



El accidente de Fukushima: análisis del impacto en el consumo internacional de energía nuclear

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor: Alberto Moscardó Forga

Tutora: Dra. Paula Bel Piñana

Grado en: Administración y Gestión de Empresas

Año: 2021

DECLARACIÓN

El que suscribe declara que el material de este documento, que ahora presento, es fruto de mi propio trabajo. Cualquier ayuda recibida de otros ha sido citada y reconocida dentro de este documento. Hago esta declaración en el conocimiento de que un incumplimiento de las normas relativas a la presentación de trabajos puede llevar a graves consecuencias. Soy consciente de que el documento no será aceptado a menos que esta declaración haya sido entregada junto al mismo.

Firma:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. Moscardó', written over a faint circular stamp or watermark.

Alberto Moscardó Forga

La energía disponible es el objeto principal en juego en la lucha por la existencia y la evolución del mundo

LUDWIG BOLTZMANN

Resumen

La energía nuclear es una de las fuentes energéticas más recientes y que actualmente representa el 10% de la producción eléctrica mundial, siendo vital en la mayoría de los países desarrollados ¿Pero, puede un suceso condicionar seriamente el uso de esta fuente? Este trabajo trata de dar respuesta a esta pregunta teniendo como referencia al accidente nuclear ocurrido en Fukushima, Japón, marzo 2011, a partir del análisis de las tasas de crecimiento medio del consumo nuclear y el consumo medio de energía nuclear de 25 países ocho años antes y después del accidente.

Resum

L'energia nuclear és una de les fonts energètiques més recents i que actualment representa el 10% de la producció elèctrica mundial, sent vital en la majoria dels països desenvolupats Però, pot un esdeveniment condicionar seriosament l'ús d'aquesta font? Aquest treball tracta de donar resposta a aquesta pregunta tenint com a referència a l'accident nuclear ocorregut a Fukushima, Japó, març 2011, a partir de l'anàlisi de les taxes de creixement mitjà del consum nuclear i el consum mitjà d'energia nuclear de 25 països vuit anys abans i després de l'accident.

Abstract

Nuclear energy is one of the most recent energy sources and currently represents 10% of world electricity production, being vital in most developed countries. But can an event seriously condition the use of this source? This paper tries to answer this question with reference to the nuclear accident that occurred in Fukushima, Japan, March 2011, based on the analysis of the average growth rates of nuclear consumption and the average consumption of nuclear energy in 25 countries eight years earlier. and after the accident.

Palabras claves / Keywords

Fukushima – Energía nuclear — Análisis descriptivo – Política energética
--

Sumario

Introducción	9
1. Política energética, accidentes nucleares y nivel de aceptación	10
1.1 Definición de política energética.....	10
1.2 Definición de matriz energética.....	11
1.3 Accidentes nucleares relevantes.....	13
1.4 Nivel de aceptación de la energía nuclear.....	14
2 Política energética en Japón, accidente y respuesta internacional	17
2.1 Resumen histórico de Japón.....	17
2.2 Accidente de Fukushima	19
2.3 Pérdida energética en Japón a raíz del accidente.....	20
2.4 Consecuencias del material radioactivo liberado.....	21
2.5 Medidas de política energética como respuesta al accidente.....	21
2.6 Políticas internacionales en respuesta al accidente de Fukushima, las tres principales posturas.....	24
2.7 Situación internacional actual de la energía nuclear	28
3 Impacto del accidente en el consumo de energía nuclear	29
3.1 Datos y metodología.....	30
3.2 Norteamérica.....	32
3.3 Sudamérica.....	36
3.4 Europa Occidental.....	38
3.5 Europa Oriental.....	49
3.6 Asia.....	56
3.7 Ranking regional de las tasas de variación del crecimiento medio y consumo medio de energía nuclear.....	62
4 Conclusiones	68
5 Bibliografía	72

Introducción

El accidente nuclear de Fukushima ha cumplido una década este año 2021, siendo uno de los peores accidentes nucleares de la historia. La tragedia, además de cobrarse varias víctimas, liberó una gran cantidad de residuos tóxicos a las corrientes marinas y aéreas, poniendo en peligro a los ciudadanos japoneses de localidades cercanas y al medio ambiente. Además, comprometió seriamente la seguridad energética de Japón, puesto que, tras el accidente de Fukushima, la energía nuclear en Japón pasó de ser la fuente de energía más importante a ser completamente relegada en sólo un año, algo jamás visto en ningún otro país hasta ese momento. Asimismo, el accidente nuclear en Fukushima fue un punto de inflexión por su repercusión internacional; países de todo el mundo tomaron diferentes medidas como respuesta a lo sucedido en Japón. Tras el accidente, la energía nuclear se vio cuestionada en el escenario internacional y es a partir de esta situación que nace el objetivo de este trabajo, el análisis del impacto del accidente de Fukushima en el consumo de energía nuclear en diferentes regiones del mundo.

Para ello, se han recopilado los datos del consumo de energía nuclear de 25 países ubicados en siete regiones distintas del mundo entre los años 2004 y 2019. Para evaluar el impacto del consumo de energía nuclear tras el accidente, se han calculado las tasas de crecimiento medio del consumo nuclear y el consumo medio de energía nuclear juntamente con sus tasas de variación entre 2004-2011 y 2012-2019. La finalidad de dividir la serie temporal en dos etapas, una previa al accidente y otra posterior, es poder comparar los datos de ambos periodos y evaluar si tras el accidente nuclear de Fukushima el crecimiento medio del consumo de energía nuclear y el consumo medio de energía nuclear se han visto modificados en cada país analizado.

La motivación principal de realizar este trabajo de investigación es poder analizar si las tendencias de consumo de energía nuclear han variado en los distintos países y por regiones tras el accidente de Fukushima. La contribución principal de este trabajo recae en el extenso número de países analizados y su análisis por regiones. Con la realización de este trabajo la finalidad es doble. Por una parte, se pretende ayudar a mejorar la comprensión del accidente de Fukushima y su repercusión a nivel internacional mediante la revisión de la literatura existente. Por otra parte, se pretende evaluar el impacto del accidente en el consumo de energía nuclear en diferentes regiones del mundo.

En la siguiente sección se definirán y analizarán conceptos relacionados con este trabajo, como las políticas energéticas, la tasa de aceptación de la energía nuclear, la matriz energética y un repaso de los accidentes nucleares más importantes. En el apartado dos analizamos la historia reciente de Japón, el accidente nuclear de Fukushima y las

consecuencias que tuvo éste en Japón y a escala internacional. En el tercer apartado se presentan los principales resultados para las siete regiones analizadas. También se añadirá al final un ranking en el que se clasifican a los países de mayor a menor, por una parte, en función de su consumo nuclear medio y, por otra parte, según su crecimiento medio del consumo nuclear. Finalmente, en el apartado cuatro se presentan las principales conclusiones de la investigación.

1. Política energética, accidentes nucleares y nivel de aceptación

1.1 Definición de política energética

Se define como política energética las medidas que toma un agente con relación a cómo produce, distribuye y consume la energía. Este agente puede ser cualquier institución, desde una empresa hasta el gobierno de un estado, siendo este último quien realmente dictamina las diferentes políticas energéticas que se instituyen en el mundo. No debemos confundir este concepto con el de *seguridad energética*. Según la International Energy Agency (IEA, 2019), son las medidas que toma un agente para que la energía que produce sea accesible y asequible en precio para su población, a la vez no daña la sostenibilidad medioambiental.

La instrumentación que tienen los diferentes gobiernos de impulsar su política energética son los métodos comunes que tiene cualquier país de impulsar iniciativas gubernamentales. En políticas de oferta están por ejemplo los impuestos, tarifas, beneficios fiscales y ayudas económicas como incentivos (o desincentivos) económicos hacia las empresas y el resto de agentes proveedores de energía para que sigan la trayectoria de la política energética que ha dictaminado el gobierno y la impulsen aún más. Por otro lado, tenemos medidas y políticas de demanda orientadas hacia los consumidores, por ejemplo, campañas de concienciación de ahorro de luz durante el verano o ayudas económicas a los agentes que instalen en su hogar o empresa sistemas de energía renovable.

En cuanto a tipos de políticas energéticas, éstas van ligadas a los intereses estatales de cada gobierno que además de ser diferentes en cada país, varían a medida que pasa el tiempo en función del contexto, lo que hace imposible su clasificación. Por ello, se debe conocer qué medidas está impulsando el gobierno en ese momento y relacionarlas con su matriz energética (el peso que tiene cada fuente energética dentro de la producción de energía de un país);

En resumen, las políticas energéticas son las diferentes aproximaciones que tienen los gobiernos para la gestión de su energía. Éstas son únicas en cada país, puesto que varían en función de los intereses del propio gobierno, que son motivados principalmente por su contexto y de qué mecanismos se valen para conseguir sus objetivos.

1.2 Definición de matriz energética

Según Planète Energies (2015), la matriz energética es el conjunto de diferentes fuentes de energía primaria utilizadas para la producción de energía secundaria. Por ejemplo, un país puede producir electricidad (energía secundaria) basándose en el carbón o el gas natural licuado (a partir de ahora, GNL) (energía primaria).

Las matrices energéticas son la representación fiel de cómo los diferentes países tienen distribuidas sus fuentes de energía primaria. A día de hoy, las principales fuentes de energía primaria son los combustibles fósiles, con el carbón, el petróleo y el GNL; las energías renovables; con la energía hidroeléctrica, solar, eólica, biomasa y geotérmica principalmente; y en último lugar, la energía nuclear. En función del país en el que nos encontremos, la distribución de estos recursos cambiará. Por ejemplo, China ha tenido una matriz energética basada principalmente en el carbón, EEUU en el petróleo, Islandia con fuentes renovables y Francia con la energía nuclear. La disposición de las fuentes depende de la geografía del país y de su contexto.

Desglosando un poco más las fuentes primarias, tenemos el combustible fósil en primer lugar. Éste se compone del petróleo, carbón y GNL. Son el tipo de fuentes primarias más utilizadas actualmente a nivel global, teniendo en 2019 un 63,3% de la electricidad producida¹. Esto se debe principalmente a dos factores. En primer lugar, el combustible fósil es la fuente primaria más longeva de las que tiene la matriz; actualmente los procesos en la extracción y tratamiento ya están muy perfeccionados, por lo que es una opción más asequible que el resto de fuentes primarias. El otro punto a su favor es la continuidad e ininterrupción que tienen, ya que la producción de energía secundaria está asegurada mientras se disponga del combustible fósil. Según el estudio hecho por Abas et al. (2015), pese a que su uso no ayude a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (a partir de ahora GHG, por sus siglas en inglés), es la única fuente a día de hoy que puede ayudar en la transición hacia matrices donde la presencia de energía renovable sea mayor, objetivo perseguido por la mayoría de los países desarrollados.

En segundo lugar, tenemos las fuentes renovables, tecnologías que usan las diferentes fuerzas de la naturaleza para producir energía. En comparación con las fuentes fósiles,

¹ Según los datos de Our World in Data

las energías renovables supusieron en 2019 un 26,3% del total de producción de electricidad mundial, siendo la fuente hidroeléctrica la más popular. A diferencia de la fuente fósil, las tecnologías renovables son las más recientes en incorporarse a las matrices de diferentes países, aunque han mostrado una tendencia al alza estas últimas décadas. Según Fuss et al. (2012), la energía renovable es un recurso claro a la hora de combatir el cambio climático y la descarbonización. Su implementación comenzó en la década de los 70 y ha visto una tendencia al alza desde entonces, incrementándose en las últimas dos décadas. Por otra parte, debido a que dependen de fuerzas de la naturaleza, no tienen la capacidad de producir energía independientemente del momento, al menos no con la tecnología actual. Tal y como apunta Abas et al. (2015), la política a largo plazo que cualquier país debería seguir es la del incremento de energías renovables en su matriz; una transición gradual de reducción de combustibles fósiles al aumento de renovables.

Finalmente tenemos la energía nuclear, la fuente a estudiar en este trabajo. Al igual que las renovables, es una fuente de energía reciente, implementándose en las matrices a partir de los años 50 en EE.UU. y popularizándose en las siguientes décadas internacionalmente. El “boom” de esta energía se debe a que fue la primera que permitió a países depender menos de fuentes primarias fósiles, ya que la gran mayoría de éstas se importan y suponen un gran coste económico. La energía nuclear en cambio requiere de un menor volumen de importación ya que sólo requiere de uranio. A cambio, se obtiene una fuente de energía que puede producir grandes cantidades de energía con poco recurso primario, además de no emitir gases GHG. Según Brook et al. (2014), sería lógico un incremento de esta fuente de energía en las próximas décadas, puesto que el gran uso de las fuentes fósiles acarrea consecuencias negativas en el medio ambiente y en la salud de las personas. La extracción de estos recursos será cada vez más costoso y menos accesible, lo que hará menos rentable esta energía a medida que pase el tiempo. Por último, los combustibles fósiles tienen otros usos además de la industria energética; por su naturaleza finita, se tendrán que usar más escasamente con el fin de que puedan ser preservados para generaciones futuras. En conclusión, la energía nuclear, a diferencia de los combustibles fósiles, es sostenible, puesto que cubre las necesidades actuales sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

Concluyendo este apartado, el estudio realizado por Augutis et al. (2015), indica que la matriz energética idónea para maximizar la seguridad energética sería un modelo con un 50% de energías renovables, un 30% de energía nuclear y finalmente un 20% de combustible fósil, concretamente GNL, ya que es el recurso menos contaminante dentro de su grupo. Actualmente no existe ningún país con una distribución así, aunque ya se

están dando tendencias de aumento en renovable y reducción de combustible fósil en varios países del mundo.

1.3 Accidentes nucleares relevantes

Enlazando con la definición de matriz energética, hemos visto que esta cambia en función del país en el que estemos, condicionado por su política energética. Por ejemplo, Japón hasta 1970 había tenido una política energética basada principalmente en el carbón y petróleo, sin embargo, tras la crisis del petróleo en 1973, el país optó diversificar su matriz energética, comenzando a incorporar GNL como combustible fósil alternativo y a instalar plantas nucleares para incrementar la presencia de este nuevo tipo de energía. Vemos con este ejemplo como en un transcurso breve de años, la política energética nipona dio un gran giro, pasando de dar gran soporte a las fuentes térmicas hacia las nucleares, cambiando por completo su matriz energética. Por otra parte, la actitud y respuesta de EEUU o España fueron diferentes, ya que su orden de prioridades también lo era, sacando del mismo evento matrices y políticas energéticas completamente diferentes.

Con la crisis del petróleo tenemos un claro *driver* en el cambio de políticas y matrices energéticas en su totalidad. Sin embargo, si analizamos qué es lo que más ha condicionado sólo a la fuente nuclear, son los accidentes nucleares, causando duros golpes en la tasa de aceptación pública de esta energía. Afortunadamente son pocos los eventos de este calibre, desde su implementación, son siete los accidentes dignos de mención, recopilados por Nabalia Energía (2018).

Antes de repasar algunos accidentes nucleares relevantes, es necesario explicar la Escala Internacional de Accidentes Nucleares (a partir de ahora, INES). Esta escala logarítmica se utiliza para clasificar los accidentes nucleares y comprende siete niveles. Al ser logarítmica, implica que el paso de un nivel a otro es de una gravedad diez veces mayor al anterior. Finalmente se consideran accidentes todos los sucesos a partir del nivel cuatro. El resto son incidentes (no hay consecuencia significativa hacia la población o medio ambiente).

En primer lugar, tenemos el accidente de Kysthym, en septiembre de 1957 en Rusia, siendo el tercer accidente registrado más peligroso según la INES, valorándolo en una gravedad de seis sobre siete puntos. El accidente se dio en Mayak, lugar de producción de plutonio para armas nucleares, que sufrió una explosión por vertido accidental de nitrato seco y sales de acetato sobre un tanque altamente radiactivo. La consecuencia fue, además del accidente, una liberación de contaminación radioactiva por la zona de los Urales, 350 km en dirección hacia el Ártico.

El siguiente accidente se da un mes más tarde ese mismo año en Inglaterra, octubre de 1957. Se dio un incendio en la planta nuclear de Windscale, al norte de Reino Unido, liberando material radioactivo como consecuencia. Ha sido el peor accidente nuclear del país desde entonces, con 5/7 puntos del INES

El tercer accidente fue en EE.UU. en marzo de 1979, cuando un reactor de la central en Three Mile Island, Pensilvania, sufrió una fusión parcial y liberó gases radioactivos. Ha sido el accidente más grave en el país, con 5/7 del INES.

Casi una década más tarde tuvo lugar uno de los dos accidentes más graves en la historia, el accidente de Chernóbil en Ucrania en abril de 1986. El reactor de la central se sobrecalentó en un simulacro de corte eléctrico, desembocando en una explosión que mató a dos personas directamente, e indirectamente otras 29 por la radioactividad liberada. Toda la población de Prípiat tuvo que ser evacuada y desde entonces el área está deshabitada. Obtuvo la máxima puntuación del INES con siete puntos.

A finales de los 90 se dieron en Japón dos accidentes en la localidad de Toikamura, uno en 1997 y otro en 1999. El primero fue un incendio que se solucionó sin problemas. El segundo en cambio fue de mayor gravedad, siendo el más peligroso previo a Fukushima. El accidente se dio por causas negligentes al sobrecargar de uranio el tanque de precipitación, introduciendo 16kg de este material cuando la masa crítica máxima eran los 2,5kg. Las consecuencias fueron dos muertes por causas radioactivas y 49 afectados, además de prohibir beber, pescar y de explotar áreas agrícolas en aguas y zonas cercanas al accidente. Fue clasificado con 4/7 puntos en la escala INES.

Finalmente está el accidente nuclear más grave de la historia junto a Chernóbil, en Japón de nuevo con Fukushima en marzo de 2011. Debido a un maremoto y posterior inundación, los reactores de la central no pudieron refrigerarse correctamente, llegando a la fusión total de tres reactores y parcial en uno de ellos. Hubo 16 heridos y una víctima mortal por las explosiones de hidrógeno en la central. Además, se desalojó el área y las localidades cercanas, donde 200.000 personas fueron evacuadas. Obtuvo el máximo de siete puntos de la INES.

1.4 Nivel de aceptación

Como hemos visto en el punto anterior, los accidentes nucleares son los mayores condicionantes en la política energética nuclear. Esto se debe a que la tasa de aceptación pública de la energía nuclear, otro de los principales *drivers*, se ve afectada. Respecto al nivel de aceptación, se define como el grado de tolerancia que presenta una población de un país a favor de que éste use energía nuclear. El nivel de aceptación es una variable

crucial que puede determinar la implementación o expansión de este tipo de energía en la política energética estatal; puesto que, si gran parte de la ciudadanía se opone, el gobierno no aprobará el proyecto, no sólo porque no les preocupe el bienestar de su población, sino porque el gobierno pone en juego salir reelecto en sus próximas elecciones. Una política energética mal implementada puede suponer el reemplazo en los siguientes plebiscitos, algo que ningún gobierno está dispuesto a permitirse.

Otro enfoque sobre la tasa de aceptación lo encontramos en Chao-Jun et al. (2013), donde relaciona la aceptación pública con el riesgo y accidentes, definiendo el riesgo como el producto de la frecuencia de los eventos y sus consecuencias generales. Según el autor, la tasa de aceptación nuclear tiende a verse muy afectada por los accidentes nucleares. Esto se debe a la percepción de riesgo de la población, el cual percibe peor los accidentes poco probables con consecuencias significativas que accidentes más frecuentes, pero con consecuencias más moderadas. Pese a estar en el mismo valor de riesgo, es el primer caso de accidente el que más impacto social tendrá, siendo los accidentes nucleares este tipo de sucesos.

Continuando con la aceptación de la energía nuclear, según Kim et al. (2013), ésta se influida en mayor medida por 5 grandes variables. En primer lugar, existe una relación negativa entre el nivel de aceptación de la energía nuclear tras el accidente y el nivel de presencia de los reactores nucleares de un país, el peso que tienen en la producción total de electricidad y finalmente qué porcentaje de esos reactores están activos. Cuanto mayor sean estas tres variables, mayor será la sensibilidad frente a accidentes nucleares en otros países y, por ende, el nivel de aceptación hacia la energía nuclear decrecerá. En resumen, el nivel de aceptación decrece a medida que la presencia de esta energía aumenta.

De todos modos, cabe mencionar que llega un punto en que, si el peso de dicha energía supera cierto límite, el nivel de aceptación no decrece, ya que la población acepta de forma forzada esta fuente energética puesto que son conscientes de que un cambio de tejido energético requiere de años y grandes inversiones, algo que les repercutirá significativamente de manera negativa.

Prosiguiendo con la explicación de Kim et al. (2013), se suman otros dos factores cruciales a las tres variables previas. Éstos son la distancia respecto al accidente y los medios de comunicación. Un país con mayor control sobre los medios de comunicación o bien que la energía nuclear tenga un peso considerable en su tejido energético usará dichos medios para no estigmatizar tanto a la fuente nuclear e intentar reducir al máximo la mala percepción de ésta por parte de la opinión pública; ya que, si la población se

vuelve contra la energía nuclear, el gobierno estará forzado a tomar medidas contra ésta con tal de calmar las críticas. Por otra parte, países con medios más libres e independientes, o bien que este tipo de energía no goce de mucha representación en el tejido del país, resultará en mucha más información emitida sobre el accidente y una población que estará mejor informada. Este hecho es corroborado por Wang et al. (2020), donde en el estudio se confirma que la información nuclear publicada por la *mass media* genera un impacto directo en aceptación pública, que, en función de la credibilidad de la fuente, facilita la voluntad personal de aceptar la energía nuclear, e incluso de persuadir a otros individuos con la aceptación de esta energía. De igual manera puede lograrse el objetivo contrario si el objetivo es la desacreditación nuclear o la publicación carece de credibilidad. También dependerá de esta aceptación el nivel de información y conocimientos del que disponga el lector; un individuo mejor informado percibirá de la fuente nuclear un mayor beneficio a costa de un riesgo menor.

A todo esto, se le suma el factor de la distancia respecto al accidente. Según Kim et al. (2013), por mucho control que el gobierno tenga sobre los medios, si se trata de un país cercano al desastre nuclear será la propia población que buscará información acerca de éste por otros medios, ya que esta la motivación de preservar la seguridad, la salud y otros factores del bienestar. En resumen, el poder de los medios de comunicación puede llegar a ser decisivo en moldear la opinión pública acerca de la aceptación de esta fuente energética. Mientras que en países alejados al accidente puede funcionar por un desinterés más general, países que sean cercanos al accidente lo tienen mucho más difícil pese a controlar los medios de comunicación, puesto que es la propia población que busca informarse. A raíz de ello, los medios locales pierden credibilidad y el nivel de aceptación cae incluso más.

Otra aproximación es la que da Tanaka (2004), el cual introduce el término anglosajón *Not in My Backyard* (NIMBY)² y lo relaciona con el emplazamiento de centrales nucleares. En otras palabras, los individuos que apoyan a la energía nuclear en un principio cambian de parecer cuando una central nuclear se construye en las proximidades de su localidad. Dicho cambio de mentalidad, según el estudio, se suele producir cuando se programa la construcción de una nueva central o de un depósito de residuos nucleares. Según el autor, esto se debe principalmente al riesgo percibido; mientras que los expertos calculan el riesgo de forma cuantitativa (media de muertes al año), la percepción del riesgo de gente común es diferente, más basada en la subjetividad y propiedades como novedad,

² Consiste en la reacción que se produce entre determinados ciudadanos que se organizan para enfrentarse a los riesgos que supone la instalación en su entorno inmediato de ciertas actividades o instalaciones que son percibidas como peligrosas o debido a sus externalidades, pero sin oponerse a las actividades en sí mismas si éstas no se dan en su entorno.

familiaridad, el control que tienen, catástrofe potencial y peligro hacia futuras generaciones.

