



UNIVERSIDAD
DE MURCIA



UNIVERSIDAD DE MURCIA
FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

Efecto spillover del conflicto China-Taiwán en las empresas tecnológicas

Jose Antonio López Sánchez

Trabajo Fin de Máster
Máster Universitario en Finanzas
Curso 2023-2024

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. CONTEXTO MACROECONÓMICO E HISTÓRICO	5
3.1. Origen del conflicto	5
3.2. La industria tecnológica y su evolución	7
3.3. El papel de Taiwán dentro del sector tecnológico.....	11
3.4. La creciente relevancia de China en la economía mundial.....	16
4. ANÁLISIS DE DATOS.....	22
4.1. Metodología	22
4.2. Análisis de los principales índices bursátiles	27
4.3. Análisis de los principales índices tecnológicos	34
4.4. Análisis de las principales empresas tecnológicas.....	40
5. CONCLUSIONES	46
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
7. SUMMARY	49
8. ANEXOS	50

1. RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Master (TFM) tiene como objetivo principal el análisis de las consecuencias y los efectos que puede provocar el conflicto entre China y Taiwán en las empresas tecnológicas. Para ello, en primer lugar, se explica el origen de dicho conflicto, así como el contexto macroeconómico y la relevancia de ambos territorios tanto para la economía mundial, así como para el sector tecnológico. Este sector en concreto ha experimentado un crecimiento exponencial en las décadas recientes y supone a su vez uno de los principales motores de los mercados financieros en la actualidad.

En segundo lugar, dado el contexto introducido previamente, se procede al planteamiento de la hipótesis que constituye el eje central del trabajo. Dicha hipótesis se basa en la idea de que el conflicto y las tensiones políticas entre ambos territorios puede tener efectos negativos en los mercados financieros a nivel mundial, dada la interdependencia de estos mercados a causa de la globalización y los roles que desempeñan China y Taiwan en el panorama tecnológico y en la industria tecnológica, respectivamente.

Por lo tanto, y, en tercer lugar, se procede al análisis de datos en el que se estudia dicha interdependencia entre los mercados de cara a contrastar la hipótesis planteada. Todo esto se basa en la construcción de un modelo VAR con un parámetro de variación temporal, gracias al cual podemos analizar la conectividad entre las variables, así como el rol que ejercen entre ellas desde la perspectiva de la transmisión de volatilidad. Para ello, se analizarán datos de los principales índices tecnológicos (Estados Unidos, Europa, China y Taiwán), de las principales empresas tecnológicas que podrían verse afectadas y por supuesto, de los principales índices bursátiles.

2. INTRODUCCIÓN

La innovación y el desarrollo tecnológico han constituido históricamente uno de los principales motores para el crecimiento económico. Desde inicios del siglo XXI, innovaciones como internet han transformado tanto la economía como nuestras vidas en multitud de ámbitos. Este fenómeno parece estar repitiéndose en lo que hoy en día conocemos como la inteligencia artificial, fenómeno que no pasa desapercibido en los mercados financieros.

Empresas como Nvidia, o algunos índices bursátiles como el Nasdaq, si no están en máximos históricos, están cerca de alcanzarlos. El fenómeno de la inteligencia artificial supone el último gran avance del sector tecnológico en general. No tan solo empresas tecnológicas se ven beneficiadas de este avance, sino que multitud de negocios y de sectores se ven beneficiados de dicha tecnología.

Es por ello que el objeto de interés de este estudio radica en empresas tecnológicas en su conjunto, puesto que, si bien muchas empresas son las que están experimentando crecimientos significativos, son las grandes firmas tecnológicas las que ejercen de principal motor para multitud de índices bursátiles a nivel global, especialmente en el caso de Estados Unidos.

Sin embargo, si las empresas más importantes se encuentran en Estados Unidos, ¿qué papel juegan Taiwán y China en esto? Esta pregunta es una de las cuestiones a tratar a lo largo de este TFM, si bien se hace necesario presentar un poco de contexto a modo de introducción.

En el caso de China, es bien sabido que ha logrado posicionarse como una de las grandes potencias económicas a nivel mundial en cuestión de unas pocas décadas. Taiwán, por consiguiente, es el territorio desde el cual, según el Observatorio de la Complejidad Económica (Simoes e Hidalgo, 2011), se exportaron en 2022 el 23,2% de todas las exportaciones de semiconductores (circuitos integrados para ser más concretos). Estos productos a su vez, en el mismo año fueron el tercer tipo de producto más comercializado a nivel mundial. Los circuitos integrados, o comúnmente conocidos como chips, son indispensables para el desarrollo de las tecnologías descritas anteriormente. Además, la empresa TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited), es para muchos la empresa más importante del mundo en cuanto a la fabricación de este tipo de productos se refiere (Nellis, 2020).

Por todo ello, es de esperar que una intensificación de las tensiones territoriales entre China y Taiwán pueda afectar negativamente a los mercados financieros en el contexto actual.

3. CONTEXTO MACROECONÓMICO E HISTÓRICO

3.1. Origen del conflicto

La información contenida en este apartado esta extraída en su mayoría del trabajo realizado por Pereira y Ortega (2021), si bien es cierto que son numerosos los autores que han abordado este tema en sus escritos, como por ejemplo Rodríguez (2019). También es fácil encontrar información en diversos medios de comunicación acerca de la evolución del conflicto y su origen (BBC News Mundo, 2019).

Las tensiones entre China y Taiwán, también llamado “el conflicto de las dos Chinas” por Pereira et al. (2021), toma su origen en torno a mediados del siglo XX. Si bien existen numerosos antecedentes del mismo, el conflicto cuyas secuelas han sobrevivido hasta el presente estalló en 1949. Las tensiones internas dentro del país han sido una constante desde comienzos de siglo. Desde 1912 se instaura en el país la llamada República de China, la cual no hemos de confundir con la actual República popular. Si bien desde la constitución de la república las tensiones políticas han sido una constante, hemos de poner énfasis en 1925, año en el que se instaura en el gobierno el Kuomintang o partido nacionalista chino, bajo la mano del general Chiang Kai-shek. Desde este punto en adelante, son dos los acontecimientos clave en los que comienzan a haber tensiones relativas a la isla de Taiwán. En primer lugar, el estallido de la segunda guerra mundial, en la cual, la derrota de Japón supuso la devolución a China de los territorios conquistados, entre los que se incluye la isla.

En segundo lugar, el estallido en torno a 1927 de una guerra civil en China entre el partido nacionalista y la ideología comunista de Mao Tse Tung, que encuentra su desenlace con la derrota de los nacionalistas en 1949. Tras esto, los restos del ejército nacionalista decidieron exiliarse en Taiwán, donde Chiang estableció una república nacionalista con capital temporal en Taipéi. Y sí, el término temporal está bien empleado en este caso, pues si bien hoy en día la capital de Taiwán sigue siendo Taipéi, la intención del general Chiang era reconquistar la China continental. Es al mismo tiempo donde en China continental, llamada a partir de aquí como República Popular de China, se alberga la intención de adherir la isla y conformar una única nación. El gobierno nacionalista de Taiwán reclama ser la auténtica China al mismo tiempo que la república popular. Por aquel entonces, no se trataba en sí de un conflicto independentista por parte de Taiwán, si no de soberanía.

En un primer momento, la soberanía nacional de China recayó en manos de los nacionalistas, reconocidos a nivel internacional como la verdadera China por la mayoría de países, llegando a tener participación incluso dentro de la ONU. Sin embargo, esto tiene una razón de ser, y dicha razón la encontramos en el contexto geopolítico de la Guerra Fría, en la que EEUU tenía como principal objetivo evitar la expansión del comunismo. A esto hay que sumarle que EEUU era miembro permanente (y lo sigue siendo) del consejo de seguridad de las naciones unidas.

No obstante, en torno a comienzos de la década de los setenta, China popular había experimentado un crecimiento exponencial que ha continuado hasta nuestros días, y que abordaremos más adelante. El gran crecimiento y aumento de poder de China continental supuso un duro golpe para las ambiciones de reconquista por parte de la isla. Tanto es así que en 1971 las naciones unidas reconocieron a la China popular como el único representante legítimo del estado chino, relegando a Taiwán a un segundo plano. Esto se reafirma con el reconocimiento formal de EEUU en 1979. Es a partir de este punto en el que ya podemos dejar de diferenciar entre China nacionalista y popular, para pasar a hablar de China y Taiwán.

Taiwán no ha dejado de ser considerada como una nación soberana, de hecho, ha mantenido relaciones con EEUU que perduran hasta el presente. Pero China no está dispuesta a mantener relaciones diplomáticas formales con aquellos países que consideren a Taiwán como una nación independiente, pues considera a la isla como parte del territorio chino, mientras que Taiwán se considera un estado independiente.

Pereira et al. (2021) plantean tres escenarios posibles respecto a las relaciones entre ambos gobiernos. Anteriormente podríamos considerar 4, pero la opción de reconquista dejó de ser viable hace muchos años. De las tres opciones, China está dispuesta a contemplar dos, mientras que la otra solo es contemplada por Taiwán. Obviamente, la opción preferida por la región insular es la independencia y el reconocimiento de su soberanía nacional, rechazando la idea de convertirse en el representante legítimo de la nación china. Es decir, constituirse como una nación totalmente independiente. Sin embargo, esta idea parece no encajar mucho con los planes de la república popular. Respecto a esta última, sus opciones pasan por una total adhesión del territorio y otra opción más “neutral” e intermedia, que pasa por el hecho de adherir la isla a su territorio, pero bajo el principio de “un país, dos sistemas”, tal y como ocurre con Macao y Hong

Kong. De hecho, esto último fue la propuesta que hizo China en la década de los ochenta. Si bien dicha propuesta fue rechazada, supuso un suavizamiento de las tensiones.

Taiwán declararía de forma oficial la idea de no reconquista del continente en 1991, en aras de mejorar su situación respecto a sus relaciones exteriores. En efecto, la búsqueda de apoyos y el mantenimiento de unas buenas relaciones externas puede ser una baza importante para la isla en alineación con sus objetivos independentistas. En la actualidad, Taiwán está reconocido “formalmente” como una provincia de China, si bien tiene características suficientes para ser considerado como una nación soberana. No obstante, ningún país reconoce formalmente a Taiwán como nación soberana por las fuertes presiones diplomáticas del gigante asiático y actual pretendiente a la posición de la mayor economía a nivel mundial, por delante de EEUU.

A priori, un aumento de las tensiones que derivase en una escalada del conflicto parece inviable. Sin embargo, el gobierno chino se ha pronunciado en varias ocasiones respecto al tema, y en varias de ellas con serias amenazas tal y como sucedió en enero de 2021. Todo ocurrió tras la recién elección del presidente Joe Biden en Estados Unidos, dado que este reafirmó el compromiso del país con Taiwán. Obviamente, esta decisión acarrea motivos estratégicos en la región del Pacífico en los cuales no vamos a profundizar. Sin embargo, sí que cabe destacar la respuesta del gobierno chino de manos del portavoz del Ministerio de Defensa, Wu Qian, que afirmó lo siguiente: “seriamente le decimos a esas fuerzas independentistas taiwanesas que aquellos que juegan con fuego se quemarán, y la independencia de Taiwán significa la guerra” (BBC News Mundo, 2021). Todo esto se produjo días después de un aumento de la actividad militar china cerca de la región insular.

3.2. La industria tecnológica y su evolución

Tal y como se ha comentado anteriormente, el desarrollo tecnológico constituye uno de los principales motores para el crecimiento económico. Las innovaciones tienden a generar incrementos en la productividad y a mejorar los procesos productivos. Por lo tanto, es evidente la importancia de este sector a nivel global.

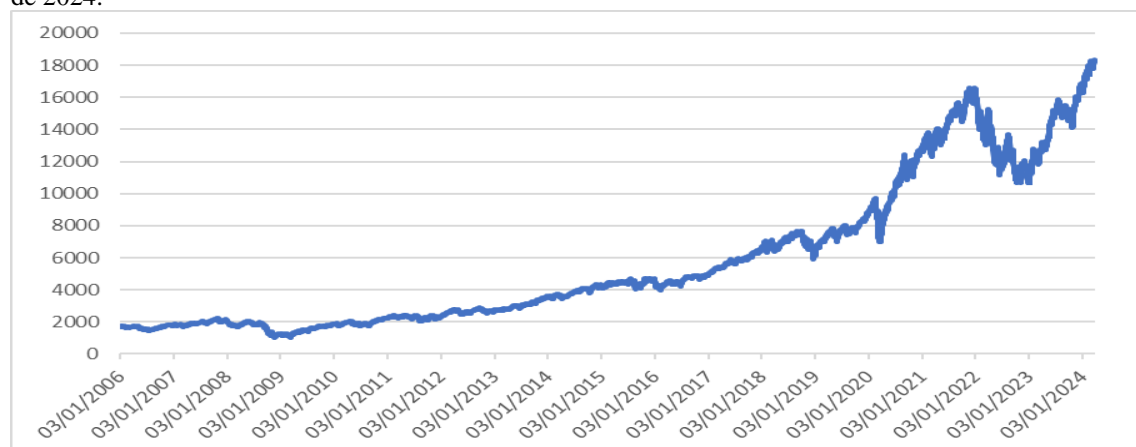
No obstante, no es objetivo de este TFM señalar las bondades del desarrollo tecnológico para el crecimiento económico, pues es por todos sabido la importancia y el impacto que ha tenido, tiene y tendrá la conocida como la “tercera revolución industrial”, en la que el impacto de las TIC (tecnologías de la información y comunicación) ha

transformado nuestras vidas, ya no solo en la faceta productiva, si no en una faceta social (Torrent i Sellens, 2002). Ya no son solo los avances a nivel productivo, sino que muchos de los productos desarrollados por las grandes compañías tecnológicas constituyen bienes de consumo masivo, de los cuales muchos de ellos nos resultan indispensables para nuestra vida cotidiana.

Dicho esto, se puede apreciar intuitivamente la importancia de las grandes compañías tecnológicas desde una perspectiva económica y social. Obviamente, este desarrollo tecnológico ha tenido efecto dentro de los mercados financieros, en especial en las empresas especializadas en este sector. Una buena forma de apreciar el gran crecimiento del sector tecnológico en los mercados financieros es analizando el índice Nasdaq 100, uno de los índices de referencia del mercado americano y que se compone por aquellas compañías dedicadas al sector de la alta tecnología.

Gráfico 1

Evolución del valor de cierre diario del índice Nasdaq 100 desde el 3 de enero de 2006 hasta el 1 de abril de 2024.



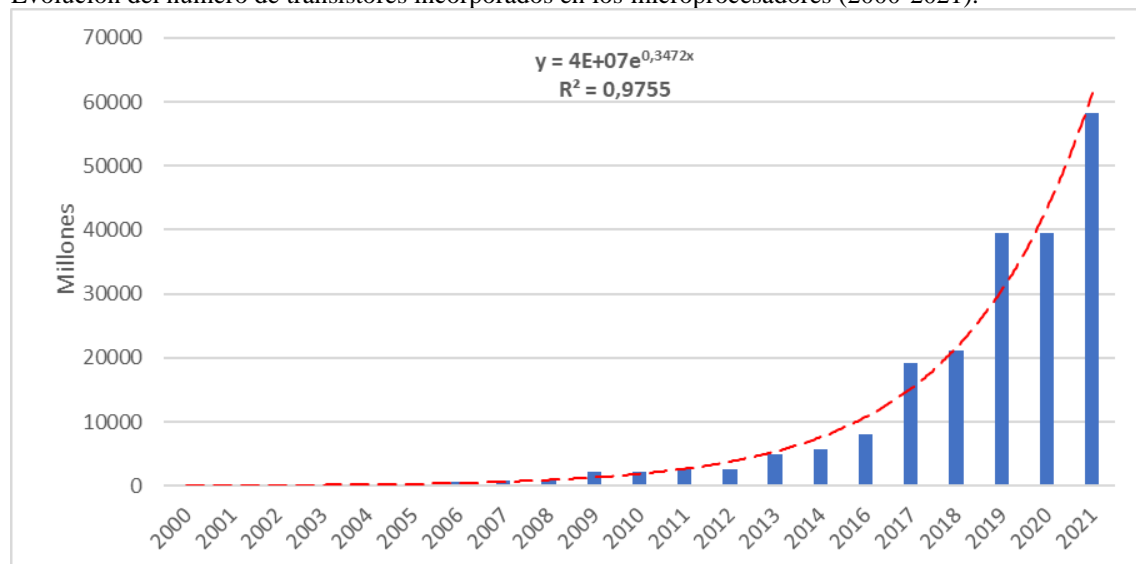
Fuente: Investing

Tal y como se puede apreciar en el gráfico, la cotización del índice ha aumentado considerablemente en estos últimos 20 años. De hecho, la tasa media anual acumulada del período analizado en el gráfico arroja un crecimiento interanual promedio del 14,19%. En total, desde el primer dato hasta el último recogido en la muestra, la variación total ha sido del 988,93%. Por lo tanto, es fácil deducir el notable crecimiento experimentado por el sector tecnológico en estos años, el cual podemos definir incluso de ser un crecimiento exponencial. En efecto, cabe de esperar que a medida que se produce una innovación tecnológica, esta favorece la aparición de un nuevo avance con mayor inmediatez. Este fenómeno viene bien explicado a través de la conocida como Ley de Moore (Moore, 1998).

En 1965, el cofundador de Intel Gordon E. Moore, afirmó que el número de transistores que se podrían integrar dentro de un procesador se duplicaría a razón de un año. Si bien es cierto que posteriormente, el mismo Moore modificaría su afirmación cambiando la razón de 1 año a 2 (Moore, 1975), las implicaciones de su ley siguen siendo las mismas. Un transistor es un componente que permite una correcta transmisión de la corriente eléctrica en un circuito, por lo que, a mayor número de transistores, más potente será un procesador. La adhesión de varios transistores en un mismo procesador es lo que se conoce como un circuito integrado. La propuesta de Moore tiene la consideración de ley dado que se ha podido verificar de forma empírica con el paso de los años, tal y como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Gráfico 2

Evolución del número de transistores incorporados en los microprocesadores (2000-2021).



Fuente: Our World in Data

El gráfico nos muestra claramente una tendencia exponencial, verificando por consiguiente la ley propuesta por Moore. Las implicaciones de este fenómeno en el desarrollo tecnológico son varias.

En primer lugar, el cumplimiento de la ley implica que cada dos años, los procesadores que se producen son más potentes que sus predecesores, por lo que la tecnología tiende a quedarse obsoleta en períodos de tiempo cortos. De cara a las empresas tecnológicas, esto puede resultar muy beneficioso. Véase el caso de Apple, empresa que comercializa un nuevo modelo de teléfono móvil siguiendo un patrón muy similar al de la ley de Moore.

