



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

# **ANÁLISIS DEL MERCADO EUROPEO DE DERECHOS DE EMISIÓN**

**CONSIDERACIONES SOBRE SU  
ATRACTIVO PARA EL INVERSOR**

Autor: Casilda Tornos González

5º E-3 Analytics

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Tutor: Karin A. I. Martín Bujack

Madrid

Junio 2022



## **RESUMEN**

La creciente (y reciente) concienciación por el cambio climático como un problema de envergadura global ha llevado a la proliferación de las iniciativas regulatorias encaminadas a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. Una de las estrategias para reducir estas emisiones ha sido la introducción de sistemas que monetizan el derecho a emitir gases contaminantes a la atmosfera, obligando a las empresas a adquirir determinados derechos que justifiquen sus emisiones. La consideración de estos derechos como instrumentos financieros ha llevado a la proliferación de sofisticados mercados de derechos de carbono y derivados, destacando entre ellos el instaurado en la Unión Europea. Desde su introducción, los mercados de derechos de emisión han experimentado un aumento de su valor prácticamente sin precedentes en la historia económica reciente, derivado de la creencia de que sólo pueden subir. Pues de cara a reducir las emisiones de gases nocivos, el número de derechos disponibles va descendiendo año tras año, y esta creciente escasez aumenta progresivamente el valor de los derechos existentes. Todo ello ha atraído la atención de un enorme número de entidades especulativas que no han hecho sino contribuir a que los precios se disparen hasta niveles estratosféricos. La yuxtaposición de la especial configuración del mercado, de mercado carácter regulado, y su destacada tendencia alcista, demandan sin duda un estudio pormenorizado de la conveniencia de la inversión en los derechos de emisión de carbono.

## **PALABRAS CLAVE**

“Gases de Efecto Invernadero”, “Derechos de Emisión”, “Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea”, “Sistema *Cap and Trade*”, “ETP”, “Burbuja financiera”.

## **ABSTRACT**

The growing (and recent) awareness of climate change as a global problem has led to an upsurge in regulatory initiatives aimed at limiting greenhouse gas emissions. A paramount strategy to reduce these emissions has been the introduction of systems that monetize the right to emit polluting gases into the atmosphere, obliging companies to acquire certain allowances to justify their emissions. The consideration of these allowances as financial instruments has led to the proliferation of sophisticated markets of carbon allowances and derivatives thereof, among which the market established in the European Union stands out. Since their introduction, emission allowances markets have experienced an increase in value unprecedented in recent economic history, which stems from the belief that their prices can only go up. For in order to reduce emissions of harmful gases, the number of allowances available decreases year by year, and this growing scarcity is progressively increasing the value of the existing allowances. This has attracted the attention of a number of speculative entities which have only contributed to driving prices to stratospheric levels. The juxtaposition of the special configuration of the market, of a notably regulated nature, and its steep upward trend, undoubtedly calls for a detailed study of the advisability of investing in carbon emission allowances.

## **KEYWORDS**

“Greenhouse Gases”, “Emission Allowances”, “European Union Emissions Trading System”, “Cap and Trade System”, “ETP”, “Financial Bubble”.

# ÍNDICE

1.	Introducción .....	10
1.1.	Objetivos .....	10
1.2.	Metodología .....	10
2.	Marco teórico .....	13
2.1.	Breve aproximación a las políticas de cumplimiento medioambiental.....	13
2.2.	Los Mercados de Derechos de Emisión .....	14
2.2.1.	Concepto .....	14
2.2.2.	El sistema de tope y canje o “Cap and Trade” .....	15
2.2.3.	Inconvenientes de los mercados de derechos de emisión .....	17
2.3.	Productos cotizados o Exchange Traded Products (ETP).....	18
2.3.1.	Fondos Cotizados.....	19
2.3.2.	Materias Primas Cotizadas o Exchange Traded Commodities .....	20
2.3.3.	Pagarés Cotizados o Exchange Traded Notes.....	20
3.	El Régimen de Derechos de Emisión de la Unión europea (RCDE UE).....	21
3.1.	Concepto.....	21
3.2.	Calendario anual.....	22
3.3.	Participantes del mercado.....	23
3.4.	Métodos de asignación de los derechos de carbono.....	24
3.4.1.	Asignación gratuita .....	24
3.4.2.	Subasta regulada .....	25
3.4.3.	Mercado secundario .....	27
3.5.	Plataformas.....	27
3.6.	Fases .....	28
3.6.1.	Fase I: 2005 – 2007.....	28
3.6.2.	Fase II: 2008 – 2012 .....	29
3.6.3.	Fase III: 2013 – 2020 .....	31

3.6.4.	Fase IV: 2021 – 2030.....	34
4.	Productos Cotizados (ETP) en el mercado de los derechos de emisión .....	36
4.1	Exchange Traded Funds .....	36
4.1.1.	KRBN .....	37
4.1.2.	KEUA .....	39
4.1.3.	KCCA .....	41
4.2	Exchange Traded Commodities .....	42
4.1.4.	Spark Change Physical CO2.....	42
4.1.5.	Wisdom Tree Carbon.....	43
4.3	Exchange Traded Notes .....	44
4.1.6.	iPath Series B.....	44
5.	Análisis Empírico.....	47
5.1	Rentabilidad .....	47
5.2	Liquidez y volumen.....	51
5.3	Volatilidad.....	57
5.4	Posibilidad de burbuja financiera.....	61
5.5	Riesgos .....	69
6.	Conclusión .....	73
	Bibliografía .....	75
	Anexo 1. Legislación .....	82
	Anexo 2. Listado de abreviaturas.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fluctuación del cambio de EUR a USD durante los años de funcionamiento de las subastas del RCDE UE. ....	12
Figura 2: Hipotético escenario de costes ante la subida de los precios de los derechos de carbono .....	17
Figura 3: Desplazamiento de la curva de oferta derivada del traslado de costes de los derechos de emisión. Fuente: Portal Energía y Sociedad, Universidad Politécnica de Madrid (Facultad de Ingeniería Industrial, s.f.).....	18
Figura 4: Calendario anual de cumplimiento del RCDE UE.....	23
Figura 5: Evolución del porcentaje del volumen total de derechos de emisión asignados gratuitamente y mediante subasta. Fuente: Oficina Española de Cambio Climático (OECC) 25	25
Figura 6: Determinación del precio de los derechos de emisión. ....	26
Figura 7: Evolución prevista de los derechos de emisión en la Fase III (Ibáñez, 2016). ....	31
Figura 8: Funcionamiento del mecanismo de la MSR (Ibáñez, 2016). ....	33
Figura 9: Evolución del volumen de EUA en circulación por efecto del FRL. Fuente:(Abadía, 2020) .....	34
Figura 10: Activos en billones de los ETPs existentes en el panorama de los mercados de derechos de emisión a 7 de marzo (Sánchez Asiain, 1987).....	36
Figura 11: Proporciones del destino de los fondos de KRBN .....	38
Figura 12: Evolución del precio y los volúmenes del KRBN.....	39
Figura 13: Relación entre el precio del KEUA y el de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022.....	40
Figura 14: Composición de la cartera del KEUA en mayo de 2022.....	40
Figura 15: Evolución del KEUA en dólares y en euros.....	40
Figura 16: Evolución del precio y los volúmenes del KRBN.....	41
Figura 17. Composición de la cartera KCCA .....	41
Figura 18: Evolución del precio y los volúmenes del KCCA.....	42
Figura 19: Evolución de precios y volúmenes del CO2LN .....	43
Figura 20: Evolución de precios y volúmenes de Wisdom Tree Carbon .....	44
Figura 21: Evolución del GRN en dólares y euros. ....	45
Figura 22: Evolución de precios y volúmenes del iPath Series .....	46
Figura 23: Evolución de los precios de los futuros sobre EUA desde la Fase II. ....	47
Figura 24: Evolución de los precios de los futuros sobre EUA durante la Fase II. ....	48

Figura 25: Evolución de los precios de los futuros sobre EUA durante la Fase III.....	49
Figura 26: Evolución de los precios de los futuros con vencimiento a diciembre durante la Fase IV. ....	50
Figura 27: Impacto de la Covid-19 en el precio de los futuros a diciembre de 2022. ....	51
Figura 28: Impacto de la Guerra de Ucrania en el precio de los futuros a diciembre de 2022. ....	51
Figura 29: Evolución de la media diaria del bid-ask spread para los mercados de futuros con vencimiento a diciembre. Fuente: Carbon Trading in the European Union – An economic assessment of market functioning in 2021 (Oxera, 2022) .....	52
Figura 30: Volumen acumulado por meses de los futuros sobre derechos de emisión con vencimiento a diciembre desde 2008 hasta 2022.....	53
Figura 31: Volumen de contratos en el mercado de futuros de EUA, según su vencimiento .	53
Figura 32: Evolución del precio y volumen de contratos de cada futuro desde su lanzamiento hasta su vencimiento .....	56
Figura 33: Desviación del precio diario del futuro con vencimiento a 2022 respecto a la media móvil de los últimos 200 días. ....	58
Figura 34: Efecto de la incertidumbre de la política económica ocasionada por la crisis económica (2008) en el precio de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022 .....	60
Figura 35: Efecto de la incertidumbre de la política económica ocasionada por el COVID-19 (2020) en el precio de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022 .....	60
Figura 36: Efecto de la incertidumbre de la política económica ocasionada por la guerra de Ucrania (2022) en el precio de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022.....	60
Figura 37: Evolución de los participantes del mercado de futuros del RCDE UE entre 2020 y 2021.....	62
Figura 38: Evolución en millones de la negociación de derechos de emisión de CO2 entre 2013 y 2018. Fuente: Oficina Española de Cambio Climático (OECC) .....	63
Figura 39: Evolución de precio y volumen del Futuro con vencimiento a diciembre de 2022	63
Figura 40: Comparativa de los futuros con vencimiento a diciembre con sus respectivas medias móviles.....	67
Figura 41: Sinopsis de distintas predicciones de los precios del CO2 en la Fase 4 (pre-COVID-19)(Abadía, 2020) .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fuentes de datos empleados en el Análisis Empírico .....	11
Tabla 2: Asignación gratuita de derechos de emisión sobre el total de emisiones de cada sector en la Fase II.....	33
Tabla 3: ETP en el RCDE UE.....	36
Tabla 4: Destino de los fondos del KRBN.....	38
Tabla 5: Rentabilidad de los Futuros con vencimiento a diciembre y cierre en la Fase II. ....	48
Tabla 6: Rentabilidad de los Futuros con cierre en la Fase III. ....	49
Tabla 7: Rentabilidad de los Futuros con vencimiento a diciembre y cierre en la Fase IV.....	51

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto pretende facilitar la posición del inversor en los mercados de carbono, para el que, por lo novedoso, complejo y cambiante del mercado, existe un enorme riesgo de desinformación. Si bien sobre el papel la drástica subida experimentada por el precio de los derechos de emisión puede parecer una opción de inversión terriblemente atractiva, esta subida trae causa en diversos factores que deben tenerse en cuenta a la hora de invertir, y que procedemos a explicar en las siguientes páginas.

## 1.1. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es analizar el mercado de emisiones de carbono europeo desde la perspectiva del inversor, identificando sus oportunidades y potenciales riesgos.

Por otro lado, los objetivos secundarios del proyecto serán:

- (i) ofrecer una explicación completa y detallada del funcionamiento de los mercados de derechos de emisión;
- (ii) explicar la regulación del Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (en adelante, "RCDE UE") desde su introducción;
- (iii) realizar un análisis detallado de los productos financieros existentes en el mercado, específicamente los productos cotizados y los futuros; y
- (iv) ofrecer una recomendación acerca de las posibilidades de inversión del mercado.

## 1.2. Metodología

El presente trabajo pretende analizar los mercados de derechos de emisión desde la perspectiva del inversor. Para ello, se realizará un análisis profundo de su funcionamiento, regulación y riesgos.

En la primera parte del trabajo se realiza una aproximación al Marco teórico de los mercados, y más especialmente del RCDE UE, haciéndose hincapié en su historia, legislación y particularidades. Adicionalmente, se analizan las distintas formas de inversión existentes asociadas a estos activos.

La segunda parte del trabajo se centra en la realización de un Análisis Empírico del mercado, con el que se pretende esbozar el perfil de la inversión y determinar la conveniencia o no de invertir en él. La Tabla 1 muestra las fuentes de los datos empleados.

<b>DATO</b>	<b>FUENTE</b>
<b>FUTUROS EUA - ICE</b>	Barchart
<b>RCDE UE</b>	EEX
<b>SPDR S&amp;P 500 ETF TRUST (SPY)</b>	Yahoo Finance
<b>EEMU</b>	FRED Economic Data
<b>ETP</b>	Barchart
<b>EUR/USD</b>	Yahoo Finance

*Tabla 1: Fuentes de datos empleados en el Análisis Empírico*

El estudio se centra en los futuros de derechos de emisión, que representan la mayor parte del volumen de transacciones del RCDE UE (J. Liu et al., 2021). Históricamente el mercado de futuros ha estado poco representado en la literatura sobre el sistema, que suele centrarse en el mercado *spot* o al contado aunque este sólo represente el 2% del volumen de operaciones totales del RCDE UE (Frino et al., 2010). Los patrones de actividad de los futuros muestran también que la mayoría de transacciones se acumulan en los futuros con vencimiento a diciembre, por lo que hemos escogido centrar nuestros análisis en estos productos (Autoridad Europea de Valores y Mercados, 2022; Frino et al., 2010). Específicamente, nos hemos centrado en los futuros a diciembre de la plataforma ICE, que acumula el 85% del mercado de futuros (Autoridad Europea de Valores y Mercados, 2022).

En el análisis se ha optado por el lenguaje de programación Python, por ser uno de los más empleados, junto con R, para el tratamiento de datos. Se han utilizado las librerías *pandas* y *numpy* para facilitar el tratamiento de los datos, y *matplotlib* para la visualización de los mismos.

Se valoraron dos alternativas de software, *Spyder* y *Jupyter Notebook*, optándose finalmente por la segunda porque permite compilar el código por fragmentos, en lugar de obligar a compilar un script completo. Ello permite comprobar rápidamente si el código funciona adecuadamente y facilita la depuración de errores.

En primer lugar se han cargado los datos descargados en *dataframes* de la librería *pandas* para poder trabajar con ellos desde Python. La mayoría de *dataframes* han tenido que pasar por una

etapa de preprocesamiento para unificar los formatos de los datos, provenientes de distintas fuentes, y facilitar su análisis. Algunos ejemplos del preprocesamiento son:

- (i) Conversión del formato de la columna asociada a la fecha a tipo *pandas datetime*.
- (ii) Creación de tres columnas para almacenar el día, mes y año por separado y facilitar de esta manera el filtrado de los datos durante el análisis.
- (iii) Unificación del formato de los datos asociados a las subastas del RCDE UE, que variaba a lo largo de los años.
- (iv) Integración de los datos de las distintas subastas del RCDE UE en un único *dataset*.

Una vez preprocesados, se ha comenzado el análisis empírico. En él se han realizado cálculos específicos y operaciones orientadas al estudio de características concretas de los mercados, tales como el cálculo de medias móviles, desviaciones estándar o rentabilidades.

Dado que la mayoría de los mercados y productos financieros objeto de este estudio vienen dados en euros, se ha optado por añadir una columna incluyendo el precio en EUR en los mercados o productos financieros cuyo precio viene dado en USD. Esta conversión se ha realizado para unificar el análisis en vista de las fluctuaciones experimentadas por el cambio euro/dólar en los años de vida del mercado, tal y como se ve en la Figura 1. Se ha utilizado para ello el precio de cierre diario del mercado de divisas EUR/USD.

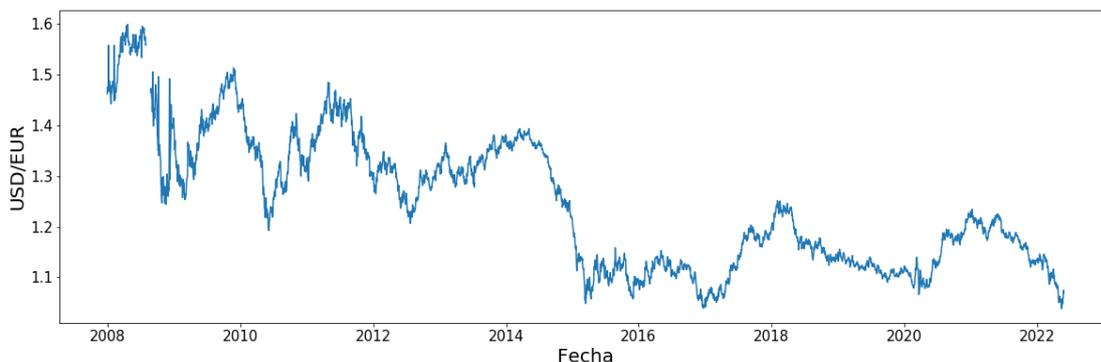


Figura 1: Fluctuación del cambio de EUR a USD durante los años de funcionamiento de las subastas del RCDE UE.

Todas las gráficas han sido realizadas empleando la interfaz *pyplot* de *matplotlib*. En concreto, se han creado gráficos de barras, líneas y circulares que se han personalizado incluyendo leyendas o títulos (tanto en los ejes como para la figura) y alterando colores o formas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Breve aproximación a las políticas de cumplimiento medioambiental

El incremento de la temperatura terrestre conocido como “calentamiento global” tiene sus inicios en 1840 (Ortiz Palafox, 2019), pero no es hasta finales del siglo XX cuando aflora en el debate internacional como uno de los principales retos del mundo moderno, revelando ser una gran amenaza para el desarrollo sostenible de la humanidad (Liu & Dong, 2021). Así, la preocupación por el medio ambiente como tema de relevancia global aparece por primera vez en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en junio de 1972.

Veinte años después se celebra en Río de Janeiro la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992), que establece oficialmente la necesidad de dar una respuesta coordinada a nivel global al problema del medio ambiente. Esta hipótesis globalista nace del entendimiento de que, si cada país actuase por su cuenta imponiendo restricciones únicamente en su propio territorio, las industrias sólo tendrían que trasladarse a regiones con una normativa más tolerante. Con esta idea se crea la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en adelante, la “CMNUCC”), que actualmente ha sido ratificada por 197 países (o Partes)<sup>1</sup>, cuyo objetivo es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero<sup>2</sup> (en adelante, “GEI”) en la atmósfera para impedir interferencias antropógenas (esto es, causadas por el ser humano) nocivas para el clima. Con este fin, los países signatarios se comprometieron a reducir sus emisiones en determinados porcentajes respecto a los de un determinado año base (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2009).

En 1997 la COP3 adopta el Protocolo de Kioto, destinado a comenzar la implementación de la CMNUCC. La norma definió por primera vez actuaciones explícitas para combatir el cambio climático, imponiendo límites cuantificables a las emisiones de GEI de los países signatarios. Estas obligaciones de reducción de GEI se estructuraron en dos periodos diferenciados: 2008-2012 y 2013-2020 (Victor & Cullenward, 2008).

---

<sup>1</sup> Las partes se reúnen anualmente desde 1995 para revisar y controlar la implementación de la Convención, en las conocidas como “COP”, o Conferencia de las Partes de la CMNUCC.

<sup>2</sup> El Protocolo entiende como GEI los gases que más contribuyen al calentamiento global, que enumera en su Anexo A (Naciones Unidas, 1998), medidos en la unidad común tonCO<sub>2</sub>-eq, o toneladas equivalentes de dióxido de carbono (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.).

El protocolo de Kioto se completó a nivel europeo por el Pacto Verde Europeo, mediante el que se diseñó una estrategia de crecimiento que incluía eliminar por completo las emisiones netas de GEI en 2050, disociando el crecimiento económico del uso de los recursos. Posteriormente los Acuerdos de Paris (COP21) establecieron una serie de medidas vinculantes que cada país firmante adoptaría a nivel nacional, y las estrategias a largo plazo para conseguir los objetivos establecidos (Naciones Unidas, 2015). Una de las estrategias que distintas regiones, entre ellas la Unión Europea (en adelante, la “UE”), decidieron implantar, fueron los mercados de derechos de emisión.

Actualmente existen mercados de derechos de carbono en Europa, Canadá, Japón, Nueva Zelanda, Corea del Sur, China, Suiza y Estados Unidos (California).

## **2.2. Los Mercados de Derechos de Emisión**

### *2.2.1. Concepto*

Los mercados de derechos de emisión surgen para dar respuesta al problema de la emisión de gases contaminantes a la atmósfera mediante la creación de un sistema que establece incentivos económicos a la reducción de GEI (Keohane et al., 2017).

Tradicionalmente la energía se ha obtenido principalmente a partir de combustibles fósiles, una fuente altamente contaminante pero relativamente barata y conocida por las generadoras. Frente a ella, las alternativas ecológicas no son, en principio, una opción económicamente atractiva para las empresas. Con el objetivo de remediar esta situación, algunas regiones han optado por implantar un sistema regulado que aumente el coste de la obtención de energía contaminante: los mercados de derechos de carbono. Estos sistemas pretenden internalizar el coste social que supone la emisión de gases contaminantes a la atmósfera (Ramana et al., 2001).

Hasta la introducción de los mercados de derechos de carbono, el impacto negativo de la contaminación era un coste que generaban las industrias y repercutía en la sociedad (mediante el detrimento de la salud pública, de las condiciones meteorológicas, o de la biosfera), es decir, una externalidad negativa<sup>3</sup> (Annunziata, 2021). Al no reflejarse este coste en el mecanismo de precios de las generadoras, nada impedía la emisión masiva de GEI, lo que en última instancia suponía una pérdida de bienestar social. Para remediar lo que consideró un fallo del mercado

---

<sup>3</sup> Definida por la RAE como perjuicio o beneficio experimentado por un individuo o una empresa a causa de acciones ejecutadas por otras personas o entidades (RAE, 2022).

que impedía el funcionamiento eficiente del mismo, la Comisión Europea (en adelante, “CE”) permitió la intervención estatal en los mercados, normalmente prohibida para garantizar la libre competencia, con el objetivo de restringir la producción de emisiones a un nivel eficiente (Ramana et al., 2001).

La instauración de los mercados de derechos de carbono parte por tanto de la premisa de que el coste de la emisión de gases contaminantes debe ser afrontado por el sujeto que se beneficia de la mencionada emisión, esto es, la empresa contaminante (Rodríguez Morales, 2015). Para cuantificar este coste, el sistema crea derechos de propiedad sobre las emisiones, poniendo un precio al derecho a contaminar, imponiendo penalizaciones en caso de emitir sin tener el correspondiente derecho, y permitiendo su negociación en mercados secundarios, en los que el precio del derecho será decidido mediante la ley de la oferta y la demanda.

Así, la empresa que desee llevar a cabo actividades emisoras de GEI deberá adquirir el derecho a ello abonando un precio cierto, de forma que el coste de contaminar repercuta directamente sobre ella. Es por tanto requisito esencial para el correcto funcionamiento de un mercado de derechos de emisión que los participantes realicen un fiel seguimiento de sus emisiones de cara a determinar la cantidad de derechos a entregar. Todo mercado cuenta también con un registro electrónico de derechos que lleva la contabilidad y titularidad de los derechos de emisión en circulación. Transcurrido el periodo de tiempo que determine cada mercado, las empresas deberán entregar un número de derechos equivalente a las emisiones reales que hayan producido. La instalación que no realice dicha entrega será sancionada; sin embargo, aquella que cuente con un excedente de derechos de carbono podrá conservarlos, bien para cubrir sus propias necesidades en el futuro, bien para obtener un ingreso mediante su venta en el mercado secundario (Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad, 2020).

### *2.2.2. El sistema de tope y canje o “Cap and Trade”*

Los sistemas de comercio de derechos de emisión funcionan según un esquema conocido como *cap and trade*, o “de tope y canje” en español. En base a los estándares de calidad medioambiental que se pretenda alcanzar, la autoridad competente establece un límite máximo para las emisiones de GEI que podrán generar los participantes del sistema en un determinado periodo. Este *cap* o tope no deberá sobrepasarse, y dentro del mismo las instalaciones podrán recibir, comprar o vender (*trade*) derechos de emisión en función de sus necesidades (Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad, 2020). No se establecen límites de

emisión individuales, únicamente un límite global para el mercado que, en línea con el objetivo de reducir emisiones, será cada vez más restrictivo.

Limitar el número de derechos en circulación añade al mercado el componente de la escasez, lo que da valor económico a los derechos de emisión (Schleich et al., 2009). Este valor económico constituye el principal aliciente de las empresas para reducir su uso de energías contaminantes.

Así, en primer lugar, la empresa que incumpla los límites establecidos y genere más emisiones nocivas de las que pueda justificar con los derechos en su poder será sancionada con una multa, cuyo pago no eximirá de la obligación de entregar los derechos atrasados al finalizar el siguiente periodo.

En segundo lugar, la disminución de emisiones de GEI se verá incentivada por la transferibilidad de los derechos de emisión, que como se indicó *supra* permitirá comerciar con ellos en mercados secundarios y obtener una rentabilidad por la venta de los derechos no empleados. Así, las empresas para las que el coste de la inversión necesaria para reducir sus emisiones sea menor que el valor que en ese momento tengan los derechos en el mercado procederán a hacerlo, y podrán vender los derechos correspondientes a esa reducción en el mercado secundario (Dong et al., 2022).

Es decir, en cada periodo, las empresas se enfrentarán a la decisión entre (i) adquirir derechos de emisión para poder producir; o (ii) invertir en la tecnología necesaria para minimizar sus emisiones<sup>4</sup> (Hayes & Young, 2012). La opción (ii) permitirá a la empresa ahorrarse el coste que le hubieran supuesto los derechos correspondientes a las emisiones reducidas, o venderlos en el mercado secundario en caso de que ya dispusieran de ellos (bien por haberlos adquirido, bien porque se le hubieran asignado, como se verá en el apartado 3.4) (Donehower, 2008).

Así, partiendo de la base de que los límites de emisiones serán cada vez más restrictivos, los precios de los derechos de carbono irán aumentando progresivamente (reacción ante una oferta menguante y una demanda constante). Como puede verse en la Figura 2, este aumento de precios supondrá que cada vez más empresas escogerán invertir en tecnologías de reducción de emisiones, para así evitar el aumento de los costes derivados de la internalización del coste

---

<sup>4</sup> Por ejemplo, mediante el uso de filtros o la optimización del tratamiento y el almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

de los derechos de carbono asociados a la producción de energía contaminante (Lovcha et al., 2022).

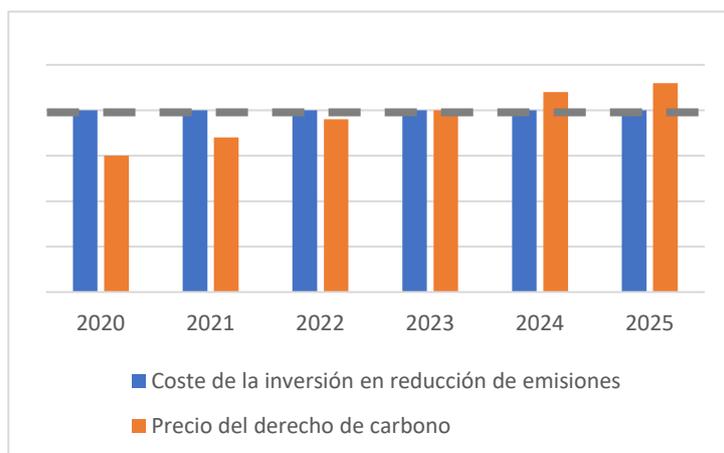


Figura 2: Hipotético escenario de costes ante la subida de los precios de los derechos de carbono

Esto supone que:

- (i) si las instalaciones optan por invertir en energías limpias y se ajustan al nuevo mercado, aunque la oferta de derechos de carbono disminuya año tras año los precios se mantendrán relativamente estables; pero
- (ii) si las instalaciones no se ajustan con la suficiente rapidez, y año tras año optan por adquirir derechos de carbono y no actualizar sus fuentes de energía, la disminución de la oferta hará que el precio de los derechos de emisión siga subiendo indefinidamente.

### 2.2.3. Inconvenientes de los mercados de derechos de emisión

Como toda intervención estatal, la más destacada desventaja de los mercados de derechos de emisión es que afectan negativamente a la libre competencia, al establecer un gasto que únicamente tendrán que afrontar las empresas sujetas a un régimen de limitación de emisiones. Por una parte y como se mencionó previamente, esta limitación de la competitividad de las empresas contaminantes es precisamente lo que puede llevarlas a invertir en tecnologías que reduzcan sus emisiones, lo cual es claramente un efecto positivo. Sin embargo, también puede impulsarlas a trasladarse a otra región en la que las limitaciones relativas a las emisiones de GEI no apliquen, lo que perjudicará a la economía del país que impuso las restricciones.

Un segundo inconveniente deriva de la tendencia de las empresas a trasladar los costes de las emisiones que había internalizado a sus consumidores, lo que desplazará la curva de oferta e incrementará el precio de mercado (Figura 3). Así, se ha observado un efecto de propagación del mercado de derechos de carbono a otros mercados energéticos, especialmente el mercado de la electricidad, fácilmente observable en el reciente encarecimiento de la misma (Fabra & Reguant, 2014; Ji et al., 2018).

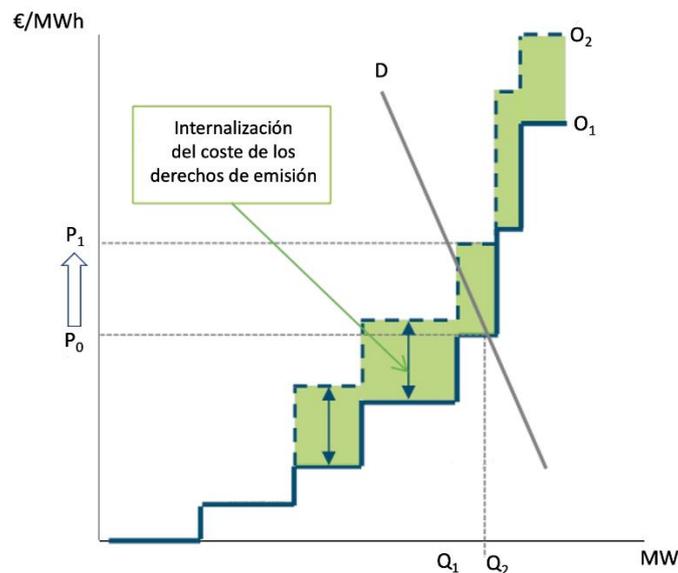


Figura 3: Desplazamiento de la curva de oferta derivada del traslado de costes de los derechos de emisión. Fuente: Portal Energía y Sociedad, Universidad Politécnica de Madrid (Facultad de Ingeniería Industrial, s.f.)

### 2.3. Productos cotizados o Exchange Traded Products (ETP)

Los productos cotizados o *Exchange Traded Products* (en adelante “**ETP**”) incluyen una amplia variedad de productos cuya característica común es, como el propio nombre indica, que cotizan en una bolsa de valores (Consejo de la Organización Internacional de Comisiones de Valores, 2013). Surgen como respuesta a la demanda de los inversores de invertir en carteras diversificadas de activos manteniendo los costes bajos y asegurándose la liquidez derivada de cotizar en bolsa (Judge, 2018). Su rendimiento sigue el de un índice, una cartera de activos, una materia prima, una divisa u otro activo en la bolsa de valores, lo que determina una de las principales ventajas de estos productos financieros: ofrecen a sus inversores exposición a activos que de otra manera les resultarían de difícil acceso, especialmente a los minoristas.

Esta característica es la principal causa de su proliferación en el mercado de los derechos de carbono, que siendo un mercado emergente estrictamente regulado sería difícilmente accesible a pequeños inversores. Mas específicamente, desde 2014 los derechos de carbono y sus

derivados son considerados instrumentos financieros (Directiva 2014/65/UE sobre los Mercados de Instrumentos Financieros, en adelante “**MiFID II**”)<sup>5</sup>, por lo que sólo podrán adquirirlos las entidades financieras que reúnan los requisitos recogidos en el Reglamento 600/2014/UE del Parlamento Europeo y del Consejo (“**MiFIR**”). Así, actualmente se equiparan los EUA y sus derivados a productos de inversión normalmente reservados a inversores más sofisticados, y a excepción de los Operadores obligados al cumplimiento debidamente acreditados, el resto de participantes del mercado estarán obligados a contar con la debida autorización de servicios financieros (Zaman, 2016). Así, si bien en teoría el mercado está abierto a todos aquellos participantes que obtengan dicha autorización, en la práctica esto no será viable para los pequeños inversores (Zaman, 2016). Ello supone que la única forma en que estos inversores podrán acceder a los derechos de carbono será a través de productos cotizados.

Existen diferentes tipos de ETP en función del activo que sigan. A efectos del presente trabajo, toman especial relevancia por su presencia en los mercados de inversión de los derechos de emisión los Fondos Cotizados (más conocidos por su término anglosajón *Exchange Traded Funds*, en adelante “**ETF**”), las Materias Primas Cotizadas (*Exchange Traded Commodities*, en adelante “**ETC**”) y los Pagarés Cotizados (*Exchange Traded Notes*, en adelante “**ETN**”).

### 2.3.1. Fondos Cotizados

Los fondos de inversión cotizados o ETF se definen, en palabras de Sánchez Quiñones y Mardomingo, como “fondos de inversión de carácter financiero cuyas participaciones están admitidas a negociación en bolsas de valores” (Quiñones & Mardomingo, 2009). Así, comúnmente se consideran productos financieros de naturaleza híbrida entre los fondos de inversión tradicionales y las acciones, ya que aúnan las ventajas de ambas figuras (Moriarty, 2001).

Por una parte, al igual que los fondos de inversión tradicionales, canalizan la inversión de los particulares, permitiéndoles acceder a una amplia gama de activos con una inversión relativamente pequeña (Marszk & Lechman, 2019). Al estar compuestos por todos los valores del índice que replican, otorgan a los inversores una rentabilidad proporcional a la del mercado subyacente. Como ya se mencionó, ofrecen exposición a activos que de otra manera resultarían de difícil acceso a algunos inversores (Gastineau, 2001), y lo hacen a un bajo coste.

---

<sup>5</sup> Esta clasificación se introdujo como respuesta a una serie de prácticas fraudulentas que tuvieron lugar en el RCDE UE ante la falta de tipificación legal de los derechos de emisión, y la ausencia de un marco jurídico debidamente estructurado al respecto (Annunziata, 2021).

Por otra parte, sus participaciones cotizan de forma continua en mercados secundarios (Art. 79.1 del RDL 1082/2012), lo que permite a los inversores comprarlas y venderlas como cualquier otro activo cotizado (Bolsa de Madrid, 2022), otorgándoles una enorme flexibilidad. A diferencia sin embargo de las acciones, los ETF poseen varios activos subyacentes, lo que los hace una atractiva opción para la diversificación. Pueden estar centrados en un único índice, o en una industria o una región concretos, o poseer una mezcla de acciones de diferentes sectores.

Los ETF pueden ser físicos, en caso de que efectivamente inviertan en los activos cuyo rendimiento replican, o sintéticos, si cumplen sus objetivos cubriendo sus riesgos mediante contratos de derivados o *swaps* (Consejo de la Organización Internacional de Comisiones de Valores, 2013).

### *2.3.2. Materias Primas Cotizadas o Exchange Traded Commodities*

Las materias primas cotizadas o ETC son, al igual que los ETF, productos híbridos entre fondos de inversión tradicionales y acciones, con la particularidad de que se constituyen en base a una materia prima subyacente (Dorfleitner et al., 2018). Existen ETC que dependen de la evolución de una única materia prima, como puede ser el oro o, en el caso que ocupa, los derechos de carbono. Otros ETC funcionan como un fondo de inversión que sigue el rendimiento de uno o varios índices o subíndices de materias primas, como los de la energía o el ganado, lo que consecuentemente permite la exposición simultánea a varios subyacentes (London Stock Exchange Group, 2022). Al igual que los ETF, pueden ser físicos, en caso de que adquieran físicamente la materia prima, o sintéticos, si se sirven de contratos de derivados para conseguir exposición a la misma.