Para concluir la sección del nivel de aceptación; tras el accidente de Fukushima, independientemente de cómo se mostrasen las variables previamente mencionadas, la tasa de aceptación decayó, en mayor o menor proporción, en prácticamente todos los países de Europa, Asia, América y algunos de África; siendo Japón por evidentes motivos el más afectado.

2. Política energética en Japón, accidente y respuesta y las tres grandes posturas

2.1 Resumen histórico de Japón

En estos últimos dos siglos, Japón ha estado en el foco de atención internacional en gran variedad de materias, pasó de una economía y sistema prácticamente feudales a ser la primera potencia económica no europea a principios de 1900, evidenciando el enorme potencial que este país poseía. A principios del siglo XX, Japón salió de la guerra ruso-japonesa con una economía destrozada por los excesos bélicos, pese a ello, consiguió recuperarse en un tiempo récord y establecerse a la vanguardia de nuevo en la década de los 30. Fue precisamente durante esta década donde el auge del imperialismo y en la creencia de ser la sociedad superior asiática que les llevó a su expansión territorial y su iniciación de conflictos con toda la zona de indochina, China y toda la zona de Indonesia y Filipinas. Esta expansión llega finalmente a su fin cuando declaran la guerra a EEUU, donde no pueden hacer frente a la primera potencia mundial, rindiéndose en 1945 y finalizando la Segunda Guerra Mundial. Pero como ya se ha comentado unas líneas más arriba, Japón poseía un enorme potencial, y lo demostrarían de nuevo durante la Guerra Fría. Saliendo el país destrozado tras la guerra su crecimiento no se detuvo, consolidando su posición de tercera potencia mundial tras EEUU y la URSS años más tarde. Hoy en día, Japón no se ha visto envuelto en más conflictos y pese a no ser la tercera potencia mundial, sigue ocupando un hueco entre las cinco primeras.

En cuanto a energía, debido a su geografía, Japón nunca ha tenido acceso a recursos naturales propios, al menos no para satisfacer sus niveles de crecimiento, es por ello que, hasta los años 60, el país importaba prácticamente todos sus recursos energéticos, estando su modelo basado en el petróleo y el carbón; este modelo se vería drásticamente modificado por la combinación de dos sucesos. En primer lugar, la crisis del petróleo de 1970, hecho que causó en el gobierno nipón la necesidad de remodelar su matriz energética al percatarse de la gran dependencia que habían generado con este recurso.

En segundo lugar estuvo la aparición de la energía nuclear por parte de EEUU, demostrando ser una fuente de energía que podía producir grandes cantidades de energía de manera local; los japoneses vieron en la fuente nuclear una clara oportunidad para reducir su volumen de importaciones energéticas y poder mejorar su accesibilidad a la población, por lo que se comenzaron a instalar los primeros reactores de mano de EEUU en la década de los 70, tendencia que se llevó al alza en las décadas posteriores. Debido a que Japón comenzó su etapa nuclear en la era donde esta fuente acababa de popularizarse, una gran parte de sus reactores eran del modelo de agua en ebullición, que eran los que manufacturaba General Electric con la tecnología que había disponible en los 50³. Dichos reactores se situaron la gran parte de ellos en complejos a lo largo de la costa este del país, ya que, para reactores de este tipo, el acceso a fuentes hídricas es vital para su funcionamiento, por lo que el acceso al mar facilita enormemente esta labor.

Como claro ejemplo de lo que acabamos de explicar tenemos la planta nuclear Fukushima Dai-Ichi. La planta se construyó en 1971 con su primer reactor y en 1979 ya disponía de cinco reactores más, alojando finalmente seis reactores. La central y el resto de complejos nucleares operaron sin problemas en los años venideros pese a los terremotos del Índico de 2004, del de Hengchun, costa sur de Taiwán en 2006, y del de la costa de Chūetsu, al oeste de Japón, en 2007⁴. Pese a que suene extraño, en Japón están acostumbrados a este tipo de desastres naturales ya que el país está localizado en una zona conflictiva en materia de fallas y sismos, además de tsunamis y tifones, por lo que todos los edificios ya se construyen con infraestructuras preparadas para resistir estos desastres naturales.

El problema que hubo con Fukushima fue que el país no estuvo preparado para la magnitud del sismo que les aconteció el 11 de marzo de 2011, un terremoto de magnitud 9.0 que tuvo lugar en la costa este de Japón. Si bien es cierto que los edificios y diferentes construcciones ya son creados bajo el pretexto de la violencia de los sismos, no se hace a escalas de terremotos tan violentos, ya que el que tuvo lugar ese año fue el de mayor magnitud que el país vivió en sus últimos 140 años⁵. El hecho de que ocurriese en la costa ocasionó un maremoto de enormes dimensiones que afectó gravemente a toda la zona próxima con inundaciones de varios kilómetros de profundidad.

³ Ver en: Dedman, Bill (13 de marzo, 2011). "General Electric-designed reactors in Fukushima have 23 sisters in U.S"

⁴ Ver en: Japan News Review (16 de julio de 2007) "Powerful earthquake strikes Niigata, causes leak at nuclear power plant".

⁵ Ver en: Channel 3 News (11 de marzo de 2011) "Japan quake – 7th largest in recorded history".

La causa principal del accidente de Fukushima fueron las inundaciones y no el terremoto en sí como popularmente se cree. Hemos mencionado unas líneas más arriba que las edificaciones en Japón están preparadas para soportar o menguar los daños sufridos por estos desastres naturales. Así pues, en la planta de Fukushima, pese a que sus operarios siguieron las directrices y protocolos, no pudieron evitar el desastre, puesto que varias zonas vitales para el funcionamiento del complejo fueron completamente inundadas, afectando gravemente el sistema de refrigeración de reactores. Puesto que el sistema de refrigeración diésel fue inutilizado, los reactores se sobrecalentaron hasta el punto de que los tres primeros reactores construidos en la planta de Fukushima se sobrecalentaron y explotaron. Este suceso pasó a la historia como uno de los peores accidentes nucleares de la historia junto a Chernóbil en 1986 y Three Mile Island en 1979.

2.2 Accidente de Fukushima

El 11 de marzo de 2011 tuvo lugar en Japón el terremoto más grave hasta la fecha en el país. De magnitud 9.0 en la escala sismológica de magnitud de momento, sucedió al este de la isla Honshu, la isla inferior, en la zona costera. Según la Japan Meteorological Agency (JMA), el temblor más lejano se sintió respecto a 350 km del epicentro, pero lo que provocó que este desastre causara tantas muertes fue el tsunami posterior. En cuanto a las zonas afectadas, fueron las ciudades de Sendai y Kesenuma las más próximas y las que mayores daños materiales y pérdidas humanas sufrieron.

Centrándonos más en nuestro punto de estudio, el terremoto de Fukushima pasó a la historia principalmente por el desastre nuclear que aconteció a raíz del maremoto de 2011. La planta nuclear nipona *Fukushima Dai-Ichi* es un complejo localizado al sur de Sendai, en la costa de la prefectura de Miyagi a 110 km. La razón por la que esta central, al igual que muchas otras en el mundo, están tan próximas al mar es debido a que el proceso de crear energía en un reactor requiere grandes cantidades de agua, ya que es el medio al cual el combustible usado cede su calor.

Según Hayashi, Hughes (2013), explica que, pese a que el protocolo de desactivar la central fue seguido sin percances según la normativa, el gran problema vino por la inundación causada por el tsunami y la proximidad de la central a la costa. La inundación impidió que los sistemas de refrigeración de los reactores pudiesen activarse, causando así tres fusiones de núcleo, tres explosiones de hidrógeno y la liberación de material radioactivo a la atmósfera. Pese a que el gobierno japonés consiguió cercar el área de peligro y controlar la situación a los pocos días del suceso, este accidente pasó a la historia como uno de los peores desastres nucleares y el peor desde el de Chernóbil en 1986.

2.3 Pérdida energética en Japón a raíz del accidente

Los efectos del desastre nuclear se pueden clasificar en función del momento en el que generó desperfectos. La consecuencia más directa fue la pérdida simultánea de 30000 MW, un 17,3% de toda la capacidad eléctrica de Japón. La razón es que la zona afectada por el terremoto, el este de la isla Honshu, es el área residencial de las grandes plantas eléctricas, por lo que casi una quinta parte de toda la producción eléctrica estatal se perdió en apenas un día.

En cuanto a los efectos y medidas llevadas a cabo (los meses siguientes al accidente y hasta mayo de 2012), Kim et al. (2013) explica el gran desafío del gobierno japonés de poder suplir los picos de demanda de energía en verano e invierno que cada año se producen en el país con el enorme gap de producción de energía que tuvieron. No sólo porque su infraestructura eléctrica estuviese dañada, sino porque además debido a que el nivel de aceptación de la energía nuclear decayó drásticamente. Los gobiernos de cada prefectura decidieron por precaución no reactivar un gran número de reactores que fueron desactivados por el protocolo del país en contexto de desastre natural. Un ejemplo drástico pero comprensible que nos da la *Nuclear and Industrial Safety Agency*⁶, es el de la planta Hamaoka. Esta central, la cual fue desactivada dos meses después por poseer una similitud orográfica a la planta de Fukushima, ya que, según los expertos, tenía un 90% de sufrir un desastre escenario similar a 30 años vista. Debido a esta razón, la planta fue clausurada indefinidamente y no de manera temporal.

Otro de los efectos posteriores al accidente de Fukushima, fue la desactivación de reactores en plantas no cercanas a la costa, tal y como apunta Vivoda, Graetz (2014). Según explica el autor; en principio todos los reactores tenían que estar cada 13 meses desactivados mientras se pasaban nuevos controles de seguridad, pero tras el accidente, la periodicidad aumentó y el nivel de seguridad e inspecciones también lo hizo. Esto combinado con el hecho de que los gobiernos locales de cada región eran los responsables de dar paso a la reactivación y que cada vez más sufrían presiones para que se desactivasen, hizo que cada vez menos gobiernos autorizaran reactivaciones de reactores. Esta tendencia llegó hasta mayo de 2012, cuando el último reactor fue desactivado.

⁶ También conocido como NISA. Es un órgano dependiente del Ministerio de Economía, Comercio e Industria en Japón. Apareció en 2001 tras la reorganización de los ministerios y agencias dependientes del gobierno nipón.

2.4 Consecuencias del material radioactivo liberado

El impacto del accidente en Japón por la triple fusión del reactor la resume perfectamente Koo et al. (2014), ya que no sólo fueron las fusiones del núcleo lo que favoreció el escape de material radioactivo, también contribuyó en gran medida las tres explosiones de hidrógeno. Debido a los grandes escapes, la zona perimetral a la central fue clausurada y la población de localidades cercanas evacuada, siendo 200.000 el total de habitantes evacuados. El recuento de afectados por el accidente de Fukushima fue sólo de un fallecido y 16 heridos, siendo las explosiones de hidrógeno la causa principal. desde entonces el área afectada ha estado despoblada, aunque ya se ha iniciado un proceso de repoblación y reconstrucción.

A nivel internacional, Lozano et al. (2011) analiza el recorrido de hicieron los gases radioactivos en la atmosfera. Según el autor, esta consecuencia se origina cuando los gases emitidos por el reactor, a los que ahora denominaremos *radionucleidos*, se combinan fácilmente con los gases clorofluorocarbonos o CFC. La combinación efectiva resulta en que los radionucleidos puedan permanecer en la atmosfera y ser transportados a merced de las corrientes aéreas.

En cuanto a la acumulación de radionucleidos de Fukushima en la atmosfera, Lozano et al. (2011) realizó un estudio de las muestras de aire al sur de España. La masa de aire viajó por todo el océano pacífico, pasando por el continente americano y atravesó el atlántico, llegando al mediterráneo por el sur de España, concretamente en el parque nacional de Doñana, donde finalmente se dispó antes de llegar a Túnez. Pese a que esta consecuencia no fue realmente peligrosa, contribuyó a disminuir el grado de aceptación hacia la energía nuclear por mala percepción de esta consecuencia.

2.5 Medidas de política energética como respuesta al accidente

Tras el desastre de Fukushima, el gobierno sabía que tendría que reducir el peso de la fuente nuclear en su matriz energética. No obstante, el principal problema al que se enfrentaba era saber hasta qué punto debería reducirla, ya que era la que mayor presencia tenía en su infraestructura, y era la única que permitía al país la producción de energía doméstica. Sin embargo, el país tomó todas sus iniciativas del corto plazo excluyendo al máximo a la energía nuclear de sus necesidades energéticas, las cuales describiremos a continuación de manera cronológica.

Según Hayashi, Hughes (2013), durante el primer mes del accidente, TEPCO y Tohoku EPCO⁷ realizaron obras de recuperación de plantas eléctricas dañadas por el terremoto. Consiguieron recuperar 5000 MW y 2000 MW respectivamente. Pese a sus esfuerzos, la transmisión de esta electricidad recuperada hacia otras proveedoras eléctricas regionales fue mucho menor, dado que las frecuencias entre el este (donde están TEPCO y Tohoku EPCO) y el oeste varían, siendo de 50hz y 60hz respectivamente, lo que requiere de una transformación de la que la infraestructura japonesa no estaba preparada para volúmenes tan grandes, permitiendo sólo la transferencia efectiva de 1000 MW. Según Vivoda, Graetz (2014), esto se debe principalmente al hecho de que la infraestructura eléctrica de Japón presenta un sistema de organización de integración vertical, es decir, las 10 regiones del país poseen su propia compañía de suministro eléctrico. TEPCO es la más importante, ya que provee a casi 1/3 de todos los consumidores japoneses. Finalmente, por parte de TEPCO, se tuvieron que realizar apagones programados hasta finales de marzo durante 3h al día con el fin de que el gap de oferta-demanda cesase.

Tal y como apunta Hayashi, Hughes (2013), tras el primer mes posterior al accidente hasta agosto desde ese mismo año se aplicaron diferentes medidas adicionales, dado que durante el verano es cuando se producen los mayores picos de consumo energético anuales. En el área de TEPCO se pronosticaron 60000 MW (siendo su capacidad máxima de 53800 MW) y en Tohoku EPCO 14800 MW (con una producción de 13700 MW). Las medidas adicionales del gobierno fueron políticas de oferta y demanda extraordinarias. En políticas de oferta se comenzó con la reactivación y reparación de plantas térmicas. Todas las plantas térmicas aptas fueron reactivadas y tanto TEPCO como Tohoku EPCO finalizaron la reparación de otras plantas térmicas dañadas por el accidente. Las inspecciones programadas fueron postpuestas por situación extraordinaria y en total se consiguieron producir 1750 MW extra. También se instalaron numerosas turbinas de gas y diésel para aumentar la producción de energía. No se tomó en cuenta el impacto medioambiental por ser proyectos de reconstrucción energéticos, siendo producidos 1550 MW en total. También tuvieron lugar contribuciones minoritarias hacia Tohoku EPCO y Kansai EPCO. Según Vivoda, Graetz (2014), el gobierno implementó planes de impulso y expansión energéticas, mermando las restricciones existentes y ofreciendo ayudas económicas a proyectos que impulsaran la venta de excedentes de energía a las proveedoras. Esto resultó en una adquisición por parte de TEPCO y Tohoku EPCO de 1300 MW adicionales.

⁷ Las siglas TEPCO corresponden a Tokyo Electric Power Company, el proveedor eléctrico de Tokio. Todas las proveedoras eléctricas del país llevan las siglas EPCO como distinción, como el caso de Tohoku EPCO.

Por otra parte, referente a las políticas de demanda, Hasegawa (2014) explica que el gobierno estipuló unos límites en el consumo empresarial y doméstico de electricidad máximos, que fueron un 15% menores respecto al nivel de consumo del año anterior. Además, los grandes clientes de las proveedoras (consumo de 500 kW o más) tuvieron restringido el acceso a electricidad durante el verano por causa de ley *Electricity Business Act art.27*⁸.

Finalmente, tal y como apunta Hayashi, Hughes (2013) el nivel de consumo energético tras el pico de verano de 2011 fue satisfecho. Sin embargo, hubo carencias en el de invierno, por lo que además de las políticas adoptadas anteriormente, el gobierno se centró en el consumidor medio e inició campañas de concienciación de ahorro eléctrico por los medios de comunicación. Además, viendo que el consumo eléctrico no cesó en su aumento, se iniciaron medidas más agresivas en la construcción de más complejos de turbinas y reacondicionamiento de plantas térmicas, además de comenzar a darle a la energía renovable un papel más relevante.

En resumen, la política de energética de Japón tras el accidente, si se observa desde una perspectiva más general, es simple. El país decidió eliminar por completo la energía nuclear de su matriz, sustituyendo ésta por el combustible fósil, concretamente por el GNL, del cual Japón ya había mostrado un claro interés por este recurso desde los años 70.

Por último, cabe mencionar que el cese de la energía nuclear en Japón se dio principalmente por la fuerte oposición de la ciudadanía tras el accidente. Esto se debe a que tal y como explican Hasegawa (2014) y Fraser, Aldrich (2020), en Japón desde la instauración de la energía nuclear, se formó una coalición entre el Partido Liberal, la asociación de compañías energéticas (*Denjiren*) y el Ministerio de Economía, Comercio e industria (METI) que favoreció los años anteriores al accidente una política nuclear expansiva muy agresiva que favorecía el monopolio, desalentando nuevas compañías energéticas. Las quejas de la ciudadanía hasta entonces habían sido acalladas, pero tras Fukushima, el nivel de tensión fue insostenible, llegando a manifestaciones de 50.000 personas en el parque Meji el 19 de septiembre de 2011⁹. Según apunta Vivoda, Graetz (2014), ante esta situación, el gobierno tuvo que cambiar radicalmente su plan energético clausurando centrales. Este factor incurrió en grandes pérdidas en el sector energético,

⁸ Según este artículo, el gobierno japonés puede restringir el consumo eléctrico en el contexto de que carencias eléctricas afecten a las vidas de sus ciudadanos

⁹ Japan Times. Nagata, Kazuaki (20 de septiembre, 2011). "Masses turn out to protest nuclear power"

al ser tener esos activos costes latentes pero sin generar rentabilidad, además de a las compañías no se les permitió aumentar el precio de la luz.

2.6 Políticas internacionales en respuesta al accidente de Fukushima, las tres principales posturas

La tragedia de Fukushima se extendió por todo el mundo en cuestión de horas y provocó en las diferentes ciudadanía un sentimiento de desconfianza y menor tolerancia hacia la fuente nuclear. Pero estos efectos afectaron de manera internacional a los diferentes gobiernos, que actuaron de manera diferente. Según Ramana (2013), estas diferentes actitudes, pese a ser prácticamente individuales en cada caso, pueden englobarse de manera general en tres grandes posturas tras el accidente.

En primer lugar, tenemos los países que a raíz del accidente nuclear han decidido rehuir de ella en sus planes. Ya sea cancelando proyectos de construcción y expansión como la elaboración de nuevas matrices energéticas donde la nuclear tiene un peso menor. En cuanto al tiempo de reacción en estas decisiones, hay países tales como Venezuela o Israel que a los pocos días ya comunicaron su desagrado con la energía nuclear y que no tenían planes para ponerla en práctica. En el caso de Venezuela cancelaron un contrato con Rusia para dos nuevos reactores. Israel desde 1960 tenía planes para crear su primera central en el país, pero tras el accidente cambiaron de parecer. Otros países que también han tenido una conducta similar han sido Kuwait (planes para cuatro reactores que luego cancelaron) y Brasil con otros dos reactores planeados dos meses previos a Fukushima que luego fueron cancelados también. En Europa tal y como explica Jorant (2011), sucedió algo similar con Alemania que redujo la actividad nuclear para dar paso a plantas de carbón y GNL más eficientes, además de energías renovables. Suiza canceló sus planes para expandir su infraestructura nuclear. Otros países que siguieron conductas de “salida” fueron: Grecia, Omán, Perú, Portugal y Singapur.

Profundizando el caso de Alemania, es el ejemplo más claro de voluntad de rehuir de la energía nuclear, donde su actuación tal y como apunta Wittnben (2012) fue cautelosa y desde el primer momento ya se estigmatizó a la energía nuclear. Esto puede verse, en primer lugar, con los medios de comunicación, donde los medios digitales y escritos no pararon de informar durante cuatro semanas acerca del porqué del accidente, sus causas y consecuencias, posibles costes de reparación de daños...etcétera. Tal y como explica Huenteler et al. (2012) esto causa que la población alemana, al estar más preocupada y formada, demande una mayor transparencia sobre el plan nuclear del gobierno, a lo que el gobierno alemán accede. Además, el gobierno desactiva todos sus reactores de edad avanzada para una reexaminación, adoptando una política orientada hacia las energías

renovables, cambiando su postura y volviendo a la posición que tenía el país desde los 90 de expandir sus fuentes renovables. Según Wittnben (2012), cabe resaltar el factor cultural e histórico en el caso del país. Alemania pese a estar alejado de Japón, posee una cercanía histórico cultural con este país. Ambos han compartido una historia de reconstrucción de su nación al perder la Segunda Guerra Mundial y siempre han tenido una metodología de trabajo y estándares de calidad muy similares, además de una clara reputación por sus obras de ingeniería y eficiencia; viendo el pueblo alemán al japonés como su homólogo asiático; llegando a la conclusión de que, si un accidente de ese calibre ha sucedido en Japón, puede suceder también en Alemania. Además, Alemania estuvo durante la Guerra Fría en una zona de conflicto muy probable, ya que tenía en su territorio a EE.UU. y la URSS. Durante años Alemania tuvo la presencia continua de armas nucleares por la continua escalada de tensiones. Esto provocó que con el pasar de los años la población repudiase estas armas y, por ende, a la energía nuclear, algo que claramente pudo verse tras el accidente de Fukushima

En segundo lugar, tal y como explica Ramana (2013), nos encontramos con el grupo de países cuyo desagrado con la energía nuclear es más leve. Son países que, pese a la situación del accidente, sus gobiernos tenían claro seguir con la expansión de las fuentes de energía nuclear, pero que, por culpa de la opinión pública del país, tuvieron que tomar medidas contrarias a su intención de expansión nuclear. Ejemplos de este comportamiento son Italia, Lituania, Filipinas y Jordania. Para el caso de Italia, Koo et al. (2014) explica que tras el accidente de Chernóbil en Italia hubo una reducción progresiva de la energía nuclear. Sin embargo, el país tenía intención de recuperarla y llegó a ser la mayor promesa en Europa de reinstaurar plantas en 2009 por iniciativas del gobierno de Berlusconi. Desgraciadamente tras Fukushima, el proyecto de expandir de nuevo la energía nuclear en el país fue rechazado por los ciudadanos que votaron en contra con mayoría abrumadora y eliminaron por completo la fuente nuclear de su matriz energética. En el caso de Lituania se dio una situación parecida a la de Italia, con una fuerte oposición pública ante la construcción del primer reactor, forzando su cancelación. En Lituania, sin embargo, el gobierno creó un matriz energética futura donde la nuclear podía (o no) tener representación. En Filipinas históricamente el país ha tenido interés en construir plantas nucleares, pero por la oposición del pueblo decidieron aplazarlo sin fecha concreta. Jordania también sufrió oposición por parte del pueblo e incluso llegando a su parlamento tras el accidente en 2012. Desmanteló su gabinete especializado en la expansión nuclear y canceló la construcción de su primer reactor y una docena de contratos ya estipulados.