En segundo lugar, tal y como además ya se mencionó anteriormente, los avances tecnológicos favorecen el desarrollo de nuevas innovaciones. Si los procesadores son

cada vez más potentes, se pueden emplear en la producción de nuevos procesadores que, a su vez, siendo más potentes que los anteriores, se pueden emplear sucesivamente en producir otros nuevos. Por lo cual, el tiempo que transcurre entre las sucesivas innovaciones es cada vez menor, lo que explicaría esa tendencia exponencial experimentada por el sector tanto a nivel de desarrollo como a nivel bursátil.

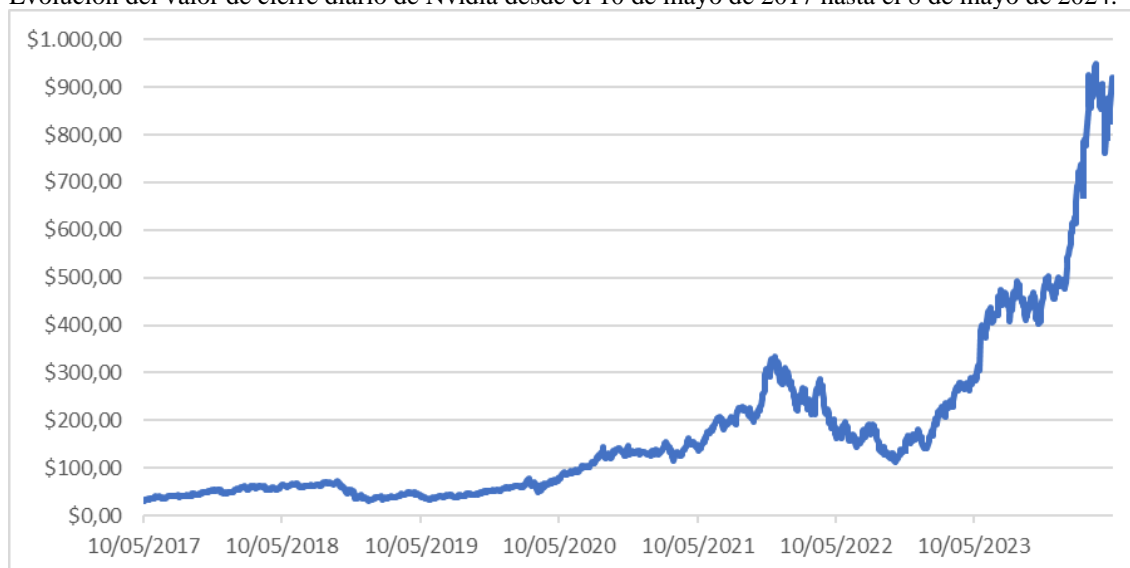
En tercer y último lugar, cabe señalar el límite sobre este crecimiento exponencial. Y es que el propio Moore era consciente de que este fenómeno no se produciría hasta el infinito. Es una cuestión de física, dado que, para incorporar un mayor número de transistores en un procesador, se tiende a hacer que estos sean cada vez más pequeños, pero obviamente, esto no se puede hacer de manera indefinida. Por lo cual, si bien la ley de Moore se ha estado cumpliendo en estos últimos años, es factible pensar que este fenómeno puede estar cerca del estancamiento y que esta tendencia exponencial experimentada por el sector esté llegando a su techo. Sin embargo, en este punto entra en escena una de las empresas del sector más importantes en estos días, conocida como Nvidia.

Una de las innovaciones más recientes y de mayor relevancia en el presente es el fenómeno de la inteligencia artificial, la cual constituye uno de los avances del sector tecnológico que podría llegar a considerarse como el desencadenante de la cuarta revolución industrial. Sin embargo, las inteligencias artificiales requieren de microprocesadores muy potentes para su funcionamiento. No obstante, esto se contradice un poco con lo establecido anteriormente, dado que, si de ser cierto que la ley de Moore podría encontrarse cerca de su techo, el desarrollo de esta nueva tecnología podría verse estancado.

No obstante, parece que los mercados financieros no parecen estar de acuerdo con este hecho, lo cual se ejemplifica bien con el caso de la empresa Nvidia. Esta empresa se dedica, entre otras muchas cosas, al desarrollo de procesadores para IA. Dichos procesadores han logrado multiplicar su rendimiento en los últimos años por más de 1000 veces, rompiendo con la propuesta de Moore. Este hecho ha provocado que algunas personas hayan bautizado este fenómeno como “ley de Huang”, en honor al CEO de la empresa Jensen Huang (Mims, 2020).

Gráfico 3

Evolución del valor de cierre diario de Nvidia desde el 10 de mayo de 2017 hasta el 8 de mayo de 2024.



Fuente: Investing

En efecto, gracias al gráfico 3 podemos apreciar claramente como el mercado ha reaccionado de buena manera a los hechos planteados anteriormente. La empresa ha crecido en media anualmente un 62.39% en el período comprendido en el gráfico, al mismo tiempo que experimentó un crecimiento total de un 2878,30%. La empresa ha pasado de cotizar a 30 \$ en 2017 a 900 \$ en mayo de 2024.

A modo de conclusión de este apartado, señalar que el hecho de comentar la ley de Moore y el caso de Nvidia tiene el propósito de poner de manifiesto el papel tan importante que juegan los microprocesadores en la industria tecnológica, y como el desarrollo de los mismos juega un papel clave en el desarrollo tecnológico, así como en el valor de las acciones de estas empresas y de los índices bursátiles. Introducidas todas estas premisas, llega el momento de comentar cual es el papel que juega Taiwán.

3.3. El papel de Taiwán dentro del sector tecnológico

En el apartado anterior hemos comentado la importancia de los microprocesadores o circuitos integrados para la industria tecnológica. En este apartado trataremos de aportar datos que reafirmen este hecho, así como al mismo tiempo, aporten argumentos a favor de la gran importancia que tiene la isla de Taiwán para este sector.

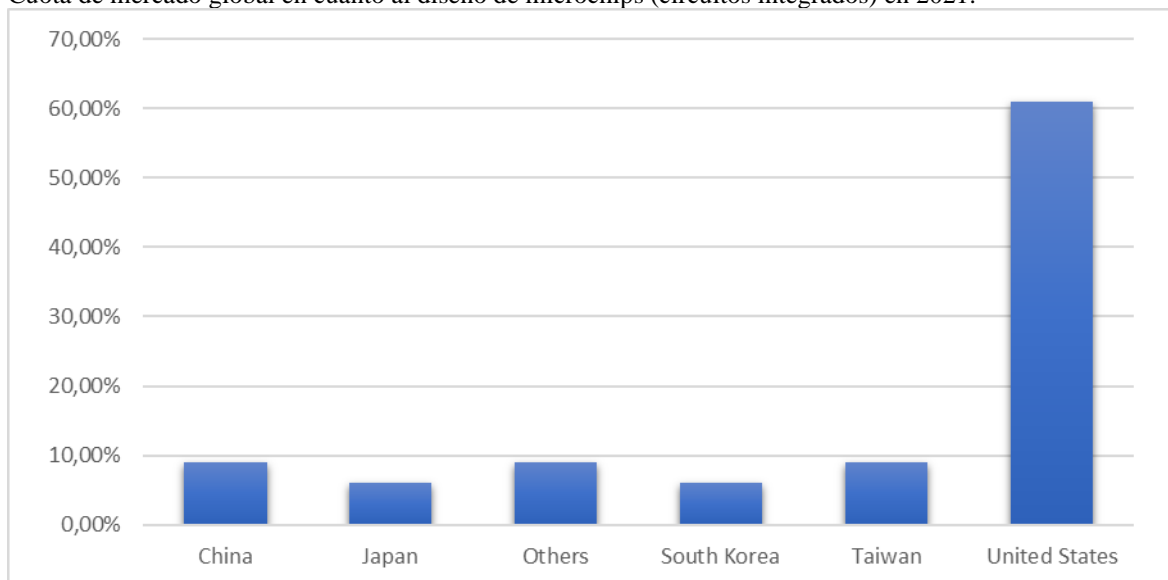
Y es que, si ya como bien hemos dado a entender, los circuitos integrados podrían ser considerados como el petróleo de la industria tecnológica, Taiwán sería una de las mayores explotaciones. Empresas como Intel, o la ya mencionada Nvidia, se dedican al negocio de este tipo de productos. Sin embargo, existe una peculiaridad respecto a este

hecho. Estas empresas son líderes del sector en cuanto al diseño se refiere, sin embargo, una cosa es el diseño y otra muy distinta es la fabricación. La fabricación de un circuito integrado es un proceso complejo, pero sobre todo costoso. Las empresas punteras como Nvidia destinan grandes cantidades de capital en el desarrollo para mantenerse en la cumbre, por lo que, si pretenden seguir en la cima, no pueden destinar parte de esos recursos a la fabricación, pues sus futuros diseños se podrían ver opacados por los de la competencia.

Es aquí donde entra en juego Taiwán. La región insular se ha convertido en los últimos años en la cuna de la fabricación de semiconductores. Esto se puede apreciar bien en los siguientes gráficos.

Gráfico 4

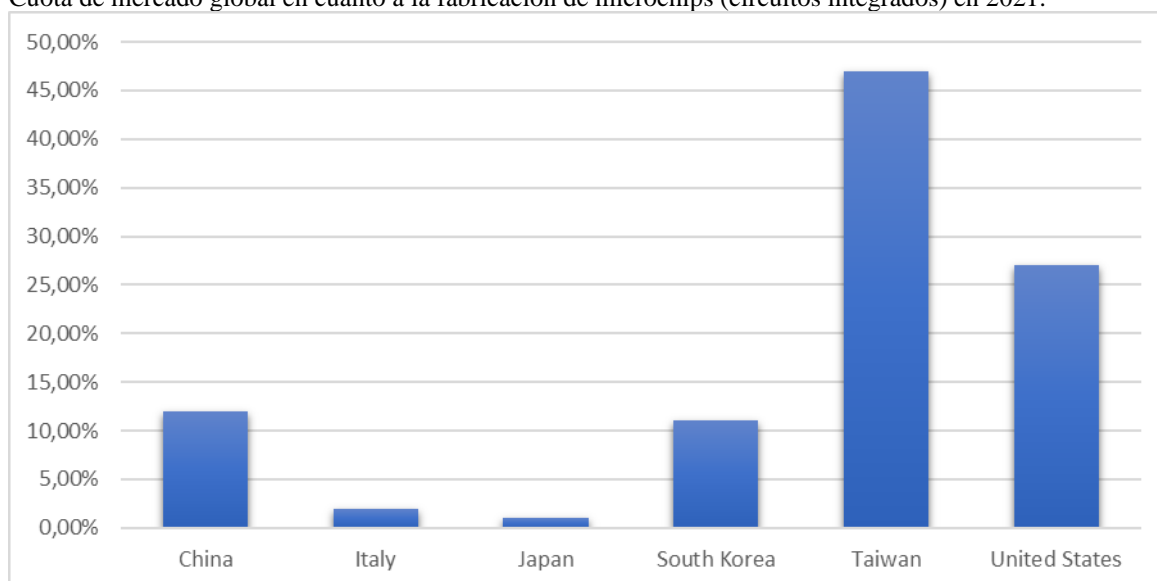
Cuota de mercado global en cuanto al diseño de microchips (circuitos integrados) en 2021.



Fuente: Emerging Technology Observatory Supply Chain Explorer

Gráfico 5

Cuota de mercado global en cuanto a la fabricación de microchips (circuitos integrados) en 2021.



Fuente: Emerging Technology Observatory Supply Chain Explorer

Tanto el gráfico 4 como el gráfico 5 reafirman los supuestos planteados anteriormente. Estados Unidos posee una cuota en cuanto al diseño de los chips del 61%, una cifra sorprendente teniendo en cuenta que hablamos de datos de 2021, probablemente hoy en día sea incluso más. Por el otro lado, vemos como Taiwán posee un 47% de la cuota de mercado a nivel mundial en la fabricación. Si bien en el caso de la fabricación la cosa está más disputada, el liderazgo de Taiwán es apabullante, e incluso me atrevo a afirmar, al igual que en el caso de Estados Unidos con el diseño, que esta cifra hoy en día sea superior. De hecho, los datos que aportaré a continuación apoyan esta afirmación.

Ya mencionaba en la introducción a la empresa TSMC, la joya de la corona de la industria de los semiconductores en Taiwán. En la actualidad, la cuota de mercado de la compañía supera el 50% del mercado global tal y como observaremos a continuación. Sin embargo, previo a observar los datos, se hace necesario introducir un poco de contexto acerca de cómo esta compañía ha logrado obtener la posición que ostenta en la actualidad.

Todos los comentarios acerca de la compañía que aportaré en este punto han sido extraídos de Olmo (2021). Asimismo, lo comentado aquí son simples pinceladas para dar un poco de contexto de la importancia de la compañía dentro del sector. Para una visión más extendida y detallada, me remito al artículo del autor citado previamente.

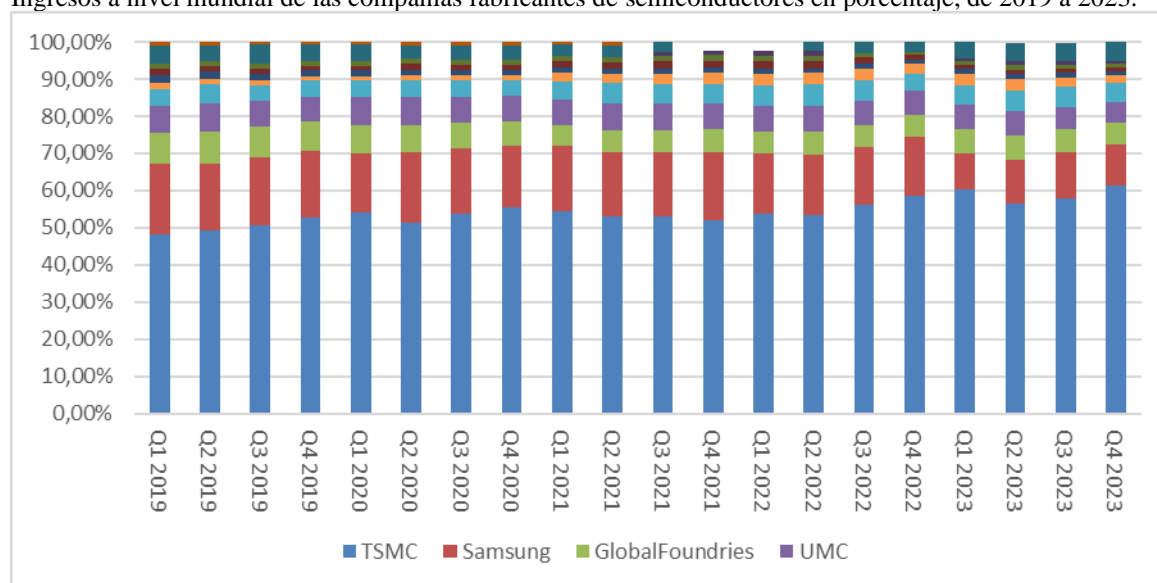
Nos remontamos pues en torno a 30 y 40 años atrás en el tiempo, un período en el que las grandes firmas dentro de la industria se centraban cuasi exclusivamente en el desarrollo y diseño de los microchips. Es aquí donde surge la figura de Morris Chang, el

cual funda la compañía en 1987 tras haber trabajado previamente en empresas del sector de la microelectrónica. Dado el contexto descrito dentro del sector, Chang optó por especializarse exclusivamente en el proceso de fabricación, y a la vista está que dicha decisión fue muy acertada. La fabricación de semiconductores es en sí un proceso muy costoso, dado que la maquinaria necesaria dentro del proceso productivo es muy compleja y, por consiguiente, de elevado coste. Pero este hecho no ha amedrentado a la compañía. Es más, TSMC lleva años invirtiendo grandes cantidades de capital en tecnología EUV, uno de los motivos que le permiten producir productos con mayores niveles de calidad que la competencia.

Por todo ello, el hecho de llevar tantos años de especialización en un proceso que hasta ahora el resto de compañías no consideraban oportuno, ha otorgado a la compañía un valor muy importante dentro de la industria. Como consecuencia, al estar tan especializada, la compañía tiene economías de escala a la hora de producir sus productos, lo que supone de forma indirecta una fuerte barrera de entrada para el resto de nuevos competidores que quieran entrar en esta industria.

Gráfico 6

Ingresos a nivel mundial de las compañías fabricantes de semiconductores en porcentaje, de 2019 a 2023.



Fuente: Statista

El gráfico 5 refleja bien lo comentado anteriormente. Observamos que más del 50% de los ingresos totales de la industria de fabricación son obtenidos por TSMC (un 61% en el último trimestre de 2023). En segunda posición encontramos a Samsung, cuyo peso se reduce considerablemente a lo largo del período. El caso de esta última compañía es especial, dado que en sí no se dedica exclusivamente a la fabricación de semiconductores. No obstante, esto sirve para poner de manifiesto el elevado poder que tiene la

especialización de la compañía de Taiwán. Arrebatarle cuota de mercado a esta empresa es prácticamente inviable a no ser que se centre exclusivamente en la fabricación. Entrar en la industria de la fabricación es costoso, dado que, al ser un proceso de alta especialización, los costes de entrada son muy elevados. Pero incluso teniendo la posibilidad de afrontar dichos costes, sería realmente difícil superar a TSMC, lo que le otorga a esta empresa una ventaja competitiva difícilmente superable. En cuanto al gráfico 5, cabe destacar a su vez que la compañía que ocupa la cuarta posición, UMC, es originaria de Taiwán también, lo que reafirma la gran importancia de la región para todo el conjunto de la industria tecnológica a nivel global.

Olmo (2021) destaca que el fundador de TSMC mencionó que tanto China como Estados Unidos no pueden ser considerados como competidores en la actualidad. Esto tiene grandes implicaciones, dado que, al ser los semiconductores productos tan valiosos en la sociedad actual, la excesiva dependencia de casi todas las economías a Taiwán en este aspecto puede dar lugar a un aumento de tensiones geopolíticas. En efecto, es de esperar que economías como la americana ansíen una mayor independencia tecnológica. Sin embargo, el propio fundador de TSMC visualiza esto como algo lejano, y los datos presentados en este apartado ayudan a reafirmar este punto. Es curioso, sin embargo, como el fundador de TSMC, aun siendo consciente de que las tensiones políticas pueden afectar a su negocio, no lo considera un factor determinante.

A pesar de ello, es interesante ver como en el formulario 20-F publicado por TSMC, que es un formulario que las empresas que cotizan en bolsas americanas sin tener su sede social en Estados Unidos deben presentar ante la SEC, se menciona como un factor que puede afectar al negocio el riesgo geopolítico. Este formulario se puede encontrar dentro del apartado de inversores en la propia página web de la compañía, cuyo enlace se recoge en la bibliografía de este trabajo. En dicho informe, las explicaciones que se dan hacen alusión a cómo aumentos de tensión política pueden poner en riesgo la demanda de productos de la empresa, destacando el ejemplo de las sanciones de Estados Unidos a Huawei, la empresa de telefonía china cliente de TSMC. De hecho, la guerra comercial entre China y Estados Unidos es considerada también un importante factor de riesgo, si bien esto lo comentaremos más adelante cuando hablemos de China en cuestión.