### *2.3.3. Pagars Cotizados o Exchange Traded Notes*

Los pagarés cotizados o ETN son productos financieros que, al igual que los anteriormente citados ETP, tienen como objetivo seguir el rendimiento de activos subyacentes. La particularidad de los ETN es que el inversor no adquiere participaciones en un fondo, si no un título de deuda no garantizado y no subordinado que, en el vencimiento, generará una rentabilidad que dependerá de la variación porcentual del precio del activo subyacente (Rakowski & Shirley, 2020). En otras palabras, la principal diferencia que tiene este producto es que mientras la cartera de los anteriores ETP estaba compuesta por el subyacente, la cartera de un ETN está compuesta por bonos y opciones que lo replican en tiempo real.

A diferencia de los ETF y los ETC, los emisores de ETN no poseen los activos subyacentes, por lo que su valor podrá verse afectado por la calificación crediticia o capacidad financiera del emisor, y no dependerá únicamente de los cambios del subyacente (Bordonado et al., 2017). Ello los dota de un mayor riesgo de impago que el resto de ETP.

### **3. EL RÉGIMEN DE DERECHOS DE EMISIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA (RCDE UE)**

En el marco del Protocolo de Kioto, la UE se comprometió como una sola región a cumplir un objetivo de reducción común de sus emisiones (Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad, 2020). En lo que se conoce como un *Burden Sharing Agreement* o acuerdo de reparto de cargas, la UE en conjunto se comprometió a reducir en un 55% las emisiones de GEI respecto al año base<sup>6</sup> para 2030, y alcanzar la neutralidad climática en 2050. Para ello, se implanta en 2005 un sistema de comercio de derechos de emisión, llamados "EUA" por sus siglas en inglés (*European Union Allowances*), cada uno de los cuales conceden a su propietario el derecho a emitir GEI en cantidad equivalente a una tonelada de dióxido de carbono. Actualmente, el RCDE UE desempeña un papel esencial en la lucha contra el calentamiento global originado por las emisiones de CO<sub>2</sub> (Aune & Golombek, 2021).

#### **3.1. Concepto**

El RCDE UE se puso en marcha el 1 de enero de 2005, a raíz de la promulgación de la Directiva 2003/87/CE, traspuesta al ordenamiento jurídico español por la Ley 1/2005. La normativa afecta únicamente a las emisiones generadas por determinadas actividades<sup>7</sup>, y de determinados GEI<sup>8</sup>, que superasen los umbrales mínimos establecidos. Desde la Fase III se incluye también en el mercado al sector de la aviación, cuyas emisiones de GEI se ven sujetas a la posesión de derechos de emisiones de aviación o EUAA (*European Union Aviation Allowances*).

La implantación del RCDE UE se estructuró en cuatro fases consecutivas, cada una de las cuales estuvo marcada por un cambio de regulación que impulsó un avance progresivo hacia el objetivo de la neutralidad climática. Así, cada fase funciona de manera independiente y cuenta con objetivos propios. En línea con lo explicado en el apartado 2.2.2, el sistema se rige

---

<sup>6</sup> 1990 salvo algunas excepciones (Bulgaria, Polonia, Rumanía, Eslovenia) (Eurostat, 2021).

<sup>7</sup> Las comprendidas en el Anexo 1 de la Directiva 2003/87/CE.

<sup>8</sup> Recogidos en el Anexo 2 de la Directiva 2003/87/CE.

por un mecanismo de tope y canje en el que el regulador, en el caso del RCDE UE la CE, establece al comienzo de cada Fase un volumen máximo de las emisiones permitidas, que se reparte de manera decreciente entre los años de la fase en cuestión en función de un factor de reducción lineal (en adelante, el "**FRL**"). La Comisión emite entonces los correspondientes derechos de emisión, y los reparte entre los estados miembros según unos criterios comunes de asignación y partiendo de la premisa de que el derecho expedido por la autoridad competente de un estado será reconocido en todo el territorio de la Unión.

En un primer momento, las empresas sujetas al régimen de limitación de emisiones pueden acceder a los derechos que necesitan bien mediante asignación gratuita, bien participando en el régimen de subastas organizado por la UE. Paralelamente surge un mercado secundario para la compraventa de los derechos que permite a los agentes económicos comerciar y, bien adquirir los derechos que no han podido obtener en el mercado primario, bien vender los derechos de carbono que no necesitan.

En la actualidad, el mercado reúne a más de 12.000 instalaciones y operadores aéreos, y abarca en torno al 40% de las emisiones de GEI de la UE. Sólo en España, el mercado reúne a más de 900 instalaciones, y aproximadamente 30 operadores aéreos (Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad, 2020). Destacar también que algunas empresas quedan excluidas de este régimen, en particular las pequeñas emisoras y los hospitales.

### **3.2. Calendario anual**

Al comienzo de cada fase la CE publica y asigna el número de derechos que corresponderá a cada estado. Las autoridades nacionales competentes establecen entonces el reparto de estos derechos entre los años de la fase en cuestión, respetando siempre el FRL que resulte aplicable para garantizar la disminución progresiva de derechos en circulación.

Así, como puede verse en la Figura 4, antes del 28 de febrero de cada año cada estado expedirá los derechos correspondientes a ese año, y dará comienzo un periodo de cumplimiento (art. 11 Directiva 2003/87/CE). Durante el año natural las entidades deberán monitorear sus emisiones para poder elaborar el conocido como Informe Anual de Emisiones ("**IAE**"), que deberá ser remitido a la autoridad competente antes del 28 de febrero del año siguiente. En caso de ser

aprobado, las emisiones verificadas<sup>9</sup> de cada operador se inscribirán<sup>10</sup> en el registro correspondiente el día 31 de marzo, debiendo entregarse los derechos de emisión correspondientes antes del 30 de abril (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.).

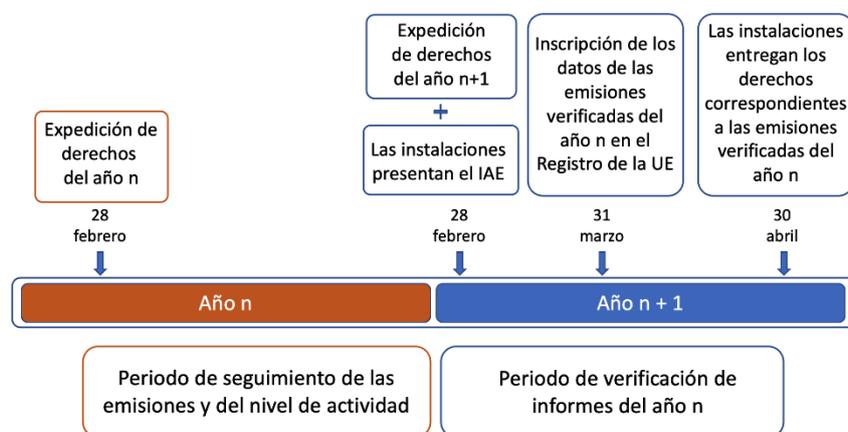


Figura 4: Calendario anual de cumplimiento del RCDE UE.

### 3.3. Participantes del mercado

Los participantes en el RCDE UE lo hacen principalmente con dos fines diferenciados: por un lado, la necesidad de cumplir con las exigencias impuestas por los planes europeos de limitación de gases contaminantes, y por otro, con fines de rentabilidad puramente especulativos.

Así, actualmente pueden participar en el mercado los operadores sujetos al régimen de derechos de carbono (en adelante, "**Operadores obligados al cumplimiento**"), las empresas de inversión autorizadas con arreglo a MiFID II, las entidades de crédito autorizadas con arreglo a la Directiva 2013/35/UE, las agrupaciones empresariales de Operadores obligados al cumplimiento que actúen por cuenta propia pero en nombre de sus miembros, cualesquiera organismos públicos que controlen a un Operador obligado al cumplimiento, y las personas físicas o jurídicas cubiertas por la exención de las actividades auxiliares (artículo 2 (i) y (j) de la MiFid II) a las que la autoridad competente del estado miembro donde estén establecidas haya autorizado a participar (Autoridad Europea de Valores y Mercados, 2022).

<sup>9</sup> Por un tercero independiente.

<sup>10</sup> Por la autoridad competente.

Entre otros requisitos, todo aquel que desee adquirir derechos de emisión, ya sea con fines de cumplimiento o especulativos, deberá tener:

- un representante persona física establecida en la UE y debidamente autorizada para realizar su puja en la subasta; y
- una cuenta en el Registro de Derechos de la UE (o, durante la Fase I, en el registro nacional correspondiente), en donde se depositarán los derechos adquiridos, y de la que saldrán cuando estos se transmitan o se entreguen para compensar las emisiones producidas.

Las instalaciones emisoras que adquieran derechos de carbono con vistas al cumplimiento de la normativa sobre emisiones deberán adicionalmente disponer de:

- una Autorización de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, o “**AEGEI**” que la faculte para emitir gases contaminantes (Arts. 4, 5 y 6 de la Directiva 2003/87/CE); y
- un Plan de Seguimiento con la contabilidad de sus emisiones para determinar la cantidad de derechos de emisión a entregar.

Estos requisitos lo serán, si bien no para participar en el mercado, sí para hacer uso de los derechos obtenidos en el mismo.

Por su parte, los participantes que no sean operadores obligados al cumplimiento tendrán como requisito adicional la exigencia de estar establecidos en la UE.

### **3.4. Métodos de asignación de los derechos de carbono**

Actualmente existen varias formas mediante las cuales los participantes del mercado pueden adquirir EUA: mediante asignación gratuita, participando en las subastas periódicas, o adquiriéndolos en el mercado secundario.

#### *3.4.1. Asignación gratuita*

La asignación gratuita de los derechos permite a las empresas emisoras, como su nombre indica, acceder a derechos de emisión sin necesidad de abonar pago alguno siempre y cuando cumplan los requisitos establecidos en cada momento.

Está regulada en el Reglamento Delegado 2019/331/UE. Los requisitos de las empresas con derecho a asignación gratuita van cambiando según la fase del mercado, y como se aprecia en

la Figura 5 el volumen de derechos sujeto a asignación gratuita es cada vez menor, y pretende eliminarse en 2030.

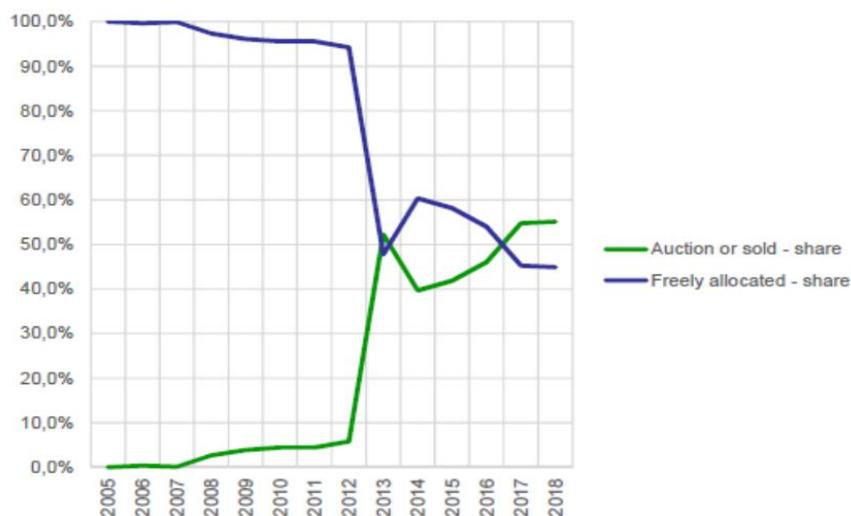


Figura 5: Evolución del porcentaje del volumen total de derechos de emisión asignados gratuitamente y mediante subasta.  
Fuente: Oficina Española de Cambio Climático (OECC)

### 3.4.2. Subasta regulada

El mercado primario permite a determinadas entidades participar en subastas reguladas para adquirir derechos de emisión. En cada estado participante del RCDE UE hay una autoridad competente encargada de organizar las subastas de los derechos que se le hayan concedido. El dinero recaudado deberá dedicarse al menos en un 50% a fines de sostenibilidad, y a acciones relacionadas con el clima y la energía; en España, este dinero se destina en un 90% al fomento de las energías renovables (tal y como se recoge anualmente en los Presupuestos Generales del Estado).

El Reglamento 1031/2010/UE, que regula las subastas, indica que estas serán ciegas, en una única ronda y de precio uniforme. Es decir, los participantes tendrán una única oportunidad para enviar una oferta de precio, y en función de la misma se asignarán los derechos a quienes hayan ofertado los precios más altos. El precio resultante, común para todos, será por tanto resultado de la oferta y la demanda. Así, reflejará, por una parte, los esfuerzos gubernamentales de reducir las emisiones de carbono (oferta disponible) y por otro, la eficacia del sistema y su capacidad para impulsar un adecuado descubrimiento de precio (demanda de derechos) (H. Liu et al., 2021).

Más en detalle, el precio de la subasta se decidirá según el siguiente procedimiento (Figura 6):

- 1) cada participante enviará una oferta especificando el volumen de derechos deseado y el precio que está dispuesto a abonar;
- 2) las ofertas se ordenarán en orden descendente según el precio ofertado;
- 3) los volúmenes de las ofertas se sumarán, empezando por la oferta de precio más alto, hasta el momento en que la suma de volúmenes solicitados alcance el volumen de derechos disponible para ese periodo;
- 4) el precio de la última oferta incluida en la suma devendrá el precio de la subasta, siendo el mismo para todos los participantes;
- 5) las empresas que hayan ofrecido un precio superior al precio de corte adquirirán los derechos solicitados; y
- 6) la última oferta aceptada recibirá los derechos que queden disponibles tras satisfacer todas las ofertas superiores.

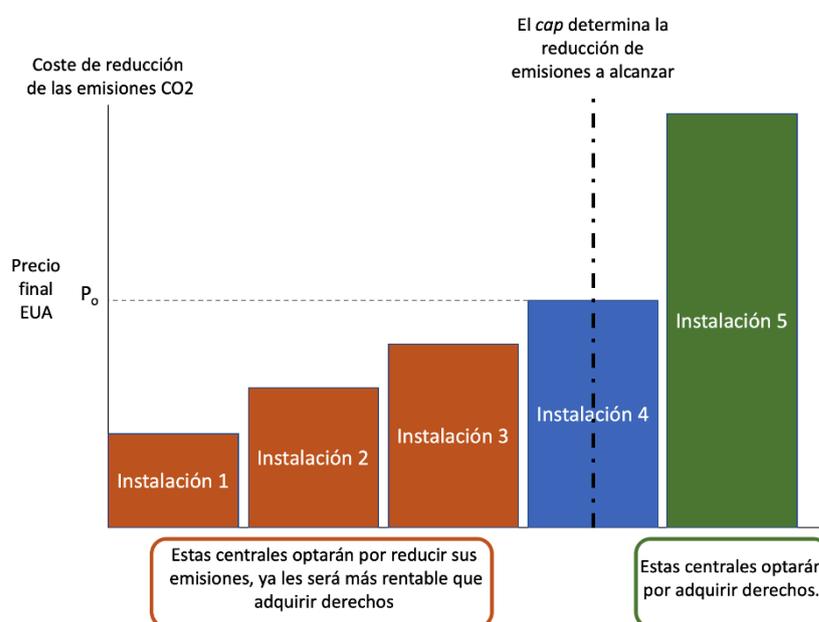


Figura 6: Determinación del precio de los derechos de emisión.

El precio del carbono tiene el doble papel de impulsar a las empresas a mejorar su eficiencia en la reducción de emisiones y de aportar a las naciones ingresos para realizar “inversiones verdes” (Annunziata, 2021; Feng et al., 2011). Por ello, la determinación de un precio razonable resulta esencial para que el RCDE UE desempeñe un papel efectivo en la reducción de emisiones (Duan et al., 2021). Así, algunos estudios han demostrado que, si los precios del mercado se mantienen bajos durante un periodo de tiempo dilatado, se debilitará la confianza de los participantes en el mercado, lo que afectará negativamente a la reducción de emisiones (H. Liu et al., 2021). Por el contrario, un precio razonablemente alto de los derechos de emisión

promoverá el desarrollo de tecnologías de reducción de emisiones, y mejorará la eficiencia del mercado (Li et al., 2021)

Como defensa ante una incorrecta determinación de precios, la subasta podrá anularse si (i) el volumen de ofertas es menor al volumen de derechos subastados; o (ii) el precio de adjudicación es muy inferior al del mercado secundario en el momento inmediatamente anterior a la subasta. En ambos casos, el volumen que hubiera debido subastarse se distribuirá uniformemente a lo largo de las siguientes subastas programadas (de las dos siguientes subastas en el caso de los EUA; y de las cuatro siguientes en el caso de los EUAA). El Reglamento 1031/2010/UE establece también que los productos ofertados en las plataformas podrán ser *spot* a dos días vista y futuros a cinco días vista.

### 3.4.3. Mercado secundario

Los derechos de emisión son transferibles, y por tanto susceptibles de venta. No existe un plazo establecido para su transmisión, y a excepción de los emitidos en la Fase I, los EUA son arrastrables entre fases siempre y cuando se intercambien por derechos nuevos equivalentes al comienzo de cada nuevo periodo (Directiva 2003/87/CE).

Las transacciones de derechos de emisión pueden realizarse bien en plataformas reguladas *ad hoc*, bien en mercados extrabursátiles en los que las partes negocian directamente entre ellas (en adelante, “**mercados OTC**” por sus siglas en inglés, *Over The Counter*). En estos mercados las partes pueden adquirir bien los propios derechos, bien contratos de opción o de futuros sobre los mismos, del mismo modo que lo harían con cualquier otro activo.

## 3.5. Plataformas

El Reglamento 1031/2010/UE establece que la plataforma de gestión de las subastas debe ser un mercado organizado abierto a todos los agentes de los países integrados en el RCDE UE. Si bien se permite a cada Estado la posibilidad de contar con su propia plataforma, en la mayoría<sup>11</sup> acordaron realizar las subastas de manera conjunta a través de una única plataforma que se asignó mediante concurso público al mercado organizado alemán European Energy Exchange (el “**EEX**”).

---

<sup>11</sup> Actualmente, la mayoría de los estados miembros participantes e Islandia, Noruega y Liechtenstein.

El contrato con EEX entró en vigor el 13 de julio de 2013, y desde entonces se celebran subastas todos los lunes, martes y jueves a las 11 de la mañana (CET), con un periodo de oferta desde las 9:00 de la mañana. En las dos semanas de navidad y año nuevo no se realizan subastas, y en el mes de agosto el volumen subastado se reduce a la mitad. Los productos subastados son al contado con entrega al día siguiente (D+1), y el volumen mínimo de compra es un lote de 500 derechos de emisión, lo que equivale a 500 toneladas de CO<sub>2</sub> (Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad, 2020).

Por su parte, Alemania, Polonia y Reino Unido cuentan con su propia plataforma de subasta, pues solicitaron esta prerrogativa en el plazo que estableció para ello la UE. Estas plataformas nacionales son gestionadas por EEX en el caso de Alemania y Polonia, y por ICE Futures Europe (el “ICE”) en el caso del Reino Unido.

El mercado de derivados utiliza estas mismas plataformas; así, en diciembre de 2021, ICE Endex acumulaba el 85% de los contratos de derivados del RCDE UE, y EEX el 15% (Autoridad Europea de Valores y Mercados, 2022). ICE Endex, que ocupa la posición dominante, cuenta actualmente con productos de futuros EUA y EUAA con vencimientos mensuales, trimestrales y anuales. La fecha de vencimiento corresponde siempre al último lunes del mes de vencimiento. Las plataformas ofrecen también opciones cuyo subyacente es el derecho de emisión de CO<sub>2</sub> con entrega en el año especificado, tanto para el sector industrial como para el sector de aviación.

### 3.6. Fases

La implantación del RCDE UE se ha desarrollado en cuatro fases, cada una de las cuales supone un cambio de regulación respecto a la anterior con vistas a aproximarse progresivamente a los objetivos de reducción de emisiones de carbono establecidos a nivel europeo.

#### 3.6.1. Fase I: 2005 – 2007

El 1 de enero de 2005 entra en funcionamiento la primera fase del RCDE UE, pensada como una suerte de fase piloto para preparar la llegada de la Fase II, que coincidiría con el primer periodo de implantación del Protocolo de Kioto (Abrell et al., 2011; Sanin et al., 2015; Trotignon & Delbosc, 2008; Zhang & Wei, 2010). El objetivo era que para 2008 el RCDE UE estuviera plenamente operativo, de forma que pudiera ser la herramienta principal de la UE en la consecución de los objetivos establecidos en el Protocolo de Kioto (Ibikunle et al., 2011).

Como se mencionó previamente, el protocolo de Kioto permitía a los países agruparse para alcanzar de manera conjunta las reducciones exigidas, y la UE escogió afrontar los objetivos de reducciones de manera comunitaria. A nivel interno, sin embargo, desglosó este objetivo común en objetivos nacionales jurídicamente vinculantes, de manera que cada país tenía un tope nacional exacto de las emisiones de GEI que podía generar en todo el periodo 2005-2007 (Comisión Europea, s.f.-a).

Establecidos los mencionados topes nacionales, cada estado firmante procedió a elaborar el denominado Plan Nacional de Asignación (en adelante, “PNA”) especificando la cantidad total de derechos a entregar durante el periodo y el procedimiento de asignación correspondiente. Una vez la CE aprobase un PNA, el estado en cuestión podría proceder a la asignación de los derechos, expidiendo la parte correspondiente a ese año de la cantidad total de EUA aprobados (art. 9 Directiva 2003/87/CE). Cada estado debía en todo caso reservar una cantidad de derechos para los posibles nuevos entrantes (instalaciones que realizan alguna actividad tasada y reciben por primera vez la AEGEI una vez comenzada una fase), para evitar desequilibrar el mercado.

En esta fase las limitaciones afectaban únicamente a la generación de CO<sub>2</sub> de los sectores eléctricos, y de industrias caracterizadas por altas consumiciones de energía como la metalurgia, la industria mineral y las productoras de papel y cartón (Oficina Española de Cambio Climático, 2021). Más del 95% de la asignación se produjo de manera gratuita, y las subastas fueron únicamente un mecanismo residual.

Al no disponerse de datos fidedignos sobre emisiones verificadas anteriores, la asignación gratuita se realizó partiendo de estimaciones para cada sector, lo que resultó en una expedición desmesurada de derechos de carbono. El exceso de oferta de derechos de carbono, unido a la imposibilidad de arrastrar los EUA a la siguiente fase, supuso que en esta Fase el precio de los derechos de emisión cayera prácticamente a cero (Comisión Europea, s.f.-a).

### *3.6.2. Fase II: 2008 – 2012*

La segunda fase del RCDE UE coincidió con el primer periodo de implantación del Protocolo de Kioto, en el que los países firmantes debían reducir las emisiones de GEI hasta conseguir un nivel un 5% inferior que la media del año base. La UE intensificó las restricciones y se comprometió a reducir sus emisiones en un 8% respecto a las de 1990 (Expositivo 4 de la Directiva 2003/87/CE).

El funcionamiento de la Fase II fue muy similar al de la Fase I, con ligeras modificaciones:

- (i) el ámbito de aplicación se amplió:
  - (a) se incluyeron nuevos GEI, como el N<sub>2</sub>O;
  - (b) se extendió el sistema al sector de la aviación para viajes con origen y destino dentro del Espacio Económico Europeo; y
  - (c) tres nuevos países se incorporaron al RCDE UE: Noruega, Liechtenstein e Islandia
- (ii) las medidas se endurecieron: el volumen total de derechos en circulación descendió en aproximadamente un 6,4% (Comisión Europea, s.f.-a), y la penalización por el incumplimiento incrementó de los 40€ por tonelada establecidos en la primera fase a 100€ por tonelada no justificada;
- (iii) la implantación del Protocolo de Kioto supuso la introducción de créditos internacionales (“**ERU**” y “**CER**”) que, con un funcionamiento similar a los EUA, permitían compensar emisiones de carbono y podían venderse en los mercados secundarios. Estos créditos buscaban incentivar el desarrollo sostenible en países en vías de desarrollo que, dando máxima prioridad al crecimiento económico sin trabas en el gasto de energía, se habían negado a aceptar límites en sus emisiones. Constituían una alternativa a los derechos de carbono, al ser una suerte de “importación de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>” (Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad, 2020), y permitían a las empresas flexibilizar el cumplimiento de las limitaciones de emisiones.

En esta segunda fase se pretendió dar un mayor protagonismo a las subastas, por lo que el volumen de derechos asignados gratuitamente disminuyó a aproximadamente el 90% del total. La asignación se produjo en base a los datos de emisiones verificados de la primera fase, lo que generó datos más apropiados para cada sector (Comisión Europea, s.f.-b). Esto unido al mencionado refuerzo de las medidas restrictivas y la disminución en la asignación gratuita hubiera llevado a pensar que el precio de los derechos aumentaría en esta segunda fase.

Sin embargo, la crisis del 2008 condujo a los operadores a disminuir enormemente su producción, lo que derivó en una gran bajada de las emisiones de GEI respecto a las previsiones realizadas (Bel & Joseph, 2015; Jiménez-Rodríguez, 2019). Por una parte, esto permitió que se cumplieran con creces los objetivos establecidos para el protocolo de Kioto (las emisiones se redujeron en un 11.7%, estando el objetivo en 8%). Sin embargo, también derivó en un enorme

excedente de derechos de emisión, y una vez más la fase terminó con el valor de los derechos desplomado. Para más *inri*, a diferencia de la Fase I, los EUA que no hubieran sido entregados durante la Fase II serían arrastrables a la Fase III, lo que supuso que la Fase III comenzó con un altísimo excedente de derechos, estimado en 2.100 millones de derechos en 2013 (Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad, 2020).

### 3.6.3. Fase III: 2013 – 2020

En la Fase III el RCDE UE continuó ampliando su ámbito de aplicación, añadiéndose nuevos gases y sectores que hasta la fecha no habían quedado sujetos a las limitaciones.

En esta fase se dieron los mayores cambios respecto a las anteriores:

- (i) La UE abandonó el enfoque nacional implementado hasta el momento, y desarrolló un estrategia a nivel comunitario imponiendo un único objetivo europeo: alcanzar, en 2020, una reducción de los GEI del 20% respecto a los niveles de 1990. Para ello se estableció un FRL del 1,74% anual, lo que supondría que cada año se reducirían 38,26 millones de derechos de emisión<sup>12</sup> (Figura 7).



Figura 7: Evolución prevista de los derechos de emisión en la Fase III (Ibáñez, 2016).

- (ii) Al no existir ya objetivos nacionales desapareció la figura de los PNA, y en su lugar cada país debía elaborar un informe preliminar con la asignación de EUA que

<sup>12</sup> Esto supuso pasar de 2.084 millones de derechos en 2013 a 1.816 millones en 2020.

consideraba apropiada para su territorio. Tras evaluar las propuestas de todos los estados y aplicar el factor de corrección CSCF<sup>13</sup> en caso de ser necesario, la Comisión evaluó y aceptó los informes, permitiéndoles elaborar una decisión final sobre la asignación de derechos en su territorio. Aprobada esta decisión, los países recibieron el volumen de derechos acordado, y los repartieron entre los años del periodo de la Fase III asegurando que los volúmenes respetasen el FRL de 1,74% anual.

Los primeros años de esta fase se vieron marcados por el excedente de derechos proveniente de la Fase II, lo que no permitía un correcto funcionamiento del mercado (Richstein et al., 2015). Por ello, mediante el Reglamento 176/2014/UE se tomó la decisión de aplazar la subasta de 900 millones de derechos de emisión de los primeros años de la Fase III (entre 2014 y 2016) al periodo de 2019-2020, en lo que sería conocido como el *backloading*. Este aplazamiento nunca llegó a darse; en su lugar, en 2014 la CE presentó una nueva propuesta para reformar el RCDE UE y crear la Reserva de Estabilidad de Mercado ("**MSR**" por sus siglas en inglés, *Market Stability Reserve*), que entraría en funcionamiento el 1 de enero de 2019 (mediante la Decisión 2015/1814/UE). El objetivo de esta reserva sería equilibrar la oferta de derechos de emisión, inyectando o retirando derechos en función del número de derechos en circulación que hubiera cada año. Así, anualmente se verificaría esa cantidad, y si excedía de 833 millones o era inferior a 400 millones de derechos, se extraerían o se introducirían derechos, respectivamente, en las subastas. Este mecanismo se refleja en la Figura 8. Al acumular el excedente circulante de derechos de emisión, la MSR evitaría el desplome de los precios. A esta reserva se optó por incorporar los 900 millones de derechos procedentes del *backloading* del periodo 2014-2016.

---

<sup>13</sup> El CSCF es un coeficiente que minora las asignaciones gratuitas preliminares calculadas por los Estados para respetar la cantidad de derechos disponibles en el año (Abadía, 2020).

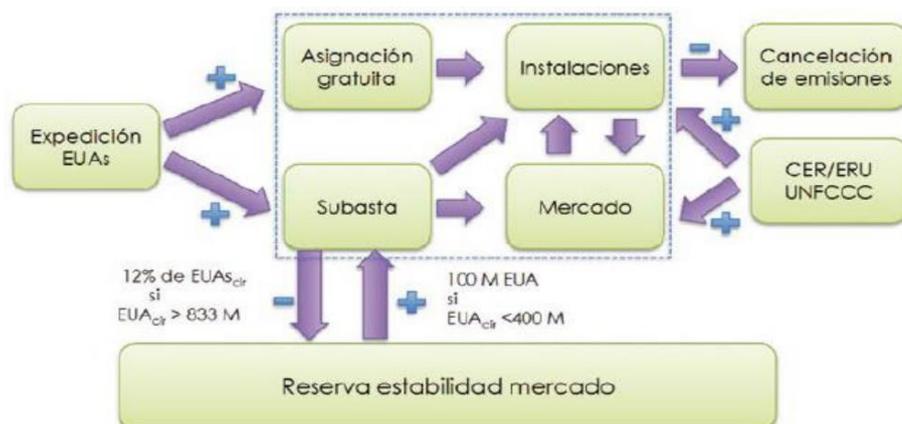


Figura 8: Funcionamiento del mecanismo de la MSR (Ibáñez, 2016).

Los niveles de asignación gratuita descendieron drásticamente como resultado de la introducción de una serie de cambios de aplicación común a toda la UE que se recogen en la Tabla 2 (Reglamento Delegado 2019/331/UE), siendo estos los siguientes:

- (i) Salvo en determinadas excepciones, el sector de generación eléctrica dejó de recibir EUA por asignación gratuita, debiendo adquirir la totalidad de derechos en la subasta o mercados secundarios.
- (ii) El resto de sectores industriales experimentaron también una reducción gradual de su asignación gratuita, que descendió desde el 80% en 2013 hasta el 30% en 2020.
- (iii) Únicamente se mantuvo el 100% de la asignación gratuita para los sectores considerados en riesgo de "fuga de carbono", para los que afrontar el coste de los derechos de carbono suponía una desventaja frente a sus competidores internacionales que hubiera podido empujarlos a reubicar su producción. Esta provisión pretendía evitar la pérdida de competitividad internacional que hubiera supuesto para la industria europea la relocalización o "fuga" de empresas nacionales a otras economías con legislaciones climáticas más relajada.

Porcentaje de asignaciones gratuitas por sector	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción de electricidad	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sector industrial (instalaciones fijas)	80%	72,9%	65,7%	58,6%	51,4%	44,2%	37,1%	30%
Sectores expuestos a fuga de carbono	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 2: Asignación gratuita de derechos de emisión sobre el total de emisiones de cada sector en la Fase II.

Un 5% del total de derechos de emisión expedidos (esto es, 780,2 millones de derechos) se reservó para nuevos entrantes, de los cuales 300 millones se destinaron al programa de financiación de proyectos de demostración de renovables innovadoras, y de captura y almacenamiento geológico de carbono, conocido como NER300 (artículo 10 bis, apartado 8 de la Directiva 2003/87/CE). Por otra parte, los créditos internacionales (CER y ERU) de la Fase II fueron descatalogados, y debieron ser intercambiados por EUA antes del 31 de marzo de 2015.

#### 3.6.4. Fase IV: 2021 – 2030

En octubre de 2014 el Consejo Europeo aprobó el Marco Estratégico de Energía y Clima (en adelante, "MEEC") que supuso la introducción de, entre otros, los siguientes cambios:

- (i) Con el objetivo de alcanzar en 2030 una reducción de las emisiones del 43% con respecto al nivel de 2005, se estableció que el FRL aumentaría progresivamente del 1,74% anteriormente establecido hasta alcanzar el 2,2% en el año 2020 (Abadía, 2020) (reflejado en la Figura 9). Se previó una nueva elevación de esta cifra en 2024.

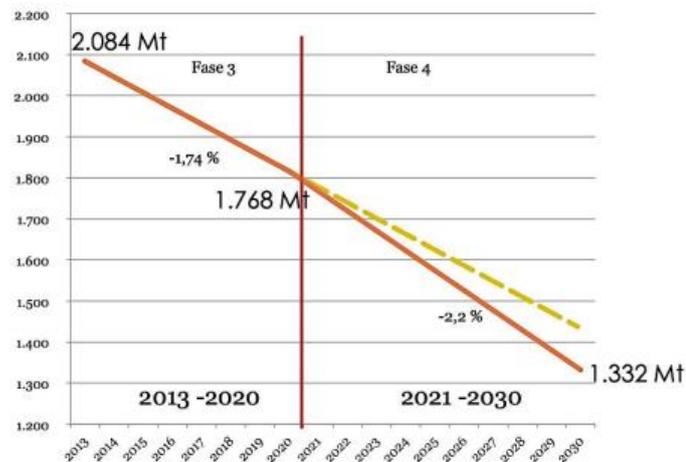


Figura 9: Evolución del volumen de EUA en circulación por efecto del FRL. Fuente: (Abadía, 2020)

- (ii) El porcentaje de derechos subastados aumentó hasta el 57% del total, asignándose gratuitamente el 43% restante (Ji et al., 2018). La fase se dividió en dos subperiodos, 2021-2025 y 2026-2030, y la cantidad de derechos de carbono susceptibles de asignación gratuita en cada una de ellas dependería de los niveles de los años anteriores.

- a. El número de sectores expuestos a fuga de carbono que recibirían asignación gratuita se redujo respecto a la Fase III, pasando de 180 sectores que emitían el 97% del CO<sub>2</sub> de la industria a 63 sectores responsables del 94% de las emisiones (Abadía, 2020).
  - b. Los sectores no expuestos a fuga de carbono vieron reducida su cuota de asignación gratuita al 30% hasta 2026, año a partir del cual comenzaría a reducirse progresivamente hasta llegar a 0% en 2030.
- (iii) Se crearon dos fondos a financiar con la venta de derechos de emisión (Abadía, 2020):
- a. un Fondo de Modernización para la actualización del sector eléctrico y sistemas energéticas en los estados miembros de menor renta; y
  - b. un Fondo de Innovación que pretende sustituir el programa NER300 para apoyar la innovación, las energías renovables, y la captura y el almacenamiento de carbono (Europeo, 2018).

## 4. PRODUCTOS COTIZADOS (ETP) EN EL MERCADO DE LOS DERECHOS DE EMISIÓN

En 2019 comienzan a aparecer ETP que tratan de beneficiarse de la evolución de los precios de los derechos de emisión, y hacerlos accesibles a pequeños. Actualmente hay seis ETP invirtiendo en derechos de emisiones. que han visto multiplicado su valor en un corto transcurso de tiempo, tal y como puede apreciarse en la Tabla 4.

