



BOLETÍN No.

**14**

# Observatorio Colombiano de Tratados Comerciales (OCTC)

## BOLETÍN No. 14

Presidente del Claustro  
**JUAN MANUEL LINARES VENEGAS**

Rectora  
**ÁNGELA MARÍA MERCHÁN BASABE**

Vicerrector Académico  
**VLADIMIR BALLESTEROS BALLESTEROS**

Vicerrectoría de Proyección Social y Relaciones  
**MARÍA ANGÉLICA CORTÉS MONTEJO**

Vicerrector Administrativo y Financiero  
**CAROLINA IANNINI URIBE**

Decano Facultad de Ciencias Económicas,  
Administrativas y Contables  
**ÁLVARO LUIS MERCADO SUÁREZ**

Director del programa de  
Administración del Turismo Sostenible  
**EDUARDO GARZÓN LOMBANA**

Director de los programas de  
Economía y Contaduría Pública  
**DANIELA GAITAN COTRINO**

Director del programa de  
Administración de Empresas a Distancia  
**DIANA GERALDINE JIMÉNEZ GARCÍA**

Director de Investigaciones  
**JOHN PETEARSON ANZOLA ANZOLA**

Centro de Investigaciones  
Económicas y Empresariales (CICE)  
**MELVA INÉS GÓMEZ CAICEDO**

Líder Observatorio Colombiano  
de Tratados Comerciales  
**JOSÉ VIDAL CASTAÑO RAMÍREZ**

Coordinadora Editorial  
**HEIDY LISBETH GIRAL HUERTAS**

Diseño y diagramación  
**CARLOS ARTURO ROBLES**

Contacto:  
[cice@libertadores.edu.co](mailto:cice@libertadores.edu.co)  
Cra. 16 No. 63A - 68



**MISIÓN**



**VISIÓN**

El Observatorio Colombiano de Tratados Comerciales (OCTC) es una unidad de investigación que direcciona sus esfuerzos en solventar los cuestionamientos que genera el intercambio de bienes y servicios y la movilidad de factores a la luz de los tratados de libre comercio y demás acuerdos comerciales celebrados por Colombia y/o en proceso de negociación, atendiendo igualmente temas relevantes como la propiedad intelectual, las inversiones, las regulaciones y el acceso a los mercados.

Posicionarnos como referente nacional en el análisis y generación de conocimiento sobre la inserción económica internacional de Colombia, gracias a las contribuciones a planes, proyectos y políticas, tanto públicos como privados encaminados al aprovechamiento de los beneficios del libre comercio.

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.  
**6**

**DESCARBONIZACIÓN  
DE LA ECONOMÍA  
GLOBAL**

Pág.  
**26**

**ESPECIES  
BIOLOGÍCAS INVALEN  
LA CADENA GLOBAL  
DE SUMINISTRO**

Pág.  
**52**

**LOS IMPACTOS DE  
LA VOLATILIDAD  
DEL DÓLAR EN  
COMERCIO EXTERIOR  
COLOMBIANO EN  
POSTPANDEMIA**

1

**DESCARBONIZACION  
DE LA ECONOMIA  
GLOBAL**

# DESCARBONIZACION DE LA ECONOMIA GLOBAL

Xiomara Daniela Velásquez Monroy\*

## Introducción

El Cambio Climático Global (CCG) es el factor externo clave que ha comenzado a influir en la economía del mundo y lo hará aún más en el futuro; implica cambios a largo plazo en los patrones climáticos del mundo; no es solo un problema ecológico, la temperatura promedio mundial ha aumentado 0,5 °C en comparación con la media del periodo 1986-2005. El nivel medio del mar ha aumentado 16 cm desde 1900. Si bien estos cambios son aparentemente menores, los científicos presagian interrupciones más significativas para fines de siglo si no se toman medidas. Desde el comienzo de la era industrial, la actividad humana, en particular, el consumo de combustibles fósiles ha aumentado la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera (Xiomara Velásquez M., 2022c). En el siglo pasado, las partes por millón (ppm) de CO<sub>2</sub> en la atmósfera variaban entre 180 y 280 ppm, sin superar nunca las 300 ppm. Desde 2013, la concentración de CO<sub>2</sub> superó las 400 ppm y continúa aumentando. Esta mayor concentración precipita el efecto invernadero, por el cual estos gases atrapan la radiación solar que llega a la tierra desde el sol, lo que provoca un irreversible CCG.

Mitigar los impactos del CCG no será fácil. Desde 1750, inicio de la Revolución Industrial, hasta 2014, se ha emitido aproximadamente 545 gigatoneladas (miles de millones de toneladas) de equivalentes de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Solo en 2019, se generaron 9,5 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> a nivel mundial. A pesar de los esfuerzos globales para reducir las emisiones de GEI en la última década, estas siguen aumentando; la liberación neta promedio de GEI en los últimos diez años fue de 4,9 gigatoneladas de carbono (GtC) por año, superando con creces la capacidad natural de la Tierra para absorberlas (Xiomara Velásquez Monroy, 2023b). Como resultado, se sigue gastando el “Presupuesto de Carbono” que es la cantidad de emisiones antes de que sea inevitable un calentamiento global significativo. Las mejores estimaciones sugieren mantener las concentraciones de CO<sub>2</sub> por debajo de 430 ppm para limitar el calentamiento a 1,5°C. Una vez agotado este presupuesto, a partir de ese momento, se tendrán que reducir las emisiones netas globales anuales a cero. Las emisiones netas cero podrían lograrse solamente “Descarbonizando la Economía Global” (Dörr, C., 2022). De hecho, con un aumento de los GEI de aproximadamente un 0,5 % anual, el presupuesto de carbono llegará a su final para el año

2040, si no antes. Las recesiones económicas mundiales, como la inducida por la pandemia en 2020, solo dieron un respiro temporal de las emisiones de GEI, retrasando la fecha solo uno o dos años. Por tanto, la próxima década es absolutamente crítica.

A nivel global, una cuarta parte de todas las emisiones de GEI provienen de la generación de energía, específicamente electricidad y calor. El transporte, incluidos automóviles, camiones, aviones y buques, representan una séptima parte. La agricultura representa una cuarta parte de todas las emisiones de CO<sub>2</sub>, impulsadas principalmente por el uso de fertilizantes nitrogenados y la liberación de metano (CH<sub>4</sub>) en la producción de carne. La producción de acero y de cemento, representan otra quinta parte de las emisiones. Finalmente, el 6 % de las emisiones provienen de la construcción. Transitar hacia una economía global libre de carbono básicamente implica llevar a cada uno de estos sectores a cero emisiones netas. Los cinco sectores identificados tendrán que sufrir una disruptión fundamental sin carbono “Descarbonizarse” (Porfiriev, B. N., 2022). Para tal, con innovación y mejoras masivas en cero emisiones y tecnologías limpias.

## Energía

La quema de combustibles fósiles para producir electricidad y calor representa el 25 % de las emisiones globales de GEI. La extracción, el refinado y el procesamiento de combustibles son responsables de otro 10 % de emisiones globales de GEI. El petróleo, el gas natural y el carbón son materias primas fundamentales para todo, desde el transporte hasta la petroquímica y los procesos industriales, como la producción de acero. La generación de electricidad afecta a todos los sectores principales, desde los edificios hasta la industria, la agricultura y, cada vez más, el transporte a medida que los vehículos se electrifican. La combinación global de fuentes de electricidad se ha diversificado en el tiempo y ha evolucionado con el tiempo. En 2014, para la generación mundial de electricidad se requirió 40 % de carbón, 22 % de gas natural, 16 % de energía hidroeléctrica, 11 % de energía nuclear, 6 % de energías renovables (principalmente solar y eólica) y 3 % de petróleo (Araújo, O. Q. F. & de Medeiros, J. L., 2022; Choi, E. & In, S.Y., 2021). Para 2019, el carbón había perdido popularidad en gran medida en los Estados Unidos y Europa, en gran parte debido a los precios más bajos del gas natural debido al “fracking” de esquisto. Sin embargo, el carbón en general sigue representando más de un tercio (37 % en 2020) de la generación de electricidad a nivel global, impulsado principalmente por una mayor producción en China, el mayor generador de electricidad del mundo.



\* Profesional en Finanzas y Negocios Internacionales. Consultor Cadena Global de Suministro-Cadenas Globales de Valor. Dirección Técnica de Asuntos Internacionales, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Colombia. Correo: xiomara.velasquez@ica.gov.co ORCID: orcid.org/0000-0003-4264-1247

En 2018, doce países produjeron el 25 % o más de su electricidad a partir de reactores nucleares. Para 2020, había 440 reactores comerciales de energía nuclear en funcionamiento en todo el mundo. Sin embargo, la participación de la producción mundial de energía nuclear se ha mantenido estable en un 10%. En Francia, donde el 75 % de la electricidad proviene de reactores nucleares, el plan energético del país reduce la proporción de energía nuclear al 50 % para 2035, con planes para retirar catorce de los reactores más antiguos. EE. UU. tiene la mayor escuadra de reactores del mundo, con una edad promedio de cuarenta años, muchos reactores enfrentan el cierre; en los últimos veinte años solo se ha construido un reactor nuclear en los EE. UU. En general, las plantas nucleares en todo el mundo son un stock de capital en depreciación. El costo de construir nuevos reactores es muy alto y el plazo para construirlos es demasiado largo para competir con otras fuentes de energía sin subsidios.

Con la energía hidroeléctrica y nuclear, en gran parte estancada, la atención se ha desplazado hacia el potencial de la energía eólica y solar para ser los disruptores que pongan fin a la electricidad generada por combustibles fósiles. La energía solar y eólica representan las fuentes de generación de más rápido crecimiento en todo el mundo, impulsando la participación de las energías renovables en la capacidad de generación global a un tercio en 2018 y representando dos tercios de la nueva generación de energía instalada. Se estima (Huong, T.T., et al, 2021), que la energía solar y eólica liderarán las energías renovables al superar la generación nuclear y de carbón para 2025 y el gas natural para 2045. De hecho, uno de los desafíos con la energía eólica y solar que reemplaza las fuentes de energía tradicionales es que tienen "Factores de Capacidad" bajos, definidos como la relación

entre lo que una planta es capaz de generar a su máxima producción frente a la generación real durante un período de tiempo específico.

De hecho, las plantas de energía nuclear y carbón pueden operar continuamente y tener factores de capacidad muy altos en comparación con la eólica y la solar, que funcionan de forma intermitente. Las plantas de gas natural se pueden aumentar o disminuir para abordar los períodos pico y también ofrecen factores de capacidad más altos. Dado esto, afirmar que la energía solar y eólica servirán como reemplazos directos de las plantas de energía de combustibles fósiles es engañoso sin mencionar también la necesidad de tecnologías de apoyo para distribuir la capacidad de manera más equitativa



en un día determinado. El viento es una fuente de energía variable que genera electricidad solo cuando sopla; no existe forma de almacenar y distribuir eficientemente su energía; lo que hace que sea una opción tan atractiva es el hecho de que los costos del combustible son cero y no están a merced de los precios variables que enfrentan los combustibles fósiles. El potencial de la energía eólica marina global es significativo, más de 420000 TWh (billones de vatios·hora) de generación de energía al año, más de dieciocho veces la demanda mundial actual de electricidad.

En cuanto a la energía solar, tiene posiblemente el potencial más disruptivo para el sector de servicios eléctricos. La demanda global en rápido aumento, en gran parte debido a la regulación e incentivos gubernamentales de apoyo, continuará impulsando el volumen, reduciendo el precio y haciendo de la energía solar la solución más rentable. A nivel mundial, es la fuente de energía renovable de más rápido crecimiento y se espera que continúe liderándolo en el futuro. Para 2050, las energías renovables representarán casi el 50 % de la generación de electricidad mundial, con la energía solar a la cabeza. No obstante, aunque el futuro es brillante para la energía solar, como ocurre con la eólica, el desafío de la intermitencia representa una barrera importante para su adopción generalizada (Doleski, et al, 2022). La intermitencia es un problema grave: el sol no siempre brilla y el viento no siempre sopla. Para completar una transición de energía limpia, se requerirán cambios sustanciales en la infraestructura eléctrica que faciliten la transmisión y el almacenamiento en una red altamente distribuida.

## Transporte

El transporte es la fuente más visible de emisiones de GEI. Sin embargo, el sector representa solo el 14% de las emisiones globales de GEI.



Cuando se trata del sector del transporte, los automóviles generan la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Agarwal, et al, 2022). Para hacer transitar hacia una economía libre de carbono la industria global automotriz es fundamental eliminar las emisiones de GEI durante el uso de estos vehículos, lo que cada vez parece más probable que ocurra a través de la electrificación. La preocupación por el impacto de los combustibles fósiles en el CCC está impulsando a la adopción generalizada de vehículos eléctricos tanto los que funcionan con baterías como los que funcionan con celdas de combustible de hidrógeno (Mohammad Towhidul et al, 2022).

En la Conferencia sobre Cambio Climático de Marrakech de 2017, ocho naciones, Canadá, China, Francia, Japón, Noruega, Suecia, el Reino Unido y los Estados Unidos firmaron una declaración de compromiso para aumentar la producción de vehículos eléctricos en las flotas

gubernamentales. Varios países europeos, han anunciado prohibiciones de gasolina y diésel entre 2025 y 2040 (Teske, S. et al, 2022). China, el mercado de vehículos más grande del mundo, en 2017 anuncio planes para implementar regulaciones que prohibirán la venta de todos los vehículos de combustibles fósiles. En los EE. UU., están avanzando con estrategias cero emisiones de GEI de vehículos. Para competir con los de gasolina, los autos eléctricos deben ofrecer baterías con densidades más altas, al menos 350 Wh/kg (Wattios-hora por kilogramo) y mayor alcance.

Los vehículos de gasolina suelen tener rangos de 500 a 600 kilómetros, y hoy día muchos vehículos híbridos (gasolina-electricidad) ofrecen rangos de 500 a 800 kilómetros y más. La mayoría de los autos eléctricos de batería disponibles en la actualidad tienen rangos de menos de 400 kilómetros, con algunas excepciones. Adicionalmente, el precio sigue siendo una barrera para los coches eléctricos a batería que buscan la paridad con los modelos de gasolina en cuanto a autonomía (Agarwal et al, 2022). Un metal que podría amenazar el rápido crecimiento de la producción de vehículos eléctricos, y es el cobalto, que se usa ampliamente en las baterías de iones de litio para ayudar a extender el alcance, pero el aumento de su demanda, junto

con la escasez de oferta, hizo que los precios subieran en 2018. En la actualidad, el mercado de cobalto es suministrado por la República Democrática del Congo y Zambia, donde la inestabilidad regional y las interrupciones en la cadena de suministro amenazan el abastecimiento global. Además de la incertidumbre general en la región, un estudio sugiere que, a menos que se realicen mejoras en los métodos de refinación y en las tasas de reciclaje, podría presentarse escasez mundial de cobalto.

Los vehículos eléctricos de batería hoy día ofrecen un kilometraje significativo entre cargas, pero la logística actual de estaciones no brinda la confianza necesaria al consumidor para realizar viajes largos, y no son la única tecnología de cero emisiones en el mercado. Las celdas de combustible, que se han utilizado en la exploración espacial desde la década de 1960, combinan el aire de admisión (oxígeno) e hidrógeno para crear una reacción química, enviando electricidad al motor e impulsando el automóvil. El único subproducto de esta reacción es el agua, que sale por el tubo de escape. En



comparación con los autos eléctricos de batería, los autos eléctricos de celda de combustible ofrecen densidades de energía más altas y, por tanto, rangos más largos, así como tiempos de reabastecimiento de combustible más cortos (minutos en comparación con horas de los eléctricos). Una de las mayores barreras (Doleški, O. et al, 2022; Jelinek, T., 2022) es el costo de su llenado, más del doble en los costos de combustible en comparación con los vehículos de gasolina, lo que inicialmente será prohibitivo para su tránsito hacia una economía global libre de carbono.

## Industria

La industria es el impulsor clave del crecimiento económico. Históricamente, las emisiones de CO<sub>2</sub> se han correlacionado con la expansión de este sector industrial. La fabricación requiere cantidades ingentes de energía térmica y, durante décadas, los combustibles fósiles han sido la principal fuente. El sector industrial representa el 21% de las emisiones globales de GEI (Teske, S., et al, 2022). La energía representa el costo operativo más alto para los fabricantes industriales. Las empresas ya tienen un incentivo natural para reducir estos costos. En la última década, se ha observado una reducción de las emisiones de GEI en los países desarrollados como resultado de las mejoras en la eficiencia energética y el cambio de combustible de carbón al gas natural. Sin embargo, el verdadero desafío está en los países en desarrollo, liderados

por China e India, que han experimentado un crecimiento económico sostenido y continúan dependiendo en gran medida del carbón en los procesos industriales (Xiomara Velásquez M., 2023a). Estos países en ascenso, y los que les siguen, determinarán en última instancia el tránsito hacia una economía global libre de carbono.



En cuanto a la producción mundial de acero, alcanzó 1900 millones de toneladas en 2019, y ha aumentado constantemente durante los últimos veinte años, impulsada en gran medida por China, que por sí sola representa el 53 % de la producción mundial, EE. UU., el 5 %, India el 6 % y Japón el 5,3 %. China ha influido fuertemente en la huella de carbono global del acero y podría influir en el ritmo al que se producirá el CCG hacia una fabricación de acero más limpia. En efecto, la producción de acero aporta el 6,7 % de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. El proceso de fabricación de hierro por sí solo representa del 70 al 80 % de las emisiones de GEI de la fabricación de acero y la mayoría de estas provienen del coque utilizado como materia prima. También hay emisiones de la combustión de combustible, ya que los hornos generalmente se calientan con gas, petróleo o carbón; la energía total requerida para producir acero fundido en un horno eléctrico es de 425 kWh/ton o 127 millones de kWh/año, lo que equivale a la electricidad necesaria para

alimentar casi doce mil hogares en EE. UU. En el futuro, el hidrógeno procedente de energías renovables mediante electrólisis podría sustituir al gas natural para los hornos (Fu, J., et al, 2022; Thiede, S., 2022); la disponibilidad de electricidad de fuentes sin emisiones de carbono depende en gran medida de la ubicación geográfica de las acerías.

En lo que respecta al cemento, es el segundo proceso industrial clave que requerirá de descarbonización significativa para transitar hacia una economía global libre de carbono, representa el 7 % de las emisiones globales de GEI. Hoy día, el cemento Portland es el cemento más utilizado en todo el mundo para hormigón, mortero, estuco, etc. Esto se debe a la alta disponibilidad de piedra caliza, esquisto y otros materiales naturales de bajo costo utilizados en el proceso de fabricación, el cual, libera en forma de gas CO<sub>2</sub> y requiere de carbón, gas natural o petróleo para tal.



El cemento se puede fabricar mediante un proceso seco o un proceso húmedo. En el proceso húmedo se requieren 350 kg de carbón por tonelada de cemento producido, en el proceso seco solo requieren 100 kg de carbón. Las plantas de producción en seco dominan la industria en los cuatro principales países productores, Estados Unidos, China, India, y Vietnam. Si bien el cambio a la producción seca parece haber sucedido en gran medida a nivel mundial, hay casos en los que las plantas húmedas continúan contribuyendo significativamente a la producción, en Rusia, 2019, plantas de cemento de proceso húmedo continúan operando (Bogachkova, L.Y., et al, 2022). De hecho, el carbón continúa siendo el combustible y la materia prima de elección en la mayoría de las plantas a nivel mundial para su fabricación con 70 % participación, seguido del petróleo (16 %), gas natural (8 %) y combustibles alternativos (biomasa, 6 %). Se estima que el cambio del carbón al gas natural podría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la industria del cemento hasta en un 40 %.

En efecto, la biomasa no contribuye significativamente en la descarbonización de la industria ya que viene con preocupaciones sobre la deforestación y de contenido calórico muy bajo (de 9 a 16 GJ; Giga Joules, medida de contenido energético de los combustibles); se requieren de 18 a 20 GJ para generar una tonelada de cemento, lo que se necesita alguna mezcla de otros materiales para satisfacer las necesidades térmicas del horno. El uso de combustibles alternativos (Florian Leblanc, et al, 2022) en las plantas de cemento enfrenta barreras como la aceptación del público, regulaciones locales, procesos de permisos complejos y costos de recolección, transporte y procesamiento; también sería necesario establecer cadenas de suministro. Y, si bien la biomasa es renovable y la conversión de residuos en energía respalda una economía circular, su uso como combustible aún emite CO<sub>2</sub> en el proceso de producción. Estas alternativas pueden reducir las emisiones de carbono, pero no las eliminarán por completo.

