



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA

TESIS DE GRADO
MAGISTER EN ECONOMIA

Desfrancois, Pierre

Diciembre, 2014



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA**

**Desastres naturales y desastres fiscales, la naturaleza como factor de
insostenibilidad fiscal:
Evidencia de El Salvador**

Desfrancois, Pierre

Comisión

Rodrigo Cerda
Rodrigo Fuentes

Santiago, diciembre de 2014

Desastres naturales y desastres fiscales, la naturaleza como factor de insostenibilidad fiscal: Evidencia de El Salvador

Pierre Desfrancois¹

Pontificia Universidad Católica de Chile

pdesfrancois@uc.cl

Enero 2015

Resumen:

Los desastres naturales representan una amenaza creciente para las economías en desarrollo, y especialmente para El Salvador, un país muy expuesto al riesgo de desastres naturales. Además, la economía salvadoreña se enfrenta al riesgo de la no sostenibilidad de la deuda pública en el mediano plazo, que alcanzó recientemente un nivel de 60% del PIB. Un escenario pesimista que se perfila en el horizonte es el riesgo de un doble desastre, en el que un desastre natural engendra presiones sobre las finanzas públicas. El objetivo de esta tesis es estimar el riesgo que representan los desastres naturales para la economía salvadoreña mediante la simulación de la trayectoria de la deuda pública en presencia de un desastre natural de gran magnitud. Los resultados muestran que en presencia de una catástrofe natural, el nivel de la deuda pública total del sector público no financiero sobre el PIB sube cerca de 5.8 puntos porcentuales en promedio, respecto a un escenario sin desastre natural. Los desastres naturales producen (i) un aumento en la inversión pública, relacionado con los gastos de reconstrucción y (ii) una disminución en los ingresos. Además, de manera indirecta, la tasa de interés sube, y se observa una contracción del PIB. Estos resultados subrayan la importancia de desarrollar una estrategia global para reducir los riesgos relacionados con los desastres naturales en El Salvador.

¹ Me gustaría agradecer a los profesores miembros de la Comisión de Tesis de Magíster en Macroeconomía: Rodrigo Cerda y Rodrigo Fuentes por sus comentarios y sugerencias. Finalmente, agradezco a mi familia, en especial a mis padres, y a mi esposa, por motivar e inspirar el esfuerzo realizado en esta tesis. Los errores y omisiones son de mi única responsabilidad. Todo comentario puede ser enviado a mi dirección de correo: pdesfrancois@uc.cl.

ÍNDICE

1. Introducción	p. 4
2. Revisión de literatura: desastres naturales e impactos macroeconómicos	p. 5
2. 1. Desastres naturales y crecimiento: un debate importante	p. 6
2. 1. 1. Resultados tercios	p. 6
2. 1. 2. Resultados empíricos	p. 7
2. 2. Desastres naturales: ¿factores de tensiones fiscales?	p. 8
3. El caso salvadoreño	p. 9
3. 1. El Salvador y los desastres naturales: una historia trágica	p. 9
3. 1. 1. Terremotos, inundaciones y sequías: un cóctel explosivo	p. 10
3. 1. 2. Aumento en la frecuencia de desastres naturales	p. 12
3. 2. Desequilibrios crecientes en la economía salvadoreña	p. 13
3. 3. Desastres naturales y desequilibrios económicos: ¿Un doble desastre?	p. 14
4. Descripción de datos	p. 14
4. 1. Desastres naturales	p. 14
4. 1. 1. La base de datos del CRED	p. 14
4. 1. 2. ¿Cómo medir los desastres naturales?	p. 16
4. 2. Variables económicas	p. 18
5. Marco conceptual	p. 18
5. 1. Sostenibilidad de la deuda	p. 18
5. 1. 1. Dinámica general	p. 19
5. 1. 2. Condición de transversalidad	p. 19
5. 1. 3. Estabilidad del ratio de endeudamiento	p. 20
5. 2. Dolarización de la economía e implicaciones	p. 21
5. 3. Deuda bruta vs deuda neta: problemas conceptuales	p. 21
6. Estrategia empírica	p. 23
6. 1. Modelo empírico	p. 24
6.1. 1. Presentación del modelo	p. 24
6. 1. 2. Análisis del multiplicador	p. 26
6. 2. Identificación de los diferentes escenarios	p. 26
7. Resultados empíricos	p. 27
7. 1. Trayectoria de la deuda	p. 27
7. 1. 1. Proyecciones de las variables exógenas	p. 28
7. 1. 2. Dos trayectorias distintas	p. 29
7. 2. Canales de transmisión	p. 33
7. 2. 1. Efectos directos	p. 34
7. 2. 2. Efectos indirectos	p. 35
7. 2. 3. Cuantificación de los impactos	p. 36
7. 3. Tests de robustez	p. 38
7. 3. 1. Cambio en la medida de desastre natural	p. 38
7. 3. 2. Control por las reformas políticas	p. 39
8. Conclusiones y recomendaciones	p. 40
9. Bibliografía	p. 41
10. Anexos	p. 44

Lista de los cuadros

Cuadro 1: Estadísticas de los desastres naturales en El Salvador: periodo 1980-2013p. 10

Cuadro 2: Los 10 desastres naturales más importantes en El Salvador: periodo 1980-2013p. 11

Cuadro 3: Frecuencia de desastres naturales en El Salvador: periodo 1980-2010.....p. 12

Cuadro 4: Estadísticas de la deuda del SPNF al cierre de 2013p. 33

Cuadro 5: Cuantificación de los canales de transmisiónp. 36

Lista de los gráficos

Gráfico 1: Desastres naturales y deuda total del sector público no financiero.....p. 30

Gráfico 2: Evolución de la deuda con desastre natural (con intervalos de confianza).....p. 31

Gráfico 3: Resumen de los canales de transmisiónp. 34

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, los desastres naturales de gran magnitud en El Salvador han causado daños macroeconómicos considerables. En particular, en las últimas décadas, se ha observado un fuerte aumento en la ocurrencia de desastres naturales, lo que ha llevado el país a una situación de vulnerabilidad importante ante el riesgo de catástrofes naturales. La vulnerabilidad de El Salvador se ve reflejada por su fuerte exposición, que se caracteriza por una ubicación en una zona altamente sísmica y propensa a inundaciones y tormentas, y por una fuerte sensibilidad, que tiene su origen en el bajo desarrollo y nivel de seguridad del país, y a la fuerte densidad de población. Esos diferentes aspectos hacen de El Salvador uno de los países más vulnerables ante el riesgo de desastres naturales al nivel mundial (Banco Mundial, 2009). Por otra parte, en los últimos años, se acentuaron los desequilibrios económicos en El Salvador. Principalmente, la economía salvadoreña sufre de diferentes problemas domésticos como bajo crecimiento, pérdida de competitividad, clima de negocios en deterioro e inseguridad jurídica y física, que son factores que representan amenazas crecientes para el país. Sin embargo, uno de los puntos más críticos se encuentra en la sostenibilidad de la política fiscal, ya que al cierre de marzo 2014, la deuda total del sector público, formado por todas las instituciones públicas, financieras y no financieras, alcanzó el 60% del producto interno bruto, lo que representa un nivel histórico para el país.

La vulnerabilidad económica de El Salvador ante desastres naturales, conjugada a los desequilibrios crecientes en la política fiscal del país, puede generar consecuencias negativas importantes en la economía doméstica, lo que representa un escenario de riesgo probable que se cualificará, en esta tesis, de “doble desastre”. Esta expresión define el escenario en el que un desastre natural lleva a un desastre fiscal y aumenta el riesgo de insostenibilidad de las finanzas públicas. Más precisamente, este trabajo tiene como objetivo determinar el impacto potencial de un desastre natural importante sobre la sostenibilidad de la deuda pública salvadoreña en los próximos años e identificar los canales de transmisión. Dado la situación actual de la economía salvadoreña, en este trabajo se busca responder las preguntas ¿en qué manera un desastre natural puede generar tensiones sobre la sostenibilidad de la deuda pública? ¿Cómo se desvía la trayectoria de la deuda en presencia de un desastre natural? A través de un modelo de vectores autoregresivos (VAR-X) que incluye las variables determinantes en la dinámica de la deuda pública, con variables exógenas para estimar los impactos de los desastres naturales, se simulará la trayectoria de la deuda pública salvadoreña para los próximos años en función de dos escenarios, uno que incluye la ocurrencia de un desastre natural de gran magnitud y otro sin riesgo.

El aporte de esta tesis para literatura existente es doble. Primero, dada la importante vulnerabilidad del país, la probabilidad de que ocurra un desastre natural de gran magnitud en los próximos años, que aumentará las presiones sobre las finanzas públicas, tiene una probabilidad alta. En este sentido, tener evidencia empírica de este fenómeno y entender los canales de transmisión permite a los tomadores de decisiones de mejor aprehender el riesgo y tener más informaciones para mitigar los impactos adversos de desastres naturales. Esta tesis pone en evidencia la necesidad de desarrollar una estrategia global para la reducción del riesgo de catástrofes naturales. Segundo, en la literatura empírica existente, la mayor parte de los trabajos se concentran sobre la relación entre crecimiento y desastres naturales. Otros impactos, tales que los impactos fiscales, han sido poco estudiados, por lo que esta tesis pone en evidencia otro riesgo relacionado con los desastres naturales que puede ser importante, pero que no ha sido estudiado, y permite estimar que en el caso de un país con alta vulnerabilidad ante desastres naturales, los impactos de dichos desastres van más allá de un impacto directo sobre el crecimiento.

Los resultados muestran que en presencia de un desastre natural, el ratio de la deuda del sector público no financiero (con la exclusión el Fideicomiso de Obligaciones Previsionales) sobre el PIB aumenta en 5.8 puntos porcentuales en promedio, entre un escenario que incluye la presencia de un desastre natural y un escenario sin riesgo. Además de generar un aumento en la inversión, que viene como consecuencias de los costos de reconstrucción, los desastres naturales producen una caída en los ingresos. Aumenta las necesidades de financiamiento y aumenta de manera directa la deuda pública. Además, otros dos canales intervienen. En efecto, como consecuencia de un desastre natural, la tasa de interés sube, y se observa una contracción del PIB, principalmente del PIB agrícola.

La sección 2 presenta una revisión de la literatura sobre las consecuencias económicas de los desastres naturales, mientras la sección 3 introduce el caso salvadoreño, resume la historia de El Salvador con los desastres naturales, e introduce los desequilibrios económicos del país. La sección 4 describe los datos obtenidos. La sección 5 desarrolla un marco conceptual para el estudio de la sostenibilidad de la deuda. En la sección 6, se presenta la estrategia empírica. La sección 7 muestra los resultados empíricos y en la sección 8 se exponen las conclusiones.

2. REVISIÓN DE LITERATURA: DESASTRES NATURALES E IMPACTOS MACROECONÓMICOS

Aunque son eventos de baja frecuencia, los desastres naturales pueden tener impactos económicos importantes. En este sentido, Barro (2006, 2009) destaca que las catástrofes económicas de baja frecuencia, como son las crisis financieras y los desastres naturales, se asocian a un deterioro del bienestar económico que es significativamente mayor que el impacto negativo de fluctuaciones económicas normales de menor amplitud. En particular, se ha estudiado en la literatura principalmente la relación entre crecimiento y desastres naturales. Los párrafos siguientes resumen los avances sobre los impactos macroeconómicos de catástrofes naturales.

2. 1. Crecimiento y desastres naturales: un debate importante

2. 1. 1. Resultados teóricos

En los últimos años se han multiplicados los trabajos empíricos sobre la relación entre desastres naturales y crecimiento económico. La abundancia de trabajos empíricos se explica por el hecho de que los modelos teóricos de crecimiento no concluyen de manera clara sobre el impacto de los desastres naturales. Los modelos de crecimiento exógenos, como los modelos neo-clásicos (Solow, 1956), predicen que la destrucción del capital (físico o humano) no afecta a la tasa de crecimiento del progreso tecnológico, y por lo tanto, en dichos modelos, los desastres naturales solo tienen un impacto de corto plazo sobre el crecimiento, y posteriormente se recupera la trayectoria hasta el estado estacionario.

En el caso de los modelos de crecimiento endógenos, los resultados son más ambiguos respecto al impacto de los desastres naturales. Los modelos de crecimiento endógenos, con una tecnología de producción de tipo AK (Barro, 1990) agregan a los modelos neo-clásicos el capital humano y se caracterizan por retornos de escala a capital constantes. En estos modelos con un solo sector, el crecimiento de largo plazo depende de dos factores: la voluntad de ahorrar y la productividad del capital. Asimismo, en un modelo con dos sectores, Barro demostró que un país con capital humano abundante que experimenta un desastre natural se recupera más pronto que un país con poco capital humano². Al contrario, si tenemos retornos de escala creciente, el impacto sobre el crecimiento es negativo, y produce una desviación permanente respecto a la trayectoria inicial. Además, los modelos que se basan sobre el proceso de destrucción creativa (Schumpeter, 1942) pueden encontrar un impacto positivo al largo plazo sobre el crecimiento, ya que un desastre natural puede ser un factor determinante para la inversión. En el anexo 1, se presenta un cuadro recapitulativo de las diferencias entre los modelos teóricos. La diversidad entre los modelos de

² En un modelo AK (Barro) con dos sectores, la tasa de crecimiento se determina por la magnitud del gap entre el ratio (K/H) y el valor del estado estacionario.

crecimiento ha hecho que en los últimos años, la literatura empírica sobre la relación entre desastres naturales y crecimiento económico haya crecido.

2. 1. 2. Resultados empíricos

Aunque algunos trabajos sugieren que los desastres naturales tienen un impacto positivo sobre el crecimiento, la mayor parte de la literatura concluye que los desastres naturales tienen un impacto negativo sobre el crecimiento económico. En particular, en el corto plazo, el acuerdo general en la literatura es que los desastres naturales tienen un impacto negativo sobre el crecimiento, pero en el largo plazo, todavía existe un debate importante.

Excepto Albala-Bertrand (1993) y Toya y Skidmore (2002), que concluyen en un efecto positivo de los desastres naturales sobre el crecimiento de corto plazo, la mayor parte de los autores encuentran un impacto negativo (Kahn (2005), Anbarci et al. (2005), Bluedorn (2005), Raddatz (2007 y 2009), Noy (2009), Hochranier (2009), Loayza et al. (2009) y Flomby et al. (2013)). Se destacan diferentes resultados importantes a partir de estos trabajos. Se concluye primero que los impactos de los desastres naturales son función del desarrollo del país, de la educación, del sistema financiero, de las institucionales y de la apertura del país. Asimismo, el tamaño del país aparece como un factor determinante, ya que por ejemplo, un país pequeño tiene menos capacidad de recaudar recursos para financiar los gastos de reconstrucción. Además, todos los desastres naturales no tienen el mismo impacto. Los eventos pequeños o moderados tienen menos impactos que los eventos de gran magnitud, lo que implica que hay un sesgo en los resultados si no se toma en cuenta la diferencia la intensidad entre los eventos climáticos. De forma general, los trabajos que se enfocan en el caso de países específicos muestran resultados parecidos. En particular, en El Caribe, una de las zonas más afectada por los desastres naturales, Cashin y Sosa (2013), Rasmussen (2004) y Strobl (2012) encuentran un efecto negativo de dichos desastres sobre el crecimiento.

En el largo plazo, la literatura todavía no ha logrado a un acuerdo general. Un ramo de la literatura sugiere que los desastres naturales tienen un impacto positivo sobre el crecimiento de largo plazo, lo que puede ser explicado por la teoría de la destrucción creativa (Skidmore y Toya, 2002). Sin embargo, la hipótesis de destrucción creativa ha sido criticada en la literatura, principalmente por Cuaresma et al (2008) y Hallegatte y Dumas (2009), que rechazaron esta hipótesis. De la misma manera, Noy y Nualsri (2007), Jamarillo (2009) y Raddatz (2009) llegaron a conclusiones totalmente opuestas a los resultados de Skidmore y Toya (2002). Encuentran una correlación negativa entre desastres naturales y crecimiento de largo plazo. Cavallo et al (2013)

utilizan hipótesis de contraste para estimar el impacto de los desastres naturales y concluyen que en el largo plazo, el impacto de los desastres naturales sobre el crecimiento no es significativo.

2. 2. Desastres naturales: ¿factores de tensiones fiscales?

A pesar de tener impactos negativos sobre el crecimiento, los desastres naturales pueden generar tensiones sobre las finanzas públicas y provocar desequilibrios fiscales importantes. No obstante, los impactos potenciales sobre la política fiscal han sido poco desarrollados en la literatura. Existen pocas evidencias empíricas sobre los impactos fiscales que pueden causar los desastres naturales.

De manera general, algunos trabajos estudian las consecuencias macroeconómicas globales de los desastres naturales en regiones específicas del mundo. Particularmente, se han estudiado los impactos de los desastres en los países más vulnerables, como los pequeños estados insulares en desarrollo (SIDS) de El Caribe. Rasmussen (2004) y Heger et al (2008) encuentran que en El Caribe, los desastres naturales son asociados con una contracción inmediata del PIB, un deterioro de las cuentas fiscales y externas, un aumento de las remesas desde el extranjero y un impacto negativo sobre la pobreza. Más aún, ponen en evidencia el rol de la diversificación económica para reducir los impactos adversos de las catástrofes naturales. En efecto, en un país con más diversificación económica, las exportaciones, importaciones y el PIB/capita son menos impactados por los desastres naturales que los países más especializados.

La relación entre desastres naturales y el déficit fiscal tampoco ha sido bien establecida en la literatura. Hasta ahora, solo Noy y Nualsri (2008) cuantificaron las consecuencias fiscales de los desastres naturales. Los autores estudiaron en un modelo VAR de panel las consecuencias sobre el gasto público y los ingresos del gobierno, a partir de una base de datos de 22 países desarrollados y 20 países en desarrollo entre 1990 y 2005 con datos trimestrales. Encuentran diferencias significativas entre los países desarrollados y en desarrollo. En particular, en los países desarrollados, los gobiernos utilizan una política contra-cíclica, que aumenta los gastos y disminuye los impuestos en caso de desastre natural. Al contrario, los países en desarrollo, la política fiscal es más pro-cíclica: los gobiernos disminuyen los gastos y aumentan los impuestos después de un desastre natural. Los resultados sugieren una necesidad urgente de asegurarse contra los desastres naturales.

Otra consecuencia potencial es que los desastres naturales pueden tener un impacto significativo sobre la deuda. Acevedo (2014), investiga la relación entre desastres naturales, deuda pública y crecimiento en El Caribe. A partir de datos de 12 países del Caribe entre 1970 y 2009,

utiliza un modelo de vector autoregresivo con variables exógenas (VAR-X) para estudiar el impacto de dos tipos de desastres naturales, inundaciones y tormentas, con la misma metodología que Flomby et al (2013), para diferenciar entre eventos climáticos grandes y pequeños. Encuentran que los dos tipos de desastres naturales tienen un impacto negativo sobre el crecimiento, pero que solo las inundaciones tienen un impacto negativo sobre la deuda. Sin embargo, en una submuestra del panel (los países de la Unión Monetaria del Caribe Oriental (ECCU)), tanto las tormentas como las inundaciones tienen un impacto negativo en el corto y largo plazo sobre la deuda y el crecimiento. De la misma manera, Borenzstein (2008) estudia la sostenibilidad de la deuda en Belice frente a desastres naturales y el rol de los mecanismos de seguros para disminuir el impacto sobre las finanzas públicas. Calibra un modelo para calcular el monto óptimo de seguro para afrontar el riesgo de huracán. El problema de la metodología de Borenzstein (2008) es que en su simulación, considera que el huracán tiene un costo económico que empeora las finanzas públicas pero considera como fijo la tasa de crecimiento y la tasa de interés en la dinámica de la evolución de la deuda. Es decir, calcula el daño potencial del huracán en término de costo adicional para el gobierno y calcula el monto del seguro a partir de los datos históricos, pero en la ecuación de la dinámica de la deuda, supone que el huracán no tiene impactos sobre el crecimiento, o la tasa de interés. Da la impresión que sus resultados pueden estar subestimados ya que Borenzstein (2008) no toma en cuenta todos los impactos potenciales del huracán.

3. EL CASO SALVADOREÑO

3. 1. El Salvador y los desastres naturales, una historia trágica

El Salvador es uno de los países más expuestos a la ocurrencia de desastres naturales. Históricamente, el país ha estado sometido a diferentes amenazas de origen natural. Varios factores, socioeconómicos y ambientales, como su ubicación geográfica, su fuerte densidad de población, su bajo desarrollo económico y la ausencia de estrategia de reducción de vulnerabilidad a los desastres naturales explican los impactos fuertes que causan los desastres naturales en el territorio. En la historia reciente de El Salvador, durante el periodo 1980-2013, han ocurrido 38 desastres naturales³, lo que representa más de la mitad de la totalidad los desastres naturales que han pasado durante todo el último siglo (44 desastres naturales en total entre 1900 y 2013). En total, 41% de la población vive en municipalidades fuertemente expuestas a desastres naturales, es decir, municipalidades que fueron afectadas por al menos 3 desastres naturales entre 1980 y 2007 (GFDRR, 2008).

³ Solo se incluyen terremoto, inundaciones, sequías y tempestades que son los desastres más importantes. Más precisiones sobre la definición de desastre natural se encuentra en la sección 4.

