natural disasters and economic growth. *Review of Economics and Statistics*, 95(5):1549–1561, 2013.
- [18] Eduardo Cavallo and Ilan Noy. The aftermath of natural disasters: beyond destruction. In *CESifo Forum*, volume 11, page 25. Institut für Wirtschaftsforschung (Ifö), 2010.
- [19] Eduardo Cavallo, Andrew Powell, and Oscar Becerra. Estimating the direct economic damages of the earthquake in haiti. *The Economic Journal*, 120(546), 2010.
- [20] Margaret Chan. La atención primaria de salud, más necesaria que nunca, 2009.
- [21] Camilo Cid Pedraza and Lorena Prieto Toledo. El gasto de bolsillo en salud: el caso de chile, 1997 y 2007. *Revista panamericana de salud pública*, 31:310–316, 2012.
- [22] Marco Cisternas, Brian F Atwater, Fernando Torrejón, Yuki Sawai, Gonzalo Machuca, Marcelo Lagos, Annaliese Eipert, Cristián Youlton, Ignacio Salgado, Takanobu Kamataki, et al. Predecessors of the giant 1960 chile earthquake. *Nature*, 437(7057):404, 2005.
- [23] Daniela Ejsmentewicz Cáceres, Mathieu Gonzalez-Pauget, and Jorge Osandón Rosale. Gestión de desastres naturales: Cómo evaluar correctamente la reconstrucción tras el 27/f. <http://ciperchile.cl/2013/02/26/gestion-de-desastres-naturales-en-chile-como-evaluar-correctamente-la-reconstruccion-tras-el-27-f/> feb 2013. Publicado: 26.02.2013 en opinión.
- [24] Buró de Prevención de Crisis et al. La reducción de riesgos de desastres un desafío para el desarrollo.
- [25] Perú Gobierno Regional de Ica et al. Terremoto de pisco, Perú: a dos años del sismo, crónica y lecciones aprendidas en el sector salud. In *Terremoto de Pisco, Perú: a dos años del sismo, crónica y lecciones aprendidas en el sector salud*. OPS, 2010.
- [26] Organización Mundial de la Salud. *Informe sobre la salud en el mundo: la financiación de los sistemas de salud: el cambio hacia la cobertura universal*. Organización Mundial de la Salud, 2010.
- [27] Organización Panamericana de la Salud. Salud y desastres. Accedido en 06-04-2019 a [urlhttp://www.saludydesastres.info/index.php?lang=es](http://www.saludydesastres.info/index.php?lang=es).
- [28] Rajeev Dehejia, Heather Montgomery, and Jonathan Morduch. Do interest rates matter? credit demand in the dhaka slums. *Journal of Development Economics*, 97(2):437–449, 2012.
- [29] Paloma Del Villar. Perspectivas de reconstrucción: Hacia un proceso participativo. estudio de casos de familias afectadas por el terremoto y maremoto del 27/02/2010. *Revista CIS*, 8(13):2–12, 2010.

- [30] Emilio Moyano Díaz and Pablo Olivos Jara. Psicología y desastres ambientales en Chile. *REVISTA SEMESTRAL DE LA RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA*, 1997.
- [31] EFSA. *The Community Summary Report: Trends and Sources of Zoonoses and Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008*. European food safety authority, 2010.
- [32] Joseph Engelberg and Christopher A Parsons. Worrying about the stock market: Evidence from hospital admissions. *The Journal of Finance*, 71(3):1227–1250, 2016.
- [33] Guillermo Espinoza et al. El manejo de los desastres naturales: Conceptos y definiciones básicas aplicadas a Chile. *Medio Ambiente y Urbanización*, 30:21–30, 1990.
- [34] Rodrigo A Figueroa, Matías González, and Rafael Torres. Plan de reconstrucción psicológica post terremoto. *Revista médica de Chile*, 138(7):920–921, 2010.
- [35] Robert William Fogel. Escapar del hambre y la muerte prematura, 1700-2100. Europa, América y el tercer mundo. *Historia Agraria*, 53:173–240, 2011.