ETP	PRIMERA FECHA	ÚLTIMA FECHA	PRIMER PRECIO	ULTIMO PRECIO	RENTABILIDAD
<b>GRN</b>	10-09-2019	27-05-2022	10.714	32.9989	208%
<b>KRBN</b>	31-07-2020	16-05-2022	20.369	49.3	142%
<b>KEUA</b>	06-10-2021	16-05-2022	23.76	32.865	38%
<b>KCCA</b>	06-10-2021	16-05-2022	25.2341	25.5	1%
<b>CO2LN</b>	05-11-2021	27-05-2022	59.55	83.36	40%
<b>CARBLEN</b>	27-08-2021	27-05-2022	24.235	30.675	27%

Tabla 3: ETP en el RCDE UE

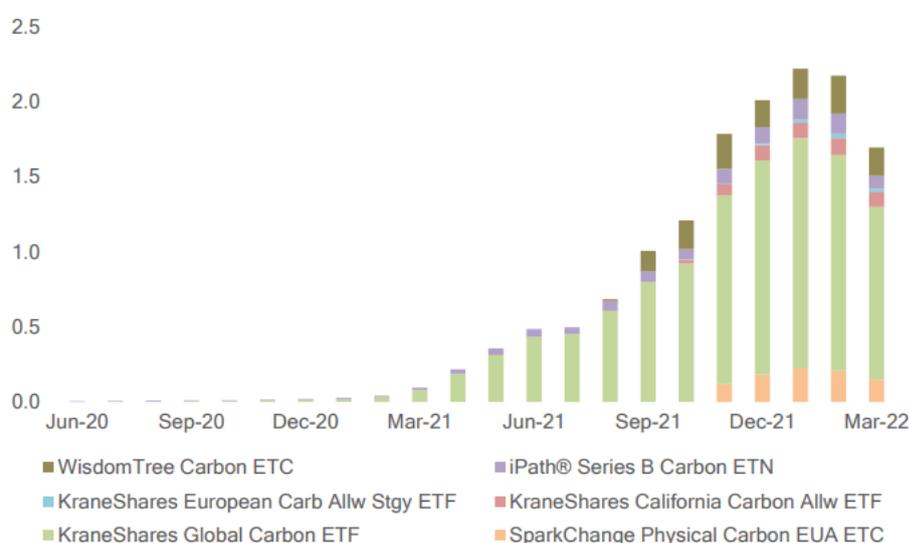


Figura 10: Activos en billones de los ETPs existentes en el panorama de los mercados de derechos de emisión a 7 de marzo (Sánchez Asiain, 1987).

### 4.1 Exchange Traded Funds

Los ETF con mayor protagonismo en el panorama de los derechos de carbono son los de KraneShares, gestionados por el gestor de inversiones chino Krane Funds Advisors, LLC. Los

tres fondos de la plataforma cotizan principalmente en la Bolsa de Valores de Nueva York (en adelante, “**NYSE**”).

#### *4.1.1. KRBN*

El KraneShares Global Carbon Strategy ETF (en adelante, “**KRBN**”) utiliza como base o parámetro de referencia el Índice Global del Carbono de IHS Market, que mide el rendimiento del mercado mundial de derechos de carbono siguiendo los segmentos más líquidos de los mercados de futuros de derechos de carbono negociables (IHS Markit, 2019).

Actualmente el índice cubre los principales programas europeos y norteamericanos, siguiendo los futuros sobre los derechos de emisión de la Unión Europea (EUA), los derechos de emisión de carbono de California (“**CCA**”), la Iniciativa Regional de Gases de Efecto Invernadero<sup>14</sup> (“**RGGI**”) y los derechos de emisión del Reino Unido (“**UKA**”). En diciembre de 2021, el valor acumulado de estos cuatro mercados de futuros era de 683,9 billones de dólares (603,83 billones de euros) (IHS Markit, s.f.). La selección de estos mercados de futuros sigue una serie de criterios centrados en asegurar la ausencia de restricciones y barreras de entrada, y su plena accesibilidad a los inversores institucionales con fines especulativo. Si en el futuro surgieran mercados estables de derechos de carbono que cumplieran con las condiciones de elegibilidad, podrían llegar a incluirse nuevos mercados y la composición del índice variaría (IHS Markit, s.f.).

El índice se pondera en función del volumen de comercio que mueve cada mercado, revisado anualmente en noviembre (IHS Markit, 2021b). Los precios se obtienen a partir de los datos de ICE Futures Pricing para los futuros de los EUA, y los de IHS Markit OPIS Pricing para los de los CCA y los RGGI. Los precios se convierten diariamente en dólares estadounidenses haciendo uso de la tasa de conversión aplicable en cada momento. Actualmente, tal y como puede verse en la Tabla 4 y la Figura 11, la inversión en EUA lidera la cartera, seguida por la inversión en CCA.

---

<sup>14</sup> Mercado de derechos de emisión establecido en el nordeste de Estados Unidos.

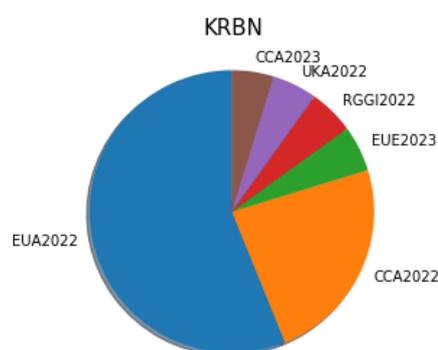


Figura 11: Proporciones del destino de los fondos de KRBN

Nombre	Exposición (\$)	% Valor neto
Futuros de European Union Allowance (EUA) 2022	707.673.682	56,1%
Futuros de California Carbon Allowance (CCA) Vintage 2022	298.483.500	23,66%
Futuros de European Union Allowance (EUA) 2023	65.949.367	5,23%
Futuros de Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) Vintage 2022	64.672.200	5,13%
Futuros de UK Allowance (UKA) 2022	64.564.502	5,12%
Futuros de California Carbon Allowance (CCA) Vintage 2023	59.805.830	4,74%
	<b>1.261.149.081</b>	<b>100%</b>

Tabla 4: Destino de los fondos del KRBN

Desde su introducción el 30 de julio de 2020 el KRBN se ha revalorizado en un 142% (KraneShares, s.f.-b), alcanzando un valor actual de 1.261.557.544\$ (1.354.765.200,02€<sup>15</sup>).



Como puede apreciarse en la Figura 12, la evolución del precio y del volumen de transacciones son claramente ascendentes. Además, la diversificación de sus activos supone una cierta

<sup>15</sup> Según la tasa de conversión EUR/USD a 27 de mayo de 2022.

reducción de los riesgos, característica que distingue a este ETF de los que se explicarán en los apartados 4.1.2 y 4.1.3.

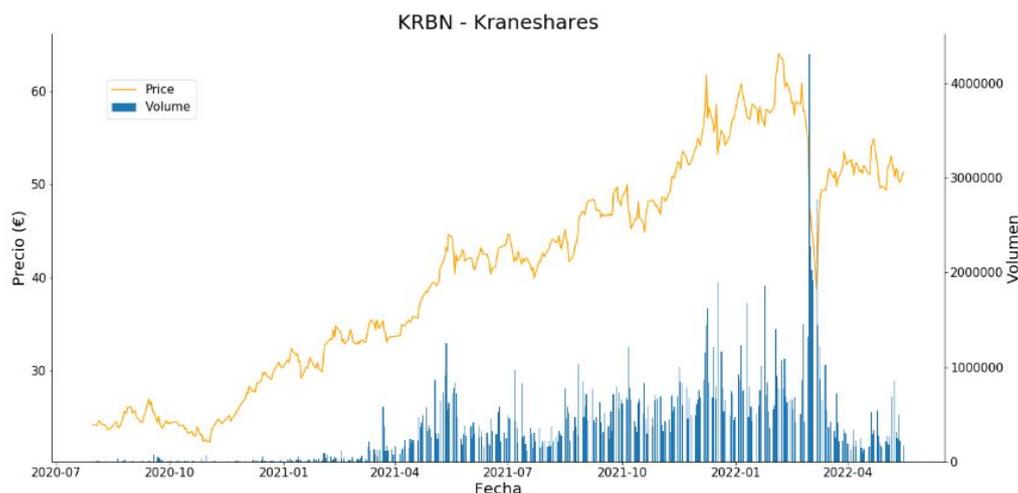


Figura 12: Evolución del precio y los volúmenes del KRBN

#### 4.1.2. KEUA

De manera similar al KRBN, el KraneShares European Carbon Allowance ETF (o "**KEUA**") utiliza como parámetro de referencia un índice del IHS Markit, en este caso el Carbon EUA Index. Con un funcionamiento muy similar al del IHS Global Carbon Index, el Carbon EUA Index pretende realizar un seguimiento de los segmentos más líquidos del mercado de futuros, esta vez limitándose a los derechos de emisión europeos o EUA (como puede apreciarse en la Figura 14). En 2021, este mercado de futuros movía una media de 30 billones de euros al mes (IHS Markit, 2021a).

El centrar todos sus esfuerzos en un único activo supone que sea un fondo menos diversificado que el KRBN, y por tanto más expuesto a riesgos por depender del rendimiento de un único activo. Sin embargo, precisamente por la unidad de su cartera supone la forma de los pequeños inversores y de las entidades que no cumplan con los requisitos establecidos en el Reglamento 648/2012/UE de tener exposición directa y beneficiarse de los futuros de los EUA. Así, como puede apreciarse en la Figura 13, el precio del KEUA replica el de los futuros de los EUA con vencimiento a diciembre de 2022, con un factor de corrección equivalente a la proporcionalidad entre un futuro y una participación del KEUA.



Figura 13: Relación entre el precio del KEUA y el de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022

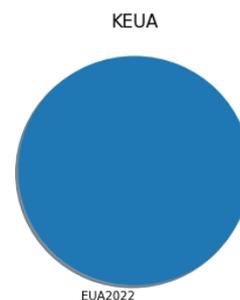


Figura 14: Composición de la cartera del KEUA en mayo de 2022

Desde su introducción el 10 de mayo de 2021 el KEUA ha tenido una rentabilidad del 38,32%, alcanzando un valor actual de 26.257.094\$ (28.197.046,88€<sup>16</sup>) (IHS Markit, 2021a). Sin embargo, debe tenerse en cuenta en este caso que, si bien el activo cotiza en dólares, el subyacente (el Carbon EUA Index) lo hace en euros. En este caso los inversores se verán expuestos al riesgo de fluctuación de cambio, definido como la probabilidad de que el nivel adquisitivo futuro de una determinada moneda difiera de su valor originalmente previsto por cambios en su valor en relación con otra divisa (Adler & Dumas, 1984). Así, tal y como muestra la Figura 15, aunque el ETF ha tenido una rentabilidad del 38,32%, la evolución real del subyacente ha sido menor, del 24,06%, siendo el restante 14,26% resultado de la fluctuación del tipo de cambio EUR/USD.

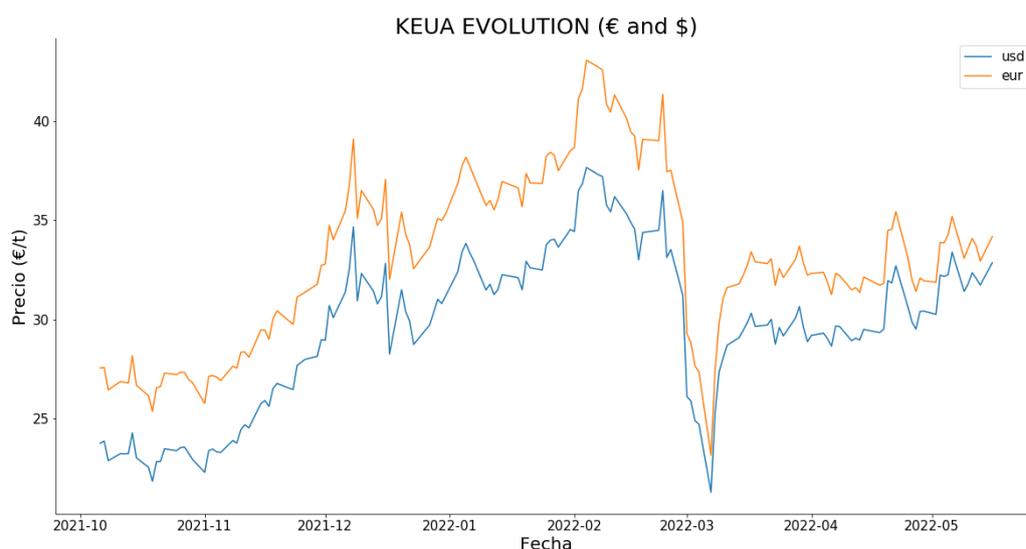


Figura 15: Evolución del KEUA en dólares y en euros

<sup>16</sup> Según la tasa de conversión EUR/USD a 27 de mayo de 2022.

Como puede apreciarse en la Figura 16, la evolución del precio y del volumen de transacciones son ascendentes.

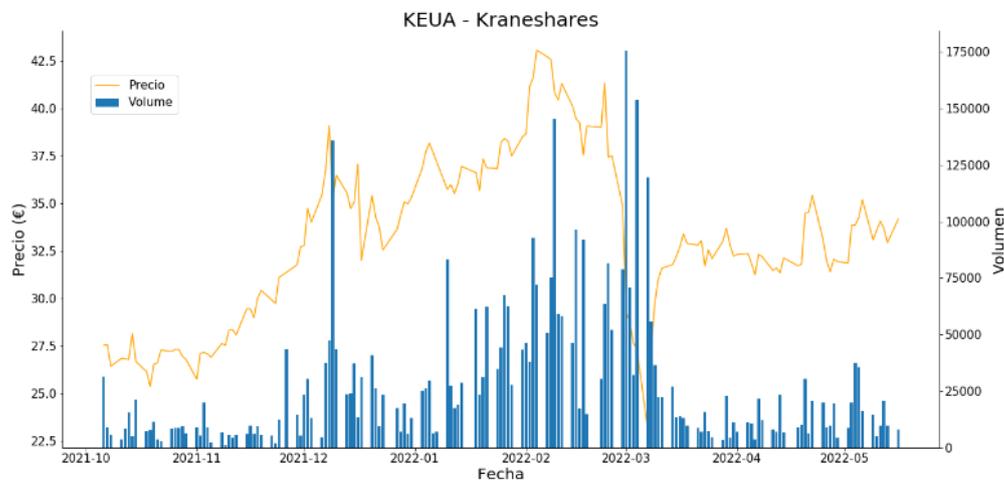


Figura 16: Evolución del precio y los volúmenes del KRBN

#### 4.1.3. KCCA

El KraneShares California Carbon Allowance Strategy ETF (el “KCCA”) también utiliza como parámetro de referencia un índice del IHS Markit, en este caso el Carbon CCA Index, que sigue los contratos de futuros más líquidos del mercado de derechos de carbono de California (como puede apreciarse en la Figura 17). En 2021, este mercado de futuros movía una media de 1,5 billones de euros al mes (KraneShares, s.f.-a). Actualmente está todavía muy por debajo de los niveles del RCDE UE, pues es de creación muy posterior: el mercado CCA comenzó su funcionamiento en 2012, y actualmente cubre el 80% de las emisiones de GEI de Estados Unidos.

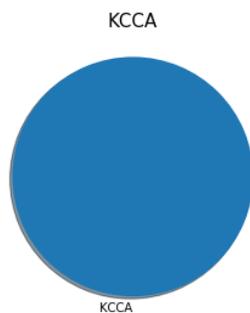


Figura 17. Composición de la cartera KCCA

Desde su introducción, que al igual que la del KEUA tuvo lugar el 10 de mayo de 2021, el KCCA ha tenido una rentabilidad del 1,05%, lo que actualmente lo hace el ETF con peor rentabilidad de los tres. Tiene un valor actual de 193.275.130\$ (207.554.876,43€<sup>17</sup>) (KraneShares, s.f.-b). Como puede apreciarse en la Figura 18, las evoluciones del precio y del volumen son muy volátiles, y por lo reciente del mercado puede pensarse que no ha explotado todavía. Además, debe tenerse en cuenta que el mercado de California pretende reducir su tope o *cap* en un 4% anual, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en 2045. Este objetivo, más ambicioso todavía que el de la UE, podría suponer próximamente un auge del mercado por decrecer la oferta a mayor velocidad.

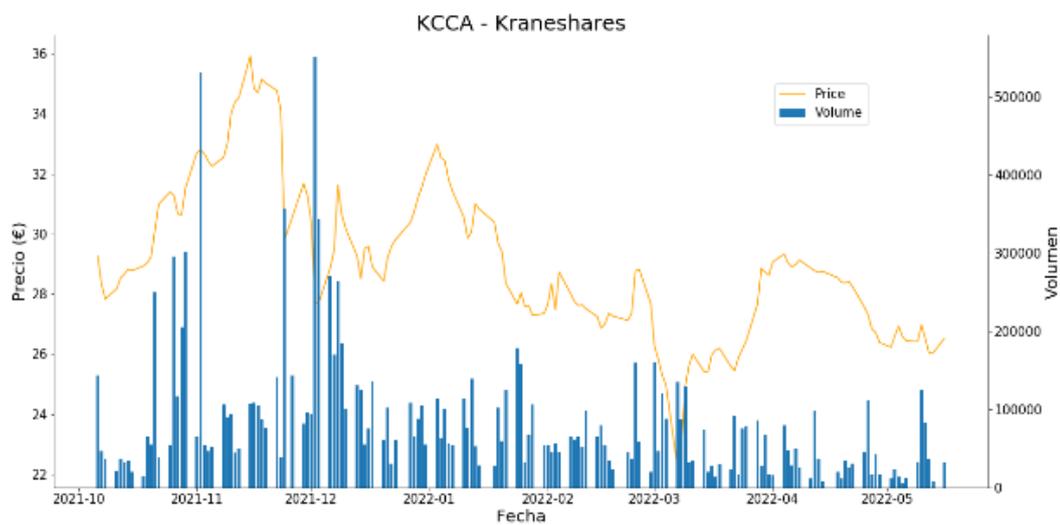


Figura 18: Evolución del precio y los volúmenes del KCCA

## 4.2 Exchange Traded Commodities

Al igual que los ETF, los ETC buscan obtener beneficios de la subida de precios que experimentarán los EUA según se vaya reduciendo su oferta.

### 4.1.4. Spark Change Physical CO2

El ETC SparkChange Physical CO2 (en adelante, “CO2LN” por su código o *ticker* en bolsa) es el primer ETP respaldado físicamente con derechos de emisión de carbono, y cotiza en la bolsa de valores de Londres (en adelante, LSE). El ETC no sigue un índice de futuros, si no que adquiere directamente derechos de carbono en el mercado, concretamente en el RCDE UE.

<sup>17</sup> Según la tasa de conversión EUR/USD a 27 de mayo de 2022.

Desde una perspectiva medioambiental, presenta la ventaja de que los EUA que se encuentran dentro de la estructura de ETC no pueden ser utilizados por los contaminadores, lo que garantiza un impacto ambiental directo y positivo. Por otra parte, cabe recordar que, mediante la MSR, la UE penaliza la abundancia de derechos de circulación en emisiones futuras. Esto supone que los EUA que retenga (y no utilice) el CO2LN entrarán en el cómputo de derechos circulantes, contribuyendo a reducir el número de derechos a emitir en años venideros (Hintermayer, 2020).

Desde su introducción el 5 de noviembre de 2021, el ETC se ha revalorizado en un 39,98%.

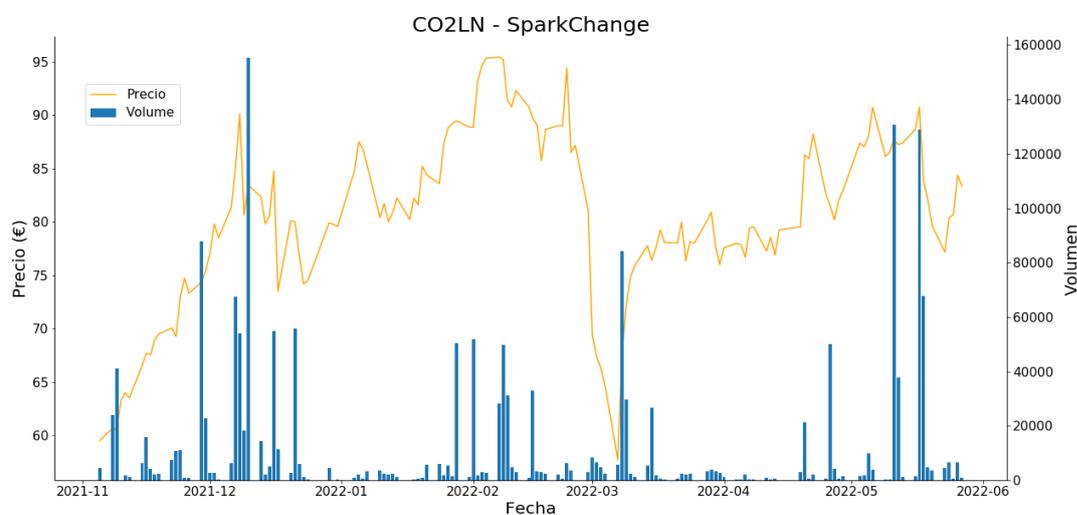


Figura 19: Evolución de precios y volúmenes del CO2LN

#### 4.1.5. Wisdom Tree Carbon

De manera similar a los ETF de KraneShares, Wisdom Tree Carbon proporciona exposición a los futuros de EUA mediante el seguimiento de un índice bursátil, en este caso el Solactive Carbon Emission Allowances Rolling Futures Index. Este índice es gestionado por Solactive AG, y actualizado a diario en función de los datos del mercado de futuros del ICE EUA (Carbon Emission Allowances). El índice se centra en futuros con vencimiento a diciembre de ese mismo año, por considerarlos los más líquidos y la representación más fiable del panorama del RCDE UE. A diferencia del CO2LN, el seguimiento que realiza el ETC es sintético; no llega a adquirir los derechos, si no que proporciona la rentabilidad debida a los inversores cubriendo previamente sus riesgos mediante contratos de *swaps* (Wisdom Tree, 2022).

El Wisdom Tree Carbon cotiza en varias bolsas europeas, como el LSE (bajo el *ticker* CARB en dólares, y CARP en libras esterlinas<sup>18</sup>), la Borsa Italiana (bajo el *ticker* CARB en euros), y la Deutsche Boerse (bajo el *ticker* WCO2 en euros). Desde su lanzamiento el 20 de agosto de 2021 se ha revalorizado en un 26,57%.

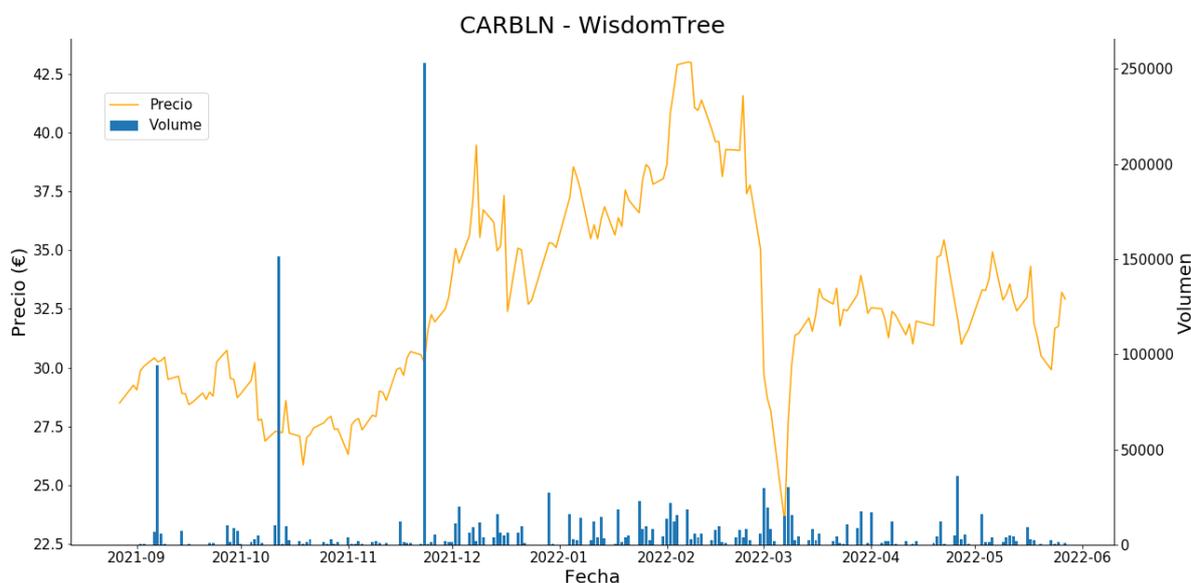


Figura 20: Evolución de precios y volúmenes de Wisdom Tree Carbon

## 4.3 Exchange Traded Notes

### 4.1.6. *iPath Series B*

El *iPath Series B Carbon* (en adelante, “**iPath Series**”) se compone de títulos cotizados que, como tal, funcionan como obligaciones de deuda o bonos no garantizados, emitidos en este caso por Barclays Bank Plc (en adelante, “**Barclays**”) con fecha de vencimiento a 8 de septiembre de 2049. Ofrecen a sus suscriptores una rentabilidad que depende de la evolución del índice subyacente Barclays Global Carbon II TR USD Index, y al no estar garantizados su pago dependerá en última instancia de la capacidad de Barclays para hacer frente a dicha deuda, dotándolo de un mayor riesgo que los anteriormente nombrados ETF y ETC.

La exposición del Barclays Index ha estado tradicionalmente repartida entre el RCDE UE y los créditos internacionales (CER y ERU). Sin embargo, como se mencionó en el apartado 3.6.3, estos últimos han tenido una relevancia marginal; así, actualmente el índice se compone en más de un 99,99% por contratos de futuros asociados al RCDE UE. Si bien esto supone que el activo

<sup>18</sup> Sujeto al riesgo de cambio.

subyacente está denominado en euros, el iPath Series cotiza en el NYSE Arca, y lo hace en dólares, lo que supone que su rendimiento refleja realmente el rendimiento del RCDE UE ajustado al tipo de cambio euro/dólar vigente en ese momento.

Como puede observarse en la Figura 22, el iPath Series está progresivamente ganando una gran relevancia desde su introducción el 10 de septiembre de 2019. Actualmente tiene una capitalización bursátil de 86.135.910\$ (91.859.641,22€) repartidos en 2.540.133 títulos<sup>19</sup> (Barclays), y desde su introducción se ha revalorizado en un 208%, del cual un 199,2% se debe a la evolución del subyacente (en euros), y el restante 8,8% al cambio de divisa. Así se refleja en la Figura 21.

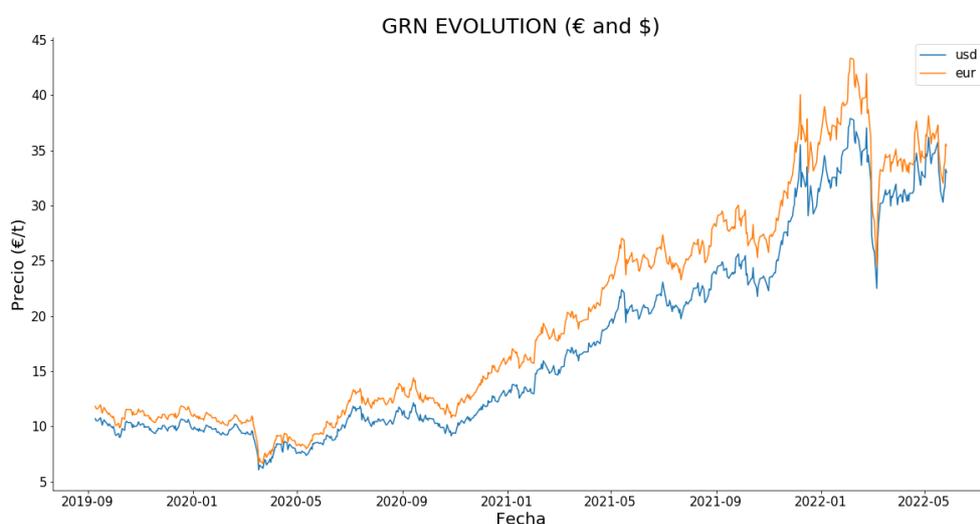


Figura 21: Evolución del GRN en dólares y euros.

Una vez más, puede verse en la Figura 22 que su volumen sigue una tendencia alcista.

<sup>19</sup> Datos a 3 de junio de 2022.

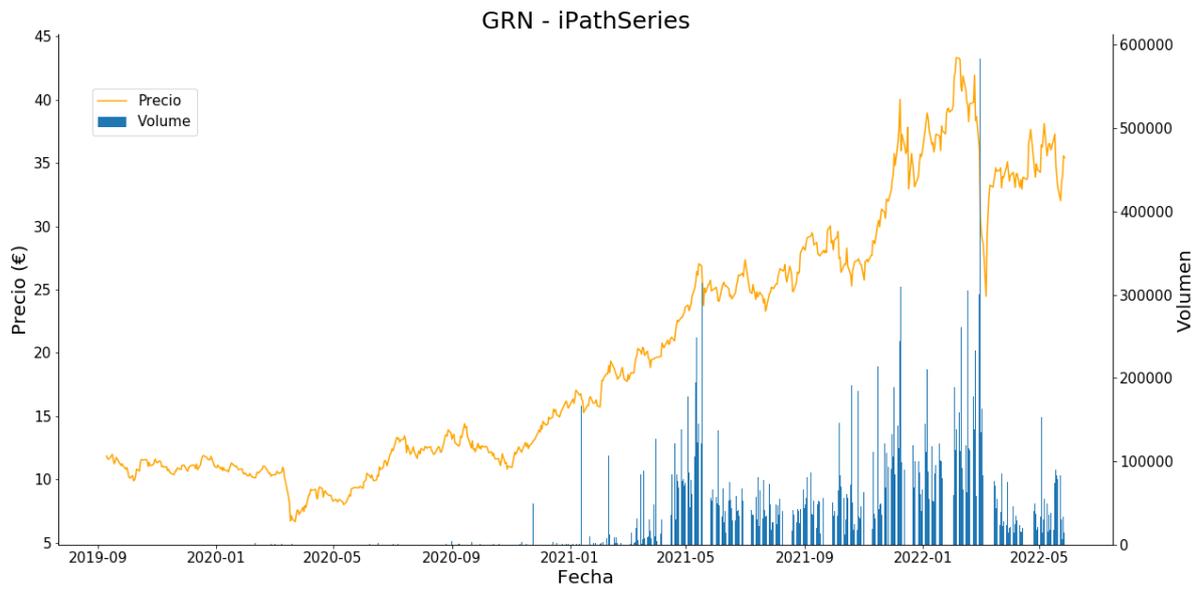


Figura 22: Evolución de precios y volúmenes del iPath Series

## 5. ANÁLISIS EMPÍRICO

### 5.1 Rentabilidad

La rentabilidad de los futuros de los EUA ha experimentado grandes variaciones a lo largo de su historia, principalmente debido a los cambios de regulación que ha experimentado el RCDE UE. Así, tal y como muestra la Figura 23, desde su lanzamiento en 2008 su valor ha experimentado oscilaciones notorias a lo largo de las distintas fases, que deberán ser estudiadas por separado.

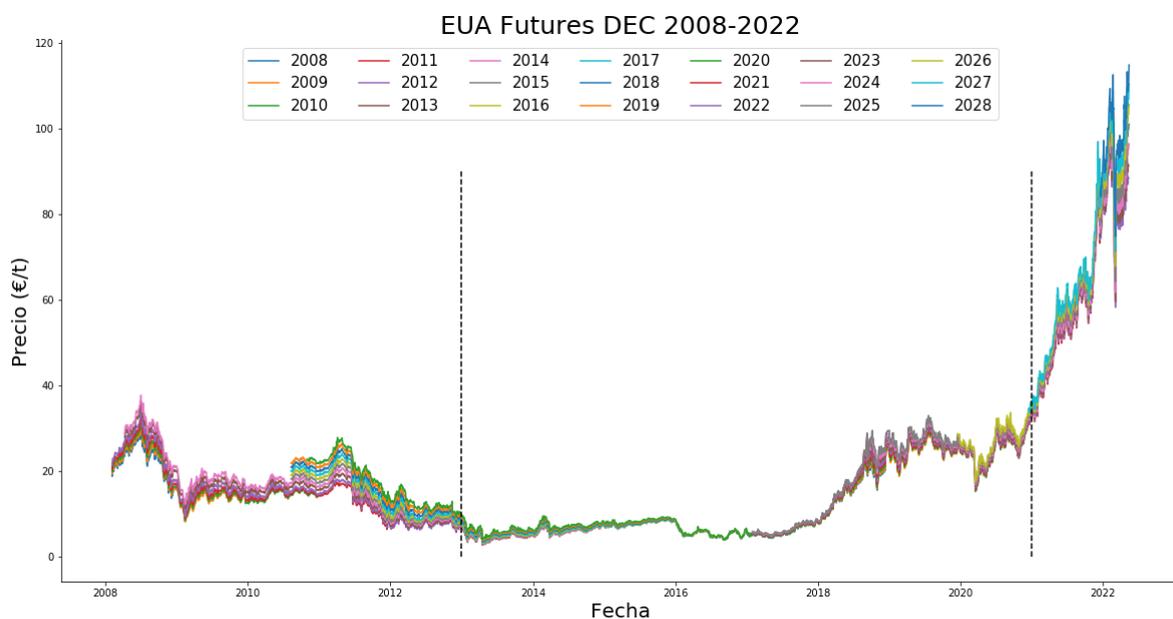


Figura 23: Evolución de los precios de los futuros sobre EUA desde la Fase II.

Como se indicó en el apartado 3.6.1, tras el fracaso de la Fase I de dotar de valor a los derechos de carbono y movilizar su compra, se reevaluaron los términos del mercado y se redujeron enormemente los niveles de derechos en circulación, lo que hubiera debido aumentar el precio de los mismos. Sin embargo, la crisis financiera global de 2008 hizo descender los niveles de actividad económica, y por tanto la productiva, lo que efectivamente hizo disminuir la necesidad de adquirir derechos de emisión (Jiménez-Rodríguez, 2019). Esta bajada se vio acentuada por el exceso de oferta que generó en el mercado secundario la venta de sus derechos por parte de entidades que los habían obtenido mediante asignación gratuita o antes de la crisis, en un deseo de obtener liquidez. Por todo ello, desde 2008 el precio de los derechos de emisión

experimentó una drástica bajada, y, como se aprecia en la Figura 24, del mismo modo cayeron los futuros sobre los EUA.

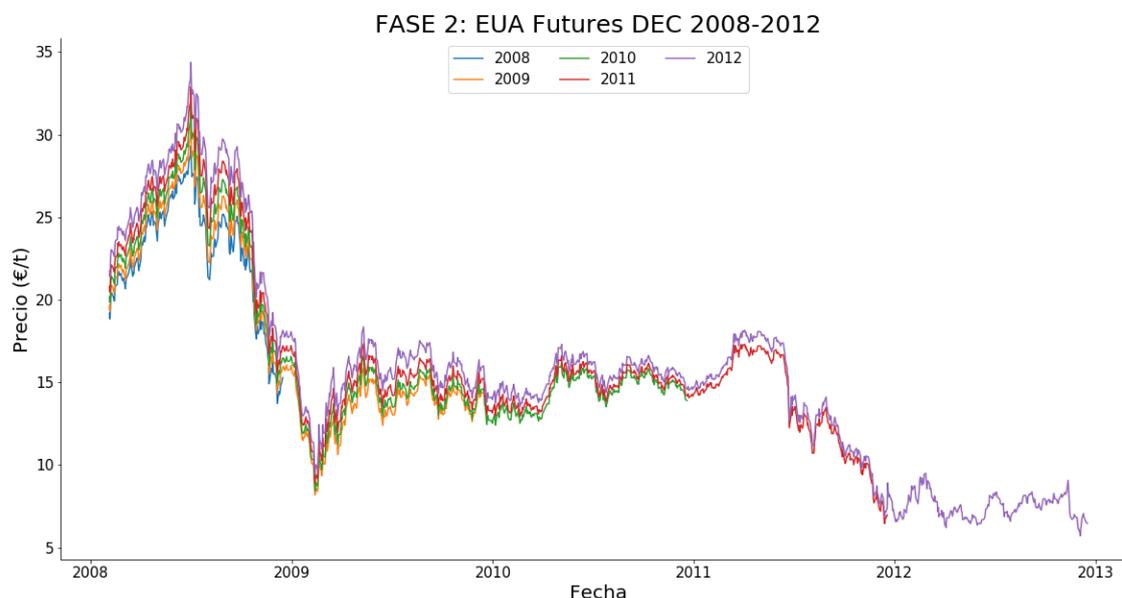


Figura 24: Evolución de los precios de los futuros sobre EUA durante la Fase II.