En tercer lugar, tenemos a los países que han sido firmes en su decisión de mantener la energía nuclear en su matriz o simplemente han retrasado proyectos para calmar a la

opinión pública y así poder instaurarlos posteriormente. Según Bauer et al. (2018) aquí figuran las grandes potencias como China (retrasó sus proyectos hasta 2014), Rusia, EEUU, UK, Irán e India. Ejemplos más minoritarios son Argelia, Bangladesh, Indonesia, Polonia, Arabia Saudí, Turquía, EUA, Bielorrusia, Finlandia y Vietnam. El ejemplo más claro aquí es Indonesia, país que pese a padecer desastres naturales como el que ocasionó el accidente de Fukushima y además de tener históricamente oposición pública por más de la mitad de la población (64% en 2013), el gobierno indonesio siguió firme en su decisión de instaurar energía nuclear en el país tras el accidente.

De todos modos, pese a las diferencias conductuales que los países presentaron tras el accidente, todos coinciden en varios aspectos que se dieron tras éste, especialmente en el grupo de naciones más afines a la energía nuclear. Según Ramana (2013), las características comunes a todos los países tras el accidente era la seguridad en la construcción de plantas. Los gobiernos aseguraban que las plantas nucleares que se iban a construir eran siempre las más seguras hasta la fecha y con la tecnología, diseño y eficiencia que menos riesgo tenían en el mercado. También coincidían en presentar a la energía nuclear como algo necesario de lo que no se pueden desprender y que, pese a ser una inversión inicial costosa, luego resulta en energía mucho más barata y accesible para los ciudadanos. Los fabricantes y países más leales también presentaron grandes ayudas para facilitar la entrada de la energía nuclear tras el accidente, habiendo gobiernos que incentivaban con ayudas económicas a cualquier proyecto relacionado y empresas prometiendo dar puestos de trabajo a los trabajadores estacionados en el lugar del proyecto.

Una característica también común en todos los grupos era la de negar la probabilidad de que ese accidente se diese en sus respectivos países, "*it cannot happen here*" fue una de las frases más repetidas por los diferentes gobiernos, incluso cuando aún no se tenía en claro que había sucedido exactamente; gobiernos como el de Polonia entre otros declararon que su país no podía sufrir esos accidentes porque su diseño y tecnología eran mucho más seguras que sus contrapartes niponas.

Finalmente profundizamos en los casos de Reino Unido y China; en el caso de Reino Unido al ser un ejemplo opuesto a Alemania, pese a su cercanía. China por otra parte sirve para dar un ejemplo de cómo una superpotencia próxima al accidente se comportó durante éste.

En el caso de Reino Unido, debido a su cultura como por su geografía, el accidente de Fukushima apenas provocó cambios en sus políticas referentes a la energía nuclear. A diferencia de Alemania, tal y como apunta Wittben (2012), la prensa británica con este

suceso fue mucho más efímera, perdiendo la importancia tras la primera semana y divagando hacía otros sucesos de interés nacional. Por esta razón, tanto el gobierno como su población apenas demandaron nada, ya que la prensa cambió el foco de atención a las tropas británicas en Libia y dentro del tejido energético de Reino Unido. Tanto las fuentes energéticas de la rama nuclear como renovable tienen poco peso en comparación al combustible fósil, sumado a que Reino Unido está más alejado del accidente, la contaminación nuclear sería apenas percibida. Debido a estos sucesos, tal y como apunta Jorant (2011), la población británica lo categorizó como una tragedia, pero no hubo repercusiones a nivel local en sus políticas como explica

Finalmente tenemos el caso de China un país que ha poseído siempre un modelo energético basado en el carbón, que tal y como apunta Huang et al. (2018) desde la década del 2000, el gobierno chino decidió crear una nueva matriz energética, puesto que el nivel de desarrollo y expansión económica del país no podía ser satisfecha sólo con este recurso energético. Además, el gran uso del carbón en China acarrea serios problemas medioambientales que afectan a su población, siendo la polución del aire en zonas urbanas el problema de mayor gravedad. Por ello el país decidió diversificarse hacia una rama alternativa, siendo ésta la nuclear, ya que las renovables encontraban complicaciones en el costo y dificultades técnicas en el país. Desde entonces el país ha sido el primero en liderar proyectos de expansión de este tipo de energía, habiendo cumplido su objetivo en 2020 de tener el 4-5% propuesto en su plan inicial y ahora yendo al objetivo de aumentar esa cifra hasta un máximo del 25% en 2050.

En cuanto a la situación concreta en la que se encontraba China, el país cuando sucedió el accidente ya tenía aprobados un total de 39 proyectos de reactores, de los cuales tras el accidente aún quedaban 26 por construir. Según Ming et al. (2016), debido a que la opinión pública empezó a preocuparse por el accidente, el gobierno chino decidió dejar los proyectos pendientes o bajo construcción a la espera. La espera finalizó en 2014, ya que el grado de aceptación había vuelto a niveles previos del accidente, y por ello, comenzaron de nuevo gradualmente la construcción de los reactores restantes. Durante los años de espera, el gobierno anunció a las empresas que deberían cumplir unas medidas de precaución y seguridad mayores, factor que cumplieron y tranquilizó más a la opinión pública. Además, según Huang et al. (2018), el gobierno chino para acelerar la nueva reinstauración instauró beneficios económicos a los proyectos. Así pues, podemos ver que la actitud de China frente al accidente de Fukushima fue del todo acertada, conscientes del poder que tiene la opinión pública sobre la aceptación o no de la energía nuclear, decidieron pausar su proyecto de expansión con el fin de que éste, al ser reanudado, no encontrase ninguna dificultad en este aspecto.

2.7 Situación internacional actual de la energía nuclear

Como última sección tenemos cuál es la situación que se está dando hoy en día, en el mundo de la energía nuclear, donde tras una década del accidente, la situación energética internacional ha variado bastante. Según Bauer et al. (2018), tenemos a los países que en su día categorizaron a Fukushima como una tragedia pero realmente no cambiaron sus matrices ni sus planes estratégicos siguen a día de hoy igual; EE.UU., Reino Unido, Rusia, India, China o Francia. Ya sea por la gran dependencia y peso de la energía nuclear en su matriz, como es en el caso de Francia, o bien porque esta fuente es capaz de satisfacer las enormes tasas de crecimiento anuales, como es el caso del resto de potencias citadas, la distribución de sus fuentes energéticas no ha sufrido grandes cambios.

En el caso de los países que rehuyeron de la energía nuclear por presiones de la población como fueron los casos de Brasil, Italia o Filipinas, tal y como explica Ramana (2013), actualmente siguen sin reactivarse dichos reactores, lo que implica que la decisión tomada hace ya una década sobre la producción de energía vía fuente nuclear sigue siendo la misma. Sin embargo, la situación en países de esta índole podría cambiar en los años venideros, puesto que los niveles de aceptación y tolerancia sobre la energía nucleares son parecidos a la sensibilidad previa al accidente de 2011. De todos modos, recalcamos que sigue siendo el gobierno quien tiene la última palabra acerca de la reactivación de plantas nucleares.

Por último, en países que rehuyeron por completo de esta fuente energética tal y como explica Koo et al. (2014) tenemos a Alemania, Suiza, Suecia y Japón. En los casos europeos, sólo es Suecia el único país que se ha retractado de su política pasada de ir gradualmente abandonando dicha fuente. Actualmente el país, pese a no invertir en la construcción de nuevas plantas ni reactores, sí lo hace en la expansión de la vida útil de éstos vía reparaciones y chequeos periódicos, dando a entender que al gobierno sueco le interesa mantener matriz energética con un peso de la nuclear considerable (34%). En los otros casos, Suiza no se ha movido desde que proclamó cierto rechazo a esta fuente tras el accidente; desde entonces hasta el día de hoy dejó que sus centrales nucleares produjesen una cuarta parte de la energía nacional y así continúa en el presente. Finalmente, tenemos a Alemania, quienes han sido firmes en su política de transformación de su infraestructura energética tras el accidente. Según Huenteler et al. (2012) y Ramana (2013), la política alemana consistía en ir traspasando de manera gradual la producción energética de fuentes nucleares a renovables e instalaciones térmicas más eficientes, para poder ir así desactivando los diferentes reactores. Hoy en día, continúan aplicando medidas de esta transición gradual, siguiendo así su

Energiewende, cuyo fin a largo plazo es establecer a la energía renovable como la fuente principal de energía en el país.

En el último caso está Japón, y tal y como apunta (Hayashi 2013), el país desde que instauró sus políticas energéticas en el corto plazo sustituyendo toda su producción de energía vía fuente nuclear por fuente térmica, siendo el GNL el recurso de mayor importancia, cambió de parecer en 2014, donde el gobierno creía conveniente la reincorporación gradual de la energía nuclear. Tal y como dicen Vivoda, Graetz (2014) Fraser, Aldrich (2020), este cambio de decisiones se debe principalmente al considerable aumento de gasto que llevaba el país en importaciones adicionales de combustibles fósiles y al hecho de que Japón podía rehabilitar un gran número de centrales que estaban en condiciones óptimas para volver a funcionar. De todos modos, el gobierno decidió una instauración gradual dadas las circunstancias y el contexto reciente y al riesgo de la desaprobación de la ciudadanía y gobiernos regionales por el descontento con la energía nuclear. Hoy en día, tal y como se muestra en la World Nuclear Association¹⁰, el país nipón ha rehabilitado 9 reactores con un peso del 8% en su matriz energética y tiene planes para reactivar otros 17 en el futuro próximo, aumentando así el peso a una quinta parte del total.

3. Impacto del accidente en el consumo de la energía nuclear

En esta sección del trabajo se analiza el impacto que tuvo el accidente nuclear de Fukushima en el consumo de energía nuclear en 25 países del mundo perteneciente a siete regiones distintas: Norteamérica, Sudamérica, Europa Occidental, Europa Oriental y Asia. Para ello, se ha elaborado una extensa base de datos que incorpora el consumo de energía nuclear por países ocho años antes del accidente de Fukushima y ocho años después. Para poder evaluar el impacto del accidente en el consumo de energía nuclear se han utilizado las tasas de crecimiento interanual y el consumo nuclear anual de los 18 años. A partir de estos datos se han calculado la tasa de crecimiento medio del consumo nuclear y la tasa del consumo nuclear medio anual para los periodos 2004-2011 y 2012-2019. Finalmente, estas tasas medias se han utilizado para calcular las tasas de variación del crecimiento medio del consumo nuclear y del consumo nuclear medio, con el fin de evaluar la evolución de estas variables en los años estudiados y ver si Fukushima ha tenido repercusión.

¹⁰ Anteriormente conocida como Uranium Institute, la World Nuclear Association (WNA) es una cofederación de compañías relacionadas con la producción de energía nuclear.

A continuación, en un primer apartado se presentarán los datos y la metodología utilizada y posteriormente, en los siguientes apartados se presentarán los principales resultados que se desprenden de nuestro análisis para las diferentes regiones analizadas y un ranking de las tasas de variación del consumo nuclear medio y el crecimiento medio del consumo nuclear, ordenadas de mayor a menor e ilustradas con dos mapas.

3.1 Datos y metodología

Para analizar el impacto que tuvo el accidente nuclear de Fukushima en el consumo de energía nuclear a nivel internacional, se ha construido una base de datos que incorpora el consumo de energía nuclear, expresada en teravatios-hora o (a partir de ahora, TWh)¹¹

Los datos han sido extraídos de Our World in Data, usando los datos de *nuclear energy generation* desde el año 2004 hasta el 2019 de 25 países diferentes. En total, se han recopilado datos del consumo de energía nuclear en TWh de 25 países del mundo desde el año 2004 hasta el 2019. La serie temporal se ha escogido de esta manera ya que todos los países a estudiar presentaban sus datos de manera homogeneizada hasta el 2019. Para que el análisis comparativo fuese lo más equivalente posible, se han cogido la misma cantidad de años previos al accidente, siendo 2004 el año con el que se comienza la serie cronológica.

Una vez seleccionada la variable de interés y los años, se ha procedido a elaborar un Excel que contiene los datos de los 25 países con sus datos de consumo nuclear que va desde 2004 hasta 2019. Para poder analizar el impacto que tuvo el accidente nuclear de Fukushima en el consumo de energía nuclear hemos dividido la serie temporal de la que disponemos (2004-2019) en dos etapas. Una primera etapa que va del 2004 al 2011 y que corresponden al consumo de energía nuclear TWh antes del accidente y una segunda etapa que va del 2012 al 2019 y que corresponde al consumo de energía nuclear TWh después del accidente. Tomando como referencia el año 2011, para las dos etapas de tiempo consideradas se calculan las tasas de crecimiento medio del consumo nuclear y el consumo nuclear medio, para finalmente calcular sus tasas de variación. Por último, para cada país se ha elaborado un gráfico de barras del consumo nuclear anual donde queda recogida tanto la tendencia de crecimiento medio de energía nuclear como el consumo medio. El análisis de los países se distribuye según su zona geográfica, siguiendo el orden descrito: Norteamérica, Sudamérica, Europa Occidental, Europa Oriental y Asia. A continuación, pasaremos a describir cómo se han obtenido los cálculos:

¹¹ Un teravatio-hora equivale a un billón de vatios-hora.

- Tasas de crecimiento medio del consumo de energía nuclear: para este cálculo se ha utilizado la fórmula de la tasa del crecimiento medio para los periodos del 2004-2011 y 2012-2019 que sigue a continuación.

Tasa de crecimiento medio del consumo de energía nuclear

$$= \left(\left(\frac{\text{Valor final del periodo}}{\text{Valor inicial del periodo}} \right)^{1/7} - 1 \right) \times 100$$

Con la tasa de crecimiento medio del consumo de energía nuclear averiguamos el valor medio de crecimiento para cada etapa a analizar, dando de forma resumida si el país ha aumentado o disminuido el ritmo de crecimiento del sector nuclear en los dos periodos estudiados.

- Consumo medio de energía nuclear: para la obtención de esta variable sólo hemos calculado la media aritmética de las dos etapas 2004-2011 y 2011-2019 con la fórmula que procede.

$$\text{Consumo medio de energía nuclear} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7}{7}$$

Con el promedio del consumo nuclear podemos comparar cada etapa y observar si tras el accidente de Fukushima el consumo nuclear ha ascendido o descendido a un nivel medio.

- Tasa de variación del crecimiento medio: este cálculo se ha realizado utilizando el valor inicial y final de las tasas de crecimiento del consumo de energía nuclear en cada periodo

Tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear

$$= \frac{(\text{Tasa de crecimiento medio}_{2011-2019} - \text{Tasa de crecimiento medio}_{2004-2011})}{\text{Tasa de crecimiento medio}_{2004-2011}}$$

Gracias a este cálculo, sabemos si tras el accidente de Fukushima, el país analizado aumentó o disminuyó su aceleración en la expansión del sector nuclear.

- Tasa de variación del consumo medio: se ha seguido el mismo procedimiento que la tasa de variación del crecimiento medio, sólo que tomando como referencia el promedio del consumo nuclear de los tramos anterior y posterior a Fukushima.

Tasa de variación del consumo nuclear medio

$$= \frac{(\text{Consumo nuclear medio}_{2011-2019} - \text{Consumo nuclear medio}_{2004-2011})}{\text{Consumo nuclear medio}_{2004-2011}}$$

Este cálculo es el más representativo en observar si un país está aumentando o disminuyendo la energía nuclear en su matriz energética, puesto que el consumo nuclear es el dato representativo más fiel.

A continuación, se mostrarán los análisis de las diferentes regiones con la metodología ya descrita, teniendo en primer lugar a Norteamérica con EE.UU..

3.2 Norteamérica

a) Estados Unidos

El país norteamericano lleva siendo la primera potencia mundial desde principios del siglo XX. Por esta razón, EE.UU. es de los países que más energía consume, de hecho, hasta el 2008, fue el líder mundial en consumo de energía¹².

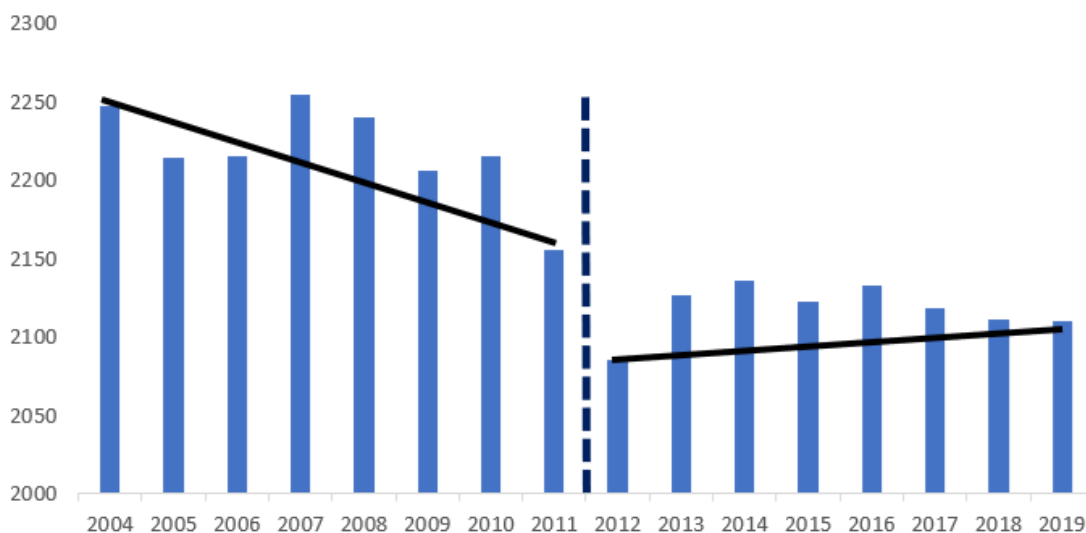
En relación con la energía, el país ha sido históricamente pionero en las diversas fuentes, siendo de los primeros en incorporar el petróleo y la energía nuclear en grandes proporciones, además de mejorar la eficiencia de esos recursos.¹³

En cuanto a la energía nuclear, EE.UU. es el mayor consumidor a nivel mundial de esta fuente, con un total de 94 reactores operativos, siendo construidos la mayoría en la década de los 80. Desde entonces los reactores nucleares han suplido el 20% del consumo energético del país. A continuación en la figura 1 se detalla el consumo de energía nuclear en EE.UU. entre el 2004 y el -2019, expresado en TWh.

¹² Fue superado por China en 2009 y desde entonces EE.UU. es el segundo consumidor a nivel internacional.

¹³ Por ejemplo, la técnica de la fracturación hidráulica o *fracking*, tecnología que ha facilitado enormemente la obtención de petróleo y GNL. Ésta fue innovada en el país en 1860 y se popularizó de manera comercial en 1998. Según el EIA, gracias a este técnica EE.UU. aumentó su producción de petróleo en un 45% desde 2010, siendo el segundo mayor productor a nivel mundial.

Figura - 1: Consumo de energía nuclear en EE.UU. (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

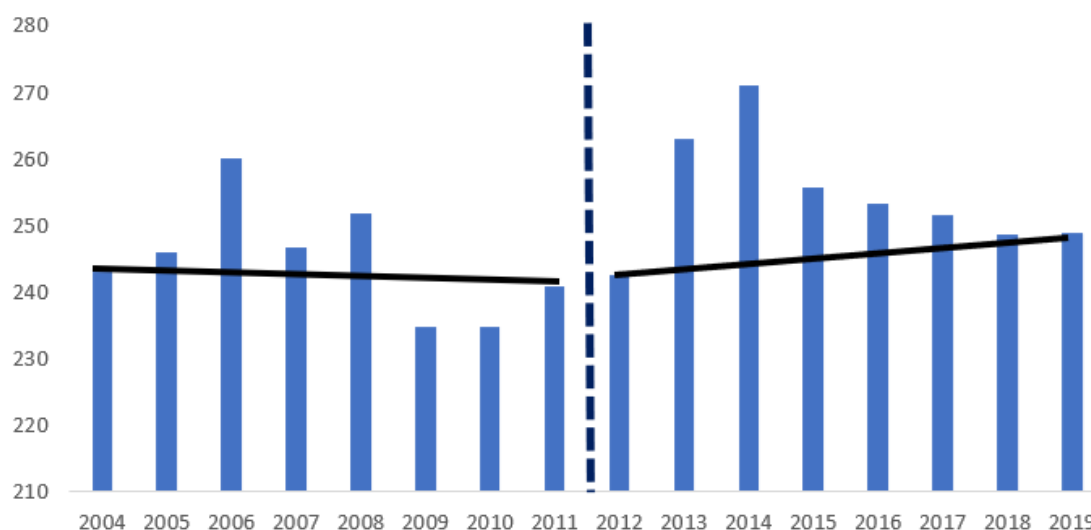
Tal y como se puede observar en la figura 1, el consumo de energía nuclear en EE.UU. durante todo el periodo analizado se ha mantenido entre los 2000 y los 2250 TWh. Si nos fijamos con la tendencia de consumo, podemos observar una tendencia a la baja durante la primera mitad de etapa previa al accidente, que se acentúa en 2010-2011. La tasa de crecimiento medio del consumo nuclear del consumo de energía nuclear de este periodo fue del -0,59%, con un consumo promedio de 2218,4 TWh. En cambio, si analizamos la tendencia para el periodo posterior al accidente de Fukushima, es decir entre el periodo 2012-2019, aunque el consumo de energía nuclear se ha mantenido inferior al de la primera mitad con un promedio de 2117,8 TWh, se observa una tendencia al alza con un crecimiento medio del consumo nuclear del 1,27%. Finalmente, por lo que hace referencia a la tasa de variación del crecimiento medio del consumo en energía nuclear entre el periodo anterior al accidente y posterior al accidente, observamos un crecimiento del 1,27%, puesto que EE.UU. ha pasado de una etapa de decrecimiento a una etapa de crecimiento. Para el caso del consumo medio nuclear, su tasa de variación antes del accidente y después del accidente se ha reducido en un 4,5%.

b) Canadá

Si EEUU históricamente ha sido un referente en el consumo de combustibles fósiles, Canadá prácticamente lo opuesto. Pese a no situarse como una economía líder a nivel mundial en términos del PIB, sí que figura en las diez primeras potencias. Con una política energética basada en energía renovable y nuclear principalmente, Canadá es uno de los países como ejemplo a seguir si se persigue un modelo energético que promueva la reducción de emisiones de CO₂ y las fuentes renovables.

En energía nuclear, Canadá posee actualmente 19 reactores operativos y según la World Nuclear Association, la producción nuclear de estas plantas supone el 15% de la matriz energética del país. A continuación, en la figura 2 se detalla el nivel de consumo de energía nuclear entre los años 2004 y 2019 en TWh.