- [36] José Félix García-Rodríguez, Anaí García-Fariñas, Oscar Priego-Hernández, and Lenin Martínez-Pérez. Salud desde una perspectiva económica. importancia de la salud para el crecimiento económico, bienestar social y desarrollo humano. *Salud en Tabasco*, 23(1-2):44–47, 2017.
- [37] Jonathan Gardner and Andrew J Oswald. Money and mental wellbeing: A longitudinal study of medium-sized lottery wins. *Journal of health economics*, 26(1):49–60, 2007.
- [38] Debby Guha-Sapir, Femke Vos, Regina Below, and Sylvain Ponsérre. Annual disaster statistical review 2011: the numbers and trends. Technical report, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2012.
- [39] Stéphane Hallegatte. An adaptive regional input-output model and its application to the assessment of the economic cost of Katrina. *Risk Analysis: An International Journal*, 28(3):779–799, 2008.
- [40] George Horwich. Economic lessons of the Kobe earthquake. *Economic development and cultural change*, 48(3):521–542, 2000.
- [41] MA Hube, HA Gálvez, R Jünemann, and K Elwood. Repaired reinforced concrete wall buildings in Chile after 2010 Maule earthquake. 2018.
- [42] Pamela Jimeno Ocares. El mapa de riesgo sísmico que redefinirá las tarifas de las aseguradoras. <http://diario.latercera.com/edicionimpresa/el-mapa-de-riesgo-sismico-que-redefinir-las-tarifas-de-las-aseguradoras/>, May 2015. Publicado el 17 de Mayo de 2015 en edición impresa La Tercera página 15.
- [43] R Jünemann, JC de La Llera, MA Hube, LA Cifuentes, and E Kausel. A statistical analysis of reinforced concrete wall buildings damaged during the 2010, Chile earthquake. *Engineering Structures*, 82:168–185, 2015.
- [44] Matthew E Kahn. The death toll from natural disasters: the role of income, geography, and institutions. *Review of economics and statistics*, 87(2):271–284, 2005.
- [45] Daniel Kahneman and Alan B Krueger. Developments in the measurement of subjective well-being. *The journal of economic perspectives*, 20(1):3–24, 2006.

- [46] Kari Keipi and Justin Tyson. Planning and financial protection to survive disasters. Technical report, Inter-American Development Bank, 2002.
- [47] Derek Kellenberg and A Mushfiq Mobarak. The economics of natural disasters. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 3(1):297–312, 2011.
- [48] Carolyn Kousky. Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters. *Energy Economics*, 46:576–592, 2014.
- [49] Marcelo Lagos López. Tsunamis de origen cercano a las costas de Chile. 2000.
- [50] Allan Lavell. *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*. Tercer Mundo, 1994.
- [51] Fernando Lopez. How do financial services affect investor psychology? *Browser Download This Paper*, 2015.
- [52] Marcelo Lagos López and Marco Cisternas Vega. El nuevo riesgo de tsunami: considerando el peor escenario. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, (12), 25, 2008.
- [53] Elizabeth López Tagle and Paula Santana Nazarit. El terremoto de 2010 en Chile: respuesta del sistema de salud y de la cooperación internacional. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 30:160–166, 2011.
- [54] Olivier Mahul and Francis Ghesquiere. *Financial protection of the state against natural disasters: a primer*. The World Bank, 2010.
- [55] Reinhard Mechler. *Natural disaster risk management and financing disaster losses in developing countries*. PhD thesis, Karlsruhe, Univ., Diss., 2003, 2004.
- [56] MR Naghii. Public health impact and medical consequences of earthquakes. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 18:216–221, 2005.
- [57] Eric K Noji. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Pan American Health Org, 2000.
- [58] Ilan Noy. The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics*, 88(2):221–231, 2009.
- [59] Anthony Oliver-Smith. What is a disaster? anthropological perspectives on a persistent question. *The angry earth: Disaster in anthropological perspective*, pages 18–34, 1999.