En el cuadro 1 se resumen las estadísticas principales de los desastres naturales en El Salvador entre 1980 y 2013, en término de población afectada, muertos y costo económico⁴. Durante este periodo, en promedio, El Salvador experimenta 1.65 desastres naturales al año. Estas estadísticas meten en evidencia el impacto continuo de los desastres naturales sobre la sociedad y la economía salvadoreña. Se observa en el cuadro 1 que los eventos climáticos extremos más frecuentes en El Salvador son las inundaciones y tormentas tropicales. Sin embargo, los terremotos, aunque menos frecuentes, son los desastres naturales que generan más daños, que sea en término de población afectada, muertos o costo económico total.

Cuadro 1: Estadísticas de los desastres naturales en El Salvador: periodo 1980-2013

Desastre	Ocurrencia	Muertos	Heridos	Afectados	Sin hogar	Total afectado	Daño total (% del PIB anual) ⁵
Inundaciones	15	678	18.000	411.342	0	429.342	0.52
Tormentas	12	853	3	243.758	19.800	263.561	1.3
Terremotos	6	2.280	28.123	2.129.648	252.500	2 410.271	9.3
Sequía	5	0	40.000	0	0	40.000	0.4
SUMA	38	3.811	86.126	2.784.748	272.300	3.143.174	2.14

Fuente: CRED-EMDAT. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Emergency Events *Database*

3. 1. 1. Terremotos, inundaciones y sequías: un cóctel explosivo

Primero, El Salvador se ubica en una zona altamente sísmica, entre las placas tectónicas de Cocos y El Caribe, lo que genera un riesgo importante ante terremotos. En El Salvador, cerca de 20% de la población está expuesta al riesgo de terremotos. Aunque la frecuencia de los terremotos sea bastante baja (entre 1900 y 2013, han ocurrido 10 terremotos), las consecuencias son importantes (causaron 3.590 muertos y 2.220.230 personas afectadas). El ejemplo de los dos terremotos de 2001 es revelador de los impactos económicos generados por terremotos. Ocurrieron dos terremotos de gran amplitud en el intervalo de 1 mes (el primero el 13 de enero y el segundo el 13 de febrero) que provocaron, según la CEPAL (2001) y el Banco Central de Reserva de El Salvador (2002) pérdidas equivalentes al 10,4% del PIB. Aumentaron las presiones sobre las finanzas públicas, ya que los gastos adicionales de reconstrucción, más el aumento en las importaciones, elevaron los déficits internos y externos. Más aun, la ausencia de planificación y seguros catastróficos generaron un aumento en el endeudamiento a la comunidad externa, que causó presiones sobre la deuda pública externa.

⁴ De acuerdo a las principales bases de datos, las consecuencias de desastres naturales se miden en término de población afectada, número de muertos y costo económico.

⁵ Se calcula el costo económico total al dividir el costo por tipo de desastres cada año por el PIB anual.

Por otro lado, el país está expuesto a la trayectoria de huracanes que pueden generar inundaciones asociadas a lluvias de tormenta. En los últimos años, los desastres provocados por el huracán Mitch (Octubre 1998), la depresión tropical 12-E (Noviembre 2011) y la tormenta tropical Ida (Noviembre 2009) fueron importantes. Por ejemplo, según la CEPAL, se estima que la depresión tropical 12-E produjo una contracción del crecimiento de 2,1% a 1,4%, así como en una aceleración de la inflación en 12 meses de 6,8%. De manera global, los daños y pérdidas por inundaciones se han incrementado en el país por diferentes factores, como el incremento de las urbanizaciones, el cambio de uso del suelo de las cuencas altas, la ubicación de asentamientos humanos en áreas de inundación y los cambios en la distribución temporal y espacial de las lluvias.

Además, las sequías en El Salvador son fenómenos frecuentes, que impactan principalmente a las zonas secas. En el último siglo, han ocurrido 23 eventos de sequía en el territorio. La sequía del año 2001 ha sido la de mayor impacto económico, debido a su intensidad y área de influencia. Según la CEPAL (2002), los daños asociados a la sequía de 2001 se elevan a 162.3 millones de dólares, y afectó al 61% del sector agropecuario de la región.

Por lo tanto, El Salvador está expuesto a diferentes amenazas naturales, como terremotos, tormentas tropicales, inundaciones y sequías, que representan un cóctel explosivo. El cuadro 2 representa los 10 eventos climáticos extremos más importantes en término de población afectada entre 1980 y 2013 y confirma que cada uno de los tipos de eventos representa una amenaza importante para el país.

Cuadro 2: Los 10 desastres naturales más importantes en El Salvador entre 1980 y 2013

Desastre	Fecha	Total afectado
Terremoto	Enero 2001	1.334.529
Terremoto	Octubre 1986	770.000
Sequía	Mayo 2001	400.000
Inundación	Septiembre 2011	300.000
Terremoto	Febrero 2001	256.021
Tempestad	Noviembre 2009	90.000
Tempestad	Octubre 1998	84.000
Tempestad	Octubre 2005	72.141
Volcán	Diciembre 2013	63.079
Epidemia	Junio 2003	50.000

Fuente: CRED-EMDAT. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Emergency Events *Database*

3. 1. 2. Desastres naturales en El Salvador: ¿un riesgo creciente?

En los últimos años, se observa un fuerte aumento en la ocurrencia de inundaciones y tormentas tropicales en El Salvador. El cuadro 3 muestra el número de desastres naturales en El Salvador por décadas entre 1980 y 2010, con las principales estadísticas asociadas. Los resultados demuestran de manera clara que la frecuencia de los desastres naturales en El Salvador aumenta de manera considerable en la última década. Se observa en particular que entre 2000 y 2010, ocurrieron 23 desastres naturales, lo que es más de dos veces el número de desastres naturales que ocurrieron entre 1990-2000 y 4 veces más que durante el periodo 1980-1990.

Cuadro 3: Frecuencia de desastres naturales en El Salvador entre 1980 y 2010

Desastre	Ocurrencia	Muertos	Heridos	Afectados	Sin hogar	Total afectado	Costo promedio por desastre (% del PIB)
1980/1990	6	1.663	38.000	619.060	252.500	909.560	4.72
1990/2000	10	511	0	99.450	2000	101.450	0.64
2000/2010	23	1.605	8.126	2.166.738	17.800	2.192.664	1.89
SUMA	39	3.779	46.126	2.885.248	272.300	3.203.674	2.14

Fuente: CRED-EMDAT. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Emergency Events *Database*

Una explicación potencial del aumento en la ocurrencia de desastres se sitúa en los modelos de cambio climático que han predicho una alza en las temperaturas anuales y un aumento del nivel del mar en El Salvador que podrían aumentar la ocurrencia de ciclones y tormentas, que a su turno causarían condiciones de inundaciones más perjudiciales en zona costeras (Banco Mundial, 2009). En el anexo 2 se presentan las temperaturas y precipitaciones históricas de El Salvador para el periodo 1950-2006⁶. Se observa que el promedio anual de las temperaturas en El Salvador entre 1950 y 2006 han subido de más de 1.5 grado Celsius y las precipitaciones han bajado de manera consecuente. Las consecuencias de estos cambios de tendencias de clima son sinónimos de una mayor probabilidad de ocurrencia de desastres naturales, en particular inundaciones y tormentas.

Sin embargo, se observa que el costo promedio por desastre (en % del PIB), y de la misma manera la población afectada por desastre natural, son más importantes en la década 1980/1990. Diferentes factores explican estos resultados. Primero, la ocurrencia del terremoto de 1986, el terremoto más importante de la historia de El Salvador, que representa la casi totalidad de los daños causados por desastres naturales en esa década, tiende a subir de manera importante el promedio de

⁶ Los datos provienen de la base de datos : Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2006 Gridded Monthly Time Series, desarrollado por Matsuura y Willmott, disponible en la página siguiente : http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/download.html

costo por desastre. Además, a partir de los últimos años, se mejora la base de datos de desastres naturales. Es decir, ahora se incluyen también los desastres más pequeños⁷, mientras que en los años 1980/1990, se catalogaban solo los desastres más grandes. La inclusión de eventos climáticos más pequeños, es decir, que no tienen muchos impactos importantes, bajan de manera importante el promedio de costo por desastre.

3. 2. Desequilibrios crecientes en la economía salvadoreña

A partir de la última década, se ha deteriorado la situación económica de El Salvador. De todos los países centroamericanos, El Salvador es el país que tuvo el crecimiento más bajo en promedio entre 2000 y 2013, con una tasa de crecimiento promedio anual de menos de 2%. Otros factores, como el nivel de la deuda pública, que aumentó de 33% hasta 57% del PIB, o el déficit fiscal, cuyo valor promedio anual durante la última década ha sido de 3.3% del PIB, reflejan el deterioro de la economía salvadoreña. Diferentes factores, como el ascenso de la violencia urbana que modera los inversores nacionales y extranjeros, la falta de competitividad, las subvenciones a los precios de la energía y las reformas del sistema de pensión explican los desequilibrios crecientes en las finanzas públicas.

El tema de la sostenibilidad de la deuda pública es un tema relevante para el gobierno. Entre el año 2000 y el año 2013, la deuda pública de El Salvador subió de 33% hasta 57% del producto interno bruto, y alcanzó el umbral crítico de 60% definido en la literatura como el nivel de riesgo aceptable (Reinhart y Rogoff, 2011)⁸, con una aceleración importante a partir de 2009 y de la crisis económica mundial. Se diferencian diferentes periodos de evolución de la deuda (más precisiones en el anexo 3), entre las cuales un periodo de alza significativa entre 1998 y 2004, caracterizado por una sucesión de desastres naturales y los cambios en las políticas fiscales, lo que subió el ratio de la deuda a 40% del PIB, seguido por un periodo de estabilidad entre 2005 y 2007 gracias a la reforma tributaria (la deuda osciló entre 39.3% y 40.5%), y en los últimos años una etapa que coincide con la crisis económica global y la primera recesión del país desde 1992. Diferentes trabajos ponen en evidencia que las consecuencias del alto endeudamiento público salvadoreño son perjudiciales para el progreso social, el crecimiento económico y la estabilidad de la economía (Perez et. al, 2013 y Alvarado y Melgar, 2013).

Entre los diversos factores que explican la evolución de la deuda en El Salvador, se identifican los principales determinantes: la inversión pública, los costos de reconstrucción post

⁷ Más informaciones sobre cómo se define un desastre natural, y las condiciones para que se incluyan en la base de datos se encuentran en la sección 4.

⁸ Más precisiones sobre la evolución de la deuda pública salvadoreña se encuentran en anexo.

desastres naturales, la deuda previsional y el financiamiento de gasto corriente (Pérez, 2012). Además, los estudios de sostenibilidad de la deuda pública realizados en El Salvador (Alvarado y Melgar, 2013), concluyen que la dinámica de la deuda pública en El Salvador se encuentra en una trayectoria ascendente en la actualidad como consecuencias de una trampa de bajo crecimiento estructural de alrededor de 1.9% y de efectos coyunturales en el manejo del gasto público.

3. 3. Desastres naturales y desequilibrios económicos: ¿un doble desastre?

El análisis anterior demuestra que por una parte, la vulnerabilidad de El Salvador ante desastres naturales es muy alta y por otra parte, la economía salvadoreña sufre de desequilibrios crecientes, con riesgos importantes sobre la sostenibilidad de las finanzas públicas. Esos dos aspectos son los pilares de la hipótesis central de esta tesis que es que un desastre natural puede engendrar un desastre fiscal, en el cual el país llega a una situación de doble desastre. Primero, se concluye a partir de la historia de El Salvador con los desastres naturales que la vulnerabilidad importante ante eventos climáticos extremos, exacerbada por la alta proporción de población que vive en zonas riesgosas, el bajo desarrollo, y la ausencia de planificación y de cobertura ante desastres naturales, hacen que dichos desastres tengan impactos macroeconómicos relevantes. Paralelamente, los desequilibrios importantes en la economía salvadoreña acentúan los impactos potenciales y se observa que los desastres naturales son un factor importante en la evolución de la deuda pública. A partir de los estudios sobre los impactos macroeconómicos de desastres naturales en El Salvador, se supone un impacto directo sobre la deuda pública, a partir los costos de reconstrucción que empeoran el déficit público y por lo tanto, aumentan las necesidades de financiamiento. Además, la literatura empírica permite presumir que los desastres naturales engendran una contracción del crecimiento económico, así que un alza de la tasa de interés, lo cual restringe la inversión privada, y tensiones inflacionistas. Por lo tanto, el rango de impactos potenciales es largo, y se necesita estudiar los canales de transmisión. La siguiente sección presenta los datos.

4. DATOS

4. 1. Desastre naturales

4. 1.1. La base de datos del CRED

Los datos de desastres naturales provienen de la base de datos EM-DAT, desarrollada por el CRED (Centro de Investigación sobre la Epidemiología de Desastres). La base de datos del CRED contiene datos sobre la incidencia y el impacto de desastres naturales desde 1900 hasta el presente.

La base de datos compila informaciones sobre desastres naturales a partir de diferentes fuentes, que son las agencias de las naciones unidas, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, agencias de prensa o institutos de investigaciones. El centro fue establecido en 1973 en la Escuela de Salud Pública de la Universidad Católica de Louvain (UCL) en Bruselas, y a partir de 1980 pasó a ser un centro colaborador de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Desde entonces ha trabajado con el departamento de asuntos humanitarios de Naciones Unidas y con la Oficina Humanitaria de la Unión Europea, así como con agencias no gubernamentales.

Sus reportes están limitados a aquellos que tienen relevancia a escala global. Más precisamente, se define un desastre natural como una situación natural que abruma la capacidad local o/y que necesita ayuda externa. Por lo tanto, los criterios para ingresar un desastre natural a la base de datos, son:

- 10 o más personas muertas por culpa del evento climático.
- 100 o más personas afectadas por el desastre natural.
- Solicitud de ayuda internacional o declaratoria de estado de emergencia.

Los desastres naturales catalogados en la base de datos incluyen diferentes categorías: hidro-meteorológicos, que incluye inundaciones, tormentas y sequías, geofísicos, que incluye terremotos o erupciones volcánicas, y biológicos, como epidemias o infestaciones. La base de datos contiene informaciones sobre el número de muertos, la población afectada y el costo económico asociado con desastre natural.

Sin embargo, existen algunos problemas metodológicos asociados con esta base de datos. Primero, la calidad de la base de datos se mejoró de manera significativa a partir de los 80's, por lo que estudiar los impactos de desastres naturales antes de ese periodo puede llegar a resultados sesgados. Además, la noción de costo económico asociado con un desastre natural es una medida mucho más difícil de estimar, por lo que hay que tener cuidado respecto al uso de este criterio. De la misma manera, una gran parte de los desastres registrados en la base de datos no tienen mencionados los costos económicos.

La casi totalidad de los principales análisis por países o por regiones del mundo que se han realizado sobre los impactos de desastres naturales han tomado esta base de datos como fuente de información. Tiene como ventaja ser la más completa y la más fiable. Además, algunos organismos internacionales, como el Banco Mundial (WB), el Fondo Monetario Internacional (FMI), la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) o el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) han recurrido a la utilización de esta base de datos para establecer sus propios análisis,

construir indicadores sobre el estado de los diversos países en materia de afectación, recurrencia y prioridades de ayuda en preparativos o de inversión en el tema. En este sentido, se ha vuelto la base de datos más consultada por los organismos de ayuda humanitaria y la más utilizada por los trabajos empíricos.

4. 1. 2. Medición de los desastres naturales

En la base de datos del CRED, existen varias medidas para investigar el impacto de los desastres, como la población afectada, el número de muertos o el costo económico. En la literatura empírica, las dos primeras medidas son las más utilizadas. Sin embargo, existen muchos problemas cuando se estiman medidas simples:

- Primero, hay que diferenciar entre los diferentes tipos de eventos, como terremotos, inundaciones, tormentas, sequías, ya que la literatura sugiere que los desastres tienen impactos heterogéneos. Tomar un valor agregado como la población afectada por desastres naturales cada periodo de tiempo sin diferenciar entre los diferentes desastres naturales puede llegar a un sesgo en los resultados.
- Además, se supone que los eventos grandes y pequeños no tienen el mismo impacto.
- La medición tiene que tomar en cuenta cuando ocurre un desastre natural, ya que por ejemplo, un evento que tiene lugar en mayo tiene más impacto que un desastre que tiene lugar en diciembre por ejemplo. Noy (2009) desarrolla una metodología para resolver este problema, y considera un multiplicador que toma en cuenta el mes de ocurrencia, como sigue :

$$multiplicador = \frac{(12 - mes_{i,t})}{12}$$

Por ejemplo, un evento *i* en el año *t* que ocurre en enero tiene un multiplicador de 11/12, mientras que un evento en diciembre tiene un multiplicador de 1/12.

Por lo tanto, se usa una metodología que se acerca a Flomby et al (2013) con datos trimestrales. Es decir, se separan los diferentes tipos de desastres naturales y se considera dos niveles de intensidad para los desastres naturales. Los dos umbrales se definen de la manera siguiente:

$$desastre\ grande_{i,t} = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } \frac{muertos + afectados}{Población\ total} > 0.01 \\ 0 \end{array} \right\}$$

$$desastre\ pequeño_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } \frac{muertos + afectados}{Población\ total} < 0.01 \\ 0 & \end{cases}$$

Es decir, se calcula un ratio ponderado para cada desastre natural i en el periodo t , entre el número de muertos y el número de afectados. Si el ratio es superior a 1% de la población, el desastre natural es considerado como grande.

Por lo tanto, con estas dos medidas, se resuelven los problemas que definimos en la parte anterior. Primero, diferenciar los diferentes tipos de desastres naturales y crear un variable dummy que toma en consideración la importancia del desastre permite tomar en cuenta los problemas 1 y 2. Además, usamos datos trimestrales para resolver el problema 3. Para resolver el último problema, se concentra el enfoque sobre la historia reciente de El Salvador, ya que se estudia solo el periodo de 2000 hasta 2013.

Sin embargo, un problema ocurre con las sequías. En efecto, en la base de datos del CRED, los datos de población afectada y número de muertos para las sequías son muy bajos, y no reflejan el verdadero impacto. Se explica por el hecho de que las sequías afectan principalmente la agricultura y los cultivos. Por lo tanto, los costos asociados y los impactos económicos son importantes, pero el número de personas afectada por las sequías es bajo. Por lo tanto, para las sequías, la idea consiste en tomar en cuenta no la población afectada pero el costo económico asociado a la sequía. Por lo tanto, se considera un umbral respecto al producto interno bruto.

$$sequía\ pequeña_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } \frac{daño\ económico}{PIB} < 0.01 \\ 0 & \end{cases}$$

$$sequía\ grande_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } \frac{daño\ económico}{PIB} > 0.01 \\ 0 & \end{cases}$$

Es decir, tenemos dos medidas para tomar en cuenta el impacto de los desastres naturales. Para los terremotos, tormentas tropicales e inundaciones, usamos el ratio de personas afectadas sobre la población total, y para las sequías, un ratio daño económico sobre el PIB.

Por lo tanto, se calcula primero el ratio para cada desastre para crear variables dummy que toman en cuenta la intensidad de cada desastre. Si ocurren dos desastres naturales en un trimestre, se aplica la misma metodología. Supongamos que el primer desastre afecta 0.8% de la población y el segundo desastre 0.4%. En este caso, el valor de la variable desastre pequeño para el trimestre

toma el valor “2”. En efecto, eso permite distinguir que dos desastres naturales pequeños no tienen el mismo impacto que un desastre natural grande.

4. 2. Variables económicas

Las variables económicas que incluimos provienen del Banco Central de Reserva de El Salvador. Se calcula el crecimiento a partir de la serie del producto interno bruto a precios constantes desde 1990 hasta 2013. Además, se usan los datos del PIB trimestral por ramas de actividad, de manera de identificar los sectores más impactados por los desastres naturales, principalmente el sector agrícola e industrial.

Según la metodología del Banco Central de Reserva de El Salvador, la deuda pública se define como la acumulación pendiente de pasivos directos reconocidos por el gobierno a favor del resto de la economía y el mundo, generados por operaciones del gobierno y que habrán de extinguirse, según un plan, mediante operaciones futuras, o constituir deuda perpetua. Excluye la deuda intergubernamental del subsector o sector de gobierno que se mida, las emisiones de moneda y otra deuda de la autoridad monetaria, la deuda inactiva o rechazada a la que no se sirve, y toda la deuda flotante por obligaciones pendientes de pago. Se usará en esta tesis principalmente la deuda del sector público no financiero, que es la combinación de los sectores Gobierno General y de Empresas Públicas No Financieras. Se diferenciará también la deuda externa y la deuda interna del sector público financiero, para identificar si se impacta más la deuda externa o interna.

Se usan además los datos del superávit fiscal del sector público no financiero. Los datos en El Banco Central de Reserva son mensuales, por lo tanto se necesita una rectificación para llevarlos a una frecuencia trimestral. Para identificar los canales de transmisión, y estimar como aumenta la capacidad de financiamiento después de un desastre natural en El Salvador, se usarán los diferentes componentes del superávit, especialmente los datos sobre la inversión pública y los ingresos del gobierno.

La tasa de interés proviene también del Banco Central de Reserva de El Salvador, y corresponde a la tasa de interés de la deuda pública de El Salvador.

Se usa como variable de inflación el índice de precios al consumidor (IPC), que tiene como base diciembre 1992, con datos mensuales, que se convierten en datos trimestrales.