Dentro del informe, cabe señalar que el 68% del ingreso neto de la compañía en el año 2023 procedía de Estados Unidos, seguido de China con un 12%, lo que va en línea con los datos mostrados en el gráfico 4. Lo segundo a señalar es la distribución de dichos

ingresos por tipo de producto. En 2021, el 44% procedía de teléfonos móviles, mientras que un 37% procedía de ordenadores de alto procesamiento. Este hecho se revierte en 2023, ganando más peso la segunda partida con un 43% frente a la primera, con un 38%. Esto último podría venir acarreado por el incipiente desarrollo de las inteligencias artificiales. De hecho, Olmo (2021) indica que la empresa Apple comenzó a implementar en sus productos microchips fabricados por TSMC, siendo esta empresa uno de los principales clientes de la compañía taiwanesa. De hecho, en algunos informes, aparece esto reflejado, aunque sin hacer alusión directa a la empresa americana, tan solo se la menciona como “compañía A”.

El cambio en la distribución de ingresos también podría venir explicado por el aumento de la demanda por parte de la empresa Nvidia, tal y como recoge el diario taiwanés Commercial Times (Jiarui, 2024). Además, la propia web de noticias perteneciente a Nvidia anunció en marzo de este año la colaboración entre ambas compañías (Nvidia, 2024).

El motivo de mencionar tanto a Apple como a Nvidia radica en el hecho de que ambas compañías forman parte del top de empresas de mayor capitalización dentro de la bolsa americana y, por consiguiente, serán analizadas junto a TSMC en mayor detalle en el próximo apartado. Con todo esto, una vez señalados todos los motivos que posicionan a Taiwán como líder de la industria de los microchips e indirectamente, el siguiente subapartado se centrará en describir la relevancia de China en la economía mundial.

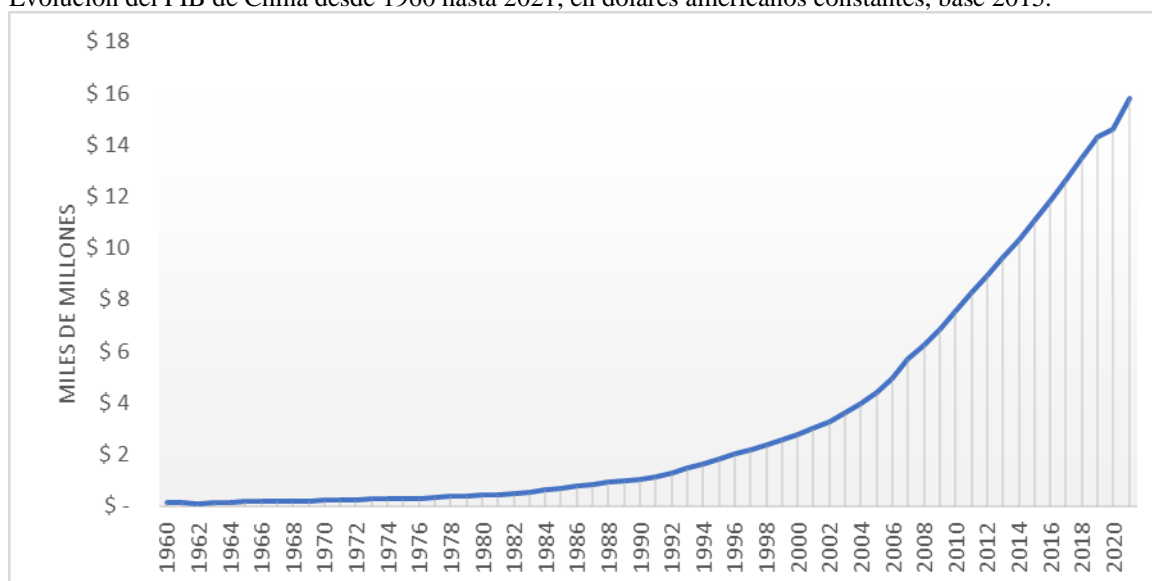
3.4. La creciente relevancia de China en la economía mundial

En el subapartado 3.1 ya se introdujo el origen de las tensas relaciones entre Taiwán y China, así como un poco de contexto de cómo se encuentran dichas relaciones en el presente. Ahora, se profundizará en esto, puesto que es crucial de cara a entender cómo puede afectar al comercio mundial de semiconductores y, por consiguiente, afectar a toda la industria tecnológica.

El crecimiento económico de China se ha producido con relativa rapidez. El proceso de crecimiento llevado a cabo por la gran parte de las economías modernas ha sido llevado a cabo por China en mucho menos tiempo, por lo que resulta interesante conocer algunos de los motivos que han permitido al país asiático crecer de esa manera.

Gráfico 7

Evolución del PIB de China desde 1960 hasta 2021, en dólares americanos constantes, base 2015.



Fuente: Our World in Data

En el gráfico 7 podemos observar como la trayectoria descrita por el PIB chino parece presentar cierto patrón exponencial. La serie pasa de ser prácticamente plana a uno de los valores del PIB que permite situar a China dentro del top de las grandes economías, compitiendo por el puesto hegemónico con Estados Unidos. Evidentemente, tratar de explicar el crecimiento económico de China en un solo apartado es imposible. La cantidad de factores que intervienen en un proceso así son tantas que exponerlas todas implicaría realizar un trabajo aparte. Sin embargo, se presentará un breve resumen de lo que varios autores consideran como los principales factores explicativos del proceso.

En concreto, hay que señalar dos factores en concreto que, por orden de mayor a menor importancia son las reformas y la apertura de la economía al exterior en 1978 (Quiroga, 2009) y la “liberalización de una economía con excedente de mano de obra que tiene una elevada tasa de ahorro” (Woo, 1996), lo que se ha traducido en un gran aumento de la productividad total de los factores. Destacar que el segundo factor es una consecuencia directa del primero. Sin embargo, resulta interesante hacerle una mención aparte para profundizar en que aspectos afectó más el primero de los factores.

Las reformas llevadas a cabo por el gobierno chino, de manos de Deng Xiaoping, se centraron sobre todo en cambiar el sistema de planificación económica por parte del estado para dar paso al libre mercado, así como una apertura exterior, de la cual China se beneficiaría por dos razones. En primer lugar, por la gran aportación al crecimiento de las exportaciones, siendo China la fábrica particular del resto del mundo. En segundo lugar, por la llegada masiva de inversión extranjera directa a la economía (Quiroga, 2009). La

llegada de inversión extranjera, así como la propia inversión del gobierno permitieron el desarrollo de una industria potente, que se benefició a su vez del segundo factor.

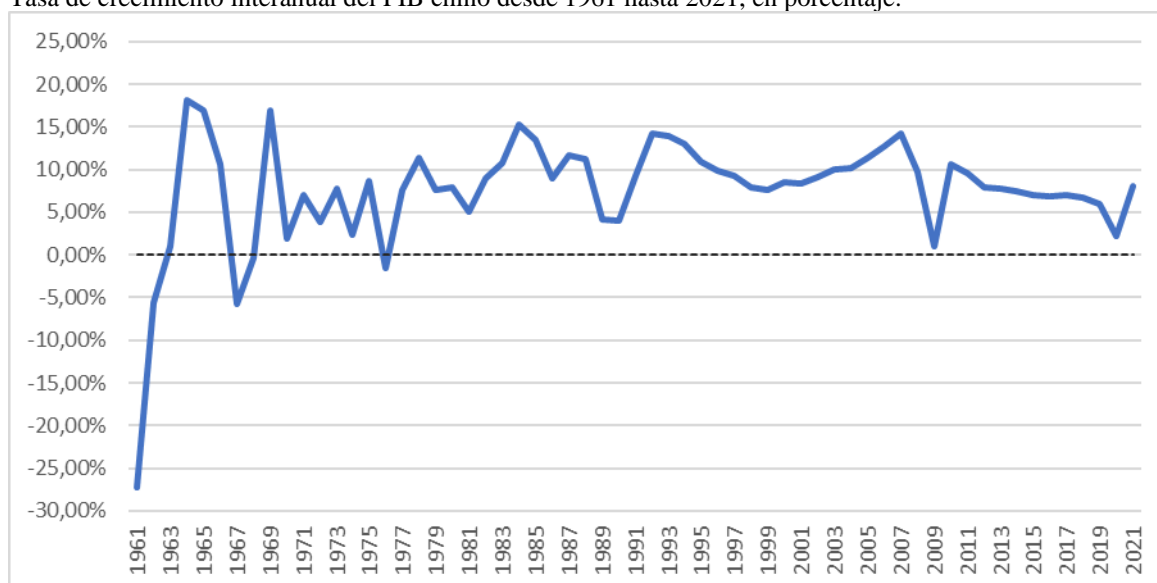
La liberalización de la economía permitió una relocalización del excedente de mano de obra. Estamos hablando de una economía cuya actividad económica se basaba en la agricultura. La llegada de financiación y el desarrollo de la industria permitió esa reasignación, pasando todo el excedente de mano de obra del sector agrícola a trabajar directamente en el sector industrial, lo que se tradujo de forma temprana en un aumento de la productividad total de los factores (Woo, 1996). De hecho, se considera la reasignación de la fuerza laboral como una de los principales motores de dicha productividad.

Por lo cual, tenemos una economía con una población enorme, pero parte de dicha población trabaja en su mayoría en el sector agrícola. Este sector, con un excedente de mano de obra tan elevado presenta tasas de productividad reducidas. Sin embargo, la llegada de inversión y el desarrollo de la industria cambiaron el panorama drásticamente.

En mi opinión, China llevó a cabo de forma tardía su propia revolución industrial a finales del siglo anterior, mientras que el resto de economías llevaron a cabo dicho proceso siglos antes. No obstante, la rapidez con la que dicha revolución transformó la economía china no ha sido observada en ningún otro país. El hecho de que la población china presente unas tasas de ahorro muy elevadas puede jugar un papel importante, dado que esto se puede traducir en una producción muy grande que satisface la demanda interna con creces y genera un excedente que, gracias a la apertura externa, se puede exportar al resto del mundo, generando un superávit de la balanza comercial. Si a esto se le suma el excedente de mano de obra, que se traduce en unos costes del trabajo muy reducidos, se dan las condiciones perfectas para que China ostente la posición de fábrica mundial.

Gráfico 8

Tasa de crecimiento interanual del PIB chino desde 1961 hasta 2021, en porcentaje.



Fuente: Our World in Data

El gráfico 8 muestra el resultado de la implementación y el desarrollo de los factores descritos anteriormente. Se observa cómo las tasas de crecimiento interanuales en los años 60 oscilan entre valores elevados y valores negativos. Sin embargo, a partir de 1978, no se observa una tasa de crecimiento negativa en todo el período. El crecimiento se ralentiza, pero no se detiene. Incluso, en la mayor parte del período aparecen tasas de crecimiento interanuales superiores al 10%. En efecto, tanto el gráfico 7 como el 8 reflejan la efectividad de las medidas adoptadas por el gobierno chino.

Con todo esto, queda claro el hecho de que China es uno de los protagonistas principales en el contexto económico mundial, todo gracias al increíble crecimiento experimentado en los últimos años. Sin embargo, este hecho puede provocar ciertos inconvenientes. Tener tanto protagonismo en una economía mundial totalmente globalizada implica que cualquier suceso negativo que ocurra a China, puede ser un catalizador de un problema mayor que afecte al resto. Podría decirse que tenemos el caso de Estados Unidos y la crisis financiera de 2009 como un ejemplo claro.

Las relaciones comerciales entre China y Estados Unidos son relevantes para el objetivo de este trabajo, principalmente por la influencia directa que dichas relaciones tienen con respecto a Taiwán y en el sector tecnológico. En concreto, comienzan a desarrollarse tras las reformas de 1978. China es uno de los principales socios comerciales, así como la mayor fuente de importaciones de la economía americana. Ambos países se benefician mutuamente del comercio. Estados Unidos importa multitud de productos de bajo coste procedentes de China para satisfacer su elevado consumo

interno. Al mismo tiempo, China encuentra en Estados Unidos el destinatario del gran excedente de producción, materializado en forma de exportaciones (Chunding et al. 2018).

Sin embargo, a pesar de lo beneficioso que el comercio resulta para ambos países, las tensiones comerciales han ido aumentando con los años en forma de aranceles y barreras a las importaciones. Obviamente China se ha quejado numerosas veces de esto. Y es que, si bien ambas economías se benefician del comercio, lo cierto es que ambas dependen mucho la una de la otra, y esto es algo que no agrada al gobierno americano, dado que Estados Unidos es una de las economías con el mayor déficit comercial. Depender tanto de las importaciones chinas acentúa en mayor medida esta situación. Aunque la situación parecía no escalar a más, es con la llegada del presidente Donald Trump en 2018 cuando la guerra comercial estalla (Chunding et al. 2018).

La “US International Trade Commission” determinó en ese año que la importación de determinados productos perjudicaba a los productores locales. Esto se tradujo en la imposición de barreras arancelarias, con su correspondiente respuesta por parte de China. Sin embargo, el problema llega cuando posteriormente se acusa a China de la puesta a cabo de prácticas no legítimas respecto a la transferencia de tecnología y el uso de patentes tecnológicas americanas (Fajgelbaum & Khandelwal, 2022).

Este hecho tuvo especial repercusión en el sector de los semiconductores, dado que se impuso una tarifa arancelaria del 25% sobre los circuitos integrados que procedieran de China. Posteriormente, en 2019 llegarían las sanciones contra la empresa Huawei, cuya tecnología 5G fue considerada una amenaza para la infraestructura de comunicaciones americana (Bown, 2020).

Con toda esta situación, cabe preguntarse cómo afecta todo esto a Taiwán. Evidentemente, es de esperar que el efecto no sea positivo. Sin embargo, la evidencia parece desmentir este hecho. Y es que, si bien Taiwán posee fuertes lazos históricos con China y tiene fuertes inversiones en el país, también tiene buenas relaciones militares y comerciales con Estados Unidos. Muchos de los productos taiwaneses son ensamblados y exportados desde China directamente. Por lo que tal y como ya se ha dejado claro, Taiwán tiene relaciones económicas fuertes con China, si bien se han reducido a causa de la guerra comercial. Además, las relaciones políticas como ya se ha comentado son tensas dado que no hay un entendimiento. A todo esto, se suma las relaciones de la región insular con Estados Unidos, que van más allá de lo meramente económico, tratando temas

militares. Estas últimas relaciones, dado el contexto resultan indispensables para Taiwán (Hsieh, 2020).

Las tensiones entre los dos gigantes de la economía mundial tienen implicaciones en Taiwán. Por ejemplo, si muchas empresas que exportan tecnología desde China a Estados Unidos pierden cuota de mercado dentro de la economía americana, es de esperar que su producción se reduzca, y consecuentemente, su demanda de productos intermedios, como sería el caso de los semiconductores. Sin embargo, la fuerte relación entre Taiwán y Estados Unidos sirve de salvaguarda para la economía taiwanesa. Es por esta serie de motivos por los que China no está interesada en una posible independencia de Taiwán, dado que posee uno de los sectores de producción más estratégicos a nivel mundial, sumado a la gran cuota de mercado de empresas como TSMC. Estados Unidos por su parte, depende de Taiwán en gran medida y así se ve ejemplificado en los datos presentados en este TFM. Incluso en Bown (2020) menciona como se aumentaron las tarifas a los semiconductores, pero sospechosamente no se aumentaron las tarifas de los circuitos integrados, componente esencial de los semiconductores y fabricados en su mayoría en Taiwán.

El crecimiento de los índices bursátiles americanos ha venido explicado en un gran porcentaje por las empresas más punteras a nivel tecnológico. Una de estas empresas es Nvidia, por ejemplo, que como ya se ha mencionado, es uno de los principales consumidores de TSMC. Una interrupción del suministro de semiconductores de gran magnitud a causa del aumento de las tensiones geopolíticas podría tener efectos adversos para este tipo de empresas, resintiéndose así los mercados por igual, dado el elevado peso de estas compañías.

Hasta ahora, se ha descrito profundamente el contexto, de cara a entender el porqué del análisis realizado en el apartado siguiente. Mediante el análisis de datos financieros, se estudiará si verdaderamente todas estas tensiones y relaciones geopolíticas son tenidas en cuenta por el mercado, y de ser así, si afectan de forma negativa o positiva.

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1. Metodología

El modelo empleado en la metodología de este trabajo para el análisis de la conectividad de las variables a través de la volatilidad es el TVP-VAR propuesto por Antonakakis, Chatziantoniou y Gabauer (2020). En su trabajo, los citados autores mejoran las medidas de conectividad dinámica propuestas por Diebold y Yilmaz (2014), añadiendo a un modelo VAR un parámetro de variación temporal gracias a la introducción de una estructura de varianzas y covarianzas variable en el tiempo. Esto último se consigue gracias a la introducción de un filtro de Kalman, que permite a la matriz de varianzas y covarianzas variar con el paso del tiempo, así como hacer que el modelo sea menos sensible a los valores atípicos o *outliers*.

Si bien Antonakakis, Chatziantoniou y Gabauer (2020) realizan un análisis muy interesante sobre la conectividad dinámica entre distintos tipos de cambio de divisas, su principal objetivo es señalar las bondades del modelo propuesto (TVP-VAR) frente a otros. Precisamente, dichas cualidades del modelo empleado en este trabajo son las que me han llevado a barajarlo como la mejor opción, dado que los autores demuestran fehacientemente que este modelo, gracias a la incorporación del parámetro de variación temporal (*time-varying parameter*), logra adecuarse mejor y de forma más rápida a los eventos y a los cambios que puedan producirse en los mismos, así como ser menos volátil que otros modelos, lo que hace que los efectos no se recojan de forma sobrerreaccionada pero tampoco de forma suavizada. No es objetivo de este TFM reafirmar la efectividad del modelo frente a otros, por lo que me remito a la obra original para mayor información al respecto.

En cuanto al modelo, podemos definir el TVP-VAR(p) de la siguiente forma:

$$y_t = A_t z_{t-1} + \epsilon_t, \quad \epsilon_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \Sigma_t)$$

$$vec(A_t) = vec(A_{t-1}) + \xi_t \quad \xi_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \Theta_t)$$

con

$$z_{t-1} = \begin{pmatrix} y_{t-1} \\ \vdots \\ y_{t-p} \end{pmatrix} \quad A'_t = \begin{pmatrix} A_{1t} \\ \dots \\ A_{pt} \end{pmatrix}$$

donde Ω_{t-1} representa toda la información hasta $t-1$. y_t y z_{t-1} son vectores de $m \times 1$ y $mp \times 1$ respectivamente, mientras que A_t y A_{it} son matrices de dimensión $m \times mp$ y $m \times m$ respectivamente. ε_t es un vector de dimensión $m \times 1$ y ξ_t es otro vector de dimensión $m^2p \times 1$, mientras que las matrices de varianzas y covarianzas variantes en el tiempo Σ_t y Ξ_t tienen dimensión $m \times m$ y $m^2p \times m^2p$ respectivamente. Por último, destacar $vec(A_t)$, que no es más que una vectorización de A_t con dimensión $m^2p \times 1$.