## Petroquímicos

La recesión global de 2008 resultó en una disminución significativa en la producción petroquímica en los países desarrollados, pero el crecimiento continuó en países emergentes como China e India. China pasó de ser el mayor importador de la región al mayor productor del mundo en 2016 (Institute of ClimateChange and Sustainable Development of Tsinghua University, 2022). Durante los últimos quince años, la industria petroquímica ha experimentado un crecimiento significativo, liderado por la producción de etileno, que aumentó en cincuenta millones de toneladas métricas. La fabricación petroquímica representa el 7 % de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Los productos químicos de alto volumen que consumen más energía y carbono son el amoníaco, el etileno y el propileno. Los combustibles fósiles proporcionan la energía térmica necesaria para su obtención, lo que genera importantes emisiones de GEI. China es el único país que produce olefinas y aromáticos a partir de la gasificación del carbón, un proceso termoquímico que lo descompone en sus propiedades químicas. Esto se debe en gran parte al acceso del país a abundante carbón de bajo costo.



Las emisiones de carbono en todo el mundo de la producción química se duplicaron entre 2000 y 2018. A medida que el mercado global de plásticos continúa creciendo, más se necesitarán reducciones significativas para compensar el aumento de las emisiones inherente a la expansión de la industria (Gulyev, I.A. et al, 2022). En general, la energía consumida en las plantas petroquímicas se divide en combustión de combustible, 60 %; consumo de energía de vapor, 35 %; y consumo de energía, 5 %. La biomasa podría servir como sustituto de las fuentes de energía y materia prima de combustibles fósiles (Doleski, et al, 2022). Azúcares de caña y de remolacha, almidones de cereales (maíz y trigo) y lignocelulosa (materia seca vegetal), junto con aceites vegetales de palma, soja y semillas oleaginosas, ofrecen una promesa, con el inconveniente que la recolección y el transporte de desechos de cultivos para fabricar productos petroquímicos son costosos y complicados desde el punto de vista logístico. Además, el uso de biomasa a escala industrial podría tener un impacto negativo en el suministro mundial de alimentos y en la biodiversidad.

## Construcción

Las ciudades de todo el mundo se están expandiendo y aumentando en densidad a medida que más personas reconocen las numerosas oportunidades que ofrecen las áreas metropolitanas en términos de empleo, educación y servicios. Las Naciones Unidas proyectan que para 2050, el 68 % de la población mundial vivirá en áreas urbanas en comparación con el 55 % actual. Las ciudades en crecimiento en Asia y África representarán cerca del 90 % de este aumento, y solo India agregará 416 millones de personas a las ciudades. Algunos analistas estiman que, para apoyar la urbanización global, será necesario construir trece mil nuevos edificios todos los días hasta 2050.



Los edificios residenciales son fuente importante de consumo de energía y de emisiones de GEI. Cada uno tiene su huella de carbono, con emisiones resultantes de las operaciones dentro y fuera del sitio. Las emisiones vinculadas a la construcción de edificios se denominan "Carbono Incorporado", que se define como el CO<sub>2</sub> que se emite a partir de la extracción, fabricación y transporte de materiales de construcción (Xiomara Velásquez M., 2022b). La electricidad consumida por el edificio es otro contribuyente importante a la huella de carbono. Se estima que la construcción y operación de edificios residenciales y comerciales en todo el mundo representan el 36 % del uso de energía final y el 39 % de las emisiones GEI relacionadas con la energía y los procesos. Estudios (Sahoo, B., et al, 2022) pronostican que el consumo de energía global de los edificios aumentará en un 1,3 %

cada año entre 2018 y 2050. A nivel mundial el consumo total de energía de los edificios residenciales es un 73 %. A medida que crece el tamaño de los apartamentos, también lo hacen las demandas de calefacción y refrigeración de espacios.

Las tecnologías introducidas para brindar comodidad y conveniencia están contribuyendo a un mayor uso de energía en el hogar. Una vez que los lujos, los electrodomésticos y los dispositivos electrónicos personales, como los televisores, se encuentran en todos los hogares traen consigo sus propias demandas de energía. El acceso a la energía y la adopción de nuevas tecnologías ha impulsado el consumo de energía residencial en todo el mundo. Se estima (Kiss, B., et al, 2022) que el consumo de electricidad de los electrodomésticos y pequeños dispositivos de

carga, como televisores y computadoras, ha crecido casi un 3 % cada año desde 2010. Hoy día, el uso de aire acondicionado se concentra en unos pocos países, pero según estudios, dos tercios de los hogares de todo el mundo podrían tener aire acondicionado para 2050, y China, India e Indonesia representan la mitad de esos hogares. El uso continuo de gas natural, carbón y petróleo para calentar y cocinar en los hogares de todo el mundo también contribuye a el aumento del consumo de energía y las emisiones de GEI.

En cuanto a los edificios comerciales, enfrentan desafíos similares a los residenciales respecto a las costosas mejoras necesarias para electrificar los ya existentes, así como los costos más altos asociados con la operación de un edificio totalmente eléctrico, en comparación con los sistemas de calefacción de gas natural (Chatterjee, S., et al, 2022). La escala de los cambios que deben realizarse en un edificio existente es mucho mayor que la mejora o la construcción de una vivienda unifamiliar, aunque ambos requieren un gasto de capital significativo. También existen desafíos notables que plantean los incentivos comerciales divididos entre propietarios e inquilinos, en los que la parte que invierte en tecnologías eléctricas no es la que paga la factura de servicios públicos. En efecto, los propietarios de edificios comerciales no reciben incentivos para ecologizar sus espacios, por lo que a menudo no se consideran las modificaciones energéticas profundas (aquellas que apuntan a reducir el consumo de energía en un 50 % o más) necesarias para descarbonizar el edificio.

## Agricultura

La agricultura está en la primera línea de la batalla contra el CCG (Doleski, O.D., et al, 2022). Es una de las razones por las que se pretenden mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>. El sector de la agricultura, la



silviculturay otrosusosdela tierrarepresentael 24% de las emisiones mundialesdeGEI,ylaagriculturarepresenta la mayoría de ellos. Para esta industria, la descarbonización incluye no solo las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino también la reducción de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que representan el 22 % y el 82 % de las emisiones globales de GEI de la agricultura (Xiomara Velásquez M., 2022a). El CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son los más potentes GEI. El mayor desafío de esta industria en tránsito hacia una economía global libre de carbono es que cada día se requiere de aumentar sustancialmente la producción agrícola para poder alimentar a una población mundial en crecimiento. En 2020, se estimó que la población mundial sería de casi 7800 millones de personas.

De hecho, la Organización de Naciones Unidas predice que habrá 8800 millones de personas para 2035 y 9700 millones para 2050. Con el crecimiento de la población viene una mayor demanda de alimentos. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2021) estima que para 2050, será necesario producir un 49 % más de alimentos en comparación con la producción mundial de 2012. El Banco Mundial sugiere que la producción mundial de alimentos deberá crecer un 70 % para 2050. La relación no lineal entre la población y el crecimiento de la producción está impulsada por las predicciones de que los países en desarrollo que experimentarán una mayor prosperidad y dietas ampliadas con el tiempo serán la fuente principal del aumento

significativamente mayor de la demanda de estos. De hecho, a medida que los países en desarrollo crecen en riqueza, tienden a cambiar a dietas más ricas en proteínas.

De acuerdo con (FAO, 2021) "Perspectivas Agrícolas 2018-2027" el aumento del ingreso per cápita en los países en desarrollo impulsará la demanda de carne de res y productos lácteos. La expansión global de la ganadería, particularmente la producción de lácteos y carne, y la producción de piensos para apoyar este crecimiento, conduce a mayores emisiones de GEI. Así lo demuestra el aumento de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) de casi un 1% cada año entre 1990 y 2010. Se estima que las emisiones de N<sub>2</sub>O agrícolas podrían crecer entre un 35 % y un 60 % para 2030 debido al aumento del uso de fertilizantes y la producción de estiércol (Bin, C., et al, 2022). El metano (CH<sub>4</sub>) de origen ganadero podría incrementarse un 60 % para 2030 si las emisiones de CH<sub>4</sub> se elevan en proporción al aumento previsto en el número de cabezas de ganado. De igual forma, la agricultura representa el 70 % de las extracciones de agua dulce en todo el mundo. En todo el planeta, enfrenta escasez regional de agua que puede reducir los rendimientos agrícolas y dificultar significativamente el acceso a agua limpia y potable.

La crisis mundial emergente del agua se está acelerando a medida que el CCG tiene un impacto negativo tanto en el suministro de agua como en el rendimiento agrícola. En efecto, la agricultura es un sector crítico y complejo en tránsito hacia una economía libre de carbono, y a diferencia de los sectores del transporte y de energía, no existen tecnologías emergentes obvias, como los vehículos eléctricos y energías renovables, que parecen estar a punto de alterar radicalmente su statu quo. Una transformación sostenible probablemente requerirá una combinación de la difusión de las mejores prácticas, cambios en las preferencias de los consumi-

dores y el surgimiento de políticas novedosas que aprovechen la Industria 4.0 para reducir la huella de carbono agrícola (Martinho, et al, 2022). Todo esto tendrá que suceder en una industria global formada por millones de empresas, desde grandes multinacionales hasta pequeños agricultores familiares. Tal cambio total parece desalentador y poco realista dentro de este marco de tiempo. Para que ocurra la descarbonización en la industria agrícola, se deben optimizar esfuerzos y operaciones logísticas a lo largo de toda la cadena de suministro agro-alimentaria: producción, distribución y consumo. No existe una tecnología milagrosa, y la respuesta probablemente será una combinación de mejores prácticas, cambios en la dieta y agricultura inteligente 4.0.

## Comentarios

La atmósfera y los océanos se han calentado, la nieve y el hielo han disminuido, el nivel del mar ha subido, las emisiones atmosféricas de GEI son las más altas de nuestra historia y no se han visto en este nivel durante al menos 800.000 años; los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos (disminución de las temperaturas frías extremas, aumento de las temperaturas cálidas extremas, aumento del nivel del mar y aumento del número de precipitaciones intensas) están ocurriendo a intervalos más regulares. Se espera un incremento en calentamiento global y cambios duraderos en el clima, con la probabilidad de impactos severos, generalizados e irreversibles sobre las personas y los ecosistemas. El impulsor clave del CCG seguirán siendo las emisiones de GEI, por lo que es muy probable que las olas de calor ocurran con más frecuencia y duren más, los eventos de precipitaciones extremas sean más intensos y frecuentes; el océano seguirá calentándose y acidificándose; el nivel medio global del mar seguirá aumentando. En consecuencia, el CCG amplificará y creará nuevos riesgos para los

medios de vida y para la seguridad alimentaria y humana; incluso si se deja de emitir GEI, los impactos del CCG continuarán durante siglos.

Estos hallazgos clave se basan en una variedad de modelos y escenarios que muestran que el CCG alterará significativamente la forma de vida en los próximos años. Lo que es particularmente preocupante es que los impactos continuarán durante décadas o siglos incluso si se detiene la contaminación por GEI. En consecuencia, se requiere hacer cambios significativos ahora para evitar problemas a largo plazo. Los impactos del CCG no se distribuirán de manera uniforme. Obviamente, las áreas costeras bajas serán las más afectadas debido al aumento del nivel del mar. Además, estos lugares se verán afectados por el probable aumento de tormentas costeras y tropicales. Las zonas de cultivo cambiarán causando interrupciones en los sistemas agrícolas.

El ser humano se enfrenta a un gran reto de sostenibilidad como sociedad. Está utilizando los recursos naturales mucho más rápido de lo que pueden ser reemplazados y está deteriorando los grandes ecosistemas del mundo más allá de su capacidad de recuperación. La mayor parte del agua en todo el



planeta se utiliza para fines agrícolas e industriales. Al ser más de nueve mil millones de personas en este siglo, la población mundial necesita cada vez más recursos, especialmente porque los países en desarrollo han mejorado sus economías en las últimas décadas. Se requiere de más alimentos, energía, vivienda y una variedad de otros materiales que provocan una enorme presión sobre los recursos del planeta.

A medida que se explora, se usa y se desechan más recursos, ejerciendo una gran presión sobre los ecosistemas del planeta Tierra. Los países en desarrollo se han vuelto más ricos, la demanda de carne ha aumentado significativamente, particularmente en Asia. Como resultado de esto, existe la necesidad de una mayor producción de carne para satisfacer la demanda. Los campos agrícolas que normalmente producirían vegetales para el consumo humano deben transformarse en cultivos que alimenten a los animales. Hoy en día, la gran mayoría de las tierras agrícolas se utilizan para apoyar la producción de carne de alguna manera. Vastas áreas de África están experimentando actualmente transformación

hacia una agricultura a escala industrial, en parte para satisfacer la creciente demanda mundial de carne. El planeta obtiene la mayor parte de la energía (aproximadamente el 85 %) de fuentes de hidrocarburos: petróleo, gas natural y carbón. Solo obtiene el 7% de energía hidroeléctrica y el 4% de la energía nuclear. Todas las fuentes renovables suman solo el 4% del presupuesto global energético. Se está comprando el doble de ropa que hace solo un par de décadas, y cada vez más ropa ingresa al flujo de desechos.

Vertederos a cielo abierto que no se gestionan con fines medioambientales. Por lo general, no tienen revestimiento o tienen una capacidad de filtrado limitada. Como resultado, el lixiviado ingresa a los sistemas de aguas subterráneas cerca de estos vertederos. Algunos países han dejado de aceptar residuos plásticos y electrónicos importados y existen dudas sobre la viabilidad del reciclaje de estos materiales comunes. Incluso la gran mayoría de la ropa usada termina yendo a parar a la basura. La economía mundial está elevando su ya de por sí arriesgada apuesta y está pasando de las fuentes convencionales de combustibles fósiles a versiones aún más sucias y peligrosas de las mismas: betún de las arenas bituminosas de Alberta, petróleo extraído mediante la perforación de aguas oceánicas profundas, gas obtenido por fracturación hidráulica "fracking", carbón arrancado a base de detonar montañas, etc.

Si continúa la tendencia actual de dejar que las emisiones de GEI crezcan año tras año, el CCG transformará todo en el planeta Tierra. El problema es que no se está apagando el incendio. En realidad, se le está arrojando gasolina encima. Según especialistas en emisiones se acumulado tanto CO<sub>2</sub> en la atmósfera a lo largo de las dos últimas décadas que la única esperanza que queda ahora de mantener el calentamiento por debajo de ese objetivo internacionalmente acordado de los 2 °C adicionales. Para tales urgente

que los países ricos recorten sus emisiones en torno a un 8-10% anual. Misión sencillamente imposible para el mercado «libre». De hecho, ese nivel de disminución de las emisiones solo se ha producido en el contexto de algún colapso económico, de depresiones muy profundas o como la pandemia global de 2020.

La economía global y el planeta Tierra están actualmente en guerra; la economía está en guerra con múltiples formas de vida sobre la Tierra, incluida la humana. Lo que el clima necesita para evitar la debacle es una contracción en el consumo de recursos por parte de la humanidad; ante una emergencia absolutamente sin precedentes, la sociedad no tiene más remedio que emprender medidas drásticas para evitar un desmoronamiento de la civilización. Se debe descarbonizar la economía global o vendrá algo peor que la hará cambiar por la fuerza. El CCG no es un “problema” o una “cuestión” que añadir a la lista de cosas de las que se debe preocupar, en el mismo plano que la sanidad o los impuestos. Es la alarma que nos despierta a la realidad de tiempo presente, es un poderoso mensaje, expresado en el lenguaje de los incendios, las inundaciones, las sequías, la extinción de especies, que se requiere de un nuevo modelo económico totalmente descarbonizado y una manera igualmente novedosa de compartir este planeta. En suma, se requiere evolucionar.

## Conclusión

El desafío que enfrenta el mundo es abrumador y requiere en el transcurso de unas pocas décadas un cambio profundo en grandes sectores económicos. Es probable que los impactos asociados con el cambioclimático global crezcan exponencialmente a medida que aumentan las concentraciones de GEI en la atmósfera. Incluso la diferencia pronosticada entre un aumento de 2,0 °C y un aumento de 1,5 °C es



significativa. Millones de personas más en las áreas urbanas de la Tierra experimentarán condiciones desequilibradas. Crecerán los riesgos de incendios forestales, fenómenos meteorológicos extremos y especies invasoras.

Urge acelerar las tendencias hacia tecnologías descarbonizantes o de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica, principalmente eólica y solar. A corto plazo, es indispensable adoptar políticas que reduzcan el costo de las energías renovables limpias e innovadoras en relación con los combustibles fósiles, hay invertir en la modernización de la infraestructura de la red a una red inteligente con importante capacidad de almacenamiento. De igual forma, urge alentar una rápida transición hacia vehículos eléctricos, que funcionan con baterías o celdas

de combustible de hidrógeno. Es necesario acelerar la electrificación de la producción industrial para los sectores más desafiantes, como el cemento y los productos petroquímicos; se requiere de investigación y desarrollo de alternativas limpias. Urge fomentar la electrificación de edificios residenciales y transformación a sumideros de carbono, que generen emisiones netas de carbono negativas. Urge invertir en educación e infraestructura y adoptar incentivos para alentar a los agricultores a cambiar a prácticas más sostenibles. Urge coordinar un esfuerzo global del lado de la demanda, alentando a las empresas y consumidores intermedios a cambiar a alter-

nativas amigables con el clima.

Transitar hacia la descarbonización de la economía global requerirá de un esfuerzo integral en todas las naciones y mercados; es el momento de unirnos como ciudadanos globales para resolver este problema. La pandemia global de 2020 ha aumentado la conciencia de la humanidad como catalizador necesario para motivar la coordinación y la acción mundial. La capacidad humana para la innovación y el cambio crearan un futuro sostenible. Si bien hay desafíos, también hay muchas soluciones, por tanto, hay razón para tener esperanza.

## Referencias

- Agarwal, A.K. & Valera, H. (2022). Introduction of Greener and Scalable E-Fuels for Decarbonization of Transport. In: Agarwal, A.K., Valera, H. (eds) Greener and Scalable E-fuels for Decarbonization of Transport. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-8344-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8344-2_1)
- Araújo, O. Q. F. & de Medeiros, J. L. (2022). Sustainable and Equitable Decarbonization. Clean Techn Environ Policy 24, 1945–1947 <https://doi.org/10.1007/s10098-022-02379-x>
- Bharti, S., Chauhan, B.V.S., Garg, A., Vedrtnam, A. & Shukla, M.K. (2022). Potential of E-Fuels for Decarbonization of Transport Sector. In: Agarwal, A.K., Valera, H. (eds) Greener and Scalable E-fuels for Decarbonization of Transport. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-8344-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8344-2_2)
- Bin, C., Yang, W. & Wang, X. (2022). Blockchain for Decarbonization. In: Inderwildi, O., Kraft, M. (eds) Intelligent Decarbonisation. Lecture Notes in Energy, vol 86. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2_7)
- Bogachkova, L.Y., Guryanova, L.S. & Usacheva, N.Y. (2022). Decarbonization Trends in the Largest Post-soviet Countries and the Specifics of Their Inclusion in the Global Climate
- Inshakova, E.I., Inshakova, A.O. (eds) New Technology for Inclusive and Sustainable Growth. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 287. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-9804-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-16-9804-0_7)
- Bosetti, L. (2022). Transition Toward a Low-Carbon Economy: The Contribution of Italian Listed Utilities. In: Bilgin, M.H., Danis, H., Demir, E., Zaremba, A. (eds) Eurasian Business and Economics Perspectives. Eurasian Studies in Business and Economics, vol 21. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94036-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94036-2_6)
- Chatterjee, S., Kiss, B., Ürge-Vorsatz, D. & Teske, S. (2022). Decarbonisation Pathways for Buildings. In: Teske, S. (eds) Achieving the Paris Climate Agreement Goals. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99177-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99177-7_7)
- Choi, E. & In, S.Y. (2021). Blended Finance for