5. MARCO CONCEPTUAL

5. 1. Sostenibilidad de la deuda

Los problemas asociados a un nivel de deuda pública importante han sido una preocupación primordial para los organismos internacionales como el Fondo Monetario Internacional, en particular en los países en desarrollo. En efecto, requiere un aumento en los impuestos y pone presión sobre la tasa de interés real, y deprime la inversión privada. De manera clásica, la deuda pública se caracteriza como sostenible si el valor actualizado descontado de los superávits primarios es al menos igual al valor de la deuda pública existente. Sin embargo, esta definición ha sido bastante criticada, ya que un país puede mantener déficits primarios importantes si se compromete a mantener en el futuro un superávit primero de magnitud suficiente. Pero mantener un elevado superávit primario durante un periodo prolongado es costoso y muy difícil desde el punto de vista político. Por lo tanto, una definición más completa, se caracteriza la sostenibilidad de la deuda una trayectoria que sea factible desde el punto de vista económico y político y si permite cumplir la restricción presupuestaria en termino de valor actualizado sin necesidad de corregir en el futuro el saldo primario en forma significativa y poco realista.

5. 1. 1. Dinámica general

El punto de partida para estudiar la sostenibilidad de la deuda pública empieza con la restricción de presupuesto del gobierno, como se define en la ecuación siguiente:

$$D_t = (1 + i_t)D_{t-1} - (T_t - G_t) \quad (1)$$

En esta ecuación simple, D_t representa el stock de deuda pública que madura en final de periodo t , i_t es la tasa nominal de interés de un periodo y $(T_t - G_t)$ es el superávit fiscal en el periodo t , definido como la diferencia entre T_t , los ingresos del gobierno y G_t , los gastos totales del gobierno. Se transforma la ecuación (1) para poner la deuda pública como ratio del PIB, como en la ecuación siguiente:

$$d_t = \frac{1 + i_t}{1 + c_t} d_{t-1} - (t_t - g_t) \quad (2)$$

En la ecuación (2), la variable c_t representa el crecimiento económico, y las variables d_t , d_{t-1} , t_t , g_t son respectivamente las variables D_t , D_{t-1} , T_t , G_t en porcentaje del PIB.

5. 1. 2. Condición de transversalidad

A tasa de interés constante, se escribe la ecuación de la deuda al periodo $t=0$ de la manera siguiente:

$$B_0 = \sum_{t=1}^n \frac{T_t - G_t}{(1+i)^t} + \frac{B_n}{(1+i)^n} \quad (3)$$

De esta restricción presupuestaria inter-temporal, se impone la “condición de transversalidad”:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{B_n}{(1+i)^n} = 0 \quad \text{y} \quad B_0 = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{T_t - G_t}{(1+i)^t} \quad (4)$$

Esta condición indica que a tasa de interés constante, el valor actualizado de la deuda al infinito debe tender a 0, lo que Artus (1996) califica de “definición de la solvencia inter-temporal”.

5. 1. 2. Estabilidad del ratio de endeudamiento

A partir de la ecuación 2, es decir la evolución del ratio de la deuda sobre el PIB, y con $SP_t = T_t - G_t$, se obtiene la ecuación siguiente:

$$\frac{D_t}{Y_t} = \frac{(1+i_t)D_{t-1}}{Y_t} - \frac{SP_t}{Y_t} \quad (5)$$

A partir de la dinámica del PIB, es decir, $Y_t = (1+c)Y_{t-1}$, la variación del ratio de la deuda sobre el PIB se escribe⁹:

$$\Delta \left(\frac{D_t}{Y_t} \right) = \frac{(i-c)D_{t-1}}{(1+c)Y_{t-1}} - \frac{SP_t}{Y_t} \quad (6)$$

Esta ecuación traduce que la variación del ratio de la deuda sobre el PIB aumenta más cuando el déficit y la tasa de interés son altos y cuando la tasa de crecimiento es baja. Una política fiscal se califica de insostenible cuando el ratio deuda sobre PIB no deja de aumentar. A contrario, una política fiscal es sostenible si permite al menos estabilizar el ratio deuda sobre PIB. Para estabilizar el ratio de la deuda, el gobierno debe tener una variación nula, es decir que debe:

$$\frac{SP_t}{Y_t} = \left[\frac{i-c}{1+c} \right] \frac{D_{t-1}}{Y_{t-1}} \quad (7)$$

Por lo tanto, con: $\alpha = \frac{D_{t-1}}{Y_{t-1}}$ y $sp = \frac{SP_t}{Y_t}$, se obtiene la ecuación siguiente:

⁹ Más precisiones sobre las transformaciones se encuentran disponibles en anexos.

$$sp = \alpha \left[\frac{i - c}{1 + c} \right] \quad (8)$$

Dado que la tasa de interés y la tasa de crecimiento se escriben de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} i &= (1 + r^*)(1 + \pi) - 1 \\ c &= (1 + c^*)(1 + \pi) - 1 \end{aligned} \quad (9)$$

Con r^* la tasa de interés real y c la tasa de crecimiento real, y la tasa de inflación π .

Se obtiene la igualdad siguiente que caracteriza las condiciones de estabilidad del ratio de la deuda:

$$sp = \alpha \left[\frac{r^* - c^*}{1 + c^* + \pi} \right] \quad (10)$$

Esta ecuación permite concluir sobre la evolución de la deuda y su sostenibilidad. Primero, si la tasa de interés es superior a la tasa de crecimiento, un superávit primario es indispensable a la estabilización del ratio. En este caso, más el stock de deuda en el periodo anterior es importante, más el superávit primario necesario a la estabilización es importante. Eso implica que más el stock de deuda anterior es importante, más es difícil estabilizar el ratio de la deuda. Sin embargo, si la tasa de crecimiento es superior a la tasa de interés un déficit primario es consistente con un ratio de deuda pública estable.

5. 2. Dolarización de la economía e implicaciones

En el caso de El Salvador, la dolarización de la economía es un elemento importante que implica diferentes mecanismos para la evolución de la deuda pública. Primero, en un régimen dolarizado, el gobierno pierde el control de las políticas monetarias y cambiarias. Es decir, una economía dolarizada implica que frente a un shock externo que produjo un déficit de cuenta corriente y un déficit fiscal, los formuladores de política para financiar el déficit se emplee financiamiento del Banco Central y emisiones de bonos, que elevan la tasa de interés, y exacerban aún más el déficit fiscal. Con la dolarización desaparece la política monetaria, por lo que los shock externos negativos no pueden ser amortiguados con la política fiscal. Al final, el ajuste económico frente a cualquier shock interno o externo se produce automáticamente y es potencialmente más severo que bajo otros regímenes cambiarios. Por lo tanto, la dolarización de la economía exacerba aún más el riesgo de doble desastre en la economía salvadoreña.

5.3. Deuda neta vs deuda bruta: problemas conceptuales

Muchos de los análisis de la deuda utilizan el valor presente neto de la deuda en vez del valor corriente, indicando que es un dato más preciso, ya que refleja el nivel de concesionalidad de la deuda. También, a menudo se usa la deuda neta, en vez de la bruta, descontando los activos líquidos de los gobiernos, con la misma argumentación. En efecto, las mediciones tradicionales se refieren a la deuda pública bruta, como es habitual en las comparaciones internacionales, pero en los años recientes algunos países han acumulado activos financieros significativos. Lo que puede pasar, es que en caso de crisis por ejemplo, el gobierno puede vender activos, para disminuir los efectos sobre la deuda, lo que puede cambiar los resultados. Si se omite incluir en el análisis este concepto, se pueden obtener resultados sesgados. En el caso salvadoreño, los datos de la deuda pública de El Salvador, según la metodología del Banco Central de Reserva, contienen únicamente los pasivos del gobierno, y no existen datos sobre los activos.

Sin embargo, se puede obtener informaciones adicionales a partir de los informes de los organismos internacionales. En esta tesis, se construyó una base de datos de deuda neta, que es una medida más robusta, a partir de la base de datos del Banco Interamericano de Desarrollo, titulada “Statistics on the level and composition of debt in Latin America 1980-2006”, que contiene información sobre la deuda para El Salvador. En el anexo 10, se presenta la metodología para obtener los datos de la deuda neta. Se observa que la diferencia entre la deuda neta y la deuda bruta oscila alrededor de los 4% del PIB, y es relativamente estable entre los diferentes periodos. Una comparación con otros países centroamericanos y latinoamericanos permite concluir que la diferencia entre la deuda bruta y neta en el caso salvadoreña es muy pequeña. Por ejemplo, Brasil ha acumulado activos financieros significativos en la forma de depósitos del fisco en el banco central, y Chile ha acumulado activos financieros como tenencia de fondos de estabilización. En el Brasil, la deuda neta solo equivale a poco más del 50% del indicador de endeudamiento bruto y Chile es un acreedor neto respecto del exterior desde 2006. En la parte empírica, se hizo una regresión adicional usando la deuda neta en vez de la deuda bruta, para comprobar los resultados.

En el caso del déficit fiscal, el mismo concepto puede provocar a un sesgo en los resultados. En efecto, si no se considera la valorización de los activos en el déficit fiscal, se puede sesgar los resultados. En efecto, pueden ocurrir cambios en la valorización de activos netos parte de los activos o de la deuda esté en moneda extranjera (sea dólares, euros u otra moneda) por lo que las variaciones cambiarias afectarán directamente el cambio en la posición de activos netos. Para

obtener informaciones sobre el déficit fiscal que incluye la valorización, usamos los datos del panorama financiero del Banco Central de Reserva. Construimos una base de datos de valorización de activos para el periodo estudiado. Se usaron los datos del déficit neto en la misma regresión que usa los datos de la deuda neta. Más precisiones sobre la metodología para construir las bases de datos se encuentran en el anexo 10.

6. ESTRATEGÍA EMPIRICA

Para estimar el impacto potencial de un desastre natural de gran magnitud sobre la trayectoria de la deuda pública salvadoreña, se usa una metodología que ha sido establecida en la literatura para tomar en cuenta que las variables son entrelazadas, y que la dinámica de la deuda pública depende de la evolución de diferentes variables económicas. En efecto, una manera de tomar en cuenta la potencial correlación entre los diferentes shocks es asumir que los parámetros del análisis de sostenibilidad de la deuda siguen un proceso de vector autorregresivo. A partir de este vector autorregresivo, se puede incluir como variables exógenas la presencia de desastre natural. De esta manera, se distinguen diferentes caminos posibles de evolución de la deuda pública en función de la presencia o no de desastre natural.

El análisis de la sostenibilidad de la deuda a partir de un modelo de vectores autorregresivo ha sido estudiado primero por Garica y Rigobon (2004), que simularon la trayectoria de la deuda pública brasileña en presencia de riesgo a partir de la matriz de varianza/covarianza de las variables y de simulaciones de Monte-Carlo para representar diferentes escenarios de riesgos. Esta metodología, que se define como un análisis de gestión de riesgo, es ahora un instrumento bastante utilizado en la literatura de análisis de sostenibilidad de deuda. Para tomar en cuenta los impactos de los desastres naturales, se puede inspirar de la literatura empírica existente sobre la relación entre catástrofes naturales e impactos macroeconómicos. En efecto, para estimar la relación entre desastres naturales y crecimiento económico, se desarrollaron bastante trabajos que usan modelos de vectores autorregresivos que incluyen variables exógenas para medir los impactos de desastres naturales, como Raddatz (2007), Flomby et al (2013) o más recientemente Alvacedero (2014). Por lo tanto, el interés de simular la trayectoria de la deuda pública salvadoreña en presencia de riesgo natural a partir de un modelo de vectores autorregresivos con variables exógenas, es que por un lado, ha sido bien establecido en la literatura que este tipo de modelo es una buena manera de analizar la sostenibilidad de la deuda, y por otro lado, es una metodología que se ha desarrollado bastante para estimar los impactos económicos de desastres naturales.

Por lo tanto, la estrategia empírica es considerar el impacto potencial de un desastre natural de gran magnitud sobre la sostenibilidad de la deuda pública salvadoreña gracias a un modelo de vectores autorregresivos, que se desarrolla en dos etapas. Primero, se estudia la dinámica conjunta de las variables macroeconómicas principales que influyen en la dinámica de la deuda pública, que incluyen la presencia de desastres naturales, con un modelo VAR-X, y en una segunda etapa, a partir de las condiciones iniciales de la deuda, se analiza la sostenibilidad en el futuro a partir de simulaciones que identifican diferentes escenarios posibles respecto a la ocurrencia de desastres naturales.

6. 1. Modelo empírico

6.1.1. Presentación del modelo

Como la ocurrencia de desastres naturales no sigue un proceso autorregresivo, ya que son eventos climáticos que ocurren de manera aleatoria, el interés de usar un modelo de vector autorregresivo con variables exógenas (VAR-X), es que se pueden incluir los desastres naturales como variables exógenas. Como se ha visto en la descripción de los datos, usamos una variable dummy que toma el valor 1 en caso de desastre natural y 0 en el caso contrario. Definimos dos umbrales respecto a la población afectada para evaluar los desastres grandes y pequeños. Por lo tanto, tenemos un modelo VAR-X (p, q), es decir, con p el número de retrasos de las variables endógenas y q de las variables exógenas, como se define en el modelo siguiente:

$$y_t = v + B_1 y_{t-1} + \dots + B_p y_{t-p} + \Theta_0 x_t + \dots + \Theta_q x_{t-q} + e_t \quad (11)$$

En el modelo, se asume que e_t es un ruido blanco $e_t \sim N(0, \Sigma)$ y que x_t no es correlacionado con e_t . Las variables endógenas pueden ser en nivel o en diferencia, depende de las características de los datos. A partir de los polinomios siguientes:

$$\begin{aligned} B(L) &= B_1 L + \dots + B_p L^p \\ \Theta(L) &= \Theta_0 + \dots + \Theta_q L^q \end{aligned} \quad (12)$$

Se obtiene la ecuación del VAR-X siguiente:

$$y_t = v + B(L)y_t + \Theta(L)x_t + e_t \quad (13)$$

El modelo empírico desarrollado incluye 5 variables endógenas en el vector y_t y 5 variables exógenas en el vector x_t . Por lo tanto, el vector y_t es un vector (5x1) y el vector x_t es un vector (5x1) también. Los vectores se definen de la manera siguiente:

$$y = \begin{bmatrix} \text{Deficit} \\ \text{Crecimiento} \\ \text{Deuda} \\ \text{Inflación} \\ \text{Tasa de interés} \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} \text{terremoto} \\ \text{tormenta} \\ \text{Inundación} \\ \text{Sequía} \\ \text{PIB EEUU} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Las 5 variables endógenas corresponden a las variables que determinan la evolución del ratio de la deuda pública, que ha sido desarrollado en la sección anterior. Las variables exógenas corresponden a los desastres naturales, es decir, terremotos, tormentas tropicales, inundaciones y sequías. Además, se incluye el PIB estadounidense en las variables exógenas. Eso se explica por diferentes razones. Primero, la economía salvadoreña es muy relacionada con el PIB estadounidense, ya que el primer mercado de exportación y de importación de El Salvador es Estados Unidos. Además, la economía salvadoreña es muy dependiente de las remesas de los inmigrantes salvadoreños en Estados Unidos. También, se puede usar el PIB estadounidense como proxy para determinar los shocks externos de crecimiento mundial, y aislar los impactos de dichos shocks.

Ahora, definimos el polinomio siguiente, polinomio infinito del operador de retrasos:

$$\Psi(L) = \Psi_0 + \Psi_1 L + \dots = [I - B(L)]^{-1}, \quad \text{con: } \Psi_0 = I \quad (15)$$

Con este polinomio, obtenemos la ecuación VMA-X siguiente:

$$y_t = \Psi(1)v + \Psi(L)\Theta(L)x_t + \Psi(L)e_t \quad (16)$$

La estabilidad del modelo implica que $\Psi(1) = \left[I - \sum_{i=1}^p B_i \right]^{-1}$ existe y sea finito.

Finalmente, el modelo VAR-X estructural se puede escribir de la forma siguiente:

$$y_t = \mu + C(L)\varepsilon_t + \Lambda(L)x_t \quad (17)$$

Ahora, tenemos el modelo estructural que contiene ε_t que son shocks estructurales con interpretaciones económicas posibles, y no e_t que pueden estar correlacionados entre ellos. Para identificar los shocks estructurales y estimar los modelos, no hay diferencias con respecto a la literatura tradicional, y se puede hacer a partir de la descomposición de Cholesky. En el anexo 4, se presentan los algoritmos necesarios para resolver esos problemas, y proceder a la identificación del modelo VAR-X. Para resumir, el modelo se puede escribir de la forma siguiente:

$$Y = Z\Gamma + E \quad (18)$$

$$\text{Donde: } Y = \begin{bmatrix} y_1' \\ \vdots \\ y_t' \\ \vdots \\ y_T' \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & y_0' & \cdots & y_{1-p}' & x_1' & \cdots & x_{1-q}' \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & y_{t-1}' & \cdots & y_{t-p}' & x_t' & \cdots & x_{t-q}' \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & y_{T-1}' & \cdots & y_{T-p}' & x_T' & \cdots & x_{T-q}' \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} e_1' \\ \vdots \\ e_t' \\ \vdots \\ e_T' \end{bmatrix}$$

$$\text{y } \Gamma = \begin{bmatrix} \nu & B_1 & \dots & B_p & \Theta_0 & \dots & \Theta_q \end{bmatrix}$$

Usar una metodología VAR-X permite identificar dos fuentes potenciales de riesgo. Primero, las funciones de impulso-respuesta permiten identificar las respuestas de las variables endógenas a un cambio unitario sobre los shocks estructurales. Es lo que usan tradicionalmente los trabajos de análisis de sostenibilidad. De la misma manera, el análisis del multiplicador permite identificar las respuestas de las variables endógenas a un shock sobre las variables exógenas del modelo, es decir, la ocurrencia de desastre natural. Es ese multiplicador que va a ser estudiado en este trabajo, ya que lo que nos interesa es identificar el impacto de un desastre natural sobre la dinámica de la deuda salvadoreña.

6.1.2. Análisis del multiplicador (MA)

El análisis del multiplicador muestra la respuesta de las variables endógenas a un shock sobre las variables exógenas, de la misma manera que las funciones de impulso respuesta muestran la respuesta de las variables endógenas a un cambio unitario sobre los shocks estructurales. Se puede obtener a partir de la última ecuación:

$$y_t = C(L)\varepsilon_t + \Lambda(L)x_t \quad (18)$$

La respuesta de las variables endógenas a un shock sobre una variable exógena es dada por:

$$\Lambda(L) = \Psi(L)\Theta(L) \quad (19)$$

A partir de eso, podemos calcular la respuesta de las variables endógenas a un shock sobre las variables de desastres naturales.

6. 2. Identificación de los diferentes escenarios

El modelo VAR-X, que incluye variables de desastres naturales, permite definir diferentes escenarios de riesgos climáticos, y simular el comportamiento de la deuda pública salvadoreña en función de diferentes riesgos climáticos. Por lo tanto, se puede simular la trayectoria de la deuda a

partir de diferentes proyecciones de las variables exógenas para generar diferentes escenarios de riesgo.

Más precisamente, se estudia la sostenibilidad de la deuda pública salvadoreña en ausencia de riesgo, y en un segundo tiempo, con presencia de riesgo, es decir se simula la trayectoria de la deuda pública en los próximos años con y sin presencia de un desastre natural de gran magnitud. También se pueden hacer regresiones adicionales que incluyen desastres pequeños, o como regresiones para testear la robustez del modelo, usar la población afectada por desastres naturales en El Salvador.

El primer escenario, que se define como el escenario positivo, no introduce desastres naturales para los periodos simulados. Simula la dinámica de la deuda de El Salvador para los próximos años a partir de la evolución conjunta de las variables macroeconómicas sin incluir desastres naturales. Es decir, la variable exógena de desastre natural tomará el valor 0 para todos los trimestres a partir del primer trimestre de 2014. A partir del modelo VAR-X estimado a partir de los datos históricos, se estimará la trayectoria de la deuda pública salvadoreña.

El escenario negativo incluye la ocurrencia de un desastre natural de gran magnitud para el periodo simulado. Más precisamente, se simula un desastre natural de gran magnitud para el primer periodo afuera de la muestra, es decir, el primer trimestre de 2014. A partir del análisis del multiplicador, que permite identificar las respuestas de las variables endógenas a un shock sobre las variables exógenas, se identificará el comportamiento de la deuda pública en presencia de riesgo y los potenciales mecanismos de transmisión.

A partir de las diferentes simulaciones, se comparará la trayectoria de la deuda en presencia de riesgo natural y sin riesgo, de manera a calcular las implicaciones macroeconómicas de un shock climático en la economía salvadoreña. Se usaran regresiones adicionales para identificar los diferentes canales de transmisión. En la siguiente sección se presentan los resultados empíricos del análisis de sostenibilidad de la deuda pública salvadoreña en presencia de desastres naturales.

7. RESULTADOS EMPIRICOS

7. 1. Trayectoria de la deuda pública con presencia de riesgo

En un primer tiempo, se simula la trayectoria de la deuda pública salvadoreña a partir de las principales variables que determinan la dinámica de la deuda. Las 5 variables que se estudian en el modelo son el PIB corriente, la deuda del sector público no financiero que excluye el fideicomiso

de obligaciones previsionales (FOP Serie A), el déficit que se define como la diferencia entre los ingresos y donaciones y los gastos y concesión neta de préstamos, la inflación y la tasa de interés.