Para la implementación del filtro de Kalman, en aras de la estabilidad numérica, los autores implementan una serie de factores de atenuación (*decay factors*) en el algoritmo del filtro. El filtro de Kalman es un algoritmo que sirve para medir el estado de un sistema dinámico. Los factores de atenuación sirven para ajustar la influencia de las mediciones y predicciones anteriores sobre la estimación actual. Estos factores son cruciales para controlar la rapidez con la que el filtro responde a nuevas mediciones, especialmente en entornos donde las condiciones pueden cambiar con el tiempo, como es el caso de nuestro análisis en cuestión (Welch & Bishop, 1995).

La implementación del filtro es lo que permite la variación con el paso del tiempo de la matriz de varianzas y covarianzas, así como provocar que el modelo sea menos sensible a los valores atípicos. Los autores denominan a estos factores de atenuación como k_1 y k_2 , a los que les dan los valores de referencia propuestos por Koop y Korobilis (2014), donde $k_1 = 0,99$ y $k_2 = 0,96$. Existen procesos que permiten que los factores de atenuación varíen con el paso del tiempo, si bien es cierto que tal y como los autores mencionan, el valor añadido de llevar a cabo este proceso no merece el esfuerzo computacional requerido. Dicho esto, podemos formular el filtro de la siguiente manera:

$$vec(A_t)|z_{1:t-1} \sim N(vec(A_{t|t-1}), \Sigma_{t|t-1}^A)$$

$$A_{t|t-1} = A_{t-1|t-1}$$

$$\epsilon_t = y_t - A_{t|t-1}z_{t-1}$$

$$\Sigma_t = \kappa_2 \Sigma_{t-1|t-1} + (1 - \kappa_2) \epsilon_t' \epsilon_t$$

$$\theta_t = (1 - \kappa_1^{-1}) \Sigma_{t-1|t-1}^A$$

$$\Sigma_{t|t-1}^A = \Sigma_{t-1|t-1}^A + \theta_t$$

$$\Sigma_{t|t-1} = z_{t-1} \Sigma_{t|t-1}^A z_{t-1}' + \Sigma_t$$

Los autores actualizan A_t , Σ_t^A y Σ_t dada la información en el momento t siguiendo estos pasos:

$$vec(A_t)|z_{1:t} \sim N(vec(A_{t|t}), \Sigma_{t|t}^A)$$

$$K_t = \Sigma_{t|t-1}^A z'_{t-1} \Sigma_{t|t-1}^{-1}$$

$$A_{t|t-1} = A_{t-1|t-1} + K_t(y_t - A_{t-1|t-1} z_{t-1})$$

$$\Sigma_{t|t}^A = (I - K_t) \kappa_2 \Sigma_{t|t-1}^A$$

$$\epsilon_{t|t} = y_t - A_{t|t} z_{t-1}$$

$$\theta_t = (1 - \kappa_1^{-1}) \Sigma_{t-1|t-1}^A$$

$$\Sigma_{t|t} = \kappa_2 \Sigma_{t-1|t-1} + (1 - \kappa_2) \epsilon'_{t|t} \epsilon_{t|t}$$

De esta forma, K_t representa la ganancia de Kalman que explica cuánto deberían variar los parámetros, A_t , dado cualquier estado. El parámetro $\Sigma_{t|t-1}^A$ se denomina factor o parámetro de incertidumbre. Si el valor de éste es pequeño, significa que los parámetros A_t deberían ser similares a los de su estado previo. Si la varianza del error Σ_t es pequeña, significa que la estimación es precisa, por lo que los parámetros Φ_t deberían ser similares a sus valores previos.

Los parámetros y las matrices de varianzas y covarianzas planteadas son usados para estimar el modelo de conectividad de Diebold y Yilmaz, que utiliza las funciones de respuesta al impulso y la descomposición de la varianza del error de predicción. Para calcular dichas funciones con el modelo TVP-VAR, los autores transforman el modelo en un vector de medias móviles basándose en el teorema de representación de Wold. La representación de este último vector es la siguiente:

$$\begin{aligned} y_t &= J'(M_t(z_{t-2} + \eta_{t-1}) + \eta_t) \\ &= J'(M_t(M_t(z_{t-3} + \eta_{t-2}) + \eta_{t-1}) + \eta_t) \\ &\quad \vdots \\ &= J' \left(M_t^{k-1} z_{t-k-1} + \sum_{j=0}^k M_t^j \eta_{t-j} \right) \end{aligned}$$

con

$$M_t = \begin{pmatrix} A_t & I_{m(p-1)} \\ I_{m(p-1)} & 0_{m(p-1) \times m} \end{pmatrix} \quad \eta_t = \begin{pmatrix} \epsilon_t \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} = J\epsilon_t \quad J = \begin{pmatrix} I \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

donde, M_t es una matriz de dimensión $mp \times mp$, η_t es un vector $mp \times 1$ y J es una matriz de dimensión $mp \times m$.

Al mismo tiempo, si tomamos el límite de k cuando tiende a infinito, tenemos que:

$$y_t = \lim_{k \rightarrow \infty} J' \left(M_t^{k-1} z_{t-k-1} + \sum_{j=0}^k M_t^j \eta_{t-j} \right) = \sum_{j=0}^{\infty} J' M_t^j \eta_{t-j}$$

de donde,

$$y_t = \sum_{j=0}^{\infty} J' M_t^j J \epsilon_{t-j} \quad B_{jt} = J' M_t^j J, \quad j = 0, 1, \dots$$

$$y_t = \sum_{j=0}^{\infty} B_{jt} \epsilon_{t-j}$$

Las funciones de respuesta al impulso miden las variaciones de todas las variables j después de un shock en la variable i . Dado que el modelo no es estructural, se calculan las diferencias entre un pronóstico de una predicción en H períodos adelante cuando la variable i sufre un shock, así como cuando no lo sufre. La diferencia se atribuye directamente al shock de la variable, que se calcula del siguiente modo:

$$\text{GIRF}_t(H, \delta_{j,t}, \Omega_{t-1}) = E(y_{t+H} | e_j = \delta_{j,t}, \Omega_{t-1}) - E(y_{t+H} | \Omega_{t-1})$$

$$\psi_{j,t}(H) = \frac{B_{H,t} \sum_t e_j}{\sqrt{\sum_{jj,t}}} \frac{\delta_{j,t}}{\sqrt{\sum_{jj,t}}} \quad \delta_{j,t} = \sqrt{\sum_{jj,t}}$$

$$\psi_{j,t}(H) = \sum_{jj,t}^{-1/2} B_{H,t} \sum_t e_j$$

La descomposición de la varianza del error de predicción sirve para ilustrar la influencia que la variable j ejerce en la variable i en términos de su participación en la varianza del error de predicción. Todas estas varianzas se normalizan de modo para que todas las variables expliquen el 100% de la varianza del error de predicción de la variable i . Esto se calcula con la siguiente ecuación:

$$\phi_{ij,t}(H) = \frac{\sum_{t=1}^{H-1} \psi_{ij,t}^2}{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^{H-1} \psi_{ij,t}^2}$$

El denominador muestra el efecto acumulado de todos los shocks, mientras que el numerador muestra el efecto acumulado de un shock en la variable i . Gracias a la

descomposición de la varianza del error de predicción podemos calcular la conectividad entre las variables, a través de los indicadores que se exponen a continuación y en los cuales pondremos especial énfasis en el análisis.

En primer lugar, tenemos el índice de conectividad total, que viene derivado de la ecuación anterior. Este índice nos permite ver como un shock en una variable se transmite a otras variables (lo que denominamos como *spill-over effect*).

$$C_t(H) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^m \phi_{ij,t}(H)}{\sum_{i,j=1}^m \phi_{ij,t}(H)} * 100 = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^m \phi_{ij,t}(H)}{m} * 100$$

Primero vemos el caso de cómo la variable i transmite un shock al resto, lo que los autores llaman conectividad direccional total hacia otros:

$$C_{i \rightarrow j,t}(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^m \phi_{ji,t}(H)}{\sum_{j=1}^m \phi_{ji,t}(H)} * 100$$

Del mismo modo, podemos ver el proceso análogo, o lo que se denomina conectividad direccional total de otros.

$$C_{i \leftarrow j,t}(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^m \phi_{ij,t}(H)}{\sum_{j=1}^m \phi_{ij,t}(H)} * 100$$

Si restamos la conectividad direccional hacia otros y la recibida de los demás obtenemos la conectividad direccional neta, que mide la influencia de una variable concreta en todo el entorno usado en el análisis:

$$C_{i,t} = C_{i \rightarrow j,t}(H) - C_{i \leftarrow j,t}(H)$$

De este modo, si $C_{i,t}$ es positivo, significaría que la variable i ejerce más influencia al resto de la que recibe, por lo que podríamos denominarla como dominante. En el caso análogo, sería dominada ya que se ve influenciada por el entorno que compone el análisis.

Por último, descomponemos la última ecuación para sacar la conectividad neta por pares de variables:

$$NPDC_{ij}(H) = (\phi_{jit}(H) - \phi_{ijt}(H)) * 100$$

Si $NPDC_{ij}(H)$ es mayor que 0, significa que la variable i domina a la variable j .

Con todo esto, queda descrito el modelo TVP-VAR, así como los cimientos sobre los que se sostiene. Las últimas ecuaciones deducidas del modelo son las que nos permiten extraer las conclusiones más interesantes de este análisis que se presenta a continuación. En cuanto a los datos analizados, se especifica en cada subapartado los valores que componen la muestra en cada caso (índices y empresas), si bien cabe especificar que trabajamos con las series de rendimientos diarios en logaritmo, dado que la serie de precios no es estacionaria en media y tiene raíz unitaria, lo que dificulta la construcción del modelo y la inferencia.

4.2. Análisis de los principales índices bursátiles

Una vez explicada la metodología, en este subapartado se realizará el análisis. En concreto, comenzaremos analizando la conectividad entre los índices bursátiles generales, para seguidamente analizar los índices meramente tecnológicos y finalizar con el análisis de conectividad entre empresas tecnológicas.

En el caso de los índices bursátiles, los elegidos son el Euro Stoxx, el S&P 500, el índice de la bolsa de Shanghai, el Taiwán Weighted y el Nikkei. De este modo, tenemos representados cinco de los mayores mercados financieros a nivel global, aunque dado el contexto presentado, nos centraremos en los índices de Estados Unidos, China y Taiwán. Los otros dos índices se añaden para añadir más profundidad al análisis. Los datos recogen un período temporal desde el 15 de agosto de 2012 hasta el 9 de abril de 2024. Procedemos, en primer lugar, a visualizar los estadísticos descriptivos de las series:

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de rendimientos de los índices bursátiles.

Panel A: Medidas descriptivas

	China	Estados Unidos	Europa	Japón	Taiwán
<i>Nº Observaciones</i>	2712	2712	2712	2712	2712
<i>Mínimo</i>	-8,944637	-8,81235	-13,189799	-9,419898	-8,19781
<i>Máximo</i>	8,62515	6,729607	6,284948	7,014782	3,846606
<i>Primer cuartil</i>	-0,516773	-0,35346	-0,497166	-0,574499	-0,427464
<i>Tercer cuartil</i>	0,581398	0,542418	0,620152	0,742935	0,536634
<i>Media</i>	-0,003387	0,051638	0,018023	0,046794	0,022572
<i>Mediana</i>	-0,021106	0,110213	0,084916	0,090617	0,11245
<i>Error estandar de la media</i>	0,0241	0,01839	0,022742	0,023213	0,018018
<i>Límite inferior IC media (95%)</i>	-0,050643	0,015579	-0,02657	0,001277	-0,012758
<i>Límite superior IC media (95%)</i>	0,043868	0,087697	0,062616	0,092312	0,057902
<i>Varianza</i>	1,575114	0,917138	1,402622	1,461396	0,880412
<i>Desviación típica</i>	1,255035	0,957673	1,184323	1,208882	0,938303

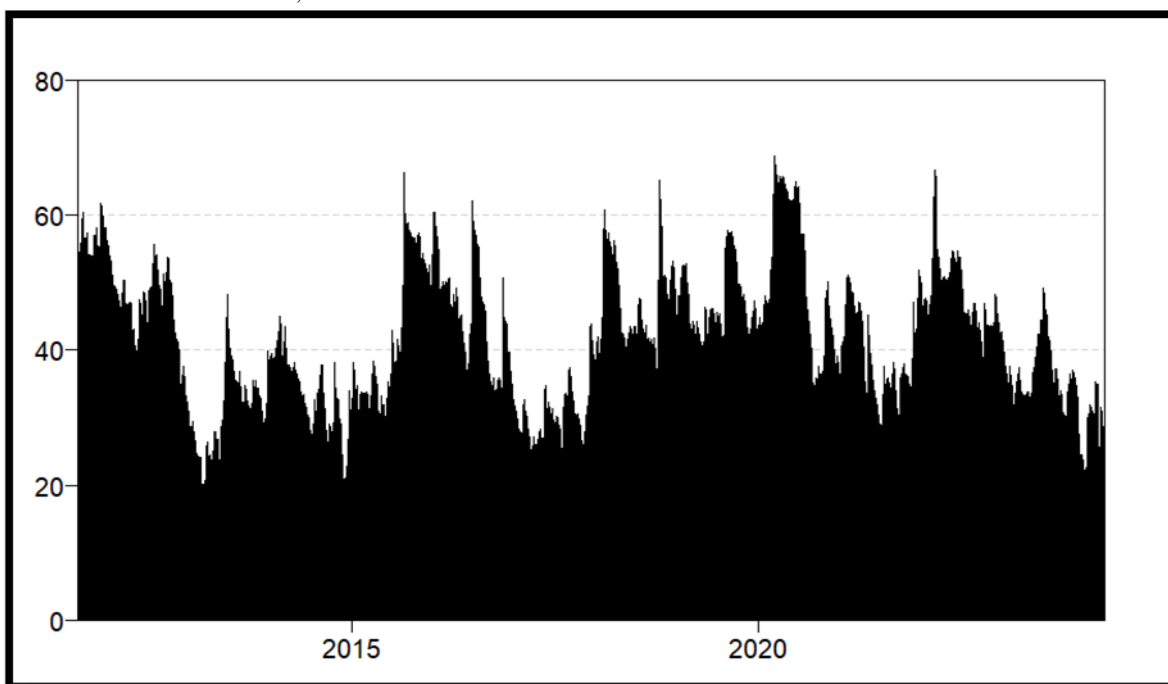
Panel B: Medidas de asimetría

<i>Skewness</i>	-0,633009	-0,872145	-1,300773	-0,586431	-1,389377
<i>Kurtosis</i>	7,906591	7,759913	12,521092	4,460771	9,525512

Tenemos un conjunto de 2712 observaciones de cada índice, puesto que trabajamos con rendimientos diarios para un mayor nivel de significatividad en las conclusiones obtenidas, al tener una muestra más amplia. A simple vista, solo destacar el hecho de que el índice de la bolsa china es el más volátil de los cinco, además de presentar el mayor valor máximo. Sorprendentemente, el índice taiwanés es el que menor desviación típica presenta, junto al índice americano, si bien es cierto que puede deberse al período objeto de estudio, dado que, si hubiéramos abarcado el período cercano al año 2007, el índice americano sería probablemente el más volátil. Con todo ello, procedemos a mostrar los gráficos de conectividad total:

Gráfico 9

Índice de conectividad total, índices bursátiles.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

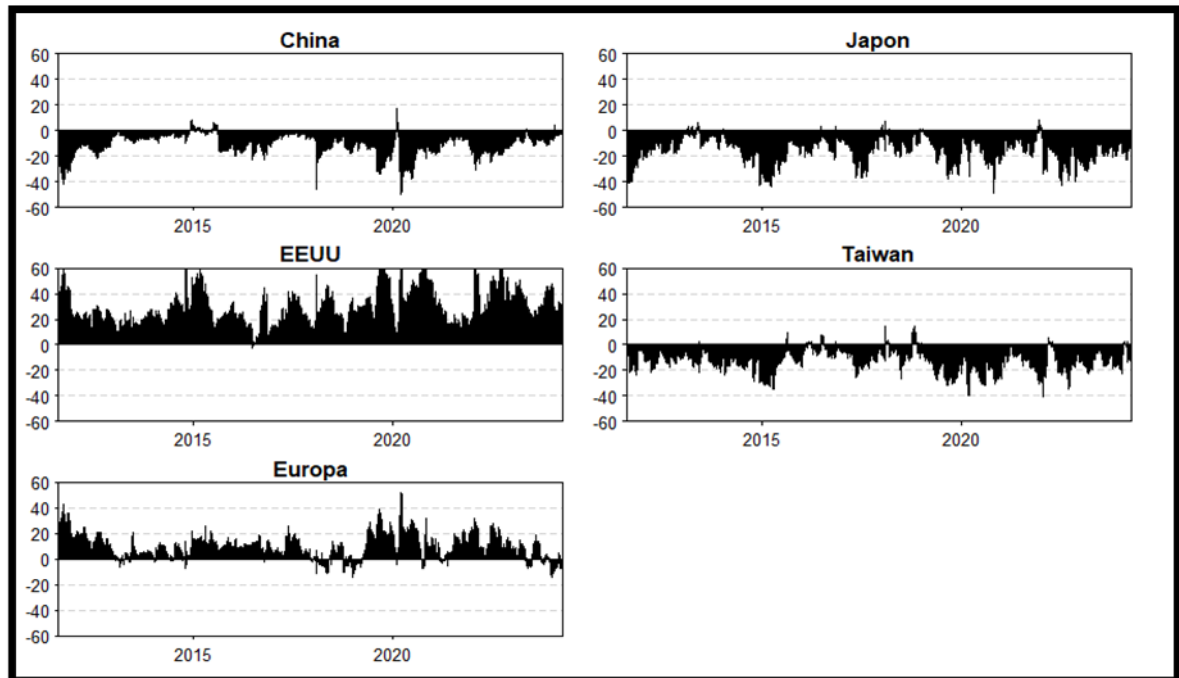
El índice de conectividad total presenta una sucesión de altibajos en todo el período, pero procederemos a comentar los más interesantes. A destacar sobre todo el período entre el 2018 y el 2020, donde apreciamos una mayor sucesión de máximos. La conectividad, dado el modo de medición empleado, es de esperar que aumente en períodos en los que la incertidumbre se apodera de los inversores. Esto se traduce en que, a mayor volatilidad, la conectividad tenderá a ser mayor. La cuestión a tratar es qué sucesos provocan estos picos de transmisión de volatilidad entre los diversos índices. Y es que este período mencionado recoge tres hechos muy interesantes, entre los cuales tenemos la guerra comercial entre China y Estados Unidos, el estallido de la pandemia y, tal y como se menciona en el primer apartado, las amenazas públicas del gobierno chino ante un posible escenario independentista por parte de Taiwán. Si bien todos los sucesos son interesantes, dado el objetivo principal del análisis, el último de ellos cobra especial relevancia.