- State-Led Decarbonization. In: Heller, T., Seiger, A. (eds) *Settling Climate Accounts*. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-83650-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-83650-4_6)
- Doleski, O.D., Kaiser, T., Metzger, M., Niessen & S., Thiem, S. (2022). Decarbonization as a Strategic Issue. In: *Digital Decarbonization*. Springer Vieweg, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0_1)
- Doleski, O.D., Kaiser, T., Metzger, M., Niessen, S. & Thiem, S. (2022). Facets of Decarbonization. In: *Digital Decarbonization*. Springer Vieweg, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0_2)
- Doleski, O.D., Kaiser, T., Metzger, M., Niessen, S. & Thiem, S. (2022). Decarbonization as a Strategic Issue. In: *Digital Decarbonization*. Springer Vieweg, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0_1)
- Doleski, O.D., Kaiser, T., Metzger, M., Niessen, S. & Thiem, S. (2022). Alternative Course of Action: Digital Decarbonization. In: *Digital Decarbonization*. Springer Vieweg, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33330-0_3)
- Dörr, C. (2022). Insights: Utilities Decarbonisation. In: Inderwildi, O., Kraft, M. (eds) *Intelligent Decarbonisation*. Lecture Notes in Energy, vol 86. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2_14)
- Florian Leblanc, S. Ruben Bibas, Silvana Mima, Matteo Muratori, Shogo Sakamoto, Fuminori Sano, Nico Bauer, Vassilis Daioglou, Shinichiro Fujimori, Matthew J. Gidden, Etsushi Kato, Steven K. Rose, Junichi Tsutsui, Detlef P. van Vuuren, John Weyant & Marshall Wise. (2022). The Contribution of Bioenergy to the Decarbonization of Transport: A Multi-Model Assessment. *Climate Change* 170, 21 <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03245-3>
- Fu, J., Wang & M., Cai, Q. (2022). Drawing Strategic Roadmap of Decarbonization for the Steel Sector. In: Fu, J., Zhang, D., Lei, M. (eds) *Climate Mitigation and Adaptation in China*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4310-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4310-1_2)
- Gulyayev, I.A., Kiselev, V.I. & Sorokin, V.V. (2022). Sustainable Development of the Oil and Gas Industry and Modern Challenges of Decarbonization. In: Zavyalova, E.B., Popkova, E.G. (eds) *Industry 4.0*. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79496-5_23)
- Huong, T. T., Shah, I. H. & Park, H. S. (2021). Decarbonization of Vietnam's Economy: Decomposing the drivers for a Low-carbon Growth. *Environ Sci Pollut Res* 28, 518–529 <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10481-0>
- Institute of Climate Change and Sustainable Development of Tsinghua University (2022). Technical Support for Long-Term Deep Decarbonization. In: *China's Long-Term Low-Carbon Development Strategies and Pathways*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2524-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2524-4_7)
- Jelinek, T. (2022). The Artificial Intelligence Governance Gap: A Barrier to Intelligent Decarbonization. In: Inderwildi, O., Kraft, M. (eds) *Intelligent Decarbonisation*. Lecture Notes in Energy, vol 86. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2_20)
- Kiss, B. & Szalay, Z. (2022). Correction to: Sensitivity of Buildings' Carbon Footprint to Electricity Decarbonization: A Life cycle-based Multi-objective Optimization Approach. *Int J Life Cycle Assess* <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02059-4>
- Martinho, V.J.P.D. (2022). Potential Impacts of Era 4.0 on Agricultural Sustainability. In: *Trends of the Agricultural Sector in Era 4.0*. Springer Briefs in Applied Sciences and Technology. Springer, Cham. Pages 103–118 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98959-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98959-0_5)
- Mohammad Towhidul Islam, Khodadad Mo-stakim, Nahid Imtiaz Masuk, Md. Hasan Ibna Islam, Fazlur Rashid, Md. Arman Arefin & Md. Abid Hasan. (2022). Assessment of Hydrogen as an Alternative Fuel: Status, Prospects, Performance and Emission Characteristics. In: Agarwal, A.K., Valera, H. (eds) *Greener and Scalable E-fuels for Decarbonization of Transport*. Energy, Environment, and Sustainability. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-8344-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8344-2_6)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2021). Marco Estratégico Para 2022-2031, Pp. 44 <https://www.fao.org/3/cb7099es/cb7099es.pdf>
- Porfiriev, B. N. (2022). Decarbonization vs. Adaptation of the Economy to Climate Change within the Sustainable Development Strategy. *Stud. Russ. Econ. Dev.* 33, 385–391 <https://doi.org/10.1134/S1075700722040074>
- Rabiya Abbasi, Pablo Martinez & Rafiq Ahmad. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0, Smart Agricultural Technology, Volume 2, 100042, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>
- Sahoo, B., Behera, D.K. & Rahut, D. (2022). Decarbonization: Examining the Role of Environmental Innovation Versus Renewable Energy Use. *Environ Sci Pollut Res* 29, 48704–48719 <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18686-1>
- Teske, S. & Niklas, S. (2022). Decarbonisation Pathways for Transport. In: Teske, S. (eds) *Achieving the Paris Climate Agreement Goals*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99177-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99177-7_8)
- Teske, S. & Niklas, S., Talwar, S. (2022). Decarbonisation Pathways for Industries. In: Teske, S. (eds) *Achieving the Paris Climate Agreement Goals*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99177-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99177-7_5)
- Thiede, S. (2022). Cyber Physical Production Systems and Their Role for Decarbonization of Industry. In: Inderwildi, O., Kraft, M. (eds) *Intelligent Decarbonisation*. Lecture Notes in Energy, vol 86. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2_8)
- Xiomara Velásquez M. (2022a). Descarbonizando la Economía Global. Revista Énfasis Logística. Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N°572032, Argentina. Noviembre, Año XXVIII, No.10; 42-46 <https://es.calameo.com/read/001393942f79e1cb804a4>
- Xiomara Velásquez M. (2022b). Hacia Una Economía Global Sin Carbono. Revista Zonalogística, ISSN:1657-2432. Colombia. Noviembre, Edición 129: 16-21
- Xiomara Velásquez M. (2022c). Logística: El Corazón de la Economía Circular. Revista Zonalogística, ISSN:1657-2432. Colombia. Mayo, Edición 126: 14-20
- Xiomara Velásquez M. (2023a). Hacia Una Economía Circular 4.0. Artículos de Investigación. En: Memorias XXXVII Congreso Nacional de Ingeniería, 1 al 3 de marzo, ISSN: 2711-3981 (en línea). [https://sci.org.co/wp-content/uploads/file/CNI23/Memosias%20Art%20Xiomara%20Velásquez\\_v2.pdf](https://sci.org.co/wp-content/uploads/file/CNI23/Memosias%20Art%20Xiomara%20Velásquez_v2.pdf)
- Xiomara Velásquez Monroy. (2023b). Industria 4.0 Impacta la Logística Inversa.

2

**ESPECIES BIOLOGÍCAS  
INVADEN LA  
CADENA GLOBAL  
DE SUMINISTRO**



# ESPECIES BIOLOGÍCAS INVALEN LA CADENA GLOBAL DE SUMINISTRO

Alexander Eslava Sarmiento<sup>2</sup> 

## INTRODUCCIÓN

Las invasiones biológicas se pueden definir como fenómenos en los que una especie amplía su área de distribución geográfica, ocupando regiones en las que antes no estaba presente. A pesar de la aparente simplicidad de esta definición, desde un punto de vista ecológico, las invasiones son un tipo de fenómeno complejo. Así, las especies invasoras que son especies exóticas (especies no autóctonas; especie presente en una región a la que ha llegado) en proceso de expansión en un área determinada, causan grandes impactos en el medio ambiente donde se establecen (Jaksic, F.M., et al 2021); si las especies u organismos (propágulos; unidades biológicas) se dispersan a largas distancias, la expansión del área de distribución mostrará una dinámica saltacional, de modo que podrán crecer desde varios frentes simultáneamente. La mayoría de las invasiones se relacionan fundamentalmente con las actividades de intercambio de bienes y servicios a través del comercio internacional que los humanos desarrollan en el planeta, momento histórico que se ha denominado Antropoceno (Charles Yoe, Robert Griffin, Stephanie Bloem, 2020). Es decir, aquellas invasiones facilitadas directa o

indirectamente por los seres humanos. Razones respaldan este argumento (Epanchin-Niell, R., et al 2021). En primer lugar, se considera que el número y la tasa de introducción de diferentes especies de una región a otra, así como las regiones y distancias geográficas involucradas, son hechos sin precedentes en la historia de la biota terrestre (dominación humana sobre los ecosistemas del planeta). En segundo lugar, antecedentes señalan que un resultado directo de esta reubicación de especies es que la distribución global de la biodiversidad está en proceso de reorganización o reconfiguración, todo en un marco “en tiempo real”. La ocurrencia de invasiones ha dado lugar a tal mezcla de especies, grupos biológicos y orígenes geográficos que algunos autores han llamado a este período el Homogeceno o conformación de una Nueva Pangea. (Anna J. Turbelin, et al, 2022).

En tercer lugar, las invasiones representan una modificación predeterminada de la biodiversidad, ya que el resultado inmediato es que aumenta el número de especies en una región. Aunque la mayoría de las especies exóticas pueden coexistir con la diversidad de especies nativas, un pequeño número de las primeras puede modificar la estructura y el

funcionamiento de los ecosistemas invadidos, a veces con resultados no deseados (Ormsby, M.D., 2022). En algunos casos, la presencia de especies exóticas puede causar la extinción local o global de especies nativas por lo que suelen ser consideradas una amenaza para la conservación de la biodiversidad. En cuarto lugar, más allá del campo de la ecología, las especies exóticas son responsables de importantes efectos económicos, tanto deseados como no deseados por los humanos. Para los Estados Unidos, se ha estimado que el 98% de su sistema alimentario descansa en especies exóticas. Esto, ha servido como herramienta para impulsar políticas de control fronterizo encaminadas a controlar la llegada de nuevas especies a determinados países, así como mantener a raya algunas de las ya introducidas. De hecho, existen las llamadas “Listas Negras” (Clements, D.R., et al, 2021) que incluyen especies que bajo ningún punto de vista deberían ser admitida su entrada en determinados países. En quinto y último lugar, se reconoce que algunas especies introducidas afectan la salud humana. Por tanto, la propa-

gación de enfermedades infecciosas se puede concebir como eventos de invasión, donde los organismos patógenos se dispersan (amplían su rango) a otros huéspedes en la población.

Posterior a la Segunda Guerra Mundial, el término “invasión” se asoció, y de manera evidente, con el de “amenaza” (Jaksic, F.M. et al, 2021); esto, ya que en 1958, Charles S. Elton, el ecólogo más influyente del siglo XX, publicó el libro La Ecología de las Invasiones de Animales y Plantas, texto considerado piedra angular de la disciplina, y en el que incorporó conceptos con matices bélicos, y en cierta medida catástroficos, que han terminado calando no sólo en la comunidad científica sino también en el público en general. Casualmente, el transporte global de mercancías en contendores marítimos comenzó en 1956. Cincuenta y ocho contenedores, cada uno de treinta y tres pies de largo, normalmente transportados por camión, se cargaron a bordo del buque SS Ideal X, con destino a Houston, Texas, donde llegó seis días después. Fue un desarrollo revolucionario, cambió el comercio global.



<sup>2</sup> Ingeniero Agrícola, Consultor Portuario, Especialista en Logística Internacional. Surveyor Cargo Correo:  
laeslavas@unal.edu.co; ORCID: orcid.org/0000-0002-0580-3078

El inventor usó un buque en lugar de muchos camiones. Su nombre era Malcom McLean, un camionero de profesión. De hecho, Especies se han introducido sin querer; introducciones no intencionales, también llamadas involuntarias, accidentales o inadvertidas, involucran especies que viajan como “polizones”, asociadas con el transporte de otras especies o el intercambio de otros bienes y servicios en contenedores marítimos. El ejemplo más característico y conocido de introducción no intencionada es el transporte de roedores como *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus*, *Mus musculus* o la cucaracha (*Blatta orientalis*), que así se dispersaron, consiguieron llegar y establecerse con éxito en los cinco continentes (Laura A. Meyerson, et al, 2022). Estos taxones se consideran actualmente como especies cosmopolitas.

Según estimaciones recientes, en Europa, el 63 % de las 4 000 especies de plantas exóticas presentes en este continente se introdujeron intencionalmente, mientras que solo el 37 % se introdujeron inadvertidamente; en Estados Unidos, la Organic Trade Association (OTA) estableció que el 81 % de las especies exóticas presentes en este país entre 1983 y 1993 ingresaron de manera involuntaria. Independientemente de la causalidad y el propósito de una introducción, muchas especies invasoras requieren vectores de dispersión iniciales o secundarios para llegar de una región a otra y luego expandirse, es decir, un medio de transporte físico que les permita moverse (vectores abióticos de dispersión) (Chelcy Ford Miniat, et al, 2021); este vector mostrará una ruta geográfica específica de dispersión, denotando una ruta espacialmente explícita.

En consecuencia, la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el tratado intergubernamental firmado por más de 180 países para contener la propagación de pla-



gas invasoras por parte de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), abanderan desde 2017 el programa de Riesgos de Plagas Asociadas con el Movimiento de Contenedores Marítimos y sus Cargas (contaminación fitosanitaria) movilizados internacionalmente por los modos de transporte marítimo-carretero-aéreo-ferroviario-fluvial/lacustre. Los organismos infestantes, infectan o invaden los tejidos vegetales, mientras que los organismos contaminantes carecen de esta relación física o fisiológica con la mercancía en la que se encuentran (Deborah M. Finch, et al, 2021).

Esto, debido a que se pueden encontrar organismos contaminantes en cualquier Material de Embalaje de Madera (MEM) en la Cadena Global de Suministro (CGS). De hecho, el comercio mundial está subestimando las advertencias de la OMI, la FAO y de la CIPF (IPPC Secretariat, 2022)

que sostienen que: “los contenedores marítimos se están convirtiendo en una amenaza flotante al propagar plagas y enfermedades a nivel global. El comercio global es el vector, los contenedores marítimos el vehículo”. En consecuencia, el comercio global sigue aumentando en volumen, velocidad, alcance geográfico, diversidad de productos y en modos de transporte (contenedorización), lo que ha resultado en un aumento paralelo, tanto en cantidad como en vías disponibles para que las especies invasoras fluyan en las CGS.

## Material de embalaje de madera

El Material de Embalaje de Madera (MEM) como material de estiba de la carga transportada (pallets, cajas, cajones, tarimas, tableros, listones, carretes, otros) hace parte integral de la CGS. Esto, debido a su función de container, proteger y apoyar el flujo logístico de los productos comercializados desde el punto de

origen al punto de destino. Las condiciones del MEM tratado adecuadamente (Norma NIMF15; expone lineamiento y regulaciones para reducir el riesgo de introducciones de especies no autóctonas asociadas con productos o modos de transporte específicos) presenta riesgo de contaminación posterior al tratamiento por plagas que se adhieren a la superficie o se refugian en él. Si bien esta iniciativa mundial se ha implementado ampliamente en la CGS, todavía se produce cierto movimiento de especies invasoras (plagas: especies que tiene impactos dañinos para el medio ambiente o para una economía en su área de distribución nativa o introducida) debido a una combinación de factores que incluyen, entre otros, fraude, uso de material no tratado, tratamiento insuficiente o inadecuado y contaminación posterior al tratamiento (Figura 1); se estima que las especies invasoras (plagas) en todos los ecosistemas cuestan al mundo, anualmente, decenas de miles de millones de dólares, aunque se acepta que los costos reales probablemente sean mayores.

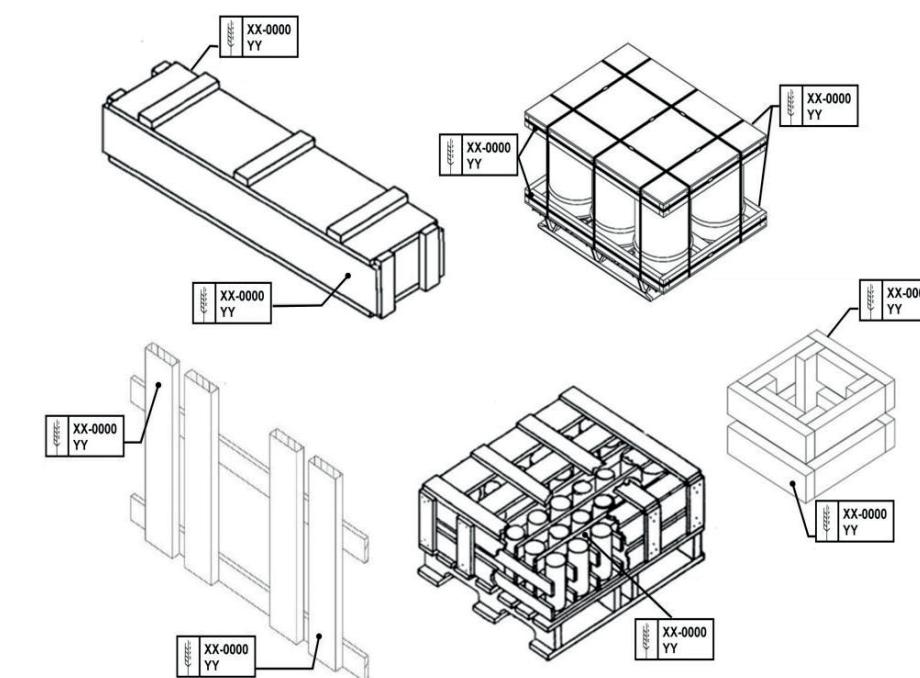


Figura 1. Ubicación Marca de Certificación NIMF 15 en el Material de Embalaje de Madera (MEM) utilizado en la Cadena Global de Suministro (CGS). Fuente: el autor

La expansión del comercio mundial durante las últimas décadas ha abierto nuevos mercados y ha aumentado la velocidad a la que fluyen las mercancías en todo el mundo (Allen, E., et al, 2017). Este rápido aumento en el volumen del comercio se debe en parte a una población mundial en crecimiento con un mayor poder adquisitivo y una correspondiente mayor demanda de bienes. Una consecuencia de este fenómeno es el aumento global en los movimientos de plantas, animales, mascotas y microorganismos asociados con el comercio global de productos básicos que conducen a la introducción y establecimiento de especies invasoras. La CIPF y todos sus afiliados trabajan colectivamente para desarrollar soluciones que aborden los riesgos asociados en las CGS como los que plantean las plagas invasoras y el movimiento del MEM.

El MEM procede de árboles vivos o muertos que puede estar infestados de plagas de plantas (invadidos por organismos patógenos); con frecuencia puede no haber tenido suficiente tratamiento para eliminar o matar las plagas y, por tanto, sigue siendo una vía activa para la introducción y propagación de plagas cuarentenarias. Se ha demostrado que el material de estiba, en parti-

cular, presenta un alto riesgo de introducción y propagación de plagas cuarentenarias. El MEM muy a menudo se reutiliza, repara o remanufactura, desconociéndose el verdadero origen de cualquiera de sus piezas de madera, proceso muy difícil de verificar, por lo que su estado fitosanitario no puede determinarse fácilmente; en consecuencia, el proceso normal para analizar el riesgo de plagas para determinar si requiere de medidas necesarias con frecuencia no es posible para el caso del MEM. Por esta razón, la IPPC Secretariat, 2023, en su nueva versión (IPPC Secretariat, 2023): «*Guide to Regulation Of Wood Packaging Material Under Standing the Phytosanitary Requirements for the Movement of Wood Packaging Material in International Trade*» describe medidas internacionalmente aceptadas que los países pueden aplicar a el MEM con el objeto de reducir significativamente el riesgo de introducción y propagación de la mayoría de las plagas cuarentenarias que pueden estar asociadas con ese tipo de material.

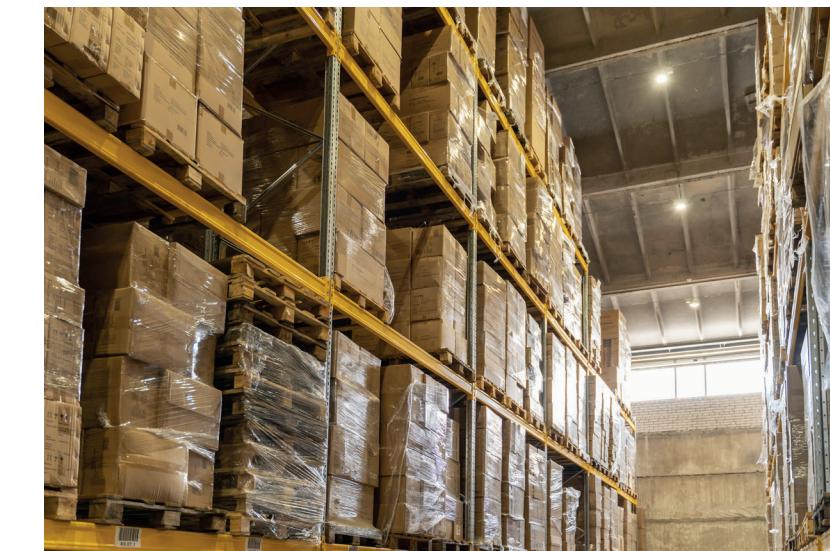
En efecto, algunas Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF) consideran que la madera de estiba que acompaña los embarques internacionales presenta un alto riesgo de plagas y su regulación requiere de un trato distinto en comparación con pallets de madera (Norma Internacional de Manejo Fitosanitario, (NIMF 15)), ya que el material de estiba, por lo general, consiste de maderas de gran sección transversal que son más difíciles de tratar o que pueden exceder el tamaño permitido para el tratamiento fitosanitario (madera con secciones transversales superiores a los 20 cm imposibilita su fumigación). Las especies invasoras se les puede ubicar casualmente en la madera de estiba, o entrar en los contenedores marítimos durante o después del estibado/desestibado de la carga. Al desestibarse la carga en puerto de destino, la madera de estiba se separa de la carga y en muchas ocasiones se abandona en puerto de destino y se le considera desechos internacionales (Danish A. Ahmed, et al, 2022).