Para asegurar la estabilidad del modelo, se usan las variables en diferencia en logaritmo. El uso del logaritmo es estándar en este tipo de análisis, y los tests de estabilidad de las variables concluyen en este caso en particular que las variables son estables una vez que se usan en logaritmo y en diferencia. En particular, las transformaciones que se hacen sobre las variables que se usan en esta primera simulación son las siguientes:

$$\text{Tasa de crecimiento del PIB}_t = \ln(\text{PIB}_t) - \ln(\text{PIB}_{t-1})$$

$$\text{Inflación}_t = \ln(\text{IPC}_t) - \ln(\text{IPC}_{t-1})$$

$$\text{tasa de interés}_t = \ln(1 + \text{tasa}_t)$$

$$\text{Cambios en el deficit}_t = \left(\frac{\text{Déficit}_t}{\text{PIB}_t} \right) - \left(\frac{\text{Deficit}_{t-1}}{\text{PIB}_{t-1}} \right)$$

$$\text{Cambios en el ratio de la deuda}_t = \ln\left(\frac{\text{deuda}_t}{\text{PIB}_t}\right) - \ln\left(\frac{\text{deuda}_{t-1}}{\text{PIB}_{t-1}}\right)$$

Con estas transformaciones, se garantiza la estabilidad del modelo. En el anexo 6, se presentan los resultados de estabilidad del modelo VAR-X y de los tests sobre los residuos. Se concluye que el modelo está bien especificado, ya que el modelo es estable, los residuos son normalmente distribuidos y no hay autocorrelación en los residuos.

Además, en la primera simulación, se estudiará como variable de ocurrencia de desastres naturales una sola variable que es la suma de las variables dummy de los diferentes tipos de desastres, que se define de la manera siguiente:

$$\text{desastre grande}_t = \text{sequía grande}_t + \text{tormenta grande}_t + \text{terremoto grande}_t + \text{inundación grande}_t$$

7.1.1. Proyecciones de las variables exógenas

Para simular las principales variables de interés, se necesita primero hacer proyecciones de las variables exógenas.

Más precisamente, definimos dos escenarios para los próximos años.

- Escenario positivo: La variable dummy que representa la ocurrencia de desastre natural grande toma el valor 0 para todos los periodos hasta adelante.

- Escenario negativo: La variable dummy de desastre natural grande toma el valor de 1 para el primer trimestre proyectado y el valor de 0 para el resto de los periodos.

Dado que está incluido el crecimiento del PIB estadounidense en el modelo, se debe estimar para los próximos años el PIB estadounidense. Para proyectar eso, se usa la metodología de Box-Jenkins para hacer proyecciones de esta variable. En el anexo 5 se presentan de manera precisa las diferentes etapas de la metodología, de la identificación hasta los contrastes de hipótesis.

La etapa siguiente consiste en sacar el comportamiento de la deuda a partir de la variable estimada. En efecto, tenemos estimado el ratio de la deuda sobre el PIB en logaritmo y en diferencia, por lo que se necesita transformar la variable estimada para obtener el ratio de la deuda pública del sector público no financiero. Después de corregir por s^2 , el estimador no sesgado de σ^2 , la varianza del error (más detalles en el anexo 7 sobre la transformación), la dinámica de la deuda se obtiene a partir de la ecuación siguiente:

$$deuda_{t+1} = \exp\left(\ln\left(\frac{deuda_{t+1}}{deuda_t}\right) + \left(\frac{s^2}{2}\right)\right) * deuda_t \quad (20)$$

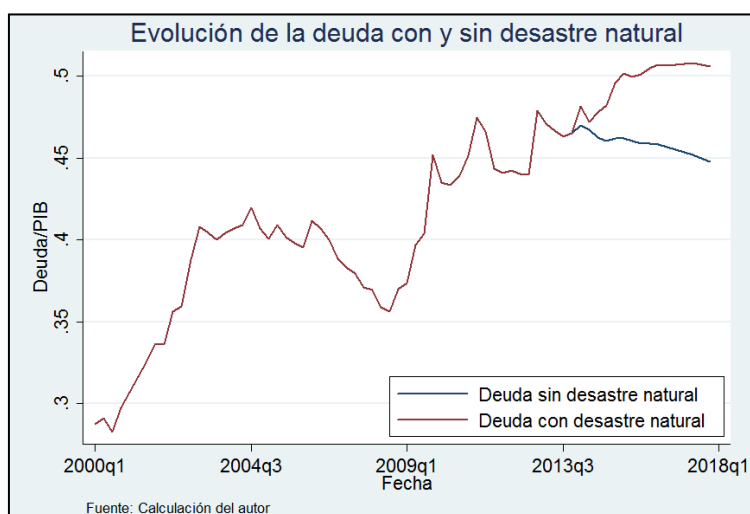
A partir de esta transformación matemática, se puede simular la trayectoria de la deuda sobre el PIB para los próximos años en presencia de desastres y sin desastres, ya que tenemos el valor de la deuda para el periodo t y el logaritmo de la deuda en $t+1$ sobre la deuda en t .

Para destacar los intervalos de confianza, se usan las propiedades de la distribución log-normal. En el anexo 7 se encuentra el cálculo para destacar dichos intervalos de confianza.

7.1.2. Dos trayectorias distintas

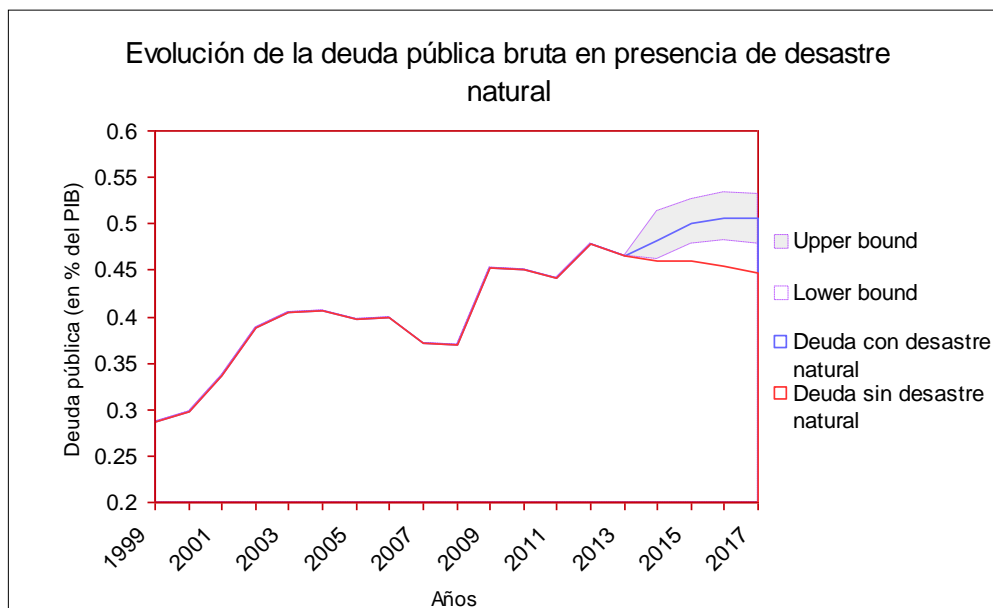
El gráfico 1 muestra la evolución de la deuda del sector público no financiero para los 4 próximos años, a partir del primer trimestre de 2014 hasta el último trimestre de 2017, en función de la presencia o no de un desastre natural de gran magnitud. En la simulación, la ocurrencia de un desastre natural en el escenario con riesgo interviene en el primer trimestre de 2014.

Gráfico 1: Evolución de la deuda total del sector público no financiero en presencia de riesgo



Después de 4 años, la diferencia entre el escenario sin desastre natural y el escenario con desastre es significativa, pues el ratio de la deuda sobre el PIB en el caso de un escenario negativo es superior en 5.8 puntos porcentuales respecto al escenario base. Sin desastre natural, la deuda pública del sector público no financiero disminuye de 46.5% hasta 45% del PIB, de manera continua. Al contrario, en el escenario negativo, la deuda aumenta de manera importante en el periodo post-desastre natural, hasta llegar a los 50% del PIB después de 6 trimestres, antes de estabilizarse a un nivel alrededor de 50.5% del PIB. Después de 2 años, es decir, a partir de 2016, la diferencia queda estable alrededor de 5.5 puntos porcentuales. Lo que es necesario saber es si esta diferencia es estadísticamente significativa. Por eso, se hizo la simulación con intervalos de confianza (los detalles de los cálculos se encuentran en el anexo7). El gráfico 2 muestra los resultados. En el gráfico, se representa la evolución de la deuda pública del SPNF con el intervalo de confianza al nivel de 95%, y la evolución de la deuda sin desastre natural. Se puede observar que la trayectoria de la deuda pública sin desastre natural está por debajo del intervalo de confianza (nivel de 95%) de la deuda pública con desastre natural, lo que significa que la diferencia es estadísticamente significativa. Es decir, la trayectoria de la deuda del sector público no financiero sin desastre natural está afuera del intervalo de confianza al nivel de 95% de la deuda con desastre natural. Repetimos la misma simulación con los datos de la deuda neta y los resultados son parecidos (los resultados de la simulación con la deuda neta se encuentran en el anexo 10).

Gráfico 2: Evolución de la deuda total del sector público no financiero con intervalos de confianza



En una segunda etapa, se repitió la simulación del gráfico 1 pero en vez de usar solo una variable que contiene los 4 tipos de desastres, se estableció diferencias entre los tipos de desastres, es decir, se estudian los terremotos, sequías y tormentas tropicales de manera separada, para lo cual se simula el modelo VAR-X con exactamente las mismas variables que en la ecuación 14. Las simulaciones indican diferencias entre los efectos de los diferentes tipos de desastres. Los resultados de las simulaciones se encuentran en el anexo 11. Principalmente, la diferencia aparece significativa con tres tipos de desastres naturales, que son los terremotos, sequías y tormentas. Las inundaciones no tienen impactos significativos sobre la dinámica de la deuda pública del SPNF. Además, la magnitud de los efectos entre los diferentes tipos de desastres es significativamente distinta. En el caso de un terremoto, la diferencia es mayor, pues la deuda aumenta hasta alcanzar los 55% del PIB. Las tormentas y sequías tienen impactos menores, en los dos casos la deuda llega entre los 52 y 54% del PIB. Por lo tanto, estas simulaciones adicionales permiten concluir que los diferentes tipos de desastres tienen impactos diferentes sobre la evolución del ratio de la deuda sobre el PIB.

Además, se simuló la economía a partir de desastres pequeños o moderados. La metodología es exactamente la misma pero se usaron las variables de desastres naturales pequeños y moderados. Se generó un escenario de riesgo que incluye un desastre natural pequeño para el primer trimestre de 2014. Trabajos empíricos que distinguen los desastres naturales pequeños y los desastres grandes (Acevedo, 2014, y Flomby et. al, 2013), concluyen que los desastres naturales pequeños no tienen impactos macroeconómicos significativos. Los resultados de las simulaciones

confirman esos resultados, ya que la diferencia entre un escenario que implica un desastre natural pequeño y un escenario sin desastre es insignificante. Por lo tanto, los resultados son conformes con la literatura empírica, y permiten concluir que solo los desastres naturales grandes cambian la trayectoria de la deuda pública.

Otra definición de la deuda del sector público no financiero consiste en incluir el Fideicomiso de Obligaciones Previsionales, que representa, a final de 2013, 10.5% del PIB (cuadro 4). Si se toma este valor de la deuda en la simulación, y si se usa el déficit fiscal que incluye el costo de pensión, los resultados son similares (se encuentra el gráfico de la simulación en el anexo 8). La diferencia entre los dos escenarios es de 3.05 puntos porcentuales. En el escenario sin desastre natural, la deuda total del sector público no financiero aumenta de manera débil hasta llegar a los 60% del PIB, mientras que en presencia de desastre natural, se observa una tendencia a la alza mucho más importante. Después de 4 años, en presencia de desastre natural, la deuda total del sector público no financiero llega a 63% del PIB.

Una pregunta adicional consiste en saber si la deuda externa del sector público no financiero aumenta más que la deuda interna en caso de desastre natural. El cuadro 5 resume las principales estadísticas de la deuda del sector público no financiero al cierre de 2013. Se observa que la deuda externa pública representa 71.9% de la deuda del sector público no financiero de mediano y largo plazo (30.5% del PIB), contra 28.1% para la deuda interna del sector público no financiero (11.9% del PIB). Si se estima la trayectoria de la deuda externa y la trayectoria de la deuda interna, a partir del mismo modelo de base, se concluye que los dos componentes de la deuda aumentan de manera consecuente en tiempo de desastre natural, lo que nos autoriza a concluir que los dos componentes de la deuda se pueden sustituir. Los desastres naturales ponen presiones sobre el financiamiento externo pero también interno.

Entonces, a partir de las primeras simulaciones se observa que los desastres naturales tienen un impacto importante sobre el ratio de la deuda del sector público no financiero sobre el PIB. Si se toma en cuenta la deuda del sector público financiero con la inclusión del Fideicomiso de Obligaciones Previsionales, los resultados son parecidos. En El Salvador, solo los desastres grandes generan tensiones sobre la deuda pública, los desastres pequeños no tienen impactos macroeconómicos consecuentes. Además, todos los tipos de desastres tienen impactos importantes, aunque los terremotos tengan un impacto más fuerte. Finalmente, se concluye que los desastres naturales aumentan las necesidades de financiamiento externas como internas. En la siguiente subsección, se estudian y se cuantifican los canales de transmisión

Cuadro 4: Estadísticas de la deuda pública al cierre de 2013

Deuda	Monto	% PIB
Deuda externa SPNF	7,594.1	30.5
Deuda interna SPNF	2,958.0	11.9
Saldo Deuda SPNF de Mediano y Largo Plazo	10,552.1	42.4
Deuda GOES de Corto Plazo (LETES valor precio)	607.4	2.4
Saldo Deuda SPNF de Corto, Mediano y Largo Plazo	11,159.5	44.9
Fideicomiso de Obligaciones Previsionales (FOP Serie A)	2,608.3	10.5
Saldo Deuda SPNF de Corto, Mediano y Largo Plazo más Fideicomiso	13,767.8	55.3

Fuente: Ministerio de Hacienda

7. 2. Canales de transmisión

En esta sección, lo que importa es identificar los canales de transmisión, es decir, como se manifiesta el impacto negativo sobre el nivel de deuda pública. En efecto, el marco teórico de la sección 5 describe como la evolución del ratio de la deuda sobre el PIB depende de diferentes variables. Por lo tanto, distinguir entre los diferentes aspectos que pueden tener los desastres naturales sobre las variables económicas, e identificar como las variables económicas interactúan entre ellas permite identificar los canales de transmisión y diferenciar entre los aspectos directos (los impactos de los desastres naturales sobre las variables económicas), y los impactos indirectos (como las variables reaccionan entre ellas).

Para identificar de manera los diferentes canales de transmisión, se usan las diferentes variables siguientes:

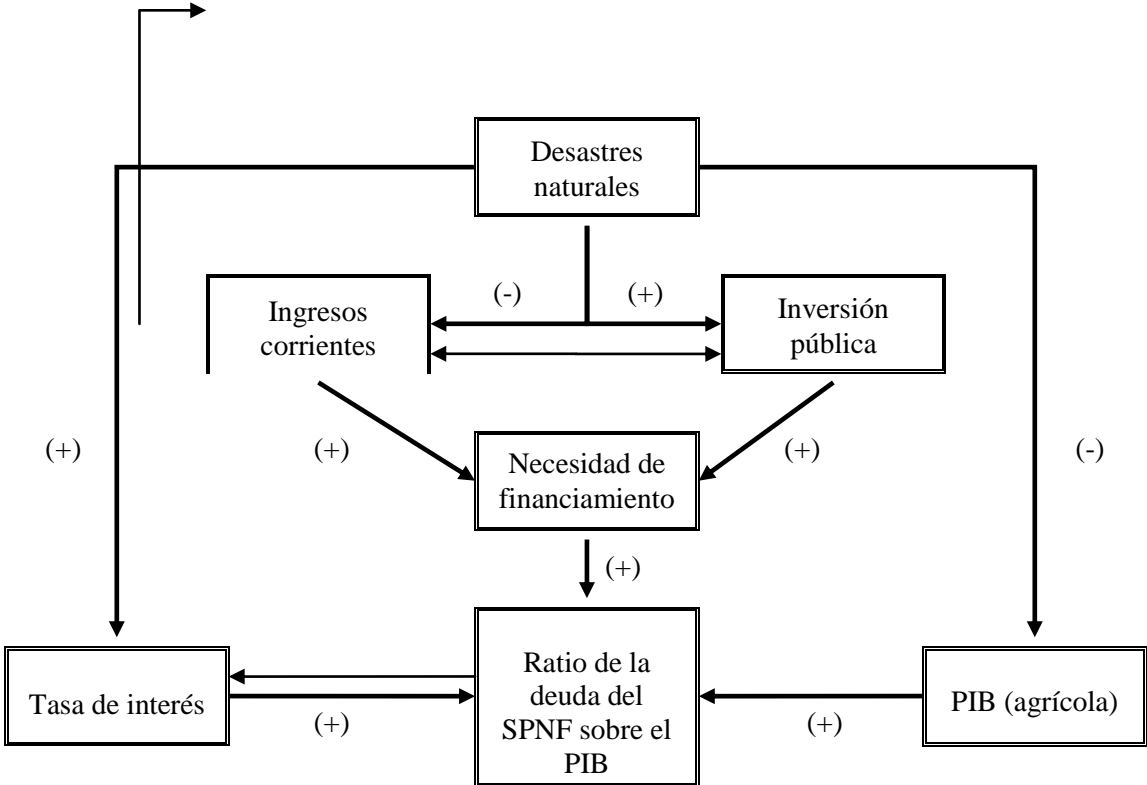
- Logaritmo del PIB real en diferencia.
- Logaritmo del ratio de la deuda pública del sector público no financiero en diferencia.
- Logaritmo del ratio de ingresos corrientes sobre el PIB en diferencia.
- Logaritmo del ratio de inversión pública sobre el PIB en diferencia.
- La inflación, en logaritmo y diferencia.
- El logaritmo de 1 más la tasa de interés.

Como para la simulación de base, se usa la deuda del sector público no financiero de corto, mediano y largo plazo, y se garantiza la estabilidad del modelo. Además, para asegurarse de la buena especificación del modelo, se hacen tests de normalidad y de autocorrelación de los residuos.

Los resultados de la simulación son similares en términos de diferencia entre un escenario riesgoso y sin riesgo para la deuda externa del sector público no financiero. La diferencia entre los dos escenarios después de 16 trimestres es de 5.3% puntos porcentuales. La trayectoria de la deuda en los dos escenarios es similar al gráfico 1. A partir de esta simulación y de los tests de causalidad de Granger, se pueden distinguir entre los efectos directos e indirectos de los desastres naturales que impactan la dinámica de la deuda pública del sector público no financiero.

El siguiente gráfico resume las diferentes interacciones a partir de las simulaciones y de los tests de causalidad de Granger. Permite identificar los canales de transmisión y las principales interacciones entre las variables. Los signos (+) y (-) definen si el impacto de una variable sobre la otra es positivo (+) o negativo (-). Los siguientes párrafos explican en detalles este gráfico.

Gráfico 3: Resumen de los canales de transmisión



7. 2. 1. Efectos directos

Primero, a partir de los resultados de la simulación descrita en la página anterior, se concluye que los desastres naturales tienen un impacto directo sobre el déficit fiscal, que pasa por el lado de los ingresos y de los gastos. Primero, los desastres naturales tienen un impacto negativo inmediato sobre los ingresos corrientes, significativo al nivel de 1%. Este impacto ocurre en el periodo de ocurrencia de un desastre natural de gran magnitud. Segundo, al mismo tiempo, la

inversión pública, para financiar los costos de reconstrucción, sube de manera consecuente durante dos trimestres consecutivos. Además, resultados alternativos¹⁰ indican que las donaciones del exterior aumentan después de un desastre natural, lo que reduce el impacto negativo sobre el déficit. Por lo tanto, se observa un aumento del déficit global con la exclusión de las donaciones¹¹. Por lo tanto, el financiamiento externo aumenta después de un desastre natural, significativo al nivel de 1%. En otras palabras, los desastres naturales generan un aumento en la inversión pública significativo, y una reducción de los ingresos del gobierno, lo que aumenta las necesidades de financiamiento y aumenta de manera directa la deuda del sector público no financiero. Estos resultados parecen razonables a la luz de los informes de evaluación de desastres realizados en El Salvador, que encuentran un aumento en la inversión pública después de un desastre natural.

Se observa además, una contracción del PIB causada por los desastres naturales, con un rezago de un trimestre. Este resultado es significativo al nivel de 1% y se observa durante dos trimestres. Estos resultados parecen en línea con las proyecciones post-desastres de la CEPAL y a la literatura empírica. Se simula el mismo modelo pero con la utilización del PIB agrícola y no el PIB total, y se observa que el PIB agrícola es el componente del PIB que más está impactado por los desastres naturales. Es decir, los desastres naturales tienen un impacto negativo sobre el crecimiento económico, en particular sobre el crecimiento agrícola.