Las amenazas por parte de China se producen en torno a los meses de enero de 2021. Causalmente, uno de los mayores picos de conectividad se produce en estas fechas. Es muy difícil asegurar con total certeza si toda la transmisión de volatilidad se debe a este hecho, pero, sin embargo, resulta ser una coincidencia a destacar y en la que profundizaremos a continuación. A grandes rasgos, el gráfico nos permite señalar la gran conectividad entre índices, signo de una gran interdependencia de los mercados financieros a nivel global. La cuestión que veremos a continuación es, dado que ya

sabemos que existe una transmisión de volatilidad, identificar la dirección de ésta, permitiendo clasificar a los índices bursátiles en transmisores o receptores.

Gráfico 10

Transmisión de volatilidad neta, índices bursátiles.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

El gráfico 10 permite visualizar el rol que ejercen los distintos índices bursátiles a la hora de la transmisión de volatilidad. Se observa que el principal transmisor es Estados Unidos, lo que se justifica por la gran influencia que ejercen los mercados financieros americanos en el resto del mundo (véase lo ocurrido durante la crisis financiera de 2007-2009), además de que las empresas más grandes e influyentes a nivel global son en su mayoría empresas americanas. Europa ocupa el segundo puesto como transmisor neto, si bien es cierto que no llega a los niveles de Estados Unidos. Por otro lado, los índices asiáticos juegan un rol claramente receptor en términos generales, aunque encontramos ciertos momentos puntuales en los que juegan el rol dominante y pasan a ser transmisores.

En el caso de Taiwán, con dos picos de transmisión muy interesantes en torno a 2018, coincidiendo con el período donde se produjo una escasez en la oferta semiconductores a causa de las tensiones comerciales entre China y Estados Unidos. Las empresas más relevantes que componen el índice taiwanés, si bien no todas son tecnológicas, en su mayoría son empresas dedicadas a este sector. Esto se podrá ver de forma más clara cuando se analicen los índices tecnológicos, pero hay que destacar aquí que es factible

considerar esta escasez de oferta como uno de los principales motivos de estos picos de transmisión.

En el caso de China, vemos un pico de transmisión acentuado a inicios de 2020. Evidentemente, dadas las fechas, es fácil intuir que se debe al estallido de la pandemia de COVID. Con todo esto, la conclusión que podemos sacar es que, si bien China y Taiwán son receptores de volatilidad, existen ciertos picos de transmisión que pueden deberse a que los sucesos importantes acontecidos en estos territorios son tenidos en cuenta por los mercados.

No obstante, nuestro objetivo es visualizar si el mercado tiene en cuenta las tensiones territoriales entre China y Taiwán y cómo reacciona. Sabemos que, en torno a inicios de 2021, el gobierno chino aumentó su actividad militar y lanzó un mensaje tajante sobre la independencia de Taiwán, proclamando un posible estallido de un conflicto armado. El gráfico 11 permite visualizar claramente lo que ocurrió en este periodo. Se basa en datos entre enero de 2021 y mayo del mismo año. Sin embargo, si abarcamos un período más amplio, concretamente desde finales de mayo de 2020 hasta finales de mayo de 2021, el comportamiento de las variables se aprecia mejor, ya que tenemos más datos anteriores para ver la tendencia de la que provenían las series.

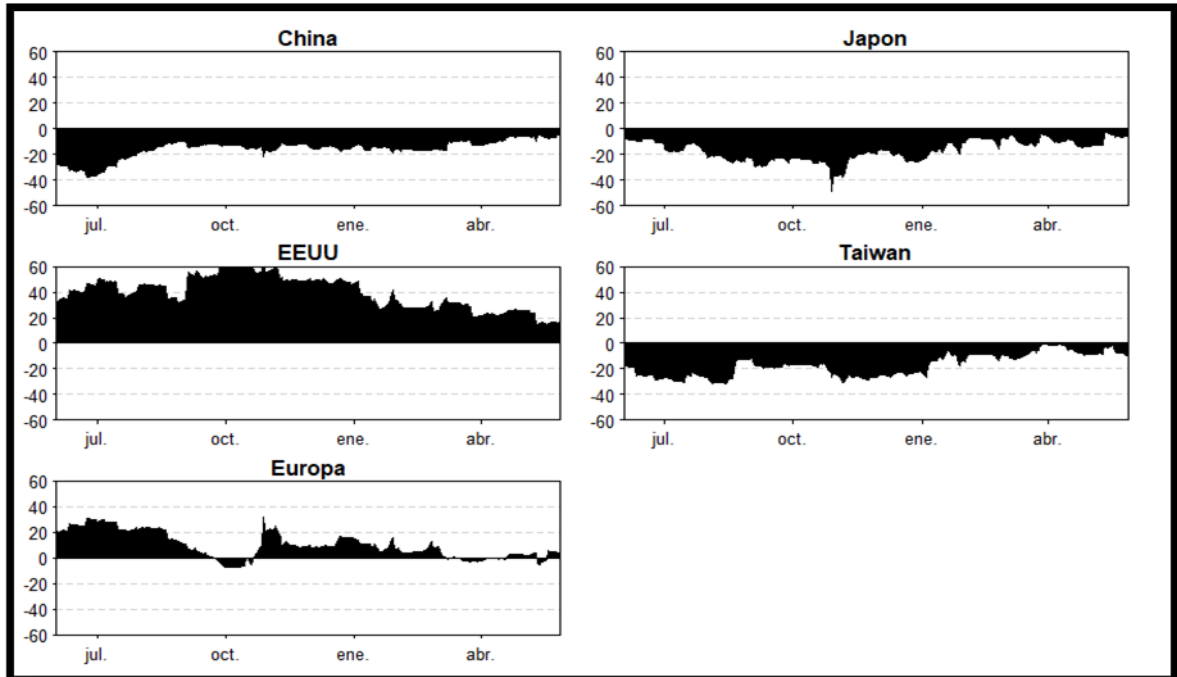
Y es que tal y como podemos apreciar en el gráfico 11, los índices parecen describir su patrón de transmisión habitual. Los índices asiáticos son receptores netos mientras que Estados Unidos sigue poseyendo el índice bursátil dominante. Sin embargo, se puede apreciar como la transmisión neta del índice americano tiende a reducirse, mientras que la del índice chino aumenta. Esto se percibe si observamos el valor de transmisión tanto al principio como al final del período. No obstante, lo interesante aquí es lo que ocurre con la transmisión neta del índice taiwanés. Y es que podemos observar cómo en abril de 2021, la transmisión neta aumenta tanto que casi provoca un cambio de tendencia en la serie, en la que casi pasa de tener un valor negativo a uno positivo.

De hecho, ese aumento neto de la transmisión parece producirse en un momento muy concreto y poco después parece retornar a su comportamiento habitual. Señalo este hecho porque es justo durante el mes de abril que aconteció un hecho interesante a tener en cuenta, publicado en el periódico alemán Deutsche Welle, el 15 de abril de 2021. En particular, el gobierno chino puso en marcha maniobras militares en el suroeste de Taiwán coincidiendo con la visita de una delegación diplomática estadounidense a la isla (DW,

2021). Las maniobras solo tuvieron lugar durante 6 días, lo cual concuerda con los datos mostrados.

Gráfico 11

Transmisión de volatilidad neta, índices bursátiles, desde el 31 de mayo de 2020 hasta el 31 de mayo de 2021.

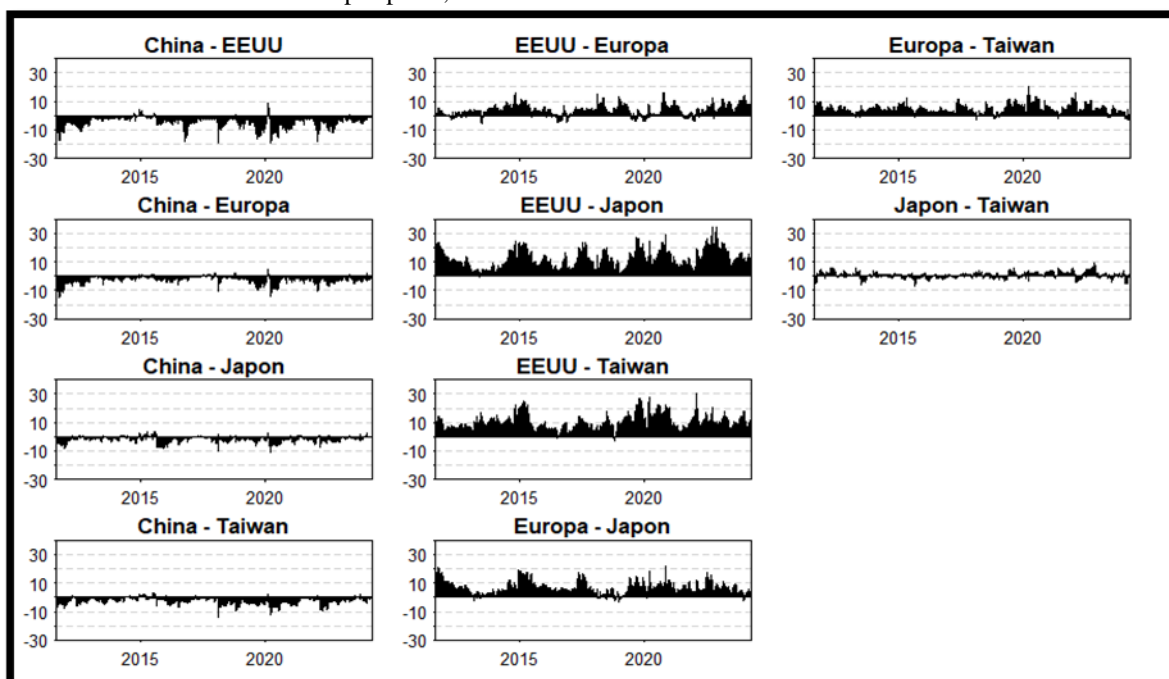


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

Lo ocurrido en abril de 2021 reafirma el hecho de que los mercados financieros parecen tener en cuenta todo lo relacionado con las tensiones entre China y Taiwán. En esta ocasión, unas maniobras militares fueron suficientes para casi cambiar la tendencia de transmisión del índice bursátil taiwanés. Sin duda, es evidente que los mercados financieros, si bien no parecen preocuparse en exceso por el conflicto en todo el período objeto de estudio, sí que lo tienen en cuenta.

Gráfico 12

Transmisión de volatilidad neta por pares, índices bursátiles.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

El gráfico 12 refleja lo mismo que los gráficos anteriores, pero esta vez, la transmisión se compara enfrentando los índices uno a uno. Los gráficos incluidos reflejan la posición de transmisión neta del primer país con respecto al segundo. Destacar de nuevo el pico de transmisión de China con respecto a todos los índices a principios de 2020 y, sobre todo, la reducción de la transmisión neta entre Estados Unidos y Taiwán, que casi cambia su tendencia en torno a abril de 2021, coincidiendo con los hechos descritos anteriormente.

La tabla 2 es un resumen de todo lo comentado y visto en los gráficos presentados hasta aquí.

Tabla 2. Tabla de conectividad dinámica de los índices bursátiles.

	China	Estados Unidos	Europa	Japón	Taiwán	Contribución de otros
<i>China</i>	78,63	5,26	4,28	4,76	7,08	21,37
<i>Estados Unidos</i>	1,06	58,64	25,04	7,91	7,35	41,36
<i>Europa</i>	1,23	26,94	54,84	9,81	7,18	45,16
<i>Japón</i>	3,11	18,82	16,98	50,32	10,76	49,68
<i>Taiwán</i>	4,93	17,25	12,43	11,27	54,12	45,88
<i>Contribución a otros</i>	10,33	68,27	58,73	33,76	32,37	203,45
<i>Transmisión neta total</i>	-11,05	26,91	13,57	-15,92	-13,51	
<i>Posición (de menor a mayor transmisión neta)</i>	3	5	4	1	2	

El índice chino transmite poca volatilidad en comparación a los occidentales, si bien hay que señalar que su mayor receptor de la volatilidad que transmite es Taiwán. Por otro lado, hay que indicar que Estados Unidos transmite volatilidad en grandes cantidades, principalmente a Europa, pero su menor receptor es China. Taiwán por su lado, transmite de forma homogénea entre el resto.

4.3. Análisis de los principales índices tecnológicos

Una vez analizados los principales índices bursátiles, procedemos a realizar el análisis de los índices tecnológicos. Puesto que Taiwán ejerce un rol clave en el sector tecnológico a nivel global, realizamos este análisis en aras de detectar posibles diferencias con los índices analizados previamente. Si bien es cierto que a priori, los cambios deberían ser mínimos, al menos en temas de tendencia, sí es posible pensar en una mayor acentuación en los shocks de transmisión que hemos visto anteriormente, en especial en el caso del índice taiwanés.

Los índices seleccionados han sido el Nasdaq, como principal índice tecnológico americano y el FTSE China Technology y el FTSE Taiwan Technology como representantes asiáticos. Por último, también hemos escogido el Eurostoxx Technology como representante europeo. Destacar que, en este caso, se ha dejado fuera de la comparativa a Japón. El motivo es que no he encontrado datos sobre ningún índice meramente tecnológico de la bolsa japonesa y, además, si bien añadirlo supondría una ganancia en la profundidad de los datos, el valor añadido no es significativo dado el objeto de estudio del análisis, que radica en China y Taiwán. El período temporal considerado es desde el 13 de septiembre de 2012 hasta el 28 de marzo de 2024.

La tabla 3 recoge los estadísticos descriptivos de las series de rendimientos diarios en porcentaje de los índices mencionados anteriormente. Los resultados son similares a la tabla 1, siendo el índice chino el de mayor desviación típica. Este presenta el valor mínimo más bajo, mientras que el valor máximo lo presenta el índice europeo, aunque en este caso no hay una gran disparidad. De igual modo, los índices americano y taiwanés son los menos volátiles.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de rendimientos de los índices tecnológicos.

Panel A: Medidas descriptivas

	China	Estados Unidos	Europa	Taiwán
<i>Nº Observaciones</i>	2603	2603	2603	2603
<i>Mínimo</i>	-30,740673	-10,279943	-11,600424	-9,413043
<i>Máximo</i>	8,526016	7,569236	9,557123	7,565268
<i>Primer cuartil</i>	-0,907714	-0,503164	-0,576974	-0,527703
<i>Tercer cuartil</i>	0,974873	0,665438	0,757638	0,64256
<i>Media</i>	-0,008248	0,060743	0,044509	0,046135
<i>Mediana</i>	0,034425	0,12424	0,152835	0,108386
<i>Error estandar de la media</i>	0,038624	0,02301	0,025831	0,022906
<i>Límite inferior IC media (95%)</i>	-0,083984	0,015623	-0,006143	0,00122
<i>Límite superior IC media (95%)</i>	0,067488	0,105863	0,09516	0,09105
<i>Varianza</i>	3,883126	1,378202	1,736837	1,365719
<i>Desviación típica</i>	1,970565	1,173969	1,317891	1,16864

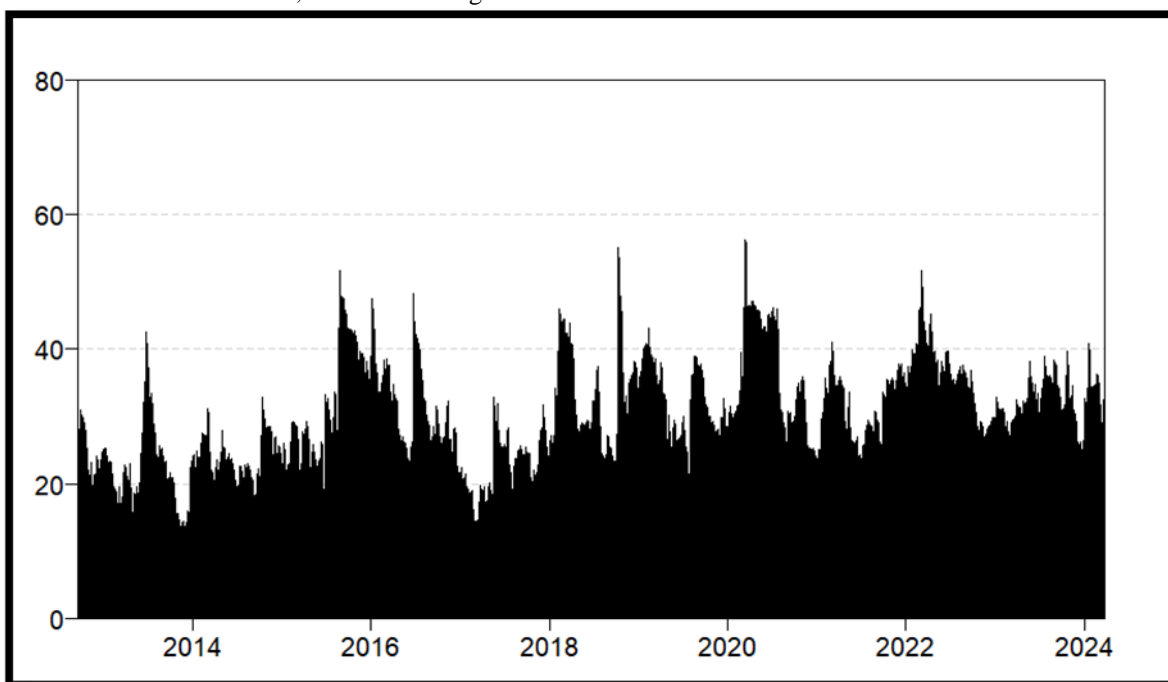
Panel B: Medidas de asimetría

<i>Skewness</i>	-1,77088	-0,563723	-0,800511	-0,718307
<i>Kurtosis</i>	24,489428	5,960653	8,097855	6,934175

En cuanto al índice de conectividad total, se puede apreciar una tendencia muy similar al caso anterior, tal y como se puede apreciar en el gráfico 13. De hecho, la única diferencia significativa a señalar radica en el hecho de que, en este caso, el índice parece presentar valores relativamente más reducidos. Es de esperar este resultado, ya que, a fin de cuentas, los índices tecnológicos agrupan un número más reducido de empresas que los índices analizados anteriormente. Sin embargo, podemos ver como la tendencia es muy similar, identificándose los mismos picos de conectividad en los mismos momentos del tiempo.

Gráfico 13

Índice de conectividad total, índices tecnológicos.