El MEM recién tratado, a menudo se almacena durante un período prolongado antes de cargarlo con mercancías. Durante este período de almacenamiento, el MEM previamente tratado pueden infestarse o contaminarse con plagas específicas de la madera (posteriores al tratamiento) como bostriquidos y plagas que contaminan superficies o grietas (Stephan Biebl et al, 2020). Esto puede suceder en la planta de fabricación o en el lugar donde el MEM está asociado con los productos básicos a fluir logísticamente en la CGS. Durante el proceso de embalaje, el MEM corre el riesgo de contaminarse con plagas si entra en contacto con otros objetos o con entornos infestados y/o contaminados, y si se almacena en un entorno abierto o por organismos que se refugian en grietas (avispas, caracoles terrestres, termitas, propágulos, otros) aumentando el riesgo de colonización durante su almacenamiento (Quinlan et al, 2020).

De igual forma, el MEM corre el riesgo de contaminarse mientras se prepara para su ingreso en la CGS; puede contener organismos contaminantes antes de que se coloque en una unidad de transporte de carga (contenedor marítimo). El MEM se puede contaminar por el equipo empleado para ayudar la operación logística de embalaje, estibado y/o carga, o por plagas que ya están instaladas previamente en el contenedor marítimo.

Las mercancías contenedezadas fluyen logísticamente desde el punto de origen hacia el puerto de embarque o puerto de origen, donde se embarcan en buques para transitar aguas internacionales. Dado que gran parte de los bienes comerciables contenerizados ingresan a la CGS se transportan en buques, la mayoría de estos pasarán algún tiempo almacenados en un puerto marítimo antes de su ingreso a la CGS (Nicolas Meurisse, et al, 2019). En un escenario típico, los contenedores se cargan y sellan en la instalación del



fabricante o en el almacén del proveedor, para luego ser transportados por ferrocarril, barcaza o camión al puerto marítimo de origen para su almacenamiento en el patio de exportación antes de ser embarcados en un buque que los llevará al puerto de destino.

Tanto el MEM como los contenedores corren el riesgo de contaminación externa durante su almacenamiento, en los puertos de origen y destino, antes del embalaje, durante las operaciones logísticas de embalaje y cargue, especialmente cuando son almacenados cerca de luces expuestas o en superficies con vegetación. Variedad de insectos se sienten atraídos por las luces, y algunos pueden aterrizar o arrastrarse hacia materiales almacenados cerca de las luces, lo que aumenta la posibilidad de que se transporten individuos o masas de huevos en el embarque a exportar. Las polillas Lymantria adultas se sienten atraídas por ciertas longitudes de onda de luz producidas por las bombillas que se usan comúnmente en algunos puertos del mundo. Estudios sobre la longitud de onda específica que atrae a las polillas Lymantria dieron lugar a una guía internacional sobre la reducción del riesgo de transportar especies de polillas invasoras en contenedores marítimos. Incluso sin la influencia de la luz, cada vez que una mercancía comercial se encuentra al aire

libre o en almacenamiento abierto cerca de una población de organismos potencialmente contaminantes, existe la posibilidad de contaminación por plagas.

El MEM en contenedores marítimos cargados y sellados corre el riesgo de contaminación si los organismos ingresan al contenedor a través de grietas o por los conductos de ventilación. Este riesgo varía según el tiempo que los contenedores estén en el ambiente expuesto, la densidad de población, la etapa de vida del organismo potencialmente contaminante, y las condiciones ecológicas en las proximidades (pasto/tierra presente en el patio de almacenamiento) y alrededores en general (entorno portuario boscoso). Si el MEM y/o los contenedores marítimos se contaminan antes de zarpar del puerto de origen, puede ocurrir una contaminación cruzada de los MEM y/o los contenedores en camino hacia el destino de la carga. La contaminación del suelo en cualquier material de empaque o contenedor puede albergar esporas, insectos, microorganismos o semillas (Rima D. Lucardi, et al, 2020). Durante un viaje, estos organismos contaminantes pueden madurar o volverse móviles y contaminar las superficies cercanas.



Una vez embarcados, en el buque que los lleva a puerto de destino, los contenedores, los MEM y los productos básicos a granel (artículos grandes como vigas de acero o maquinaria pesada, carga sobredimensionada, carga proyecto, etc.) son muy difíciles de inspeccionar fitosanitariamente. Aun así, el proceso de embarque en el buque es una oportunidad para la inspección y mitigación de plagas contaminantes. Sin embargo, después del embarque, no es posible inspeccionar visualmente todas las superficies adyacentes de un solo contenedor de envío en contacto o apilado con un contenedor vecino, o en contacto con la superestructura del buque. Esto significa que menos del 10% de la superficie de todos los contenedores marítimos es visible en un portacontenedores normal, y menos del 5% es visible en un megaportacontenedor «megacarrier». Por tanto, es responsabilidad del embarcador asegurarse de que los contenedores de envío estén limpios, libres de residuos de la carga, materiales nocivos, plantas, productos vegetales y plagas visibles antes de cargarlos en el buque que los lleva a destino.

De hecho, el código CTU (IMO/ILO/UNECE CTU Code, 2014) brinda orientación y recomendaciones para el cargador, pero no son obligatorias.

En la Región del Pacífico Sur se utiliza el Sistema de Higiene de Contenedores Marítimos mediante el cual los países que realizan envíos a esta región implementan un régimen de limpieza que incluye la limpieza del interior y exterior, y el tratamiento externo con insecticida antes de trasladar los contenedores en el puerto de embarque. Bajo este sistema, el nivel de inspecciones de los contenedores de un destino se ajusta utilizando un enfoque de muestreo basado en el riesgo que tiene en cuenta la

frecuencia con la que cumplen con las regulaciones. Por su parte, los puertos de entrada son un punto de control crítico para la inspección y mitigación de organismos no autóctonos.

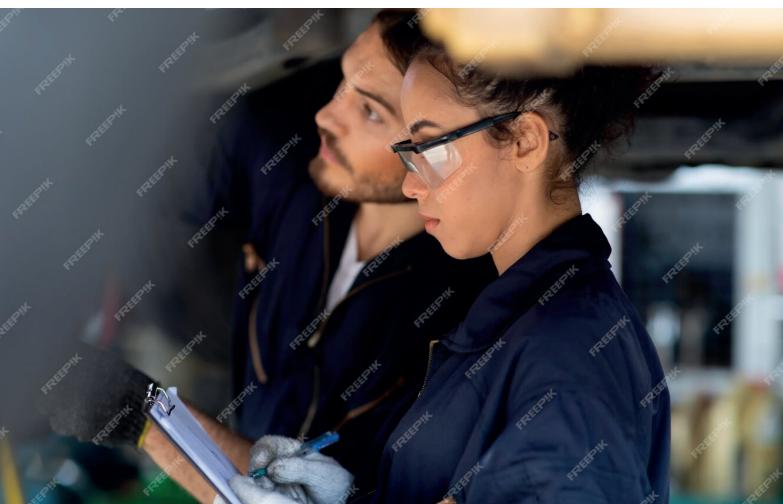
La llegada al puerto de entrada presenta la primera oportunidad para que los organismos no autóctonos escapen y la primera oportunidad nacional para que las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF)

inspeccionen los envíos. Aquellos insectos que escapan y se establecen con éxito en un área portuaria pueden colonizarla. Adicional a esto, el estado regulatorio de una especie invasora puede cambiar durante el tránsito internacional; por ejemplo, un organismo no reglamentado en un país de origen se convierte en una plaga reglamentada cuando la carga ingresa a las aguas del país receptor o cruza una frontera terrestre internacional.



Figura 2. Material de Estiba de Madera (MEM) empleado en la Cadena Global de Suministro (CGS), no permanece asociado con la mercancía. Fuente: recopilación del autor; <https://www.sag.gob.cl/>; Google ©SM™®

Antes de que se embarquen los contenedores y la carga fraccionada, los buques pueden ser inspeccionados por la ONPF en el país al que arriban. Las tasas de inspección están influenciadas por varios factores (país, puerto de origen, puerto de llegada, época del año, contenedor o granel, tipo de producto). Los buques que contienen carga fraccionada u otra carga «ro-ro» comúnmente trincada- asegurada con estiba serán sujetos a mayores inspecciones en los puertos de entrada, ya que este tipo de carga tiene altas tasas de incumplimiento asociadas con el material de estiba (NIMF 15). Las piezas más grandes de carga de proyecto (Figura 2) requieren vigas de madera más grandes, especialmente en la parte inferior de las cajas, y ahí es donde se detecta la mayor población de insectos. Esto, debido a que, en vigas de 20 a 25 centímetros de ancho, el tratamiento NIMF 15 parece ser menos efectivo. En Canadá (Canadian Food Inspection Agency, 2021) y EE. UU., estas inspecciones generalmente se realizan antes de que el buque atraque en el muelle, mientras que en México los funcionarios no pueden abordar los buques antes del atraque; la inspección de la carga y del modo de transporte se completa en el patio del puerto. Por tanto, la descarga de contenedores marítimos, carga rodada y mercancías a granel en el puerto de destino representa una oportunidad significativa para que las especies invasoras escapen.



Si los contenedores o bienes infestados o contaminados se encuentran afuera del puerto de destino, los organismos contaminantes pueden escapar al medio ambiente local; este escape puede ser provocado por cualquier número de factores abióticos o bióticos (interrupción del movimiento, finalización del período de latencia, un cambio en la luz o temperatura), mientras que los organismos sésiles o estadios (masas de huevos, pupas) o suelo que contiene organismos pueden ser desalojados por el movimiento de los contenedores y de las mercancías dentro del puerto y/o la exposición directa al viento o la lluvia. Los pequeños organismos asociados con el MEM dentro de un contenedor pueden escapar de contenedores sellados a través de respiraderos, grietas o a través de los marcos de las puertas; en más de 30 ocasiones se han detectado taxones de propágulos (individuos o partes de organismos biológicos que pueden dar lugar a otro individuo) en las rejillas de entrada (polizones) del aire en contenedores refrigerados que llegan a los puertos marítimo de los EE. UU., desde puertos en la costa del Pacífico de América del Sur.

Un número muy bajo de MEM se inspecciona en todos los puertos de entrada del mundo, la tasa de inspección varía ampliamente según el país de destino, el puerto de entrada, el país de origen y el producto. Las inspecciones a menudo se centran en envíos aéreos de origen o productos básicos de mayor riesgo. Se estima que la tasa de inspección anual en los EE. UU. (Eyre, D., et al, 2018). Es aproximadamente el 3 % de todos los MEM. USDA-APHIS estima que el muestreo basado en el riesgo actual produce una detección promedio anual de 300 escarabajos barrenadores (perforadores de madera) y descortezadores que se encuentran en el MEM que fluye en la CGS. Los contenedores marítimos y/o el MEM que no cumplen (de alto riesgo fitosanitario) después de la descarga inicial no pueden salir de las áreas portuarias controladas en los EE. UU. o Canadá (Zhao J,

et al, 2021) la Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza de los EE. UU., los contenedores o el MEM que no cumplen con los requisitos fitosanitarios serán resellados y/o reexportados, destruidos o tratados en el sitio a expensas del transportista. Si se determina que el MEM asociado con la mercancía fraccionada, no cumple con los requisitos fitosanitarios, todo el envío será rechazado y sujeto a reexportación, lo que

puede incluir la reembarque. En Canadá, la ONPF ordena que los MEM que no cumplen con los requisitos sean retirados del país y se tratarán como material de alto riesgo fitosanitario. El MEM que no cumple con las normas que mantienen la seguridad fitosanitaria en México no podrá salir del puerto mexicano y están sujetos al protocolo de cuarentena (fumigación) antes de su destrucción.



Figura 3. Material de Estiba de Madera (MEM) empleado para la división de cargas (trimado) en las bodegas de los buques mercantes. Fuente: el autor; OPP GRANELES S.A.

Por su parte, el MEM empleado en la división de carga en los buques graneleros (tableros para trimado de la carga; Figura 3) y en la fijación, sujeción y apuntalamiento de la mercancía contenedoraizada (Figura 4). Al desestibarse la carga en puerto de destino, la madera de estiba se separa de la carga proyecto y en muchas ocasiones se abandona en puerto de destino considerándosele desecho internacional (Fei, S., et al 2019). Este tipo de MEM representa un riesgo fitosanitario significativo al albergar plagas que infestan y contaminan si no se trata, o se trata de forma inadecuada, o si se manipula de una manera que permite la contaminación posterior a su tratamiento. Como el MEM a menudo tiene poca o ninguna información de cadena de custodia asociada, es más difícil determinar quién es responsable de la disposición del MEM que no cumple con los requisitos fitosanitarios del país de origen. Por tanto, el MEM que no cumpla con los requisitos puede destruirse en el sitio, volver a cargarse en el buque y reexportarse. En los EE. UU. (y probablemente en otros países), el depósito ilegal del MEM usado y sin tratar es un problema cada vez más grave (Robert A. Haack et al, 2022); en 2016 los EE. UU. revisó su reglamentación con el objeto de permitir la destrucción rápida (incineración) del MEM depositado ilegalmente en sus puertos de entrada. Desde 2008 (Zahid, M. I et al, 2008), todo el MEM transportado por buque que llega a Canadá ha sido tratado como no conforme y se han tomado medidas para tratarlo como tal, independientemente de la presencia de un sello NIMF 15. Canadá puede exigir que un buque directamente contaminado con masas de huevos abandone el puerto para limpiarlo en aguas internacionales, redirigido a otro destino para descontaminación y sujeto a sanciones. En efecto, se le puede negar la entrada hasta por 2 años durante el período de riesgo para Canadá. En los puertos marítimos mexicanos de entrada más importantes del país, el MEM que se descarga se fumiga antes de su destrucción. Sin embargo, el MEM puede permanecer

durante períodos considerables de tiempo en espacios abiertos de almacenamiento, lo que aumenta el riesgo de que los organismos logren una etapa de vida móvil y escapen.

En lo que respecta al contenedor marítimo y al MEM, una vez que salen de un puerto de destino, puede ser transportados por una amplia cadena de modos de transporte (marítimo-carretero-ferroviario- aéreo- fluvial/lacustre) a cualquier lugar del país receptor. Durante este tiempo hay oportunidades para que las plagas asociadas se dispersen en el entorno local (Alexander Eslava S., 2023a;b). De igual forma, contenedores cargados y MEM a menudo se almacenan por períodos variables (días, meses; el riesgo aumenta en la medida de tiempo que se pasa en un solo lugar) en terminales ferroviarios, centros de distribución, puertos secos, plataformas logísticas, otros).

En los centros de distribución, algunos contenedores marítimos se abren, se descargan y los productos pueden desembalarse (separarse del MEM original), algunos otros permanecerán embalados con su MEM original hasta que son trasladados al destino final (minorista). El MEM almacenado cerca de luces brillantes tiene un riesgo elevado de contaminación por plagas atraídas por la luz. Por tanto, este punto de la CSG presenta alto riesgo para que las especies invasoras (plagas) abandonen el MEM y se dispersen en el área local (Sreedevi, K., et al, 2022). Es probable que los pallets de madera, cajas, cajones, bobinas y otros tipos de MEM tengan diferentes tasas de ingreso a los mercados de reutilización en los países de destino. Uno de los tipos de MEM más reutilizados son los pallets de madera. La vida útil típica de un pallet incluye múltiples períodos de uso de 2 a 10 años y está influenciada por factores como su construcción, mercancías que ha estibado y número de veces se ha manipulado durante un viaje. Los pallets y otros MEM pueden remanufacturarse o repararse reemplazando los

componentes dañados. En los EE. UU., los pallets reciclados y remanufacturados representan el 42 % del parque de pallets. Para mantener el cumplimiento de la NIMF 15, las tarimas que han sido reparadas o remanufacturadas deben cumplir con las pautas especificadas sobre

marcas y retratamiento de la IPPC (IPPC Secretariat, 2023), en su nueva versión: «Guide to Regulation Of Wood Packaging Material Under Standing the Phytosanitary Requirements for the Movement of Wood Packaging Material in International Trade»



Figura 4. Material de Estiba de Madera (MEM) empleado en la manipulación, fijación, sujeción y trincaje de cargas contenedoraizadas. Recopilación del autor; Google ©SM™®



Los principales insectos perforadores de corteza y madera (xilofágos) de preocupación cuarentenaria incluyen insectos en el escarabajo (Coleoptera) familias Buprestidae, Cerambycidae, Curculionidae (incluyendo Platypodinae y Scolytinae); la familia de las avispas Siricidae (Hymenoptera) y las familias de polillas (Lepidoptera) Cossidae y Sesiidae, escarabajos de la madera (Bostrichidae, incluida Lyctinae), moscas barrenadoras de la madera (Diptera), termitas (Isoptera), así como hongos y nematodos que pudren la madera, incluidos depredadores y parasitoides (Bradshaw CJ, Leroy B, et al, 2016).

De hecho, investigaciones recientes indican que varios países mantienen bases de datos de especies invasoras que son interceptadas en sus puertos de entrada (puertos marítimos, aeropuertos y cruces fronterizos internacionales), y por lo general, los inspectores se enfocan en productos o vías de alto riesgo, en lugar de realizar encuestas aleatorias; los registros de interceptación generalmente se incluyen en la base de datos de un país solo cuando se

encuentran plagas. Así, insectos xilófagos conocidos como barrenadores o perforadores de madera son dispersados por los movimientos internacionales de cargas contenedorizadas en el MEM. Sabido es que escarabajos asiáticos de cuernos largos *Anoplophora glabripennis* y *A. chinensis* son plagas forestales importantes en Asia, y fueron introducidos como polizones en contenedores marítimos en América del Norte y Europa, atacando una amplia gama de especies de árboles de hoja ancha; en 3 años provocaron la tala de 50 millones de álamos (Diagne C, et al, 2021).

De igual manera, informes recientes indican que la interceptación de plagas cuarentenarias en el MEM en puertos chinos de entrada aumentó de 68 a 163 entre 2003 y 2016, y el número de países desde los que se interceptaron plagas aumentó de 26 a 107: Corea (12,98 % de todos los registros), EE. UU., 12,92%, Alemania, 11,84%, Taiwán, 10,64 % y Japón 6,64 %. Las intercepciones de insectos más frecuentes fueron de Alemania, Taiwán y los EE. UU (Burgos-Rodríguez, J. & Burgiel, S.W., 2020), y las intercepciones de nematodos más frecuentes fueron de Corea, los EE. UU y Alemania. Sin embargo, durante el periodo 2003 a 2020, en los puertos marítimos de entrada de los EE. UU., se detectaron barrenadores de la madera en 88000 contenedores marítimos en cargas unitarizadas en pallets. Los barrenadores más comunes detectados fueron los de la madera, interceptados con mayor frecuencia en las importaciones de China, Italia y Turquía, por lo general se asociaron con las importaciones de tejas, losas, metal y maquinaria. Por el contrario, los escolytines fueron los barrenadores más comúnmente interceptados en productos de Costa Rica y México y se asociaron principalmente con importaciones de productos perecederos. Por tanto, los barrenadores ocasionalmente se les asocia con el pallet de madera que fluye logísticamente en la CGS (Shiner, Z., et al, 2021).

## PALLET DE MADERA

En lo que respecta al pallet de madera (Figura 5) introducido en la década de 1930, por parte del ejército de los EE. UU., al observar su potencial para reducir los tiempos de manejo y transferencia de carga (cargue/descargue), se considera la interfaz principal de una unidad de carga y la primera línea de defensa para proteger los productos (absorción de tensiones mecánicas/dinámicas, protección de la entrega y facilidad de manipulación por parte del equipo de manipulación) antes de llegar al destino designado. Es elemento clave de la CGS y es uno de los artículos de transporte retornables más utilizados, ya que transportan alrededor del 80 % de todo el comercio global, con el inconveniente que tienen impactos ambientales y económicos significativos durante su ciclo de vida completo. A diferencia de otros MEM, el pallet de madera está diseñado específicamente para ser reparado repetidamente y reinyectado para su uso en la CGS. En lo que respecta a la industria, está totalmente fragmentada, lo que hace que la cantidad de partes interesadas «stakeholders» puedan involucrar varios niveles y múltiples partes interconectadas.

Dos configuraciones generales posibles existen en la industria: sistema de circuito abierto y sistema de circuito cerrado. En el sistema de circuito abierto, los pallets se consideran activos desechables y se desechan después del uso final. En el sistema de circuito cerrado se recuperan los pallets usados usadas para su reparación (si es posible) y/o utilizarse de nuevo en un nuevo ciclo de transporte. Cuando el pallet está demasiado dañado para recuperarlo, se envía a vertedero para su eliminación, o a plantas de reciclaje, según el sistema de gestión de residuos. Estudios recientes, han demostrado que el pallet de madera presenta un alto riesgo de introducción y propagación de plagas cuarentenarias (Emily A. Stevenson,

et al, 2023; Muthukrishnan, R., Sundararaj, R., 2022; Deepa S. et al 2022; Kočí, V., 2019); muy a menudo se reutiliza, repara o remanufactura, desconociéndose el verdadero origen de cualquiera de sus piezas de madera, proceso muy difícil de verificar, por lo que su estado fitosanitario no puede determinarse fácilmente. En consecuencia, el proceso normal para analizar el riesgo de plagas para determinar si requiere de medidas necesarias con frecuencia no es posible para el caso del pallet de madera.