El canal de la tasa de interés juega un rol importante en la evolución de la deuda salvadoreña. En particular, se observa que después de un desastre natural, la tasa de interés sube de manera consecuente. A partir de una simulación adicional¹², se observa que la carga de interés de la deuda aumenta después de 2 semestres en el periodo post-desastre. El otro canal estudiado, la tasa de inflación, no juega un papel importante en la dinámica de la deuda. Más aun, se observa una reducción de la inflación después de un desastre natural.

7. 2. 2. Efectos indirectos

A partir de la simulación, se desarrolló una prueba de causalidad de Granger (1969), entre el crecimiento económico y el ratio de la deuda sobre el PIB, con la finalidad que nos ayude a determinar si de acuerdo a las estadísticas (no a la teoría) existe una variable x cuyos cambios anteceden a otra variable y . Así, si x contiene información relevante para predecir el

¹⁰ Se hizo una simulación con la inclusión las donaciones del exterior como variable del modelo VAR-X, y se encuentra un resultado significativo del impacto de los desastres naturales sobre las donaciones.

¹¹ Si se hace una simulación con la inclusión el déficit global que excluyen donaciones, en vez de tomar de manera separada ingresos e inversión, se observan resultados similares.

¹² En una simulación adicional, se usa como otra variable la carga de interés de la deuda, que se incluye en un modelo VAR-X que contiene las mismas otras variables.

comportamiento de y, entonces se menciona que x puede causar a y en el sentido de “Granger”. Por tanto, la hipótesis nula en contraste es la de no causalidad, y está no se rechaza si se comprueba que el pasado de una variable no contiene información útil para predecir el comportamiento de la otra. Los resultados muestran que los cambios en el crecimiento económico preceden los cambios en la evolución de la ratios de la deuda/PIB a un nivel de significación del 5% y la deuda no causa al crecimiento económico. Los resultados anteriores rechazan la hipótesis que la deuda afecta el crecimiento económico (El Salvador.com, 2013) o que genera retrocesos en el desarrollo económico y social del país (Grupo Técnico de Sostenibilidad Fiscal de El Salvador, 2013, Pág.23). Pues, se concluye que los desastres naturales tienen un efecto indirecto sobre la evolución del ratio de la deuda sobre la deuda a través del canal del crecimiento económico, ya que los cambios en el crecimiento económico preceden los cambios en la evolución de la ratios de la deuda/PIB.

De la misma manera, la prueba de causalidad entre la tasa de interés y el ratio de la deuda sobre el PIB concluyen que los cambios en la tasa de interés preceden los cambios en la evolución de la deuda. De la misma manera, se observa que la tasa de interés es la variable más endógena. En efecto, tanto el PIB como la deuda y el déficit causan la tasa de interés en el sentido de Granger, lo que explica la flecha en el gráfico 2 que va desde el ratio deuda/PIB hasta la tasa de interés. De la misma manera, existe una causalidad entre los ingresos corrientes y la inversión que va en ambos lados (flecha reciproca entre los ingresos y la inversión en el gráfico 2).

7. 2. 3. Cuantificación de los impactos

Se observó que los desastres naturales tienen impactos sobre las principales variables económicas. En esta parte, cuantificamos esos impactos, y simulamos la trayectoria de esas variables económicas. Los números en azul son los datos donde la diferencia aparece como estadísticamente diferente entre los dos escenarios.

Cuadro 5: Cuantificación de los canales de transmisión

Periodo	Ingresos corrientes (% del PIB)		Inversión publica (% del PIB)		Crecimiento del PIB		Tasa de interés	
	Con desastre	Sin desastre	Con desastre	Sin desastre	Con desastre	Sin desastre	Con desastre	Sin desastre
T	16.49	18.66	2.43	2.15	-0.28	-0.01	8.53	7.41
t+1	23.70	23.83	3.56	2.64	0.65	0.98	8.59	7.98
t+2	18.20	18.31	2.31	2.24	0.02	0.34	8.43	8.16
t+3	21.56	21.93	4.15	3.13	0.01	0.97	7.51	7.43
t+4	17.37	19.43	2.14	2.12	-0.03	-0.04	7.46	7.24

Fuente: Cálculos del autor

✓ Ingresos corrientes

Los desastres naturales tienen un impacto directo negativo sobre los ingresos del sector público no financiero. Se nota una contracción de 2% de los ingresos corrientes cuando ocurre un desastre natural en El Salvador (columnas 1 y 2). Sin embargo, esta reducción es transitoria, y los ingresos regresan a un nivel equivalente a un escenario sin desastre el periodo siguiente. Los tests de causalidad de Granger muestran que los cambios en el crecimiento económico, en la inversión y en la tasa de interés preceden los cambios en la evolución de los ingresos a un nivel de significación del 5%. Por lo tanto, los impactos positivos que tienen los desastres naturales sobre la inversión aumentan los ingresos, por lo que la diferencia entre los dos escenarios es casi nula a partir del segundo periodo (los impactos generados por el crecimiento aparecen menos importantes que los impactos generados por la inversión. Después, los efectos sobre la tasa de interés (como los desastres naturales aumentan la tasa de interés con un rezago de 2 periodos), hacen disminuir los ingresos de nuevo. Después, la diferencia aparece cada vez menos importante.

✓ Inversión pública

En lo que concierne a la inversión pública, se observa que la diferencia entre un escenario sin desastre natural y un escenario con desastre natural, supera el 0.8% del PIB, antes de reducirse. Es decir, en un escenario con desastre natural, la inversión aumenta de 2.64% del PIB hasta 3.56%, antes de disminuir hasta 2.24%, mientras que en un escenario sin desastre, la inversión sube de manera menos consecvente el primer trimestre después de un desastre. Esta diferencia significativa es coherente con la literatura existente. Además, los resultados de los tests de causalidad de Granger muestran que los cambios en el crecimiento económico y en los ingresos preceden los cambios en la evolución de la inversión a un nivel de significación del 5%. El PIB tiene un impacto positivo sobre la inversión, y los ingresos también. Por lo tanto, el efecto positivo de los desastres naturales sobre la inversión es atenuado por los efectos adversos sobre el crecimiento y los ingresos.

✓ PIB

Se observa una contracción del PIB salvadoreño real inmediatamente después de un desastre natural. La disminución del PIB es importante durante trimestres (columnas 5 y 6). La diferencia es significativa durante 3 trimestres consecutivos después de un desastre natural en El Salvador. Como hemos mencionado anteriormente, el sector agrícola es el sector más impactado por desastres naturales en El Salvador. En los últimos años, el PIB agrícola representa 10% del PIB salvadoreño. A partir de una simulación adicional, que utiliza el PIB agrícola en vez del PIB total,

se observa que la diferencia en el crecimiento del PIB agrícola es aún más importante en caso de un desastre natural que el crecimiento del PIB total. En un escenario sin desastre, el primer trimestre después del desastre, el PIB agrícola crece a un ritmo de 1.76%, antes de crecer a un ritmo de 0.76% y 0.54%, antes de disminuir. Con desastre natural, el PIB agrícola después de un trimestre crece a un ritmo de 0.13%, antes de disminuir a -0.45% y crecer de nuevo a un nivel de 0.5%. Por lo tanto, la diferencia es superior a 2% entre los dos escenarios.

✓ Tasa de interés

El canal de la tasa de interés es significativo, pues se sube la tasa de interés de manera consecuente inmediatamente después de un desastre natural. En efecto, con un desastre natural, la tasa de interés sube hasta 8.53%, mientras que en un escenario sin desastre, la tasa se mantiene a una tasa de 7.41%. Sin embargo, después de 3 trimestres, la tasa empieza a bajar de nuevo, para llegar a 7.51% en el tercer trimestre después de un desastre. A partir de ahí, la diferencia es nula entre el escenario con desastre y sin desastre. Además, las pruebas de Granger concluyen que los cambios en el crecimiento y en la deuda pública preceden los cambios en la tasa de interés, por lo que como se sube la deuda y se contracta el PIB, se sube aún más la tasa de interés. Se concluye que la tasa de interés, en el caso de un desastre de gran importancia en El Salvador, reacciona de manera importante durante tres trimestres.

Por lo tanto, se identifican tres canales que reflejan el impacto negativo de los desastres naturales sobre la sostenibilidad de la deuda pública salvadoreña. Primero, los desastres naturales tienen un impacto fiscal directo, que se manifiesta por un aumento en la inversión pública y una reducción de los ingresos corrientes, que aumenta las necesidades de financiamiento. Paralelamente, se contrae el crecimiento económico, y aumenta la tasa de interés.

7. 3. Tests de robustez

Para testear la robustez del modelo, se pueden hacer simulaciones alternativas para estimar la trayectoria de la deuda del sector público no financiero salvadoreño con el cambio de algunos parámetros del modelo. Se presentan en los siguientes párrafos las conclusiones de las simulaciones alternativas. Los gráficos de las simulaciones se encuentran en el anexo 8.

7. 3. 1. Cambio en la medida de desastre natural

Primero, se puede simular la trayectoria de la deuda mediante la utilización de la población afectada, en vez de una variable dummy como en las precedentes simulaciones. En este caso, los resultados son parecidos a los resultados del gráfico 1. En la simulación de base, la diferencia entre

los dos escenarios era de 5.8 puntos de porcentaje del PIB. En esta, la diferencia es de 4.1 puntos porcentuales. La evolución de la deuda pública sigue la misma trayectoria en los dos escenarios que en el gráfico 1. Además, se concluye que la diferencia es significativa entre las dos trayectorias.

En la literatura empírica, las dos medidas son utilizadas, y llevan tradicionalmente a los mismos resultados. Lo que puede cambiar es la existencia de un nivel umbral, es decir que a partir de una cierta intensidad, los efectos de los desastres naturales pueden ser mucho más importantes, es decir, que la relación no sea lineal entre desastres naturales e impactos macroeconómicos. Sin embargo, en el caso salvadoreño, no parece ser el caso. La similitud en los resultados es coherente con la literatura empírica, lo que valida la medida de desastres naturales usada en este trabajo.

7. 3. 2. Control por las reformas fiscales

Un elemento que puede influir sobre los resultados y llevar a un sesgo concierne las reformas tributarias. En efecto, en los últimos años, el gobierno salvadoreño ha tomado reformas fiscales de gran magnitud para tratar de reducir los desequilibrios en las finanzas públicas. Por lo tanto, se estima el mismo modelo pero con la inclusión de variables de control, es decir variables que toman el valor 0 antes de una reforma y 1 después de la reforma, para aislar los impactos determinados por las reformas. En las secciones anteriores, se observó que las principales reformas ocurrieron durante el periodo 2004-2007 y 2010-2012. Primero, las reformas tributarias aprobadas a final de 2004 e implementadas en 2005, permitieron reducir la evasión y elusión fiscal (Ley de Simplificación Aduanera, vigencia del Código Tributario, entre otros). Éstas tuvieron buenos resultados, ya que aumentaron los ingresos tributarios de manera importante. Además, en los años siguientes a 2009, a partir del acuerdo entre El Salvador y el FMI, la política fiscal se caracteriza por los esfuerzos realizados para dar cumplimiento a las metas establecidas, entre los que se destacan las reformas tributarias efectuadas a finales de 2009 y a finales de 2011, en las que se aumentaron las tasas en los impuestos selectivos, se ampliaron las bases tributarias de algunos impuestos, se crearon nuevas figuras impositivas y se dictaron nuevas normas de control para mejorar la eficiencia recaudatoria. Por lo tanto, para controlar por las reformas fiscales, se incluyeron en las variables exógenas, dos variables dummy: una para tomar en cuenta las reformas de final de 2004, y otra para tomar en cuenta las reformas que siguen el arreglo con el FMI.

Los resultados de la simulación que controla por las principales reformas fiscales de El Salvador no son distintos de los resultados de la simulación de base, excepto que la diferencia es un poco menor (3.5 puntos porcentuales cuando se controla por las reformas tributarias). La evolución de la deuda es un poco distinta. En efecto, ahora, la trayectoria es más decreciente. Se puede

explicar por las reformas recientes que tratan de reducir los desequilibrios. Por lo tanto, si se toma en cuenta las reformas fiscales, la pendiente del ratio de la deuda sobre el PIB es más decreciente que si no se toma en cuenta las reformas. Sin embargo, la diferencia entre la simulación de base y la simulación que incluye las reformas fiscales no es muy distinta.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8. 1. Conclusiones

El análisis de sostenibilidad de la deuda del sector público no financiera salvadoreña muestra que los desastres naturales de gran magnitud tienen consecuencias importantes sobre las finanzas públicas del país. El ratio de la deuda sobre el PIB sube cerca de 5.8 puntos porcentuales en promedio cuando ocurre una catástrofe natural de gran intensidad en el país. La trayectoria de la deuda en presencia de desastre natural desvía de manera significativa respecto a su trayectoria en ausencia de riesgo climático. Sin embargo, los desastres pequeños o moderados no tienen impactos significativos. El impacto fiscal en el periodo post-desastre implica un aumento importante en la inversión pública, que se relaciona con los costos de reconstrucción, y una disminución de los ingresos del sector público no financiero. En el mismo periodo, se observa una contracción del PIB durante dos trimestres después de un desastre natural, lo que indirectamente aumenta el ratio de la deuda sobre el PIB. El canal de la tasa de interés exagera aún más las tensiones fiscales, pues que sube la tasa de interés durante tres trimestres consecutivos después de un evento climático extremo. Sin embargo, no se observan tensiones inflacionarias después de un desastre de gran magnitud. Estos resultados son robustos a los cambios en la medida de desastres naturales, ya que si se toma como medida la población afectada, los resultados son similares, y a los cambios en las reformas fiscales.

8. 2. Recomendaciones

Para mejorar la capacidad de resistencia del país ante riesgos climáticos, se recomiendan diferentes medidas complementarias. Primero, se necesitan desarrollar mecanismos de seguros ante desastres naturales, y de manera más precisa, cambiar de un tipo de seguro ex-post a medidas ex-ante. Estos mecanismos permiten limitar el déficit causado por desastres naturales y son mucho más eficientes (Borenzstein, 2008). En particular, reforzar la colaboración con el Banco Mundial, como fue el caso en 2011, cuando el Banco Mundial aprobó US\$50 millones para preparación ante desastres naturales en El Salvador. Es un préstamo que utiliza la modalidad de Opción de Disposición Diferida (ODD), un préstamo que le permite al gobierno utilizar los fondos en caso de

ocurrir un desastre natural. Es decir, son fondos que pueden ser utilizados de manera inmediata luego de un desastre natural, por lo que es un instrumento financiero que le proporcionará al país los recursos necesarios para focalizarse en la respuesta de emergencia luego de un desastre natural, en lugar de dedicar tiempo y esfuerzos valiosos en actividades de recaudación de fondos. Además, la ODD de US\$50 millones del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) tiene un período de amortización de 29,5 años, incluido un período de gracia de cinco años.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Acevedo, S. (2014). “Debt, Growth and Natural Disasters: A Caribbean Trilogy”. Working Paper No. 14/125, International Monetary Fund.
- [2] Banco Interamericano de Desarrollo. (2011). “Indicadores de Gestión de Riesgo: El Salvador”. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Gestión del Riesgo de Desastres (INE/RND)
- [3] Albala-Bertrand, J. M. (1993). “The Political Economy of Large Natural Disasters”. Oxford, United Kingdom: Clarendon Press.
- [4] Barro, R. (2006). “Rare Disasters and Asset Markets in the Twentieth Century”. Quarterly Journal of Economics 121, 823-866.
- [5] Barro, R. (2009). “Rare Disasters, Asset Prices, and Welfare Costs”. American Economic Review 99(1), 243-264.
- [6] Borensztein, E., Cavallo, E., & Valenzuela, P. (2008). “Debt sustainability under catastrophic risk: The case for government budget insurance”. Working Paper No. 08/44, International Monetary Fund.
- [7] Cashin, P. & Sosa, S. (2013). “Macroeconomic Fluctuations in the Eastern Caribbean: the Role of Climatic and External Shocks”. Journal of International Trade & Economic Development, Vol. 22, pp. 729-748.
- [8] Cavallo, E., Galiani, S., Noy, I., & Pantano, J. (2013). “Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth. Review of Economics and Statistics”. Vol 95, No. 5, pp 1549-1561.
- [9] CEPAL. (2001). “El terremoto del 13 de enero de 2001 en El Salvador. Impacto socioeconómico y ambiental”.
- [10] CEPAL. (2009). “El Salvador: impacto socioeconómico, ambiental y de riesgo por la baja presión asociada a la tormenta tropical IDA en noviembre de 2009”.

- [11] Cuaresma, J.C., Hlouskova, J., & Obersteiner, M. (2008). "Natural disasters as Creative Destruction? Evidence from Developing Countries". *Economic Inquiry* 46(2), pp 214-226.
- [12] Dasgupta, S., Laplante, B., Murray, S. & Wheeler, D. (2009). "Sea-Level Rise and Storm Surges: A Comparative Analysis of Impacts in Developing Countries". Policy Research Working Paper No. 4901, World Bank.
- [13] Fomby, T., Ikeda, Y., & Loayza, N. (2013). "The Growth Aftermath of Natural Disasters". *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 28 (3), pp. 412-434.
- [14] Garcia, M., & Rigobon R. (2004). "A Risk Management Approach to Emerging Market's Sovereign Debt Sustainability with an application to Brazilian Data." Working Paper No. 10336, National Bureau of Economic Research.
- [15] Guha-Sapir, D., Below, R., Hoyois, Ph. "EM-DAT: International Disaster Database". www.emdat.be. Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium.
- [16] Global Fund for Disaster Risk Reduction (GFDRR). (2008). "Disaster Risk Management in Central America: GFDRR Country Notes, El Salvador". The World Bank Report.
- [17] Hallegatte, S., & Dumas. P. (2009). "Can Natural Disasters have Positive Consequences? Investigating the Role of Embodied Technical Change". *Ecological Economics* 68(3), pp 777-786.
- [18] Harmeling, S. (2011). "Germanwatch global climate risk index 2012: who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2010 and 1991 to 2010". Working Paper No. 12-2-03e, Germanwatch.
- [19] Hochrainer, S. (2009). "Assessing the Macroeconomic Impacts of Natural Disasters – Are there any?" Policy Research Working Paper No. 4968, World Bank.
- [20] Huezo, C. (2004). "Sismos en El Salvador: 1900-2001: Context". SNET. San Salvador, El Salvador.
- [21] FMI. (2010). "El Salvador: Request for a Stand-By Arrangement and Cancellation of Current Arrangement". IMF Country Report No. 10/82.
- [22] Loayza, N., Olaberría, E., Rigolini, J., & Christiansen, L. (2009). "Natural Disasters and Growth-Going Beyond the Averages". Policy Research Working Paper No. 4980, World Bank.
- [23] Lütkepohl, H. (2005). "New Introduction to Multiple Time Series Analysis". Springer.

- [24] Matsuura, K. & Cort, W. (2007). "Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2006 Gridded Monthly Time Series". (Version 1.01). University of Delaware.
- [25] Noy, I. (2009). "The Macroeconomic Consequences of Disasters". *Journal of Development Economics* 88(2), 221-231.
- [26] Noy, I. & Nualsri, A. (2011). "Fiscal Storms: Public spending and revenues in the aftermath of natural disasters." *Environment and Development Economics*, Vol. 16, pp.113-128.
- [27] Ocampo, S. & Rodriguez, N. (2011). "An introductory review of a structural VARX estimation and applications". Borradores de Economía 686, Banco de la Republica, Colombia.
- [28] Pérez, T., & Armando, C. (2013). "El Salvador: análisis de sostenibilidad fiscal". Área de Macroeconomía FUNDE, San Salvador, El Salvador.
- [29] Perez, et al. (2012). "Propuestas para la construcción de un entendimiento nacional en materia fiscal". Serie Seguridad Fiscal en El Salvador, Área de Macroeconomía y Desarrollo FUNDE.
- [30] Raddatz, C. (2007). "Are external shocks responsible for the instability of output in low-income countries?" *Journal of Development Economics* 84 (1), 155-187.
- [31] Rasmussen, T. (2004). "Macroeconomic Implications of Natural Disasters in the Caribbean". Working Paper No. 04/224, International Monetary Fund.
- [32] Skidmore, M., & Toya, H. (2002). "Do Natural Disasters Promote Long-run Growth?" *Economic Inquiry* 40(4), 664-687.
- [33] Skidmore, M., & Toya, H. (2007). "Economic development and the impacts of natural disasters". *Economic Letters* 94, 20-25.
- [34] Tanner, E., & Samake, I. (2006). "Probabilistic sustainability of public debt: a vector autoregression approach for Brazil, Mexico and Turkey." Working Paper No. 06/295, International Monetary Fund.
- [35] Strobl, E. (2008). "The Economic Growth Impact of Hurricanes: Evidence from U.S. Coastal Counties". IZA Discussion Paper No. 3619, Bonn, Germany.