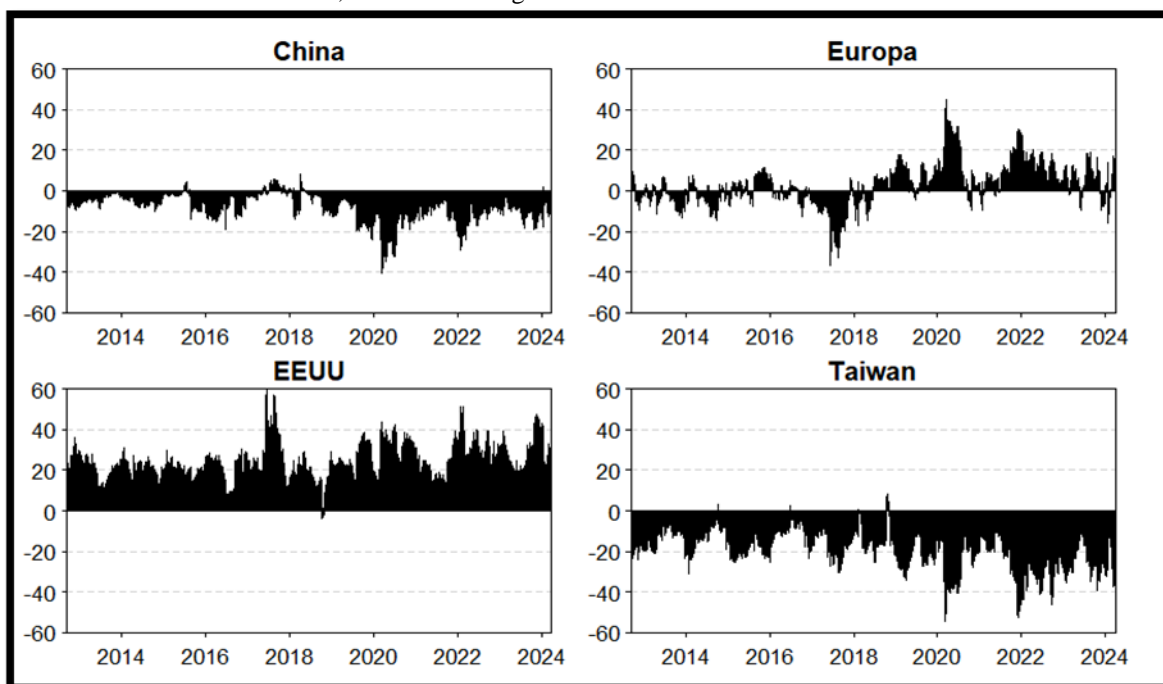
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

Si bien es cierto que la tendencia es similar, así como los períodos en los que se producen los picos de conectividad, resulta curioso como estos difieren ligeramente ya sea en la cuantía o en su forma, así como en el momento del tiempo. El hecho de haber excluido a Japón puede explicar parte de este comportamiento. Sin embargo, esto lo comprobaremos con más detalle analizando la transmisión neta de volatilidad.

El gráfico 14 muestra a Estados Unidos como el principal transmisor neto y a Europa como transmisor neto en general, aunque presenta un elevado pico de recepción neta en torno a 2017 y principios de 2018. Curiosamente, Estados Unidos presenta en ese período un pico de transmisión muy elevado, al mismo tiempo que China, que rompe su tendencia receptora y pasa a ser transmisor. Dadas las fechas y el contexto, se puede intuir que la guerra comercial entre los dos gigantes de la economía mundial ejerció gran influencia en las empresas tecnológicas europeas.

Gráfico 14

Transmisión de volatilidad neta, índices tecnológicos.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

Tras este pico, vemos cómo la transmisión de volatilidad del índice americano se reduce, al tiempo que observamos un breve y efímero pico de transmisión en el caso de China y en el caso de Taiwán, aunque en este último caso apenas se distingue mucho, pero sí se aprecia un cambio en la transmisión neta considerable. Esto puede justificarse por la escasez de microchips producida con la intensificación de la guerra comercial y el hecho de ejemplificarlo con los índices tecnológicos reafirma esta causa.

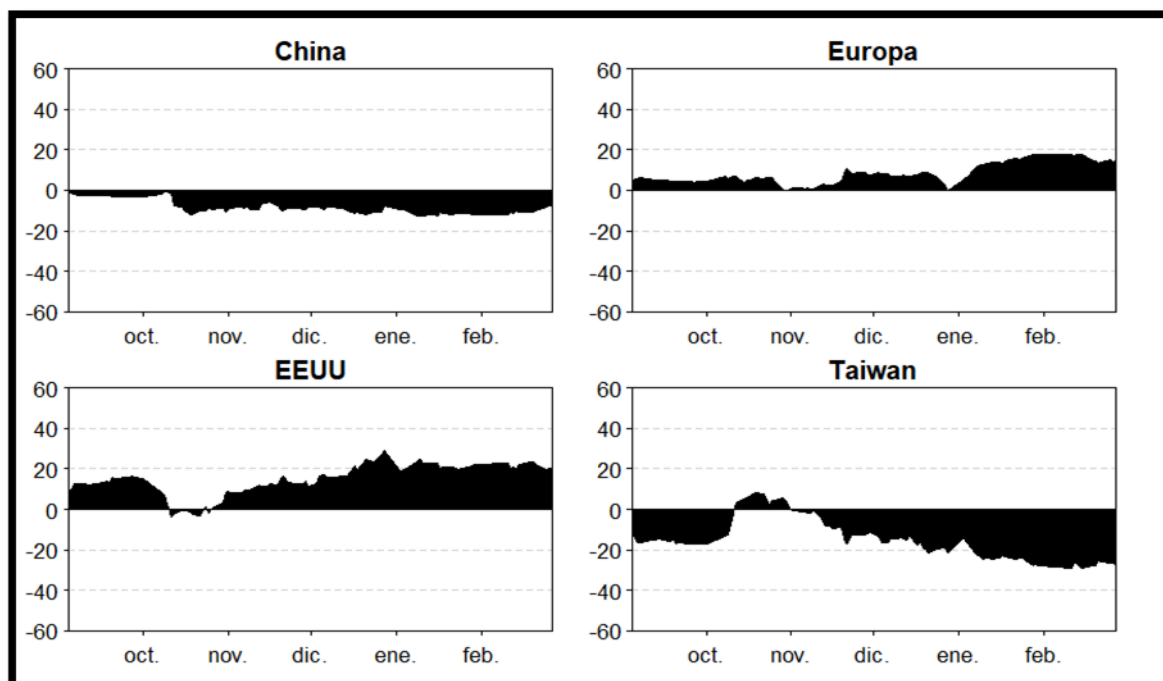
También se aprecia que el estallido de la pandemia parece tener un efecto minorado en el caso de las empresas tecnológicas, ya que, a inicios de 2020, y a diferencia del análisis previo, durante ese período el índice chino sigue siendo receptor neto, aunque el valor de transmisión neta aumenta. Esto se debe a que las empresas tecnológicas no se vieron tan afectadas por la pandemia como pudieron ser las empresas dedicadas al sector servicios.

A pesar de todo esto, sí que hay un hecho muy significativo al analizar los índices tecnológicos, que difiere de los principales índices bursátiles (Euro Stoxx, el S&P 500, el índice de la bolsa de Shanghái y el Taiwán Weighted). Si observamos la tendencia del índice tecnológico taiwanés, éste es receptor neto al igual que el índice Taiwán Weighted. En este caso, las empresas de semiconductores ejercen más influencia en este hecho. El negocio de los semiconductores es un sector muy impulsado por la demanda, motivo que

contribuye a explicar parte de la transmisión neta de los índices americanos. Sin embargo, hemos visto como los shocks de oferta también asustan al mercado, y no es para menos, dada la elevada cuota de mercado de las compañías taiwanesas en el sector. Sin embargo, esta tendencia parece cambiar en 2018, donde observamos un pico de transmisión por parte del índice taiwanés. De hecho, este pico es notable dado que supone un cambio brusco en la tendencia. Este pico también se apreciaba en el caso de los índices generales, si bien es cierto que, al analizar los índices tecnológicos, es mayor. Si nos centramos en el período comprendido entre el 1 de septiembre de 2018 y el 28 de febrero de 2019 se ve con mayor claridad.

Gráfico 15

Transmisión de volatilidad neta, índices tecnológicos, desde el 1 de septiembre de 2018 hasta el 28 de febrero de 2019.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

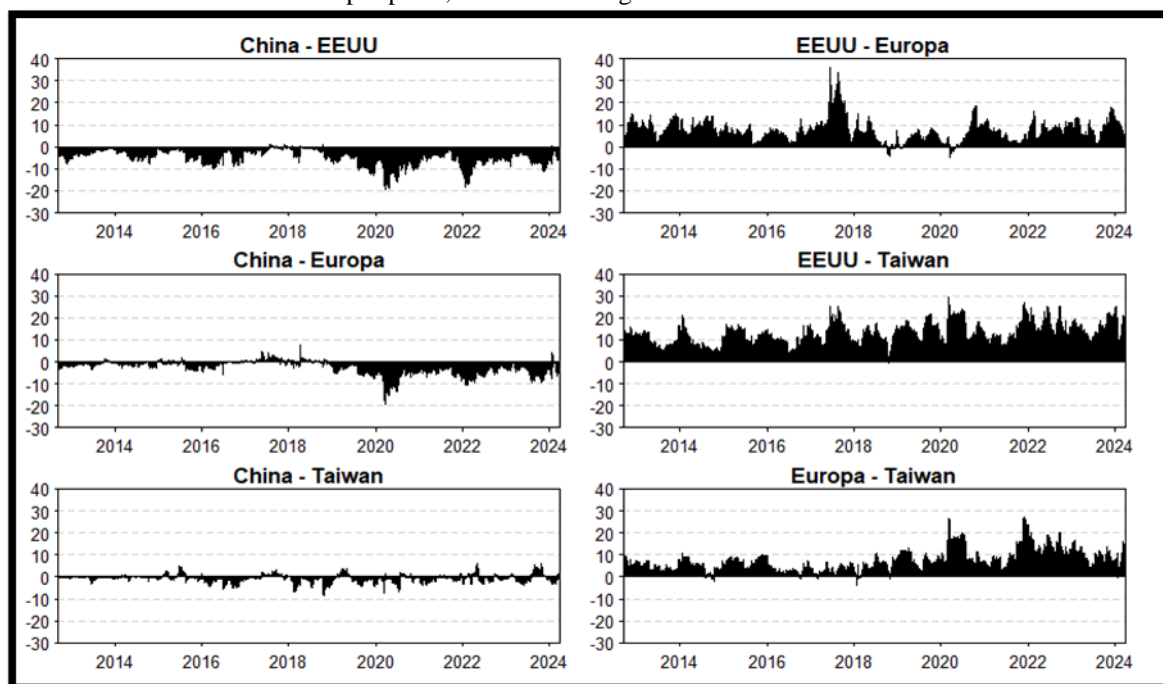
El gráfico 15 nos permite obtener unas conclusiones más detalladas. Se observa el pico de transmisión por parte del índice taiwanés y que los índices americano y chino son los principales receptores. De hecho, el índice americano es receptor neto de volatilidad tan solo una vez en todo el período, y es justo a mediados de octubre de 2018. Al igual que en los picos de transmisión anteriores, este hecho puede deberse a que el 20 de octubre de 2018 tuvo lugar una gran manifestación en la que se exigió un referéndum independentista a favor de Taiwán, en protesta del acoso recibido por parte del gobierno chino. China se negó y amenazó con un conflicto armado de darse esta situación. La manifestación supuso una amenaza que pudo traducirse en un aumento de la tensión, al

tiempo que Estados Unidos planeaba mandar buques de guerra al estrecho de Taiwán. Del mismo modo, todo esto ocurrió previamente a la celebración de elecciones en Taiwán al mes siguiente (Espinosa, 2018).

Este suceso pareció asustar al mercado, tanto como para cambiar la tendencia del índice taiwanés y americano. Si bien es cierto que pasadas las elecciones de noviembre la situación volvió a la normalidad, el aumento de tensión supuso un pequeño susto para los mercados.

Gráfico 16

Transmisión de volatilidad neta por pares, índices tecnológicos.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Investing.

El gráfico 16 compara la transmisión de volatilidad enfrentando los índices uno a uno. Las conclusiones son similares al gráfico 15. Se observan los mismos picos de transmisión comentados anteriormente, pero ahora se ve de forma precisa la dirección. Hay que destacar que la transmisión desde China a Europa durante 2018, al igual que antes, coincide con el inicio de la guerra comercial. En el mismo período, el índice europeo también recibe volatilidad desde Taiwán y también del índice americano en gran cuantía. La transmisión neta entre el índice tecnológico americano y el taiwanés sitúa al primero como transmisor neto respecto al segundo durante todo el período, exceptuando el pico de transmisión correspondiente a octubre de 2018.

Las empresas tecnológicas americanas son las que ejercen el rol dominante respecto a las taiwanesas. Dado que las empresas tecnológicas taiwanesas más influyentes en el

índice se especializan en la fabricación de semiconductores, se concluye que las empresas tecnológicas americanas impulsan el mercado a través de la demanda. Si bien los shocks de oferta son tenidos en cuenta, en general, un exceso o escasez de demanda tendría efectos más adversos a nivel bursátil en las empresas tecnológicas que una escasez de oferta. Además, las tensiones políticas en la región asiática ejercen una influencia significativa en los demás mercados.

Tabla 4. Tabla de conectividad dinámica de los índices tecnológicos.

	China	Estados Unidos	Europa	Taiwán	Contribución de otros
<i>China</i>	89,76	4,94	3,07	2,22	10,24
<i>Estados Unidos</i>	0,42	68,59	26,57	4,42	31,41
<i>Europa</i>	0,69	31,63	62,41	5,27	37,59
<i>Taiwán</i>	1,78	17,93	14,26	66,03	33,97
<i>Contribución a otros</i>	2,89	54,5	43,9	11,92	113,21
<i>Transmisión neta total</i>	-7,34	23,08	6,31	-22,05	
<i>Posición (de menor a mayor transmisión neta)</i>	2	4	3	1	

La tabla 4 muestra un resumen de todo lo comentado en este subapartado. Destaca que China transmite la mayor parte de su volatilidad a Taiwán, al igual que Estados Unidos. En el caso de China, es posible pensar en las tensiones políticas entre ambas regiones. En el caso de Estados Unidos, se podría achacar a la gran interdependencia en los índices tecnológicos, debida especialmente al sector de los semiconductores que se ve influenciado por la demanda. El índice taiwanés por su parte transmite más volatilidad a Europa y Estados Unidos que a China, debido a las actividades comerciales entre las diferentes empresas que componen el índice. En cuanto al resto, las conclusiones son similares. Taiwán es el mayor receptor neto y con diferencia, igual que en el caso análogo con Estados Unidos.

4.4. Análisis de las principales empresas tecnológicas

Llegamos al punto final de este análisis. Hasta el momento, hemos podido apreciar ciertos indicios de la influencia del conflicto en los mercados financieros. Hemos visto los índices bursátiles generales, así como los tecnológicos, cuyo análisis ha permitido extraer unas conclusiones que son muy útiles en este último apartado, dado que vamos a analizar empresas específicas.

Las empresas seleccionadas en este subapartado son TSMC, Nvidia, Apple, AMD y Meta. Nvidia, Apple, AMD y Meta son empresas tecnológicas de gran crecimiento en los

últimos años, clientes de TSMC y con una gran influencia en el crecimiento de los índices americanos. AMD por su parte es una empresa dedicada, al igual que Nvidia, al desarrollo de microchips y gran cliente de TSMC. Meta, por otro lado, tiene características comunes con las dos primeras. Es una empresa tecnológica muy importante, que en un principio era Facebook, una red social, aunque posteriormente con la ampliación del negocio se ha convertido en una empresa muy relacionada con la tecnología. De hecho, el motivo de seleccionarla, aparte de su importancia, es por emplear tecnología de TSMC para el desarrollo de unos microchips que pretenden emplear en sus proyectos de inteligencia artificial. Esto se puede comprobar visitando la web de la propia empresa, en especial, su blog relacionado con IA (2024).

La tabla 5 recoge los estadísticos descriptivos de las series de rendimientos diarios de las acciones de las empresas que componen el análisis. Tenemos 3020 observaciones para cada serie y podemos observar que AMD posee las acciones más volátiles, seguido de Nvidia y Meta. TSMC y Apple son los activos con menor volatilidad. El menor rendimiento experimentado en un día lo tiene Meta, con un -30%, al tiempo que el mayor rendimiento lo tiene AMD, con un 42%. Evidentemente, al trabajar con activos específicos, la volatilidad en estas series es mucho mayor que en el caso de los índices. El periodo considerado está comprendido entre el 18 de mayo de 2012 y el 17 de mayo de 2024.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de rendimientos de las empresas tecnológicas.

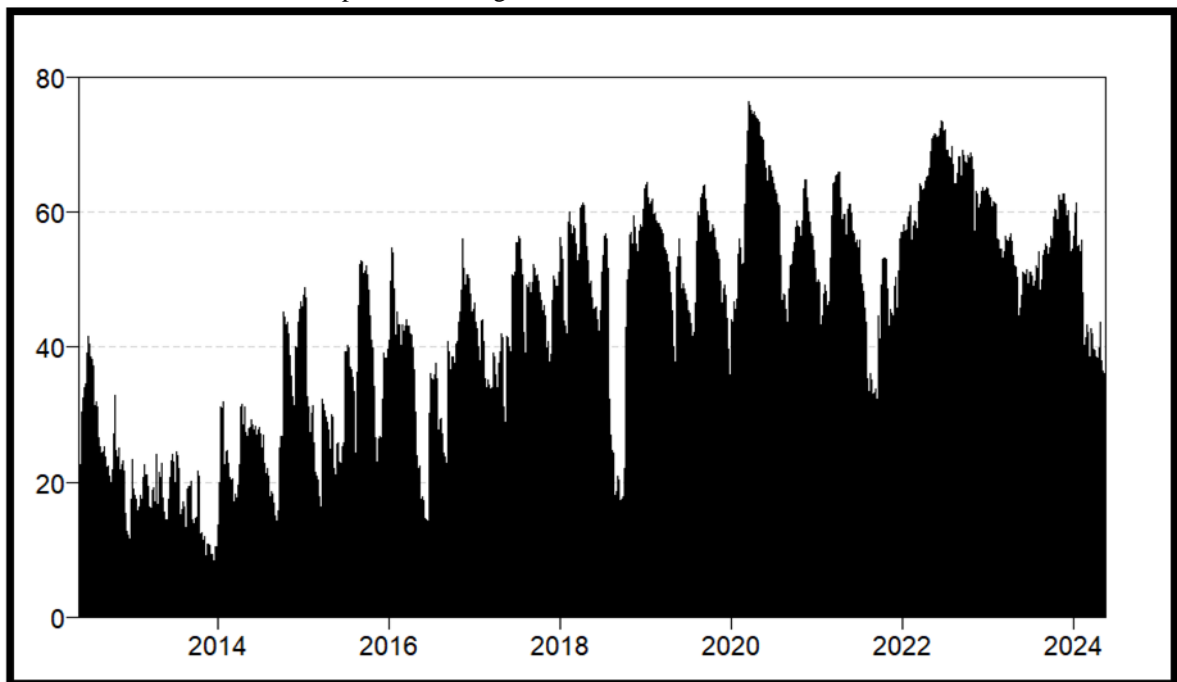
Panel A: Medidas descriptivas					
	TSM	NVDA	AMD	META	AAPL
<i>Nº Observaciones</i>	3020	3020	3020	3020	3020
<i>Mínimo</i>	-15,12192	-20,771162	-27,745556	-30,639058	-13,770805
<i>Máximo</i>	11,913528	26,087629	42,061696	25,937109	11,315748
<i>Primer cuartil</i>	-0,91124	-1,119247	-1,661325	-1,008476	-0,759407
<i>Tercer cuartil</i>	1,05561	1,536818	1,886998	1,278367	1,01218
<i>Media</i>	0,077688	0,188834	0,109297	0,079848	0,076543
<i>Mediana</i>	0,066539	0,201161	0	0,102479	0,070022
<i>Error estándar de la media</i>	0,034112	0,050524	0,065211	0,04636	0,032439
<i>Límite inferior IC media (95%)</i>	0,010804	0,089769	-0,018565	-0,011052	0,012938
<i>Límite superior IC media (95%)</i>	0,144572	0,287899	0,23716	0,170747	0,140147
<i>Varianza</i>	3,514068	7,709077	12,842441	6,490627	3,177867
<i>Desviación típica</i>	1,874585	2,776523	3,583635	2,547671	1,782657
Panel B: Medidas de asimetría					
<i>Skewness</i>	0,082435	0,264719	0,302609	-0,492189	-0,312422
<i>Kurtosis</i>	4,40249	8,429425	10,034447	22,409589	5,923503

Me gustaría hacer hincapié en el hecho de que el rendimiento diario medio de Nvidia es 0,2%. Todos los rendimientos medios tienden a tener un valor promedio cercano a 0. No es sorprendente puesto que Nvidia ha experimentado un crecimiento espectacular en los últimos años.