De hecho, tanto los pallets de plástico como los pallets de madera procesada tienen propiedades estructurales y perfiles de reutilización diferentes a los de los pallets de madera (Deviatkin I, et al, 2019). Los pallets de plástico requieren mayores costos de energía para su fabricación y transporte que la madera y requieren sistemas de redistribución dentro de la CGS, lo que introduce diferentes costos logísticos y de energía.

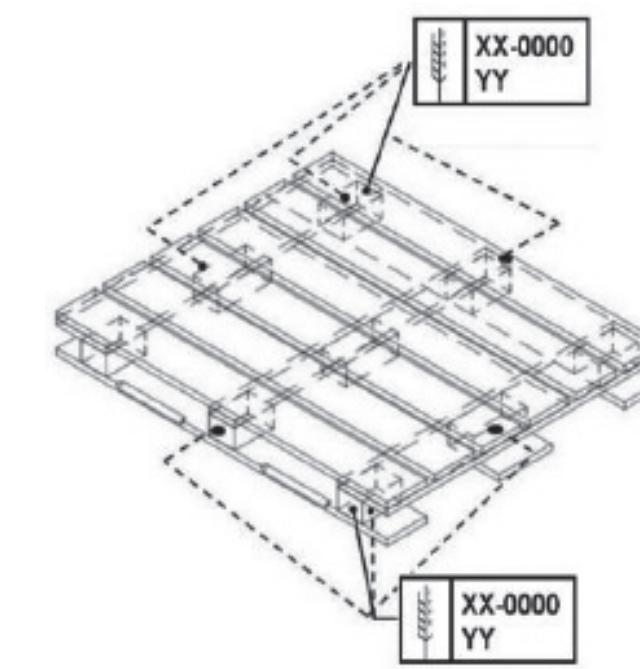


Figura 5. Ubicación Marca de Certificación NIMF 15 en el pallet de madera utilizado en la Cadena Global de Suministro. Fuente: el autor

Así, el MEM, y en especial el pallet de madera, que fluye logísticamente en la CGS procede de árboles vivos o muertos que pueden estar infestados de plagas de plantas (invadidos por organismos patógenos); con frecuencia

puede no haber tenido suficiente tratamiento para eliminar o matar las plagas y, por tanto, sigue siendo una vía activa para la introducción y propagación de especies invasoras (Figura 6).

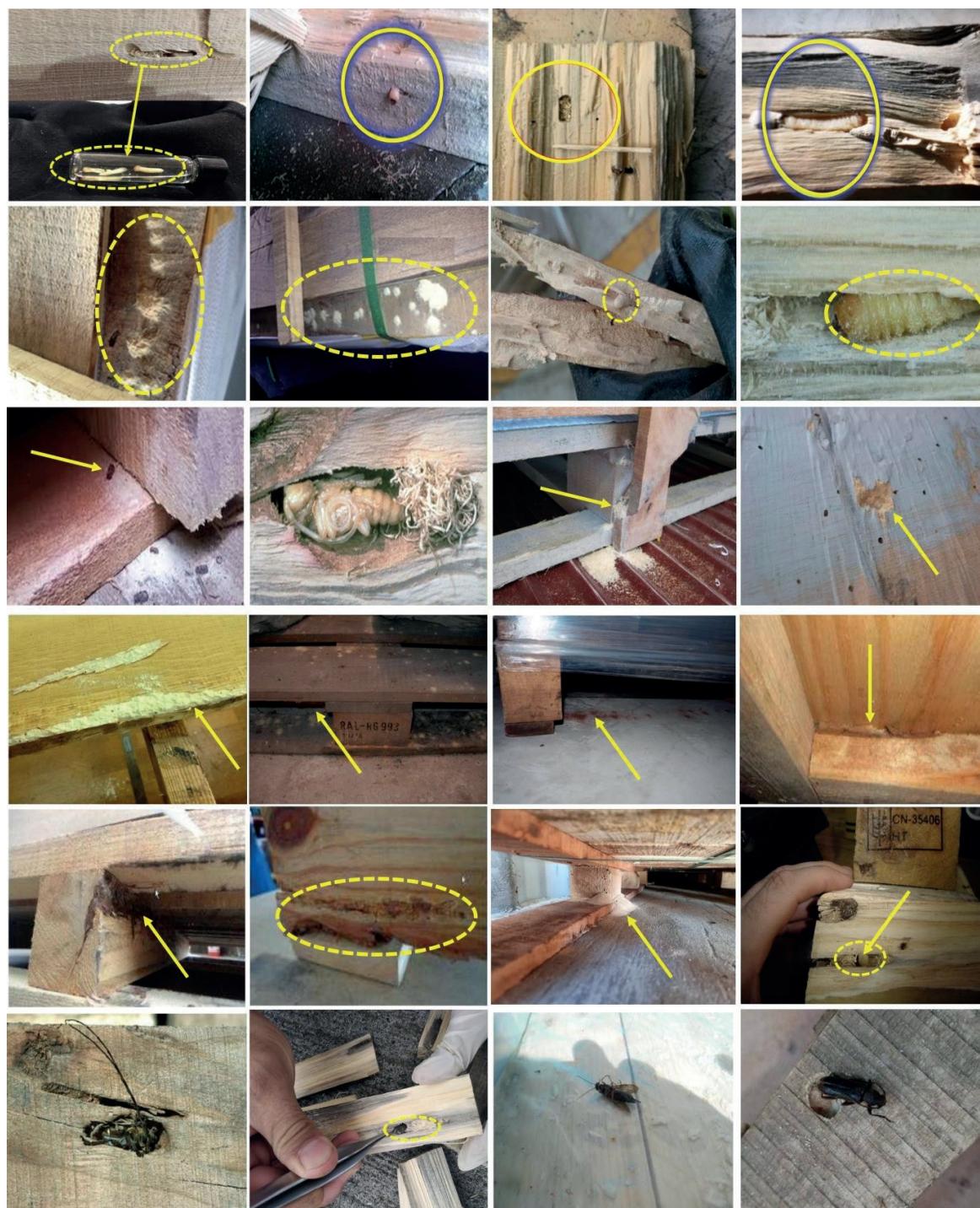


Figura 6. Evidencia de especies invasoras en pallets de madera empleados en la Cadena Global de Suministro. recopilación del autor; USDA- U.S. Customs and Border Protection; Google ©SM™®

En general, la propagación descontrolada de especies invasoras en la CGS causa miles de millones de dólares de daños a árboles ornamentales, bosques e industrias madereras. De hecho, las especies invasoras llegan en productos no biológicos. Las baldosas de cerámica y mármol de Italia son una fuente importante de hallazgos de caracoles terrestres en los puertos de entrada a los EE. UU. (Iline, I.I., et al, 2023); el latón de la India a menudo contiene el escarabajo Khapra que infesta granos de cereales y oleaginosas; embalaje de objetos de arte de alta calidad con destino a varios museos de Alemania y Austria en el período 2003-2015. Entre 2001 y 2015, se detectaron 19 brotes del escarabajo asiático de cuernos largos, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera: Cerambycidae), en la Unión Europea y otros cuatro brotes en Suiza. Muchos de estos brotes estaban relacionados con el MEM y en especial con los pallets de madera asociados con las importaciones de productos de piedra de China (pizarra, mármol, granito, adoquines, ladrillos, piedra tallada o de construcción trabajada).

El impacto económico de las introducciones de especies invasoras en las CGS es difícil de estimar. Un informe del Congreso de los EE. UU. estimó que la introducción de 79 especies exóticas le había costado a los EE. UU., 97 mil millones de dólares durante el periodo 1906-1991. Recientemente, se ha estimado que las pérdidas económicas en los EE. UU., son cercanas a los 120 mil millones de dólares al año (K.K. Weththasinghe, et al, 2022). El impacto ecológico y económico global de las especies invasoras en la salud de las plantas es asombroso. Estimaciones actuales y conservadoras sugieren que las plagas de las plantas (incluidos los patógenos, invertebrados y malas hierbas) destruyen o afectan anualmente entre el 31 y el 42 % de todos los cultivos de producción de todo el mundo (Rieks D. van Klinken, et al, 2023). Además de su potencial de devastación ecológica, las especies invasoras en el MEM pueden ser comercialmente desastrosas para todos los integrantes de la CGS.

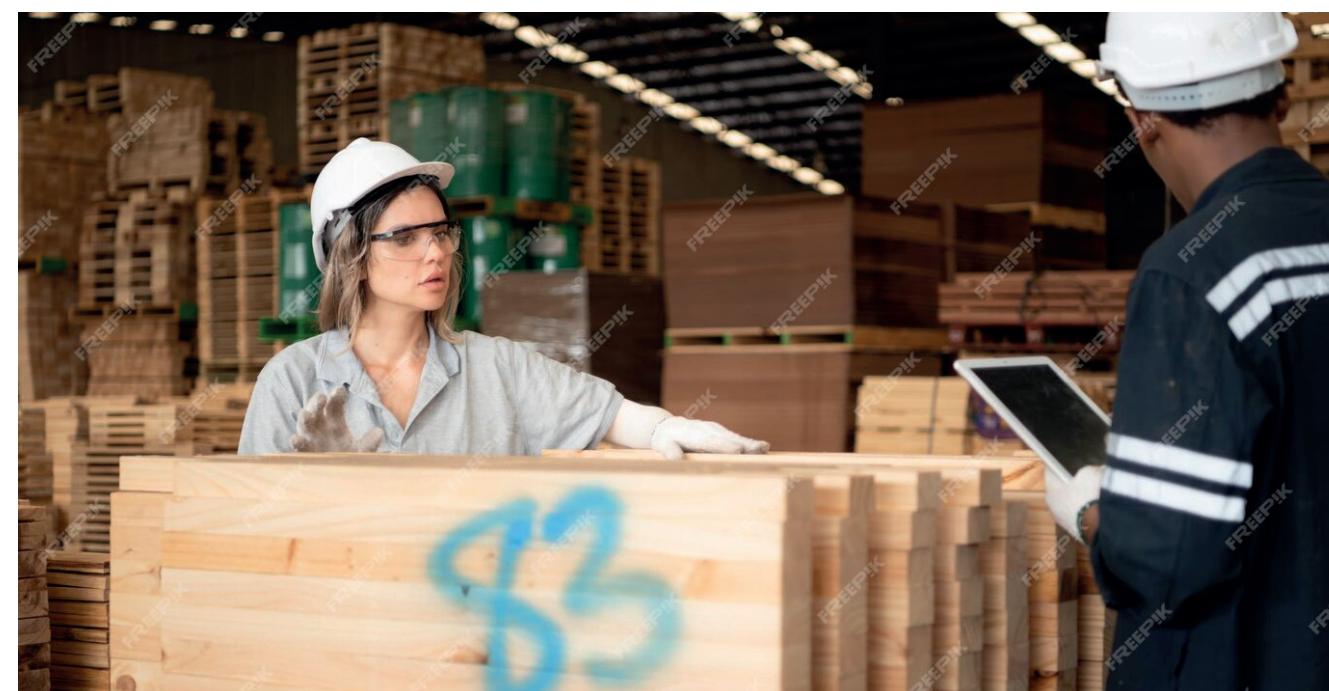


## COMENTARIOS

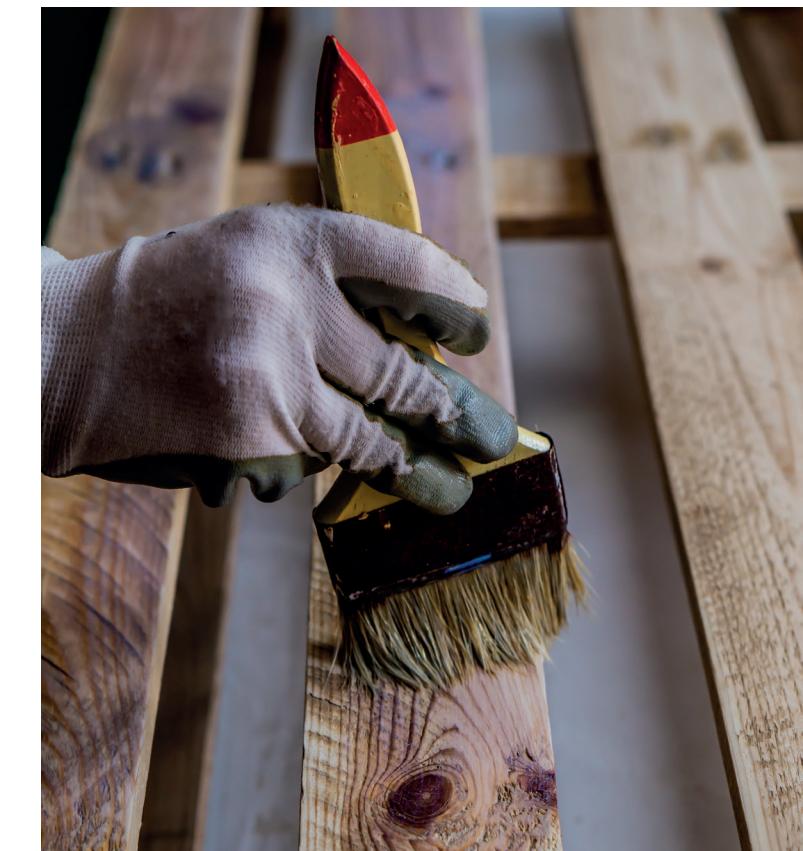
En lo que respecta al MEM y al pallet de madera, USDA El Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal (APHIS) del Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA) mantiene dos bases de datos principales para registros de intercepciones de plagas en productos importados en puertos de EE. UU.: AQIM (Agriculture Quarantine Inspection Monito-ring) y PestID (PestID (Pest Interception Database). AQMI es un programa de inspección con base estadística que permite el muestreo aleatorio de productos importados; AQMI fue diseñado para monitorear la tasa de aproximación de los riesgos agrícolas en diferentes rutas, y consiste en un muestreo aleatorio diario o semanal de carga internacional, correo, vehículos, contenedores marítimos y equipaje de pasajeros que transitan puertos estadounidenses. La selección de la muestra ocurre al azar entre los productos que se sabe que tienen MEM y pallets de madera asociados. Para tal, se utiliza un plan de muestreo estratificado estadísticamente sólido.

Los datos de infestación de WPM y pallets de madera asociados se registran en función del número de envíos. Por cada interceptación de plagas en AQMI, se registra información sobre todas las plagas encontradas al nivel taxonómico más bajo posible (familia, género o especie), así como el tipo de carga inspeccionada, el tipo de WPM presente, el cumplimiento con el marcado NIMF15 y la presencia o ausencia de corteza en el WPM y/o en el pallet de madera asociado. Para el MEM, todas las plagas de plantas encontradas se registran en AQMI, incluidos los insectos que infestan la corteza y la madera, así como aquellos que sin darse cuenta contaminaron o "hicieron autostop" con el envío "polizontes". Cuando no se encuentran plagas (registros negativos), también se registran por envío en AQMI, lo que permite el cálculo de las tasas de infestación (a diferencia de otros datos de interceptación donde las inspecciones negativas normalmente no están documentadas).

En lo que respecta al sistema «pooling» de pallets, es una industria fragmentada, lo que hace



que la cantidad de partes interesadas involucradas sea generalmente alta: varios niveles y múltiples partes interesadas interconectadas. Los Proveedores de Servicios de Pooling de Pallets (PSPP) son los encargados de distribuir, recoger y reparar los pallets para minimizar los residuos industriales de las operaciones logísticas; administran sus propios pallets en un flujo lineal, desde la fumigación y el tratamiento térmico, el abastecimiento, el inventario y su uso en varios escenarios hasta la eliminación de los pallets dañados en la CGS. De hecho, los eslabones de la CGS están obligados a gestionar los pallets y asegurar su calidad para las operaciones logísticas; mantener un stock suficiente para las operaciones diarias debido a la fluctuación en la demanda de estos; dado que la calidad de los pallets en el flujo logístico varía, algunas organizaciones pueden sólo aceptarán envíos estibados en pallets en términos de tipo de material y calidad, debido a las limitaciones operativas, la prevención de la infestación de insectos y la protección de la carga. El intercambio de pallets entre las partes de la CGS se realiza en dos modos, a saber: (I) desechable de un solo uso. Representa aquellos pallets comprados por proveedores u obtenidos de otras empresas que son prescindibles y probablemente se desecharán después de los envíos, en las que se utilizan tipos de pallets de bajo costo, como madera blanca, para dar como resultado un bajo precio de compra; (II) modo de compra y venta. Se refiere a pallets que se venden continuamente a la siguiente parte de la CS a lo largo de toda la CGS hasta que los pallets se dañan o son sobrantes. Estos pallets son recomprados por los proveedores para reacondicionarlos, revenderlos y desecharlos. En comparación con el modo de un solo



uso o desechable, el modo de compra y venta es relativamente poco y casi nada sostenible, y poco y casi nada respetuoso con el medio ambiente.

Así, aunque el sistema «pooling» de pallets se considera una estrategia prometedora en la CGS la identificación, verificación y autenticación efectivas de los pallets aún están por explorarse, por lo que la confiabilidad de los usuarios finales en «pooling» es cuestionable. Debido a la falta de un protocolo de autenticación seguro para gestionar los «pallets pools», es difícil establecer la confianza entre los usuarios finales y el sistema de «pooling»: tránsito de pallets fraudulentos a lo largo de toda la CGS; violación de las regulaciones aduaneras para el control de plagas, en el que se requiere que los pallets sean totalmente tratados térmicamente o fumigadas (violación total de lo requerido por la IPPC Secretariat, 2023: «Guide to Regulation Of Wood Packaging

*Material Under Standing the Phytosanitary Requirements for the Movement of Wood Packaging Material in International Trade»).* En consecuencia, se insta a las empresas de «pooling» de pallets a implementar, con el apoyo de las tecnologías disruptivas de Internet de las Cosas (IoT) y Blockchain, un sistema seguro de autenticación de pallets con el objeto de crear un ecosistema de usuario final confiable ya que, desde la perspectiva de los usuarios finales (se debe garantizar la autenticidad de los pallets a través del proceso de identificación y verificación entre usuarios finales). En consecuencia, Blockchain permite mantener un alto grado de seguridad y privacidad del PSPP, al autenticar los pallets ofrecidos y en tránsito en la CGS.

La estructura de datos de Blockchain facilita el seguimiento, trazabilidad y verificación del cumplimiento estricto de las regulaciones aduaneras, como los tratamientos para el control de plagas en los pallets de madera que fluyen en la CGS. La integración de Blockchain, IoT y CN es la forma más competente de construir un sistema efectivo de autenticación de datos de los pallets de madera Certificados NIMF15 que deberán fluir libremente en la CGS. Este enfoque híbrido interconecta

dispositivos IoT (al pallet de madera; autenticación, verificación bidireccional y de extremo a extremo en la gestión de la agrupación de paletas), Blockchain (seguimiento, trazabilidad, autenticación de datos en tiempo real) y Computación en la Nube (sincronización con los nodos y clientes en la red «peer-to-peer») e interactúa en la CGS en tiempo real. De hecho, para gestionar de forma eficaz un pallet de madera certificado NIMF 15 entre los PSPP y los usuarios finales, la plataforma (Iot-B-CN) de servicios de agrupación de pallets desempeña un papel importante en el abastecimiento de estos, el tratamiento ((térmico convencional (HT); térmico dieléctrico (DH); fumigación con bromuro de metilo (MB); fumigación con fluoruro de sulfurilo (SF))), el cumplimiento de la certificación NIMF15, la gestión de inventario y la reparación y el mantenimiento.

Además, los PSPP también son responsables de asignar y recoger los pallets para los usuarios finales. La transferencia de pallets y el cumplimiento de la Norma NIMF15 se consolidará en la plataforma (Iot-B- CN), donde, en tiempo real, se puede verificar, monitorear y trazar el movimiento de los pallets de madera y especies invasoras que fluyen en la CGS.



## CONCLUSION

Se espera que las tasas de detección de especies invasoras que fluyen en la CGS, en el MEM y en los pallets de madera asociados a las mercancías, aumenten de manera constante con la estricta implementación de la NIMF 15. Para tal, se requiere, entre otras:

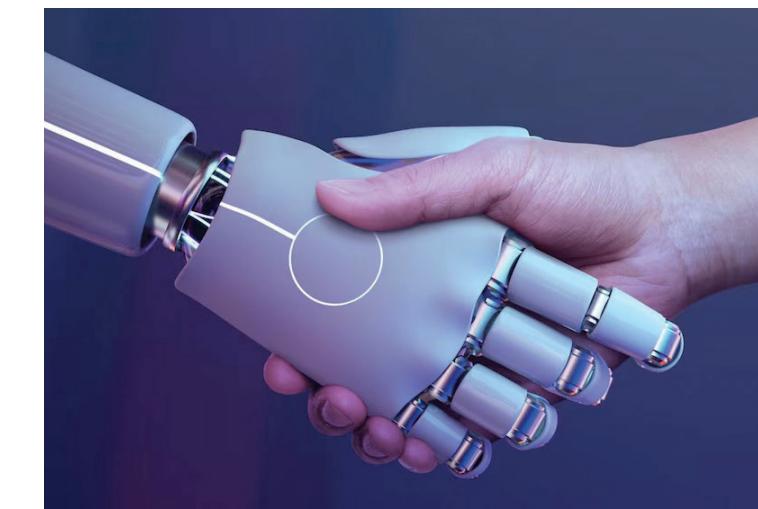
Cumplimiento voluntario por parte de los proveedores autorizados por las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF). Esto, debido a factores como equipos bien calibrados y personal calificado (aplicar el tratamiento térmico o dosis de fumigante adecuados a todos los MEM y pallets de madera durante un ciclo de tratamiento).