Como se observa en la Tabla 5, todos los futuros que cerraron en la Fase II lo hicieron con rentabilidad negativa.

<b>Vencimiento</b>	<b>Primera Fecha</b>	<b>Última Fecha</b>	<b>Primer Precio (€)</b>	<b>Último Precio (€)</b>	<b>Rentabilidad</b>
Diciembre 2008	04-02-2008	15-12-2008	19,19	15,3	-20,27%
Diciembre 2009	04-02-2008	14-12-2009	19,67	14,37	-26,94%
Diciembre 2010	04-02-2008	20-12-2010	20,18	13,9	-31,12%
Diciembre 2011	04-02-2008	19-12-2011	20,82	6,98	-66,47%
Diciembre 2012	04-02-2008	17-12-2012	21,74	6,47	-70,24%

Tabla 5: Rentabilidad de los Futuros con vencimiento a diciembre y cierre en la Fase II.

Los primeros años de la Fase III estuvieron marcados por características muy similares a las que ambientaron la Fase II, resumibles en el excedente de derechos en circulación y los bajos precios de los derechos de carbono. Sin embargo, la instauración del mecanismo del *backloading* tal y como se explicó en el apartado 3.6.2 supuso la retirada de una gran cantidad de derechos de carbono del mercado entre los años 2014 y 2016. Además, se introdujo la MSR para evitar los desequilibrios en el mercado y proporcionar estabilidad. La recién adquirida robustez mejoró la confianza de los inversores en el sistema, como confirmó la evolución de

los precios (Abadía, 2020). Así, como puede percibirse en la Figura 25, estas medidas fueron el primer paso hacia la estabilidad del mercado, y supusieron el punto de apoyo para la subida que comenzaron a experimentar los precios de los futuros a partir de 2018. Tal y como muestra la Tabla 6, a partir de este año los futuros sobre EUA comienzan a tener una rentabilidad positiva, experimentando entre 2017 y 2018 una subida de su rentabilidad del 313,75%. Como veremos más adelante, 2017 fue el último año en el que los futuros de los EUA tuvieron una rentabilidad negativa.

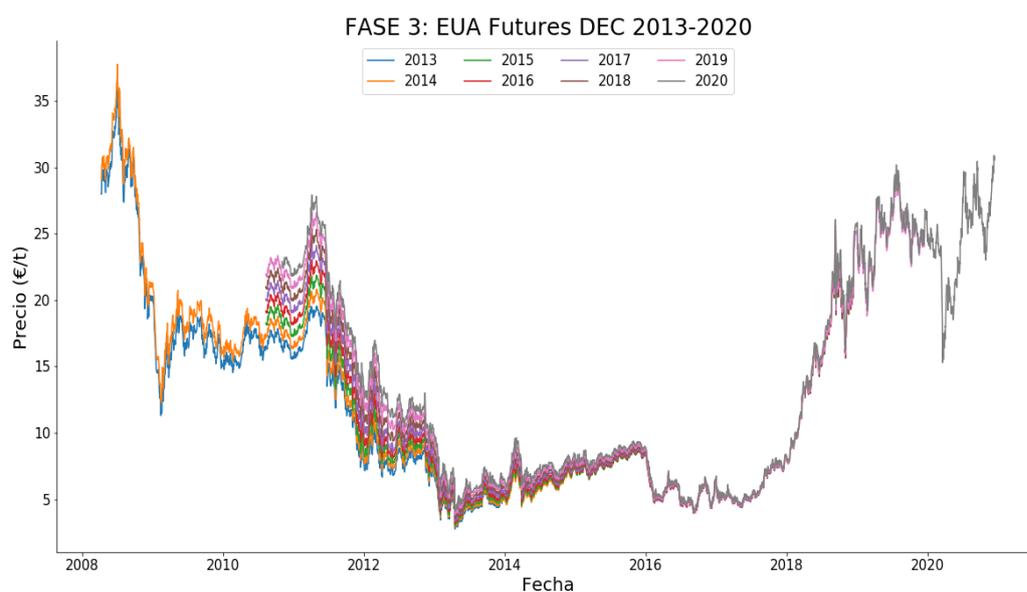


Figura 25: Evolución de los precios de los futuros sobre EUA durante la Fase III

<b>Vencimiento</b>	<b>Primera Fecha</b>	<b>Última Fecha</b>	<b>Primer Precio (€)</b>	<b>Último Precio (€)</b>	<b>Rentabilidad</b>
Diciembre 2013	09-04-2008	16-12-2013	28	4,67	-83,32%
Diciembre 2014	09-04-2008	15-12-2014	29	6,89	-76,24%
Diciembre 2015	10-04-2008	14-12-2015	18,28	8,07	-55,85%
Diciembre 2016	10-04-2008	19-12-2016	19,18	5,09	-73,46%
Diciembre 2017	10-04-2008	18-12-2017	20,08	7,39	-63,20%
Diciembre 2018	10-04-2008	17-12-2018	21,01	24,26	15,47%
Diciembre 2019	10-04-2008	16-12-2019	21,96	24,86	13,21%
Diciembre 2020	01-11-2010	14-12-2020	22,9	30,81	34,54%

Tabla 6: Rentabilidad de los Futuros con cierre en la Fase III.

La Fase IV puede considerarse la primera fase en que el RCDE UE funciona de manera eficiente en materia de determinación de precios. Además, al no haberse dado grandes cambios legislativos en el tiempo transcurrido, podemos ver la evolución de los precios de forma

relativamente inalterada. Así, resulta fácil percibir en la Figura 26 que los precios de los futuros siguen una empujada trayectoria ascendente (especialmente a partir de 2021, comienzo de la Fase IV).

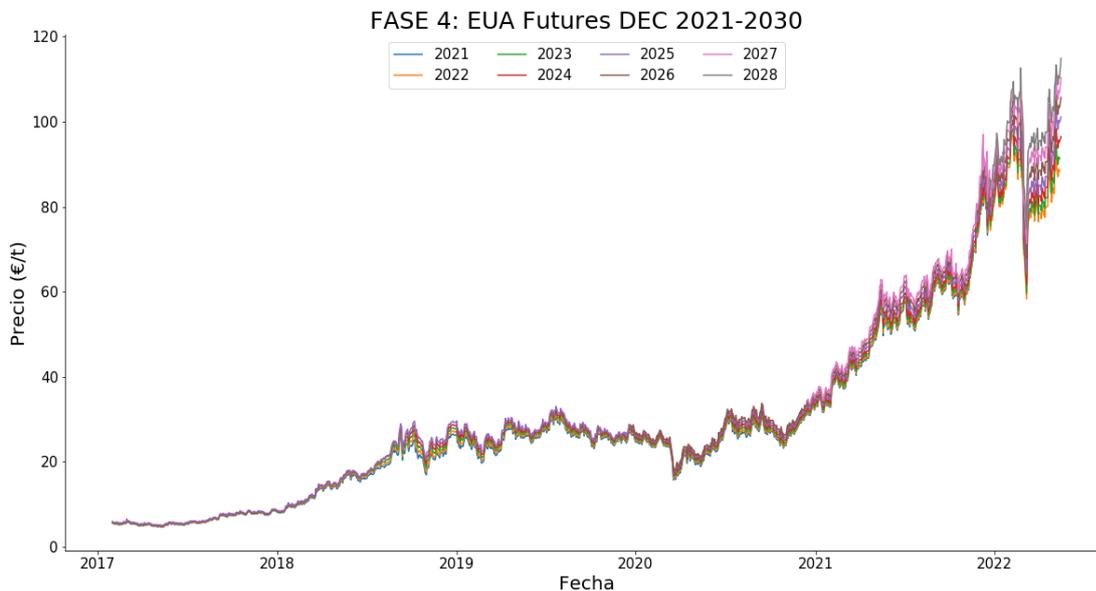


Figura 26: Evolución de los precios de los futuros con vencimiento a diciembre durante la Fase IV.

Destacan entre sus bajadas más perceptibles la producida por el COVID 19 en el primer cuatrimestre de 2020, resultado directo del confinamiento impuesto por los gobiernos nacionales y la prohibición de un gran número de actividades a gran escala (Dong et al., 2022). Como puede percibirse en la Figura 27, el precio bajó de 24,5€ el 3 de marzo de 2020 hasta 16,12€ el 18 de marzo de 2020, desvalorizándose un 34,2% en poco más de una semana. Una vez más, puede percibirse el efecto del descenso de la actividad industrial y la actividad económica en los precios de los futuros de derecho de emisión. Puede verse también en la Figura 28 que, como sucedió en muchos otros mercados, los precios se desplomaron en 2022 a raíz de la guerra de Ucrania<sup>20</sup>, pasando de 95,07€ (23 de febrero de 2022) a 58,30€ (7 de marzo de 2022) y desvalorizándose un 38,68% en dos semanas.

<sup>20</sup> 24 de febrero de 2022

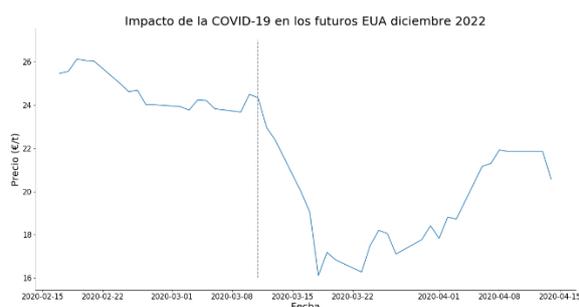


Figura 27: Impacto de la Covid-19 en el precio de los futuros a diciembre de 2022.

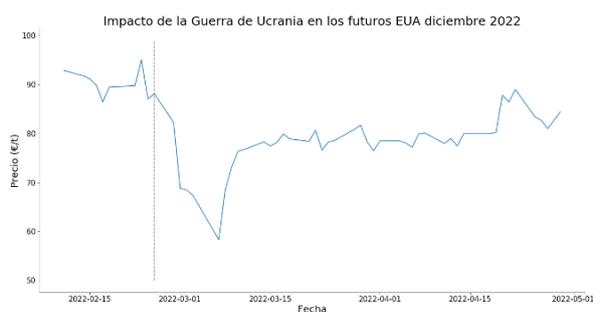


Figura 28: Impacto de la Guerra de Ucrania en el precio de los futuros a diciembre de 2022.

Sin embargo, en la Tabla 7 puede verse que la rentabilidad del futuro de 2021 (el único vencido en esta nueva fase) es de más de un 1300% desde su lanzamiento, y el futuro de 2022, todavía sin vencer, acumula ya un rendimiento del 1453%. Los futuros de años venideros acumulan también enormes rentabilidades.

Vencimiento	Primera Fecha	Última Fecha	Primer Precio (€)	Último Precio (€)	Rentabilidad
Diciembre 2021	31-01-2017	21-12-2021	5,61	79,38	1314,97%
Diciembre 2022	31-01-2017	13-05-2022	5.69	88.48	1455.01%
Diciembre 2023	31-01-2017	13-05-2022	5.78	91.38	1480.97%
Diciembre 2024	31-01-2017	16-05-2022	5.88	96.48	1540.82%
Diciembre 2025	31-01-2017	16-05-2022	5.98	101.09	1590.47%
Diciembre 2026	18-12-2019	16-05-2022	28.59	105.7	269.71%
Diciembre 2027	16-12-2020	16-05-2022	34.57	110.31	219%
Diciembre 2028	22-12-2021	16-05-2022	86.63	114.91	33%

Tabla 7: Rentabilidad de los Futuros con vencimiento a diciembre y cierre en la Fase IV.

## 5.2 Liquidez y volumen

La liquidez viene determinada por la capacidad para vender un activo en el mercado a corto plazo y con la menor pérdida de valor posible (Keynes, 1930). Resulta por tanto una característica muy atractiva para el inversor, al permitirle asegurarse de que podrá intercambiar el activo por un valor equivalente en dinero, el activo líquido por excelencia, con relativa facilidad (Hayes, 2018).

Una de las principales medidas de liquidez es el conocido como *bid-ask spread* o diferencial entre el precio ofertado por el vendedor y el demandado por el comprador, entendiéndose que el mercado será más líquido cuanto menor sea dicho diferencial. La Figura 29 muestra como

el aumento de participantes en el mercado secundario ha producido un progresivo descenso del *bid-ask spread*, denotando un aumento en la liquidez del mercado de futuros de EUA.

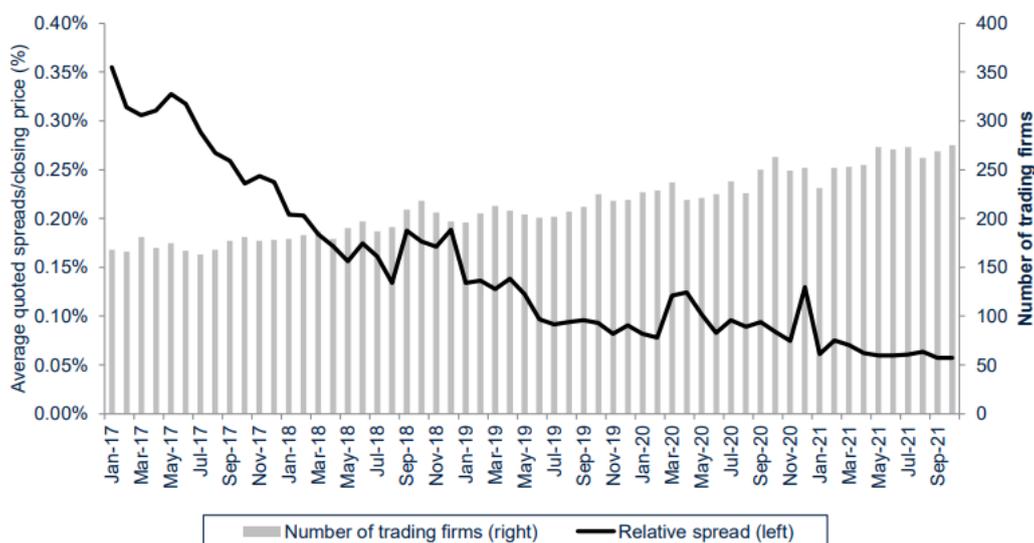


Figura 29: Evolución de la media diaria del bid-ask spread para los mercados de futuros con vencimiento a diciembre. Fuente: Carbon Trading in the European Union – An economic assessment of market functioning in 2021 (Oxera, 2022)

Directamente relacionado con la liquidez de un mercado está el volumen de contratos que se realizan cada día, pues los mercados más concurridos y con mayor volumen de transacciones tenderán a ser más líquidos y facilitar la salida de los activos sin grandes pérdidas de valor (Frino et al., 2010).

Así, a nivel intra-anual puede percibirse que el volumen de transacciones del mercado de futuros de EUA está muy relacionado con el calendario de cumplimiento del mercado subyacente, el RCDE UE (Figura 4). Como puede apreciarse en la Figura 30:

- (i) Junio presenta el menor volumen de transacciones del año.
- (ii) Desde junio comienza una trayectoria ascendente según se acercan los principales hitos de cumplimiento del sistema en marzo y abril. Así, el 58,82% de las transacciones se acumulan en los meses de enero, febrero, marzo y abril, inmediatamente precedentes a la entrega de derechos de emisiones verificadas el 30 de abril.
- (iii) En mayo el nivel de actividad comienza a decaer de nuevo, lo que puede achacarse al comienzo de un nuevo periodo de cumplimiento.
- (iv) El mes de mayor actividad, marzo, comienza inmediatamente después de la expedición de derechos anuales el 28 de febrero.

- (v) Otro momento de destacado nivel de actividad es diciembre, mes en el que vencen los futuros analizados.

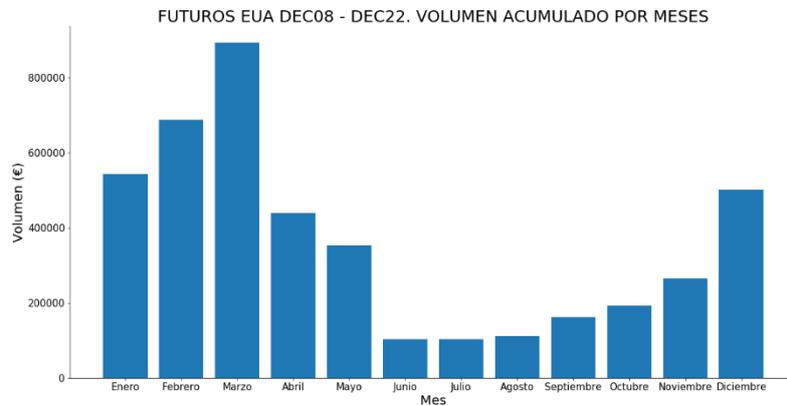


Figura 30: Volumen acumulado por meses de los futuros sobre derechos de emisión con vencimiento a diciembre desde 2008 hasta 2022.

A nivel inter-anual, la Figura 31 muestra que el volumen de contratos intercambiados tiende a multiplicarse cuando el futuro se aproxima a su vencimiento. En otras palabras, la liquidez del futuro aumenta notablemente según se acerca su vencimiento, pues gana un enorme nivel de protagonismo y resulta más activo en los mercados.

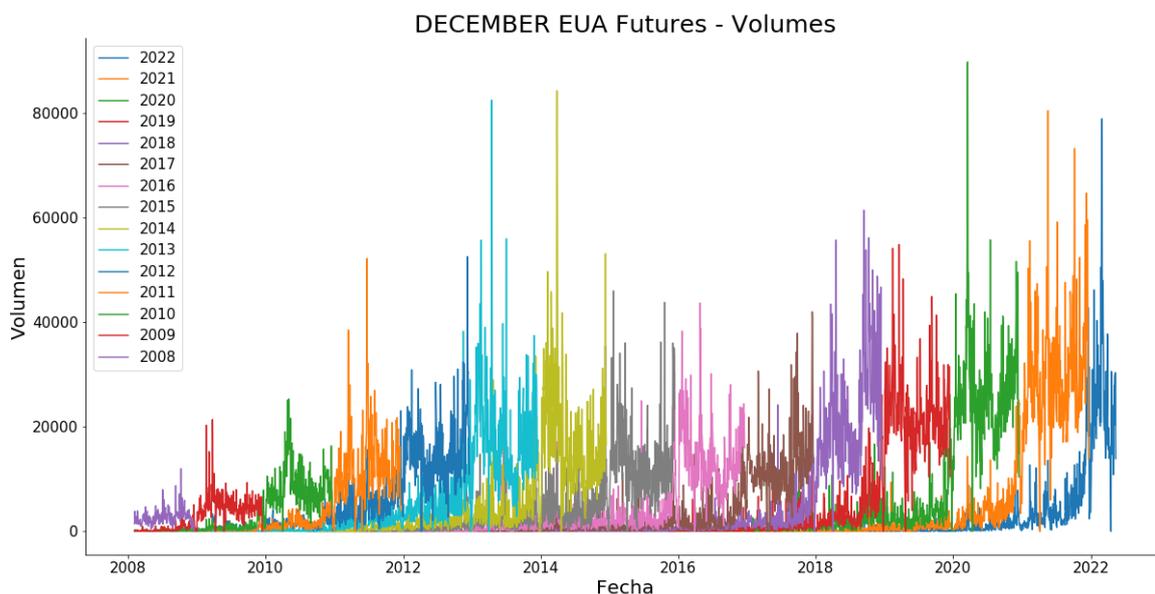
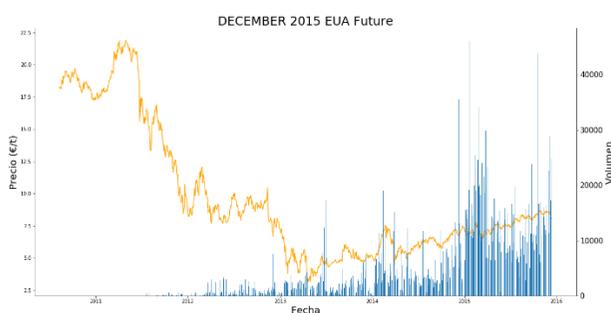
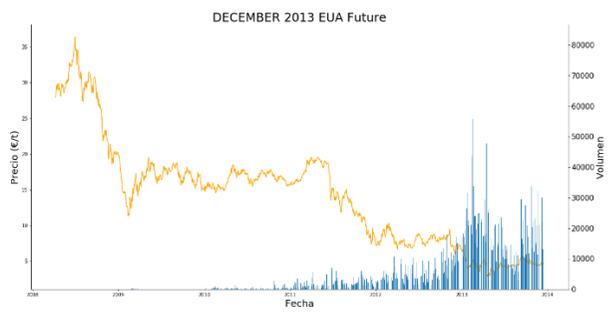
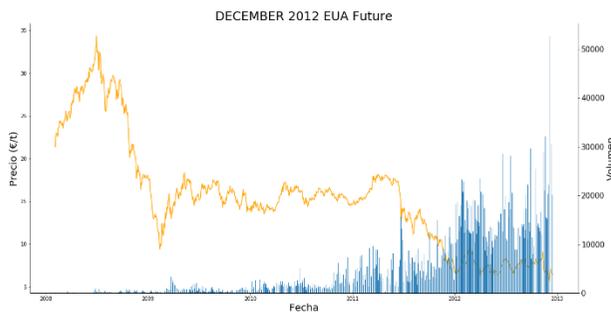
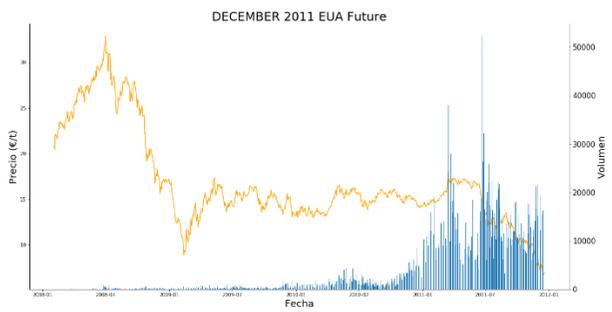
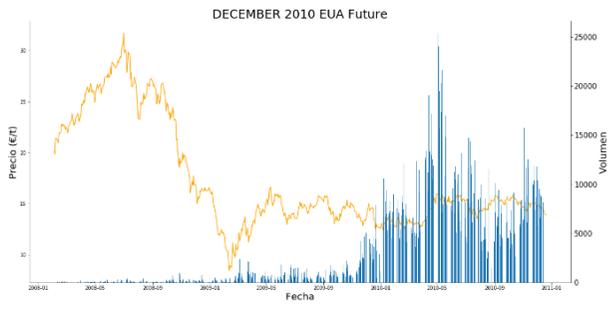
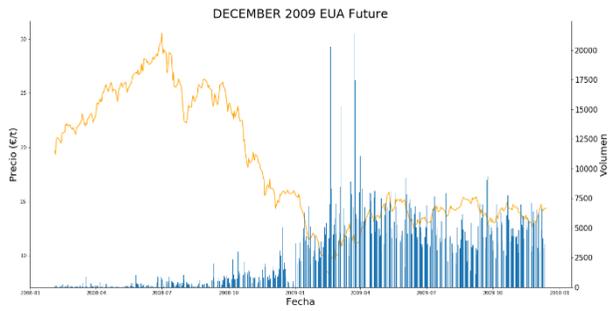
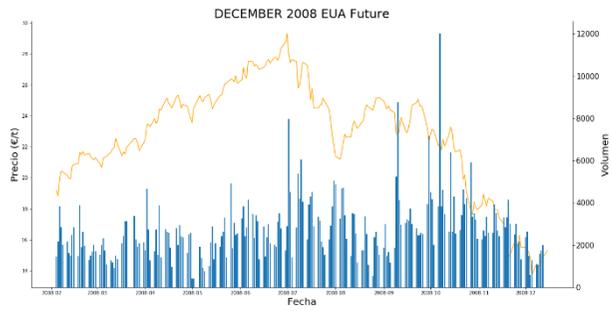


Figura 31: Volumen de contratos en el mercado de futuros de EUA, según su vencimiento

Según Frino et al., el análisis de liquidez de un mercado en función de sus volúmenes debe incluir un estudio de la posible mejora y evolución en la actividad a lo largo del tiempo (Frino et al., 2010). En esta línea, podemos percibir que el volumen ha ido aumentando

progresivamente. Tal y como muestran los gráficos de la Figura 32, esto se percibe con más claridad en los últimos años, en los que el RCDE UE ha incrementado claramente su actividad y ganado un mayor protagonismo.



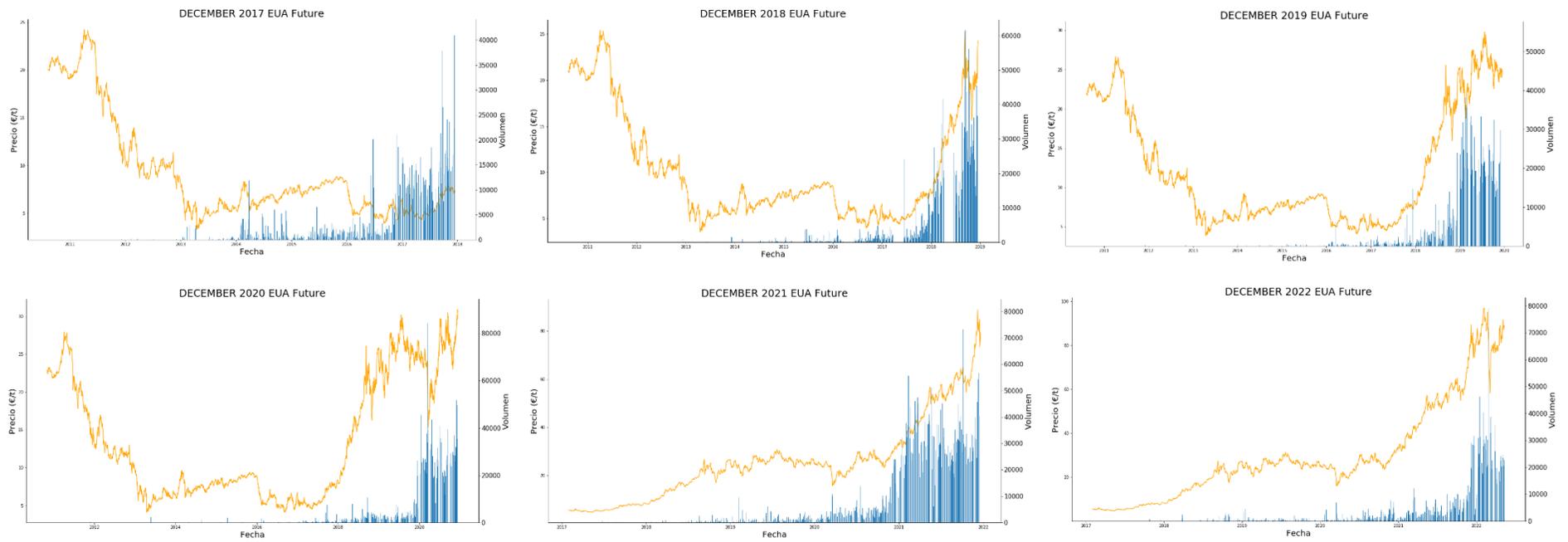


Figura 32: Evolución del precio y volumen de contratos de cada futuro desde su lanzamiento hasta su vencimiento

Las gráficas también sirven de apoyo a la alta rentabilidad observada en el apartado 5.1, que desde 2018 ha aumentado considerablemente. Podemos por tanto concluir que en los últimos años la rentabilidad y la liquidez de los futuros de derechos de carbono siguen trayectorias ascendentes que culminan en su vencimiento. Relacionando ambas conclusiones, podemos afirmar que sería una inversión interesante adquirir futuros y retenerlos hasta que se aproxime su fecha de vencimiento, momento en que sabemos que le podremos dar salida con relativa facilidad, y a un precio muy superior a aquel por el que lo adquirimos. A modo de ejemplo, puede observarse que el futuro de diciembre de 2022 tiene una rentabilidad de más del 1.500% desde su salida al mercado en enero de 2017, tal y como muestra la Tabla 7.

### 5.3 Volatilidad

Los drásticos cambios que han experimentado los precios de los futuros de los derechos de emisión son indicativos de la alta volatilidad que caracteriza al mercado. Esta característica asociada a la imprevisibilidad, la incertidumbre y el riesgo puede resultar muy atractiva para los inversores especulativos a corto plazo, para los que una mayor volatilidad implica un mayor beneficio en virtud del principio del equilibrio entre el riesgo y la rentabilidad esperada, base sobre la que se asienta gran parte de la teoría financiera moderna (Daly, 2008). Sin embargo, resulta muy perjudicial para los Operadores obligados al cumplimiento, ya que las variaciones desmesuradas de los precios<sup>21</sup> dificultan la previsibilidad de los costes de producción. Si estas fluctuaciones de los precios son demasiado severas, acabarán por afectar a la consecución de los objetivos de reducción de emisiones de la UE. (Fleschutz et al., 2021).

La alta volatilidad del mercado en los últimos años puede percibirse en la [Figura 33](#), que representa las diferencias de los precios del futuro con vencimiento a 2022 respecto a la media móvil<sup>22</sup> en cada momento, desde su lanzamiento en 2017. Puede observarse que las oscilaciones respecto a la media móvil son cada vez mayores.

---

<sup>21</sup> En este sentido, cabe recordar que el precio de los futuros sobre EUAs está íntimamente relacionado con los derechos de emisión al contado, experimentando ambas tendencias muy similares (Mansanet et al., 2011)

<sup>22</sup> Se ha utilizado la media móvil de los últimos 200 días por ser esta la regla más popular entre los expertos, al dar resultados más suaves y planos que la también popular media móvil de los últimos 50 días (Chang et al., 2018)



Figura 33: Desviación del precio diario del futuro con vencimiento a 2022 respecto a la media móvil de los últimos 200 días.

Existen varios factores que influyen en la volatilidad de los precios de los futuros sobre derechos de emisión. En primer lugar, distintos estudios demuestran que mayores niveles de actividad conducen a una mayor demanda de energía, lo que genera mayores emisiones de carbono e influye positivamente en la demanda de los derechos de carbono (Jiménez-Rodríguez, 2019; Lovcha et al., 2022). Esto ha llevado a algunos autores a pensar que la bolsa de valores y los precios de los EUA están directamente conectados mediante relaciones de causalidad (Fabra & Reguant, 2014). Otros, sin embargo, han negado la existencia de dicha relación (Hintermann, 2010). Algunos escogen una posición más neutra, determinando que sólo los movimientos más drásticos de los mercados bursátiles afectan a los precios de los EUA (Jiménez-Rodríguez, 2019). En la práctica, esta relación entre la economía y el RCDE UE fue fácilmente perceptible en los primeros años de la Fase II (Figura 24).

En segundo lugar, destaca la influencia de los precios de la energía fósil, por ser este el mercado del que en última instancia dependen los derechos de emisión (Dong et al., 2022; Mansanet-Bataller et al., 2007). En este sentido, el aumento de los precios de combustibles que generen una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> (como el carbón) supondrá un desplazamiento hacia sustitutos menos contaminantes (normalmente, el gas natural), generando una menor demanda de derechos, lo que dará lugar a la bajada de los precios de los derechos<sup>23</sup> (Lovcha et al., 2022).

Siendo el RCDE EU un mercado ampliamente regulado, resulta lógico que el tercer factor que afecte a los precios de los futuros sea la legislación. En este sentido, cobran importancia no

<sup>23</sup> La literatura existente sobre el tema no suele tener en cuenta los precios del petróleo porque su uso en la UE se concentra principalmente en el sector del transporte, que a junio de 2022 no está todavía sujeto al RCDE EU (Lovcha et al., 2022).

solo los cambios regulatorios del propio mercado, sino también los acontecimientos políticos y cambios regulatorios de la UE en su conjunto (Koch et al., 2016).

En primer lugar, abundante literatura explica el efecto que tienen la incertidumbre política y los cambios en la regulación económica en la volatilidad de los derechos de emisión (Chevallier, 2011; Fan et al., 2017). Este efecto se produce tanto desde la perspectiva de la oferta como desde la de la demanda: por un lado, la incertidumbre económica afectará directamente al comportamiento productivo de las industrias, minorando la demanda de derechos de emisión; por otro, el sistema de asignación de derechos que determinará la oferta del mercado depende en última instancia de las decisiones políticas de la UE. Liu et al. demuestran, mediante un modelo GARCH-MIDAS, la relación inversa existente entre el precio de los futuros sobre los derechos de emisión y el índice de la Incertidumbre de la Política Económica Europea<sup>24</sup> (“**EPU**” por sus siglas en inglés) (J. Liu et al., 2021). Así, el EPU puede contribuir a explicar las fluctuaciones de los precios de los futuros sobre el carbono, e incluso utilizarse para predecir las futuras fluctuaciones de los precios: cuando la incertidumbre sobre las políticas económicas aumenta, el mercado se vuelve más volátil.

En la Figura 35 y la Figura 36 se observa la relación inversa entre algunas de las principales bajadas de los derechos comentadas a lo largo del presente trabajo, y la paralela subida del EPU. En la Figura 35 y la Figura 36 se puede ver especialmente el efecto predictivo del EPU, que experimento grandes picos que fueron seguidas de drásticos desplomes de los precios de los derechos de emisión.

---

<sup>24</sup> Los estudios determinan que la incertidumbre europea tiene una mayor relación que la incertidumbre global (Liu et al., 2021).

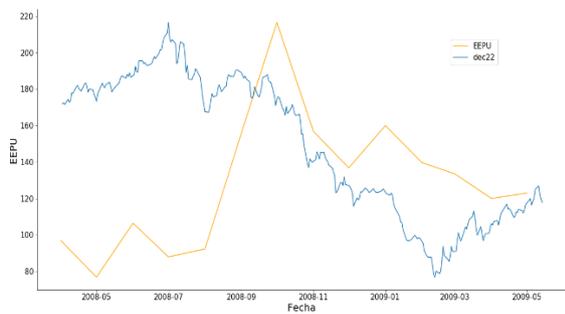


Figura 34: Efecto de la incertidumbre de la política económica ocasionada por la crisis económica (2008) en el precio de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022



Figura 35: Efecto de la incertidumbre de la política económica ocasionada por el COVID-19 (2020) en el precio de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022

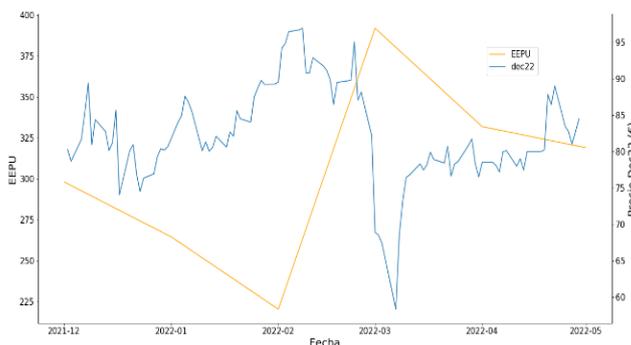


Figura 36: Efecto de la incertidumbre de la política económica ocasionada por la guerra de Ucrania (2022) en el precio de los futuros con vencimiento a diciembre de 2022

Por otra parte destaca como factor influyente en la volatilidad de los precios del mercado RCDE UE en su conjunto la práctica ya común de introducir leyes *ex post facto* o de manera retroactiva, cambiando las reglas del mercado a mitad de Fase. A este respecto cabe destacar que el sujeto que actúa basándose en una ley que posteriormente cambia se verá perjudicado si dicho cambio afecta al fundamento en el que se basó esa confianza (Hart et al., 2012). Aplicado al RCDE UE, resulta lógico que, si la CE establece un determinado *cap* o techo para un periodo, y posteriormente lo altera, estará afectando directamente a la oferta del mercado, y cambiando por tanto sus reglas, generando una situación de enorme inestabilidad que derivará en una alta volatilidad. Una situación de este estilo se dio durante la Fase II, a mitad de la cual se prohibió el uso de determinados créditos internacionales<sup>25</sup> que hasta el momento habían tenido plena validez. Esto supuso una enorme pérdida de confianza en el mercado, y el precio de los créditos internacionales, que hasta entonces se había mantenido en un valor muy similar a los EUA, bajó hasta los 50 céntimos el derecho (Zaman, 2016). Otros cambios retroactivos en la ley fueron la introducción del *backloading* en mitad de la Fase III, que en este caso tuvo un efecto

<sup>25</sup> Los provenientes de proyectos de HFC-2 3 y N20; y más tarde los de origen ruso o ucraniano.

muy positivo sobre los precios de los derechos (Figura 25), y su posterior sustitución por el MSR.