10. ANEXOS

Anexo 1: Cuadro recapitulativo de las principales diferencias entre los modelos teóricos de crecimiento económico

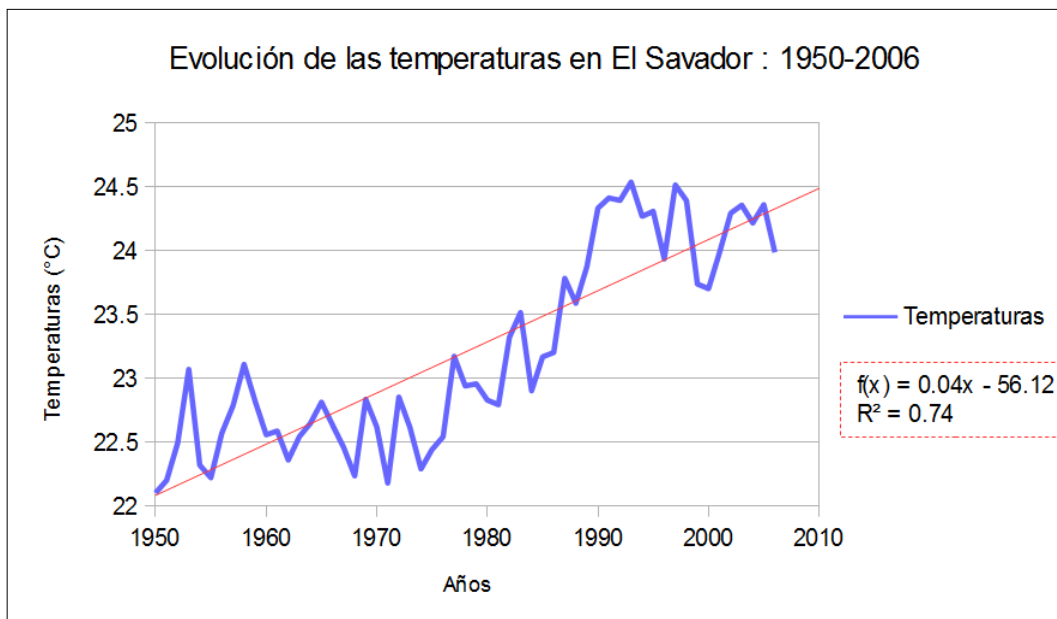
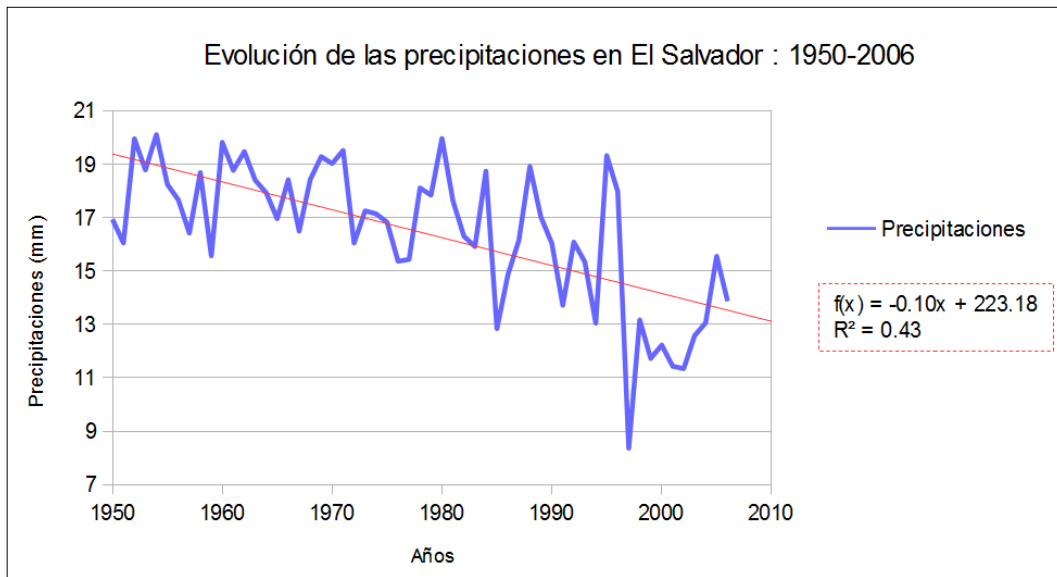
	Solow (1956)	Primero (Convergencia condicional)	Segundo (Progreso tecnológico)	Barro, modelo AK con un sector	Barro, modelo AK con dos sectores	Romer (1986)
Tasa de ahorro	B	B	B	B	B	B
Ratio Capital/Output	A	A	A	A	A	A
Nivel de tecnología	N/A	B	B	B	B	A
Capital Humano	B	B	B	A	A	A
Capital físico	B	B	B	B	A	A
Función de producción	Cobb-Douglas	Cobb-Douglas	Cobb-Douglas	Cobb-Douglas	Cobb-Douglas	Cobb-Douglas
Estado estacionario	B	B	B	A	A	A
Tasa de crecimiento per capita	B	B	A	A	A	A
Tasa de crecimiento de la población	A	A	A			
Retornos al capital						No decreciente
Variables en el sector 1				C, K & H	C & K	
Variable en el sector 2				N/A	H	
Igualdad de la intensidad de los factores				Existe	No existe	

A: Endógeno

B: Exógeno

Anexo 2: Evolución de las temperaturas y precipitaciones anuales en El Salvador

Los dos gráficos siguientes ponen en evidencia el aumento en las temperaturas promedio y la disminución en las precipitaciones en El Salvador, tendencias que se acentuaron a partir de los años 90's. Las temperaturas promedio subieron de 22.5 hasta más de 24°C entre 1950 y 2006, mientras que las precipitaciones bajaron de 17.5mm por año a 13mm por año en los últimos 10 años.



Anexo 3: Evolución de los desequilibrios económicos en El Salvador

Como fue explicado en la sección 3, uno de los problemas más importantes que enfrenta El Salvador es la sostenibilidad fiscal, bajo la concepción de que el gobierno debe tener la capacidad en el largo plazo de honrar la deuda pública. Al final de 2013, el nivel de la deuda pública alcanzaba el 57% del PIB. En este anexo, se explica con más detalles la evolución de los desequilibrios en las finanzas públicas salvadoreñas.

1. Una situación de trampa de bajo crecimiento

En los últimos años, se ha depreciado el riesgo soberano salvadoreño. Se explica dicha situación por diferentes factores, síntomas de los desequilibrios crecientes en la economía. Primero, el crecimiento potencial de El Salvador es el más bajo de toda la región centroamericana. La moderación de los inversores nacionales y extranjeros se explica por el ascenso de la violencia urbana, así como a la falta de competitividad inducida por un aumento de los sueldos superior a la productividad. Además, los bancos, en gran parte propiedades de grupos extranjeros, se muestran de una gran prudencia en la distribución del crédito.

Las decisiones económicas explican los desequilibrios de las finanzas públicas. Las subvenciones a los precios de la energía representan el 2% del PIB. El sueldo mínimo del sector público, como del sector privado, aumentó de 4% en enero 2014. En frente, a pesar de una reforma en 2011, los impuestos representan solo el 16% del PIB. Uno de los grandes problemas en término de finanzas públicas de El Salvador es el actual sistema de pensión, el cual incrementa la deuda pública de El Salvador en \$400 millones al año.

La elección presidencial de febrero de 2014 ha sido ganada por Salvador Sánchez Cerén, del Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN). Contrariamente a su predecesor, Salvador Sánchez Cerén, forma parte de la izquierda del partido que es la emanación de la guerrilla de los años de guerra civil (1979-1992). No obstante, el nuevo gobierno debería perseguir la misma política a favor de la educación, de la agricultura y de la salud, y debe velar por mantener buenas relaciones con la comunidad internacional, particularmente con los Estados Unidos.

Un aspecto primordial de la economía salvadoreña fue su dolarización en 2001, que después de 14 años, ha sido muy criticada. La primera crítica es que el Banco Central de Reserva de El Salvador perdió su capacidad de definir la política monetaria del país y quedó a expensas de los cambios formulados por la Reserva Federal de Estados Unidos. Además, los resultados dejan pensar que la Ley de Integración Monetaria (LIM) no propició mayor crecimiento en El Salvador. De manera general, se concluye que la dolarización de El Salvador ha estado marcada por medianos y relativos resultados. Partidos políticos, como el FMLN, se han opuesto a la dolarización de El Salvador, sin embargo, se ha destacado la idea de desdolarizar y retornar al colón, ante la posibilidad de que sean mayores los perjuicios que los beneficios.

Por lo tanto, la economía salvadoreña se encuentra en una trampa de bajo crecimiento (BCR, 2012). Las agencias de calificación de riesgos, tales que Fitch Rating, Standard y Poor's y Moody's mantuvieron inalterables los riesgos y retos que enfrenta El Salvador. Es decir, el deterioro del endeudamiento público, la baja competitividad del sector transable y la inversión, el

bajo crecimiento, la carencia de instrumentos monetarios para enfrentar choques adversos y las altas tasas de criminalidad engendran retos importantes para El Salvador, como una consolidación fiscal, una estabilización de la carga de la deuda pública en el mediano plazo y una reversión de la confianza empresarial que promueva la inversión y el crecimiento.

2. Una deuda que crece de manera importante en los últimos años

En esta sección, se resumen las principales características de la fragilidad de las finanzas públicas de El Salvador a través del estudio de la deuda pública, su evolución, factores determinantes y su sostenibilidad al mediano plazo. El gráfico siguiente representa la evolución de la deuda del Salvador entre 1970 y 2012¹³. En los siguientes párrafos, se resumen las diferentes etapas de la historia reciente de la deuda pública salvadoreña.



2. A. Evolución reciente de la deuda

Entre el año 2000 y el año 2013, la deuda pública de El Salvador subió de 33% hasta 57% del producto interno bruto, y alcanzó el umbral crítico de 60% definido en la literatura como el nivel de riesgo aceptable (Reinhart y Rogoff, 2011). El gráfico 1 permite distinguir diferentes etapas en la historia reciente de la evolución de la deuda pública salvadoreña, durante el periodo 1990-2013.

Primero, la fuerte inestabilidad macroeconómica en los 80's y al inicio de los 90's, que se traduce por una baja tasa de crecimiento y altos déficits, tuvo como consecuencia que la deuda pública del sector no financiero superó los 80% del PIB. En efecto, la guerra civil de El Salvador (1980-1992), en el que se enfrentaron, el ejército gubernamental, la Fuerza Armada de El Salvador,

¹³ Los datos provienen de la base de datos del FMI : "A historical public database"

(FAES), en contra de las fuerzas insurgentes del Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN)., fue lugar de inestabilidad política y económica en El Salvador. En 1992, el gobierno obtuvo una condonación de una parte de la deuda en el marco del club de París, y una renegociación y cancelación de la deuda contraída con Estados Unidos y Canadá en 1996. Por lo tanto, el saldo de la deuda disminuyó hasta el 28% del PIB en 1998. Además, la privatización de algunas de las empresas públicas durante esa década contribuyó de manera importante a la reducción de la deuda.

Durante el periodo 1998-2004, el saldo de la deuda aumentó de 13.5% del PIB, lo cual sobrepasó el umbral de 40% del PIB. El aumento se explica por diferentes razones. Primero, la sucesión de desastres naturales durante el periodo 1998-2004 implican financiamiento de reconstrucción e infraestructuras (Huracán Mitch de 1998, terremotos de 2001, y sequías e inundaciones). Además, los cambios en la política fiscal como la decisión de pagar las obligaciones previsionales de los pensionados y los cotizantes activos del sistema público de pensiones luego de la reforma previsional que entro en vigencia a mediados de 1998.

Gracias a la reforma tributaria negociada en 2004, el periodo entre 2005 y 2007 fue una etapa de relativa estabilidad de la deuda pública (la deuda osciló entre 39.3% y 40.5%). Esta reforma consistió principalmente en cerrar posibles fuentes de evasión y elusión, y en menor grado en cobrar impuestos específicos. El impacto en la recaudación ha sido positivo, ya que durante los siguientes tres años, los ingresos tributarios han presentado un comportamiento muy superior a los años anteriores, con un crecimiento con tasas superiores al 12%, lo que ha permitido un aumento en la carga tributaria de 2 puntos porcentuales en el período comprendido de 2004 a 2007.

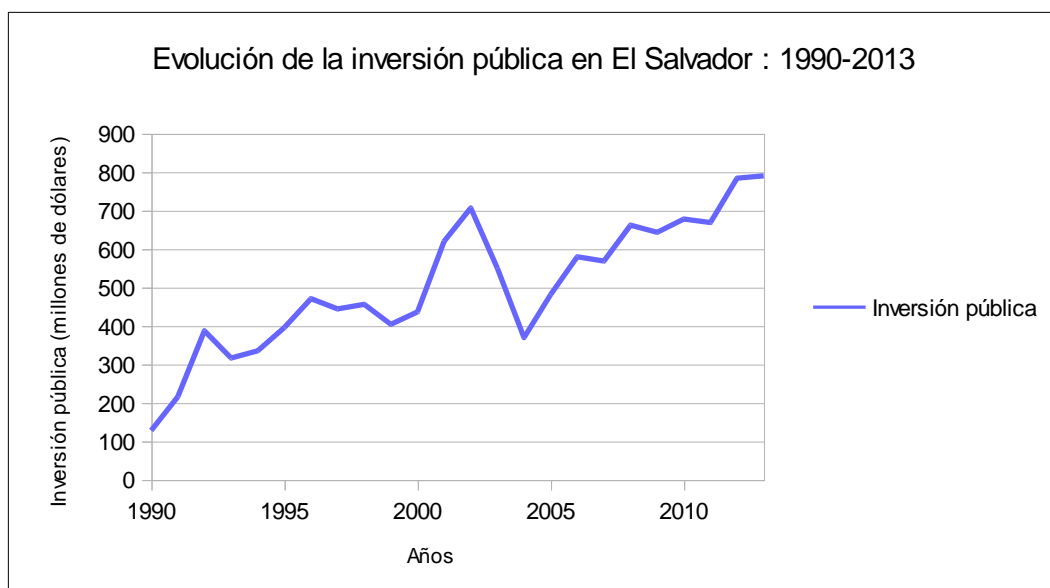
La última etapa de la deuda pública salvadoreña coincide con la crisis económica global y la primera recesión del país desde 1992. A partir de 2008, la situación económica y fiscal se deteriora de forma acelerada debido al impacto de la crisis internacional. La crisis demostró la fragilidad del sistema impositivo, y subió el gasto corriente y disminuyeron los ingresos. En particular, cuando se dejaron sentir los primeros efectos de la crisis, con la desaceleración del comercio y la caída abrupta de los precios del petróleo, los ingresos cayeron de 8.2% en 2009. Como consecuencia, el déficit fiscal se incrementó de manera acelerada. La situación fue tal que el gobierno suscribió un Acuerdo Stand By (SBA) de tres años con el FMI, en 2010, es decir que el FMI puso a disposición del país un préstamo precautorio , que se convirtió en un instrumento de garantía para que el gobierno pudiera acceder a financiamiento de los organismos financieros multilaterales. Sin embargo, el gobierno no cumplió la serie de condicionalidades, lo que llevó a la suspensión del SBA a partir de marzo 2012.

2. B. Factores económicos, políticos y desastres naturales como determinantes principales

Aunque la evolución de la deuda pública ha sido llena de sobresaltos, en El Salvador, se identifican los principales determinantes de la deuda pública que son la inversión pública, los costos de la reconstrucción post desastres naturales, la deuda previsional y el financiamiento de gasto corriente (Pérez, 2012).

La inversión pública es el primer factor de endeudamiento del gobierno, que provienen principalmente de préstamos bilaterales y multilaterales, a fines de construcción y ampliación de carretera, puertos, edificios públicos, nuevos hospitales y nuevas escuelas entre otros. Estos proyectos tienen como objetivo mejorar las condiciones de vida de la población y mejorar las capacidades productivas del país.

El segundo determinante de la deuda, como se ha explicado en la sección anterior, resuelta de la vulnerabilidad de El Salvador ante los desastres naturales. Como consecuencias, en los últimos años, el país sufrió de muchas pérdidas materiales y humanas. Los desastres naturales de gran magnitud han dejado muchos daños a la infraestructura pública. La reconstrucción implicó fondos públicos que provienen del endeudamiento. Además, las pérdidas humanas contribuyeron a la reconstrucción de viviendas sociales. Se observa en el siguiente gráfico la evolución de la inversión pública en El Salvador entre 1990 y 2012.



Fuente: Banco Central de Reserva de El Salvador

Se observa que los años posteriores a un desastre natural de gran magnitud, la inversión pública sube de manera importante (Huracán Mitch en 1998, terremotos en 2001, tormenta Ida en 2009). Eso ilustra también la falta de política de prevención de desastres, que aumenta la vulnerabilidad de El Salvador.

Además, otros factores son determinante en la dinámica de la deuda. Primero, desde 1998, y la reforma previsional de 1998, el gobierno central tiene como obligación de pagar las pensiones del Sistema Público de Pensiones (SPP), por lo que, desde ese año, se agregó una carga financiera adicional de 1.5% del PIB anual. A pesar de que en 2006, el gobierno creó el Fideicomiso de Obligaciones Previsionales (FOP) que tiene como objetivo emitir certificados de inversión previsional, para pagar las prestaciones a los pensionados, Melinsky (2008), concluye que la carga anual se mantendrá en un promedio de US\$600 millones durante los próximos 20 años.

El último factor determinante de la deuda en El Salvador reside en el financiamiento del gasto corriente del gobierno. En efecto, cuando surge la deuda de corto plazo (LETES), el gobierno ha utilizado el financiamiento vía deuda para financiar el gasto corriente rutinario. Sin embargo, en vez de servir para cubrir los déficits temporarios de caja, en el caso de El Salvador, se ha quedado remanentes año con año y no se liquidaron, lo que llega a una situación de “bola de nieve”, que se volvió insostenibles. Por lo tanto, en El Salvador, se ha autorizado la emisión de bonos de largo plazo para amortizar dichas obligaciones de corto plazo. Eso ocurrió en 2001 (por alrededor de US\$660 millones) y en 2009 (por US\$800 millones).

2. C. Sostenibilidad de la deuda pública

Existen diferentes trabajos que estudian la sostenibilidad de la deuda pública salvadoreña en los últimos años.

En un modelo stock-flujo sobre un shock externo en una economía dolarizada, Alvarado y Melgar (2013) estudian la sostenibilidad fiscal del sector público no financiero desde 2004 hasta 2018 sobre la base de cifras oficiales del Banco Central de Reserva. Reproducen la trayectoria observada de la deuda respecto al PIB y concluyen, con la suposición de un umbral del límite de la deuda de 60% del PIB, que la probabilidad que exceda el umbral es de 45.0% en el período proyectado. Además, ponen en evidencia que la dinámica de la deuda pública en El Salvador se encuentra en una trayectoria ascendente en la actualidad como consecuencias de una trampa de bajo crecimiento estructural de alrededor de 1.9% y de efectos coyunturales en el manejo del gasto público.

Por lo tanto, se asume que la sostenibilidad de la deuda pública salvadoreña consiste un desafío importante en los próximos años. Por lo tanto, se necesita estudiar la trayectoria de la deuda en caso de desastre natural, ya que tiene impactos macroeconómicos consecuentes que pueden crear tensiones sobre la sostenibilidad de las finanzas públicas. La próxima sección presenta los datos.

Anexo 4: Implementación del modelo VAR-X

1. Identificación de los shocks estructurales

La identificación de los shocks estructurales permite después estimar los parámetros del modelo VAR-X. A partir de las ecuaciones (16) y (17), tenemos:

$$\mu + C(L)\varepsilon_t + \Lambda(L)x_t = \Psi(1)v + \Psi(L)\Theta(L)x_t + \Psi(L)e_t$$

Por lo tanto, tenemos las igualdades siguientes:

$$\begin{aligned}\mu &= \Psi(1)v \\ \Lambda(L) &= \Psi(L)\Theta(L) \\ C(L)\varepsilon_t &= \Psi(L)e_t\end{aligned}$$

Dado que los parámetros v , $B(L)$ y $\Theta(L)$ pueden estar estimados a partir de la forma reducida del modelo VAR-X, los valores de μ y de $\Lambda(L)$ son conocidos. Solo falta identificar la matriz $C(L)$. A partir de restricción de impactos que permiten usar una descomposición de Cholesky, se puede estimar la matriz $C(L)$.

Sims (1980, 1986) propone una identificación a partir de restricciones de impacto, a partir de la idea que la última igualdad ($C(L)\varepsilon_t = \Psi(L)e_t$), iguala dos polinomios del operador de retraso L , lo que implica que:

$$\begin{aligned}C_i L^i \varepsilon_t &= \Psi_i L^i e_t \\ C_i \varepsilon_t &= \Psi_i e_t\end{aligned}$$

Esta última ecuación es correcta para cualquier i , en particular en el caso de que $i=0$, cuando $\Psi_0 = I$, por lo que:

$$C_0 \varepsilon_t = e_t$$

Lo que implica:

$$C_0 C_0' = \Sigma$$

Algoritmo 1: Identificación con restricciones de impactos

1. Estimar la forma reducida del modelo VAR-X
2. Calcular la representación del modelo VMA-X (matrices Ψ_i), y la matriz de covarianza de la forma reducida de las perturbaciones e (matriz Σ)
3. A partir de la descomposición de Cholesky de Σ , se calcula la matriz C_0 .

$$C_0 = chol(\Sigma)$$

4. Para cada $i=1, \dots, R$, con R dado, se calculan las matrices C_i , como:

$$C_i = \Psi_i C_0$$

2. Estimación del modelo

Como lo vimos en la descripción del modelo (sección 6), el modelo se puede escribir de la forma siguiente:

$$Y = Z\Gamma + E$$

$$\text{Donde: } Y = \begin{bmatrix} y_1' \\ \vdots \\ y_t' \\ \vdots \\ y_T' \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & y_0' & \cdots & y_{1-p}' & x_1' & \cdots & x_{1-q}' \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & y_{t-1}' & \cdots & y_{t-p}' & x_t' & \cdots & x_{t-q}' \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & y_{T-1}' & \cdots & y_{T-p}' & x_T' & \cdots & x_{T-q}' \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} e_1' \\ \vdots \\ e_t' \\ \vdots \\ e_T' \end{bmatrix}$$

$$y \Gamma = \begin{bmatrix} v & B_1 & \dots & B_p & \Theta_0 & \dots & \Theta_q \end{bmatrix}$$

La estimación del modelo VAR-X no es muy distinta de la estimación de un modelo VAR sin variables exógenas. El algoritmo siguiente presenta las diferentes etapas de la estimación.