Figura - 2: Consumo de energía nuclear en Canadá (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

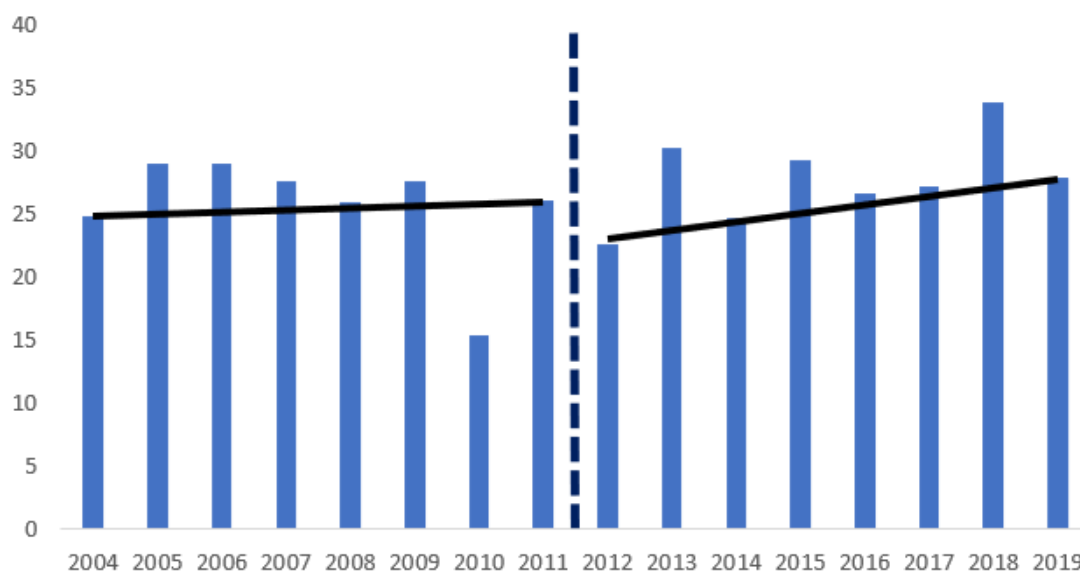
Observando la figura 2, podemos ver el consumo nuclear canadiense expresado en TWh, que oscila entre los 230 TWh y 270 TWh en el periodo de tiempo comprendido entre el 2004 y el 2019. En el periodo 2004-2011, Canadá muestra una tendencia de consumo media estable, puesto que el máximo del 2006 de 260 TWh se ve compensado por las caídas del 2009 y 2010 de 234 TWh ambas. Concretamente, Canadá presenta en esta etapa una tasa de crecimiento medio del consumo nuclear del -0,12% y un consumo nuclear medio de 244,6 TWh. Tras el accidente de Fukushima, la etapa del 2012-2019 muestra un clara tendencia al alza en el consumo medio anual nuclear. Los años 2013 y 2014 son los máximos en esta etapa, con 262 TWh y 271 TWh respectivamente. Los años a partir del 2015 hasta el 2019 el consumo va en una tendencia a la baja, llegando al 2019 con un consumo anual de 248 TWh. Respecto a la tasa de crecimiento medio del consumo nuclear se da un incremento medio anual del 0,36% y un consumo medio nuclear superior al de la etapa pasada con 253,3 TWh. Respecto a las variaciones de la tasa crecimiento medio del consumo nuclear y del consumo nuclear medio entre las etapas del 2004-2011 y 2012-2019, se dan en ambos casos incrementos. Concretamente uno del 3,86% en el crecimiento medio del consumo nuclear interanual y un aumento del consumo del 3,94%.

c) México

Finalmente tenemos a México como último país norteamericano, el cual se sitúa como la economía más débil de los tres países que conforman el continente, caracterizándose como un país emergente. Dicha calificación se puede observar en sus fuentes de energía, donde el acceso a renovables o nuclear está más limitado y el combustible fósil es el que más abunda debido a su mayor asequibilidad en coste

En cuanto a la energía nuclear, el sector en México tiene un peso poco representativo, tan sólo un 4,5% con dos reactores en todo el país. A continuación, en la figura 11 se detalla el consumo de energía nuclear en México entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh. A continuación, en la figura 3 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 3: Consumo de energía nuclear en México (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

La energía nuclear en México tiene poco peso en el consumo del país, oscilando entre los 15 TWh y 33 TWh en los años comprendidos entre el 2004 y 2019. Los años anteriores al accidente, 2004-2011, muestran una tendencia de crecimiento ligeramente al alza concretamente con un crecimiento medio del consumo nuclear del 0,7%. El consumo nuclear medio se sitúa en los 25,7 TWh en toda la etapa, a excepción del 2010, donde el consumo llega a su mínimo de todo el periodo 2004-2019, con 15 TWh. Los años posteriores al accidente presentan también una tendencia de crecimiento positiva, aunque en mayor proporción que la primera etapa de 2004.2011, concretamente un 3,04% de crecimiento medio del consumo nuclear. En cuanto al consumo, éste también

ha aumentado, el nuevo promedio se sitúa en 27,8 TWh anuales, un aumento de 2 TWh respecto a la etapa previa de Fukushima. Como excepciones a esta media están los años 2013 y 2018, que se situaron con 30 TWh y 33 TWh respectivamente. Dado que ambas variables han aumentado tras el accidente de Fukushima, las dos tasas de variación son positivas; concretamente la del crecimiento medio del consumo nuclear se sitúa en un incremento del 3,3% y la del consumo medio nuclear en un aumento del 8,12%.

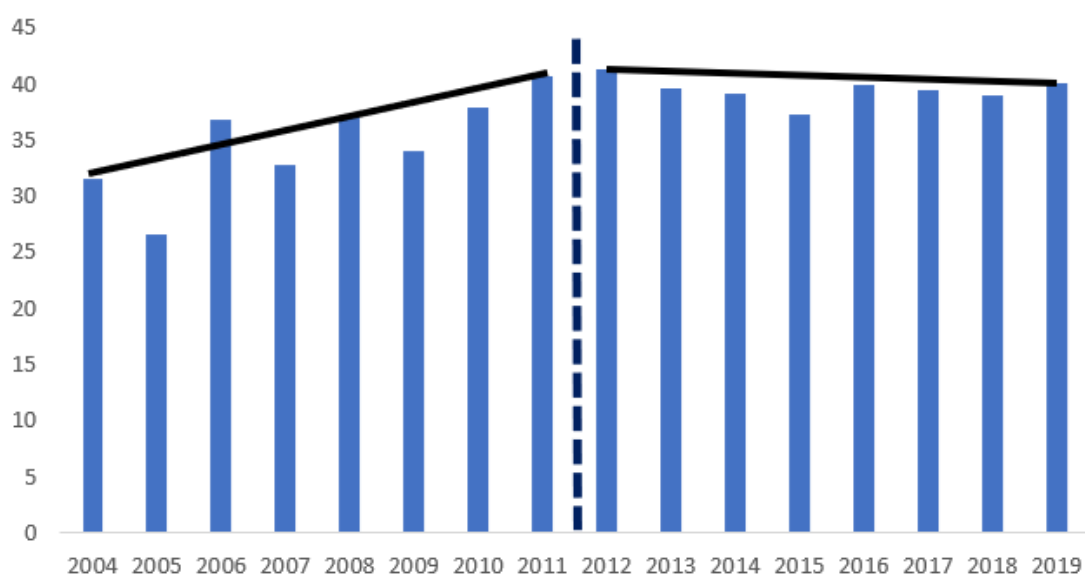
3.3 Sudamérica

a) Brasil

Brasil, la economía más potente del continente sudamericano y una de las más prometedoras a nivel internacional por estar aún en una fase emergente. En cuanto al sector energético, el país es uno de los casos más atípicos que se puede encontrar, ya que su principal fuente de energía es la renovable, concretamente la energía hidroeléctrica.

En relación con la energía nuclear, Brasil cuenta actualmente con dos reactores que producen el 3% de la energía de su matriz energética. Pese a que hubo planes para ampliar la producción con la implementación de nuevos reactores, el país cambió de parecer tras el accidente de Fukushima. En la figura 4 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 4: Consumo de energía nuclear en Brasil (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

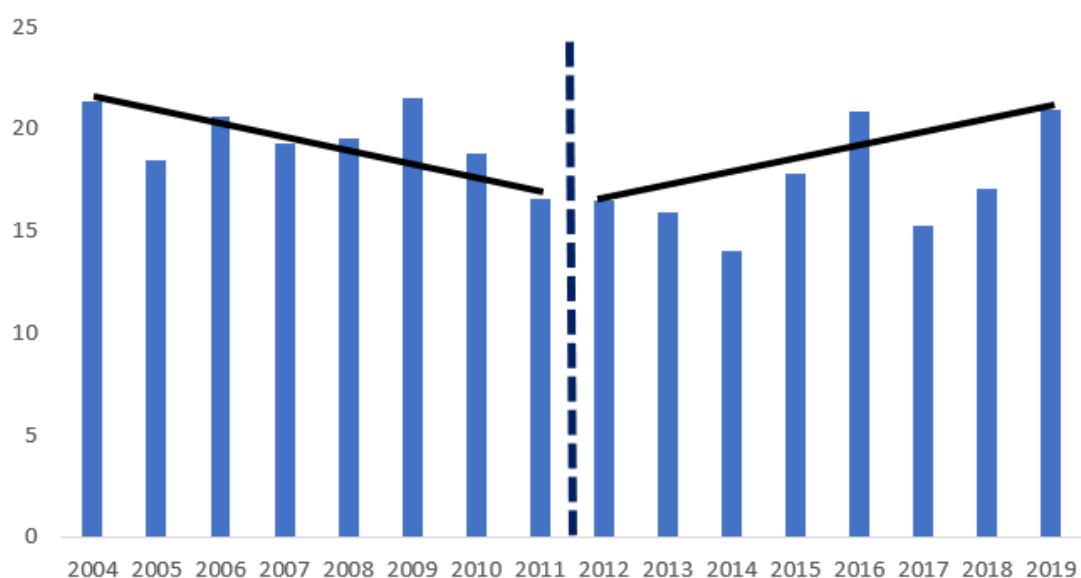
Tal y como muestra la figura 4, Brasil no posee mucha presencia de energía nuclear en su matriz, como representa su volumen de consumo, el cual ha oscilado entre los 26 TWh y 41 TWh durante los años 2004-2019. La etapa del 2004-2011 presenta una clara tendencia al alza en el consumo nuclear, donde se pasa de 31 TWh en 2004 a 40 TWh en el 2011, con un valor de crecimiento medio del consumo nuclear del 3,71%. El consumo, pese a ir al alza en todo el tramo con un promedio de 39,4 TWh, presenta caídas repentinas en el 2005, 2007 y 2009 respecto a sus años predecesores. La segunda etapa comprendida entre el 2012-2019 presenta un estancamiento del consumo, situándose en una media de 39,4 TWh ya que ahora la tendencia que se muestra es la de un decrecimiento moderado del -0,44%. En cuanto a las tasas de variación, la del crecimiento medio del consumo nuclear es un decrecimiento en un -1,12%, sin embargo, la tasa de variación del consumo medio nuclear se ha incrementado en un 13,9%.

b) Argentina

Argentina posee la segunda economía más potente del continente sudamericano por detrás de Brasil. De todos modos, no es una economía potente a nivel internacional por la gestión estatal del país, que suele acarrear con frecuencia periodos de gran inflación. Pese a ello, sigue siendo uno de los países más desarrollados de América del Sur.

En lo que se refiere a energía nuclear, Argentina posee tres reactores nucleares que han aportado un peso nuclear del 6% en su matriz energética. A continuación, en la figura 5 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 5: Crecimiento interanual del consumo de energía nuclear en Argentina (TWh), 2004-2019



Fuente: Elaboración propia

En relación con su energía nuclear, Argentina ha experimentado la situación contraria descrita en Brasil, es decir, es precisamente tras Fukushima que se da una tendencia de crecimiento media al alza. Si observamos la figura 5, podemos observar que el consumo entre los años 2004-2011 descendió de 21 TWh a 16,5 TWh, resultando en un consumo nuclear medio de 19,5 TWh. Por ello, se describe una tendencia claramente bajista, con un crecimiento medio del consumo nuclear negativo del -3,5%. En el periodo tras el accidente de 2012-2019, pese a presentarse una tendencia del consumo al alza, se dan caídas sucesivas varios años. El resultado es un crecimiento medio del consumo nuclear 3,44%, aunque consumo medio nuclear es de un volumen menor, con 17,3 TWh. De hecho, podemos observar la caída del 2012 hasta el 2014, donde se llega al mínimo ese año con 14 TWh. Este tipo de caídas se dan también en los tramos 2014-2016 y 2017-2019. Finalmente, en la variable del consumo medio nuclear, la tasa de crecimiento ha caído en un -11,4%. Por otra parte, el crecimiento del consumo se ha incrementado tras el 2011, con una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear de 1,98%.

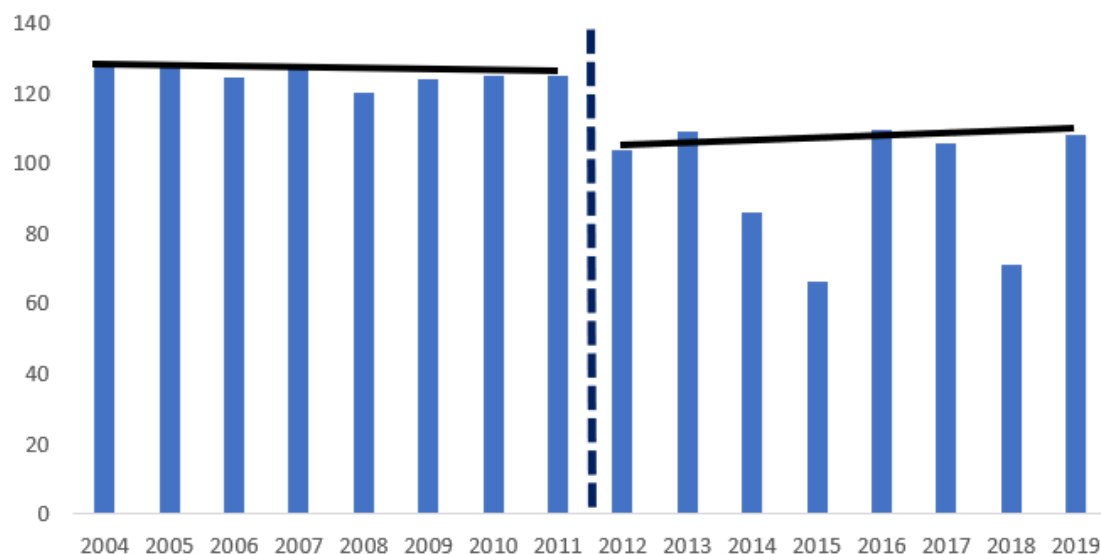
3.4 Europa occidental

a) Bélgica

Abriendo el continente europeo tenemos a Bélgica, país de referencia en la UE y centro de varias organizaciones internacionales. La distribución energética de Bélgica es reducida, ya que sus fuentes principales de energía son la nuclear y el GNL.

En energía nuclear según la World Nuclear Association, Bélgica posee un total de siete reactores y actualmente tiene uno en construcción; dándole toda esa infraestructura una producción eléctrica al país del 38% en su matriz de 2019. Sin embargo, el gobierno belga ha adoptado una política más enfocada a la energía renovable y ha pausado el desarrollo nuclear. A continuación, en la figura 6 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 6: Consumo de energía nuclear en Bélgica (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

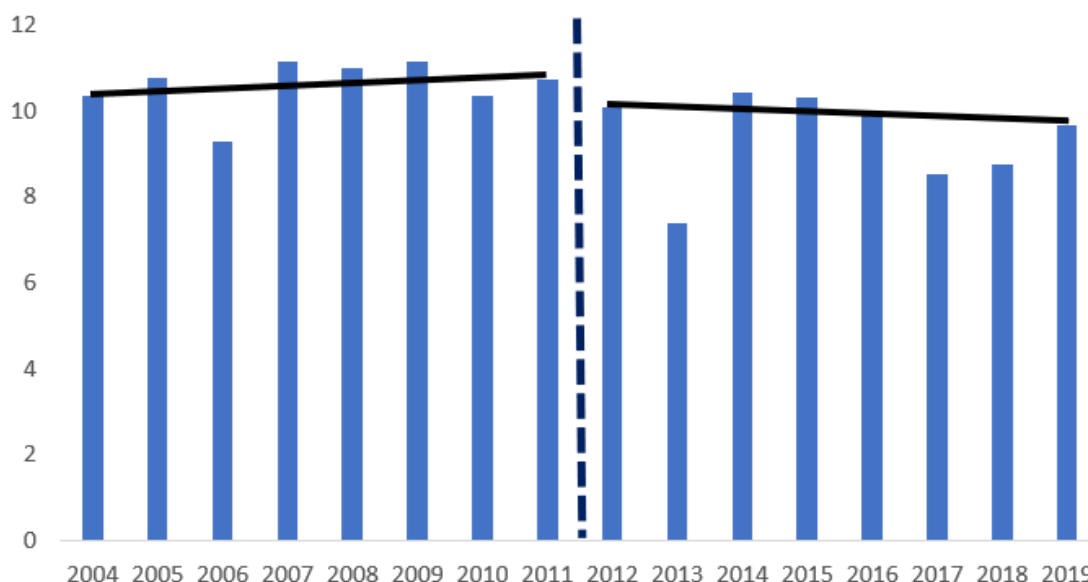
Referente a la energía nuclear, podemos observar que Bélgica posee altos niveles de consumo nuclear, en los años 2004-2019 el valor del consumo nuclear osciló entre los 66 TWh y los 128 TWh, con una gran prevalencia a en la etapa previa al accidente de Fukushima, con un promedio de 125,4 TWh anuales y una tendencia de consumo a la baja, aunque muy moderada, concretamente un crecimiento negativo del -0,34%. Sin embargo, ese nivel se descalabró tras el accidente de Fukushima, donde sólo en 2012 ya se habían perdido 21 TWh. La tendencia a la reducción nuclear se mantuvo hasta el 2015 donde alcanzó su mínimo de 66TWh, casi la mitad del consumo marcado en 2011. Sin embargo y tras otra caída en 2018, el consumo nuclear mantuvo una tendencia de crecimiento media al alza, situándose en 2019 en 108 TWh, el valor más cercano previo al accidente. Todas estas oscilaciones resultan en un consumo medio nuclear de esta etapa mucho menor, de 94,9 TWh y una tasa de crecimiento más moderada, de un 0,61%. Debido a esta contraposición, la tasa de variación del crecimiento medio en consumo nuclear es positiva, con un incremento del 2,77%, mientras que la tasa de variación del consumo medio nuclear es de un decremento del -24,3%, casi una cuarta parte.

b) Holanda

Seguimos con Holanda, referente a su situación energética, Holanda, pese a estar un país colindante a Bélgica, su infraestructura nuclear es completamente diferente, siendo un gran consumidor en recursos fósiles y una dependencia mínima de la energía nuclear.

En cuanto a la energía nuclear, Holanda sólo posee un reactor activo que produjo el 3% de electricidad en su matriz energética de 2019. Hasta 1997 tuvo dos reactores, pero por causas económicas tuvo que ser clausurado. A continuación, en la figura 7 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 7: Consumo de energía nuclear en Holanda (TWh), 2004-2011



. Fuente: Elaboración propia

Esta poca presencia llevada al consumo nos da que Holanda consumía en la primera etapa del 2004-2011 una media de 10,5 TWh. En 2004 fueron 10,3 TWh, cifra que apenas se incrementó en 2011 con 10,7 TWh. Esta etapa presentó una tasa de crecimiento medio del consumo nuclear positiva del 0,52%, con un valor del consumo medio nuclear de 10,6 TWh. En los años posteriores a Fukushima, el consumo nuclear tuvo una tendencia a la baja de intensidad similar al periodo anterior; de 10,8 TWh en 2012 a 9,6 TWh en 2019, resultando en un consumo nuclear medio de 9,39 TWh. Cabe mencionar que durante esta etapa se dieron bajadas repentinas en 2013 y 2017, con valores de 7,4 TWh (el mínimo) y 8,5 TWh respectivamente, lo que provoca que el crecimiento medio del consumo nuclear de esta etapa sea negativo, en un -0,52%. Esta evolución negativa tras Fukushima se ve reflejada en las tasas de variación, donde la del crecimiento medio del consumo nuclear cae en un 2,1% y la del consumo nuclear medio decrece también en un 11,4%.

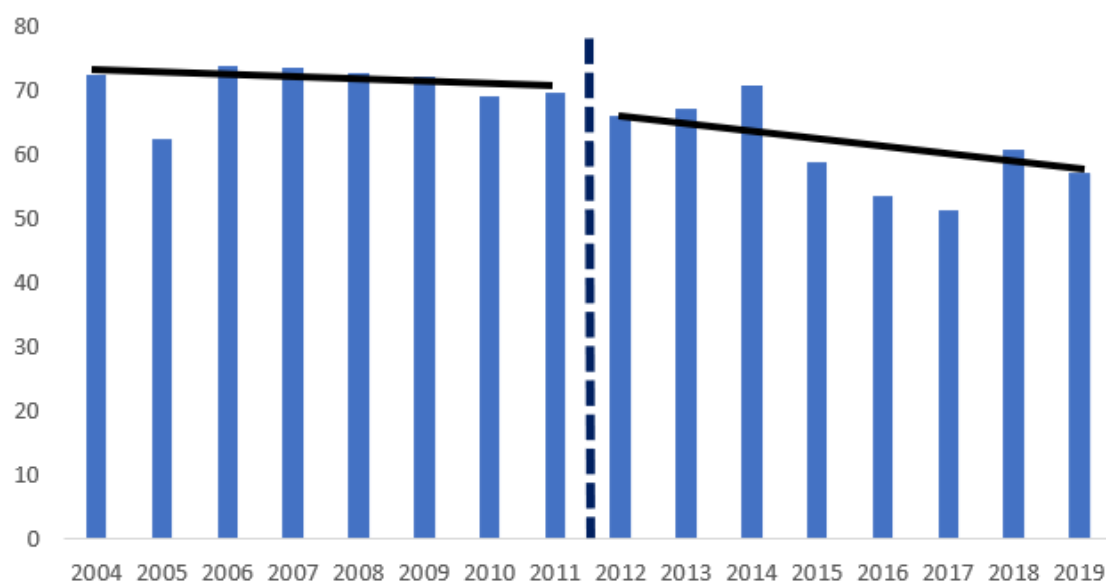
c) Suiza

En tercer puesto tenemos a Suiza, uno de los pocos países de Europa que realmente sí que alteró sus políticas energéticas tras el accidente nuclear de Fukushima. Previamente

al accidente Suiza tenía un modelo energético de producción basado en la energía nuclear y las fuentes renovables.