En definitiva, los principales factores que han causado la elevada volatilidad del mercado de futuros sobre derechos de emisión son los precios de las energías fósiles, la incertidumbre política y económica y la modificación retroactiva de las reglas del mercado. Además, como se comentó previamente la alta volatilidad puede atraer el interés de entidades especulativas que desean beneficiarse de los drásticos cambios de precios del mercado. En un dilelo o círculo vicioso, la volatilidad aumenta a su vez como resultado de la entrada de estas entidades en el mercado (Jeszke & Lizak, 2021). Este incremento en la volatilidad puede dar lugar a lo que se conoce como burbujas especulativas o financieras (Guzmán Vásquez & Trujillo Dávila, 2008).

#### **5.4 Posibilidad de burbuja financiera**

Una burbuja financiera se origina por un error de valoración de un activo, o unas exageradas expectativas, que suponen que el precio del mismo supere claramente su valor fundamental. La subida del precio es rápida, y la origina el convencimiento de los inversores de que podrán vender el activo a otro participante del mercado a un precio todavía mayor (Agudo & Compains, 2017). Esta divergencia entre el valor de cambio del activo y su valor de uso, en palabras de Sánchez Asiaín, derivaría de la creación entre todos los participantes del mercado de una superestructura financiera distorsionada y no fundamentada en bases reales (Sánchez Asiaín, 1987). En el caso del RCDE UE, puede en efecto apreciarse que los precios de los EUA no reflejan las condiciones fundamentales actuales del mercado, sino también las condiciones futuras, como el endurecimiento de los límites de emisiones hasta 2030, o incluso más adelante, ejecutados mediante objetivos de reducción más elevados o mediante una aplicación más estricta de la MSR (Jeszke & Lizak, 2021). Aquí puede verse un primer indicio de la particularidad de este mercado: si bien, como en tantas otras burbujas financieras, los precios derivan de expectativas futuras de los inversores, en este caso las expectativas están fundamentadas y tienen una base razonada y lógica.

Un segundo signo inequívoco de la existencia de una burbuja financiera es el auto convencimiento de los participantes del mercado de que el precio no puede bajar (Agudo & Compains, 2017). Este convencimiento da lugar a la entrada en el mercado de actores cuyo interés, más que en el activo en sí, es en las posibilidades de especulación sobre el mismo. Así,

otro signo observable de la existencia de una burbuja es la mayor presencia de las instituciones financieras en detrimento del resto de las instituciones económicas y empresas que realmente podrían necesitar el activo (Conte, 2014). En este sentido, podemos apreciar que la cuota de mercado de las entidades financieras aumentó durante 2021 del 21% al 27% de los participantes, denotando el amplio interés de estas instituciones, en invertir en el mercado a largo y a corto plazo (Jeszke & Lizak, 2021). El cambio en los participantes puede apreciarse en la Figura 37.

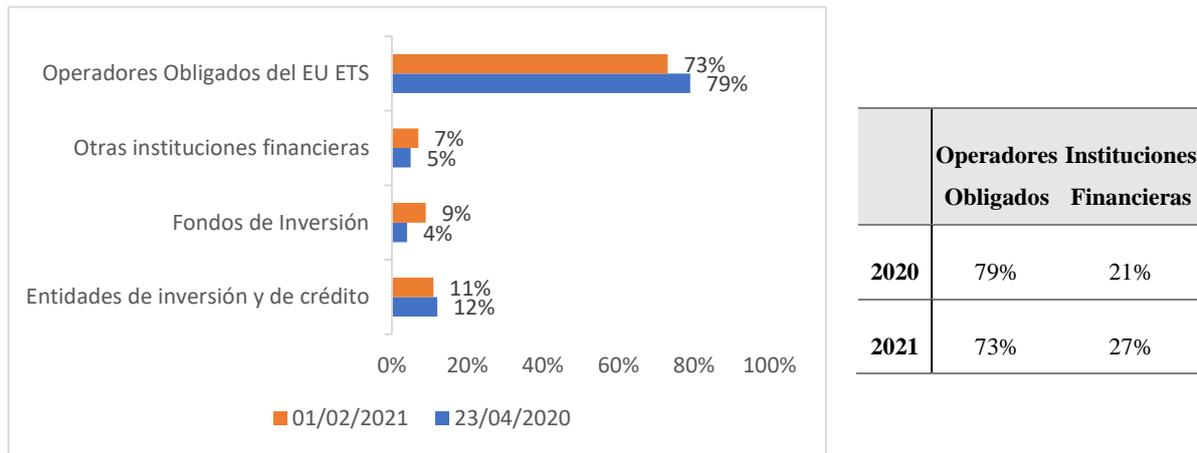


Figura 37: Evolución de los participantes del mercado de futuros del RCDE UE entre 2020 y 2021.

En la misma línea, el sobredimensionamiento del activo objeto de una burbuja financiera se percibe también por el mayor peso de los instrumentos financieros en detrimento del bien o activo en sí (Conte, 2014); puede así apreciarse en el contexto del RCDE UE que los instrumentos financieros derivados van ganando cada vez más protagonismo, en detrimento de los propios EUA. Así se aprecia en la Figura 38, que refleja el periodo de tiempo en que, como se estableció en la Tabla 6, el rendimiento de los futuros pasó a ser positivo.

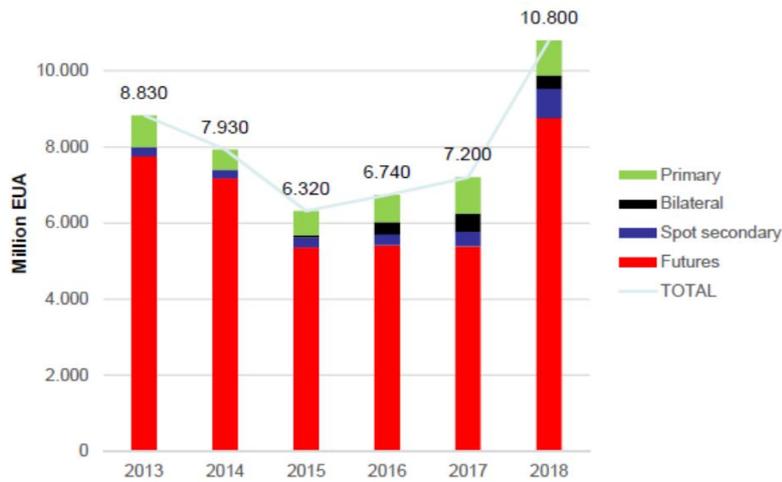


Figura 38: Evolución en millones de la negociación de derechos de emisión de CO2 entre 2013 y 2018. Fuente: Oficina Española de Cambio Climático (OECC)

En palabras de Rittler, no se puede ignorar el impacto de la inversión financiera y la especulación que ha provocado en el mercado del carbono la entrada de elementos financieros, tanto instituciones como derivados (Rittler, 2012).

Por último y más importante, como apreciamos en la Figura 32 los futuros de los EUA han experimentado en los últimos años un incremento descontrolado de sus precios. A modo de ejemplo, la diferencia entre el precio del futuro de diciembre de 2022 el 11 de mayo de 2017 (2,65€, elegido por ser el valor más bajo) y el 8 de febrero del 2022 (96,93€, valor más alto) es de más de 90€; en otras palabras, en sólo 6 años el futuro se ha revalorizado en más de un 3.445% (todo ello, reflejado en la Figura 39).



Figura 39: Evolución de precio y volumen del Futuro con vencimiento a diciembre de 2022

Si bien podría achacarse parte de la evolución al cambio de regulación consecuencia del cambio de fase en 2021, sólo en la Fase IV el precio del futuro ha subido de 33,89€ el 4 de enero de 2021 (primera subasta de la Fase IV) hasta 88,48€ a 1 de junio, siendo este el último precio disponible en el momento de la redacción, lo que supone un aumento del 161,08% en poco más de un año.

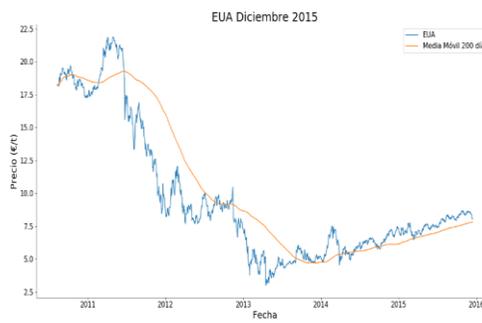
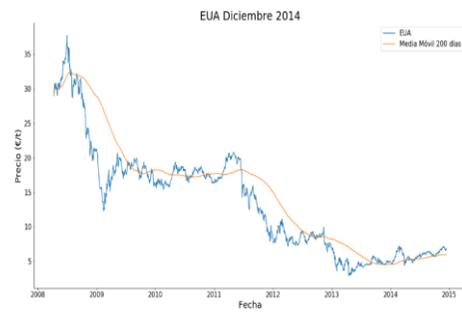
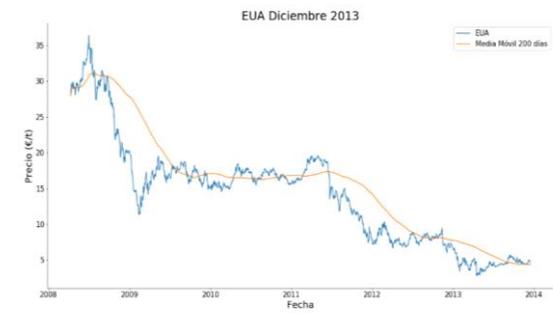
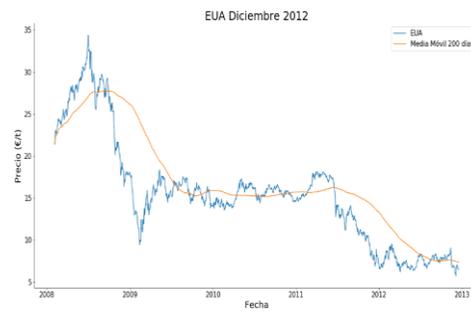
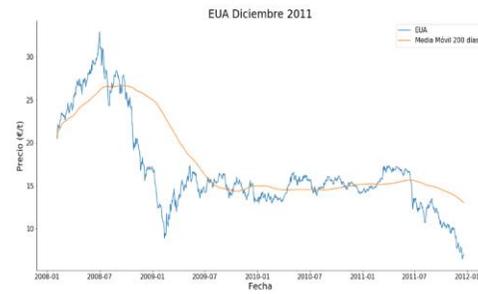
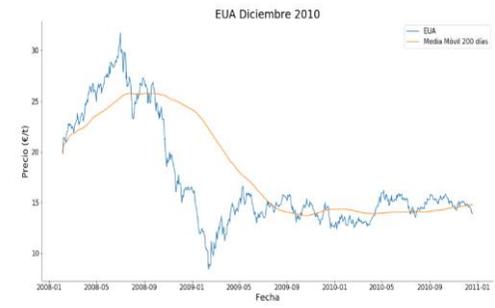
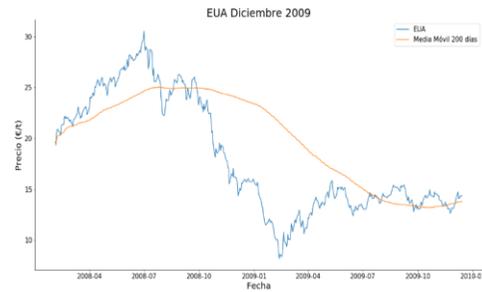
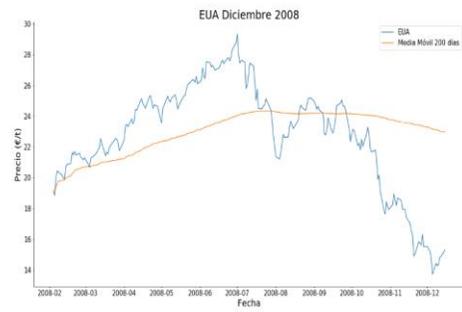
Esta drástica subida en un tan corto periodo de tiempo ha conducido a muchos expertos a considerar que podríamos estar ante una burbuja financiera (Jeszke & Lizak, 2021). Si bien la correcta predicción de la formación de una burbuja financiera entraña cierta dificultad antes de su desplome, una manera relativamente sencilla de aproximarse a la cuestión es comparar el actual comportamiento del mercado de futuros de los EUA con activos que los expertos han considerado burbujas financieras en el pasado reciente. Así, en el mismo tiempo en el que los EUAs se han revalorizado en un 3,445%, el índice del NASDAQ Composite asociado a la conocida como “Burbuja *Dot-com*” aumentó desde 3.300\$ a 14.141\$ (330%), y el Bitcoin de 118\$ a 32.123\$ (27,000%) (Jeszke & Lizak, 2021). Si bien es cierto que el aumento del Bitcoin es claramente mayor, podemos considerar comparable la subida de precios de los futuros de EUA. Para más *inri*, en los ocho años inmediatamente anteriores a su desplome la “Burbuja *Dot-com*” experimentó un aumento de precio de un 800%; como se indicó supra, este aumento de precio ha sido ya cuatriplicado por los futuros de los EUA.

Una segunda aproximación a la posibilidad de existencia de una burbuja financiera es la comparativa del precio actual con la media móvil de los últimos 200 días (Jeszke & Lizak, 2021), pues un desvío significativo de la misma puede ser un signo de que se empieza a formar una burbuja.

Así, observando la Figura 40 podemos ver como en 2018 comienza una subida que aleja los precios de los futuros de su media móvil. Apreciamos que desde entonces, en prácticamente todo momento (a excepción del segundo cuatrimestre de 2020, marcado por la pandemia Covid-19, y el desplome ocasionado por la guerra de Ucrania) la curva asociada al precio de cierre diario de los futuros EUA se mantiene por encima de su media móvil calculada para los 200 días anteriores. En relación con el futuro con vencimiento a diciembre de 2022 en concreto, las dos ocasiones en las que la diferencia entre el precio de mercado y la media móvil alcanzó su máximo fueron los días 8 de agosto de 2021 y 7 de julio de 2022, en los que el ratio alcanzó las cifras de 60,82% y 50,61% respectivamente. Este ratio es comparable con el alcanzado por activos objeto de las burbujas financieras mencionadas; a modo de ejemplo, la Burbuja *Dot-*

*com* alcanzó una diferencia del 57% respecto a su media móvil en el momento de su desplome en marzo de 2000 (Jeszke & Lizak, 2021).

Así, comparándolo con la Burbuja *Dot-com*, podría parecer que la burbuja de los futuros de EUA está al borde del desplome. Sin embargo, en comparación con otras burbujas financieras que han experimentado diferencias muy superiores, aun parece tener mucho espacio para crecer: por ejemplo, cabe destacar que el bitcoin llegó a alcanzar un precio un 500% superior a su media móvil en marzo de 2021.



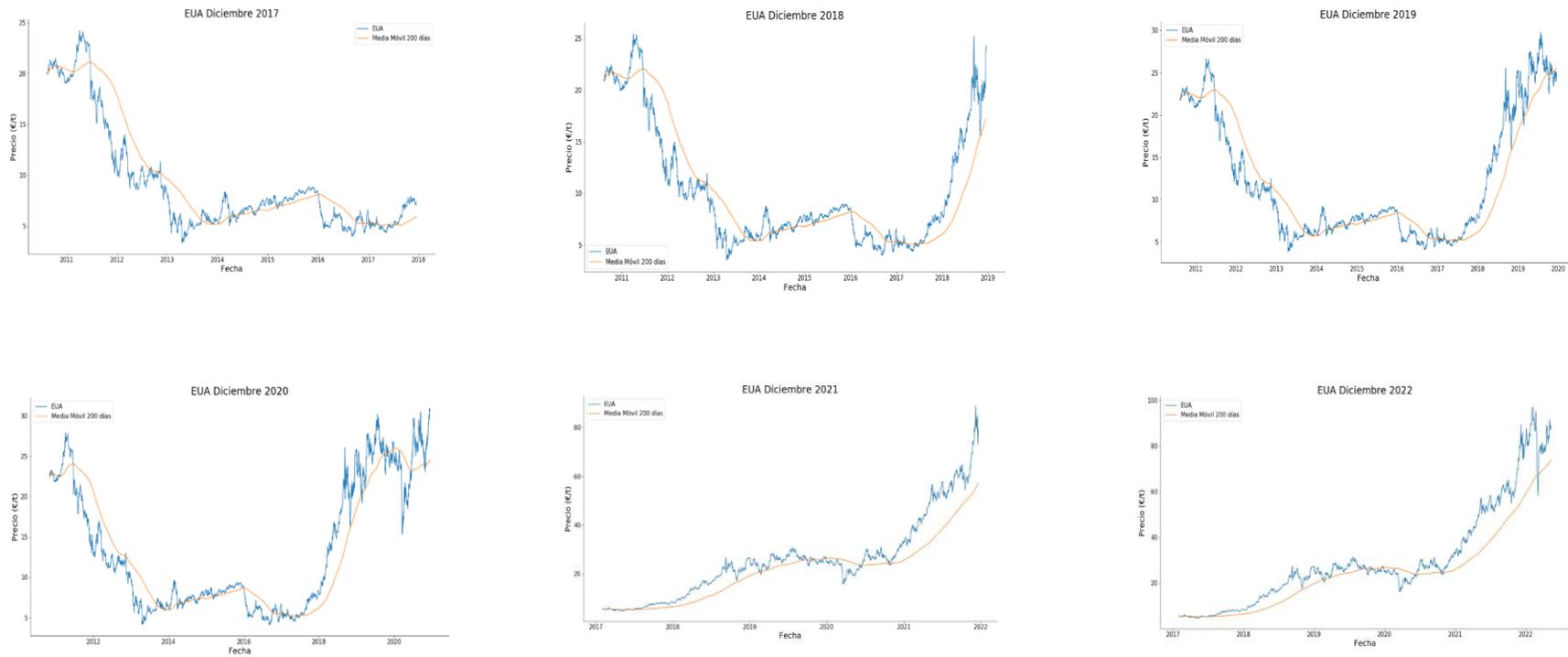


Figura 40: Comparativa de los futuros con vencimiento a diciembre con sus respectivas medias móviles.

Desde una perspectiva cualitativa, cabe analizar la evolución de los precios según las cinco etapas de las burbujas financieras que identificó el economista americano Hyman P. Minsky (Minsky, 1986):

1. En primer lugar debe darse un evento exógeno o ajeno al sistema macroeconómico que da lugar a un cambio de paradigma que es percibido por los inversores. En este caso, el evento exógeno sería la introducción de los objetivos del Protocolo de Kioto, y el cambio de paradigma la monetización de los derechos de carbono.
2. A continuación se produce el *boom* o auge y los precios comienzan a subir; existe un sentimiento general de no haber entrado a tiempo, lo que supone que más gente entre en el mercado.
3. Empieza entonces una fase de euforia en la que la sobreestimación de los beneficios multiplica las inversiones, y toda caución de los inversores desaparece. En este momento se da lo que Islam J., Hasan considera una situación de exceso de comercio u *overtrading* causada por la especulación sobre incrementos futuros de precios (Islam & Hasan, 2014).
4. La cuarta etapa tiene lugar cuando la burbuja ya está formada; el auge especulativo continua y los precios siguen creciendo. Sin embargo, algunos comienzan a ver el final y deciden tomar sus beneficios y vender. Lentamente, los precios comienzan a ceder.
5. Comienza un periodo de ligera dificultad financiera, y los especuladores comprenden que el mercado no puede subir más. Los rendimientos esperados se revisan a la baja, lo que detona las ventas del activo debido al deseo desesperado generalizado de intercambiarlo por liquidez a cualquier precio. La salida del instrumento hacia el dinero puede tornarse en estampida.

Por el momento parecen haberse cumplido las etapas de la 1 a la 3, a falta del desplome del activo. Sin embargo, el presente es un caso muy particular: la motivación de los inversores para adquirir derechos de carbono y los beneficios futuros esperados responden a una causa muy concreta: año tras año, el techo o límite superior de derechos de carbono en circulación disminuye. La aplicación de la ley de la oferta y la demanda determina que, a menor oferta, mayor será el precio al que la demanda estará dispuesta a adquirir el activo.

Todo ello conduce a la siguiente conclusión: puede afirmarse que el mercado de EUA y sus futuros están adoptando el comportamiento de una burbuja financiera. Sin embargo, a

diferencia de las burbujas tradicionales, este crecimiento del precio tiene una base razonada y lógica: a lo largo de los próximos años, la oferta sólo puede bajar, y el precio sólo puede subir.

## 5.5 Riesgos

En una primera aproximación el mercado de los derechos de carbono puede resultar muy atractivo al inversor, pues puede esperarse que la oferta decreciente resulte en una subida futura de precios, como se ha visto en la evolución del mercado de los últimos años. Sin embargo, existen algunos riesgos que deben tenerse en cuenta.

En primer lugar, los derechos de emisión son mercancías o *commodities* con una particularidad especial: su demanda es puramente artificial, pues tiene origen en políticas gubernamentales y no en una necesidad real de recursos (Zou et al., 2021). En otras palabras, estos mercados no tienen una fuente natural de demanda, si no que esta deriva del carácter obligatorio de la obligación de cumplimiento que, a su vez, no es más que un reflejo de los objetivos políticos de los legisladores (Zaman, 2016). Y, de igual modo que los objetivos políticos de los legisladores la crearon, pueden también destruirla.

Aún si se mantiene la legislación inalterada, esta sólo será vigente hasta 2030, fin de la actual Fase IV. En este momento surgirá una nueva regulación actualmente impredecible. Como ejemplo de política que podría introducirse, ante la abundancia de entidades financieras y de inversión, y del efecto que su entrada está teniendo en los precios del mercado, actualmente existe una postura que aboga por la reducción o la eliminación del acceso al mercado de participantes que no sean Operadores obligados al cumplimiento (Jeszke & Lizak, 2021). Este sector defiende que el mercado debería reservarse para los mencionados operadores para evitar subidas descontroladas del precio. Un cambio de regulación de este estilo podría tener consecuencias imprevisibles en los precios de los mercados de derechos de emisión.

En resumen, el hecho de que la oferta y la demanda en los mercados de futuros del carbono opere sujeta a las restricciones gubernamentales crea un nivel de riesgo político que no está presente en los mercados de futuros tradicionales (Frino et al., 2010).

Otro riesgo destacado del RCDE UE es la novedad del mercado, que supone que todavía existan ciertas lagunas o imprecisiones en su regulación. Entre otros riesgos, Jeszke y Lizak destacan que podría darse la manipulación de los precios de los futuros gracias a la influencia del mercado primario en el secundario: en teoría, un operador podría realizar una oferta en el

mercado primario por un precio desmesurado, lo que induciría una subida de los precios en el mercado de futuros. De haber adquirido previamente futuros en una posición *long*, el operador podría obtener una enorme rentabilidad (Jeszke & Lizak, 2021). Si bien podría pensarse que este tipo de conductas queda recogido dentro de las situaciones de abuso de mercado del artículo 12 (1.a.ii) del Reglamento nº 596/2014 del Parlamento Europeo y el Consejo, en la práctica la detección de tales conductas no resulta sencilla, ni está lo suficientemente delimitada en el contexto del RCDE UE. Cabe recordar que existe una provisión que establece la cancelación de la subasta si el precio es significativamente inferior al precio medio del mercado secundario, pero esta provisión no tiene equivalente si el precio es significativamente superior (Jeszke & Lizak, 2021).

Un tercer riesgo deriva de la alta volatilidad analizada en el apartado 5.3. En esta línea, cabe recordar que el objetivo principal del mercado es permitir a los operadores obligados al cumplimiento obedecer las políticas y limitaciones impuestas respecto a las emisiones de GEI. Así, a raíz de lo observado en el apartado 5.4, cabe apuntar que el RCDE UE actualmente no está asegurado contra el riesgo de una posible burbuja en el mercado. En otras palabras, la Comisión Europea no parece haber estructurado en la normativa ningún instrumento que permita estabilizar los precios de los derechos o prevenir fluctuaciones repentinas (Jeszke & Lizak, 2021). La única provisión al respecto que podría implementarse es la recogida en el artículo 29 a de la Directiva 2003/87, introducido mediante la Decisión 2015/1814. Este artículo establece que si durante más de seis meses consecutivos el precio de los derechos triplicara el precio medio de los dos años anteriores, la Comisión convocará una reunión del Comité del Cambio Climático (art. 9 Decisión 280/2004/UE), y en caso de que se juzgue que tal subida del precio no corresponde al normal funcionamiento del mercado podrán adoptar una medida que permita que los estados miembros:

- a) aumenten la subasta de parte de los derechos pendientes de subastar, incrementando la oferta e impulsando una bajada de precios; o
- b) subasten hasta el 25% de los derechos que en ese momento formen la MSR.

Sin embargo, según Jeszke resulta prácticamente imposible activar este mecanismo, que ha establecido niveles exageradamente altos para su activación. (Jeszke & Lizak, 2021). Además, puntualiza que, incluso si se alcanzasen estos niveles, la condición subjetiva de independencia del normal funcionamiento del mercado dificultaría todavía más su implementación. El mecanismo pierde en la comparación con la medida establecida en el mercado de derechos de

Reino Unido (el Mecanismo de Contención de Costes), que se activa si el precio medio de los futuros en el mercado secundario duplica el precio medio de los últimos dos años durante tres meses consecutivos; al establecer unos requisitos menos exigentes, esta medida resulta más útil.

Podemos por tanto concluir que, pese al papel esencial que tiene el RCDE UE en la reducción de emisiones, actualmente la Comisión Europea no dispone de ningún instrumento adecuado para responder a fluctuaciones repentinas de precios. Todo ello podría afectar negativamente a los Operadores obligados al cumplimiento, pero puede ser una cualidad muy atractiva para inversores con un perfil de riesgo alto. Sujeto todo ello, sin embargo, a que siendo un mercado altamente regulado un cambio en la legislación podría impactar bruscamente el mercado.

En sentido similar, otro riesgo destacado es la “desinformación” que pueden generar las políticas sobre el mercado. Así, se ha publicado abundante literatura explicando cómo la regulación que incentiva u obliga a unas entidades reguladas a adquirir determinados tipos de activos (en este caso, la obligación de los Operadores sujetos a cumplimiento de adquirir derechos de carbono) viene a decir a los inversores que un determinado activo es seguro (artificialmente), lo cual puede conducir a descubrimientos de precio incorrectos (Gelpert & Gerding, 2016). Un ejemplo directo de esta situación fue el elevado número de derechos de emisión que la Comisión Europea puso en circulación en la Fase I del mercado. Guiadas por esta cantidad, las empresas adquirieron un gran número de derechos de emisión de carbono (Zhou & Chen, 2021); sin embargo, en 2006 los datos obtenidos durante el primer año de funcionamiento del mercado revelaron que las emisiones reales eran muy inferiores a la cantidad de derechos en circulación (Alberola et al., 2008). El exceso de oferta no logró incentivar la reducción de emisiones por parte de los operadores, y los precios de los derechos cayeron a niveles irrisorios (Jiménez-Rodríguez, 2019; Mansanet-Bataller et al., 2007).

Así, los principales riesgos del mercado pueden resumirse en su alta dependencia de la regulación y la política legislativa, que sin embargo son demasiado recientes como para cubrir todos los aspectos con la exhaustividad que deberían. Ello da lugar a múltiples cambios legislativos que alteran los fundamentos del mercado, dilapidando la confianza del inversor. Prueba de la incertidumbre resultante es la notable falta de consenso entre las predicciones de la evolución de los precios en los años venideros, tal y como muestra la [Figura 41](#).

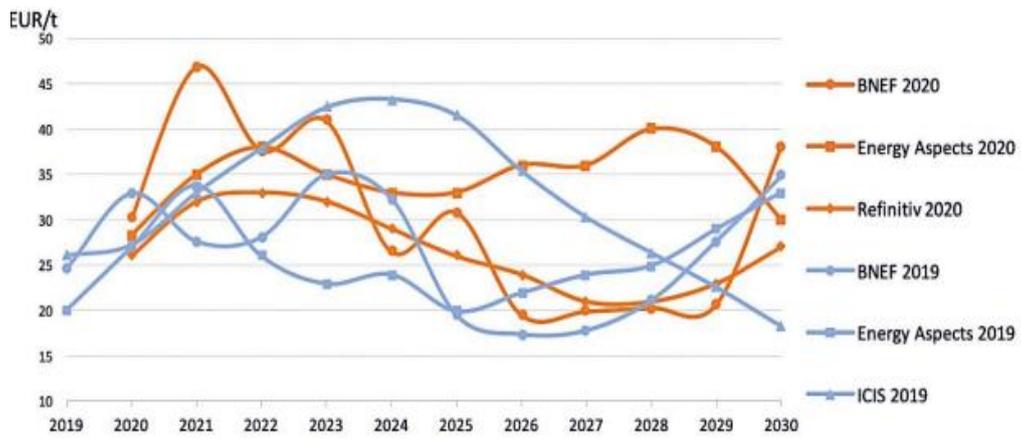


Figura 41: Sinopsis de distintas predicciones de los precios del CO2 en la Fase 4 (pre-COVID-19)(Abadía, 2020)

## 6. CONCLUSIÓN

Actualmente existe en el RCDE UE una situación parecida a la euforia típica de las burbujas financieras, pues su trayectoria parece ir únicamente hacia arriba. Sin embargo, en este caso esta situación se ve respaldada por un apoyo real: las previsiones del mercado incluyen que la oferta se vaya reduciendo año tras año hasta llegar a 2030, y probablemente también pasado este. Todo ello unido a una alta volatilidad y a la imposibilidad actual de estabilizar el mercado parecen hacerlo muy atractivo al inversor especulativo.

Sin embargo, estas mismas características pueden constituir los mayores escollos del mercado. Los constantes rendimientos positivos y la imposibilidad de controlar el sistema provienen directamente de la legislación de la UE al respecto. Pues los EUA son, al fin y al cabo, activos “artificiales”, cuya demanda ha sido creada por entes gubernamentales, y por tanto queda sujeta a la legislación al respecto. Y esta misma legislación puede cambiar de un día para otro, como ha hecho a lo largo de toda la vida del mercado.

En conclusión, el mercado de EUA supone actualmente un activo muy atractivo para el inversor, pero también muy arriesgado, pues tiene un riesgo inherente imposible de controlar, y es su total dependencia y sujeción a la legislación de la UE. En nuestra opinión, el mercado resulta especialmente atractivo para dos perfiles de inversor<sup>26</sup>:

- (a) inversores especulativos que deseen beneficiarse de la alta liquidez y volatilidad del mercado para obtener beneficios mediante trading constante, aprovechando el binomio rentabilidad-riesgo; e
- (b) inversores dispuestos a mantener futuros a medio plazo, para venderlos cuando se aproxime su vencimiento, sabiendo que la experiencia demuestra que será entonces cuando los precios y la demanda aumenten.

En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que en 2030 se producirá un cambio de legislación que podrá una vez más cambiar las reglas del mercado y alterar su funcionamiento, por lo que, si bien es una inversión atractiva, no existe seguridad de que vaya a continuar siéndolo a largo plazo.

---

<sup>26</sup> No ya aquellos participantes que, siendo Operadores obligados al cumplimiento, deseen adquirir futuros de derechos de carbono para protegerse de futuras subidas de precio.

En base al comportamiento más reciente del mercado, todo indica a que esta evolución al alza va a continuar a lo largo de los próximos años.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abadía, J. (2020). *El comercio de derechos de emisión de la Unión Europea. Reforma de la directiva y retos futuros*.
- Abrell, J., Ndoye Faye, A., & Zachmann, G. (2011). *Assessing the impact of the EU ETS using firm level data*.
- Adler, M., & Dumas, B. (1984). Exposure to Currency Risk: Definition and Measurement. *Financial Management*, 13(2), 41. <https://doi.org/10.2307/3665446>
- Agudo, L. F., & Compains, F. J. R. (2017). *Las burbujas financieras. Inversión y desinversión*. Bubok.
- Alberola, E., Chevallier, J., & Chèze, B. t. (2008). Price drivers and structural breaks in European carbon prices 2005–2007. *Energy Policy*, 36(2), 787-797.
- Annunziata, F. (2021). Emission Allowances as Financial Instruments. In *Sustainable Finance in Europe* (pp. 477-503). Springer.
- Aune, F. R., & Golombek, R. (2021). Are carbon prices redundant in the 2030 EU climate and energy policy package? *The Energy Journal*, 42(3).
- Autoridad Europea de Valores y Mercados. (2022). *Emission allowances and associated derivatives*.
- Barclays. *iPath Series B Carbon ETN*. Recuperado en 04/06/2022 de <https://ipathetn.barclays/details.app;instrumentId=369782>
- Bel, G., & Joseph, S. (2015). Emission abatement: Untangling the impacts of the EU ETS and the economic crisis. *Energy Economics*, 49, 531-539.
- Bolsa de Madrid. (2022). ¿Que son los fondos cotizados (ETF)?
- Bordonado, C., Molnár, P., & Samdal, S. R. (2017). VIX exchange traded products: Price discovery, hedging, and trading strategy. *Journal of Futures Markets*, 37(2), 164-183.
- Chang, C.-L., Ilomäki, J., Laurila, H., & McAleer, M. (2018). Long Run Returns Predictability and Volatility with Moving Averages. *Risks*, 6(4), 105. <https://doi.org/10.3390/risks6040105>
- Chevallier, J. (2011). A model of carbon price interactions with macroeconomic and energy dynamics. *Energy Economics*, 33(6), 1295-1312.
- Comisión Europea. (s.f.-a). *Development of EU ETS (2005-2020)*. Recuperado en 23/04/2022 de [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en)

- Comisión Europea. (s.f.-b). *Phase 2 auctions (2008/2012)*. Recuperado en 05/05/2022 de [https://web.archive.org/web/20210504144131/https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/pre2013/second\\_en](https://web.archive.org/web/20210504144131/https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/pre2013/second_en)
- Consejo de la Organización Internacional de Comisiones de Valores. (2013). Principles for the Regulations of Exchange Traded Funds.
- Consejo de Reguladores del Mercado Ibérico de Electricidad. (2020). Estudio sobre el mercado de derechos de emisión de CO2.
- Conte, I. C. (2014). Las burbujas en la crisis financiera. *icade. Revista de la Facultad de Derecho*(91), 31-58.
- Daly, K. (2008). Financial volatility: Issues and measuring techniques. *Physica A: statistical mechanics and its applications*, 387(11), 2377-2393.
- Donehower, J. (2008). Analyzing carbon emissions trading: a potential cost efficient mechanism to reduce carbon emissions. *Environmental Law*, 177-208.
- Dong, F., Gao, Y., Li, Y., Zhu, J., Hu, M., & Zhang, X. (2022). Exploring volatility of carbon price in European Union due to COVID-19 pandemic. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(6), 8269-8280. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16052-1>
- Dorfleitner, G., Gerl, A., & Gerer, J. (2018). The pricing efficiency of exchange-traded commodities. *Review of Managerial Science*, 12(1), 255-284.
- Duan, K., Ren, X., Shi, Y., Mishra, T., & Yan, C. (2021). The marginal impacts of energy prices on carbon price variations: evidence from a quantile-on-quantile approach. *Energy Economics*, 95, 105131.
- Europeo, P. (2018). *Cambio climático: impulso al recorte de emisiones y la innovación* <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20180202IPR97023/cambio-climatico-impulso-al-recorte-de-emisiones-y-la-innovacion>
- Eurostat. (2021). *Glossary: Kyoto Protocol*. Recuperado en 21/05/2022 de [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Kyoto\\_Protocol#:~:text=The%20Kyoto%20Protocol%2C%20adopted%20in,over%20the%202008%2D2012%20period.](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Kyoto_Protocol#:~:text=The%20Kyoto%20Protocol%2C%20adopted%20in,over%20the%202008%2D2012%20period.)
- Fabra, N., & Reguant, M. (2014). Pass-through of emissions costs in electricity markets. *American Economic Review*, 104(9), 2872-2899.
- Facultad de Ingeniería Industrial. (s.f.). El esquema "cap and trade" en Europa y los incentivos a reducir emisiones. *Energía y Sociedad*.
- Fan, Y., Jia, J.-J., Wang, X., & Xu, J.-H. (2017). What policy adjustments in the EU ETS truly affected the carbon prices? *Energy Policy*, 103, 145-164.