Algoritmo 2: Estimación del modelo

1. Estimar la forma reducida del modelo VAR-X
2. Calcular la representación del modelo VMA-X (matrices Ψ_i), y la matriz de covarianza de la forma reducida de las perturbaciones e (matriz Σ)
3. A partir de la descomposición de Cholesky de $\Psi(1)\Sigma\Psi'(1)$, calcular la matriz $C(1)$.

$$C(1) = chol(\Psi(1)\Sigma\Psi'(1))$$

4. A partir de la matriz $\Psi(1)$ y de la matriz $C(1)$, calcular la matriz de efectos contemporáneos de los shocks estructurales C_0 .

$$C_0 = [\Psi(1)]^{-1}C(1)$$

5. Para cada $i=1, \dots, R$, con R suficiente grande, calcular las matrices C_i , como:

$$C_i = \Psi_i C_0$$

Anexo 5: Modelación y proyecciones del PIB estadounidense

Se incluye en el modelo VAR-X el PIB estadounidense para controlar por la economía mundial. Por lo tanto, para hacer las proyecciones de las variables endógenas, se necesita primero proyectar las variables exógenas, ya que no se puede hacer proyecciones de las variables endógenas si faltan las proyecciones de las variables exógenas.

Tenemos los datos del PIB corriente estadounidense trimestral para el periodo 1990-2013 en miles de millones de dólares. Para proyectar el PIB estadounidense para el futuro, se usa la metodología Box-Jenkins. Esta metodología se basa en tres etapas. La identificación, la estimación y los contrastes de hipótesis.

1. Estacionariedad del PIB

Primero, la serie del PIB en nivel no es estacionaria. Para obtener una serie estacionaria, se puso la serie del logaritmo y se saca el crecimiento por la fórmula siguiente.

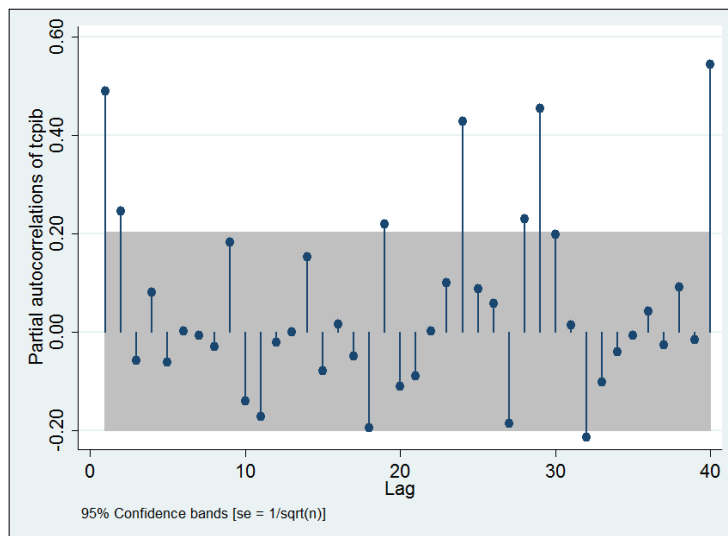
$$Crecimiento_t = \ln(PIB_t) - \ln(PIB_{t-1})$$

Los tests de raíz unitaria de Dickey-Fuller, rechazan la hipótesis nula de raíz unitaria al nivel de 5% con la variable en logaritmo y en diferencia. Además, los tests de KPSS (1992) y Phillips y Perron (1998) dan resultados similares. Por lo tanto, se puede estimar la serie del PIB a partir de un modelo ARMA.

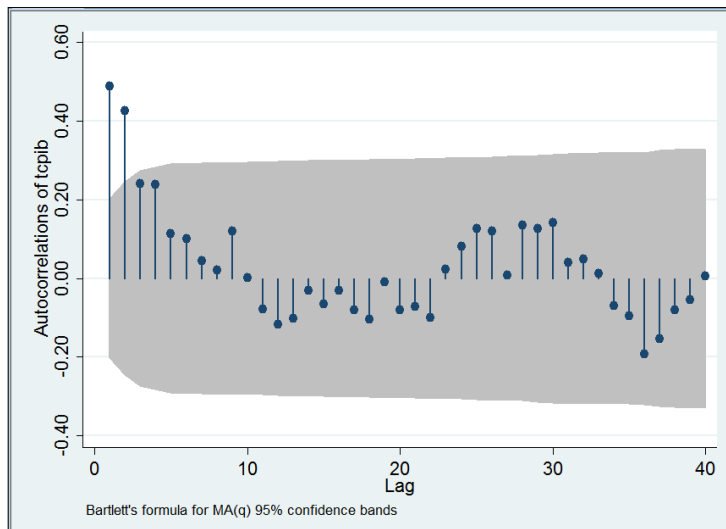
2. Identificación

Para identificar el proceso, se obtienen primero las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial. Los dos gráficos siguientes muestran de manera bastante clara que la FAC es decreciente y la FACP desaparece después de 2 rezagos. Por lo tanto, se puede asumir que la serie sigue un modelo AR(2).

Autocorrelación parcial



Autocorrelación



Para comprobar esta hipótesis, hicimos diferentes regresiones de modelo ARMA. Es decir estimamos varios modelos y para cada estimación observamos los criterios de información, a fin de ver la estimación que minimiza el criterio de información de Akaike y el criterio Bayesiano de Schartz, que se calculan de la manera siguiente:

$$AIC = T * \ln(SSR) + 2n$$

$$SBC = T * \ln(SSR) + n \ln(T)$$

Las dos siguientes tablas resumen los resultados y confirman que el modelo AR(2) es el más adecuado para la representación de la tasa de crecimiento del PIB estadounidense.

Criterio AIC

	MA(0)	MA(1)	MA(2)	MA(3)	MA(4)
AR (0)	X	-695.8877	-706.3322	-705.4284	-707.7628
AR (1)	-706.3117	-708.7512	-707.6249	-706.0925	-705.7633
AR(2)	-710.087	-708.8865	-707.0204	-705.2319	-708.0812
AR(3)	-708.4105	-706.9743	-707.5697	-710.8663	-711.5431
AR(4)	-707.0381	-705.2755	-705.7476	-710.469	-711.5431

Criterio SBC

	MA(0)	MA(1)	MA(2)	MA(3)	MA(4)
AR(0)	X	-688.2261	-696.1167	-692.659	-692.4396
AR (1)	-698.6501	-698.5357	-694.8555	-690.7692	-687.8862
AR (2)	-699.8714	-696.1171	-691.6971	-687.3548	-690.2041
AR(3)	-695.6411	-691.651	-692.2465	-690.4352	-691.112
AR(4)	-691.7149	-687.3984	-687.8705	-690.038	-691.112

a. Estimación

Estimamos un modelo AR(2) y obtenemos los resultados siguientes:

Estimación del modelo AR(2)

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Cons	0.0112742	0.0016791	6.71	0.000	0.000	0.0145651
L1	0.3658726	0.0942447	3.88	0.000	0.1811564	0.5505889
L2	0.2415373	0.1194824	2.02	0.043	0.0073562	0.4757184
sigma	0.0055143	0.0002797	19.72	0.000	0.0049662	0.0060625

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Estimamos el PIB estadounidense hasta el último trimestre de 2013, y calculamos la diferencia entre el valor real y la estimación. A partir de esto calculamos la media y la desviación estándar y obtenemos los resultados siguientes

Estadísticas de los residuos

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Residuos	95	-0.000157	0.0055466	-0.274801	0.0108233

La diferencia entre el modelo simulado y el valor real del PIB aparece como muy baja, lo que tiende a sugerir que el modelo este bien definido.

3. Contrastes de hipótesis

Para comprobar que el modelo este bien definido, se pueden estudiar los residuos del modelo, es decir, si el residuo del modelo estimado es ruido blanco. Para ello haremos dos contrastes.

Primero, el test de Portmanteau está basado en el estadístico Q, que es una suma ponderada de autocorrelaciones de los residuos elevadas al cuadrado, y se distribuye chi cuadrado con k grados de libertad, donde k es igual al número de autocorrelaciones, es decir del número de rezagos.

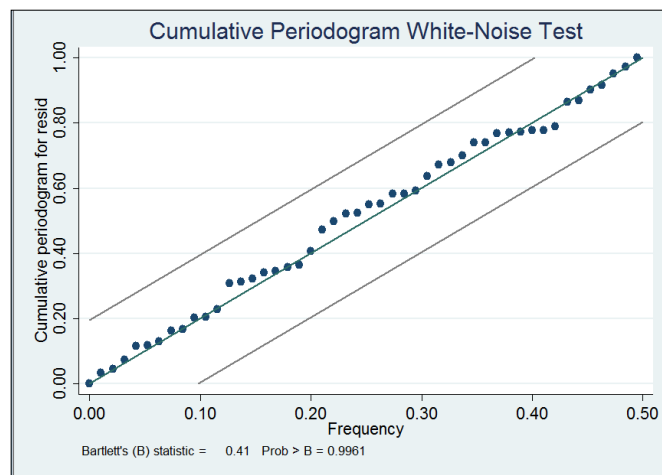
$$Q = n(n+2) \sum \frac{1}{n-j} \hat{\rho}^2(j) \rightarrow \chi_m^2$$

Resultado del test del Portmanteau

Portmanteau test for white noise	
Portmanteau (Q) statistic	37.1377
Prob>chi2 (40)	0.5998

Los resultados confirman por lo tanto que los residuos son ruido blanco. El otro test es el test de periodicidad no aleatoria en los errores de Barlett, que tiene como hipótesis nula que los datos provienen de un ruido blanco con un promedio y una varianza constante. Se observa en el gráfico siguiente, que los valores nunca aparecen afuera de los intervalos de confianza. La estadística del test tiene un p-value de 0.9961 lo que permite concluir que el proceso no es diferente de un ruido blanco.

Resultado del test de ruido blanco



Por lo tanto, el análisis del PIB estadounidense a partir de un modelo AR(2) permite hacer proyecciones. Eso es necesario para después hacer simulaciones del modelo VAR-X. Los principales tests sobre los residuos del PIB estadounidense permiten concluir que el modelo está bien especificado.

Anexo 6: Test sobre el modelo VAR-X

En esta sección, se desarrolla la metodología para estimar el modelo VAR-X, que incluye la deuda total del sector público no financiero (incluidas las pensiones), el crecimiento económico, la inflación, la tasa de interés y el superávit fiscal. Las variables son en logaritmo y en diferencia. Las otras simulaciones de este trabajo siguen la misma metodología, con los mismos tests.

1. Estabilidad del modelo

La primera condición que debe satisfacer el modelo VAR-X es la condición de estabilidad. Esta condición implica que en el caso de un modelo VAR-X como lo hemos definido en la parte teórica de este trabajo, es decir:

$$y_t = v + B(L)y_t + \Theta(L)x_t + e_t$$

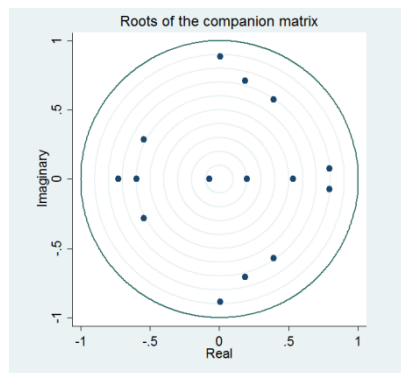
Se denota el polinomio siguiente:

$$A(L) = I - B_1L - \dots - B_pL^p$$

Si todas las soluciones L_1, \dots, L_p de $|A(L)| = 0$ están fuera del círculo unidad, entonces el modelo VAR(p) es estable, lo que es equivalente a decir que un modelo VAR(p) es estable si las raíces características están dentro del círculo unidad.

El gráfico siguiente muestra las raíces características del modelo VAR-X. Todas las variables están adentro del círculo unitario, por lo tanto el modelo es estable. Estos resultados confirman los resultados de los tests de raíz unitaria que concluyeron que las variables son estables.

Raíces característica del modelo VAR-X



2. Normalidad de los residuos

A partir de la estimación del modelo, se puede hacer tests de normalidad de residuos, a partir de la hipótesis nula que las perturbaciones son distribuidas normalmente. Más precisamente, se resumen los resultados de los tests del Skewness, Kurtosis y la estadística de Jarque-Bera. Los resultados se estiman a partir de la matriz varianza/covarianza de los residuos. Para más informaciones, las formulas se encuentran disponibles en Lutkepohl (2005, 174–181).

Resultados del test de Jarque-Bera

Equation	Chi2	Df	Prob>Chi2
PIB	1.858	2	0.39498
Deuda	0.443	2	0.80134
Déficit	5.833	2	0.05413
Tasa de interés	0.193	2	0.90808
Inflación	0.732	2	0.69334
All	9.052	10	0.52651

Resultados del test del Skewness

Equation	Skewness		Df	Prob>Chi2
PIB	-0.47045	1.844	1	0.17444
Deuda	0.18996	0.301	1	0.58344
Déficit	-0.39453	1.297	1	0.25474
Tasa de interés	0.11019	0.101	1	0.75041
Inflación	0.23264	0.451	1	0.50186
All		3.994	5	0.55022

Resultados del test del Kurtosis

Equation	Kurtosis		Df	Prob>Chi2
PIB	3.0804	0.013	1	0.90762
Deuda	3.2613	0.142	1	0.70607
Déficit	4.4755	4.536	1	0.03319
Tasa de interés	3.2097	0.092	1	0.76209
Inflación	2.6324	0.281	1	0.59575
All		5.065	5	0.40805

Los resultados no rechazan la hipótesis nula de normalidad de los residuos, por lo que el modelo está bien especificado.

3. Autocorrelación de los residuos

El test del multiplicador de Lagrange para la autocorrelación de los residuos, desarrollado por Johansen (1995). Se presenta el resultado del test para un máximo de 5 rezagos. Para cada rezago, la hipótesis nula es que no hay autocorrelación.

La fórmula del multiplicador de Lagrange al rezago j es:

$$LM_s = (T - d - 0.5) \ln \left(\frac{|\hat{\Sigma}|}{|\hat{\Sigma}_s|} \right)$$

Donde T es el número de observación en el modelo VAR-X, d es el número de coeficiente estimado en el modelo VAR-X aumentado, $\hat{\Sigma}$ es el máximo de verosimilitud de Σ , la matriz de varianza/covarianza del modelo, y $\hat{\Sigma}_s$ es el máximo de verosimilitud de Σ , a partir del VAR-Z aumentado.

Resultados del test del multiplicador de Lagrange

Lag	Chi2	Df	Prob>chi2
1	30.7550	25	0.19726
2	29.1482	25	0.25777
3	25.2556	25	0.44813
4	19.7620	25	0.75920
5	27.2154	25	0.34521

Los resultados confirman que no hay autocorrelación en los residuos, ya que nunca se rechaza la hipótesis nula, para los 5 primeros rezagos.

4. Tests de causalidad de Granger

La siguiente etapa, después de estimar el modelo VAR-X, consiste en identificar cuales variables “causan” en el sentido de Granger (1969) otras variables. Se dice que una variable x causa una variable y, si dado los valores pasados de y, los valores de x son útiles para predecir y. Una metodología común para testear la causalidad de Granger es regresar y con sus valores pasado y los valores pasados de x y testear la hipótesis nula que los coeficientes de los valores de x son conjuntamente iguales a 0. Para cada ecuación y para cada variable endógena que no sea la variable dependiente de la ecuación, se computa los tests de Wald que indica si los coeficientes de una variable son conjuntamente iguales a 0.

Resultados de la causalidad de Granger

Equation	Excluded	Chi2	Df	Prob>chi2
Inflación	Tasa de interés	4.8069	2	0.166
Inflación	Déficit	5.0763	2	0.186
Inflación	PIB	16.176	2	0.001
Inflación	Deuda	17.709	2	0.001
Inflación	All	50.314	8	0.000

Equation	Excluded	Chi2	Df	Prob>chi2
Tasa de interés	Inflación	2.8598	2	0.003
Tasa de interés	Déficit	3.6159	2	0.021
Tasa de interés	PIB	1.4314	2	0.653
Tasa de interés	Deuda	0.05187	2	0.421
Tasa de interés	All	13.113	8	0.025

Equation	Excluded	Chi2	Df	Prob>chi2
Deficit	Inflación	1.9737	2	0.001
Deficit	Tasa de interés	10.043	2	0.531
Deficit	PIB	2.2515	2	0.567
Deficit	Deuda	1.4374	2	0.034
Deficit	All	20.053	8	0.054

Equation	Excluded	Chi2	Df	Prob>chi2
PIB	Inflación	3.9339	2	0.016
PIB	Tasa de interés	1.1068	2	0.074
PIB	Deficit	2.2362	2	0.432
PIB	Deuda	1.1954	2	0.561
PIB	All	11.616	8	0.154

Equation	Excluded	Chi2	Df	Prob>chi2
Deuda	Inflación	13.011	2	0.292
Deuda	Tasa de interés	3.2254	2	0.000
Deuda	Deficit	5.223	2	0.156
Deuda	PIB	12.628	2	0.000
Deuda	All	36.016	8	0.000

Por ejemplo, en el primer cuadro, la primera línea testea si los dos rezagos de la tasa de interés en la ecuación de la inflación son conjuntamente iguales a 0. La hipótesis nula que la tasa de interés no causa la inflación en el sentido de Granger no puede ser rechazada. Por lo tanto, esto nos permite identificar los canales de transmisión, e analizar cuáles son las variables que impactan el camino de la deuda.

Anexo 7: Dinámica de la deuda a partir de las proyecciones e intervalos de confianza

1. Dinámica de la deuda

En el modelo VAR-X, se estimaron las variables en logaritmo y en diferencia, lo que es interesante porque se puede interpretar (aproximadamente) como una tasa de crecimiento. En efecto, para una variable y , tenemos:

$$\Delta \ln(y_t) = \ln(y_t) - \ln(y_{t-1})$$

$$\Delta \ln(y_t) = \ln\left(\frac{y_t}{y_{t-1}}\right)$$

$$\Delta \ln(y_t) = \ln\left(\frac{(1 + \Gamma_t)y_{t-1}}{y_{t-1}}\right)$$

$$\text{con : } \Gamma_t = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}}$$

Por lo tanto, como Γ_t representa la tasa de crecimiento neta de y , tenemos:

$$\Delta \ln(y_t) = \ln(1 + \Gamma_t) \approx \Gamma_t$$

Para obtener la serie de la deuda en porcentaje del PIB a partir de las proyecciones en logaritmo, se necesita una transformación matemática. Tenemos:

$$\text{en } t+1 : \ln(\text{deuda}_{t+1}) - \ln(\text{deuda}_t)$$

Lo que es igual a:

$$\ln\left(\frac{\text{deuda}_{t+1}}{\text{deuda}_t}\right)$$

Por lo que:

$$\frac{\text{deuda}_{t+1}}{\text{deuda}_t} = \exp\left(\ln\left(\frac{\text{deuda}_{t+1}}{\text{deuda}_t}\right)\right)$$

$$\text{deuda}_{t+1} = \exp\left(\ln\left(\frac{\text{deuda}_{t+1}}{\text{deuda}_t}\right)\right) * \text{deuda}_t$$

Sin embargo, esta ecuación no es correcta, porque introduce un sesgo en la dinámica de la deuda. Lo que pasa, es que el término de error ε se distribuye normalmente en la ecuación siguiente:

$$\Delta \ln(\text{deuda}_t) = \beta_0 + \beta_{1,1}x_{1,t} + \dots + \beta_{k,p}x_{k,t-p} + \varepsilon_t$$

La distribución normal del error es algo muy importante, porque implica que la diferencia en logaritmo se distribuye de manera normal, por lo que la evolución de la deuda en porcentaje del PIB se distribuye de manera log-normal. Las relaciones entre las distribuciones normal y log-normal implican que si $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, entonces $Y = \exp[X] \sim \text{Log-N}(m, v)$, donde “m” y “v” son la media y la varianza de la distribución log-normal. Tenemos la función de distribución siguiente:

$$g(x) = \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{\beta \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2}$$

Por lo tanto, el valor esperado y la varianza son iguales a :

$$m = E(X) = e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)} \quad v = e^{2(\mu + \sigma^2)} \left(\frac{e^{\sigma^2} - 1}{e^{\sigma^2}} \right)$$

En nuestro caso, a partir de las hipótesis sobre el error, tenemos $\mu = E[\varepsilon_t]$ y $\sigma^2 = \text{var}[\varepsilon_t]$. En particular, eso implica que la expresión correcta para la dinámica de la deuda es:

$$deuda_{t+1} = \exp\left(\ln\left(\frac{deuda_{t+1}}{deuda_t}\right) + \left(\frac{s^2}{2}\right)\right) * deuda_t$$

Con $s^2 = \sum \Delta \ln(deuda_t) - (\beta_0 + \beta_{1,1}x_{1,t} + \dots + \beta_{k,p}x_{k,t-p}) / (n - k)$, que es el estimador no sesgado de σ^2 .