Suiza posee a día de hoy un total de cuatro reactores nucleares que le aportaron un total del 24% de la energía en la matriz energética de 2019. Tras Fukushima se adoptó una política de abandono progresivo, donde se desactivaron dos reactores, uno en 2011 y el más reciente en 2019. A continuación, en la figura 8 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 8: Crecimiento interanual del consumo de energía nuclear en Suiza (TWh), 2004-2019



Fuente: Elaboración propia

Entrando en materia de energía nuclear, Suiza mantuvo un consumo constante que se movía en torno a los 70 TWh en la primera etapa del 2004-2011, teniendo una caída en 2005 de 62 TWh, que se recuperó al año siguiente. Esto resulta en un consumo medio nuclear final de 70,74 TWh, con un crecimiento medio del consumo nuclear negativo moderado del -0,54%. Por otra parte, esa constancia de la etapa anterior no se ve en los años posteriores a Fukushima, ya que después de 2011, el consumo nuclear no paró de descender, pasando de 66 TWh en 2012 a 57 TWh en 2019, teniendo el mínimo en 2017 con 51 TWh. Esto resulta en un valor medio del consumo nuclear de 60,63 TWh anuales. Ambas etapas presentan la misma tendencia a la baja en consumo nuclear, aunque es la de 2012-2019 la de mayor intensidad, concretamente un decrecimiento medio del consumo nuclear del -2,75%. Finalmente, las tasas de variación de ambas variables son negativas debido a que el crecimiento de la etapa posterior al accidente ha sido negativo en mayor intensidad. La tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear

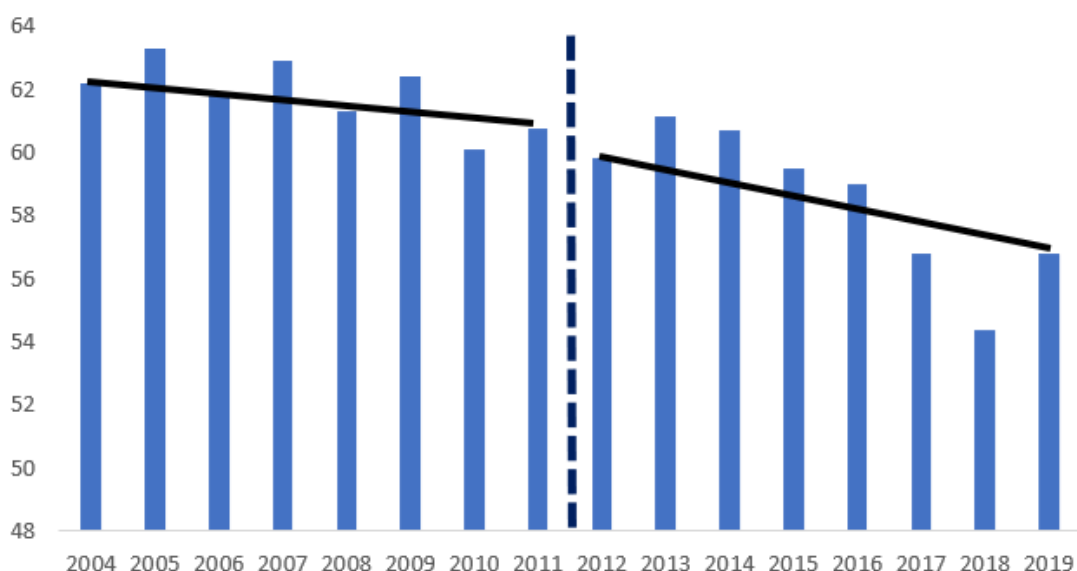
resultó en un decrecimiento del -2,75% y la del consumo medio nuclear en un decremento del -14,3%.

d) Finlandia

Moviéndonos hacia la región escandinava tenemos a Finlandia, el país más débil de la región escandinava, pero que más presencia nuclear tiene, energía que combina con fuentes renovables mayoritariamente.

Finlandia en lo que respecta a la energía nuclear posee cuatro reactores que produjeron un el 35% de la electricidad en la matriz energética de 2019 como avala la World Nuclear Association. Además, está en construcción un quinto reactor y hay planes para un sexto. A continuación, en la figura 9 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 9: Consumo de energía nuclear en Finlandia (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

En relación con el sector nuclear, Finlandia ha mostrado un consumo estable dentro de su línea, entre 54 TWh como el mínimo y 63,3 TWh el máximo entre los años 2004-2019, con un promedio en consumo nuclear de 61,8 TWh. Sin embargo, pese a que Finlandia no de cambios bruscos, el país muestra una clara tendencia a la baja en el consumo de energía nuclear, concretamente en una caída del -0,32% en su crecimiento medio del consumo nuclear. En el tramo de los años previos a Fukushima el consumo cae de 62 TW h en 2004 a 60 TWh en 2011. La caída se hace más evidente en los años después al accidente de Fukushima, donde se pasa del 2012 con 59,8 TWh a 56 TWh en 2019,

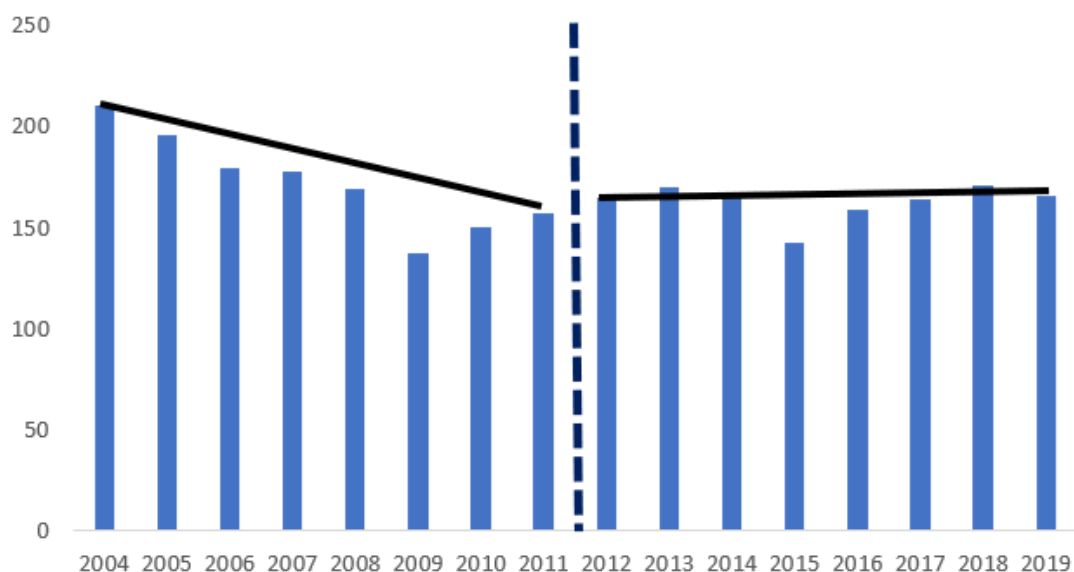
teniendo el mínimo en 2018 con 54,3 TWh, resultando en una tasa de crecimiento medio del consumo nuclear negativa del -0,74% y un consumo nuclear medio menor de 58.5 TWh. Las tasas de variación de ambas variables son negativas, la del crecimiento medio del consumo nuclear descendió en 1,25% mientras que el consumo medio nuclear cayó en un 5,42%.

e) Suecia

Cerrando la región escandinava tenemos a Suecia, país presenta una infraestructura energética similar a la de Finlandia en el uso mayoritario de fuente nuclear y renovable.

En energía nuclear, Suecia posee siete reactores que aportaron a la matriz energética de 2019 un 34% de la producción como dice la World Nuclear Association. Recientemente el país ha desactivado algunos reactores por el cese de su vida útil, pero el gobierno ha invertido en extensiones de la vida útil de éstos con actualizaciones y reparaciones. En la sección que prosigue al gráfico a continuación se profundiza más el repaso del consumo nuclear en el país sueco.

Figura - 10: Consumo de energía nuclear en Suecia (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

La energía nuclear en Suecia es uno de sus grandes contribuidores en la matriz energética como ya hemos mencionado. Esto se puede ver reflejado en su consumo en la figura 10, el cual se sitúa en una media de 167 TWh entre el 2004 y 2019, casi el triple que lo consumido en Finlandia. Sin embargo, la tendencia de esta energía no fue tan positiva en el tramo previo al accidente, con una clara tendencia descendente, que pasó de 210 TWh en 2004 a 156 TWh en 2011, con el consumo mínimo en 2009 con 136 TWh.

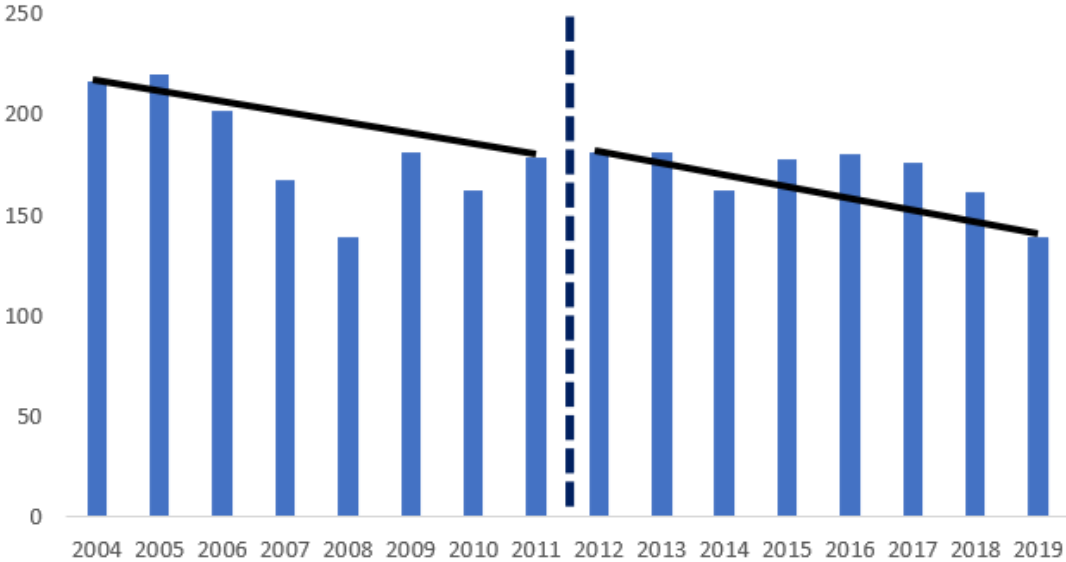
Esto resulta en una tasa de crecimiento medio del consumo nuclear negativa del -4,11% en toda esta etapa, con una cifra del consumo nuclear medio de 171.9 TWh. La cifra de consumo ha permanecido estable desde entonces en la etapa posterior al accidente, con 164 TWh en 2012 y 165 TWh en 2019, siendo un promedio de 162,7 TWh y una tasa de crecimiento muy moderada de un 0,08% positiva. La tasa de variación es positiva en el caso de la tasa de crecimiento medio del consumo nuclear ya que pasa de ser negativa en el 2004-2011 a positiva en 2012-2019, con un incremento final del 1,01%. En el caso del consumo medio nuclear es lo contrario, la tasa de variación es negativa en un 5,34%.

f) Reino Unido

Terminamos Europa occidental con las grandes potencias de ésta, teniendo en primer lugar al Reino Unido. El país fue de los pioneros en incorporar la energía nuclear a su matriz, razón por la cual su consumo va cada vez a menor, ya que el rendimiento a medida que pasa el tiempo decrece.

Esto se ve claramente cuando vemos que R.U, pese a tener la gran cantidad de reactores operativos, concretamente 15, éstos sólo produjeron el 15% de la matriz energética en 2019 según World Nuclear Association. Es por ello que el gobierno planea reemplazar los reactores existentes por unos nuevos para aumentar su productividad. En el siguiente gráfico podemos observarlo con mayor detalle. A continuación, en la figura 11 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 11: Consumo de energía nuclear en Reino Unido (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

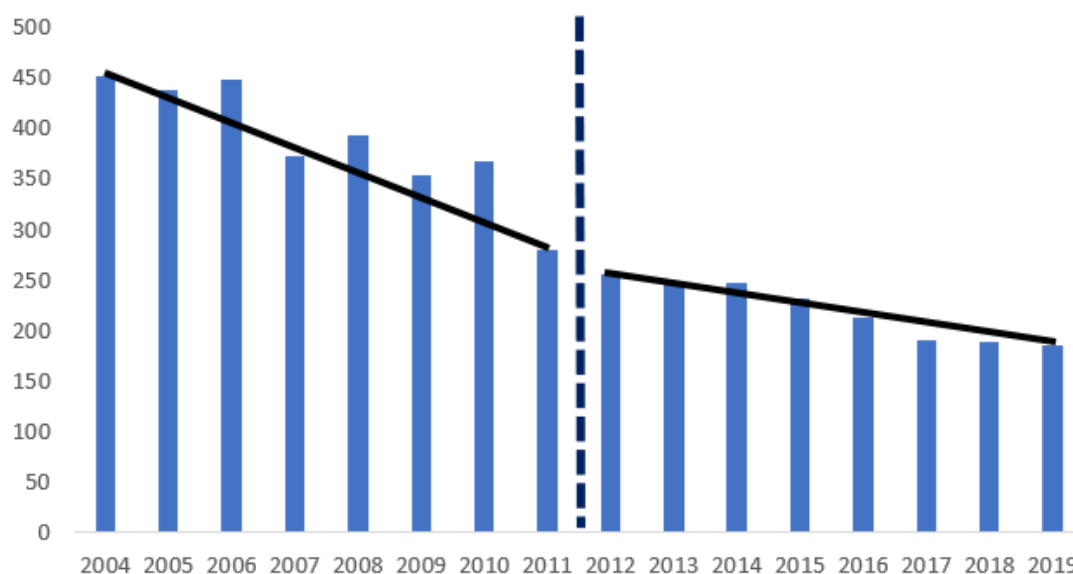
Entrando más en detalle, si observamos la figura 11, vemos que el consumo de la energía nuclear en R.U no ha parado de caer, independientemente de si es antes o después de Fukushima. En la etapa del 2004-2011, el consumo nuclear cayó 37 TWh, de 216 TWh en 2004 a 178 TWh en 2011, con el mínimo en el 2008 con 138 TWh, resultando en un consumo nuclear medio de 183,2 TWh. La tendencia a la baja se evidencia en una tasa de crecimiento negativa del -2,7%. Tras Fukushima, la tendencia bajista prevalece con una intensidad mayor, concretamente con una tasa de crecimiento negativa del -3,7%. Respecto al consumo nuclear, éste se mantiene en un promedio de 169,9 TWh ya que se pierden un total de 42 TWh, pasando de 181 TWh en 2012 a 139 TWh en 2019. La causa de caída constante como hemos mencionado al principio se debe a que los reactores del país ya están al límite de su vida útil, por lo que su rentabilidad cada año es más pobre. Esto causa que al producir menos energía cada año, el consumo también se reduzca. Esta caída resulta en que la tasa de variación de ambas variables sea negativa, en concreto, la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear es de un -0,37%, la del consumo medio nuclear es más intensa, con una caída del 7,26%.

g) Alemania

Como primera economía europea, Alemania tiene en su haber numerosas industrias de gran reputación internacional, las cuales consumen una enorme cantidad de energía. El país siempre ha tendido a rehuir de la fuente nuclear y a basar su modelo energético en el combustible fósil y más recientemente en las fuentes renovables tras el accidente de Fukushima

Alemania lleva siguiendo desde hace años su política energética *Energiewende*, donde se ha ido sustituyendo energía nuclear por renovables y GNL. En 2019 Alemania tenía sólo seis reactores activos con un peso del 12,5% en la matriz. En 2011 antes del accidente el país tenía 17 reactores activos y representaban una cuarta parte de la matriz de ese año, según la World Nuclear Association. A continuación, en la figura 12 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 12: Consumo de energía nuclear en Alemania (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

En el campo de la energía nuclear en Alemania, ésta no ha parado de decrecer desde el 2004 hasta el 2019, siendo la etapa de años previos a Fukushima la caída de mayor intensidad. Concretamente, se pasó de un valor de 452 TWh en 2004 a 279 TWh en 2011, perdiéndose un total de 176 TWh durante el transcurso. En total el del consumo nuclear fue negativo en un -6,62% anual, con un promedio del consumo nuclear de 388,05 TWh. Tras el 2011, el consumo siguió una tendencia a la baja con un promedio de 220,03 TWh, pasando de 256 TWh en 2012 hasta llegar al mínimo histórico en 2019 de 185 TWh, habiendo perdido en total 70 TWh en el transcurso de ocho años. El crecimiento del consumo nuclear también es negativo en un -4,47%. En cuanto a las tasas de variación, la del crecimiento medio del consumo nuclear es positiva en un incremento del 0,32%, puesto que la etapa de 2012-2019, como ya hemos mencionado, es menos intensa que la etapa del 2004-2011. Por otra parte, el consumo medio nuclear es la variable que se ha visto afectada realmente, con una tasa de variación de decremento valorado en un 43,2%, la mayor caída vista en Europa en el consumo de energía nuclear en los años 2012-2019, siendo motivada por el accidente de Fukushima.

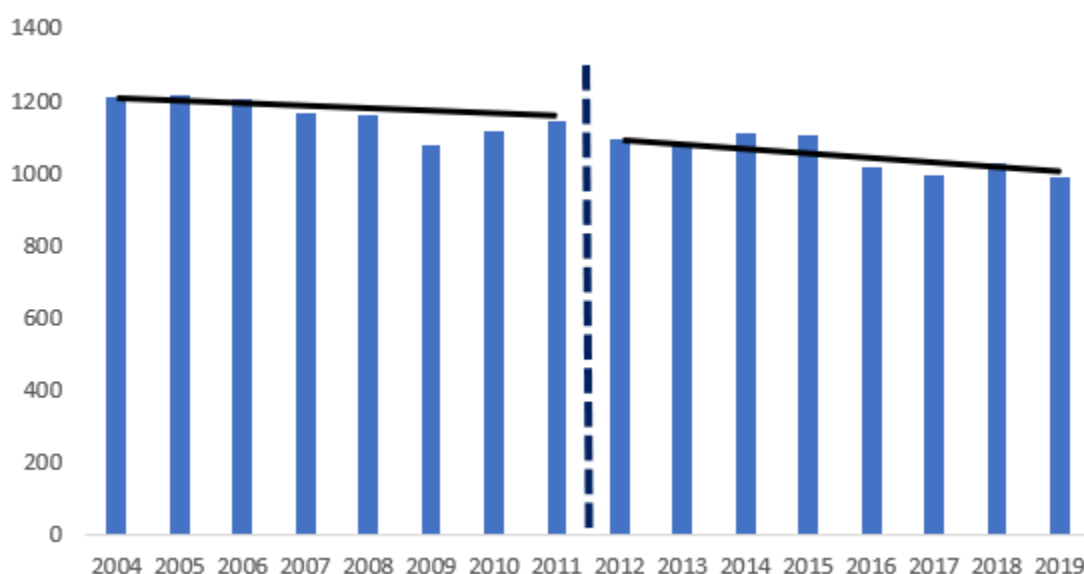
h) Francia

Probablemente uno de los países más interesantes de analizar, puesto que Francia, pese a ser la tercera economía europea con 2,7 billones USD en 2019 según el Banco Mundial, es el país que, en proporción a su infraestructura energética, posee la mayor fuente nuclear en todo el mundo. Además, Francia lleva siendo líder europeo en producción de

energía nuclear desde hace varias décadas, además de ser el segundo productor de energía nuclear a nivel mundial por detrás de EE.UU.

En energía nuclear, como indica la World Nuclear Association, Francia tiene actualmente 56 reactores nucleares activos que representaron un 71% de la matriz energética de 2019. Sin embargo, el gobierno tiene en su plan estratégico de energía reducir la presencia de esta fuente a un 50% en 2035. Actualmente hay un reactor en construcción. A continuación, en la figura 13 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 13: Consumo de energía nuclear en Francia (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Tal y como muestra el gráfico 13, Francia ha consumido en promedio la enorme cantidad de 1100 TWh a lo largo del 2004-2019. Sin embargo, la tendencia del consumo ha ido decreciendo al paso de los años, reduciendo un total de 200 TWh en estos 18 años analizados. Comenzando por la etapa de 2004-2011, Francia ha pasado de consumir el máximo de 1213 TWh en 2004 a 1146 TWh en 2011, perdiendo 66 TWh en total, resultando en un consumo medio nuclear de 1162,2 TWh. En esta etapa, el crecimiento medio del consumo nuclear es negativa en un -0,8%. En el segundo tramo, después del accidente de Fukushima, se aumenta la pérdida en 106 TWh, donde los 1095 TWh de 2012 pasan a ser 989 TWh en 2019, el mínimo absoluto. Por esta razón, el promedio del consumo ahora es menor, con un consumo medio nuclear de 1053,2 TWh, además de un crecimiento medio del consumo nuclear negativo más intenso, concretamente en un -1,45%. Debido a que la etapa del 2012-2019 posee una intensidad mayor en los valores negativos, las tasas de variación de ambas variables son ambas decrecimientos, donde

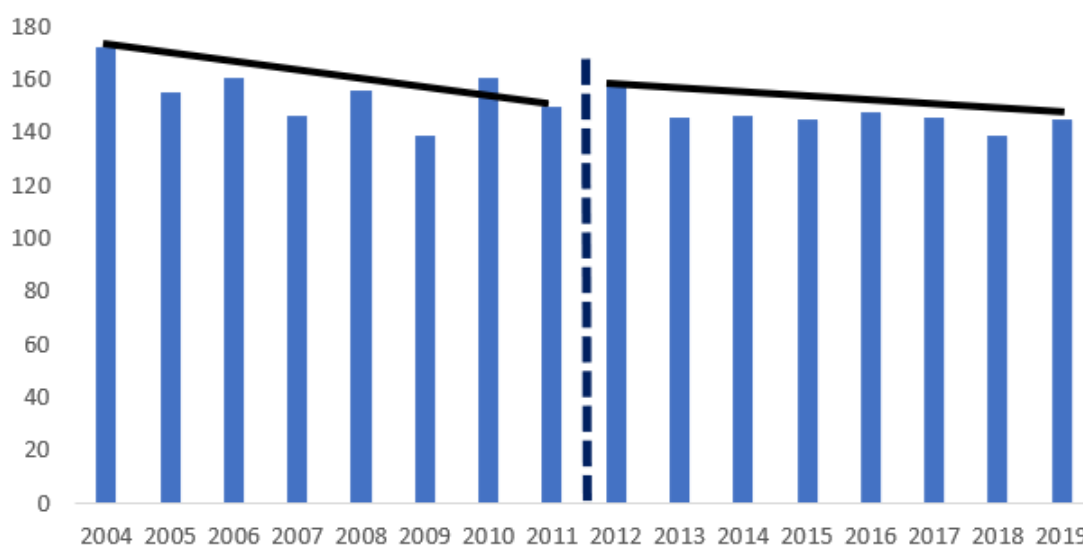
la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear ha decaído un 0,79% y la tasa de variación del consumo medio nuclear lo ha hecho en un 9,38%.

i) España

En último lugar de Europa occidental tenemos a España, país atrasado en materia nuclear a raíz de la dictadura, pero que consiguió incorporar y gestionarla en un tiempo récord tras su apertura a la democracia, construyendo los siete reactores de los que dispone hoy entre 1983 y 1988. Hoy en día ha conseguido distribuir remarcablemente bien su distribución energética, aunque el futuro de la fuente nuclear es incierto en nuestro país por la progresiva disminución en la tasa de aceptación pública y mayor apoyo a las fuentes renovables.