- Feng, Z.-H., Zou, L.-L., & Wei, Y.-M. (2011). Carbon price volatility: Evidence from EU ETS. *Applied Energy*, 88(3), 590-598.
- Fleschutz, M., Bohlayer, M., Braun, M., Henze, G., & Murphy, M. D. (2021). The effect of price-based demand response on carbon emissions in European electricity markets: The importance of adequate carbon prices. *Applied Energy*, 295, 117040.
- Frino, A., Kruk, J., & Lepone, A. (2010). Liquidity and transaction costs in the European carbon futures market. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 16(2), 100-115.
- Gastineau, G. L. (2001). Exchange-traded funds: An introduction. *The Journal of Portfolio Management*, 27(3), 88-96.
- Gelpern, A., & Gerding, E. F. (2016). Inside safe assets. *Yale J. on Reg.*, 33, 363.
- Guzmán Vásquez, A., & Trujillo Dávila, M. A. (2008). Burbujas en los precios de los activos financieros. *Pensamiento & Gestión*(24), 63-87.
- Hart, H. L. A., Hart, H. L. A., Raz, J., & Green, L. (2012). *The concept of law*. oxford university press.
- Hayes, M. G. (2018). The Liquidity of Money. *Cambridge Journal of Economics*, 42(5), 1205-1218. <https://doi.org/10.1093/cje/bey018>
- Hayes, S., & Young, R. (2012). Reducing the Cost of Environmental Regulations: Energy Efficiency as an Air Quality Compliance Mechanism. *Georgetown International Environmental Law Review*, 529-558.
- Hintermann, B. (2010). Allowance price drivers in the first phase of the EU ETS. *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(1), 43-56.
- Hintermayer, M. (2020). A carbon price floor in the reformed EU ETS: Design matters! *Energy Policy*, 147, 111905.
- Ibáñez, J. A. (2016). El comercio de derechos de emisión en las políticas climáticas. *Cuadernos de energía*(47), 98-115.
- Ibikunle, G., Gregoriou, A., & Pandit, N. (2011). Liquidity effects on carbon financial instruments in the EU Emissions Trading Scheme: new evidence from the Kyoto commitment phase. *Available at SSRN 1886586*.
- IHS Markit. (2019). *Global Carbon Index*.
- IHS Markit. (2021a). *IHS Markit Carbon EUA Index Guide*.
- IHS Markit. (2021b). *IHS Markit Global Carbon Index Guide*.
- IHS Markit. (s.f.). *Global Carbon Index Benchmarking and liquid tradeable index for tracking carbon credits globally*. Recuperado en 11/05/2022 de <https://ihsmarkit.com/products/global-carbon-index.html>

- Islam, J., & Hasan, M. M. (2014). Comparative Analysis of Hyman P. Minsk Hypothesis to Evaluate the Current Credit Crunch. *IOSR Journal of Business and Management*, 16(4), 75-91.
- Jeszke, R., & Lizak, S. (2021). Reflections on the Mechanisms to Protect Against Formation of Price Bubble in the EU ETS Market. *Environmental Protection and Natural Resources*.
- Ji, Q., Zhang, D., & Geng, J.-b. (2018). Information linkage, dynamic spillovers in prices and volatility between the carbon and energy markets. *Journal of Cleaner Production*, 198, 972-978.
- Jiménez-Rodríguez, R. (2019). What happens to the relationship between EU allowances prices and stock market indices in Europe? *Energy Economics*, 81, 13-24.
- Judge, K. (2018). Investor-driven financial innovation. *Harv. Bus. L. Rev.*, 8, 291.
- Keohane, N., Peterson, A., & Hanafi, A. (2017). Toward a club of carbon markets. *Climatic Change*, 144(1), 81-95.
- Keynes, J. M. (1930). *Tratado del dinero*.
- Koch, N., Grosjean, G., Fuss, S., & Edenhofer, O. (2016). Politics matters: Regulatory events as catalysts for price formation under cap-and-trade. *Journal of Environmental Economics and Management*, 78, 121-139.
- KraneShares. (s.f.-a). *KraneShares European Carbon Allowance Strategy ETF\**. Recuperado en 10/05/2022 de <https://kraneshares.com/keua/>
- KraneShares. (s.f.-b). *KraneShares Global Strategy ETF\**. Recuperado en 10/05/2022 de <https://kraneshares.com/krbn/>
- Li, Y., Liu, T., Song, Y., Li, Z., & Guo, X. (2021). Could carbon emission control firms achieve an effective financing in the carbon market? A case study of China's emission trading scheme. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128004.
- Liu, H., Kou, X., Xu, G., Qiu, X., & Liu, H. (2021). Which emission reduction mode is the best under the carbon cap-and-trade mechanism? *Journal of Cleaner Production*, 314, 128053.
- Liu, J., Zhang, Z., Yan, L., & Wen, F. (2021). Forecasting the volatility of EUA futures with economic policy uncertainty using the GARCH-MIDAS model. *Financial Innovation*, 7(1), 1-19.
- Liu, Y., & Dong, F. (2021). Haze pollution and corruption: a perspective of mediating and moderating roles. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123550.

- London Stock Exchange Group. (2022). Exchange Traded Commodities: Redefining the commodities marketplace.
- Lovcha, Y., Perez-Laborda, A., & Sikora, I. (2022). The determinants of CO2 prices in the EU emission trading system. *Applied Energy*, 305, 117903.
- Mansanet-Bataller, M., Chevallier, J., Hervé-Mignucci, M., & Alberola, E. (2011). EUA and sCER phase II price drivers: Unveiling the reasons for the existence of the EUA–sCER spread. *Energy Policy*, 39(3), 1056-1069.
- Mansanet-Bataller, M., Pardo, A., & Valor, E. (2007). CO2 prices, energy and weather. *The Energy Journal*, 28(3).
- Marszk, A., & Lechman, E. (2019). *Exchange-traded funds in Europe*. Academic Press.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2009). *El Comercio de Derechos de Emisión en España - Guía Explicativa*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Calendario de funcionamiento del régimen europeo de comercio de derechos de emisión*. Recuperado en 03/06/2022 de [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/el-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/seguimiento-y-verificacion-de-las-emisiones/cal\\_fun\\_cde.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/el-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/seguimiento-y-verificacion-de-las-emisiones/cal_fun_cde.aspx)
- Minsky, H. P. (1986). Stabilizing an Unstable Economy.
- Moriarty, K. H. (2001). Exchange-Traded Funds: Legal and Structural Issues Worldwide. *International Business Lawyer*, 29, 346-354.
- Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, (2015).
- Oficina Española de Cambio Climático. (2021). Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (RCDE UE).
- Ortiz Palafox, K. H. (2019). Sustentabilidad global: Principios y acuerdos internacionales. *Revista de Ciencias Sociales XXV*, 75-85.
- Quiñones, J. S., & Mardomingo, J. (2009). Nuevas formas de inversión colectiva. Los fondos cotizados (ETF). La gestión alternativa. Los fondos de capital riesgo o capital privado. Situación actual y perspectivas de las instituciones de inversión colectiva,
- Rakowski, D., & Shirley, S. (2020). What drives the market for exchange-traded notes? *Elsevier*, 111.
- Ramana, P. V., Sinha, C. S., & Shukla, P. R. (2001). Renewable energy technologies and climate change policies in India. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 1(4). <https://doi.org/10.1504/ijetm.2001.000773>

- Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 05/04/2022, de <https://dle.rae.es>
- Richstein, J. C., Chappin, É. J., & de Vries, L. J. (2015). The market (in-) stability reserve for EU carbon emission trading: Why it might fail and how to improve it. *Utilities Policy*, 35, 1-18.
- Rittler, D. (2012). Price discovery and volatility spillovers in the European Union emissions trading scheme: A high-frequency analysis. *Journal of Banking & Finance*, 36(3), 774-785.
- Rodríguez Morales, J. E. (2015). Política de competencia y ayudas estatales en el marco del Régimen Comunitario de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea. *Derecho PUCP*, 293-314.
- Sánchez Asiain, J. A. (1987). *El progresivo divorcio entre el mundo real y el mundo financiero*. Sesión de la Real Academia de las Ciencias Morales y Políticas,
- Sanin, M. E., Violante, F., & Mansanet-Bataller, M. (2015). Understanding volatility dynamics in the EU-ETS market. *Energy Policy*, 82, 321-331.
- Schleich, J., Rogge, K., & Betz, R. (2009). Incentives for energy efficiency in the EU Emissions Trading Scheme. *Energy Efficiency*, 2(1), 37-67.
- Trotignon, R., & Delbosq, A. (2008). Allowance trading patterns during the EU ETS trial period: What does the CITL reveal. *Climate report*, 13, 1-36.
- Victor, D. G., & Cullenward, D. (2008). Los Mercados del Carbono. *Investigación y Ciencia*, 32-39.
- Wisdom Tree. (2022). *CARB Wisdom Tree*.
- Zaman, P. (2016). Learning from the Lessons of Others: A Guide for Emerging Emissions Trading Markets. *CCLR*, 2016, 227.
- Zhang, Y.-J., & Wei, Y.-M. (2010). An overview of current research on EU ETS: Evidence from its operating mechanism and economic effect. *Applied Energy*, 87(6), 1804-1814.
- Zhou, J., & Chen, D. (2021). Carbon price forecasting based on improved CEEMDAN and extreme learning machine optimized by sparrow search algorithm. *Sustainability*, 13(9), 4896.
- Zou, H., Qin, J., & Dai, B. (2021). Optimal pricing decisions for a low-carbon supply chain considering fairness concern under carbon quota policy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 556.



## ANEXO 1. LEGISLACIÓN

Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

Reglamento (UE) n °1031/2010 de la Comisión de 12 de noviembre de 2010 sobre el calendario, la gestión y otros aspectos de las subastas de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero con arreglo a la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad Texto pertinente a efectos del EEE.

Decisión de la Comisión de 27 de abril de 2011 por la que se determinan las normas transitorias de la Unión para la armonización de la asignación gratuita de derechos de emisión con arreglo al artículo 10 bis de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Reglamento (UE) No 648/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 relativo a los derivados extrabursátiles, las entidades de contrapartida central y los registros de operaciones.

Real Decreto 1082/2012, de 13 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 35/2003, de 4 de noviembre, de instituciones de inversión colectiva.

Reglamento (UE) No 176/2014 de la Comisión de 25 de febrero de 2014 por el que se modifica el Reglamento (UE) no 1031/2010, en particular con el fin de determinar los volúmenes de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero que se subastarán en 2013- 2020.

Reglamento (UE) No 596/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 sobre el abuso de mercado (Reglamento sobre abuso de mercado) y por el que se derogan la Directiva 2003/6/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y las Directivas 2003/124/CE, 2003/125/CE y 2004/72/CE de la Comisión.

Directiva 2014/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014 , relativa a los mercados de instrumentos financieros y por la que se modifican la Directiva 2002/92/CE y la Directiva 2011/61/UE Texto pertinente a efectos del EEE.

Reglamento (UE) No 600/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de mayo de 2014 relativo a los mercados de instrumentos financieros y por el que se modifica el Reglamento (UE) 648/2012.

Decisión (UE) 2015/1814 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de octubre de 2015, relativa al establecimiento y funcionamiento de una reserva de estabilidad del mercado en el marco del régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión, y por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE.

Decisión Delegada (UE) 2019/708 de la Comisión de 15 de febrero de 2019 que completa la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo referente a la determinación de los sectores y subsectores que se consideran en riesgo de fuga de carbono para el período 2021-2030.

Reglamento Delegado (UE) 2019/331 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2018, por el que se determinan las normas transitorias de la Unión para la armonización de la asignación gratuita de derechos de emisión con arreglo al artículo 10 bis de la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

## ANEXO 2. LISTADO DE ABREVIATURAS

AEGEI	Autorización de Emisión de Gases de Efecto Invernadero
Barclays	Barclays Bank Plc
CCA	Derechos de emisión de California.
CE	Comisión Europea
CER	Certificados de Reducción de Emisiones
CET	<i>Central European Time</i>
CMNUUC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO2LN	ETC SparkChange Physical CO2
COP	Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CSCF	Factor de Corrección Intersectorial
Decisión 280/2004/UE	Decisión nº 280/2004/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de febrero de 2004, relativa a un mecanismo para el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad y para la aplicación del Protocolo de Kioto.
Decisión 2015/1814/UE	Decisión 2015/1814 del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de octubre de 2015, relativa al establecimiento y funcionamiento de una reserva de estabilidad del mercado en el marco del régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión, y por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE
Decisión Delegada 2019/708	Decisión Delegada (UE) 2019/708 de la Comisión de 15 de febrero de 2019 que completa la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo referente a la determinación de los sectores y subsectores que se consideran en riesgo de fuga de carbono para el período 2021-2030.
Directiva 2003/87/CE	Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto

invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

Directiva 2013/35/UE	Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) y por la que se deroga la Directiva 2004/40/CE
EEX	European Energy Exchange A.G.
ERU	Unidades de Reducción de Emisiones
ETC	Materias Primas Cotizadas o <i>Exchange Traded Commodities</i>
ETF	Fondos Cotizados o <i>Exchange Traded Funds</i>
ETN	Pagarés Cotizados o <i>Exchange Traded Notes</i>
ETP	Productos Cotizados o <i>Exchange Traded Products</i>
EUA	Derechos de emisión europeos o <i>European Union Allowances</i>
EUAA	Derechos de emisión europeos del sector de la aviación o <i>European Union Aviation Allowances</i>
FRL	Factor de Reducción Lineal
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICE	Intercontinental Exchange Futures Europe
iPath Series	iPath Series B Carbon
KCCA	KraneShares California Carbon Allowance Strategy ETF
KEUA	KraneShares European Carbon Allowance ETF
KRBN	KraneShares Global Carbon Strategy ETF
Ley 1/2005	Ley 1/2005 de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero
LSE	Bolsa de valores de Londres
MEEC	Marco Estratégico de Energía y Clima

Mercados OTC	Mercados secundarios <i>Over-The-Counter</i> o extraoficiales.
MiFID II	Directiva 2014/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de mayo de 2014 relativa a los mercados de instrumentos financieros y por la que se modifican la Directiva 2002/92/CE y la Directiva 2011/61/UE
MiFIR	Reglamento 600/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de mayo de 2014 relativo a los mercados de instrumentos financieros y por el que se modifica el Reglamento (UE) n° 648/2012
MSR	Reserva de Estabilidad de Mercado
NYSE	Bolsa de Valores de Nueva York
PNA	Plan Nacional de Asignación
RCDE UE	Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea
RDL 1082/2012	Real Decreto 1082/2012, de 13 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 35/2003, de 4 de noviembre, de instituciones de inversión colectiva.
Reglamento 1031/2010/UE	Reglamento 1031/2010 de la Comisión Europea, de 12 de noviembre de 2010, sobre el calendario, la gestión y otros aspectos de las subastas de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero con arreglo a la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad
Reglamento 176/2014/UE	Reglamento 176/2014 de la Comisión, de 25 de febrero de 2014 , por el que se modifica el Reglamento (UE) n ° 1031/2010, en particular con el fin de determinar los volúmenes de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero que se subastarán en 2013-2020
Reglamento 648/2012/UE	Reglamento (UE) n° 648/2012 relativo a los derivados extrabursátiles, las entidades de contrapartida central y los registros de operaciones
Reglamento Delegado 2019/331/UE	Reglamento Delegado de la Comisión 2019/331, de 19 de diciembre, por el que se determinan las normas para la armonización de la asignación gratuita de los derechos de

emisión, de acuerdo al artículo 10 bis de la Directiva 2003/87/CE.

RGGI	Iniciativa Regional de Gases de Efecto Invernadero
UE	Unión Europea
UKA	Derechos de emisión de Reino Unido.

# 1. Importación de librerías y configuración de parámetros

In [1]:

```
# Importación de Las Librerías

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import datetime
import calendar
import math
```

In [2]:

```
# Configuración de parámetros

guardarFigs = 0 # guardarFigs==0 --> No exporta Las figuras; GuardarFigs==1 --> Exporta
Las figuras
guardarFichero = 0 # guardarFicheros==0 --> No exporta Los ficheros; guardarFicheros==1
--> Exporta Los ficheros
```

## 2. Importación y preprocesamiento de los ficheros con los datos

### 2.1. EU ETS - EEX Auctions

In [3]:

```
# CARGA DEL FICHERO XLSX QUE CONTIENE TODOS LOS DATOS HISTORICOS DE LAS SUBASTAS DEL EU
ETS
EU_ETS = pd.read_excel("FicherosDatos/Dataset_unido.xlsx", header=0)

EU_ETS["Year"] = EU_ETS["Date"].dt.year
EU_ETS["Month"] = EU_ETS["Date"].dt.month
EU_ETS["Day"] = EU_ETS["Date"].dt.day
EU_ETS["Weekday"] = EU_ETS["Date"].dt.day_name()
```

### 2.2. EUA - ICE Futures

Para cada uno de los futuros se ha:

- 1) Cargado su fichero ".csv" en un dataframe
- 2) Realizado una conversión de la columna a pandas datetime
- 3) Ordenado el dataframe por fecha, de mas antiguo a mas reciente

#### 2.2.1. Vencimiento en Diciembre

In [4]:

```
# 2008
dec08 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC08_ckz08.csv", header=0)
dec08["Time"] = pd.to_datetime(dec08['Time'])
dec08 = dec08.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2009
dec09 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC09_ckz09.csv", header=0)
dec09["Time"] = pd.to_datetime(dec09['Time'])
dec09 = dec09.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2010
dec10 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC10_ckz10.csv", header=0)
dec10["Time"] = pd.to_datetime(dec10['Time'])
dec10 = dec10.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2011
dec11 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC11_ckz11.csv", header=0)
dec11["Time"] = pd.to_datetime(dec11['Time'])
dec11 = dec11.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2012
dec12 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC12_ckz12.csv", header=0)
dec12["Time"] = pd.to_datetime(dec12['Time'])
dec12 = dec12.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2013
dec13 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC13_ckz13.csv", header=0)
dec13["Time"] = pd.to_datetime(dec13['Time'])
dec13 = dec13.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2014
dec14 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC14_ckz14.csv", header=0)
dec14["Time"] = pd.to_datetime(dec14['Time'])
dec14 = dec14.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2015
dec15 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC15_ckz15.csv", header=0)
dec15["Time"] = pd.to_datetime(dec15['Time'])
dec15 = dec15.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2016
dec16 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC16_ckz16.csv", header=0)
dec16["Time"] = pd.to_datetime(dec16['Time'])
dec16 = dec16.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2017
dec17 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC17_ckz17.csv", header=0)
dec17["Time"] = pd.to_datetime(dec17['Time'])
dec17 = dec17.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2018
dec18 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC18_ckz18.csv", header=0)
dec18["Time"] = pd.to_datetime(dec18['Time'])
dec18 = dec18.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2019
dec19 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC19_ckz19.csv", header=0)
dec19["Time"] = pd.to_datetime(dec19['Time'])
dec19 = dec19.sort_values(by="Time", ignore_index=True)
```

```

# 2020
dec20 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC20_ckz20.csv", header=0)
dec20["Time"] = pd.to_datetime(dec20['Time'])
dec20 = dec20.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2021
dec21 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC21_ckz21.csv", header=0)
dec21["Time"] = pd.to_datetime(dec21['Time'])
dec21 = dec21.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2022
dec22 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC22_ckz22.csv", header=0)
dec22["Time"] = pd.to_datetime(dec22['Time'])
dec22 = dec22.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2023
dec23 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC23_ckz23.csv", header=0)
dec23["Time"] = pd.to_datetime(dec23['Time'])
dec23 = dec23.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2024
dec24 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC24_ckz24.csv", header=0)
dec24["Time"] = pd.to_datetime(dec24['Time'])
dec24 = dec24.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2025
dec25 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC25_ckz25.csv", header=0)
dec25["Time"] = pd.to_datetime(dec25['Time'])
dec25 = dec25.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2026
dec26 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC26_ckz26.csv", header=0)
dec26["Time"] = pd.to_datetime(dec26['Time'])
dec26 = dec26.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2027
dec27 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC27_ckz27.csv", header=0)
dec27["Time"] = pd.to_datetime(dec27['Time'])
dec27 = dec27.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

# 2028
dec28 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/DEC28_ckz28.csv", header=0)
dec28["Time"] = pd.to_datetime(dec28['Time'])
dec28 = dec28.sort_values(by="Time", ignore_index=True)

```

## 2.2.2. Vencimiento en Marzo

In [5]:

```
# 2017
mar17 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR17_ckh17.csv", header=0)
mar17["Time"] = pd.to_datetime(mar17['Time'])

# 2018
mar18 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR18_ckh18.csv", header=0)
mar18["Time"] = pd.to_datetime(mar18['Time'])

# 2019
mar19 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR19_ckh19.csv", header=0)
mar19["Time"] = pd.to_datetime(mar19['Time'])

# 2020
mar20 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR20_ckh20.csv", header=0)
mar20["Time"] = pd.to_datetime(mar20['Time'])

# 2021
mar21 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR21_ckh21.csv", header=0)
mar21["Time"] = pd.to_datetime(mar21['Time'])

# 2022
mar22 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR22_ckh22.csv", header=0)
mar22["Time"] = pd.to_datetime(mar22['Time'])

# 2023
mar23 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR23_ckh23.csv", header=0)
mar23["Time"] = pd.to_datetime(mar23['Time'])

# 2024
mar24 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR24_ckh24.csv", header=0)
mar24["Time"] = pd.to_datetime(mar24['Time'])

# 2025
mar25 = pd.read_csv("FicherosDatos/ICE_EUA_Futures/MAR25_ckh25.csv", header=0)
mar25["Time"] = pd.to_datetime(mar25['Time'])
```

## 2.3. ETFs

In [6]:

```
# KCCA ($)
KCCA = pd.read_csv("FicherosDatos/KraneShares/KCCA_daily.csv", header=0)
KCCA["Time"] = pd.to_datetime(KCCA['Time'])

# KEUA ($)
KEUA = pd.read_csv("FicherosDatos/KraneShares/KEUA_daily.csv", header=0)
KEUA["Time"] = pd.to_datetime(KEUA['Time'])

# KRBN ($)
KRBN = pd.read_csv("FicherosDatos/KraneShares/KRBN_daily.csv", header=0)
KRBN["Time"] = pd.to_datetime(KRBN['Time'])

# iPathSeries - GRN ($)
GRN = pd.read_csv("FicherosDatos/iPathSeries/GRN.csv", header=0)
GRN["Time"] = pd.to_datetime(GRN['Time'])
GRN = GRN[GRN["Time"]>"2019"]

# SparkChange - CO2LN (€)
CO2LN = pd.read_csv("FicherosDatos/SparkChange/co2.ln_daily_historical-data-05-29-2022.csv", header=0)
CO2LN["Time"] = pd.to_datetime(CO2LN['Time'])

# WisdomTree - CARBLN ($)
CARBLN = pd.read_csv("FicherosDatos/WisdomTree/carb.ln_daily_historical-data-05-29-2022.csv", header=0)
CARBLN["Time"] = pd.to_datetime(CARBLN['Time'])
CARBLN = CARBLN[CARBLN["Time"]>"2021"]
```

## 2.4. EUR/USD

Fuente: [https://finance.yahoo.com/quote/EURUSD%3DX/history?period1=1199145600&period2=1653782400&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=\(https://finance.yahoo.com/quote/EURUSD%3DX/history?period1=1199145600&period2=1653782400&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=](https://finance.yahoo.com/quote/EURUSD%3DX/history?period1=1199145600&period2=1653782400&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=(https://finance.yahoo.com/quote/EURUSD%3DX/history?period1=1199145600&period2=1653782400&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=)

In [7]:

```
# INDICA CUANTOS DOLARES EQUIVALEN A UN EURO
eur_usd = pd.read_csv("FicherosDatos/EURUSD=X.csv", header=0)
eur_usd["Date"] = pd.to_datetime(eur_usd['Date'])
```

## 2.5. ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY INDEX

Data source: <https://fred.stlouisfed.org/series/EUEPUINDXM>  
(<https://fred.stlouisfed.org/series/EUEPUINDXM>)

In [8]:

```
EUPUI = pd.read_csv("FicherosDatos/EUEPUINDXM.csv")
EUPUI.rename(columns={'DATE':'Time', 'EUEPUINDXM':'Price'}, inplace=True)
EUPUI["Time"] = pd.to_datetime(EUPUI['Time'])
```

## 3. Análisis de los datos

### 3.1. Elementos auxiliares para el análisis

In [9]:

```
# RECTA PARA SEPARAR LOS CAMBIOS DE FASE EN LAS GRAFICAS
recta = []
fase1_2 = []
fase2_3 = []
fase3_4 = []

for i in range(110):
    recta.append(i)
    fase1_2.append(datetime.datetime(2007, 12, 31))
    fase2_3.append(datetime.datetime(2012, 12, 31))
    fase3_4.append(datetime.datetime(2020, 12, 31))
```

In [10]:

```
# LISTA CON LOS DATAFRAMES DE LOS EUA FUTURES CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE
EUA_FUTURES = [dec08,dec09,dec10,dec11,dec12,dec13,dec14,dec15,dec16,dec17,dec18,dec19,
dec20,dec21,dec22]
```

In [11]:

```
# NUEVAS COLUMNAS PARA TENER EL DIA, MES Y AÑO POR SEPARADO EN LOS DATAFRAMES DE LOS DE C EUA FUTURES
for i in EUA_FUTURES:
    i["Year"] = i["Time"].dt.year
    i["Month"] = i["Time"].dt.month
    i["Day"] = i["Time"].dt.day
```

In [12]:

```
# NUEVA COLUMNA EN LOS DATAFRAMES DE LOS DEC EUA FUTURES CON LA MEDIA MÓVIL DE LOS ÚLTIMOS 200 DIAS
for i in EUA_FUTURES:
    i["MedMovil200"]=i["Last"].rolling(200).mean()
    num=198
    while num>0:
        i.loc[num-1,"MedMovil200"]=i.loc[0:num,"Last"].rolling(num).mean()[num-1]
        num=num-1
```

In [13]:

```
# NUEVA COLUMA EN LAS DF DE LOS ETPs CON EL PRECIO DE CIERRE CONVERTIDO DE DÓLARES A EUROS

# KEUA
for i in range(len(KEUA)):
    index = eur_usd[eur_usd["Date"]==KEUA.loc[i,"Time"]].index[0]
    KEUA.loc[i,"Last€"]=KEUA.loc[i,"Last"]*eur_usd.loc[index, "Close"]

# KCCA
for i in range(len(KCCA)):
    index = eur_usd[eur_usd["Date"]==KCCA.loc[i,"Time"]].index[0]
    KCCA.loc[i,"Last€"]=KCCA.loc[i,"Last"]*eur_usd.loc[index, "Close"]

# KRBN
for i in range(len(KRBN)):
    index = eur_usd[eur_usd["Date"]==KRBN.loc[i,"Time"]].index[0]
    KRBN.loc[i,"Last€"]=KRBN.loc[i,"Last"]*eur_usd.loc[index, "Close"]

# GRN
for i in range(len(GRN)):
    index = eur_usd[eur_usd["Date"]==GRN.loc[i,"Time"]].index[0]
    GRN.loc[i,"Last€"]=GRN.loc[i,"Last"]*eur_usd.loc[index, "Close"]

# CARBLN
for i in range(len(CARBLN)):
    index = eur_usd[eur_usd["Date"]==CARBLN.loc[i,"Time"]].index[0]
    CARBLN.loc[i,"Last€"]=CARBLN.loc[i,"Last"]*eur_usd.loc[index, "Close"]
```

## 3.2. Cálculos

In [14]:

```
# CÁLCULO DE LAS RENTABILIDADES DE LOS FUTUROS CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE ENTRE 2008
Y 2022

resRentabilidad = pd.DataFrame(columns=['Vencimiento', 'PrimeraFecha', 'UltimaFecha', 'Pri
merPrecio€',
                                     'UltimoPrecio€', 'Rentabilidad'])
EUA_FUTURES = [dec08, dec09, dec10, dec11, dec12, dec13, dec14, dec15, dec16, dec17, dec18, dec19,
dec20, dec21, dec22,
               dec23, dec24, dec25, dec26, dec27, dec28]
EUA_FUTURES_String = ["dec08", "dec09", "dec10", "dec11", "dec12", "dec13", "dec14", "dec15",
"dec16", "dec17", "dec18",
                    "dec19", "dec20", "dec21", "dec22", "dec23", "dec24", "dec25", "dec26", "dec27",
"dec28"]
j=0
for i in EUA_FUTURES:
    primFecha = i.loc[0, "Time"]
    primPrecio = i.loc[0, "Last"]
    ultFecha = i.loc[len(i)-1, "Time"]
    ultPrecio = i.loc[len(i)-1, "Last"]
    rentabilidad = ultPrecio/primPrecio
    nuevaFila = [EUA_FUTURES_String[j], primFecha, ultFecha, primPrecio, ultPrecio, rent
abilidad]
    resRentabilidad.loc[j]=nuevaFila
    j=j+1
resRentabilidad["Rentabilidad"]=(resRentabilidad["Rentabilidad"]-1)*100
resRentabilidad.rename(columns={'Rentabilidad': 'Rentabilidad(%)'}, inplace=True)

if guardarFichero==1:
    resRentabilidad.to_excel("Ficheros/rentabilidad_FUTUROS.xlsx")
```

In [15]:

```
# CÁLCULO DE LAS RENTABILIDADES DE LOS ETPs

resRentabilidad = pd.DataFrame(columns=['ETP', 'PrimeraFecha', 'UltimaFecha', 'PrimerPreci
o€',
                                     'UltimoPrecio€', 'Rentabilidad'])

ETPs=[KEUA, KCCA, KRBN, GRN, CO2LN, CARBLN]
ETPsString = ["KEUA", "KCCA", "KRBN", "GRN", "CO2LN", "CARBLN"]
j=0
for i in ETPs:
    Vencimiento=ETPsString[j]
    ultFecha = i.loc[0, "Time"]
    ultPrecio = i.loc[0, "Last"]
    primFecha = i.loc[len(i)-1, "Time"]
    primPrecio = i.loc[len(i)-1, "Last"]
    rentabilidad = ultPrecio/primPrecio
    nuevaFila = [Vencimiento, primFecha, ultFecha, primPrecio, ultPrecio, rentabilidad]
    resRentabilidad.loc[j]=nuevaFila
    j=j+1

if guardarFichero==1:
    resRentabilidad.to_excel("Ficheros/rentabilidad_ETPs.xlsx")
```

In [16]:

```
# DESVIACIÓN DE LOS PRECIOS EUA FUTURO DICIEMBRE 2022 RESPECTO DE LA MOVIL ULTIMOS 200
DIAS
dec22["desviacion"] = dec22["Last"]-dec22["MedMovil200"]
dec22["ratio"] = dec22["Last"]/dec22["MedMovil200"]
```

In [17]:

```
# ANÁLISIS IMPACTO COVID - FUTURES DICIEMBRE 2022

a = dec22[(dec22["Time"]>"2020-03-01")&(dec22["Time"]<"2020-05-30")]
maxim = a["Last"].max()
minim = a["Last"].min()
dif = (a["Last"].max()-a["Last"].min())/a["Last"].max()
print("El máximo de "+ str(maxim)+" se alcanzó el "+str(a[a["Last"]==maxim]["Time"].to_
list()))
print("El mínimo de "+ str(minim)+" se alcanzó el "+str(a[a["Last"]==minim]["Time"].to_
list()))
print("La reducción fue del "+str(dif*100)+"%")
```

El máximo de 24.5 se alcanzó el [Timestamp('2020-03-10 00:00:00')]  
El mínimo de 16.12 se alcanzó el [Timestamp('2020-03-18 00:00:00')]  
La reducción fue del 34.20408163265306%

In [18]:

```
# ANÁLISIS GUERRA UCRANIA - FUTURES DICIEMBRE 2022

a = dec22[(dec22["Time"]>"2022-02-10")&(dec22["Time"]<"2022-04-30")]
maxim = a["Last"].max()
minim = a["Last"].min()
dif = (a["Last"].max()-a["Last"].min())/a["Last"].max()
print("El máximo de "+ str(maxim)+" se alcanzó el "+str(a[a["Last"]==maxim]["Time"].to_
list()))
print("El mínimo de "+ str(minim)+" se alcanzó el "+str(a[a["Last"]==minim]["Time"].to_
list()))
print("La reducción fue del "+str(dif*100)+"%")
```

El máximo de 95.07 se alcanzó el [Timestamp('2022-02-23 00:00:00')]  
El mínimo de 58.3 se alcanzó el [Timestamp('2022-03-07 00:00:00')]  
La reducción fue del 38.67676448932366%

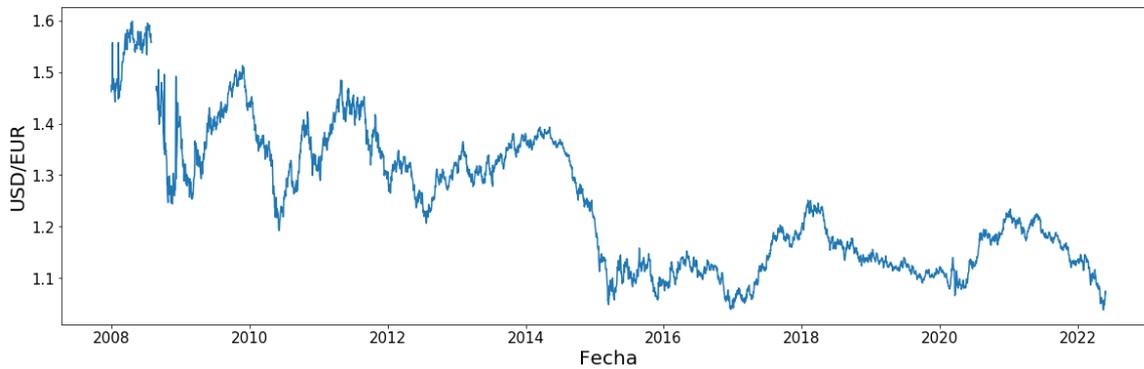
### 3.3. Figuras

In [19]:

```
# REPRESENTACION DE LA VARIACIÓN DEL CAMBIO EURO / DÓLAR ENTRE 2008 Y 2022
# EJE Y: Tasa de conversión Euro/Dólar
# EJE X: Fecha

plt.figure(figsize=(20,6))
plt.plot(eur_usd["Date"],eur_usd["Close"])
plt.title("Conversión EUR a USD", fontsize=25, pad=20)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('USD/EUR',fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/ConversionEUR_USD.png')
```