El gráfico 17 muestra el índice de conectividad total. Apreciamos diferencias respecto a los análisis realizados con los principales índices bursátiles y los tecnológicos. Si bien es cierto que parece existir un patrón común en los picos de conectividad, como el caso del pico de inicios de 2020, ahora la tendencia parece ser diferente.

El pico de la pandemia se ve más acentuado, lo que es esperable dada la mayor volatilidad al trabajar con acciones en concreto. A pesar de la sucesión de altibajos, la conectividad presenta una tendencia creciente a lo largo del período. Esto se ve observando cómo cada pico de volatilidad supera en cuantía al anterior. La conectividad aumenta sucesivamente y también la interdependencia entre las empresas que conforman el análisis.

Gráfico 17
Índice de conectividad total, empresas tecnológicas.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Yahoo Finance.

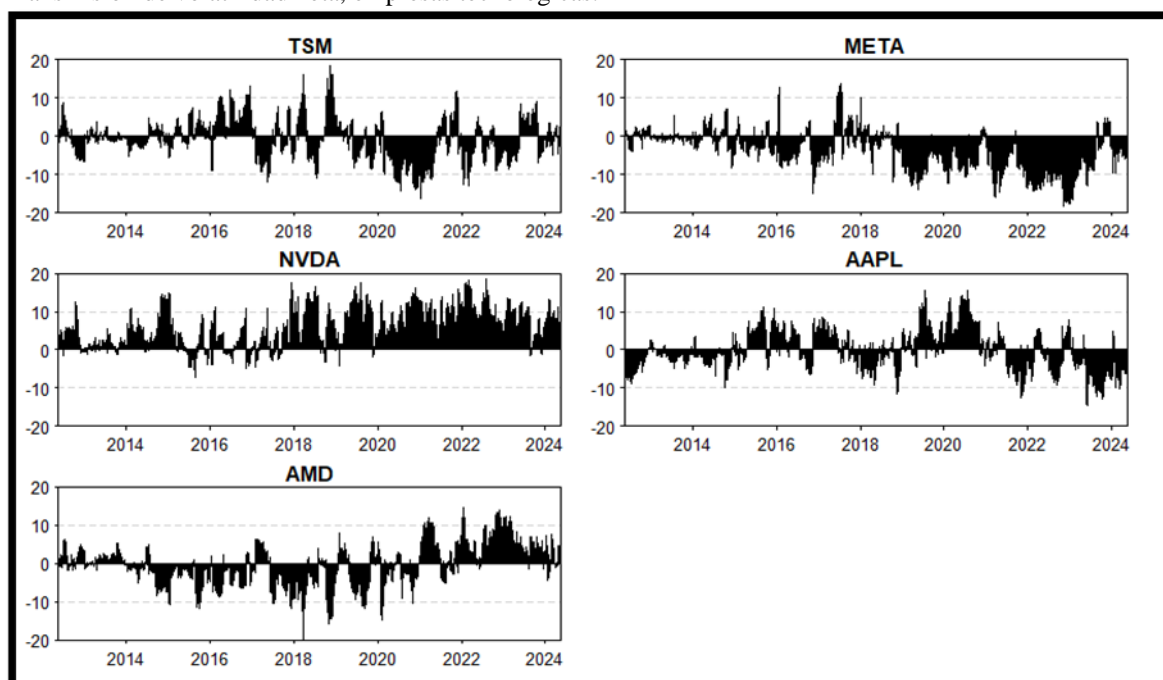
Por lo demás, los picos de conectividad se producen en los mismos momentos temporales, aunque la intensidad es mayor.

El gráfico 18 presenta la transmisión neta total entre las empresas. TSMC es tanto transmisor como receptor de volatilidad, según el momento del tiempo. Nvidia es un transmisor neto, presenta picos de recepción, siendo la empresa más dominante del análisis. De hecho, los mayores volúmenes de transmisión de volatilidad suceden de 2018 en adelante, periodo donde se produce el creciente desarrollo de la inteligencia artificial y la guerra comercial.

Nvidia produce un tipo de producto muy deseado por todas las empresas tecnológicas, que son los microchips más potentes del mercado actualmente y cuya fabricación se lleva a cabo por TSMC. El hecho de que los productos de Nvidia sean tan especiales y deseados permite explicar tanto el gran crecimiento de la empresa en los últimos años como el rol de transmisor de volatilidad al resto de tecnológicas.

Gráfico 18

Transmisión de volatilidad neta, empresas tecnológicas.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Yahoo Finance.

Por su parte, Meta es receptor neto en general como AMD, mientras que Apple ejerce los dos roles a partes iguales. TSMC tiene picos de transmisión en 2015 y 2016. Durante ese período, no se ha producido ninguna noticia negativa significativa en relación al conflicto, si bien se puede constatar que los resultados de 2015 de TSMC a nivel de ingresos fueron los más elevados de su historia. Obviamente, la transmisión de volatilidad no siempre ha de deberse a algo negativo. No obstante, los picos de transmisión por parte de TSMC más elevados se corresponden a las fechas que señalábamos previamente. La

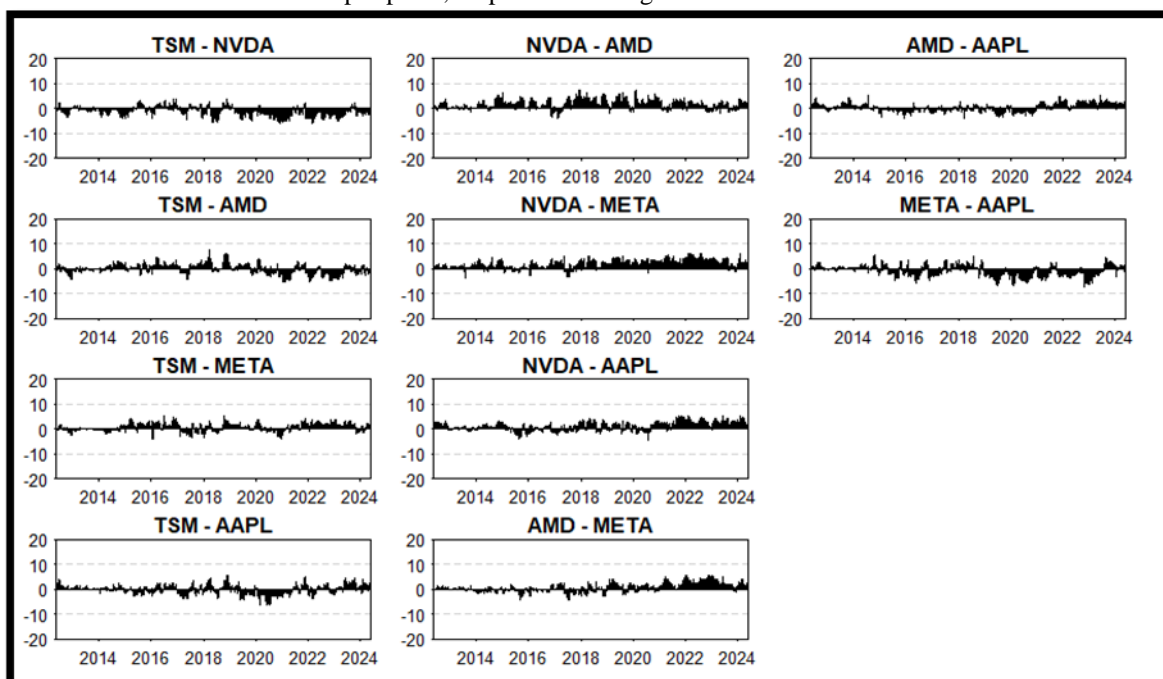
primera a comienzos de 2018, coincidiendo con el inicio de la guerra comercial. La segunda es octubre del mismo año, donde se alcanza el valor máximo, coincidiendo con las manifestaciones previas a las elecciones en Taiwán. La tercera es durante 2021, donde ya hemos señalado como una de las principales y posibles causas las amenazas del gobierno chino. También se observa un pico durante el estallido de la pandemia, si bien no es tan significativo como los otros.

Era de esperar que los picos de transmisión se produjeran en los mismos momentos que en el caso de los índices, si bien parece que la intensidad de estos, al analizar las empresas más en detalle y teniendo en cuenta el rol de TSMC en la industria tecnológica, son más elevados. Todo esto reafirma el hecho de que el mercado considera las tensiones entre China y Taiwán como un riesgo en sus inversiones. No obstante, esta preocupación no parece ser constante en el tiempo, sino que tiende a producirse en momentos señalados. Dado que las tensiones entre ambos territorios vienen de mucho tiempo atrás, los inversores han interiorizado este hecho como habitual, de modo que han aprendido a convivir con ello como algo que siempre ha estado ahí. Sin embargo, es evidente que los aumentos de tensión hacen saltar las alarmas, no de forma duradera pero sí de manera puntual.

El gráfico 19 muestra la transmisión neta por pares y permite confirmar algunas de las conclusiones ya extraídas. Así, en comparación al resto de empresas, Nvidia ejerce el rol dominante en transmisión, lo que se explica porque diseña uno de los productos más vanguardistas y avanzados en materia de inteligencia artificial, un sector en el que ninguna empresa tecnológica puede permitirse quedarse atrás.

Gráfico 19

Transmisión de volatilidad neta por pares, empresas tecnológicas.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Yahoo Fiance.

Apple es receptor neto en líneas generales, debido a que gran parte del hardware de sus dispositivos es fabricado por empresas externas. AMD es un receptor comparado con Nvidia, Apple y TSMC. Por su parte, Meta es receptor neto al igual que Apple, destacando su rol receptor frente a TSMC desde 2021 en adelante.

TSMC es receptor neto, a excepción de su relación con Meta, lo que confirma el hecho de que el sector de los semiconductores está impulsado principalmente por la demanda. Los picos de transmisión son menos acentuados en Nvidia, pero más intensos en AMD y Apple, debido a que estas dos últimas empresas llevan trabajando con TSMC más tiempo que Nvidia. Con todo esto, no cabe duda de que, si algo negativo ocurriese en relación a TSMC, su efecto se derramaría al conjunto de empresas analizado y dado que estos picos de transmisión parecen producirse en los índices por igual, se extendería más allá de las empresas.

Tabla 6. Tabla de conectividad dinámica de las empresas tecnológicas.

	TSMC	Nvidia	AMD	Meta	Apple	Contribución de otros
<i>TSMC</i>	54	17,1	9,9	6,28	12,72	46
<i>Nvidia</i>	15,29	47,83	15,5	8,66	12,72	52,17
<i>AMD</i>	10,53	18,51	57,42	5,11	8,42	42,58
<i>Meta</i>	7,23	11,51	5,64	63,66	11,96	36,34
<i>Apple</i>	12,54	14,31	8,07	10,18	54,89	45,11
<i>Contribución a otros</i>	45,6	61,44	39,11	30,23	45,83	222,19
<i>Transmisión neta total</i>	-0,41	9,27	-3,47	-6,11	0,72	
<i>Posición (de menor a mayor transmisión neta)</i>	3	5	2	1	4	

En la tabla 6 se resumen todo lo analizado. Destaca el rol dominante de Nvidia como transmisor neto frente al resto, que son receptores netos o, como sucede con Apple, un término medio. TSMC transmite el mayor porcentaje de su volatilidad a Nvidia, mientras que Nvidia trasmite mayor volatilidad a TSMC y AMD, estando ambas empresas equiparadas en este caso. AMD trasmite más volatilidad a Nvidia mientras que Meta lo hace hacia Apple, y esta última hacia TSMC y Nvidia. Es evidente el nivel de interconexión existente entre todas estas empresas.

5. CONCLUSIONES

El principal objetivo de este TFM es mostrar evidencia sobre el grado en que los mercados financieros tienen interiorizado el conflicto político entre China y Taiwán y como momentos puntuales en los que se produce una intensificación de dicho conflicto puede afectarles, especialmente centrándonos en el sector tecnológico. El motivo radica en la importancia de las empresas tecnológicas para los mercados y la economía en general, así como la relevancia de la industria de los semiconductores taiwanesa.

Utilizando el modelo TVP-VAR, hemos analizado la conectividad dinámica entre los principales índices bursátiles, índices tecnológicos y empresas como TSMC, Nvidia, Apple, AMD y Meta. Nvidia, Apple, AMD y Meta, determinando si tienen rol de transmisor o receptor de volatilidad.

Entre las principales conclusiones que hemos obtenido, señalamos las siguientes. En primer lugar, observamos picos de transmisión de volatilidad desde Taiwán al resto en momentos determinados donde aparentemente la tensión política aumenta, si bien estos aumentos de tensión se producen de forma esporádica al igual que los mencionados picos de transmisión.

En segundo lugar, podemos afirmar que la transmisión no es constante en el tiempo. Los mercados han asumido la situación como algo con lo que han de convivir. El origen del conflicto se remonta al siglo pasado, tiempo suficiente para que el mercado haya interiorizado la situación. Sin embargo, se ha demostrado que las tensiones entre China y Taiwán sí influyen en los mercados, especialmente, en el sector tecnológico dado el rol de Taiwán como principal fabricante de semiconductores del mundo.

No corresponde a este trabajo determinar los efectos de una intensificación del conflicto político entre China y Taiwán que derivase en un conflicto armado, aunque, a priori, dados los indicios observados, los mercados financieros se verían afectados muy negativamente. Podemos remitirnos a las palabras de la secretaria de comercio de Estados Unidos, que afirmó que una invasión desde China a Taiwán podría tener efectos devastadores para el conjunto de la economía americana (Shepardson, 2024).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Gabauer, D. (2020). Refined measures of dynamic connectedness based on time-varying parameter vector autoregressions. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(4), 84.
- BBC News Mundo. (2 de Enero de 2019). Cuándo y cómo China perdió Taiwán (y cuál es el estatus actual de la «isla rebelde»). *BBC*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-46736621>
- BBC News Mundo. (29 de Enero de 2021). "La independencia de Taiwán significaría la guerra": la inusual y agresiva advertencia de China. *BBC*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-55858618>
- Bown, C. P. (2020). How the United States marched the semiconductor industry into its trade war with China. *East Asian Economic Review*, 24(4), 349-388.
- Chunding, L., Chuantian, H., & Chuangwei, L. (2018). Economic impacts of the possible China-US trade war. *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(7), 1557-1577.
- D. Olmo, G. (18 de Mayo de 2021). Cómo TSMC se convirtió en el principal fabricante mundial de chips, un bien que escasea en medio de la pandemia de coronavirus. *BBC*.
- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2014). On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of econometrics*, 182(1), 119-134.
- DW. (15 de Abril de 2021). China inicia maniobras militares cerca de Taiwán. *Deutsche Welle*. Obtenido de <https://p.dw.com/p/3s2Uk>
- Emerging Technology Observatory. *Supply Chain Explorer*. Obtenido de <https://chipexplorer.eto.tech/>

- Espinosa, J. (20 de Octubre de 2018). Decenas de miles de personas en Taiwán exigen la independencia total de Pekín. *El Mundo*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/internacional/2018/10/20/5bcaf8f2e2704e67258b458c.html>
- Fajgelbaum, P. D., & Khandelwal, A. K. (2022). The economic impacts of the US–China trade war. *Annual Review of Economics*, 14, 205-2028.
- Finance Yahoo. Datos sobre cotizaciones de empresas tecnológicas. Obtenido de <https://finance.yahoo.com/>
- Hsieh, W. J. (2020). Implications of the US–China trade war for Taiwan. *Asian Economic Papers*, 19(1), 61-81.
- Investing. Datos sobre cotizaciones e índices. Obtenido de <https://es.investing.com/>
- Jiarui, Z. (8 de Abril de 2024). El avanzado proceso de fabricación de TSMC es fuerte y difícil de superar. *Commercial Times*. Obtenido de <https://www.ctee.com.tw/news/20240408700059-430501>
- Koop, G., & Korobilis, D. (2014). A new index of financial conditions. *European Economic Review*, 71, 101-116.
- Meta. (10 de Abril de 2024). *AI Meta Blog*. Obtenido de Meta Website: <https://ai.meta.com/blog/next-generation-meta-training-inference-accelerator-AI-MTIA/>
- Mims, C. (2020). Huang's law is the new Moore's Law, and explains why Nvidia wants arm. *Wall Street Journal*.
- Moore, G. E. (1975). Progress in digital integrated electronics. *Electron devices meeting*, 11-13.
- Moore, G. E. (1998). Cramming more components onto integrated circuits. *Proceedings of the IEEE*, 86(1), 82-85.
- Nellis, S., & Shepardson, d. (15 de Mayo de 2020). *Taiwan's TSMC to build Arizona chip plant as U.S.-China tech rivalry escalates*. Obtenido de Reuters: <https://www.reuters.com/article/us-usa-semiconductors-tsmc/taiwan-semiconductor-to-announce-plans-for-us-factory-source-idUSKBN22Q38T/>
- Nvidia. (18 de Marzo de 2024). TSMC and Synopsys Bring Breakthrough NVIDIA Computational Lithography Platform to Production. *Nvidia Newsroom*. Obtenido de <https://nvidianews.nvidia.com/news/tsmc-synopsys-nvidia-culitho#:~:text=TSMC%2C%20the%20world's%20leading%20foundry,generation%20NVIDIA%20Blackwell%20architecture%20GPUs.>
- Pereira, J., & Ortega, A. (2021). El Origen del conflicto entre las dos chinas: China en Taiwan y Republica Popular China. *Saber, Ciencia Y Libertad En Germinación*(14), 99–102. Obtenido de <https://doi.org/10.18041/2382-3755/germinacion.2021V14.9228>
- Quiroga, G. C. (2009). China: 30 años de crecimiento económico. *Anuario jurídico y económico escurialense*(42), 463-480.
- Rodriguez, G. A. (3 de Octubre de 2019). *El Orden Mundial*. Obtenido de EOM: <https://elordenmundial.com/la-rivalidad-entre-china-y-taiwan/>

Shepardson, D. (9 de Mayo de 2024). US official says Chinese seizure of TSMC in Taiwan would be 'absolutely devastating'. *Reuters*.