Respecto a los siete reactores nucleares, éstos representaron un peso en la matriz del 21%. A continuación, en la figura 14 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 14: Consumo de energía nuclear en España (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

En el consumo de energía nuclear, España se ha mantenido constante en un promedio de consumo de 150 TWh en la etapa 2004-2019. Al igual que el resto de países de Europa Occidental, la tendencia de consumo de esta energía es a la baja, con un decremento constante que fue más intenso en la etapa del 2004-2011. En ese periodo, España pasó de los 172 TWh a los 149 TWh, perdiendo un total de 22 TWh. Esto resulta en un consumo promedio de 154,78 TWh y un crecimiento medio en el consumo nuclear negativo del -1,98 TWh. En cambio, en la etapa de 2012-2019, sólo se dio un

decrecimiento de 12 TWh en el consumo nuclear, pasando de 158 TWh a 144 TWh y con un valor promedio de esta etapa de 146,29 TWh en el consumo nuclear medio. El crecimiento medio del consumo nuclear sigue siendo negativo en el tramo posterior al accidente, pero de manera más moderada, con un -1,27%. Finalmente, la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear es positiva en un incremento del 0,35%, puesto que la etapa del 2012-2019 es menos intensa que la primera etapa del 2004-2011. Respecto a la tasa de variación del consumo medio nuclear, ésta sí es negativa en un decremento del -5,49% por la caída que se da en el valor nominal tras el accidente.

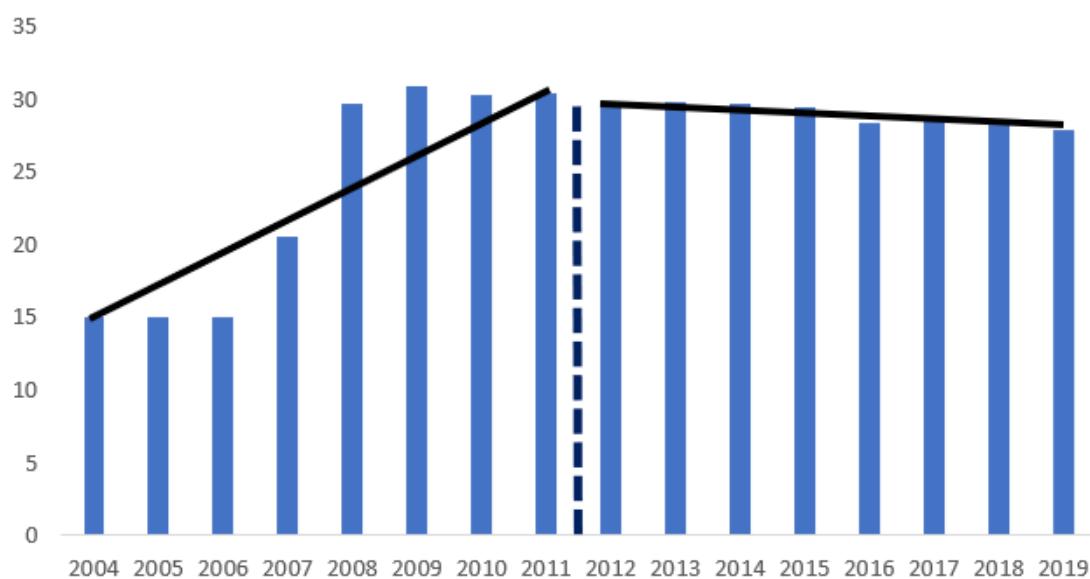
3.5 Europa central y oriental

a) Rumanía

El primer país de Europa oriental es Rumanía, que pese a estar en una posición más débil que otras economías occidentales, ha tenido un buen desempeño en el sector nuclear.

Concretamente, Rumanía dispone a día de hoy de dos reactores nucleares que le aportaron un 19% de la producción de energía en su matriz de 2019. Procede un gráfico con más información a continuación. A continuación, en la figura 15 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 15: Consumo de energía nuclear en Rumanía (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

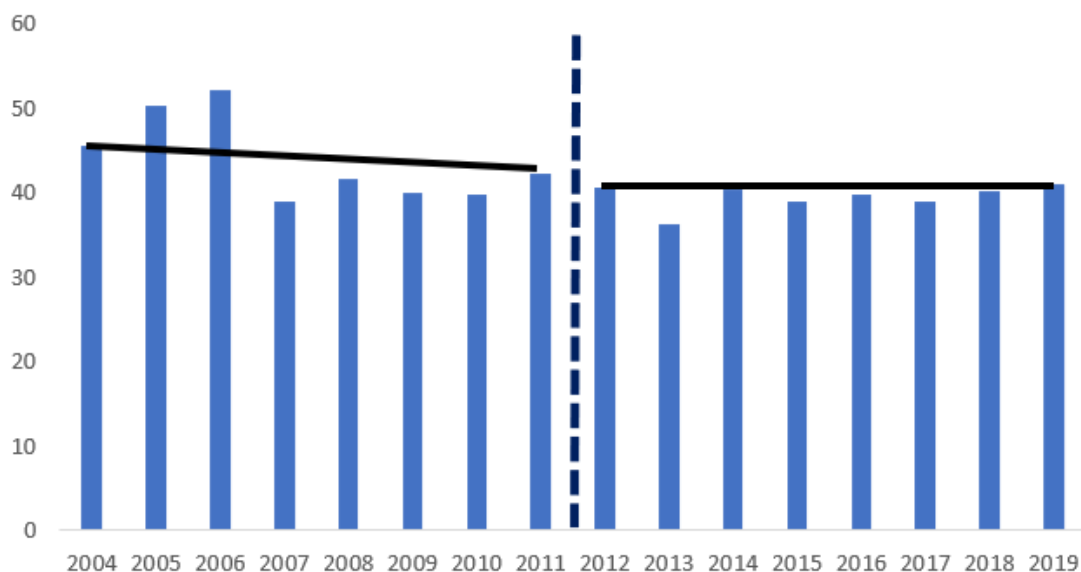
Como podemos ver en el gráfico del consumo nuclear, Rumanía ha tenido un gran incremento en la etapa de años 2004-2011, duplicando su cifra de consumo entre el 2006 y 2008. Este gran incremento se debe a que el país finalizó la construcción de su segundo reactor en 2006, que en dos años ya consiguió doblar la producción y consumo. En cuanto a las cifras, Rumanía entre el 2004-2011 pasa de consumir 15 TWh a un total de 30 TWh en 2011, el doble en sólo ocho años con un promedio del consumo nuclear de 23,8 TWh y un crecimiento medio del consumo nuclear del 10,6%. Tras este periodo de gran crecimiento, el país está completamente estabilizado en el periodo posterior al accidente, con una tendencia al decrecimiento muy sutil del -0,79% y un consumo medio nuclear de 28,29 TWh. En concreto hablamos de 29,5 TWh en 2012 y 27,9 TWh en 2019, una pérdida de sólo 1,6 TWh. Debido a que la etapa de 2012-2019 no ha tenido un crecimiento mayor al de 2004-2011 en el valor de crecimiento medio, la tasa de variación resulta en un decrecimiento del 1,07%. Por otra parte, la tasa de variación del consumo medio nuclear sí que ha aumentado significativamente entre las dos etapas, concretamente un aumento del 24,15%.

b) Bulgaria

Bulgaria, país aldeaño a Rumanía. Ambos fueron países del antiguo Pacto de Varsovia y se puede ver la influencia de éste, ya que tienen un parecido en cómo gestionan su energía y en el gran peso que tiene el sector nuclear en su matriz.

Pese a su pequeño tamaño económico, Bulgaria, al igual que Rumanía, tiene dos reactores nucleares que produjeron el 38% de la matriz energética búlgara de 2019, como indica la World Nuclear Association. El gran porcentaje pese al pequeño número de reactores está relacionado con el reducido PIB del país, puesto que consume menos energía. A continuación, en la figura 16 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 16: Crecimiento interanual del consumo de energía nuclear en Bulgaria (TWh), 2004-2019



Fuente: Elaboración propia

Observando el gráfico vemos que Bulgaria tiene un consumo promedio anual de 41 TWh, una cifra casi constante a excepción de los primeros años del periodo previo a Fukushima. Concretamente, el periodo de anterior a Fukushima muestra una tendencia al decrecimiento, pasando de 45 TWh en 2004 a 42 TWh en 2011, resultando en un promedio de 43,8 TWh y un crecimiento medio del consumo nuclear negativo del -1,04%. Por otra parte, la segunda mitad del gráfico es una estabilidad casi total, donde en 2012 se consumían 40,6 TWh y en 2019 41 TWh, sólo una diferencia de 0,4 TWh en ocho años. Esto resulta en un consumo medio nuclear de esta segunda etapa de 39,8 TWh y un crecimiento medio del consumo nuclear positivo aunque muy moderado, en un 0,13%.

Como se puede observar en la tabla 16, la primera etapa de los años anteriores a Fukushima del 2004-2011 posee un valor medio de crecimiento en el consumo nuclear negativo del -1,04% y un valor del consumo nuclear anual medio de 43,8 TWh. El periodo posterior al accidente, sin embargo, posee una tendencia de crecimiento al alza, aunque muy moderada, del 0,13%. Por otra parte, el valor del consumo medio nuclear anual es menor, con 39,48 TWh. En cuanto a la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear, ésta es positiva al pasar haber pasado de un valor negativo a uno positivo, resultando en un incremento del 1,23%. En el caso del consumo medio nuclear en cambio, su tasa de variación es de una reducción en éste, concretamente una caída de un 9,84%.

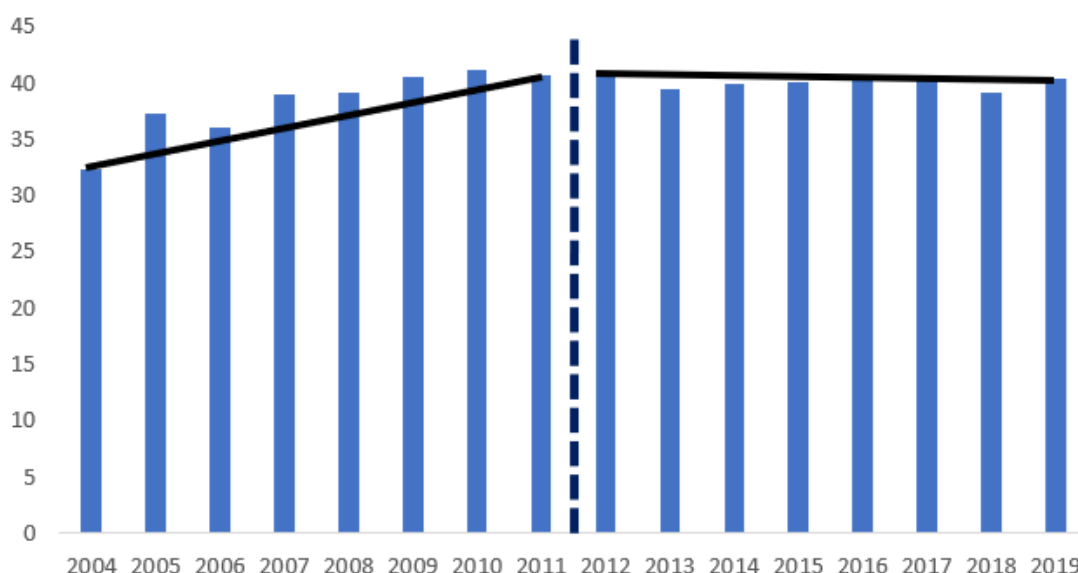
c) Hungría

Una de las economías más prometedoras de los miembros del antiguo bloque del este europeo y de las más potentes en el este de Europa Oriental actual. Al igual que Bulgaria y Rumanía; presenta una fuerte presencia del sector nuclear, siendo una fuente de energía principal en su matriz.

Concretamente, Hungría posee un total de cuatro reactores nucleares que, según la World Nuclear Association, aportaron a su matriz energética del 2019 un 49%, siendo uno de los países en Europa de los que más peso tiene la energía nuclear en su matriz, sólo por detrás de Francia y Eslovaquia de los países analizados.

A continuación, en la figura 17 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 17: Consumo de energía nuclear en Hungría (TWh), 2004-2011



Fuente. Elaboración propia

La gráfica de consumo nuclear en el país se asemeja a la de Rumanía, sólo que con una intensidad menor. En primer lugar, se observa una tendencia al alza entre el 2004-2011, concretamente se pasa de un consumo de 32,2 TWh a 40,6 TWh, resultando en un consumo nuclear medio de 38,22 TWh y un crecimiento medio del consumo nuclear del 3,35%. Por otra parte, la siguiente etapa del 2012-2019 es mucho más estable, variando su consumo medio nuclear apenas, sólo 2013 y 2018 están ligeramente por debajo del promedio de 40 TWh y con un crecimiento medio del consumo nuclear negativo del -0,12%. En este caso, se dio un consumo de 40,6 TWh en 2012 y 40,3 TWh en 2019. Por último, con las tasas de variación, la del crecimiento medio del consumo nuclear, debido

a que, en el periodo anterior al accidente, tuvo un crecimiento positivo y la etapa de 2012-2019 uno negativo, la tasa de variación es negativa, concretamente una caída del 1,03%. Respecto a la tasa de variación del consumo medio nuclear, ésta presenta un aumento del 4,64%.

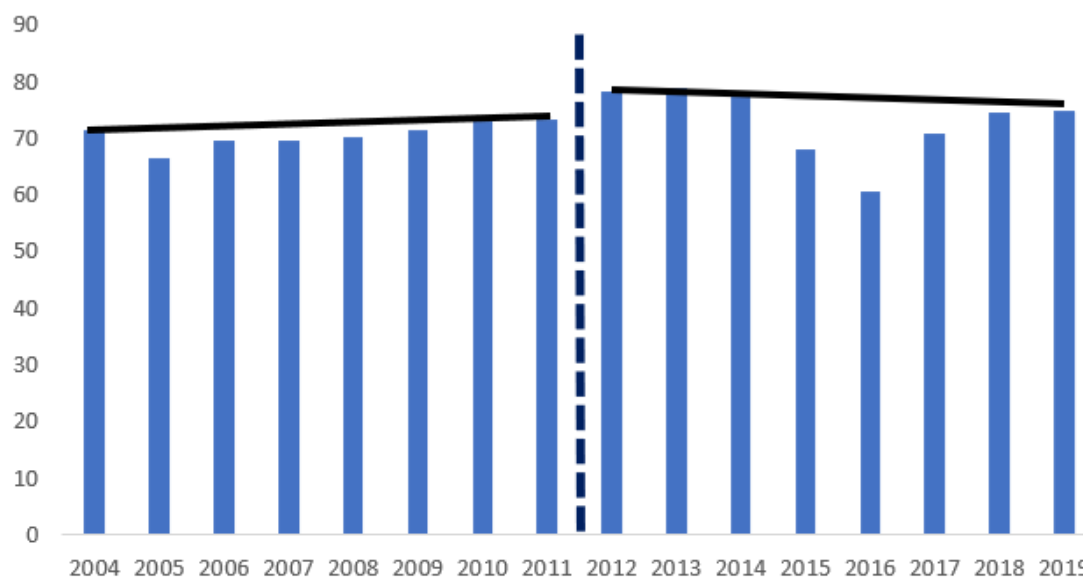
d) República Checa

En la Europa Central tenemos a la República Checa, escindida de Checoslovaquia y también perteneciente al bloque del este durante la Guerra Fría. A día de hoy, el país posee, por una parte, influencias soviéticas por su pasado reciente en periodo de la Guerra Fría, e influencias más occidentales tras el fin de ese periodo e integrarse más en la comunidad europea.

En energía nuclear, el país checo posee actualmente seis reactores nucleares que le proveyeron el 35% de la producción energética en su matriz de 2019, como avala la World Nuclear Association. En adelante abarcamos más este tema con el gráfico y explicación.

A continuación, en la figura 18 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 18: Consumo de energía nuclear en República Checa (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Referente a la energía nuclear, el consumo en el país se ha mantenido casi constante, sólo a excepción del periodo de 2014-2016 donde éste cayó de 78 TWh a 60 TWh en dos años. Comenzando por la primera etapa temporal, entre el 2004-2011, el consumo apenas crece, con una tasa de crecimiento medio del consumo nuclear del 0,4% y

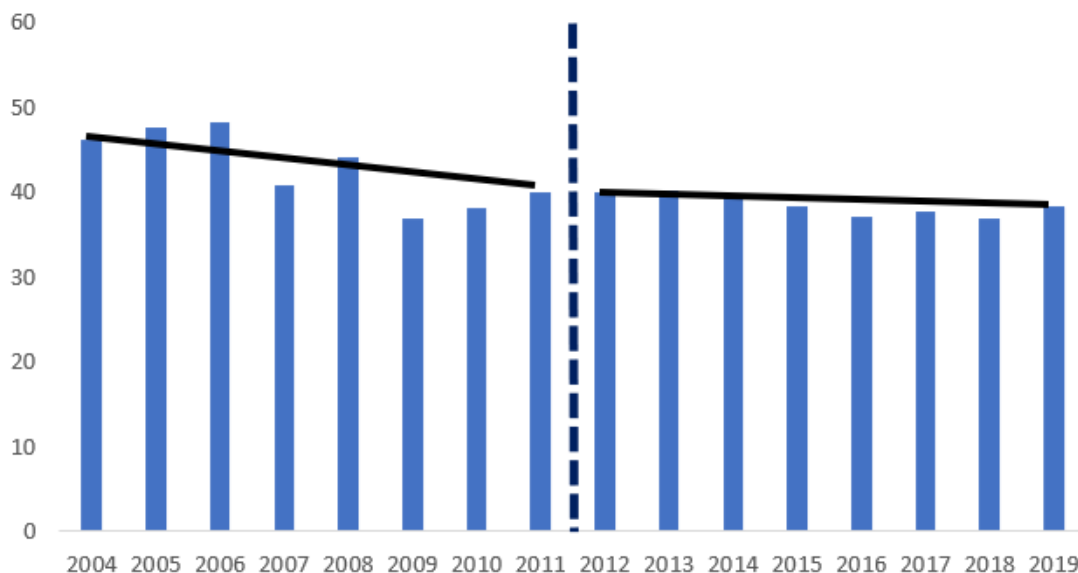
pasando de 71,2 TWh en 2004 a 73 TWh en 2011, con un promedio de toda la etapa de 70,58 TWh. Es entre el 2011 y el 2012 que se da el mayor crecimiento, alcanzando los 78 TWh en 2012, es decir, en sólo un año se creció más que durante los ocho anteriores. Tras este aumento que mantuvo hasta 2014, el consumo nuclear decayó en 2016 al mínimo con 60 TWh como hemos mencionado antes, recuperándose en 2019 con una cifra final de 74,8 TWh, cifra similar a la de 2011 y con un consumo nuclear medio de 72,82 TWh. En cuanto al crecimiento medio del consumo nuclear es negativo en un -0,59%. Finalmente, la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear resulta en un decrecimiento del 2,48%. La tasa de variación del consumo nuclear medio es de un aumento, concretamente una subida del 3,18%.

e) Eslovaquia

Con la parte más oriental de Checoslovaquia tenemos a Eslovaquia, país que se origina al igual que Chequia tras la división de Checoslovaquia.

En lo que respecta a la energía nuclear, Eslovaquia tiene en su haber cuatro reactores nucleares que producen más de la mitad de la energía del país; en 2019 la energía nuclear representó un 54% de la matriz energética según la World Nuclear Association. A continuación, en la figura 19 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 19: Consumo de energía nuclear en Eslovaquia (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Comenzando con el consumo de energía nuclear, Eslovaquia ha mantenido una tendencia de decrecimiento moderado todos los años analizados del 2004-2019, a

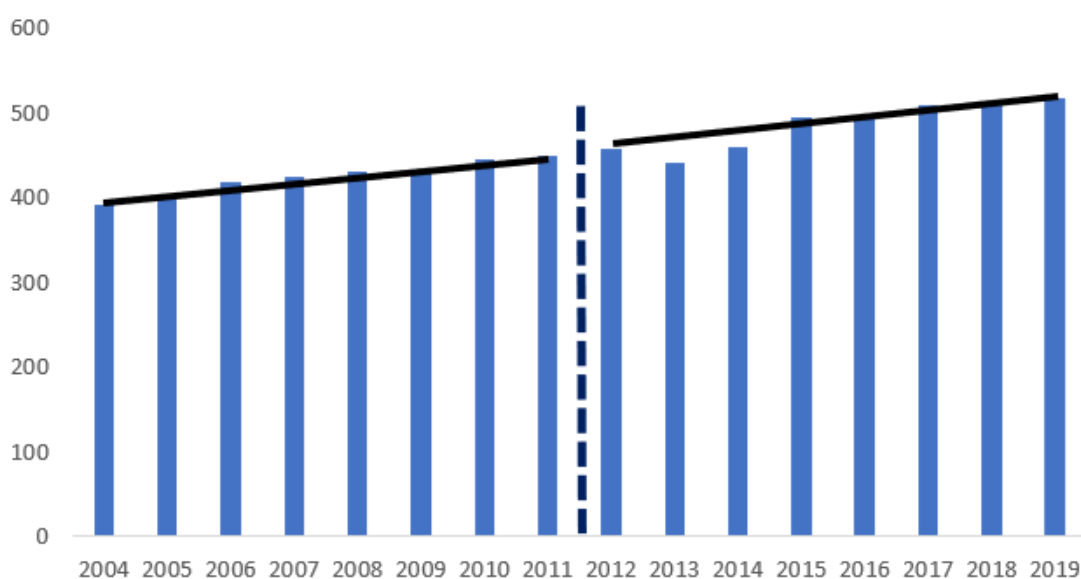
excepción de bajadas más pronunciadas como las de 2007 y 2009 con valores de 40 TWh y 36 TWh respectivamente. Obviando esos años por ahora, la primera etapa del 2004-2011 presenta una caída más intensa, con un crecimiento medio del consumo nuclear del .2,02%. En cuanto al consumo, se pasa de 46 TWh en 2004 a 39 TWh en 2011, habiendo perdido 7 TWh en total y resultando en un consumo medio nuclear de 42,7 TWh. En la segunda etapa del 2012 y 2019, el decrecimiento se modera con un crecimiento medio del consumo nuclear negativo del -0,56% y perdiendo 1,6 TWh en total, habiendo pasado de 39,9 TWh en 2012 a 38,3 TWh en 2019, que resulta en un consumo nuclear medio de 38,5 TWh. Finalmente, la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear es positiva, con un incremento del 0,71%. El consumo por otra parte presenta una tasa de variación negativa, con un decremento del 9,83%.

f) Rusia

Finalizando ya el apartado europeo, tenemos en último lugar a Rusia, uno de los principales exportadores de energía y recursos naturales a nivel internacional, siendo una de las potencias mundiales emergentes más prometedoras.

Herencia de su carrera nuclear durante la Guerra Fría es su infraestructura nuclear actual, que consta de 38 reactores que representaron en 2019 el 20% de la matriz energética. Además, como indica la World Nuclear Association, el plan energético gubernamental estipula la construcción de 11 reactores más para 2030. A continuación, en la figura 20 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 20: Consumo de energía nuclear en Rusia (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Tal y como muestra el gráfico 45, el consumo nuclear en Rusia no ha parado de crecer entre el 2004-2019, habiendo aumentado la cifra de consumo en estos 18 años de 391 TWh en 2004 a 517 TWh en 2019, un incremento total del 32%. En relación con las etapas previas y posteriores a Fukushima, ambas presentan una intensidad en el crecimiento casi pareja. En el tramo previo a Fukushima de 2004-2011 se pasa de un consumir 391 TWh a 448 TWh, habiendo aumentado 56,4 TWh en total, resultando en un valor del consumo medio nuclear de 423,6 TWh y un crecimiento medio del consumo nuclear positivo del 1,94%. Por otra parte, entre 2012-2019, se da una reducción en la tasa de crecimiento medio del consumo nuclear con un 1,78% y un incremento de 60 TWh en el consumo nuclear, pasando de 457 TWh en 2012 a 517 TWh en 2019 y finalmente un consumo medio nuclear de 485,2 TWh. Por último, la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear decayó en un 0,08%; mientras que la tasa de variación del consumo medio nuclear aumentó significativamente en un 14,53%.