Conversión EUR a USD



In [20]:

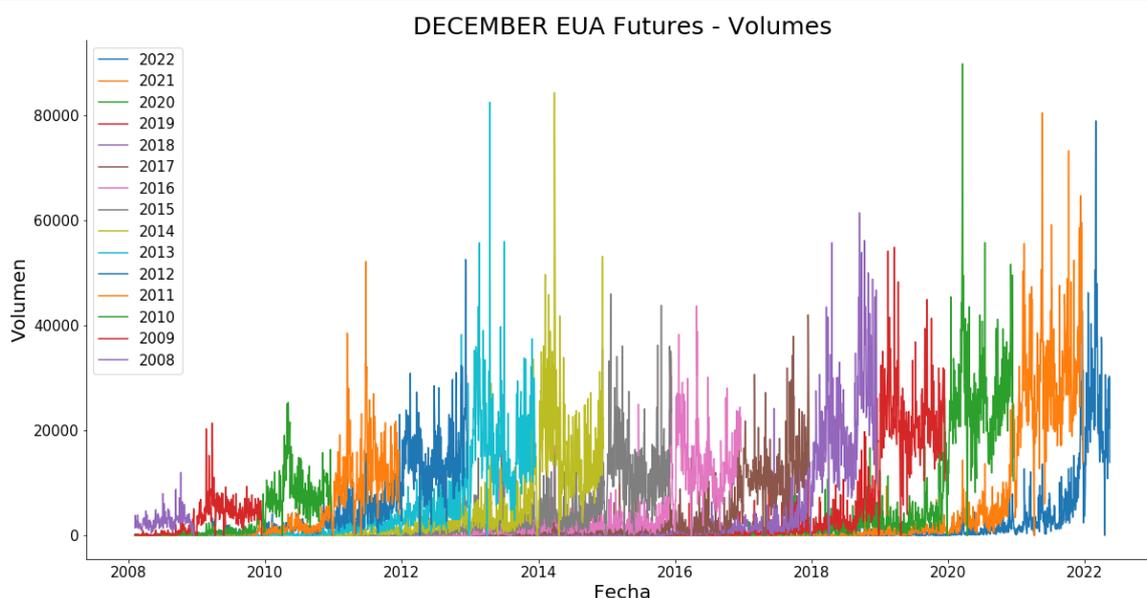
```
# REPRESENTACIÓN TEMPORAL DE LOS VOLÚMENES DE LOS FUTUROS EUA CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE, ENTRE 2008 Y 2022
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))

plt.plot(dec22["Time"],dec22["Volume"],label="2022")
plt.plot(dec21["Time"],dec21["Volume"],label="2021")
plt.plot(dec20["Time"],dec20["Volume"],label="2020")
plt.plot(dec19["Time"],dec19["Volume"],label="2019")
plt.plot(dec18["Time"],dec18["Volume"],label="2018")
plt.plot(dec17["Time"],dec17["Volume"],label="2017")
plt.plot(dec16["Time"],dec16["Volume"],label="2016")
plt.plot(dec15["Time"],dec15["Volume"],label="2015")
plt.plot(dec14["Time"],dec14["Volume"],label="2014")
plt.plot(dec13["Time"],dec13["Volume"],label="2013")
plt.plot(dec12["Time"],dec12["Volume"],label="2012")
plt.plot(dec11["Time"],dec11["Volume"],label="2011")
plt.plot(dec10["Time"],dec10["Volume"],label="2010")
plt.plot(dec09["Time"],dec09["Volume"],label="2009")
plt.plot(dec08["Time"],dec08["Volume"],label="2008")

plt.title("DECEMBER EUA Futures - Volumes", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Volumen', fontsize=20)

ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)
plt.legend(fontsize=15)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Volumenes_Futuros_Diciembre.png')
```



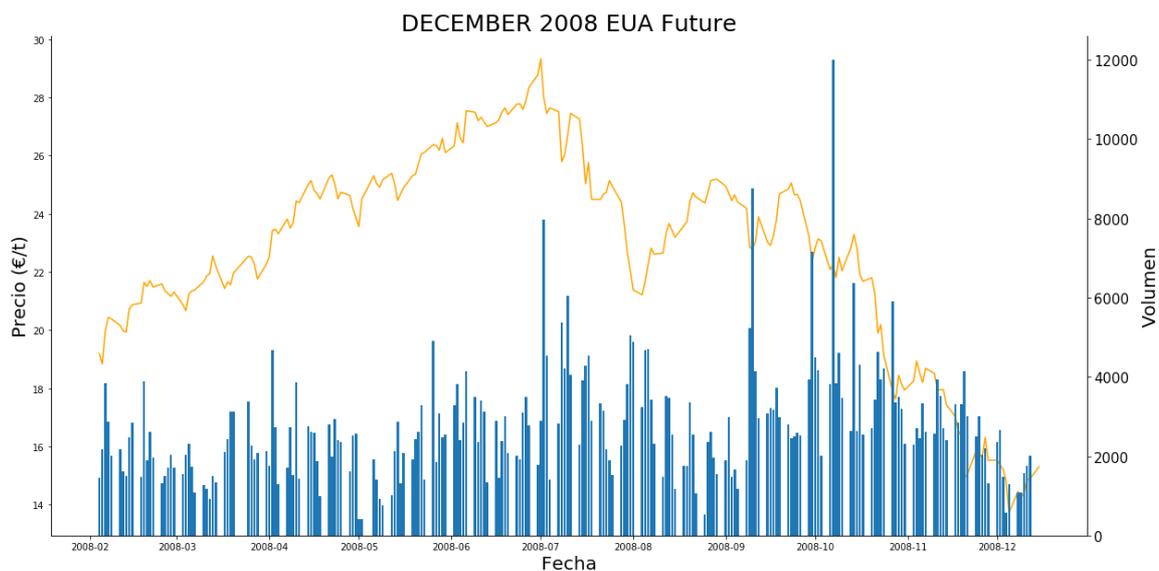
In [21]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PRECIOS Y VOLUMEN DE UN FUTURO CON VENCIMIENTO EN D  
# DICIEMBRE
```

```
i = dec08 # Se debe asignar a esta variable el dataframe asociado al futuro que se desea  
# representar
```

```
año = 2008 # Se debe asignar a esta variable el año de vencimiento del futuro que se de  
# sea representar
```

```
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))  
plt.title("DECEMBER "+str(año)+" EUA Future", fontsize=25)  
fig.set_size=(20,10)  
ax1.plot(i["Time"],i["Last"], color='orange', label="Price")  
ax2 = ax1.twinx()  
ax2.bar(i["Time"],i["Volume"], label="Volume")  
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)  
ax1.set_ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)  
ax2.set_ylabel('Volumen',fontsize=20)  
ax1.spines['top'].set_visible(False)  
ax2.spines['top'].set_visible(False)  
plt.xticks(fontsize=15)  
plt.yticks(fontsize=15)  
if guardarFigs==1:  
    plt.savefig('Figuras/Diciembre_'+str(año)+'_Pecio_Volumen.png')
```



In [22]:

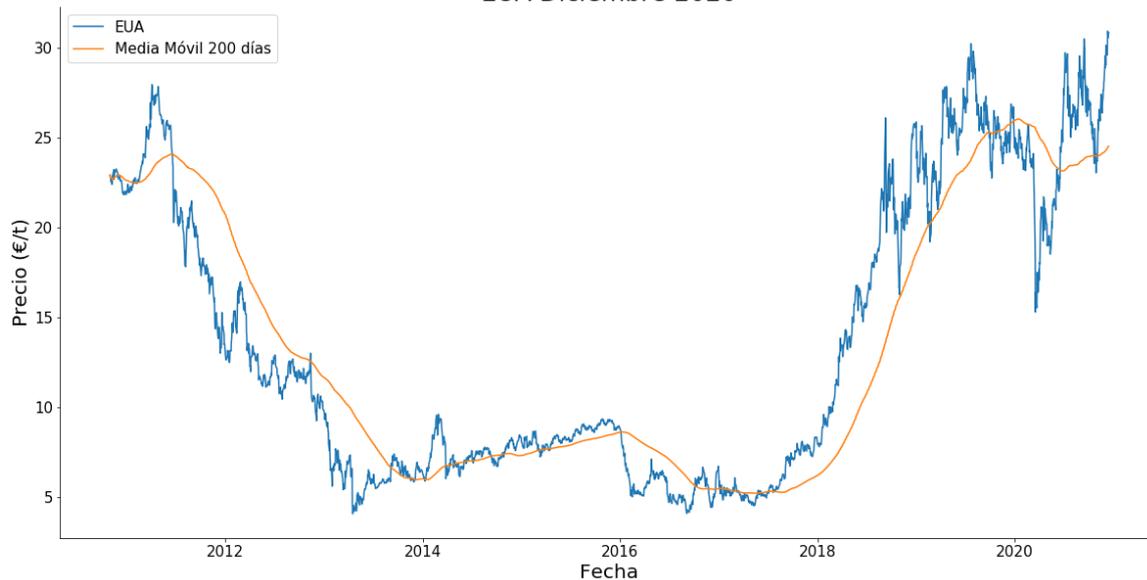
```
# REPRESENTACIÓN DE LOS FUTUROS EUA CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE JUNTO CON SU MEDIA MÓVIL DE LOS ÚLTIMOS 200 DÍAS
```

```
i = dec20 # Variable en la que se debe especificar el dataframe a representar  
año = "2020"
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))  
plt.plot(i["Time"],i["Last"], label="EUA")  
plt.plot(i["Time"],i["MedMovil200"], label="Media Móvil 200 días")  
plt.title("EUA Diciembre "+año, fontsize=25)  
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)  
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)  
ax=plt.gca()  
ax.spines['right'].set_visible(False)  
ax.spines['top'].set_visible(False)  
plt.legend(fontsize=15)  
plt.xticks(fontsize=15)  
plt.yticks(fontsize=15)
```

```
if guardarFigs==1:  
    plt.savefig('Figuras/EUA_'+año+'.png')
```

EUA Diciembre 2020

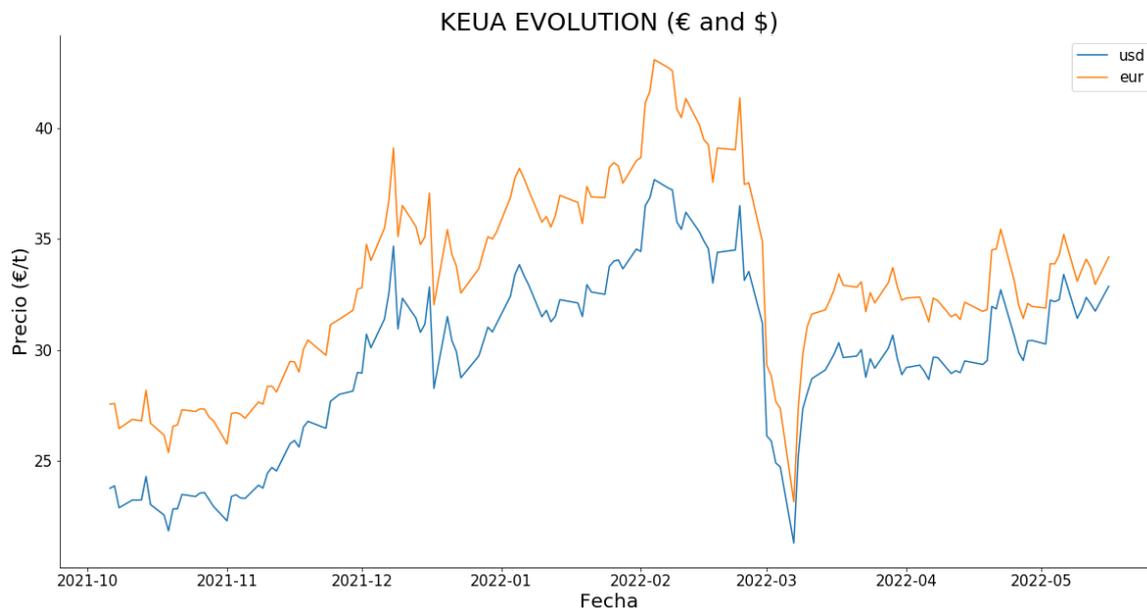


In [23]:

```
# REPRESENTACIÓN KEUA - DÓLARES Y EUROS

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(KEUA["Time"],KEUA["Last"], label="usd")
plt.plot(KEUA["Time"],KEUA["Last€"], label="eur")
plt.legend(fontsize=15)
plt.title("KEUA EVOLUTION (€ and $)", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)', fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/KEUA-EUR_USD.png')
```

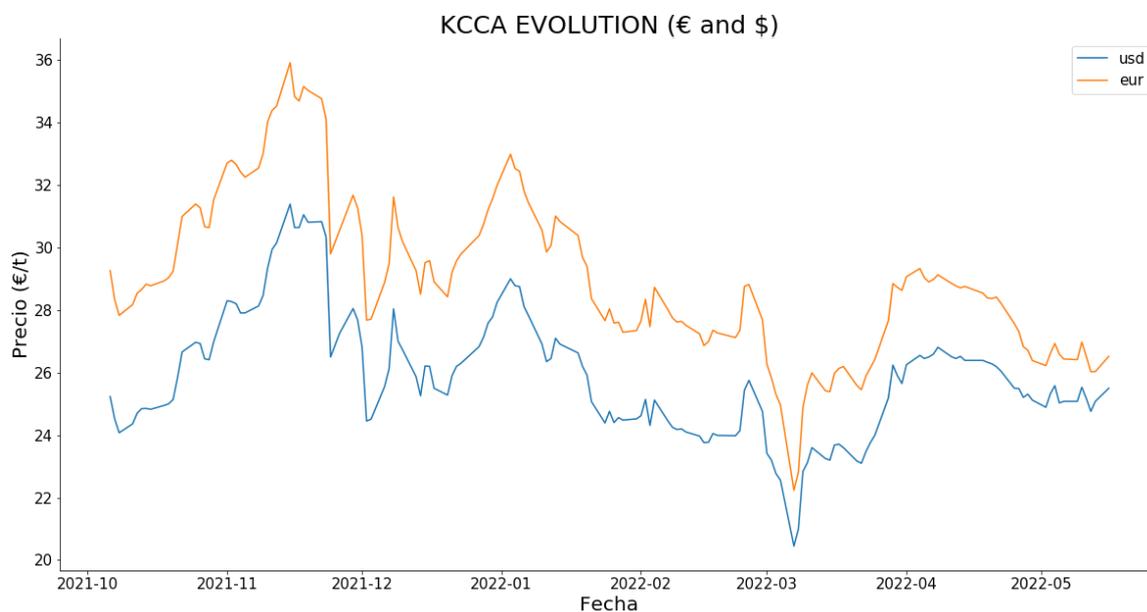


In [24]:

```
# REPRESENTACIÓN KCCA - DÓLARES Y EUROS

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(KCCA["Time"],KCCA["Last"], label="usd")
plt.plot(KCCA["Time"],KCCA["Last€"], label="eur")
plt.legend(fontsize=15)
plt.title("KCCA EVOLUTION (€ and $)", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)', fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/KCCA-EUR_USD.png')
```



In [25]:

```
# REPRESENTACIÓN KRBN - DÓLARES Y EUROS

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(KRBN["Time"],KRBN["Last"], label="usd")
plt.plot(KRBN["Time"],KRBN["Last€"], label="eur")
plt.legend(fontsize=15)
plt.title("KRBN EVOLUTION (€ and $)", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/KRBN-EUR_USD.png')
```



In [26]:

```
# REPRESENTACIÓN GRN - DÓLARES Y EUROS

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(GRN["Time"],GRN["Last"], label="usd")
plt.plot(GRN["Time"],GRN["Last€"], label="eur")
plt.legend(fontsize=15)
plt.title("GRN EVOLUTION (€ and $)", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/GRN-EUR_USD.png')
```

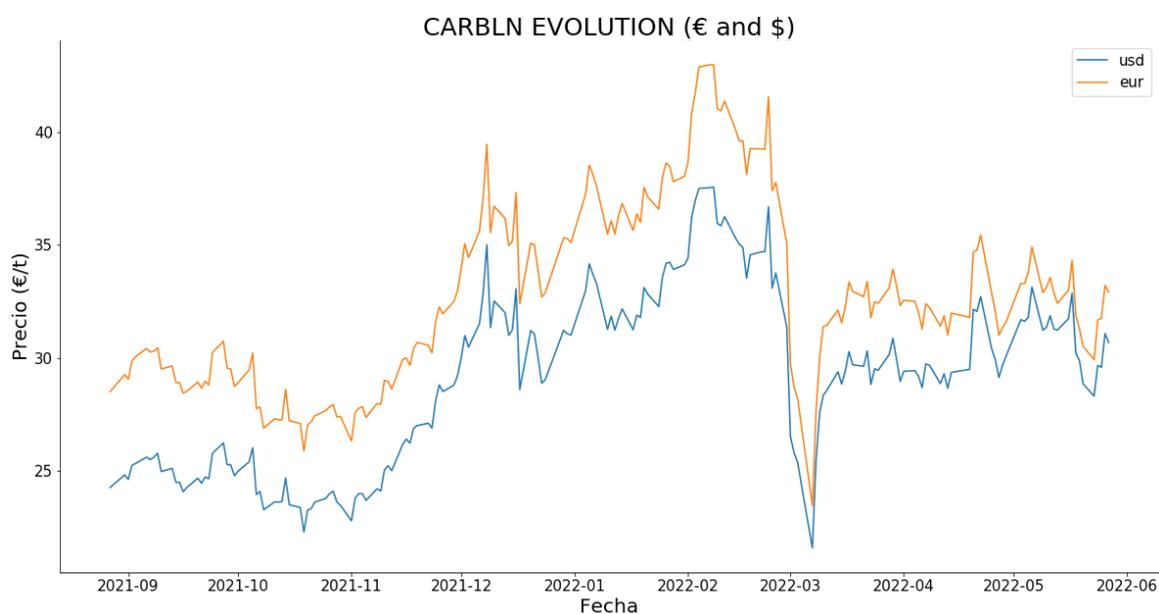


In [27]:

```
# REPRESENTACIÓN CARBLN - DÓLARES Y EUROS
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(CARBLN["Time"],CARBLN["Last"], label="usd")
plt.plot(CARBLN["Time"],CARBLN["Last€"], label="eur")
plt.legend(fontsize=15)
plt.title("CARBLN EVOLUTION (€ and $)", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)', fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/CARBLN-EUR_USD.png')
```



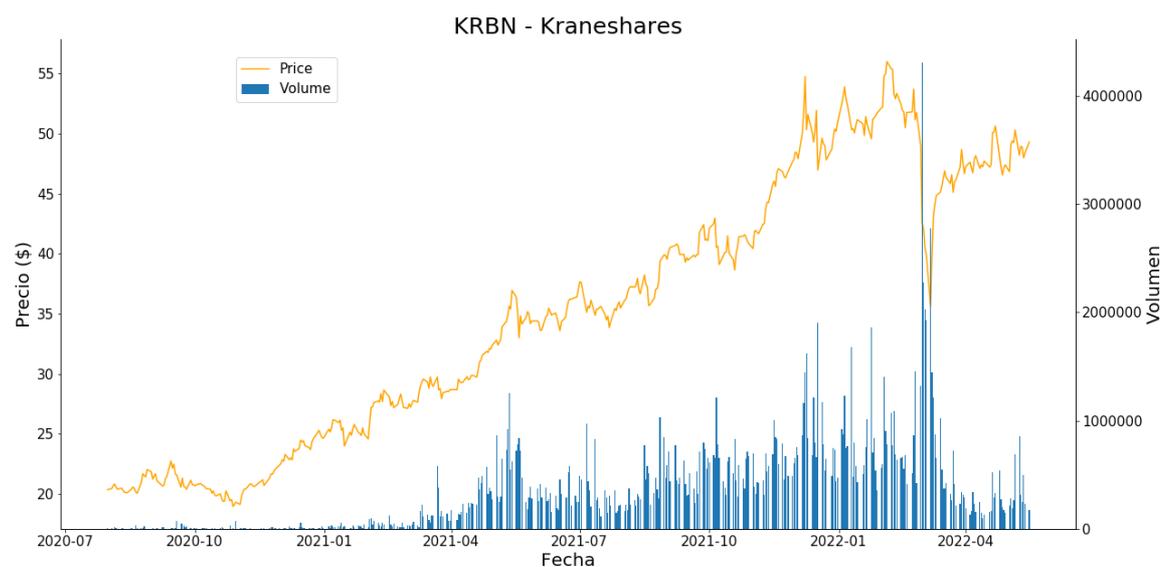
In [28]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PRECIOS Y VOLUMEN KRBN

i = KRBN

fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
plt.title("KRBN - Kraneshares", fontsize=25)
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(i["Time"],i["Last"], color='orange', label="Price")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.bar(i["Time"],i["Volume"], label="Volume")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('Precio ($)',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Volumen',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.25, 0.8),loc='upper right', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/KRBN-PRECIO_VOLUMEN.png')
```



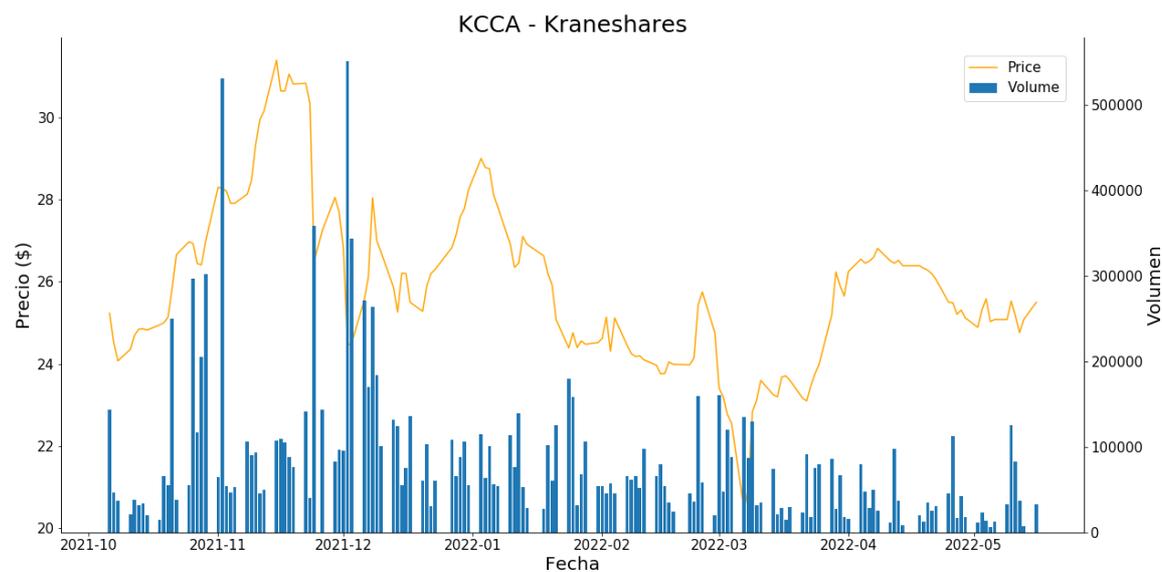
In [29]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PRECIOS Y VOLUMEN KCCA

i = KCCA

fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
plt.title("KCCA - Kraneshares", fontsize=25)
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(i["Time"],i["Last"], color='orange', label="Price")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.bar(i["Time"],i["Volume"], label="Volume")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('Precio ($)',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Volumen',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.8, 0.8),loc='upper right', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/KCCA-PRECIO_VOLUMEN.png')
```



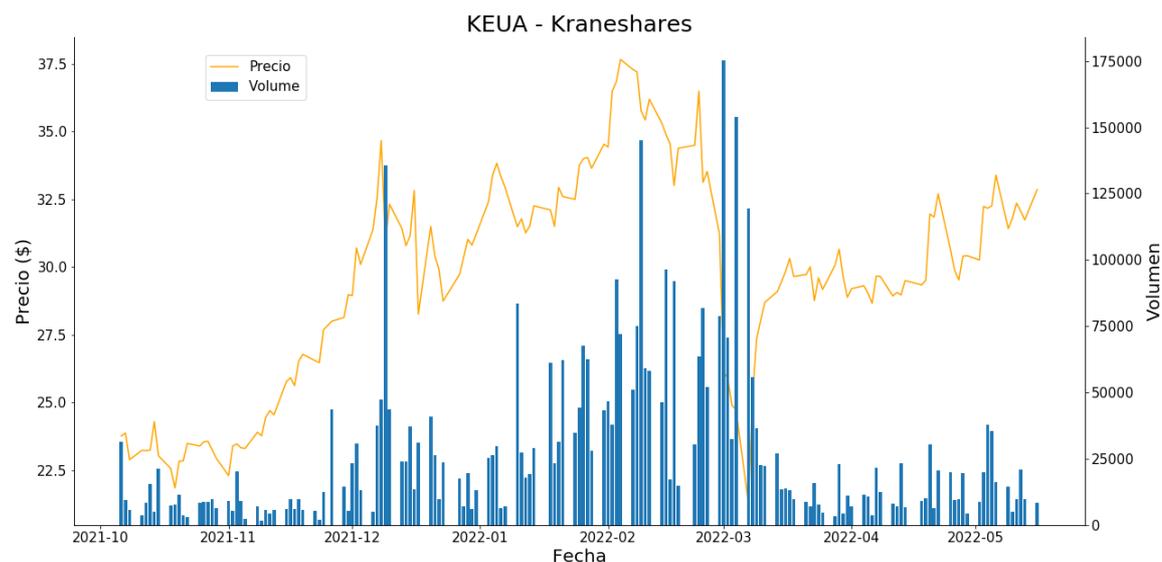
In [30]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PRECIOS Y VOLUMEN KEUA
```

```
i = KEUA
```

```
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
plt.title("KEUA - Kraneshares", fontsize=25)
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(i["Time"],i["Last"], color='orange', label="Precio")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.bar(i["Time"],i["Volume"], label="Volume")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('Precio ($)',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Volumen',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.15, 0.8),loc='upper left', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/KEUA-PRECIO_VOLUMEN.png')
```

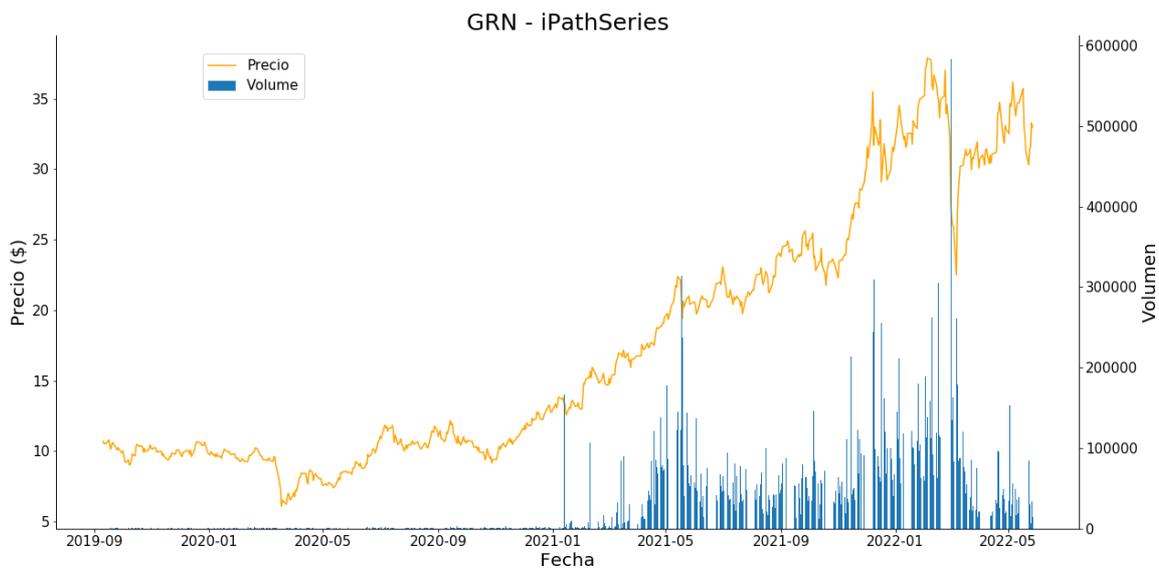


In [31]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PRECIOS Y VOLUMEN GRN
i = GRN

fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
plt.title("GRN - iPathSeries", fontsize=25)
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(i["Time"],i["Last"], color='orange', label="Precio")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.bar(i["Time"],i["Volume"], label="Volume")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('Precio ($)',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Volumen',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.15, 0.8),loc='upper left', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/GRN-PRECIO_VOLUMEN.png')
```



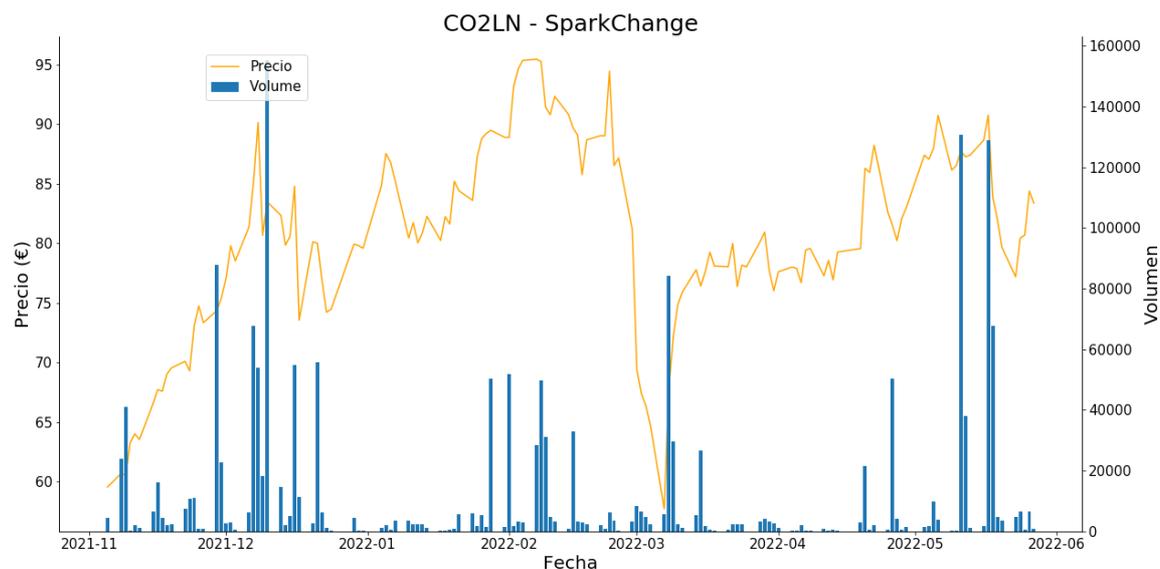
In [32]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PRECIOS Y VOLUMEN CO2LN
```

```
i = CO2LN
```

```
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
plt.title("CO2LN - SparkChange", fontsize=25)
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(i["Time"],i["Last"], color='orange', label="Precio")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.bar(i["Time"],i["Volume"], label="Volume")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('Precio (€)',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Volumen',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.15, 0.8),loc='upper left', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/CO2LN-PRECIO_VOLUMEN.png')
```



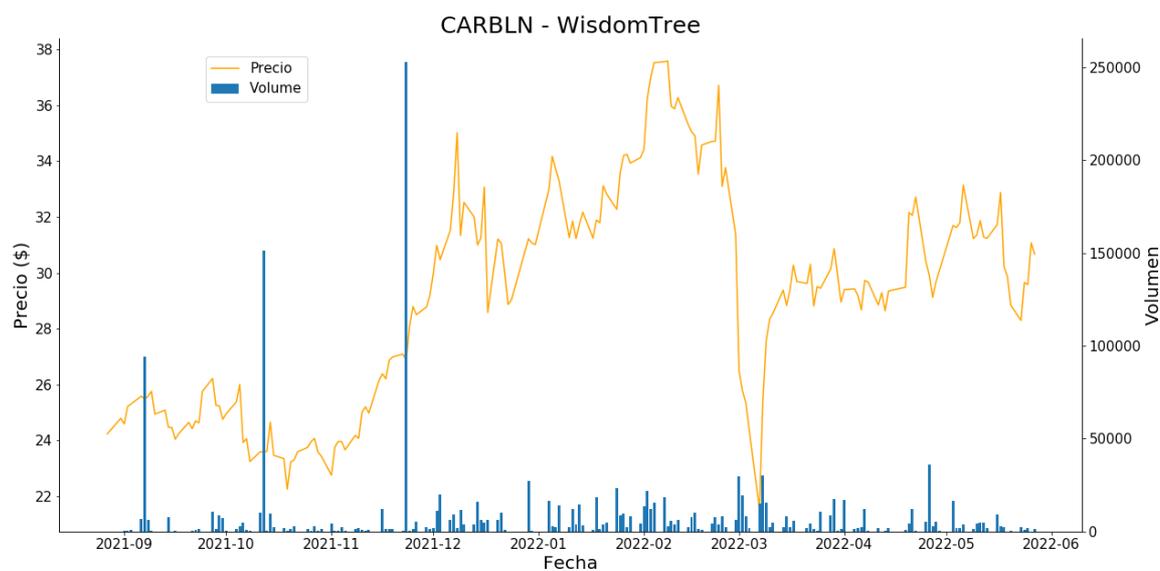
In [33]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PRECIOS Y VOLUMEN CARBLN
```

```
i = CARBLN
```

```
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
plt.title("CARBLN - WisdomTree", fontsize=25)
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(i["Time"],i["Last"], color='orange', label="Precio")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.bar(i["Time"],i["Volume"], label="Volume")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('Precio ($)',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Volumen',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.15, 0.8),loc='upper left', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/CARBLN-PRECIO_VOLUMEN.png')
```

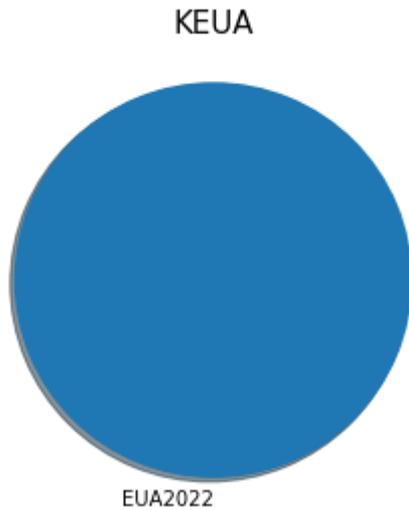


In [34]:

```
# REPRESENTACIÓN DISTRIBUCIÓN DE FONDOS - KEUA

labels = ["EUA2022"]
sizes = [100]
fig1, ax1 = plt.subplots()
ax1.pie(sizes, labels=labels, shadow=True, startangle=90, textprops={"fontsize":10})
ax1.axis('equal')
plt.title("KEUA", fontsize=15, pad=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/PIECHART_KEUA.png')
```



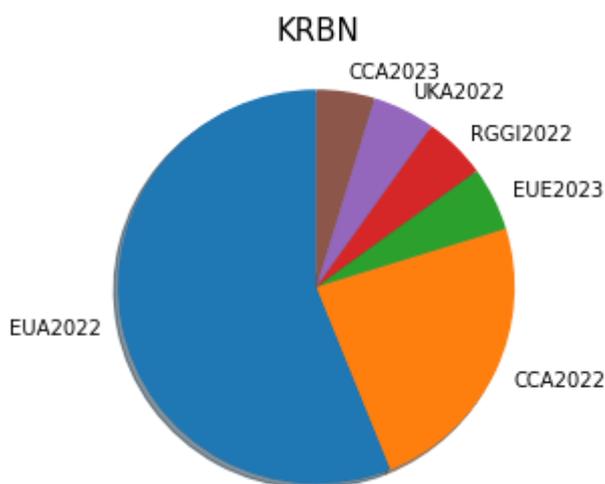
In [35]:

```
# REPRESENTACIÓN DISTRIBUCIÓN DE FONDOS - KRBN

# European Union Allowance (EUA) 2022 Future --> 56.1%
# California Carbon Allowance (CCA) Vintage 2022 Future --> 23.66%
# European Union Allowance (EUA) 2023 Future --> 5.23%
# Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) Vintage 2022 Future --> 5.13%
# UK Allowance (UKA) 2022 Future --> 5.12%
# California Carbon Allowance (CCA) Vintage 2023 Future --> 4.74%

labels = ["EUA2022", "CCA2022", "EUE2023", "RGGI2022", "UKA2022", "CCA2023"]
sizes = [56.1, 23.66, 5.23, 5.13, 5.12, 4.74]
fig1, ax1 = plt.subplots()
ax1.pie(sizes, labels=labels, shadow=True, startangle=90, textprops={"fontsize":10})
ax1.axis('equal')
plt.title("KRBN", fontsize=15, pad=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/PIECHART_KRBN.png')
```

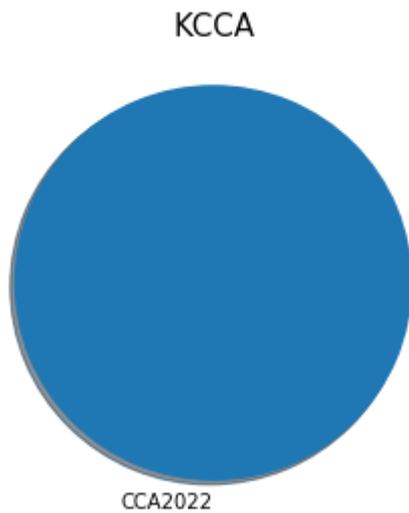


In [36]:

```
# REPRESENTACIÓN DISTRIBUCIÓN DE FONDOS - KCCA
# California Carbon Allowance (CCA) Vintage 2022 Future --> 100%

labels = ["CCA2022"]
sizes = [100]
fig1, ax1 = plt.subplots()
ax1.pie(sizes, labels=labels, shadow=True, startangle=90, textprops={"fontsize":10})
ax1.axis('equal')
plt.title("KCCA", fontsize=15, pad=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/PIECHART_KCCA.png')
```

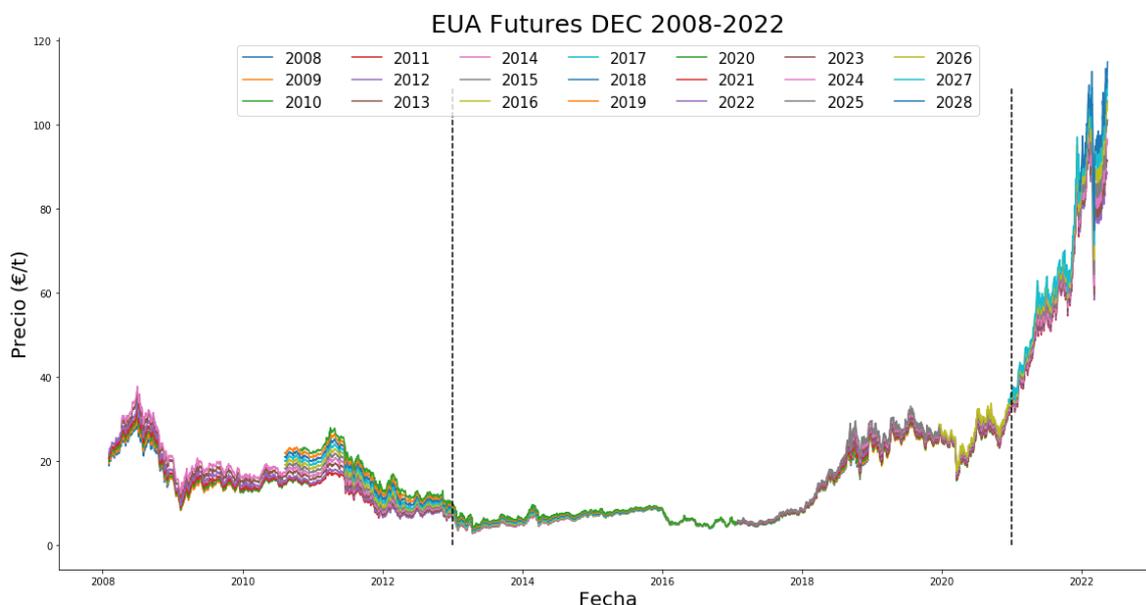


In [37]:

```
# REPRESENTACIÓN PRECIO FUTUROS EUA CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE CON SEPARACIÓN POR FASES
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(dec08["Time"],dec08["Last"], label="2008")
plt.plot(dec09["Time"],dec09["Last"], label="2009")
plt.plot(dec10["Time"],dec10["Last"], label="2010")
plt.plot(dec11["Time"],dec11["Last"], label="2011")
plt.plot(dec12["Time"],dec12["Last"], label="2012")
plt.plot(dec13["Time"],dec13["Last"], label="2013")
plt.plot(dec14["Time"],dec14["Last"], label="2014")
plt.plot(dec15["Time"],dec15["Last"], label="2015")
plt.plot(dec16["Time"],dec16["Last"], label="2016")
plt.plot(dec17["Time"],dec17["Last"], label="2017")
plt.plot(dec18["Time"],dec18["Last"], label="2018")
plt.plot(dec19["Time"],dec19["Last"], label="2019")
plt.plot(dec20["Time"],dec20["Last"], label="2020")
plt.plot(dec21["Time"],dec21["Last"], label="2021")
plt.plot(dec22["Time"],dec22["Last"], label="2022")
plt.plot(dec23["Time"],dec23["Last"], label="2023")
plt.plot(dec24["Time"],dec24["Last"], label="2024")
plt.plot(dec25["Time"],dec25["Last"], label="2025")
plt.plot(dec26["Time"],dec26["Last"], label="2026")
plt.plot(dec27["Time"],dec27["Last"], label="2027")
plt.plot(dec28["Time"],dec28["Last"], label="2028")
plt.plot(fase2_3,recta, '--', color='k')
plt.plot(fase3_4,recta, '--', color='k')
plt.legend(fontsize=15, loc="upper center", ncol=7)
plt.title("EUA Futures DEC 2008-2022", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Fases2_3_4.png')
```

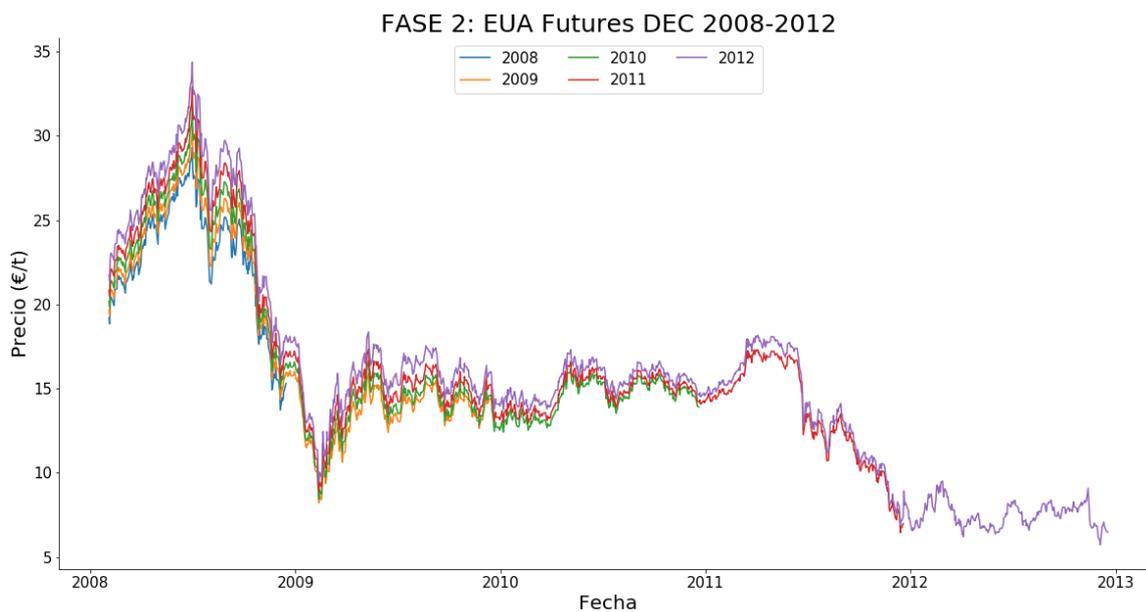


In [38]:

```
# REPRESENTACION EVOLUCION PRECIOS FUTUROS EUA CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE 2008-2012 EN LA FASE 2
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(dec08["Time"],dec08["Last"], label="2008")
plt.plot(dec09["Time"],dec09["Last"], label="2009")
plt.plot(dec10["Time"],dec10["Last"], label="2010")
plt.plot(dec11["Time"],dec11["Last"], label="2011")
plt.plot(dec12["Time"],dec12["Last"], label="2012")
plt.legend(fontsize=15, loc="upper center", ncol=3)
plt.title("FASE 2: EUA Futures DEC 2008-2012", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Fase2.png')
```

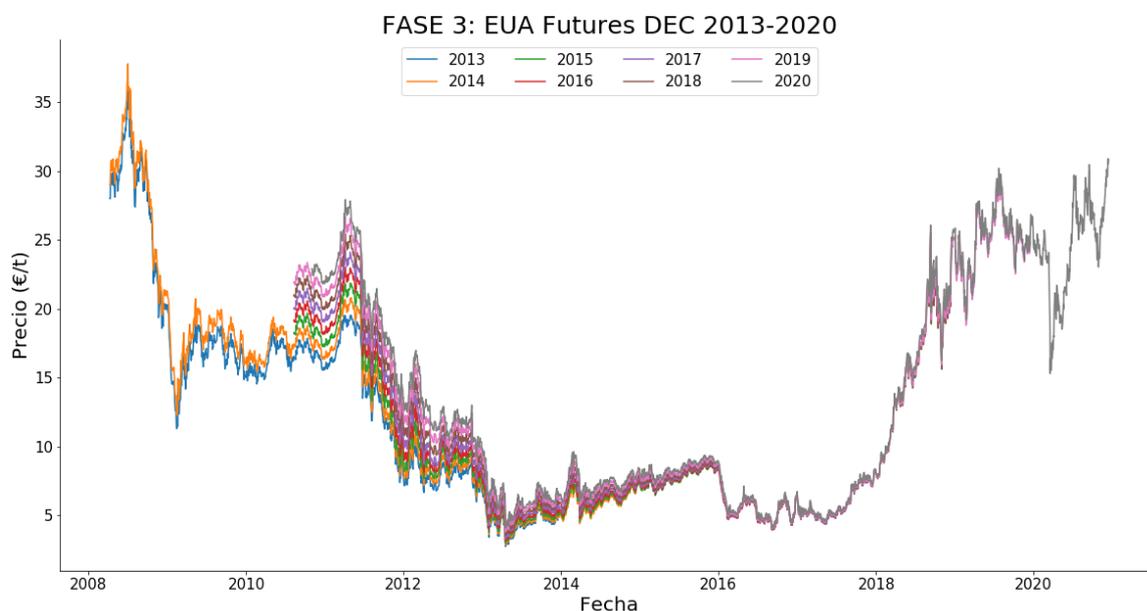


In [39]:

```
# REPRESENTACION EVOLUCION PRECIOS FUTUROS EUA CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE 2013-2020 EN LA FASE 3
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(dec13["Time"],dec13["Last"], label="2013")
plt.plot(dec14["Time"],dec14["Last"], label="2014")
plt.plot(dec15["Time"],dec15["Last"], label="2015")
plt.plot(dec16["Time"],dec16["Last"], label="2016")
plt.plot(dec17["Time"],dec17["Last"], label="2017")
plt.plot(dec18["Time"],dec18["Last"], label="2018")
plt.plot(dec19["Time"],dec19["Last"], label="2019")
plt.plot(dec20["Time"],dec20["Last"], label="2020")
plt.legend(fontsize=15, loc="upper center", ncol=4)
plt.title("FASE 3: EUA Futures DEC 2013-2020", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Fase3.png')
```

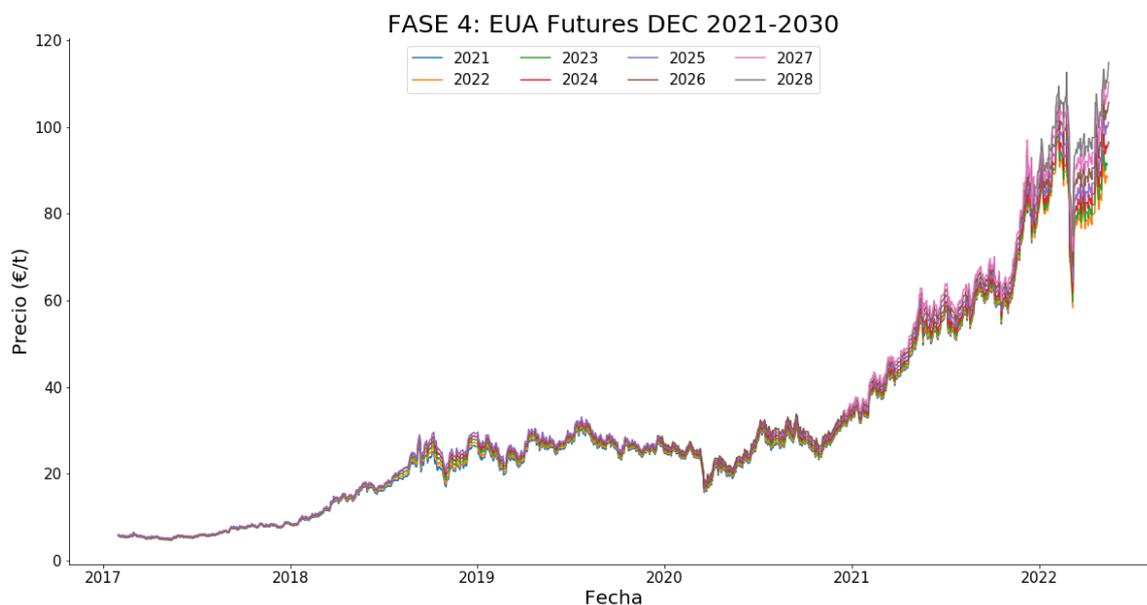


In [40]:

```
# REPRESENTACION EVOLUCION PRECIOS FUTUROS EUA CON VENCIMIENTO EN DICIEMBRE 2021-2028 EN LA FASE 4
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(dec21["Time"],dec21["Last"], label="2021")
plt.plot(dec22["Time"],dec22["Last"], label="2022")
plt.plot(dec23["Time"],dec23["Last"], label="2023")
plt.plot(dec24["Time"],dec24["Last"], label="2024")
plt.plot(dec25["Time"],dec25["Last"], label="2025")
plt.plot(dec26["Time"],dec26["Last"], label="2026")
plt.plot(dec27["Time"],dec27["Last"], label="2027")
plt.plot(dec28["Time"],dec28["Last"], label="2028")
plt.legend(fontsize=15, loc="upper center", ncol=4)
plt.title("FASE 4: EUA Futures DEC 2021-2030", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Fase4.png')
```



In [41]:

```
# REPRESENTACION DE LA DESVIACION: PRECIO EUA FUTURO DICIEMBRE 2022 - MEDIA MOVIL ULTIMOS 200 DIAS
```

```
lst = [0] * len(dec22["Time"])
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(dec22["Time"],dec22["desviacion"])
plt.plot(dec22["Time"],lst,'--', color="black")
plt.title("FUTURO EUA - VENCIMIENTO 2022", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€) - Media Móvil 200 días (€)',fontsize=20)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Desviacion_PrecioDEC22-MediaMovil.png')
```

FUTURO EUA - VENCIMIENTO 2022



In [42]:

```
# REPRESENTACION DEL RATIO: PRECIO EUA FUTURO DICIEMBRE 2022/ MEDIA MOVIL ULTIMOS 200 D
IAS

lst = [1] * len(dec22["Time"])
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(dec22["Time"],lst,'--', color="black")
plt.plot(dec22["Time"],dec22["ratio"])
plt.title("FUTURO EUA - VENCIMIENTO 2022", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Relación Precio/Media Móvil 200 días',fontsize=20)
plt.ylim(bottom=0)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Ratio_PrecioDEC22_MediaMovil200.png')
```



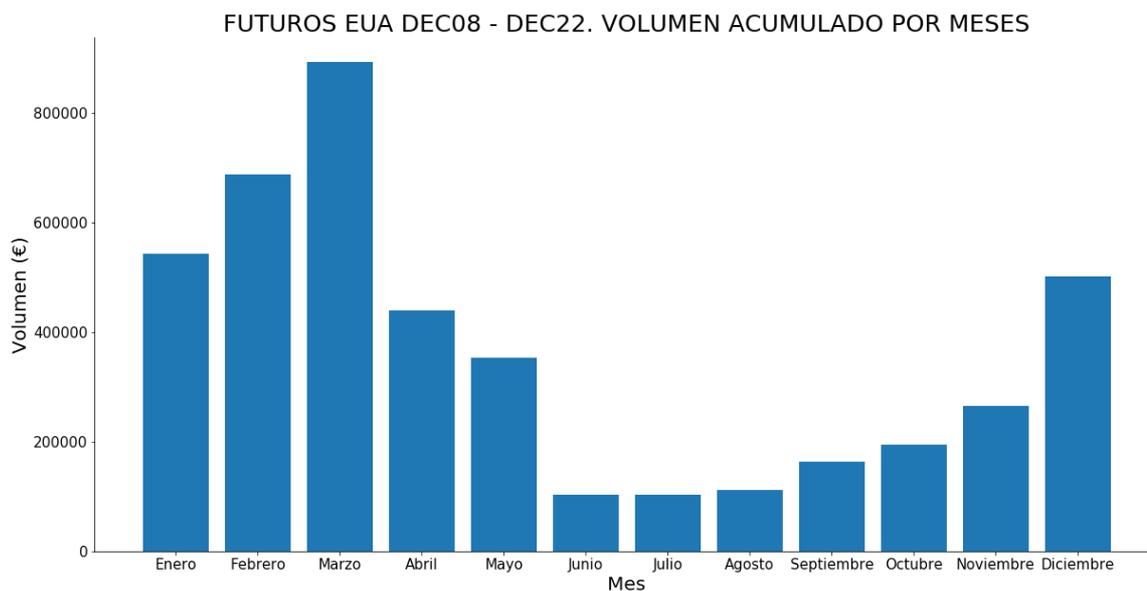
In [43]:

```
# REPRESENTACION DEL VOLUMEN ACUMULADO POR MESES CONSIDERANDO LOS FUTUROS EUA CON FECHA DE VENCIMIENTO
# EN DICIEMBRE ENTRE LOS AÑOS 2008 - 2022

lista = [0]*12
EUA_FUTURES = [dec08,dec09,dec10,dec11,dec12,dec13,dec14,dec15,dec16,dec17,dec18,dec19,dec20,dec21,dec22]
for df in EUA_FUTURES:
    for i in range (1,13):
        lista[i-1] = df[df["Month"]==i]["Volume"].sum()

x=["Enero","Febrero","Marzo","Abril","Mayo","Junio","Julio","Agosto","Septiembre","Octubre","Noviembre","Diciembre"]
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.bar(x,lista)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
plt.title("FUTUROS EUA DEC08 - DEC22. VOLUMEN ACUMULADO POR MESES", fontsize=25)
plt.xlabel('Mes', fontsize=20)
plt.ylabel('Volumen (€)',fontsize=20)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Volumen.png')
```

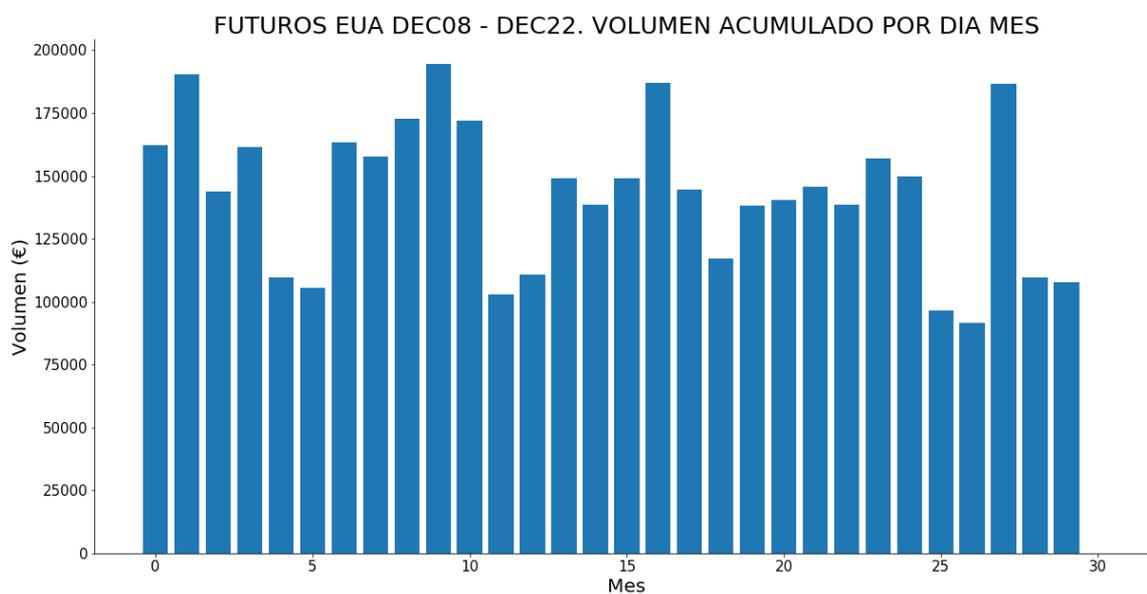


In [44]:

```
# REPRESENTACION DEL VOLUMEN ACUMULADO POR DIA DEL MES CONSIDERANDO LOS FUTUROS EUA CON
FECHA DE VENCIMIENTO
# EN DICIEMBRE ENTRE LOS AÑOS 2008 - 2022

lista = [0]*31
EUA_FUTURES = [dec08,dec09,dec10,dec11,dec12,dec13,dec14,dec15,dec16,dec17,dec18,dec19,
dec20,dec21,dec22]
for df in EUA_FUTURES:
    for i in range (1,31):
        lista[i-1] = df[df["Day"]==i]["Volume"].sum()
x=[]
for i in range(31):
    x.append(i)
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.bar(x,lista)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)
plt.title("FUTUROS EUA DEC08 - DEC22. VOLUMEN ACUMULADO POR DIA MES", fontsize=25)
plt.xlabel('Mes', fontsize=20)
plt.ylabel('Volumen (€)',fontsize=20)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/VolumenDiaMes.png')
```



In [45]:

```
# REPRESENTACIÓN DEL IMPACTO DE LA CRISIS 2008 - FUTURES DICIEMBRE 2022

a = dec12[(dec12["Time"]>"2008-4-1")&(dec12["Time"]<"2009-5-15")]
lista=[]
for i in range(16,28):
    lista = lista + [i]

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(a["Time"],a["Last"])
plt.title("Impacto de la crisis de 2008 en los futuros EUA diciembre 2022", fontsize=25)
)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/CRISIS2008.png')
```



In [46]:

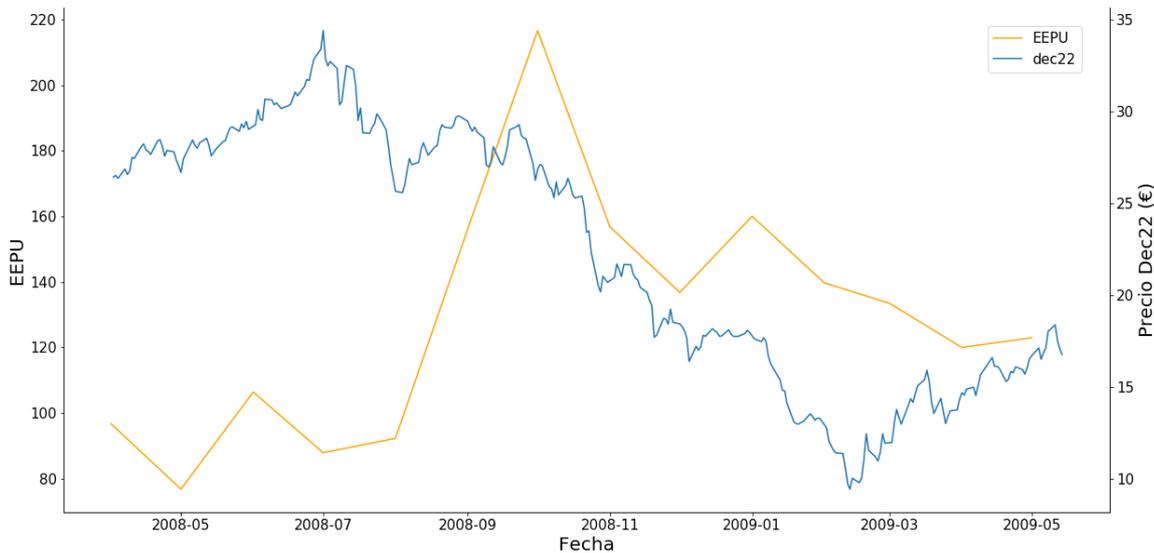
```
# REPRESENTACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA CRISIS 2008 EN LOS FUTURES DICIEMBRE 2012 Y EL EEPU
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))
a = dec12[(dec12["Time"]>"2008-4-1")&(dec12["Time"]<"2009-5-15")]
b = EUPUI[(EUPUI["Time"]>="2008-4-1")&(EUPUI["Time"]<="2009-05-1")]

fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(b["Time"], b["Price"], color='orange', label="EEPU")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.plot(a["Time"],a["Last"], label="dec22")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('EEPU',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Precio Dec22 (€)',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.8, 0.8),loc='upper right', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/EEPU_CRISIS2008.png')
```

<Figure size 1440x720 with 0 Axes>



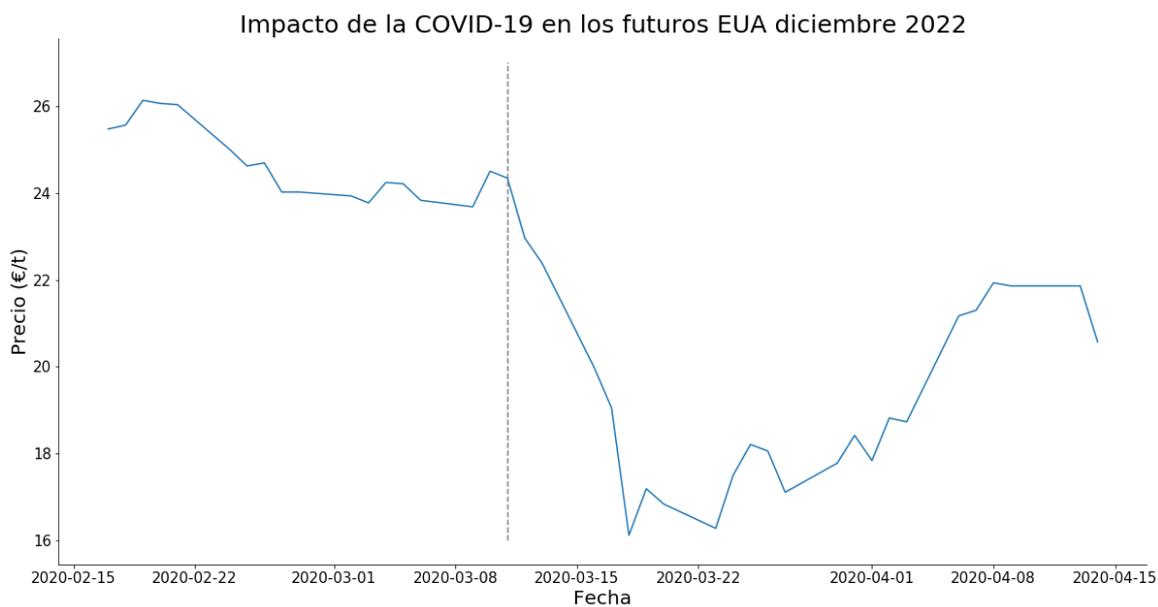
In [47]:

```
# REPRESENTACIÓN DEL IMPACTO DE LA COVID-19 - FUTURES DICIEMBRE 2022

a = dec22[(dec22["Time"]>"2020-2-15")&(dec22["Time"]<"2020-04-15")]
lista=[]
for i in range(16,28):
    lista = lista + [i]

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(a["Time"],a["Last"])
plt.plot([datetime.datetime(2020, 3, 11)]*12,lista,'--', color='grey')
plt.title("Impacto de la COVID-19 en los futuros EUA diciembre 2022", fontsize=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/COVID19.png')
```



In [48]:

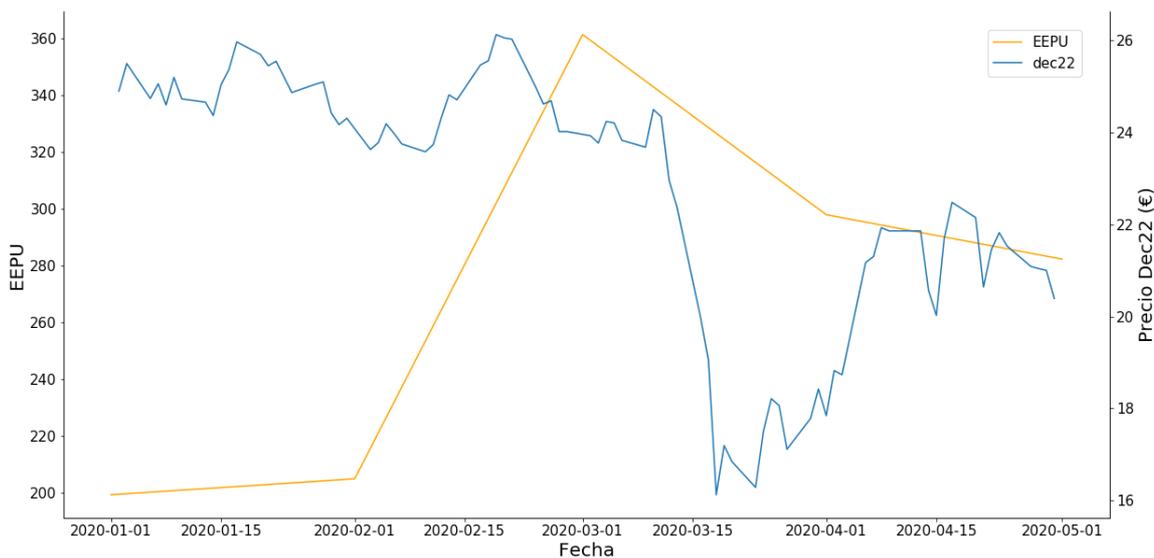
```
# REPRESENTACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE DE LA COVID-19 EN LOS FUTURES DICIEMBRE 2022 Y EL
EPU

plt.figure(figsize=(20,10))
a = dec22[(dec22["Time"]>="2020-1-1")&(dec22["Time"]<"2020-05-1")]
b=EUPUI[(EUPUI["Time"]>="2020-1-1")&(EUPUI["Time"]<="2020-05-1")]
#plt.plot(b["Time"], b["Price"])

fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(b["Time"], b["Price"], color='orange', label="EPU")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.plot(a["Time"],a["Last"], label="dec22")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('EPU',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Precio Dec22 (€)',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.8, 0.8),loc='upper right', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

#if guardarFigs==1:
plt.savefig('Figuras/EPU_COVID19.png')
```

<Figure size 1440x720 with 0 Axes>



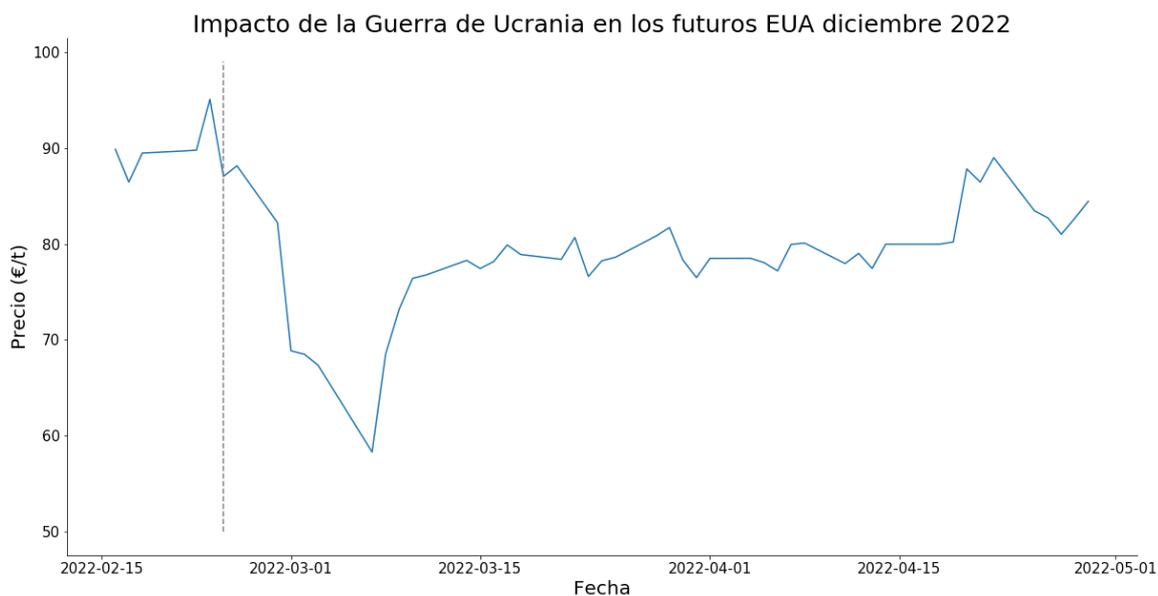
In [49]:

```
# REPRESENTACIÓN DEL IMPACTO DE LA GUERRA UCRANIA - FUTURES DICIEMBRE 2022

a = dec22[(dec22["Time"]>"2022-02-15")&(dec22["Time"]<"2022-05-1")]
lista=[]
for i in range(50,100):
    lista = lista + [i]

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.plot(a["Time"],a["Last"])
plt.plot([datetime.datetime(2022, 2, 24)]*50,lista,'--', color='grey')
plt.title("Impacto de la Guerra de Ucrania en los futuros EUA diciembre 2022", fontsize
=25)
plt.xlabel('Fecha', fontsize=20)
plt.ylabel('Precio (€/t)',fontsize=20)
ax=plt.gca()
ax.spines['right'].set_visible(False)
ax.spines['top'].set_visible(False)
plt.xticks(fontsize=15)
plt.yticks(fontsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/Ucrania.png')
```



In [50]:

```
# REPRESENTACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL IMPACTO DE LA GUERRA UCRANIA FUTURES DICIEMBRE 2022 Y EL EEPU
```

```
plt.figure(figsize=(20,10))
a = dec22[(dec22["Time"]>"2022-02-1")&(dec22["Time"]<"2022-04-30")]
b=EUPUI[(EUPUI["Time"]>="2022-02-1")&(EUPUI["Time"]<"2022-06-1")]

fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(20,10))
fig.set_size=(20,10)
ax1.plot(b["Time"], b["Price"], color='orange', label="EPU")
ax2 = ax1.twinx()
ax2.plot(a["Time"],a["Last"], label="dec22")
ax1.set_xlabel('Fecha', fontsize=20)
ax1.set_ylabel('EPU',fontsize=20)
ax2.set_ylabel('Precio Dec22 (€)',fontsize=20)
fig.legend(bbox_to_anchor=(0.8, 0.8),loc='upper right', borderaxespad=0, fontsize=15)
ax1.spines['top'].set_visible(False)
ax2.spines['top'].set_visible(False)
ax1.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.xaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax1.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)
ax2.yaxis.set_tick_params(labelsize=15)

if guardarFigs==1:
    plt.savefig('Figuras/EEPU_Ucrania.png')
```

<Figure size 1440x720 with 0 Axes>