Control, por parte de las ONPF, al fraude a proveedores de tratamiento del MEM y pallets de madera no autorizados; la Marca se aplica al MEM sin tratamiento alguno (térmico convencional (HT); térmico dieléctrico (DH); fumigación con bromuro de metilo (MB); fumigación con fluoruro de sulfurilo (SF)) o de manera inadecuada. Si los tratamientos no son 100 % efectivos, es probable que las especies invasoras vivas se encuentren con mayor frecuencia en el MEM y en los pallets de madera durante los períodos de brote en cualquier lugar de la CGS.

Verificación de la validez de la Marca de Certificación NIMF15 y/o la integridad del tratamiento a través de un acuerdo de cumplimiento entre los proveedores de tratamiento del MEM y pallets de madera y la ONPF del país de origen.

Adequada gestión de datos por parte de la ONPF (registro de detecciones de plagas por consignación)

Implementar tecnologías disruptivas de la Industria 4.0 (Blockchain, Internet de las Cosas (IoT), Computación en la Nube (CN), Drones, dispositivos asistidos por Inteligencia Artificial)



cial) que puedan probar, verificar y certificar de forma independiente el cumplimiento del tratamiento de la NIMF15 en cada MEM y pallet de madera asociado a las mercancías que fluyen en la CGS.

Implementar, por parte de las ONPF, un método y una prueba de control para evaluar el cumplimiento de la Norma Internacional NIMF15, ya que actualmente no se conocen indicadores químicos o físicos que puedan usarse para verificar que se realizó el tratamiento (térmico convencional (HT); térmico dieléctrico (DH); fumigación con bromuro de metilo (MB); fumigación con fluoruro de sulfurilo (SF))

Implementar la tecnología disruptiva Blockchain como apoyo a la cadena de custodia (registro de número de unidades infestadas dentro de los envíos, presencia de corteza, piezas residuales más grandes que los límites de tolerancia actuales, tipo de tratamiento especificado, origen y destino de los envíos, etc.) del MEM y del pallet de madera que fluye en la CGS

Reducir el riesgo de que las especies invasoras fluyan en la CGS, así como los impactos negativos resultantes en los países importadores, requerirá de un cumplimiento casi universal. Puede ser difícil de lograr sin incentivos muy fuertes o sin una supervisión intensiva y san-

ciones significativas para los exportadores que no cumplan. Una mejor educación y una mayor divulgación de la NIMF 15 por parte de las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria, junto con una mayor cooperación e intercambio de información entre los países

## REFERENCIAS

- Alexander Eslava Sarmiento. (2023a). Contaminación Fitosanitaria en Contenedores Marítimos. LOGINN Investigación Científica y Tecnológica, ISSN Web 2590-7441, Enero-Junio, 7(1). <https://revistas.sena.edu.co/index.php/LOG/article/view/5760/5761>
- Alexander Eslava Sarmiento. (2023b). Contenedores Marítimos Contaminados Fitosanitariamente. Re-vista Granos & Postcosecha Latinoamericana. Argentina. Año 27, N°152, Mayo-Junio; Año, 27, Edición 153: 24-32 <https://www.yumpu.com/es/document/read/68165659/granos-153-online>
- Allen, E., Noseworthy, M., & Ormsby, M. (2017). Phytosanitary measures to reduce the movement of forest pests with the international trade of wood products. *Biological Invasions*, 19(11), 3365–3376. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1515-0>
- Anna J. Turbelin, Christophe Diagne, Emma J. Hudgins, Desika Moodley, Melina Kourantidou, Ana Novoa, Philip J. Haubrock, Camille Bernery, Rodolphe E. Gozlan, Robert A. Francis & Franck Courchamp. (2022). Introduction Pathways of Economically Costly Invasive Alien Species. *Biol Invasions* 24, 2061–2079 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02796-5>
- Bradshaw CJ, Leroy B, Bellard C, Roiz D, Albert C, Fournier A, Barbet-Massin M, Salles JM, Simard
- importadores y exportadores, podría generar una retroalimentación global que facilite que una proporción muy alta del MEM y pallets de madera asociados a las mercancías, cumpla con las normas establecidas en favor del estatus sanitario de cada país importador.
- F. & Courchamp F. (2016). Massive Yet Grossly Underestimated Global Costs of Invasive Insects. *Nat Commun* 7:12986. <https://doi.org/10.1038/ncomms12986>
- Burgos-Rodríguez, J. & Burgiel, S.W. (2020). Federal Legal Authorities for The Early Detection of And Rapid Response to Invasive Species. *Biol Invasions* 22, 129–146. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02148-w>
- Canadian Food Inspection Agency. (2021). D-03-08: Phytosanitary Requirements To Prevent The Introduction Into And Spread Within Canada of The Emerald Ash Borer, *Agrilus planipennis* (Fairmaire) <https://inspection.canada.ca/plant-health/invasive-species/directives/forest-products/d-03-08/eng/1323821135864/1323821347324>
- Charles Yoe, Robert Griffin, Stephanie Bloem. (2020). Handbook of Phytosanitary Risk Management: Theory and Practice. Wallingford: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781780648798.0000>
- Chelcy Ford Miniat, Jennifer M. Fraterrigo, Steven T. Brantley, Mac A. Callahan Jr, Susan Cordell, Jeffrey S. Dukes, Christian P. Giardina, Shibu Jose & Gary Lovett. (2021). Impacts of Invasive Species on Forest and Grassland Ecosystem Processes in the United States. In: Poland, T.M., Patel-Weynand, T., Finch, D.M., Miniat, C.F., Hayes, D.C., Lopez, V.M. (eds) *Invasive Species in Forests and Rangelands of the United States*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1_4)
- Rangelands of the United States. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1_3)
- Clements, D.R., Upadhyaya, M.K., Joshi, S., Shrestha, A. (2022). Global Plant Invasions on the Rise. In: Clements, D.R., Upadhyaya, M.K., Joshi, S., Shrestha, A. (eds) *Global Plant Invasions*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89684-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89684-3_1)
- Cuthbert, R. N., Diagne, C., Haubrock, P. J., Turbelin, A. J., & Courchamp, F. (2021). Are the “100 of The World’s Worst” Invasive Species Also the Costliest? *Biological Invasions*, 24(7), 1895–1904. <https://doi.org/10.1007/s10530-021-02568-7>
- Danish A. Ahmed, Emma J. Hudgins, Ross N. Cuthbert, Melina Kourantidou, Christophe Diagne, Phillip
- J. Haubrock, Brian Leung, Chunlong Liu, Boris Leroy, Sergei Petrovskii, Ayah Beidas & Franck Courchamp. (2022). Managing biological invasions: the cost of inaction. *Biol Invasions* 24, 1927–1946. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02755-0>
- Deborah M. Finch, Jack L. Butler, Justin B. Runyon, Christopher J. Fettig, Francis F. Kilkenny, Shibu Jose, Susan J. Frankel, Samuel A. Cushman, Richard C. Cobb, Jeffrey S. Dukes, Jeffrey A. Hicke & Sybill K. Amelon. (2021). Effects of Climate Change on Invasive Species. In: Poland, T.M., Patel-Weynand, T., Finch, D.M., Miniat, C.F., Hayes, D.C., Lopez, V.M. (eds) *Invasive Species in Forests and Rangelands of the United States*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1_4)
- Deepa S. Pureswaran, Nicolas Meurisse, Davide Rassati, Andrew M. Liebhold, Massimo Faccoli. (2022).
- 1- Climate Change and Invasions by Nonnative Bark and Ambrosia Beetles, Bark Beetle Management, Ecology, and Climate Change, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822145-7.00002>
- Deviatkin I, Khan M, Ernst E & Horttanainen M. (2019). Wooden and Plastic Pallets: A Review of Life Cycle Assessment (LCA) studies. *Sustainability* 11:5750. <https://doi.org/10.3390/su11205750>
- Diagne C, Leroy B, Vaissière A-C, Gozlan RE, Roiz D, Jarić I, Salles J-M, Bradshaw CJA & Courchamp
- F. (2021). High and Rising Economic Costs of Biological Invasions Worldwide. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>
- Emily A. Stevenson, Peter Robertson, Emily Hickinbotham, Louise Mair, Nigel J. Willby, Aileen Mill, Olaf Booy, Kirsty Wiggs & Zarah Pattison. (2023). Synthesising 35 Years of Invasive Non-Native Species Research. *Biol Invasions* <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03067-7>
- Epanchin-Niell, R., McAusland, C., Liebhold, A., Mwebaze, P., & Springborn, M. R. (2021). Biological Invasions and International Trade: Managing a Moving Target. *Review of Environmental Economics and Policy*, 15(1), 180–190. <https://doi.org/10.1086/713025>
- Eyre, D., Macarthur, R., Haack, R. A., Lu, Y., & Krehan, H. (2018). Variation in Inspection Efficacy by Member States of Wood Packaging Material Entering the European Union. *Journal of Economic Entomology*, 111(2), 707–715. <https://doi.org/10.1093/jee/tox357>
- Fei, S., Morin, R. S., Oswalt, C. M., & Liebhold, A. M. (2019). Biomass Losses Resulting from Insect And Disease Invasions in US Forests.

- Proceedings of the National Academy of Sciences, 201820601. <https://doi:10.1073/pnas.1820601116>
- Iline, I.I., M.A. Novoselov, N.K. Richards, and C.B. Phillips. (2023). Towards a Test to Verify That Wood Has Been Heat-treated to the ISPM15 Standard. *New Zealand Plant Protection* 67: 86–95. Accessed July 17. <https://journal.nzpps.org/index.php/hzpp/article/view/5756>
- IMO/ILO/UNECE. (2014). Code of Practice for Packing of Cargo Transport Units [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-/ed\\_dialogue/-/sector/documents/publication/wcms\\_492710.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-/ed_dialogue/-/sector/documents/publication/wcms_492710.pdf)
- IPPC Secretariat. (2022). Final Report of the Sea Containers Task Force. Rome, FAO on behalf of the International Plant Protection Convention. Pp. 52, ISBN: 978-92-5-136063-7, <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9533en>
- IPPC Secretariat. (2023). Guide to Regulation Of Wood Packaging Material Under Standing the Phyto-sanitary Requirements for the Movement of Wood Packaging Material in International Trade. Rome, FAO on behalf of the Secretariat of the International Plant Protection Convention. <https://doi.org/10.4060/cc5059en>
- Jaksic, F.M. & Castro, S.A. (2021). Biological Invasions in the Anthropocene. In: Biological Invasions in the South American Anthropocene. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-56379-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-56379-0_2)
- K.K. Weththasinghe, A. Akash, T. Harding, M. Subhani & M. Wijayasundara. (2022). Carbon Footprint of Wood and Plastic as Packaging Materials an Australian Case of Pallets. *Journal of Cleaner Production*, Volume 363, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132446>
- Kočí, V. (2019). Comparisons of Environmental Impacts Between Wood and Plastic Transport Pallets. *Science of The Total Environment*, 686, 514–528. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.472>
- Fourry Handoko, Catrien Paula, Sutanto Hidayat, Endah Kusuma Rastini, Maranatha Wijayaningtyas & Prima Vitasari. (2021). A Green-Based Manufacturing System to Solve Pallet Shortage Problems, *Heliyon*, Volume 7, Issue 4, e06823,
- Laura A. Meyerson, Aníbal Pauchard, Giuseppe Brundu, James T. Carlton, José L. Hierro, Christoph Kueffer, Maharaj K. Pandit, Petr Pyšek, David M. Richardson & Jasmin G. Packer. (2022). Moving Toward Global Strategies for Managing Invasive Alien Species. In: Clements, D.R., Upadhyaya, M.K., Joshi, S., Shrestha, A. (eds) *Global Plant Invasions*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89684-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89684-3_16)
- Muthukrishnan, R., Sundararaj, R. (2022). Degradation of Wood and Wooden Products by Insects and Their Management. In: Sundararaj, R. (eds) *Science of Wood Degradation and its Protection*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-8797-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8797-6_14)
- Nicolas Meurisse, Davide Rassati, Brett P. Hurley, Eckehard G. Brockerhoff & Robert A. Haack. (2019). Common Pathways by Which Non-Native Forest Insects Move Internationally and Domestically. *J Pest Sci* 92, 13–27 <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0990-0>
- Ormsby, M.D. (2022). Elucidating the Efficacy of Phytosanitary Measures for Invasive Alien Species Moving in Wood Packaging Material. *J Plant Dis Prot* 129, 339–348 <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00571-1>
- Quinlan, Megan, Adrian W Leach, Michael Jeger & John Mumford. (2020). Pest Risk Management in Trade: The Opportunity from Using Integrated Combined Measures in a Systems Approach (ISPM 14), *Outlooks on Pest Management* 31(3):106–112. [https://doi.org/10.1564/v31\\_jun\\_03](https://doi.org/10.1564/v31_jun_03)
- Rieks D. van Klinken, Lloyd Kingham, Matthew P. Hill & Kerry Collins. (2023). A Menu of Measures to Manage Trade-Related Plant Pest Risks, And A Review of Methods for Demonstrating Measure Efficacy. *Biol Invasions* 25, 1227–1248 <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02977-2>
- Rima D. Lucardi, Emily S. Bellis, Chelsea E. Cunard, Jarron K. Gravesande, Steven C. Hughes, Lauren
- E. Whitehurst, Samantha J. Worthy, Kevin S. Burgess & Travis D. Marsico. (2020). Seeds Attached to Refrigerated Shipping Containers Represent a Substantial Risk of Nonnative Plant Species Introduction and Establishment. *Sci Rep* 10, 15017 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71954-3>
- Robert A. Haack; Jesse A. Hardin; Barney P. Caton & Toby R. Petrice. (2022). Wood Borer Detection Rates on Wood Packaging Materials Entering the United States During Different Phases of ISPM 15 Implementation and Regulatory Changes. *Front. For. Glob. Change*, 08 December 2022, Sec. Pests, Pathogens and Invasions Volume 5 - 2022 | <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1069117>
- S. Alanya-Rosenbaum, R.D. Bergman & B. Ge-thing. (2021). Assessing The Life-Cycle En-vironmental Impacts of The Wood Pallet Sector in The United States, *Journal of Cleaner Production*, Volume 320, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128726>
- Shiner, Z., Horvath, L., Araman, P., & Gething, B. (2021). An Investigation of Wood Pallets Landfilled and Recovered at US Municipal Solid Waste Facilities. *BioResources* 16(1), 1496–1522. <https://doi.org/10.15376/biores.16.1.1496-1522>
- Sreedevi, K., Sree Chandana, P., Correya, J.C., Shashank, P.R., Singh, S., Veenakumari, K. (2022). Economically Important Wood Feeding Insects: Their Diversity, Damage and Diagnostics. In: Sundararaj, R. (eds) *Science of Wood Degradation and its Protection*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-8797-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8797-6_4)
- Stephan Biebl & Pascal Querner. (2020). Trans- portation of Wood Boring Beetles in Woo-den Transport Boxes, Wooden Pallets, and Newly Bought Wood in Museums, *Studies in Conservation*, <https://doi.org/10.1080/00393630.2020.1756126>
- Zahid, M. I., Grgurinovic, C. A., & Walsh, D. J. (2008). Quarantine Risks Associated with Solid Wood Packaging Materials Receiving ISPM 15 Treatments. *Australian Forestry*, 71(4), 287–293. <https://doi.org/10.1080/0049158.2008.10675047>
- Zhao J, Hu K, Chen K & Shi J. (2021). Quarantine Supervision of Wood Packaging Materials (WPM) At Chinese Ports of Entry From 2003 to 2016. *PLoS ONE* 16(8): e0255762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255762>

3

**LOS IMPACTOS DE  
LA VOLATILIDAD  
DEL DÓLAR EN  
COMERCIO EXTERIOR  
COLOMBIANO EN  
POSTPANDEMIA**

# Los impactos de la volatilidad del dólar en comercio exterior colombiano en postpandemia

José Vidal Castaño Ramírez, Wendy Catherine Arevalo Cardona,  
Julieth Victoria Méndez Velásquez

## Resumen:

La volatilidad del dólar, experimentada en el comercio exterior colombiano tras la pandemia, ha presentado desafíos significativos para las empresas del país. A pesar de que el dólar se considera generalmente una moneda estable y segura, las fluctuaciones inesperadas han requerido que las empresas adopten estrategias para mantener su competitividad a nivel global. La estabilidad del dólar se ve afectada por diversos factores, tanto internos como externos, lo que subraya la necesidad de que los países, incluyendo Colombia, diversifiquen sus economías. Esta diversificación implica fortalecer sectores nacionales, fomentar el consumo local y buscar la estabilidad económica. Al hacerlo, se reducen las vulnerabilidades ante las fluctuaciones del dólar, permitiendo que las empresas se adapten más eficazmente a las condiciones del mercado internacional.

## Abstract:

The volatility of the dollar, experienced in Colombian foreign trade post-pandemic, has presented significant challenges for the country's businesses. Despite the dollar generally being considered a stable and secure currency, unexpected fluctuations have required companies to adopt strategies to maintain their competitiveness globally. The stability of the dollar is influenced by various factors, both internal and external, emphasizing the need for countries, including Colombia, to diversify their economies. This diversification involves strengthening national sectors, promoting local consumption, and seeking economic stability. By doing so, vulnerabilities to dollar fluctuations are reduced, allowing companies to adapt more effectively to international market conditions.

## Introducción

El comercio internacional es un factor clave para el crecimiento económico, Colombia inicio la apertura económica reestructurando el comercio internacional bajo la presidencia de César Gaviria, creo nuevas instituciones, como la Dian, Bancóldex y MinComex, para promover el turismo, la inversión extranjera y las exportaciones, obteniendo como resultado que la economía colombiana se internacionalizara, generando impactos cambiarios en las empresas colombianas, debido a la diversidad de monedas en el mundo y a la variación del poder adquisitivo del peso colombiano.

Este artículo presenta una síntesis de la devaluación del peso colombiano desde 2020 a la fecha, principalmente frente al dólar, la divisa más utilizada en las transacciones de comercio internacional. También analiza el comportamiento de las importaciones y exportaciones desde 2019 hasta la fecha, cómo este comportamiento ha afectado a las empresas importadoras y exportadoras y cuáles han sido los métodos que ha ofrecido los bancos y el

gobierno nacional para mitigar el impacto de la volatilidad del tipo de cambio en las empresas importadoras y exportadoras.

Por lo anterior, la tasa de cambio es un factor determinante en la economía colombiana. Su volatilidad ha generado diferentes opiniones sobre la conveniencia de una tasa de cambio revaluada o devaluada. Los sectores económicos, dependiendo de su actividad, tienen intereses distintos en la tasa de cambio y el Banco de la República debe encontrar un equilibrio que beneficie a todos los sectores. La pandemia ha tenido un impacto significativo en la economía global influyendo en la volatilidad del dólar, a lo anterior se le suma la guerra entre Rusia y Ucrania que ha ocasionado un alza en los precios de la materia prima interrumpiendo las cadenas de suministro generando altos costos tanto para producción de bienes y servicios como las importaciones, por lo tanto, es considerable comprender como la variación del dólar está afectando al comercio exterior colombiano en la pos pandemia para que el gobierno y las empresas puedan tomar medidas para mitigar sus efectos negativos.



## Elementos teóricos

El comercio, una práctica ancestral de intercambio de bienes y servicios para obtener beneficios, ha evolucionado hacia el ámbito internacional, conocido como comercio internacional. Esta forma de comercio implica el intercambio de mercancías entre países, generando oportunidades económicas y desafíos relevantes. Su importancia radica en permitir el acceso a bienes y servicios que podrían no estar disponibles o no ser suficientes para satisfacer las necesidades de la población (Stiglitz, 2004). En teorías clásicas como la ventaja absoluta de Adam Smith y la ventaja comparativa de David Ricardo, se destaca que los países se benefician al especializarse en la producción eficiente de bienes. El valor del dólar puede influir en esta dinámica, favoreciendo a países con ventajas comparativas en la producción de bienes intensivos en mano de obra o sensibles al precio (Smith, 1776); (Ricardo, 1817).