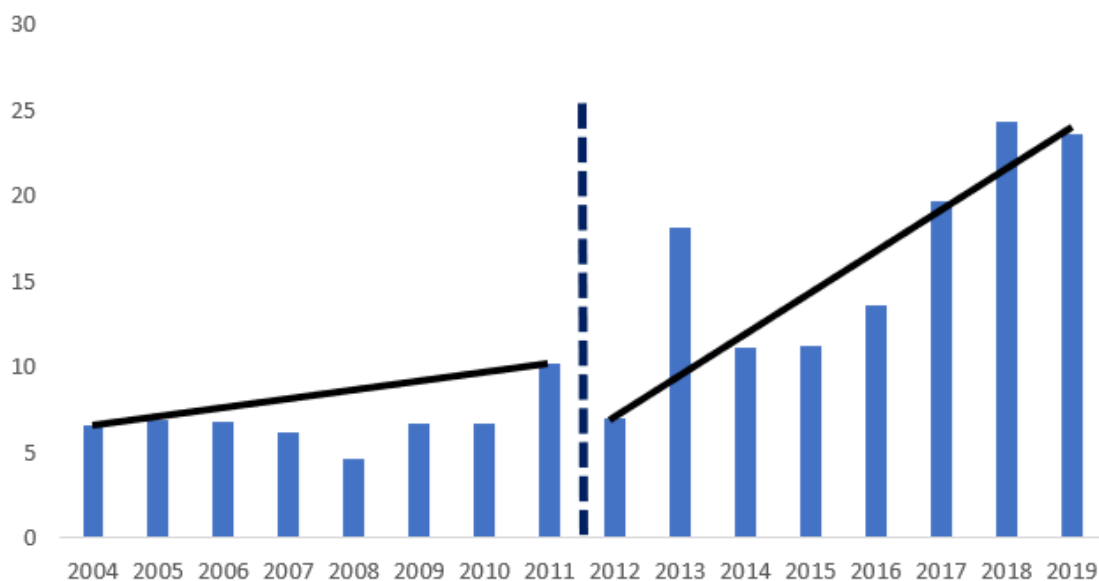
3.6 Asia

a) Pakistán

Comenzando Asia tenemos a uno de los países más poblados del mundo, Pakistán, país en aras de crecimiento junto a India o China.

Su proyecto nuclear está en fase de expansión, habiendo construido ya seis reactores que proporcionaron en 2019 un peso en la matriz del 7% como avala la World Nuclear Association. Actualmente hay un reactor nuclear en construcción por parte de proveedores chinos. A continuación, en la figura 21 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 21: Consumo de energía nuclear en Pakistán (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Pakistán, pese a tener una presencia nuclear baja en su matriz, la evolución de su consumo es extraordinariamente buena. Éste no ha parado de aumentar en los 18 años analizados, teniendo su mayor incremento en la etapa posterior a Fukushima. En el caso de la primera etapa, del 2004-2011, el consumo nuclear aumentó, de 6,4 TWh en 2004 a 10,2 TWh en 2011, resultando en un aumento final de 3,6 TWh. El crecimiento medio del consumo nuclear de esta etapa fue del 6,58% y el consumo medio nuclear de 6,8 TWh. En el tramo posterior a Fukushima, el consumo vuelve a aumentar en gran proporción, con una tasa de crecimiento medio del consumo nuclear del 18,95%. En cuanto al consumo nuclear medio, pasó de 6,9 TWh en 2012 a 23,5 TWh en 2019, un valor final mayor al triple en proporción al de 2012 y un consumo medio nuclear de 16,06 TWh. Ambas tasas de variación son positivas, la del crecimiento medio del consumo nuclear aumentó un 1,87% y la tasa de variación del consumo medio nuclear aumentó un 136,23%.

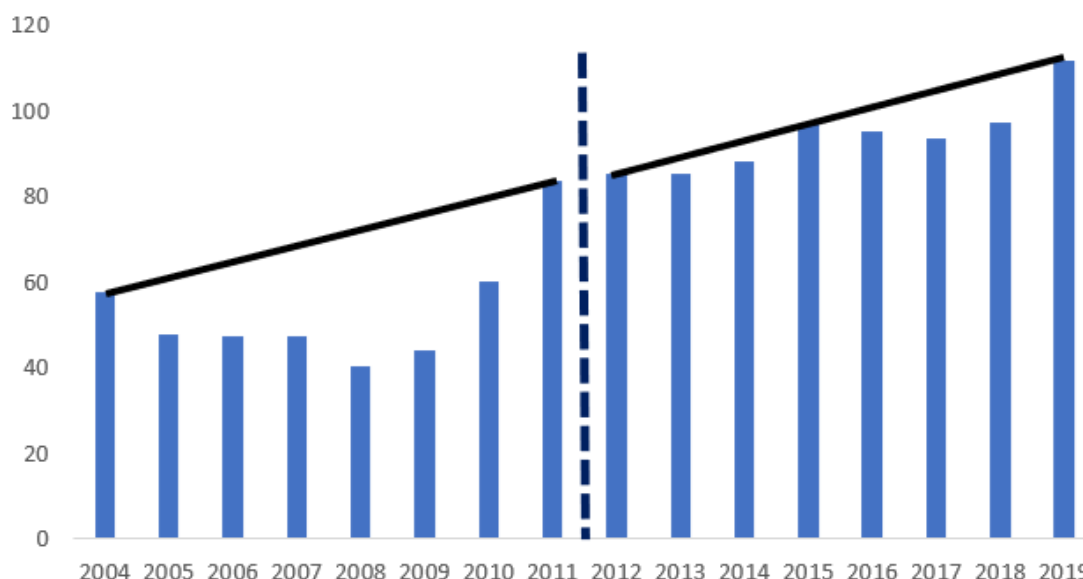
b) India

Tenemos en segundo lugar al segundo país más poblado del mundo, India, país que experimenta un gran crecimiento desde hace dos décadas. Su estructura energética está basada en el carbón y GNL. Sin embargo, India está llevando un proceso de expansión de la energía nuclear.

Según la World Nuclear Association, el país pretende pasar de 6,3 GWe a 14,6 GWe como dicta su plan estratégico de 2010. A día de hoy posee 20 reactores que

representaron un 4% en la matriz energética de 2019. Tienen en construcción otros 7 reactores. A continuación, en la figura 22 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 22: Consumo de energía nuclear en India (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

En consumo de energía nuclear, como ya hemos dicho, India ha estado expandiendo esta fuente desde hace varios años ya, concretamente desde 2009. En cuanto a las etapas temporales, la de 2004-2011 muestra una tendencia de crecimiento con una tasa de crecimiento medio del consumo nuclear del 5,45%. En cuanto al consumo, éste decrece hasta 2009 con un mínimo de 44 TWh, teniendo los 3 últimos años una reversión y gran aumento del consumo, resultando en un consumo medio nuclear de 54,46 TWh. En cifras, se pasa de las 57,5 TWh en 2004 a casi el doble en 2011, con 83,5 TWh. Los años tras Fukushima presentan una tendencia también al alza en una proporción algo menor, un crecimiento medio del consumo nuclear del 3,94% y un consumo medio nuclear de 94,19 TWh, pasando de 85 TWh en 2012 a 111 TWh en 2019, un aumento de 26 TWh en total. Respecto a las tasas de variación, la del crecimiento medio del consumo nuclear disminuyó en un 0,28%, mientras que la del consumo medio nuclear aumentó en un 76,17%.

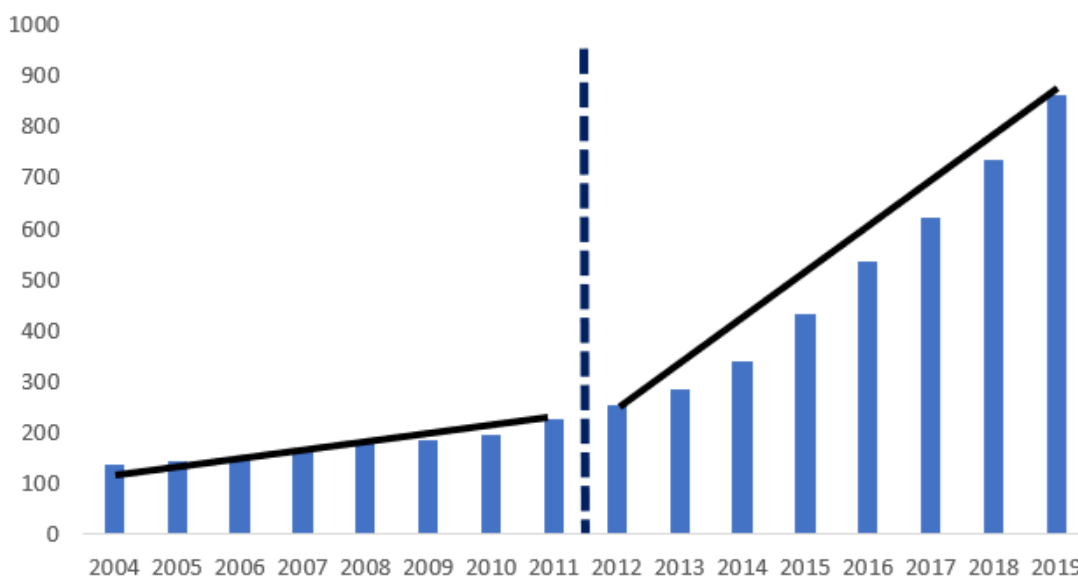
c) China

Tenemos en tercer lugar al país que más desarrollo energético tiene en el mundo actualmente y al mayor consumidor de recursos energéticos, China, como cita la IEA en su informe de 2019. El país, desde hace décadas, tiene un modelo de crecimiento basado

en el carbón, 65% en la matriz en 2020, del cual quieren desprenderse poco a poco y diversificar más su consumo y producción energética. un proceso que iniciaron en su obertura al exterior a principios del 2000.

Ejemplo de ello es el sector nuclear, en el que China, motivada por encontrar una fuente alternativa que no emita gases y pueda frenar a la polución del aire en zonas urbanas, no ha parado de impulsar, pasando del 1% al 5% en estos últimos 20 años. Actualmente posee 48 reactores y está construyendo otros 11, los cuales representaron el 5% en su matriz de 2019. A continuación, en la figura 23 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh

Figura - 23: Consumo de energía nuclear en China (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Detallando más la cifra del consumo, China ha mantenido un crecimiento constante, acelerándose tras Fukushima. En primer lugar, la etapa 2004-2011 es la del crecimiento más moderado con una tasa de crecimiento del consumo nuclear del 7,45%. El consumo nuclear en sí ha pasado en 2004 de los 136 TWh a los 225 TWh en 2011, aumentando casi el doble la cifra del consumo nuclear anual con un consumo medio nuclear de 172,02 TWh. Este ritmo, pese a ser elevado, se lleva a un nivel superior durante los años 2012-2019, donde la tasa de crecimiento medio del consumo nuclear es del 19,15% y se pasa de 253 TWh en 2012 a los 863 TWh en 2019, resultando en un incremento del 241% que equivalen a 610 TWh en tan sólo ocho años. El consumo nuclear medio de esta etapa es de 508,03 TWh. Finalmente, respecto a las tasas de variación, debido a que la segunda etapa presenta crecimientos de mayor intensidad respecto al periodo previo al accidente, ambas tasas de variación son positivas. La del crecimiento medio del consumo nuclear

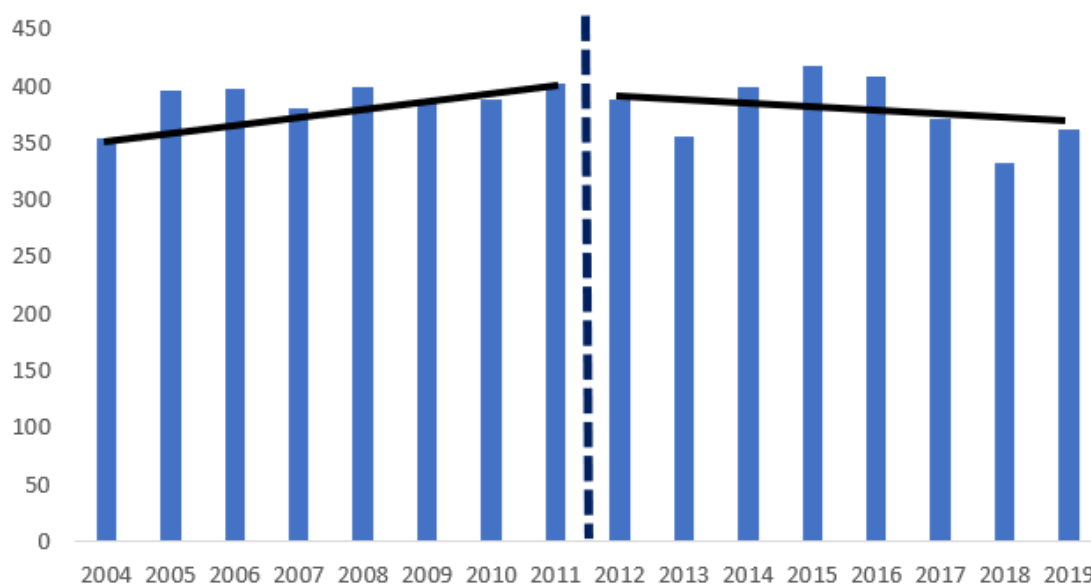
incrementó en un 1,15%, mientras que la del consumo nuclear medio incrementó en un 195,32%.

d) Corea del Sur

Analizamos ahora al país más próximo al accidente nuclear de Fukushima, Corea del Sur, la cual presenta un modelo energético que tiene como ejes principales el carbón y la energía nuclear según la IEA en su informe de 2019.

La energía nuclear ha presentado una tendencia a la baja, especialmente tras el accidente en 2011, entre el 2000 y el 2019 el peso de la nuclear se ha reducido de un 38% a un 26% en su matriz. Actualmente poseen 24 reactores nucleares que tuvieron un peso en la matriz de 2019 del 26% con su producción según la World Nuclear Association. Además, el país tiene planes para construir dos reactores más y son referentes en I+D de tecnología nuclear, siendo proveedor de reactores y esta tecnología, como en Emiratos Árabes Unidos, por ejemplo. A continuación, en la figura 24 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 24: Consumo de energía nuclear en Corea del Sur (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Profundizando en las cifras del consumo, Corea del Sur ha consumido de media 383 TWh entre el 2004-2019. Sin embargo, la tendencia de consumo cambia en función de la etapa, en la anterior a Fukushima de 2004-2011 es al alza con un crecimiento medio del consumo del 1,8% y un consumo que pasa de pasando del 2004 al 2011 de un consumo de 353 TWh en 2004 a uno de 400 TWh en 2011, 47 TWh de incremento en total y un

consumo nuclear medio de 387,57 TWh. Por otra parte, tras Fukushima, se da un decremento con un crecimiento del consumo negativo del -0,97%, pasando de 387 TWh en 2012 a 361 TWh en 2019 y un promedio menor en toda la etapa de 378,65 TWh. Por estos decrecimientos, las tasas de variación cayeron, la del crecimiento medio del consumo nuclear en un -1,54% y la del consumo nuclear medio en un -2,3%.

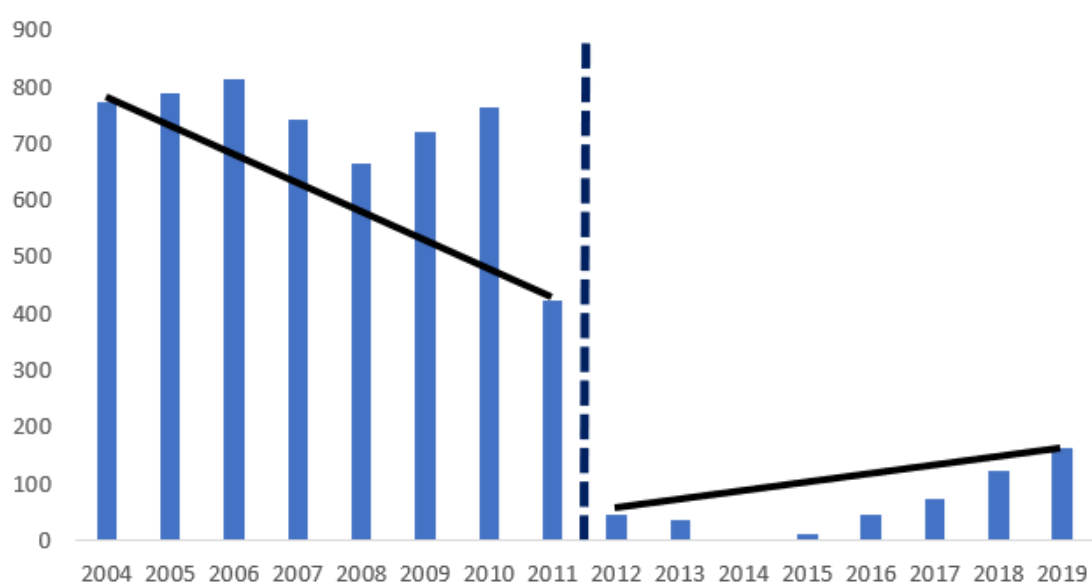
x) Japón

Terminando Asia tenemos a Japón, el eje central de este trabajo ya que fue el lugar donde tuvo lugar el desastre nuclear de Fukushima. El país, hasta la fecha, jamás se había enfrentado a una crisis energética de esta intensidad, siendo la anterior crisis de este calibre la del petróleo en los 70.

Como es de esperar, las consecuencias a nivel energético fueron sin precedentes, siendo la más afectada, la fuente nuclear. Como explica la World Nuclear Association, la energía nuclear representaba en niveles previos al accidente un 30% de la matriz energética, con planes para incrementar ese porcentaje al 50% para 2030. El accidente sucedió en marzo de 2011 y entre ese año y mayo de 2012 el peso total de la nuclear llegó a su mínimo en 2014 del 0%. Tras ese año, el gobierno dictaminó la vuelta a esta energía a través de reactivaciones graduales, llegando al 8% y 9 reactores este último 2019, con planes para reactivar otros 17 reactores más en los años venideros.

A continuación, en la figura 25 se detalla el consumo de energía nuclear entre el 2004 y el 2019, expresado en TWh.

Figura - 25: Consumo de energía nuclear en Japón (TWh), 2004-2011



Fuente: Elaboración propia

Observando los datos del consumo en el gráfico, el consumo en Japón no para de caer desde 2006 hasta 2014; tras esa fecha, Japón reinicia su consumo de manera progresiva hasta su último año, 2019. Con la etapa anterior al accidente, el país pasa del 2004 a 2010 de un consumo de 773 TWh a uno de 762 TWh. El año del accidente, se da una caída inmediata de casi la mitad, a 422 TWh. Tras el accidente de Fukushima, la política del gobierno con la energía nuclear es claramente restrictiva, llevando a 0 TWh el consumo en 2014, siendo éste su mínimo histórico. Tras alcanzar el mínimo, Japón reanudó gradualmente sus centrales desactivadas, llegando a 2019 con ocho reactores y 162 TWh consumidos. Dividiendo los datos entre las dos etapas, tenemos que durante el periodo anterior al accidente, el consumo medio nuclear nuclear de Japón fue de 710,76 TWh y una tasa de crecimiento negativa del -8,29%. La etapa posterior al accidente presenta un promedio del consumo nuclear de 62,11 TWh y un crecimiento medio del consumo nuclear positivo del 19,22%. Debido a esta evolución, la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear, como resultado de la reactivación de reactores, es positiva en un incremento del 3,38%. Por otra parte, la tasa de variación del consumo es negativa debido a la desactivación de reactores, concretamente una caída del 91,26% en el consumo nuclear medio, siendo la caída más intensa de todos los países analizados.

3.7 Ranking de las tasas de variación del crecimiento medio y consumo medio

Finalmente tenemos como resumen de las conclusiones un ranking de todos los países analizados, donde se ordenan la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear y la tasa de variación del consumo nuclear. Cada variable posee una tabla clasificatoria que ordena los resultados de mayor a menor y un mapa que ilustra esos resultados, localizándolos en su región. El mapa ha sido creado con la aplicación *Maps in seconds* a partir de los datos recogidos en la base de datos de Excel. Además, la aplicación permite mostrar los datos en un rango de escalas mayor, por lo que es más fácil identificar qué países han tenido una tasa de variación más intensa o moderada, tanto positiva como negativamente.

Previamente a mostrar la tabla de la clasificación de los países según su tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear, es necesario comentar de qué forma se interpretan los datos. Para que la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear sea positiva, se pueden dar dos situaciones según el país. En primer lugar, un país en situación de crecimiento del sector nuclear sólo presentará una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear positiva si la tasa de crecimiento medio del consumo nuclear del periodo posterior al accidente es mayor a la tasa de crecimiento de la etapa previa al accidente. Por otra parte, un país en fase de decrecimiento nuclear

también puede presentar una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear positiva si la etapa posterior a Fukushima decrece a un ritmo más moderado que el periodo previo al accidente.

En cambio, para que la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear sea negativa, se dan los casos opuestos. Un país que está en fase de aumento de la energía nuclear sólo tendrá una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear negativa si el periodo posterior a Fukushima crece con una intensidad menor que la etapa previa al accidente, es decir, si el ritmo de crecimiento se ralentiza tras el accidente. Sin embargo, un país que está en fase de reducir su consumo de energía nuclear presentará una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear negativa si el decrecimiento medio del consumo nuclear es más intenso en el periodo tras Fukushima que el decrecimiento medio previo al accidente, es decir, si el ritmo de decrecimiento se intensifica tras el accidente.

A continuación, se observa en la tabla 1 la clasificación de los países, ordenados de mayor a menor, según su tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear, y la figura 26, el mapa que ayuda a representar esas tasas de variación.