En efecto, si ignoramos las propiedades del error, eso genera distorsiones en las predicciones. En particular, eso deforma las predicciones hacia abajo, pues el término que ignoramos debe ser positivo.

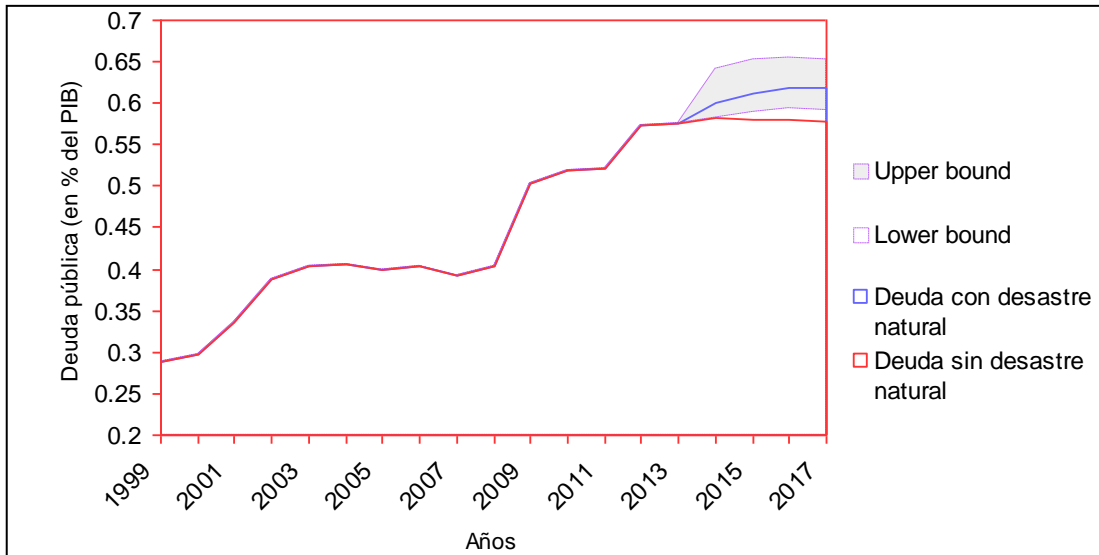
2. Intervalos de confianza

A partir de las propiedades que acabamos de ver sobre la transformación logarítmica, podemos calcular los intervalos de confianza. Más precisamente, se calculan los intervalos de confianza a partir de la fórmula siguiente:

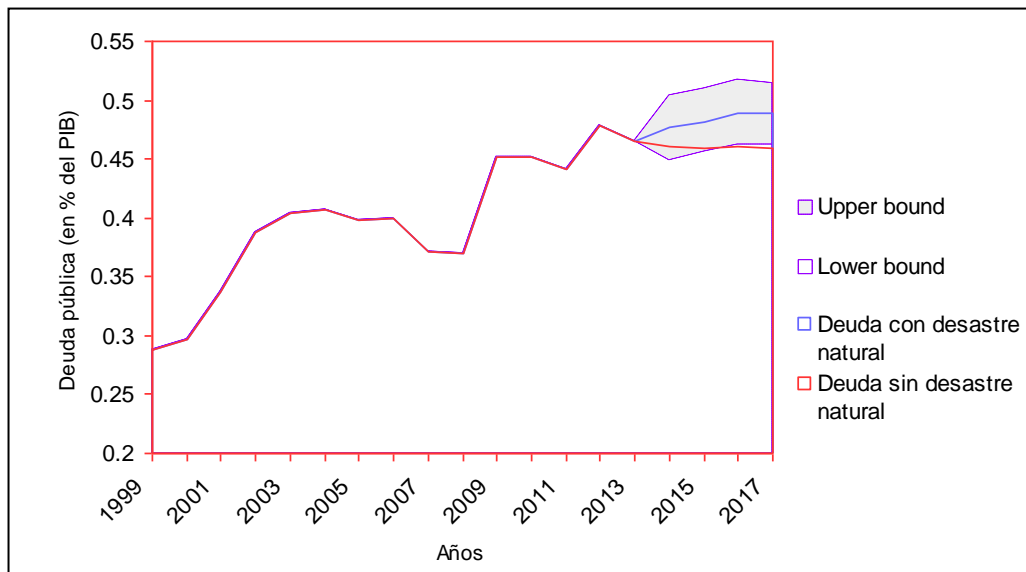
$$IC_{t+1} = \left[\exp\left(\ln\left(\frac{deuda_{t+1}}{deuda_t}\right) - 1.96 * \left(\frac{\sigma_{t+1}^2}{2}\right)\right) * deuda_t : \exp\left(\ln\left(\frac{deuda_{t+1}}{deuda_t}\right) + 1.96 * \left(\frac{\sigma_{t+1}^2}{2}\right)\right) * deuda_t \right]$$

Anexo 8: Resultados de los tests de robustez

Evolución de la deuda del SPNF (incluyendo el FOP)



Evolución de la deuda pública del SPNF a partir de la población afectada



Anexo 9: Tests de integración

El siguiente gráfico presenta los resultados de los test de integración de las principales variables (simulación de gráfico 1) con las transformaciones en logaritmo y en diferencias. La hipótesis nula para el test de Dickey-Fuller (1979) y el test de Phillips-Perron (1988) es que la serie tiene una raíz unitaria. Los resultados concluyen que las 5 variables son estacionarias. Para cada test, se calculó primero el número de rezago óptimo a partir del criterio AIC.

Test de integración							
Variable	Dickey-Fuller			Phillips-Perron			Integración
	Ninguno	Independiente	Independiente más tendencia	Ninguno	Independiente	Independiente más tendencia	
Deuda	-2.384	-2.556	-2.594*	-6.487	-6.801	-6.863	I(0)
Déficit	-4.251	-4.332	-4.656	-8.784	-8.803	-8.942	I(0)
PIB	-2.567	-4.134	-5.198	-6.136	-9.903	-11.594	I(0)
Inflación	-2.713	-3.723	-3.984*	-5.608	-7.425	-7.888	I(0)
Tasa de interés	-2.927	-3.109	-3.107*	-6.340	-6.450	-6.399	I(0)

Anexo 10: Datos de la deuda neta y de valorización de activos

Muchos de los análisis de la deuda utilizan el valor presente neto de la deuda en vez del valor nominal, alegando que es un dato más preciso, ya que refleja el nivel de concesionalidad de la deuda. También, a menudo se usa la deuda neta, en vez de la bruta, descontando los activos líquidos de los gobiernos, con la misma argumentación. En esta tesis, se construyó una base de datos de deuda neta, que es una medida más robusta. La base de datos del Banco Interamericano de Desarrollo, intitulada “Statistics on the level and composition of debt in Latin America 1980-2006”, contiene informaciones importantes sobre la deuda para El Salvador, que permitió construir los datos de la deuda neta para El Salvador.

Primero, la base de datos contiene informaciones sobre la deuda pública bruta. Este concepto excluye la deuda subnacional y la deuda de las empresas estatales y los bancos públicos, pero incluye los pasivos no monetarios del Banco Central. Ninguna resta se debe hacer cuando se

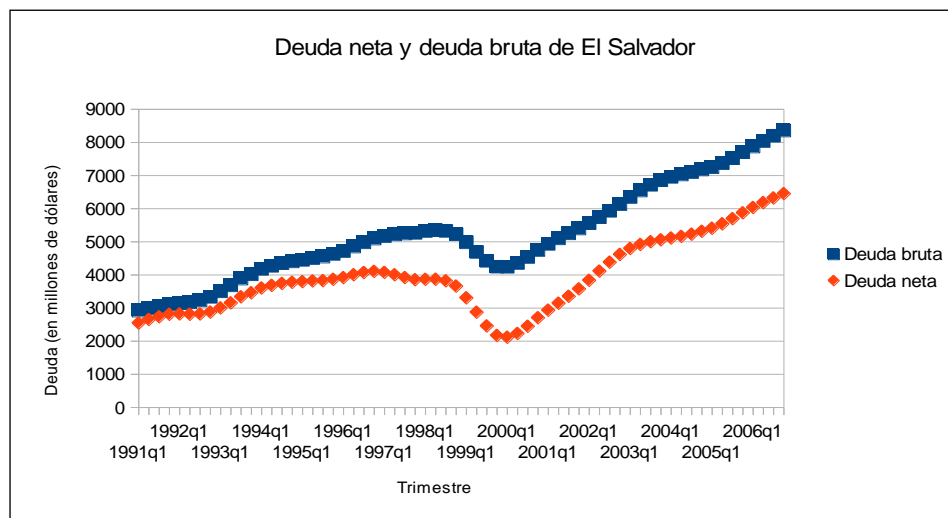
reporta datos de Deuda Pública Bruta. En particular, no se debe restar la deuda del gobierno central en poder del Banco Central.

Una vez calculada la cifra total de la deuda (es decir, deuda pública bruta) la base de datos del BID construyó tres estimaciones de la deuda neta que intentan obtener cifras que son más significativas para las comparaciones internacionales y de series de tiempo. La “Deuda Neta 1” se refiere a deuda pública bruta menos la deuda del gobierno central en poder del Banco Central. La “Deuda Neta 2” es igual a “Deuda neta 1” menos la deuda neta Reservas internacionales en poder del Banco Central. Por último, la “Deuda Neta 3” se obtiene restando los activos de los fondos de pensiones privados de “Deuda Neta 2” (en caso de que existan en su país). En nuestro caso, dado que se toma en cuenta los fondos de pensión, se toma como medida de deuda neta la deuda neta 2.

Por lo tanto, para tener la deuda pública neta trimestral para el periodo 200-2013, se necesitaron las etapas siguientes:

- ✓ Primero, a partir de los datos del BID para el periodo 1990-2006 (los datos para El Salvador están disponibles solo a partir de 1990), se usó una interpolación de Denton (1971) para obtener los datos trimestrales, a partir de los datos anuales de la deuda pública neta. Por lo tanto, tenemos los datos de la deuda neta trimestral para el periodo 1990-2006. El gráfico siguiente representa la diferencia entre la deuda neta y la deuda bruta en millones de dólares para el periodo 1990-2006.

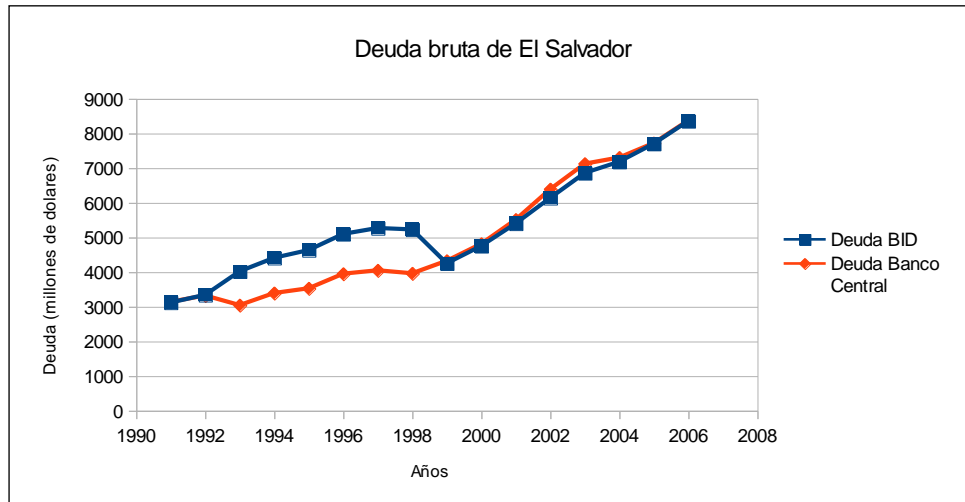
Deuda bruta y deuda neta de El Salvador : periodo 1990/2006



- ✓ En una segunda etapa, a partir de los datos del Banco Central de Reserva de El Salvador, se obtienen los datos de la deuda bruta para el periodo 2007-2013. La comparación entre las

dos fuentes (Banco Central y BID) nos indica que la metodología es similar. Excepto para el periodo 1995-2000, donde hay una sensible diferencia entre las dos series de tiempo, de manera general los datos son parecidos. El gráfico siguiente resume las dos series de la deuda bruta según el BID y el Banco Central de Reserva de El Salvador.

Diferencias entre la deuda bruta de El Salvador según el BID y el Banco Central de Reserva



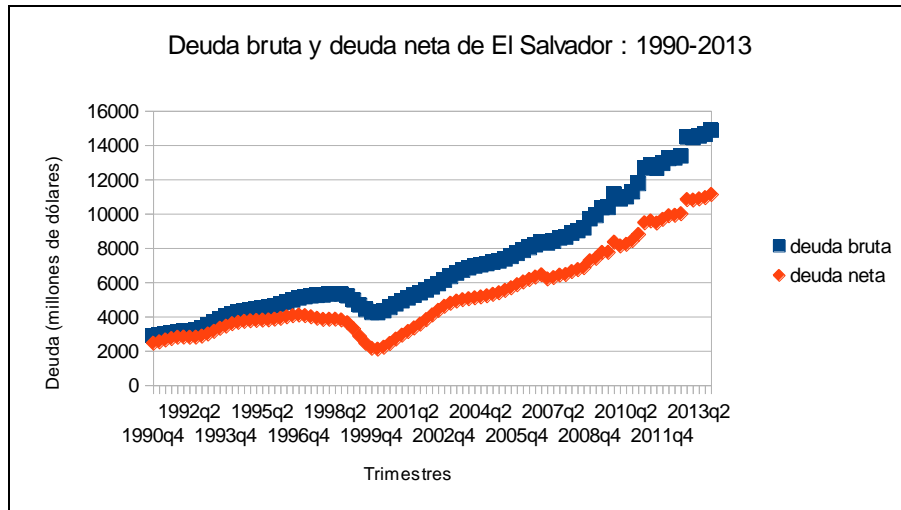
- ✓ En una etapa siguiente, se estima una regresión sobre los datos de la deuda del BID para el periodo 1990-2006, entre los datos de la deuda bruta y de la deuda neta, para hacer una estimación de la deuda neta para el periodo 2007-2013. La tabla siguiente muestra los resultados. El R2 cuadrado asociado a la regresión es de 0.998.

Regresión de la deuda neta por la deuda bruta

Deuda neta	Coefficiente	Desviación est.	t	P>	t
Años	0.70	0.19	3.63	0.003	
Deuda bruta	0.79	0.02	37.31	0.000	

- ✓ En una última etapa, a partir de la tabla precedente, se pueden calcular los datos de la deuda neta para el periodo 2007-2013. Obtenemos, para el periodo 1990-2013, el gráfico siguiente que muestra la deuda neta y la deuda bruta de El Salvador en millones de dólares. Por lo tanto, tenemos los datos trimestrales de la deuda neta de El Salvador para el periodo 1990-2013, lo que nos permite hacer una comparación con la deuda bruta que tenemos para las regresiones de base.

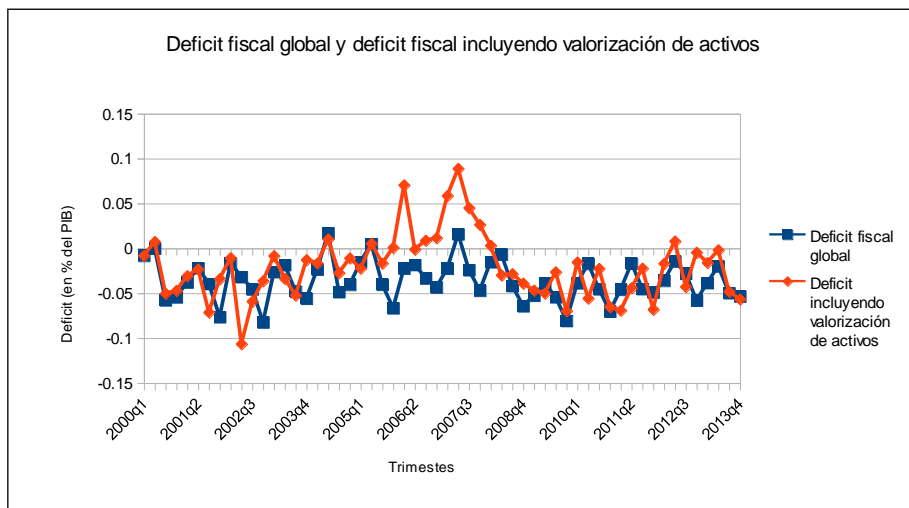
Deuda neta y bruta de El Salvador: 1990-2013



Para el déficit, el problema es el mismo. Tenemos datos del déficit fiscal global. Este último se financia con más deuda bruta o venta de activos. Si es superávit debe disminuir la deuda bruta sino está acumulando activos. Por lo tanto, es necesario también tener información de la valorización de los activos.

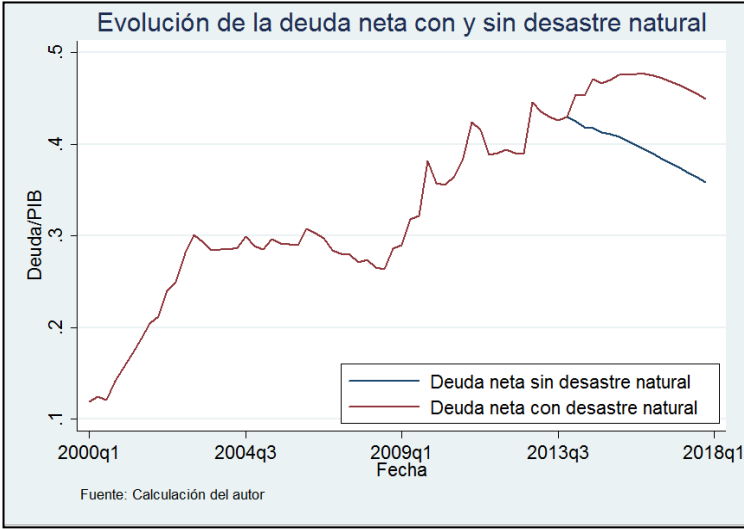
El panorama financiero del Banco Central de Reserva de El Salvador, contiene informaciones sobre los activos externos netos y los activos internos netos. A partir de eso, se construyó el déficit fiscal que incluye la valorización de activos. El gráfico siguiente muestra las diferencias entre el déficit fiscal global y el déficit corregido por la valorización de activos.

Déficit fiscal global y déficit incluyendo valorización de activos

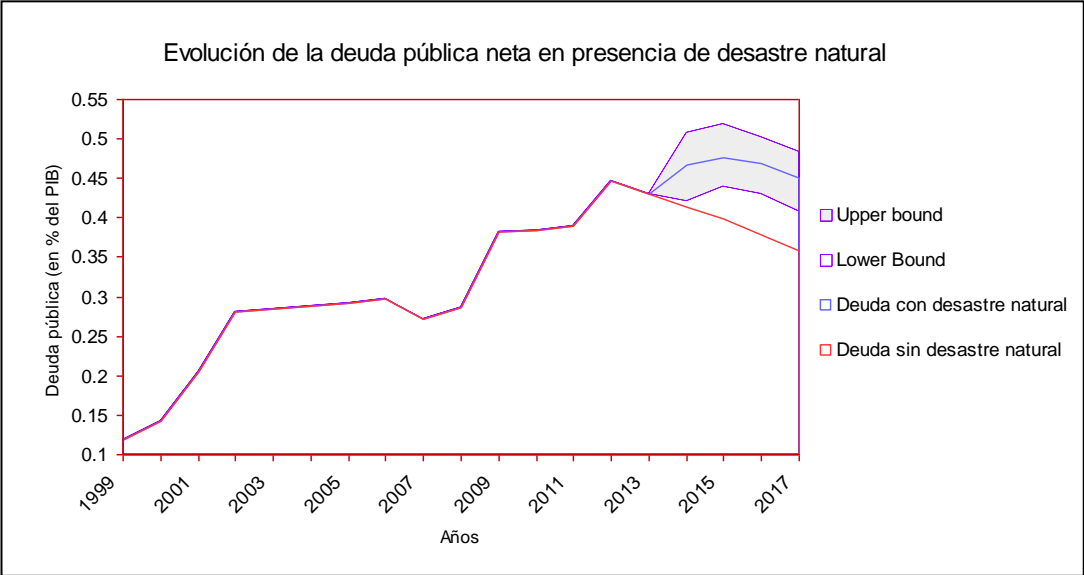


A partir de los datos, se pueden hacer la misma simulación que con la deuda bruta. La diferencia aparece como significativa, y más importante que con los datos de la deuda bruta. En efecto, la diferencia entre un escenario sin desastre natural y un escenario con desastre natural es igual a 7% después de 4 años. Sin embargo, hay que tener cuidado con estos resultados ya que solo son una aproximación de la deuda neta a partir de una interpolación de la deuda. Sin embargo, muestran que el impacto de un desastre natural sobre la trayectoria de la deuda es importante.

Evolución de la deuda neta en presencia de desastre natural



Evolución de la deuda neta en presencia de desastre natural (con intervalos de confianza)



Anexo 11: Simulaciones utilizando los diferentes tipos de desastres naturales de manera separada