El modelo de las cinco fuerzas competitivas de Michael Porter indica que la rentabilidad empresarial depende de su capacidad para competir en la industria. Un dólar fuerte puede beneficiar a empresas con posición sólida en su sector, mientras que puede afectar a países importadores de petróleo al aumentar costos (Porter, 1980). Por su parte la teoría del desarrollo económico de Friedrich List aboga por proteger la industria naciente de la competencia extranjera, cuestionando las ideas de Smith y Ricardo, con lo cual concuerda Karl Marx, en su crítica al capitalismo, al sostener que el libre comercio refleja el antagonismo entre el capital y el trabajo (List, 1841); (Marx, 1867).

El comercio internacional en Latinoamérica ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas, destacándose un aumento en las exportaciones de la región en 2022. Entre los principales socios comerciales latinoamericanos se encuentran Estados Unidos, China, la

Unión Europea y Brasil. Aunque este comercio ha contribuido positivamente al desarrollo económico, generando crecimiento del PIB, empleo y reducción de la pobreza, también ha presentado desafíos como la dependencia de materias primas y la vulnerabilidad a factores externos como la volatilidad del dólar.

El análisis del comercio internacional desde una perspectiva latinoamericana fue pionero en la obra de Raúl Prebisch, "El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas." Prebisch examinó críticamente los desafíos específicos que enfrenta la región identificando la creciente desventaja en los términos de intercambio y por ende la imposibilidad de superar una situación impuesta por la división internacional del trabajo y la estructura centro periferia (Prebisch, 1949). Esta subordinación en el comercio internacional que parece condicionar a los países latinoamericanos a ser exportadores de materias primas e importadora de bienes de capital, es también abordada por, Noam Chomsky quien ha criticado la influencia de Estados Unidos en el comercio latinoamericano, abogando por un sistema más equitativo y justo basado en la cooperación y solidaridad entre naciones (Chomsky, 2011).

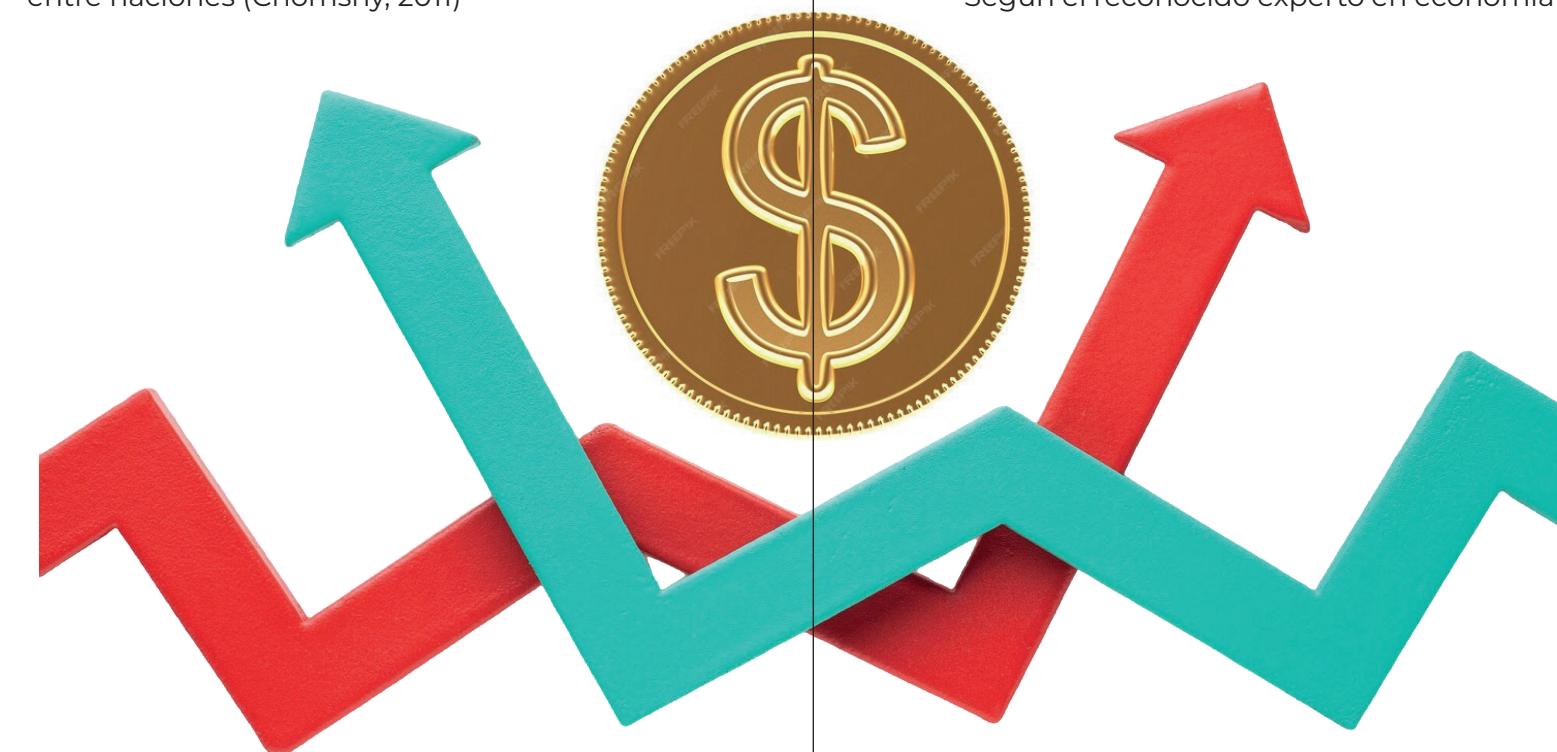
El dólar estadounidense, como moneda de reserva internacional, ha otorgado a Estados Unidos una significativa influencia económica y política en el comercio mundial, especialmente en la fijación de precios de productos como el petróleo. Paul Krugman y Nouriel Roubini han abordado el impacto del dólar en el comercio global. Krugman sostiene que un dólar fuerte ha actuado como barrera para el comercio mundial, favoreciendo a las economías desarrolladas. Roubini, por su parte, advierte sobre la posibilidad de que el dólar pierda su estatus como moneda de reserva internacional en caso de una crisis económica global. Estos hallazgos tienen repercusiones significativas en la toma de decisiones de empresas y gobiernos. Las teorías de Krugman y Roubini son herramientas utilizadas para evaluar oportunidades de exportación, diseñar políticas comerciales y proteger los intereses nacionales frente a las fluctuaciones del mercado internacional. (Krugman, 2014); (Roubini, 2022)

El comercio internacional desempeña un papel crucial en el desarrollo económico de Colombia, contribuyendo a generar ingresos, empleo y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. Según el reconocido experto en economía in-



ternacional y exministro de hacienda y crédito público de Colombia, José Antonio Ocampo, el comercio exterior ha sido un motor significativo del crecimiento económico del país en los últimos años (Ocampo, 2023).

En investigaciones recientes sobre el impacto de la tasa de cambio en el comercio internacional, se ha demostrado que este factor puede influir en las exportaciones e importaciones, dependiendo de diversos elementos como la composición del comercio, la competitividad de los productos y la elasticidad de la demanda. En un artículo publicado en mayo de 2023 en el diario El Tiempo, el presidente de la Asociación Nacional de Comercio Exterior (Analdex), mencionó que "el dólar fuerte ha tenido un impacto negativo en el comercio exterior colombiano, ya que ha encarecido las importaciones y ha reducido la demanda de exportaciones" (Molina, 2023). El impacto de la volatilidad de la tasa de cambio en el comercio exterior se explora en el artículo. La comprensión de estos aspectos teóricos es esencial para analizar cómo los cambios en la tasa de cambio pueden afectar dinámicamente las transacciones comerciales de Colombia a nivel internacional.



## Comportamiento reciente del tipo de cambio

Cada país o economía en el mundo tiene la autonomía de crear y gestionar su propia moneda, la cual es la única aceptada en su territorio para las transacciones económicas. Este control moneda nacional permite a los gobiernos regular la inflación, un factor que puede afectar la estabilidad económica. A su vez, el mercado cambiario, que posibilita la compra y venta de divisas, se fundamenta en la existencia de monedas nacionales creadas por cada país o economía. Barry Eichengreen proporciona una definición concisa al describir la divisa como “una moneda

extranjera que se utiliza en un país para realizar transacciones internacionales” (Eichengreen, 2011). Esta definición coincide con la propuesta por el Banco de la República de Colombia.

El mercado cambiario es un entorno complejo, dado que el dólar es la principal divisa utilizada en transacciones internacionales. La oferta y la demanda de esta moneda están influenciadas por factores internos y externos al país emisor, lo que resulta en un precio sujeto a fluctuaciones frecuentes. La comprensión de este funcionamiento es esencial para tomar decisiones informadas en el ámbito de las transacciones internacionales.

**Figura 1.** Comportamiento de algunas monedas latinoamericanas frente al dólar (Perú, Brasil, Colombia y México)

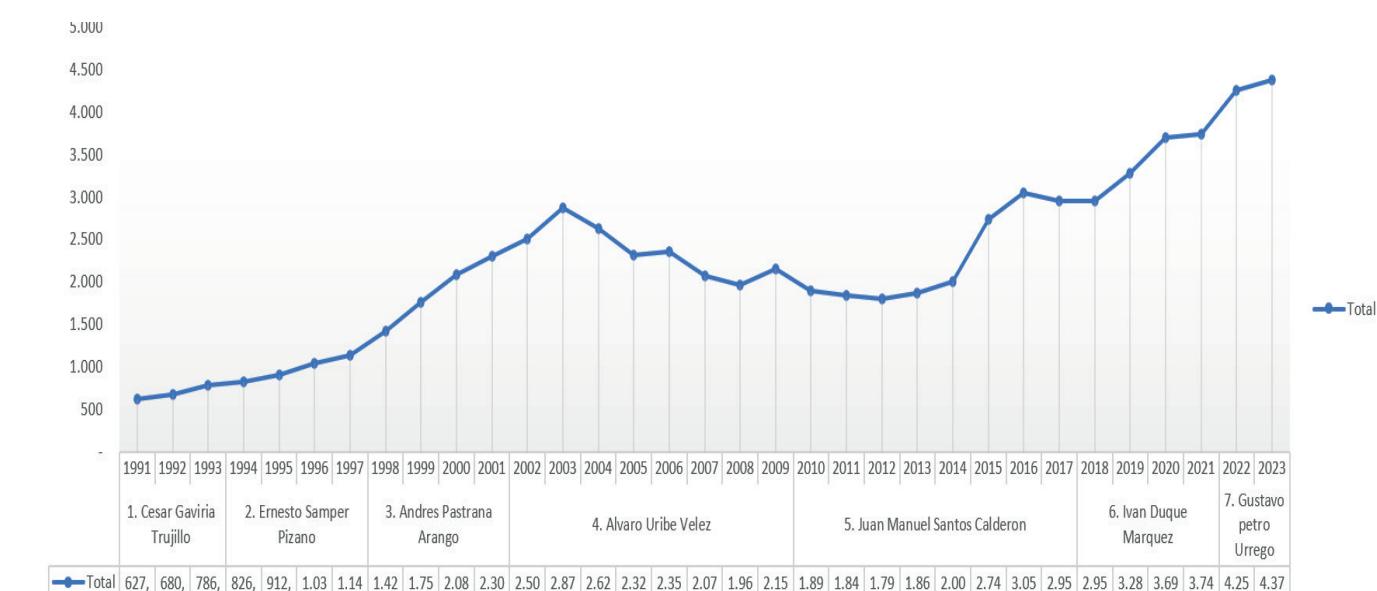
AÑO		PEN	BRL	COP	MXN
2020	Máx	3,64	5,94	4153,91	25,12
	Mín	3,30	4,02	3253,89	18,57
	%	10,27	47,65	27,66	35,26
2021	Máx	4,13	5,84	4023,68	21,82
	Mín	3,59	4,92	3420,78	19,58
	%	15,00	18,68	17,62	11,44
2022	Máx	3,99	5,70	5061,21	21,38
	Mín	3,63	4,62	3706,95	19,14
	%	10,12	23,54	36,53	11,67
2023	Máx	3,89	5,45	4989,58	19,49
	Mín	3,55	4,72	3898,48	16,69
	%	9,57	15,38	27,99	16,77

**Nota.** Esta figura muestra el comportamiento que tuvo algunas las monedas latinoamericanas frente al dólar desde el año 2020 al presente. Fuente: Elaboración propia, datos tomados de los bancos centrales de cada país, 2023.

En la Figura 1 se evidencia que el tipo de cambio más elevado en Perú fue de 4.13 soles en el año 2021, mientras que el valor más bajo se registró en 2020 con una tasa de 3.30 soles por dólar. En el caso de la moneda brasileña, el tipo de cambio máximo fue de 5.94 reales por dólar en 2020, y el mínimo fue de 4.02 reales, con una variación de tasa del 47.65 % para ese

año. Además, se destaca que el peso mexicano experimentó la mayor variación en 2020, con un porcentaje del 35.26 %, oscilando entre 18.57 y 25.12 pesos por dólar. Por otro lado, el peso colombiano fue la moneda más devaluada en 2022 en comparación con las demás, con una variación del 36.53 %, pasando de 3706.95 a 5061.21 pesos por dólar.

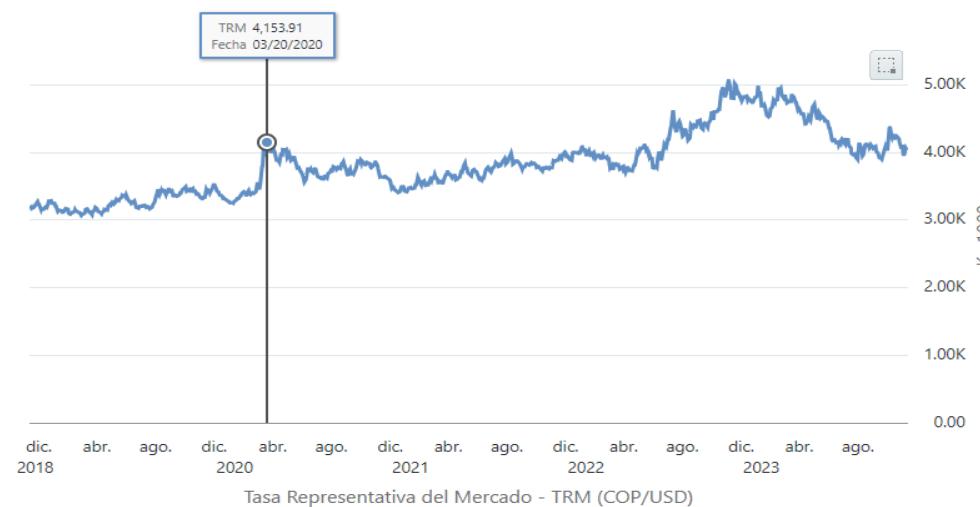
**Figura 2:** Comportamiento de la TRM en los mandatos presidenciales desde 1991.



**Nota.** Esta figura muestra el comportamiento que tuvo la TRM durante los años 1991 hasta la fecha por gobierno. Fuente: Elaboración propia datos tomados de Banco República, 2023.

En la Figura 2, se aprecia que la tasa de cambio en Colombia ha mantenido una tendencia al alza durante los últimos 20 años, especialmente desde que el país abandonó el sistema de bandas cambiarias y adoptó el régimen de libre fluctuación de la tasa de cambio. Aunque ha experimentado fluctuaciones a lo largo del tiempo, en general, ha mostrado un aumento continuo. Esta tendencia ascendente se ha intensificado en

los últimos años, alcanzando un nivel récord de 4.379,14 pesos colombianos (promedio) por dólar estadounidense en el transcurso del presente año. El economista Juan David Ballen, especialista en el tema de la tasa de cambio, respalda esta observación (Ballen, 2023) y Las investigaciones realizadas por el Banco de la República, la DIAN y otras organizaciones respaldan la relevancia de esta situación a lo largo de los años.

**Figura 3:** Tasa representativa del mercado (TRM)

**Nota.** Esta figura muestra el comportamiento que tuvo el dólar frente al peso colombiano desde el 2020 a la fecha, Fuente: (Banco República, 2023).

En líneas generales, el tipo de cambio en Colombia durante el periodo de 2020 hasta la fecha presente ha exhibido una tendencia alcista, experimentando un aumento aproximado del 17.62%. Diversos factores, tanto internos como externos, han contribuido a este incremento, a pesar de contar con su propia moneda y banco central, Colombia, como país en desarrollo, depende significativamente de Estados Unidos. Por lo tanto, cualquier ajuste en la política monetaria o variación en la moneda estadounidense repercute directamente en el comportamiento de la moneda colombiana. El valor de la moneda de un país puede ser indicativo de la salud de su economía, reflejando crecimiento cuando su valor aumenta y declive cuando disminuye. Además de los factores externos, como la economía global y las políticas de Estados Unidos, que ejercen una influencia significativa, las decisiones de política fiscal y cambiaria del gobierno colombiano también inciden en la volatilidad del valor de la moneda. Este aspecto es complejo y

está influido por una serie de factores adicionales a los mencionados previamente. (Lasso, 2023).

La relación entre el dólar estadounidense y el peso colombiano, en términos de tipo de cambio, es crucial para el comercio exterior en Colombia. Una tasa de cambio muy volátil podría tener repercusiones negativas en la economía del país, generando incertidumbre entre los agentes económicos, dificultades en la planificación empresarial, aumento de los costos y posiblemente inflación. El economista Leopoldo Villar Suárez, reconocido profesor de la Universidad de los Andes y exdirector del Banco de la República, ha expresado su preocupación sobre el impacto del dólar en Colombia. En una entrevista, Villar Suárez afirmó que "la devaluación del peso colombiano frente al dólar tiene un impacto negativo en la economía del país, ya que encarece las importaciones, reduce el poder adquisitivo de los colombianos y puede generar inflación" (Lasso, 2023).

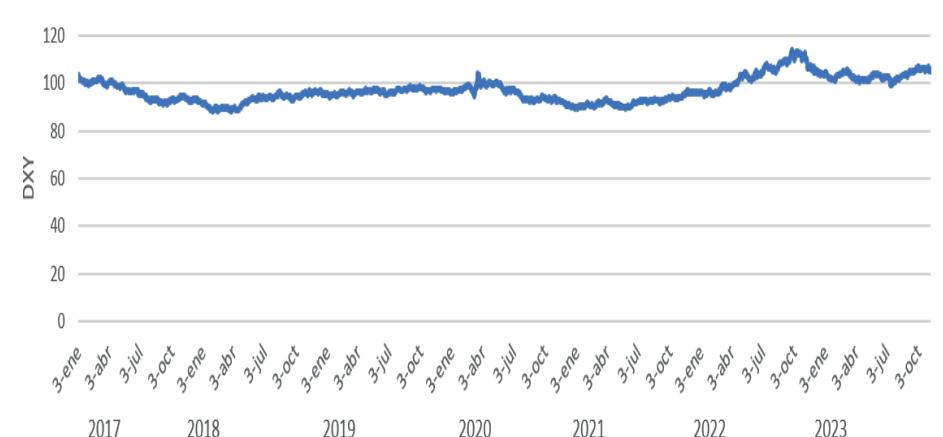
**Figura 4:** Comportamiento del dólar en pandemia Covid-19

**Nota.** Esta figura muestra el comportamiento que tuvo el dólar frente al peso colombiano en el año 2020. Fuente: Elaboración propia datos tomados del Banco República, 2023.

Durante la pandemia de COVID-19, el dólar estadounidense experimentó un fortalecimiento significativo frente a las monedas de otros países. En marzo de 2020, el índice del dólar (DXY) alcanzó su nivel más alto desde 2017, registrando un valor de 103.89. Este fortalecimiento se atribuyó a la incertidumbre en la economía global, que condujo a inversores a buscar refugio en el dólar, considerado una moneda segura. La política monetaria de

la Reserva Federal de los Estados Unidos se volvió más complaciente para respaldar la recuperación económica del país frente a los impactos de la pandemia. Simultáneamente, otras naciones implementaron medidas de estímulo económico, generando un aumento en la demanda de dólares para financiar dichos programas. Este escenario contribuyó al fortalecimiento del dólar estadounidense durante ese periodo.