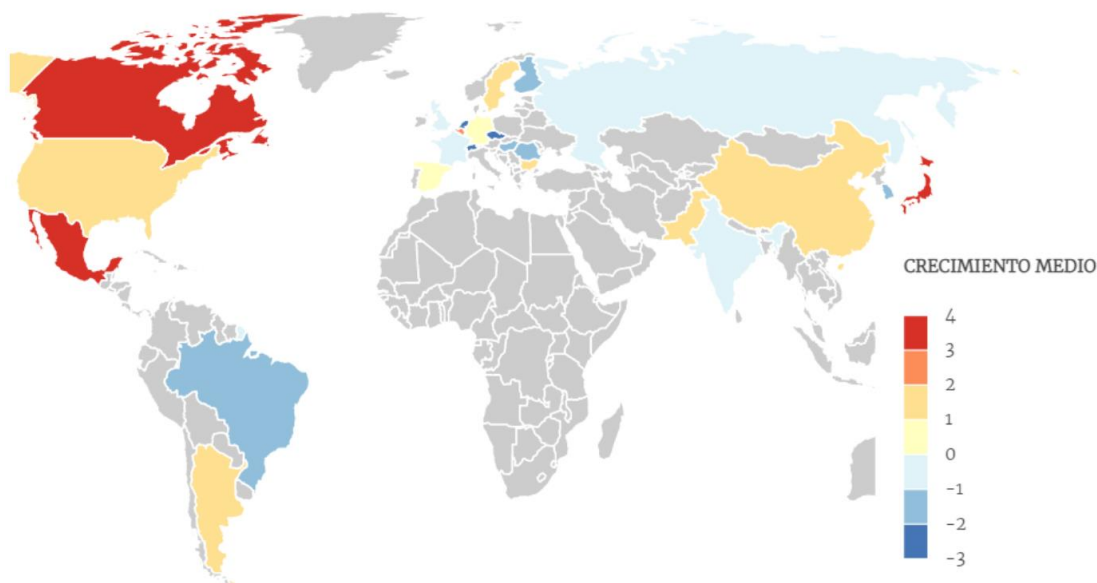
Tabla 1: Ranking de la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear (%)

	Diferencia
Canadá	3,87
Japón	3,37
México	3,30
Bélgica	2,78
Argentina	1,98
Pakistán	1,88
China	1,57
EEUU	1,28
Bulgaria	1,12
Suecia	1,02
Eslovaquia	0,72
España	0,36
Alemania	0,32
Rusia	-0,08
India	-0,28
R.U	-0,37
Francia	-0,80
Hungría	-1,04
Rumanía	-1,07
Brasil	-1,12
Finlandia	-1,26

Corea del Sur	-1,54
Holanda	-2,11
Rep. Checa	-2,49
Suiza	-2,76

Fuente: Elaboración propia

Figura -26: Mapa de las tasas de variación del crecimiento medio del consumo nuclear (%)



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla y el mapa, podemos observar que las mayores tasas de variación del crecimiento medio del consumo nuclear se dan en la región norteamericana, la zona más alejada del accidente nuclear. Canadá, México y EE.UU. han presentado todos una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear positiva, en el caso de México y Canadá ambos han aumentado el ritmo de crecimiento nuclear tras el accidente de Fukushima, mientras que EE.UU. ha moderado su decrecimiento. Los países que también presentan una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear elevada son Argentina, que está en fase de crecimiento nuclear, Suecia, en fase de expansión nuclear, Bélgica, que ha moderado su reducción de la energía nuclear, Bulgaria, que ha aumentado su crecimiento, y Pakistán y China, ambos países en fase de expansión nuclear y que tras Fukushima el ritmo de crecimiento se ha intensificado. Por último, queda destacar a Japón, que también presenta una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear positiva tras el accidente de gran magnitud. Como ya explicamos anteriormente, esto se debe a que Japón, a partir de 2014, comienza una política de reactivación de reactores nucleares, donde la energía nuclear

pasa en sólo cinco años del 0% al 8% en 2019, de ahí su gran crecimiento. Respecto a las tasas de variación del crecimiento medio del consumo nuclear negativas más intensas son Suiza, República Checa y Holanda con más de un -2%. República Checa y Holanda han pasado de una fase de crecimiento medio del consumo nuclear positivo en la etapa anterior al accidente a una fase de decrecimiento tras Fukushima. Suiza, por otra parte, ya llevaba una tasa de crecimiento negativa previa al a Fukushima, pero que tras el accidente, el decrecimiento se intensificó.

Tenemos por último la tasa de variación del consumo medio nuclear. Si en el caso del crecimiento medio del consumo nuclear observábamos el ritmo y aceleración de crecimiento en el sector nuclear, aquí la cantidad que se consume de media en ese sector. En cuanto a la interpretación de los datos, una tasa de variación del consumo nuclear medio positiva se da si el país tiene un consumo nuclear medio mayor en la etapa posterior a Fukushima. En el caso de la tasa de variación del consumo nuclear medio negativa, se da si un país ha reducido su volumen de consumo medio nuclear tras el accidente de Fukushima.

A continuación, tenemos la clasificación de la tasa de variación del consumo medio nuclear con la misma metodología, una tabla clasificatoria y el mapa que lo ilustra

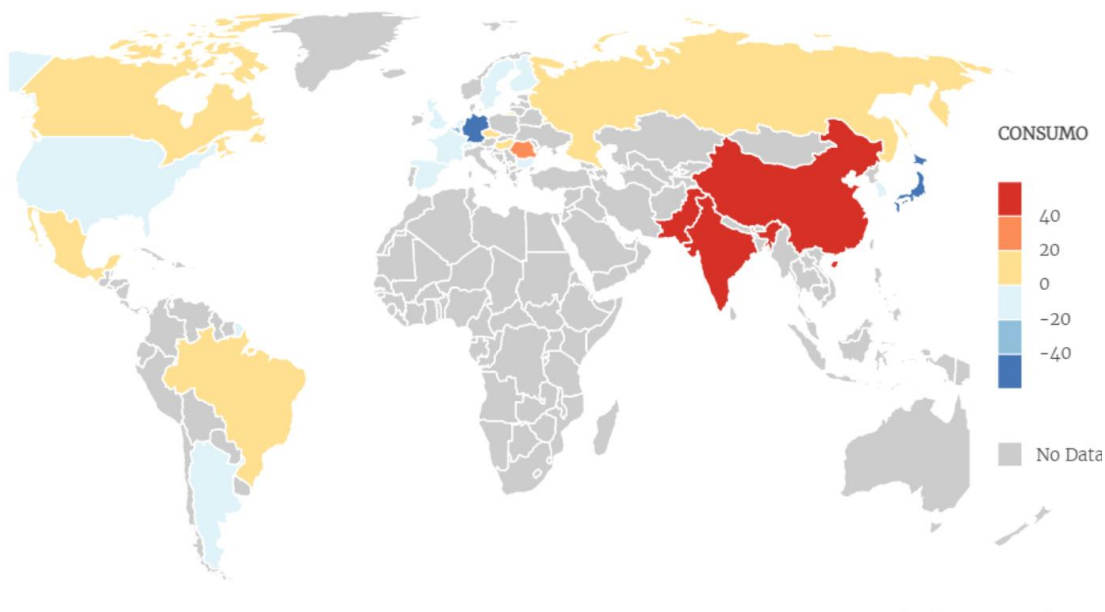
Tabla 2: Ranking de la tasa de variación del consumo medio nuclear (%)

	Diferencia
China	195,32
Pakistán	136,23
India	76,17
Rumanía	24,16
Rusia	14,53
Brasil	13,97
México	8,12
Hungría	4,65
Canadá	3,95
Rep. Checa	3,18
Corea del Sur	-2,30
EEUU	-4,53
Suecia	-5,34
Finlandia	-5,42
España	-5,49
Reino Unido	-7,26
Francia	-9,39

Eslovaquia	-9,84
Bulgaria	-9,85
Holanda	-11,40
Argentina	-11,41
Suiza	-14,29
Bélgica	-24,31
Alemania	-43,21
Japón	-91,26

Fuente: Elaboración propia

Figura -27: Mapa de las tasas de variación del consumo medio nuclear (%)



Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla y el mapa, podemos observar claramente que la región asiática, a excepción de Corea del Sur y Japón, es el continente que más ha incrementado su consumo nuclear después del accidente, teniendo a China con un aumento del consumo medio nuclear tras Fukushima del 195%, Pakistán con un 136%.e India con un 76%, siendo los países que con gran diferencia más han aumentado su consumo. En menor proporción también han incrementado su consumo nuclear las regiones de Europa Oriental y Norteamérica. En Europa Oriental los países que más han crecido son Rusia y Rumanía, Hungría y República Checa también han aumentado su consumo aunque de forma más moderada. En Norteamérica sólo Canadá y México han aumentado su consumo nuclear tras el accidente, siendo México el de mayor crecimiento. Respecto a las tasas de variación del consumo negativas, la región más afectada es Europa

Occidental, donde todos los países analizados han decaído en su consumo, siendo las caídas más intensas en Alemania, con una pérdida del 43%, Bélgica, con una caída del 24% y Suiza, con una del 14%. Por último, el país que más consumo nuclear ha reducido tras el accidente de Fukushima es Japón, con una pérdida del 91% tras el accidente, siendo el país más afectado y con mucha diferencia. Esta gran pérdida, como hemos explicado anteriormente, se debe a que Japón, tras sufrir el accidente, inicia un proceso de desactivación de reactores en 2011, pasando de 773 TWh en 2010 antes del accidente a 0 TWh en 2014, perdiendo toda su capacidad productiva nuclear. Desde ese año se comenzó el proceso de reactivación de reactores y en 2019 consiguieron recuperar un 8,9%, por esa razón la tasa de variación del consumo medio nuclear no es negativa en un 100%.

4. Conclusiones

Tras el análisis del consumo de energía nuclear en 25 países ubicados en siete regiones distintas del mundo, podemos observar que el accidente de Fukushima no tuvo el mismo impacto en los países analizados.

Para el caso de Norteamérica hemos estudiado EE.UU., Canadá y México. En el caso de EE.UU. hemos encontrado que tras el accidente de Fukushima la tasa de variación del consumo nuclear ha decrecido pero su tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear es positiva. De todos modos, las variaciones en el consumo han sido pequeñas, manteniéndose el sector nuclear en torno al 20% de producción en los últimos 20 años. Canadá, es uno de los pocos países que tras Fukushima ha demostrado un aumento tanto en la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear como en la tasa de variación del consumo medio nuclear. Canadá ha seguido su política energética de descarbonización con un aumento progresivo de las fuentes renovables y un establecimiento de su producción nuclear en torno al 12%-16% en su matriz energética estos últimos años. Por último, México también ha mostrado una evolución positiva en la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear y la tasa de variación del consumo medio nuclear. Cabe destacar que la energía nuclear en México sólo supone un 5% de su matriz energética en los años recientes, siendo el GNL su principal fuente energética.

Tras el análisis de Norteamérica podemos concluir que Norteamérica ha sido de las siete regiones analizadas, la que menos ha visto reducido el consumo medio de energía nuclear tras el accidente. La excepción la presenta EE.UU., ya que ha sido el único país que se ha visto afectado negativamente por el accidente de Fukushima, con un descenso en el consumo medio nuclear en un 4,5%. Es necesario mencionar que en EE.UU. se han dado políticas de liberalización en el mercado energético desde los años 2000. Este factor ha afectado negativamente al mercado nuclear, por lo que esa caída en el consumo nuclear en EE.UU. no es totalmente atribuible al accidente a Fukushima.

En la región de Sudamérica se han analizado a Brasil y Argentina. En el caso de Brasil, su tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear es negativa, mientras que la tasa de variación del consumo medio nuclear ha aumentado tras el accidente de Fukushima. Argentina es la situación opuesta a Brasil, presenta una tasa de variación del crecimiento medio del consumo de energía nuclear positiva tras el accidente, pero con una tasa de variación del consumo medio nuclear negativa.

En lo que respecta a Sudamérica, el accidente de Fukushima ha tenido un impacto más relevante que en la región de Norteamérica. A raíz de lo ocurrido en Fukushima, en Brasil se cancelaron los planes de construir dos nuevos reactores en la década de 2010-2020, factor que ha impedido el mayor desarrollo de esta energía. Para el caso de Argentina, se observa un descenso en su consumo de energía nuclear que duró entre el 2009-2014. Sin embargo, debido a que dicho descenso comenzó dos años antes al accidente, no podemos atribuirlo al accidente de Fukushima.

Para el análisis del continente europeo éste lo hemos dividido en dos regiones, la región de Europa Occidental y la región de Europa Oriental. Para la región de Europa Occidental hemos analizado a Bélgica, Holanda, Suiza, Finlandia, Suecia, Reino Unido, Alemania, Francia y España. Para la región de Europa Oriental, se han analizado a Rumanía, Bulgaria, Hungría, República Checa, Eslovaquia y Rusia.

Tras la evaluación de las tasas de variación de las variables analizadas, la región de Europa Occidental ha sido la zona más afectada por el accidente de Fukushima. Todos los países sin excepción han presentado una caída en su consumo medio de energía nuclear tras el accidente y sólo Bélgica, Suecia, Alemania y España presentan una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear positiva. Esto indica que tras el accidente, la tasa de decrecimiento del consumo de energía nuclear es menos intensa que en el periodo anterior a Fukushima.

Los países más afectados por el accidente y que por tanto han visto reducido su consumo medio de energía nuclear tras éste han sido en orden de intensidad, Alemania, Bélgica y Suiza. Sin embargo, Bélgica es el único país que a día de hoy está volviendo lentamente al consumo de energía nuclear, principalmente por la gran dependencia del país hacia esta fuente. Alemania y Suiza en cambio, pretenden abandonarla por completo según sus planes estratégicos, siendo Alemania la primera en alcanzar la meta de cero reactores activos en 2022. Holanda, Suecia, Finlandia, Reino Unido, Francia y España también han reducido su consumo de energía nuclear tras el accidente y en los casos de Suecia, Finlandia y Reino Unido una posible explicación se debería a la bajada de productividad que presentan sus reactores debido a su antigüedad. Sin embargo, actualmente estos tres países ya están impulsando medidas para ampliar la vida útil de sus reactores e incluso en la construcción de nuevos. Aunque sería necesaria una mayor investigación, este hecho alerta de que posiblemente el accidente no generó tanto impacto como por ejemplo en el caso de Alemania. En el caso de Francia la reducción del consumo tras el accidente se debe a la política energética del país, que persigue una reducción del peso del sector nuclear en su matriz del 71% al 50% en 2035. En el caso de Holanda la energía nuclear representa sólo un 3% en su matriz, la caída del 10% en

el consumo probablemente se deba por la caída en la productividad de su único reactor. Finalmente, para el caso de España observamos una caída del 5,4% en el consumo medio de energía nuclear tras el accidente. No obstante, dicha caída no es puntual ya que si se observa el período analizado al completo, vemos como en España el consumo nuclear sigue una tendencia de decrecimiento durante todo el periodo analizado. De hecho, si miramos datos de consumo anteriores, vemos como ésta caída lleva dándose en nuestro país desde finales de los 80.

Para la región de Europa Oriental hemos analizado los casos de Rumanía, Bulgaria, Hungría, República Checa, Eslovaquia y Rusia. En relación con la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear, todos los países a excepción de Bulgaria y Eslovaquia han mostrado una desaceleración o caída en su crecimiento del consumo medio de energía nuclear tras el accidente de Fukushima. Sin embargo, son estos mismos países, Bulgaria y Eslovaquia, los únicos en el que el consumo de energía nuclear ha caído. Por tanto, Europa del Este junto a Norteamérica son las regiones en donde más ha aumentado el consumo nuclear tras el accidente.

Tras el análisis de la región de Europa Oriental, podemos ver que el accidente de Fukushima prácticamente no ha tenido ningún impacto en el consumo de energía nuclear, ya que las caídas de Bulgaria y Eslovaquia son de 4 TWh y 5 TWh respectivamente. Estas cifras no son muy representativas si tenemos en cuenta que el sector nuclear de todos los países analizados pertenecientes a la región de Europa Oriental tiene un gran peso en sus matrices energéticas. La razón por la cual dichos países con economías menos desarrolladas hayan podido tener acceso a la fuente nuclear, se debe principalmente a su pasado con el Pacto de Varsovia, donde la URSS proveyó a los países comunistas de tecnología nuclear para favorecer su desarrollo.

Por último, tenemos a Asia, el continente en el que se dio el accidente nuclear y lugar de varios países con economías emergentes prometedoras. Para la región de Asia, los países que se han analizado han sido Pakistán, India, China, Corea del Sur y Japón. Para los casos de Pakistán y China, tras el accidente ambos países presentan unas tasas de variación de crecimiento positivas y unas tasas de variación del consumo nuclear también positivas. La India ha presentado tras el accidente una tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear negativa, puesto que su ritmo de crecimiento se modera tras el accidente de Fukushima. De todos modos, ha tenido aumento en el consumo nuclear muy relevante, con una de las mayores tasas de variación del consumo medio nuclear. En el caso de Corea del Sur, tanto la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear como la tasa de variación del consumo medio nuclear han sido negativas, aunque en proporciones reducidas. Por último, el caso de Japón presenta una tasa de variación

del crecimiento medio del consumo nuclear positiva en el consumo de energía nuclear, pero con la mayor caída del consumo nuclear de todos los países analizados

Para la región asiática, se pueden observar dos bloques claramente diferenciados. Por una parte, tenemos a los países emergentes con Pakistán, India y China, que presentan los aumentos en el consumo nuclear más intensos de todos los países analizados, además de una tasa de variación del crecimiento positiva, a excepción de la India que ha sufrido una desaceleración tras el accidente. De todos modos, los tres países tienen planes para seguir ampliando sus fuentes de energía nuclear, siendo China el país que más proyectos está llevando a cabo. Por otro lado, tenemos al bloque que corresponde a Corea del Sur y Japón, países que dentro de la región eran los mayores consumidores de energía nuclear antes del accidente y que tras éste, han decaído. En el caso de Corea del Sur, la caída se ha dado tanto en la tasa de variación del crecimiento medio del consumo nuclear como en la tasa de variación del consumo nuclear medio, aunque el descenso es un porcentaje poco relevante. Por otra parte, Japón sí que se ha visto gravemente afectado por el accidente, con la mayor caída del consumo de energía nuclear de entre todos los países analizados. Sin embargo, tras el accidente, concretamente desde 2014, el país lleva una tasa de crecimiento remarcablemente positiva debido a la reactivación de reactores por el cambio de política que se dio en 2014, ya que el modelo energético de Japón no estaba preparado para prescindir totalmente de la energía nuclear.

Por tanto, como conclusión final podemos decir que, tras Fukushima, han sido los países de economías emergentes los que menos se han visto afectados por el accidente nuclear, donde el consumo de energía nuclear ha seguido en aumento y en algunos casos incluso en mayor proporción tras el accidente. A este grupo pertenecen los países de las regiones de Europa Oriental y el bloque de países emergentes de Asia con Pakistán, India y China. También se han visto poco afectados por el accidente de Fukushima gran parte de los países de Norteamérica y Sudamérica, donde el nivel de consumo de energía nuclear ha aumentado de forma moderada o se ha mantenido, a excepción de EE.UU. que ha sufrido una leve caída en su consumo nuclear. Por último, en el caso de economías más desarrolladas como el caso de Europa Occidental o Corea del Sur y Japón, sí que han sufrido tras el accidente de Fukushima, teniendo todos los países una caída en su consumo nuclear y en algunos casos hasta planes estratégicos de desfase de la energía nuclear como con Alemania o Suiza. De todos modos, es probable que, en algunos de estos países como Japón, Bélgica o Suecia, la situación se revierta y vuelvan a incrementar su consumo nuclear debido a su gran dependencia hacia esta fuente, además de presentar todos ellos tasas de variación positivas en el crecimiento medio del

consumo nuclear, viendo que el sector nuclear en estos países ha ido aumentando el ritmo de crecimiento tras Fukushima.

5. Bibliografía

Abas, N., Kalair, A., & Khan, N. (2015). Review of fossil fuels and future energy technologies. *Futures*, 69, 31–49. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.03.003>

Augutis, J., Martišauskas, L., & Krikštolaitis, R. (2015). Energy mix optimization from an energy security perspective. *Energy Conversion and Management*, 90, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.11.033>

Bauer, M. W., Gylstorff, S., Madsen, E. B., & Mejlgaard, N. (2018). The Fukushima Accident and Public Perceptions About Nuclear Power Around the Globe – A Challenge & Response Model. *Environmental Communication*, 13(4), 505–526. <https://doi.org/10.1080/17524032.2018.1462225>

Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., Misak, J., Brees, T., & van Erp, J. B. (2014). Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix. *Sustainable Materials and Technologies*, 1-2, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2014.11.001>

Chao-jun, L., Chun-ming, Z., Yan, C., Jia-xu, Z., & Jia-yun, C. (2013). The Study on Safety Goals and Public Acceptance of Nuclear Power. *Energy Procedia*, 39, 415–422. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.231>

Fraser, T., & Aldrich, D. P. (2020). The Fukushima effect at home: The changing role of domestic actors in Japanese energy policy. *WIREs Climate Change*, 11(5). <https://doi.org/10.1002/wcc.655>

Fuss, S., Szolgayová, J., Khabarov, N., & Obersteiner, M. (2012). Renewables and climate change mitigation: Irreversible energy investment under uncertainty and portfolio effects. *Energy Policy*, 40, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.061>

Hasegawa, K. (2014). The Fukushima nuclear accident and Japan's civil society: Context, reactions, and policy impacts. *International Sociology*, 29(4), 283–301. <https://doi.org/10.1177/0268580914536413>

Hayashi, M., & Hughes, L. (2013). The policy responses to the Fukushima nuclear accident and their effect on Japanese energy security. *Energy Policy*, 59, 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.059>

Huang, L., He, R., Yang, Q., Chen, J., Zhou, Y., Hammitt, J. K., Lu, X., Bi, J., & Liu, Y. (2018). The changing risk perception towards nuclear power in China after the Fukushima

nuclear accident in Japan. *Energy Policy*, 120, 294–301.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.007>

Huenteler, J., Schmidt, T. S., & Kanie, N. (2012). Japan's post-Fukushima challenge – implications from the German experience on renewable energy policy. *Energy Policy*, 45, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.041>

Jorant, C. (2011). The implications of Fukushima. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 67(4), 14–17. <https://doi.org/10.1177/0096340211414842>

Kharecha, P. A., & Sato, M. (2019). Implications of energy and CO2 emission changes in Japan and Germany after the Fukushima accident. *Energy Policy*, 132, 647–653. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.057>

Kim, Y., Kim, M., & Kim, W. (2013). Effect of Fukushima Nuclear Disaster on the Global Public Acceptance of Nuclear Energy. *SSRN Electronic Journal*. Published. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2322394>

Koo, Y. H., Yang, Y. S., & Song, K. W. (2014). Radioactivity release from the Fukushima accident and its consequences: A review. *Progress in Nuclear Energy*, 74, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.02.013>

Kuramochi, T. (2015). Review of energy and climate policy developments in Japan before and after Fukushima. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 1320–1332. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.001>

Lozano, R., Hernández-Ceballos, M., Adame, J., Casas-Ruíz, M., Sorribas, M., Miguel, E. S., & Bolívar, J. (2011). Radioactive impact of Fukushima accident on the Iberian Peninsula: Evolution and plume previous pathway. *Environment International*, 37(7), 1259–1264. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.06.001>

Ming, Z., Yingxin, L., Shaojie, O., Hui, S., & Chunxue, L. (2016). Nuclear energy in the Post-Fukushima Era: Research on the developments of the Chinese and worldwide nuclear power industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.165>

Otway, H. J., Maurer, D., & Thomas, K. (1978). Nuclear power. *Futures*, 10(2), 109–118. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(78\)90065-4](https://doi.org/10.1016/0016-3287(78)90065-4)

Ramana, M. V. (2013). Nuclear policy responses to Fukushima: Exit, voice, and loyalty. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 69(2), 66–76. <https://doi.org/10.1177/0096340213477995>

Tanaka, Y. (2004). Major Psychological Factors Determining Public Acceptance of the Siting of Nuclear Facilities. *Journal of Applied Social Psychology*, 34(6), 1147–1165. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2004.tb02000.x>

Vivoda, V., & Graetz, G. (2014). Nuclear Policy and Regulation in Japan after Fukushima: Navigating the Crisis. *Journal of Contemporary Asia*, 45(3), 490–509. <https://doi.org/10.1080/00472336.2014.981283>

Wang, S., Wang, J., Lin, S., & Li, J. (2020). How and when does information publicity affect public acceptance of nuclear energy? *Energy*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117290>

Wittneben, B. B. (2012). The impact of the Fukushima nuclear accident on European energy policy. *Environmental Science & Policy*, 15(1), 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.09.002>