Simoes, A., & Hidalgo, C. (2011). The Economic Complexity Observatory: An Analytical Tool for Understanding the Dynamics of Economic Development. *Workshops at the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence*. Obtenido de The Observatory of Economic Complexity (OEC): <https://oec.world/es>

Statista. Datos sobre la industria de semiconductores. Obtenido de <https://es.statista.com/>

Torrent i Sellens, J. (2002). De la Nueva economía a la economía del conocimiento : hacia la tercera revolución industrial. *Revista de economía mundial*, 07.

TSMC. (18 de Abril de 2024). *SEC File TSMC*. Obtenido de TSMC Investor Website: <https://investor.tsmc.com/english/sec-filings>

University of Oxford. *Our World in Data*. Obtenido de <https://ourworldindata.org/>

Welch, G., & Bishop, G. (1995). An Introduction to the Kalman Filter. *University of North Carolina at Chapel Hill, Department of Computer Science*.

Woo, W. T. (1996). Chinese economic growth: sources and prospects.

7. SUMMARY

The main purpose of this work is to analyze the consequences and effects that the conflict between China and Taiwan may have on technology companies. First, the origin of this conflict is explained, as well as the macroeconomic context and the relevance of both territories to the global economy and the technology sector.

Secondly, given the context introduced previously, the hypothesis, which constitutes the central axis of this work, is presented. This hypothesis is based on the idea that the conflict between both territories can have effects on global financial markets, due to the interdependence of these markets because of globalization, the role China plays in the global economic landscape, and the role of Taiwan within the technology industry.

Therefore, thirdly, data analysis is carried out to study this interdependence between markets in order to contrast the proposed hypothesis. This is based on the construction of a VAR model with a time-varying parameter (TVP-VAR), through which we can analyze the connectivity between variables, as well as the role they play from the perspective of volatility transmission. To do this, data from the main technology indexes (United States, Europe, China, and Taiwan), the main technology companies that could be affected, and

of course, the main stock indexes will be analyzed. Thanks to this approach, we have been able to draw the following conclusions.

First, we observe peaks in volatility transmission from Taiwan to the rest during certain moments where political tension apparently increases, although these tension increases occur sporadically, as do the mentioned transmission peaks.

Secondly, we can affirm that the transmission is not constant over time. Markets have assumed the situation as something they have to live with. The origin of the conflict dates back to the last century, enough time for the market to have internalized the situation. However, it has been shown that tensions between China and Taiwan do exert influence on the markets, especially in the technology sector given Taiwan's role as the world's main semiconductor manufacturer.

It is not the purpose of this work to determine the effects of the outbreak of an armed conflict between the two protagonists. However, it is true that given the observed indications, it is feasible to think of a possible shock in the financial markets due to this and a significant impact on the US economy given its technology sector's dependence on Taiwanese companies.

8. ANEXOS

Procedo a incluir en el anexo de este trabajo los scripts de R que he utilizado para la creación de los gráficos, tablas y la elaboración del modelo mostrados en el apartado 4.

- Script de los índices bursátiles

```
library(PortfolioAnalytics)

library(quantmod)

library(fBasics)

library(ggplot2)

library(PerformanceAnalytics)

library(rugarch)

library(rmgarch)

library(writexl)

library(WriteXLS)

library(openxlsx)
```

```

library(xts)

library(zoo)

library(readr)

library(dplyr)

library(ConnectednessApproach)

library(devtools)

CHINA<-as.xts(CHINA)

EEUU<-as.xts(EEUU)

EUROPA<-as.xts(EUROPA)

TAIWAN<-as.xts(TAIWAN)

JAPON<-as.xts(JAPON)

rend.CHINA<-100*dailyReturn(CHINA,type="log")

rend.EEUU<-100*dailyReturn(EEUU,type="log")

rend.EUROPA<-100*dailyReturn(EUROPA,type="log")

rend.TAIWAN<-100*dailyReturn(TAIWAN,type="log")

rend.JAPON<-100*dailyReturn(JAPON,type="log")

NOMBRES<-c("China","EEUU","Europa","Japon","Taiwan")

rend<-

cbind.xts(rend.CHINA,rend.EEUU,rend.EUROPA,rend.JAPON,rend.TAIWAN)

any(is.na(rend))

rend<-na.omit(rend)

colnames(rend)<-NOMBRES

rend

REND.INDICES<-as.zoo(rend)

REND.INDICES

basicStats(REND.INDICES)

BS<-basicStats(REND.INDICES)

write.xlsx(BS,file="C:/Users/Usuario/Desktop")

```

```

dca = ConnectednessApproach(REND.INDICES,
                             nlag=1,
                             nfore=12,
                             model="TVP-VAR",
                             connectedness="Time",

VAR_config=list(TVPVAR=list(kappa1=0.99,                kappa2=0.96,
prior="BayesPrior"))))

dca

DCA = list()

DCA = suppressMessages(ConnectednessApproach(REND.INDICES,
                                              nlag=1,
                                              nfore=12))

PlotTCI(dca, ca=DCA, ylim=c(0,80))

#filtro de fechas

str(dca)

# Define las fechas de inicio y fin
start_date <- as.Date("2020-01-01")
end_date <- as.Date("2021-05-31")

print("Dimensiones de CT:")
print(dimnames(dca$CT)[[3]])

print("Dimensiones de TCI:")
print(dimnames(dca$TCI)[[1]])

# Función para filtrar matrices bidimensionales
filter_dates_2d <- function(data, start_date, end_date) {
  date_strings <- dimnames(data)[[1]]
  date_names <- as.Date(date_strings, format="%Y-%m-%d")
  # Filtrar solo las fechas válidas

```

```

valid_dates <- !is.na(date_names)
date_names <- date_names[valid_dates]
date_strings <- date_strings[valid_dates]
data <- data[valid_dates, , drop = FALSE]
date_filter <- date_names >= start_date & date_names <= end_date
filtered_data <- data[date_filter, , drop = FALSE]
dimnames(filtered_data)[[1]] <- date_strings[date_filter]
return(filtered_data)

# Función para filtrar matrices tridimensionales
filter_dates_3d <- function(data, start_date, end_date) {
  date_strings <- dimnames(data)[[3]]
  date_names <- as.Date(date_strings, format="%Y-%m-%d")
  # Filtrar solo las fechas válidas
  valid_dates <- !is.na(date_names)
  date_names <- date_names[valid_dates]
  date_strings <- date_strings[valid_dates]
  data <- data[, , valid_dates, drop = FALSE]
  date_filter <- date_names >= start_date & date_names <= end_date
  filtered_data <- data[, , date_filter, drop = FALSE]
  dimnames(filtered_data)[[3]] <- date_strings[date_filter]
  return(filtered_data)

# Filtrar las matrices y arreglos dentro de dca si no hay fechas no
válidas
dca_filtered <- list(
  TABLE = dca$TABLE,
  CT = filter_dates_3d(dca$CT, start_date, end_date),
  TCI = filter_dates_2d(dca$TCI, start_date, end_date),
  TO = filter_dates_2d(dca$TO, start_date, end_date),

```

```

FROM = filter_dates_2d(dca$FROM, start_date, end_date),
NET = filter_dates_2d(dca$NET, start_date, end_date),
NPT = filter_dates_2d(dca$NPT, start_date, end_date),
NPDC = filter_dates_3d(dca$NPDC, start_date, end_date),
PCI = filter_dates_3d(dca$PCI, start_date, end_date),
INFLUENCE = filter_dates_3d(dca$INFLUENCE, start_date, end_date),
config = dca$config,
date = dca$date
)
PlotNET(dca_filtered, ca=DCA, ylim=c(-60,60))
PlotNPDC(dca_filtered, ca=DCA, ylim=c(-30,40))
DCA
fevd = FEVD(Phi=fit$B, Sigma=fit$Q, nfore=10, type="time",
generalized=TRUE)$FEVD
fit = VAR(REND.INDICES, configuration=list(nlag=1))
TABLA.1<-ConnectednessTable(fevd)
class(TABLA.1)
TABLA.1
DCT<-as.data.frame(TABLA.1[["TABLE"]])
DCT
colnames(DCT)[1] <- "CHINA"
colnames(DCT)[2] <- "EEUU"
colnames(DCT)[3] <- "EUROPA"
colnames(DCT)[4] <- "JAPON"
colnames(DCT)[5] <- "TAIWAN"
DCT
rownames(DCT)[1] <- "CHINA"
rownames(DCT)[2] <- "EEUU"

```

```

rownames(DCT)[3] <- "EUROPA"
rownames(DCT)[4] <- "JAPON"
rownames(DCT)[5] <- "TAIWAN"

DCT

write.xlsx(DCT,file="C:/Users/Usuario/Desktop")

```

- **Script de los índices tecnológicos**

```

library(PortfolioAnalytics)
library(quantmod)
library(fBasics)
library(ggplot2)
library(PerformanceAnalytics)
library(rugarch)
library(rmgarch)
library(writexl)
library(WriteXLS)
library(openxlsx)
library(xts)
library(zoo)
library(readr)
library(dplyr)
library(ConnectednessApproach)
library(devtools)

#IMPORTAMOS LOS DATOS DE EXCEL DESDE FILE/IMPORT DATABASE

CHINA<-as.xts(CHINA)

EEUU<-as.xts(EEUU)

EUROPA<-as.xts(EUROPA)

TAIWAN<-as.xts(TAIWAN)

```

```

rend.CHINA<-100*dailyReturn(CHINA,type="log")
rend.EEUV<-100*dailyReturn(EEUV,type="log")
rend.EUROPA<-100*dailyReturn(EUROPA,type="log")
rend.TAIWAN<-100*dailyReturn(TAIWAN,type="log")
NOMBRES<-c("China","EEUV","Europa","Taiwan")
rend<-cbind.xts(rend.CHINA,rend.EEUV,rend.EUROPA,rend.TAIWAN)
any(is.na(rend))
rend<-na.omit(rend)
colnames(rend)<-NOMBRES
rend

REND.INDICES<-as.zoo(rend)

REND.INDICES

basicStats(REND.INDICES)
BS<-basicStats(REND.INDICES)
write.xlsx(BS,file="C:/Users/Usuario/Desktop")

dca = ConnectednessApproach(REND.INDICES,
                             nlag=1,
                             nfore=12,
                             model="TVP-VAR",
                             connectedness="Time",

VAR_config=list(TVPVAR=list(kappa1=0.99,                kappa2=0.96,
prior="BayesPrior"))))

dca

DCA = list()

DCA = suppressMessages(ConnectednessApproach(REND.INDICES,
                                                nlag=1,
                                                nfore=12))

```



```

PlotTCI(dca, ca=DCA, ylim=c(0,80))

# Define las fechas de inicio y fin
start_date <- as.Date("2018-09-01")
end_date <- as.Date("2019-02-28")

print("Dimensiones de CT:")
print(dimnames(dca$CT)[[3]])

print("Dimensiones de TCI:")
print(dimnames(dca$TCI)[[1]])

# Función para filtrar matrices bidimensionales
filter_dates_2d <- function(data, start_date, end_date) {
  date_strings <- dimnames(data)[[1]]
  date_names <- as.Date(date_strings, format="%Y-%m-%d")
  # Filtrar solo las fechas válidas
  valid_dates <- !is.na(date_names)
  date_names <- date_names[valid_dates]
  date_strings <- date_strings[valid_dates]
  data <- data[valid_dates, , drop = FALSE]
  date_filter <- date_names >= start_date & date_names <= end_date
  filtered_data <- data[date_filter, , drop = FALSE]
  dimnames(filtered_data)[[1]] <- date_strings[date_filter]
  return(filtered_data)
}

# Función para filtrar matrices tridimensionales
filter_dates_3d <- function(data, start_date, end_date) {
  date_strings <- dimnames(data)[[3]]
  date_names <- as.Date(date_strings, format="%Y-%m-%d")
  # Filtrar solo las fechas válidas
  valid_dates <- !is.na(date_names)
  date_names <- date_names[valid_dates]

```

```

date_strings <- date_strings[valid_dates]

data <- data[, , valid_dates, drop = FALSE]

date_filter <- date_names >= start_date & date_names <= end_date

filtered_data <- data[, , date_filter, drop = FALSE]

dimnames(filtered_data)[[3]] <- date_strings[date_filter]

return(filtered_data)

# Filtrar las matrices y arreglos dentro de dca si no hay fechas no
válidas

dca_filtered <- list(

  TABLE = dca$TABLE,

  CT = filter_dates_3d(dca$CT, start_date, end_date),

  TCI = filter_dates_2d(dca$TCI, start_date, end_date),

  TO = filter_dates_2d(dca$TO, start_date, end_date),

  FROM = filter_dates_2d(dca$FROM, start_date, end_date),

  NET = filter_dates_2d(dca$NET, start_date, end_date),

  NPT = filter_dates_2d(dca$NPT, start_date, end_date),

  NPDC = filter_dates_3d(dca$NPDC, start_date, end_date),

  PCI = filter_dates_3d(dca$PCI, start_date, end_date),

  INFLUENCE = filter_dates_3d(dca$INFLUENCE, start_date, end_date),

  config = dca$config,

  date = dca$date

)

PlotNET(dca_filtered, ca=DCA, ylim=c(-60,60))

PlotNPDC(dca, ca=DCA, ylim=c(-30,40))

DCA

fevd = FEVD(Phi=fit$B, Sigma=fit$Q, nfore=10, type="time",
generalized=TRUE)$FEVD

fit = VAR(REND.INDICES, configuration=list(nlag=1))

```

```

TABLA.1<-ConnectednessTable(fevd)

class(TABLA.1)

TABLA.1

DCT<-as.data.frame(TABLA.1[["TABLE"]])

DCT

colnames(DCT)[1] <- "CHINA"
colnames(DCT)[2] <- "EEUU"
colnames(DCT)[3] <- "EUROPA"
colnames(DCT)[4] <- "TAIWAN"

DCT

rownames(DCT)[1] <- "CHINA"
rownames(DCT)[2] <- "EEUU"
rownames(DCT)[3] <- "EUROPA"
rownames(DCT)[4] <- "TAIWAN"

DCT

write.xlsx(DCT,file="C:/Users/Usuario/Desktop")

```

- **Script de las empresas tecnológicas**

```

library(PortfolioAnalytics)

library(quantmod)

library(fBasics)

library(ggplot2)

library(PerformanceAnalytics)

library(rugarch)

library(rmgarch)

library(writexl)

library(WriteXLS)

library(openxlsx)

```

```

library(xts)
library(zoo)
library(readr)
library(dplyr)
library(ConnectednessApproach)
library(devtools)
library(data.table)

#SEGUIMOS CON LOS DATOS. USAMOS DATOS DE LAS EMPRESAS.EMPEZAMOS CON
LAS EMPRESAS. LUEGO ÍNDICES

CARTERA<-c("TSM","NVDA","AMD","META","AAPL")

getSymbols(CARTERA,from="2010-01-01",to="2024-05-20")

rend.TSM<-100*dailyReturn(TSM,type="log")
rend.NVDA<-100*dailyReturn(NVDA,type="log")
rend.AMD<-100*dailyReturn(AMD,type="log")
rend.META<-100*dailyReturn(META,type="log")
rend.AAPL<-100*dailyReturn(AAPL,type="log")

#UNIFICAMOS LAS SERIES

rend<-cbind.xts(rend.TSM,rend.NVDA,rend.AMD,rend.META,rend.AAPL)

any(is.na(rend))

rend<-na.omit(rend)

colnames(rend)<-CARTERA

rend

#PASAMOS LOS DATOS A TIPO zoo

REND.CARTERA<-as.zoo(rend)

REND.CARTERA

basicStats(REND.CARTERA)

BS<-basicStats(REND.CARTERA)

write.xlsx(BS,file="C:/Users/Usuario/Desktop")

```

```
#YA TENEMOS LOS DATOS PREPARADOS PARA TRABAJAR CON ELLOS
```

```
dca = ConnectednessApproach(REND.CARTERA,  
                             nlag=1,  
                             nfore=12,  
                             window.size=200,  
                             model="TVP-VAR",  
                             connectedness="Time",  
                             VAR_config=list(TVPVAR=list(kappa1=0.99,  
kappa2=0.96, prior="BayesPrior")))  
dca  
DCA = list()  
DCA = suppressMessages(ConnectednessApproach(REND.CARTERA,  
                                              nlag=1,  
                                              nfore=12)  
PlotTCI(dca, ca=DCA, ylim=c(0,80))  
PlotNET(dca, ca=DCA, ylim=c(-20,20))  
PlotNPDC(dca, ca=DCA, ylim=c(-20,20))  
DCA  
#esto es para la tabla  
fevd = FEVD(Phi=fit$B, Sigma=fit$Q, nfore=10, type="time",  
generalized=TRUE)$FEVD  
fit = VAR(REND.CARTERA, configuration=list(nlag=1))  
TABLA.1<-ConnectednessTable(fevd)  
class(TABLA.1)  
names(TABLA.1)<-CARTERA  
TABLA.1  
DCT<-as.data.frame(TABLA.1[["TABLE"]])
```

DCT

```
colnames(DCT)[1] <- "TSM"
```

```
colnames(DCT)[2] <- "NVDA"
```

```
colnames(DCT)[3] <- "AMD"
```

```
colnames(DCT)[4] <- "META"
```

```
colnames(DCT)[5] <- "AAPL"
```

DCT

```
rownames(DCT)[1] <- "TSM"
```

```
rownames(DCT)[2] <- "NVDA"
```

```
rownames(DCT)[3] <- "AMD"
```

```
rownames(DCT)[4] <- "META"
```

```
rownames(DCT)[5] <- "AAPL"
```

DCT

```
write.xlsx(DCT,file="C:/Users/Usuario/Desktop")
```