- [60] Yasna K Palmeiro-Silva, Pelusa Orellana, Pia Venegas, Lara Monteiro, Manuel Varas-Godoy, Errol Norwitz, Gregory Rice, Eduardo Osorio, and Sebastián E Illanes. Effects of earthquake on perinatal outcomes: A Chilean register-based study. *PLoS one*, 13(2):e0191340, 2018.
- [61] Mark Pelling, Alpaslan Özerdem, and Sultan Barakat. The macro-economic impact of disasters. *Progress in Development Studies*, 2(4):283–305, 2002.
- [62] Eddie Perez and Paul Thompson. Natural hazards: Causes and effects: Lesson 2—earthquakes. *Prehospital and Disaster Medicine*, 9(4):260–272, 1994.
- [63] Ronald W Perry. What is a disaster? *Handbook of disaster research*, pages 1–15, 2007.
- [64] Susan Pick and Jenna Sirkin. Pobreza. *Cómo romper el ciclo a partir del desarrollo humano, México: Ed. Limusa*, 2010.

- [65] Enrico L Quarantelli. What is disaster? the need for clarification in definition and conceptualization in research. 1985.
- [66] Enrico Louis Quarantelli. *What is a disaster?: a dozen perspectives on the question*. Routledge, 2005.
- [67] RN Ratnaïke et al. Diarrhoea and aging. *Journal of postgraduate medicine*, 45(2):60, 1999.
- [68] Alicia Razeto. Potenciando el desarrollo local de comunidades afectadas por desastres. *Revista INVI*, 28(77):111–136, 2013.
- [69] Christopher J Ruhm. Are recessions good for your health? *The Quarterly journal of economics*, 115(2):617–650, 2000.
- [70] Joseluis Samaniego et al. Terremoto en Chile: una primera mirada al 10 de marzo de 2010. 2010.
- [71] David Satterthwaite. The impact on health urban environments. *Environment and urbanization*, 5(2):87–111, 1993.
- [72] Hannes Schwandt. Wealth shocks and health outcomes: evidence from stock market fluctuations. 2018.
- [73] Amartya Sen. *Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation*. Oxford university press, 1981.
- [74] Amartya Sen. ¿ por qué la equidad en salud? *Revista Panamericana de salud pública*, 11:302–309, 2002.
- [75] Nourin Shabnam. Natural disasters and economic growth: A review. *International Journal of Disaster Risk Science*, 5(2):157–163, 2014.
- [76] Geeta Shakya, Baburam Marasini, Khem Bahadur Karki, Bishnu Prasad Upadhaya, Jyoti Acharya, Shailaja Adhikari, Rosham Manjhi, Laxman Maharjan, Lilee Shrestha, Kamal Ranabhat, et al. Outbreak investigation following the 2015 earthquake disaster in nepal. *Journal of Nepal Health Research Council*, 16(1):61–65, 2018.
- [77] Carlos Trujillo, Ricaurte Ospina, and Hernando Parra. Los terremotos: una amenaza natural latente. *Scientia et technica*, 16(45), 2010.
- [78] UNICEF et al. Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y linea de base de los ods. 2017.
- [79] CRED UNISDR. The human cost of natural disasters: A global perspective. 2015.
- [80] Jacob Vigdor. The economic aftermath of hurricane katrina. *Journal of Economic Perspectives*, 22(4):135–54, 2008.
- [81] WHO. Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares. 2007.
- [82] WHO. *Hidden Cities: unmasking and overcoming health inequities in urban settings*. World Health Organization, 2010.
- [83] WHO. Who estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015. 2015.

- [84] Gavin Yamey, Naomi Beyeler, Hester Wadge, and Dean Jamison. Invirtiendo en salud: el argumento económico. informe del foro sobre inversión en salud de la cumbre mundial sobre innovación para la salud 2016. *salud pública de méxico*, 59:321–342, 2017.
- [85] Ricardo Zapata Martí, Rómulo Caballeros, and S Mora. Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. *Documento elaborado para el Seminario Enfrentado desastres naturales: Una cuestión de desarrollo. Nueva Orleans*, 25, 2000.