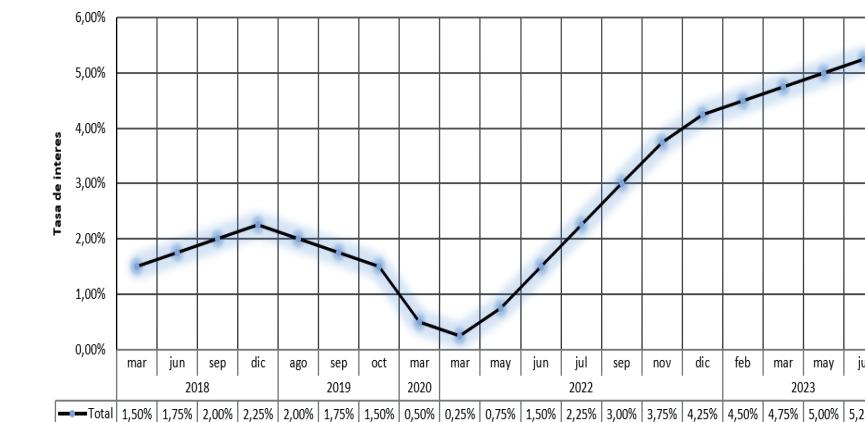
**Figura 5:** Comportamiento del índice del dólar DXY

**Nota.** Esta figura muestra los históricos futuros índices del dólar desde los años 2020 hasta la fecha. Fuente: (Investing, 2023)

Otros factores que han incidido en la volatilidad del dólar desde 2020 hasta la fecha son los exógenos, que se consideran de importancia general para todos los países. La política monetaria de Estados Unidos desempeña un papel significativo en el tipo de cambio y en el comercio exterior. Cuando la Reserva Federal de Estados Unidos ajusta la política monetaria, lo hace modificando las tasas de interés, la compra y venta de activos, y la regulación de la oferta monetaria.

Esta influencia en la economía estadounidense afecta el tipo de cambio colombiano al incidir en la demanda de dólares. Cuando las tasas de

interés en Estados Unidos son más altas que en Colombia, los inversores prefieren invertir en Estados Unidos, lo que implica comprar dólares y encarecer esta moneda, depreciando el peso colombiano. En cambio, cuando las tasas de interés en Estados Unidos son más bajas que en Colombia, los inversores optan por invertir en Colombia, lo que implica vender dólares y abaratar esta moneda, apreciando el peso colombiano. El aumento de tasas de interés por parte de la Reserva Federal puede tener efectos como la reducción de la demanda de bienes y servicios, contribuyendo a la disminución de la inflación.

**Figura 6:** Comportamiento de tasas interés por el Banco de la Reserva Federal

**Nota.** Esta figura muestra las tasas de intereses desde el año 2020 hasta la fecha. Fuente: Elaboración propia datos tomados de la Reserva Federal de Estados Unidos, 2023.

Como se puede apreciar en la figura 6, las tasas de interés en Estados Unidos han experimentado una considerable volatilidad en los últimos años, influenciadas por eventos como la pandemia de COVID-19 y la guerra en Ucrania. En 2020, la Reserva Federal redujo las tasas de interés a su nivel más bajo, oscilando entre 0 y 0.25%, como medida de estímulo económico durante la pandemia. En 2021, comenzó a aumentarlas gradualmente para controlar el crecimiento de la inflación, pasando de 0.25% a 0.50% en marzo y alcanzando 0.75% en junio. A lo largo de 2022, las tasas continuaron su aumento, llegando a su punto más alto de 0.75% a 1.75% en mayo y manteniéndose en 2.25% para junio, cerrando el año. Hasta el momento de este análisis en 2023, las tasas de interés oscilan entre 2.00% y 2.25%.

En una entrevista con el diario El Tiempo el 10 de agosto de 2023, Javier Díaz, presidente de Analdex, señaló que “La política monetaria de Estados Unidos es un factor crucial para las empresas que participan en el comercio exterior colombiano. Las empresas deben estar preparadas para los cambios que puedan surgir como resultado de la política monetaria de Estados Unidos. Si el dólar estadounidense se fortalece, las exportaciones colombianas

se vuelven más caras para los compradores extranjeros, lo que puede reducir la demanda de exportaciones colombianas y perjudicar el crecimiento económico” (El Tiempo, 2023).

La inflación en Estados Unidos implica un aumento en los precios de bienes y servicios, lo que lleva a que los consumidores y empresas alrededor del mundo estén dispuestos a pagar más por dólares, ya que los necesitan para adquirir productos estadounidenses. Este fenómeno conduce a una apreciación del dólar, haciendo que valga más en comparación con otras monedas, como el peso colombiano, que se deprecia en consecuencia.

En el año 2020, la Reserva Federal (Fed) de Estados Unidos redujo las tasas de interés a su nivel más bajo, entre 0 y 0.25%, como medida para estimular la economía durante la pandemia de COVID-19. En ese periodo, la inflación se mantuvo en 1.23%, y la Tasa de Cambio Representativa del Mercado (TRM) promedio fue de 3693.36 pesos colombianos. Para el año 2021, con una inflación del 4.70%, la Fed aumentó las tasas desde 0.25% hasta 0.75%, y la TRM promedio fue de 3743.09 pesos colombianos. En el año 2022, con la inflación en Estados Unidos alcanzando

su máximo histórico, las tasas de interés subieron de 0.75% a 2.50%, reflejándose en una TRM promedio de 4255.44 pesos colombianos. En el transcurso de 2023, la inflación en Estados Unidos ha descendido a 3.70%, y las tasas de interés fluctúan entre 2.00% y 2.25%. (Banco Mundial, 2020); (Banco de la Republica, 2023)

Los conflictos políticos y económicos a nivel global, como la pandemia de COVID-19 y la guerra entre Rusia y Ucrania, han tenido un impacto negativo en la economía mundial, generando incertidumbre en los mercados financieros. Esto ha provocado una fuga de capitales de países emergentes, incluyendo a Colombia, resultando en una depreciación del peso colombiano. La cautela de los inversionistas ha llevado a una menor demanda del

dólar estadounidense y, por lo tanto, del peso colombiano. Además, las restricciones entre países, como los cierres de fronteras y las cuarentenas debido al COVID-19, han reducido la demanda de bienes y servicios colombianos en el extranjero.

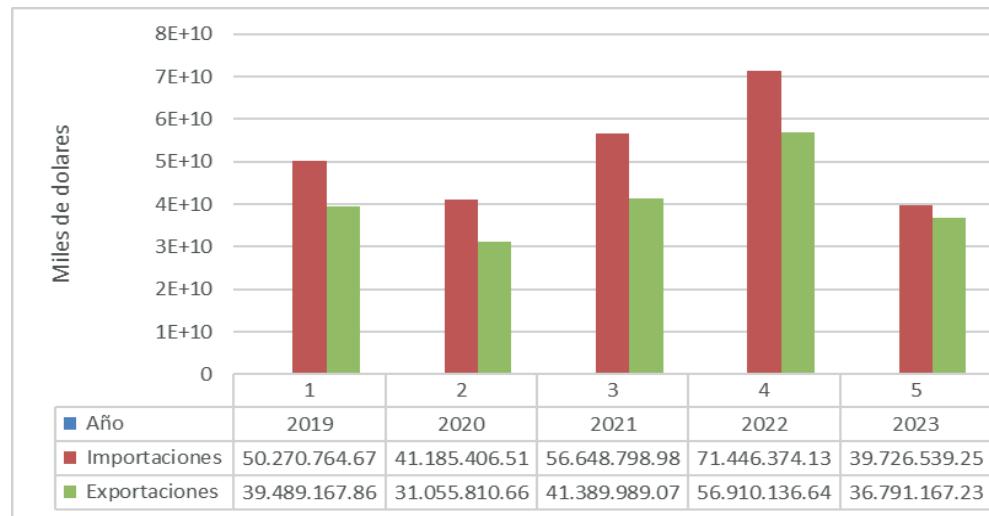
La guerra en Ucrania ha ocasionado restricciones al comercio y la inversión extranjera, incluyendo sanciones económicas a Rusia y limitaciones en el transporte marítimo. Estas restricciones han afectado la producción y el transporte debido a la escasez de trabajadores, cierres de fábricas, aumento de costos de producción, problemas logísticos e incremento de la inflación. La demanda de las exportaciones colombianas de petróleo y carbón se ha visto afectada, ya que Rusia es un proveedor importante de estos productos.

pueden cambiar abruptamente. A pesar del aumento general, algunas excepciones a esta tendencia se han observado. Por ejemplo, el precio del petróleo Brent, cayó un 26.04% en 2020 debido a la combinación de la pandemia, que redujo la demanda global de petróleo, y la guerra de precios entre Arabia Saudita y Rusia. El precio promedio del barril de petróleo fue de 41.84 dólares en 2020, en comparación con los 56.54 dólares en 2019.

En abril de 2020, el precio del barril alcanzó su punto más bajo, llegando a 12.22 dólares. Este descenso tuvo consecuencias negativas en la economía mundial, y en el caso colombiano, el impacto fue significativo, dado que el petróleo es el principal producto de exportación del país. La variabilidad en los precios de los commodities evidencia la vulnerabilidad de la economía colombiana frente a los cambios en los mercados internacionales.



**Figura 8:** Precios promedios USD de los Commodities durante el periodo 2019 hasta el 2023.

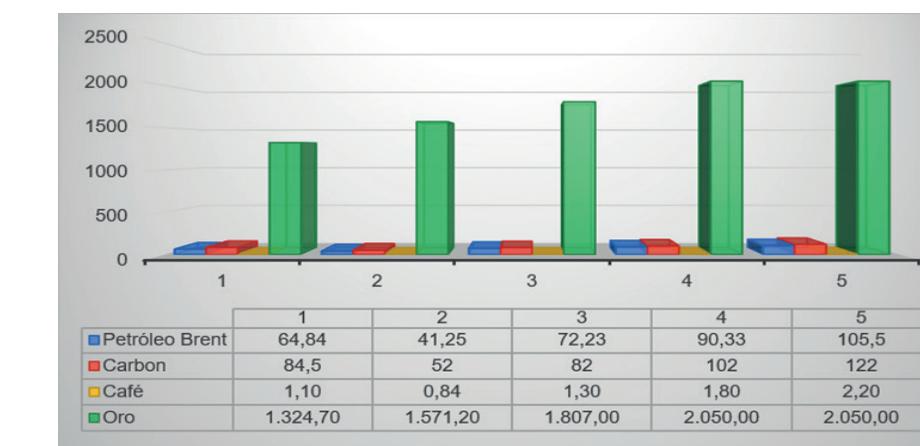


**Nota:** Esta figura muestra el comportamiento de las exportaciones de Colombia según país destino en los años 2020 hasta la fecha. Fuente: (Dane).

Los precios de los commodities, como el petróleo, el carbón, el café y el oro, son cruciales para la economía colombiana, que depende en gran medida de sus exportaciones. El aumento de los precios de los commodities, experimentando un aumento del 30% entre 2020 y 2023, puede tener impactos positivos en la economía

del país. Cuando los precios de los commodities aumentan, Colombia recibe más dólares por sus exportaciones, lo que conduce a una apreciación del peso colombiano.

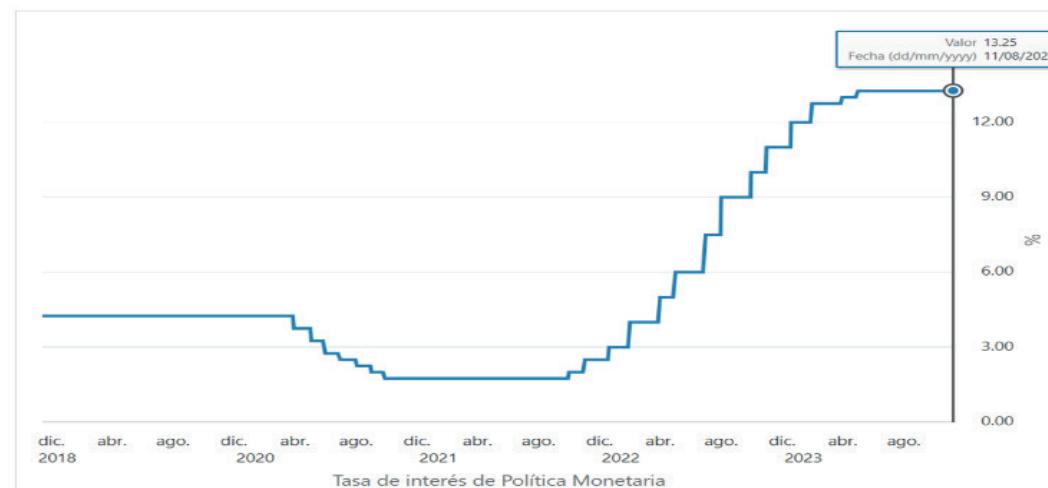
Es importante destacar que los precios de los commodities son altamente variables y



**Nota:** Esta figura muestra los precios promedios USD de los principales Commodities en Colombia en los años 2020 hasta la fecha. Fuente: (Bloomberg, 2023).

La inflación en Colombia, ha experimentado un notable incremento. En el año 2020, el índice de precios al consumidor (IPC) registró un aumento del 4.23%, en comparación con el año anterior. Este aumento en la inflación ha contribuido a la depreciación del valor del peso colombiano.

Para enero de 2023, la inflación anual alcanzó un significativo 8.01%, marcando la cifra más alta de los últimos 20 años. Este aumento en la inflación puede tener consecuencias directas en la estabilidad del tipo de cambio y la fortaleza del peso colombiano en los mercados internacionales.

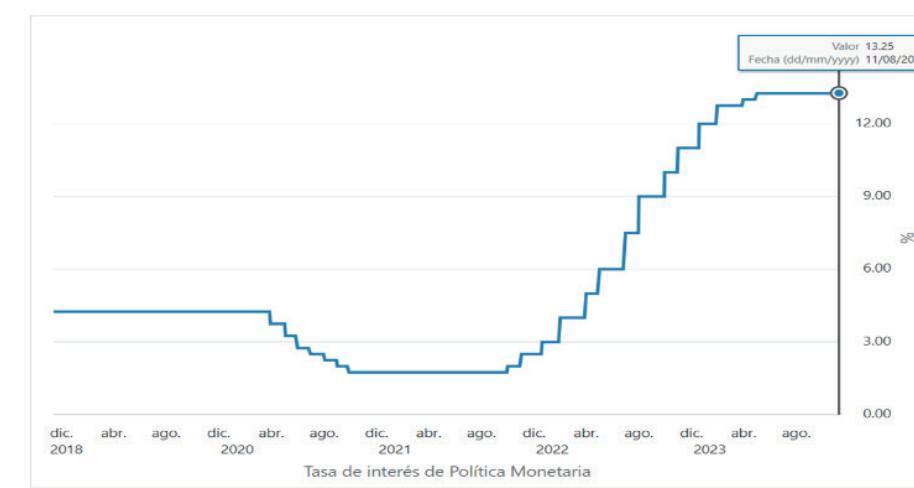
**Figura 9:** Comportamiento de Inflación en Colombia en el periodo 2020 hasta el 2023

**Nota.** Esta figura muestra el comportamiento de la inflación en Colombia en los años 2020 hasta la fecha. Fuente: (Banco República, 2023).

La incertidumbre política en Colombia, especialmente durante las elecciones presidenciales de 2022, desempeñó un papel crucial en la volatilidad del tipo de cambio. La incertidumbre acerca del futuro económico del país, generada por las elecciones, llevó a una mayor demanda de dólares. En particular, la figura de Gustavo Petro, un político de izquierda que prometió cambios económicos significativos, generó preocupación entre los inversores. Esta preocupación condujo a una mayor demanda de dólares, ya que los inversores optaron por refugiarse en la moneda estadounidense.

Además, el aumento de las tasas de interés por parte del Banco de la República también

influyó en la dinámica del tipo de cambio. Aunque el gobierno está intentando frenar la depreciación del peso, también busca controlar la inflación en el país. Al incrementar las tasas de interés, el Banco de la República pretende hacer que el dinero valga más. Este aumento en las tasas de interés hace que sea más costoso obtener préstamos, lo que reduce la demanda de bienes y servicios y puede contribuir a frenar la inflación. El Banco de la República espera que el aumento de las tasas de interés no solo ayude a controlar la inflación interna, sino que tambiénatraiga inversión extranjera a Colombia, impulsando así el crecimiento económico y contribuyendo a la estabilización de la economía.

**Figura 10:** Comportamiento de la tasa de interés de política monetaria en Colombia en el periodo 2020 hasta la fecha

**Nota.** Esta figura muestra el comportamiento de la tasa de interés de política monetaria en los años 2020 hasta la fecha. Fuente: (Banco República).

La depreciación del peso colombiano frente al dólar, impulsada por factores estructurales y externos, ha tenido implicaciones significativas para la competitividad de las empresas y la economía en general. Para mitigar estos riesgos y la incertidumbre asociada, se han propuesto varias estrategias:

**Coberturas Cambiarias:** Las empresas pueden utilizar instrumentos financieros ofrecidos por intermediarios del mercado cambiario para protegerse de las fluctuaciones del tipo de cambio. Estas coberturas, como contratos forward, CCS (Contratos de Compra y Venta de Divisas con pacto de recompra), Confirming, entre otros, permiten a las empresas asegurar transacciones internacionales a un precio predecible.

**Fijación de Precios en Dólares:** Al fijar los precios de productos y servicios en dólares, las empresas buscan proteger sus márgenes de ganancia frente a las variaciones del tipo de cambio. Sin embargo, esta estrategia puede tener impactos divergentes para empresas importadoras y exportadoras, ya que las primeras pueden beneficiarse al evitar aumentos en los costos

de importación, mientras que las segundas pueden enfrentar desafíos de competitividad en los mercados internacionales.

**Negociación de Contratos en Dólares:** Las empresas pueden optar por negociar contratos con proveedores y clientes en dólares, independientemente de la moneda local. Esto reduce la exposición al riesgo cambiario, ya que las transacciones se realizan en una moneda más estable, disminuyendo la incertidumbre y posibles pérdidas.

**Eficiencia en la Producción:** Aumentar la eficiencia en los procesos de producción permite a las empresas reducir sus costos, lo que puede compensar el impacto de la depreciación del peso en los precios de importación. La eficiencia también es crucial para las empresas exportadoras, ya que les ayuda a mantener precios competitivos en los mercados internacionales.

**Innovación:** La innovación, mediante la aplicación de nuevos conocimientos y tecnologías, puede fortalecer la competitividad de las empresas colombianas. Desarrollar productos



y servicios innovadores no solo impulsa las exportaciones, sino que también reduce la dependencia de las importaciones al sustituir productos extranjeros con alternativas locales. En conjunto, estas estrategias pueden ayudar a las empresas a enfrentar los desafíos asociados con la volatilidad del tipo de cambio, promoviendo la estabilidad económica y fortaleciendo la competitividad a nivel internacional.

## Conclusiones

Este artículo proporciona una visión holística de cómo las fluctuaciones del dólar impactan diversos sectores en Colombia y de qué manera las empresas pueden responder a estos desafíos. La transición de una banda cambiaria a una moneda flotante, como se señala, aumenta la flexibilidad pero también introduce mayor volatilidad, requiriendo así estrategias proactivas, entre ellas, la gestión de riesgos mediante coberturas. Se destaca adecuadamente la sensibilidad de sectores específicos, como la industria manufacturera, la construcción, la

agricultura y el turismo, frente a las fluctuaciones del dólar. Estos sectores deben implementar estrategias para gestionar los riesgos cambiarios y mantener su competitividad en un entorno de moneda flotante.

La sugerencia de diversificar la economía es fundamental para reducir la dependencia de sectores específicos y fomentar el crecimiento en áreas como el turismo, la tecnología y la agricultura. La capacidad de adaptación se vuelve crucial, especialmente en el contexto de eventos globales, como la pandemia y conflictos internacionales, que pueden generar perturbaciones en las cadenas de suministro y afectar la rentabilidad de las empresas. La propuesta de considerar una independencia parcial del dólar subraya la importancia de explorar estrategias a largo plazo para reducir la vulnerabilidad frente a su volatilidad. En este sentido, la diversificación de la economía y el fortalecimiento de sectores nacionales emergen como pasos estratégicos para mitigar los impactos adversos y promover la resiliencia económica del país.

## Referencias

- Banco de la Republica (2023, Noviembre 10). Regulacion y operaciones cambiarias. pp. <https://www.banrep.gov.co/operaciones-cambiarias>.
- Banco Mundial. (2023) Datos y estadísticas mundiales. <https://www.bancomundial.org/es/research/employing-workers/data>
- Casas, C., Meleshchuk, S. y Timmer, Y. (2020). The Dominant Currency Financing Channel of External Adjustment. Borradores de economía. No. 1111, 1-32. Consultado en [https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/9831/be\\_1111.pdf](https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/9831/be_1111.pdf)
- Chomsky, N. (2011). Hegemony or survival: America's Quest for Global Dominance . New York : Metropolitan Books.
- Eichengreen, B. (2011). The global financial crisis of 2008. Oxford: Oxford university press.
- El Tiempo (2023, Agosto 10) "Politica monetaria de EE.UU impacta el comercio exterior colombiano. p. 17.
- El Tiempo (2023, Mayo ). Volatilidad del dolar golpea la produccion y el comercio en Colombia. El tiempo .
- Krugman, P. (2014). The Dollar's Dominance. Foreign Affairs , 27.
- Lasso, D. (2022) "Efectos de la devaluación del peso colombiano sobre la actividad del sector minero en Colombia" Universidad EAFIT.
- List, F. (1841). Sistema nacional de economía política. Leipzig, Alemania: Brockhaus .
- Marx, K. (1867). El Capital. Hamburgo: Otto Meissner. Tomos I, II, y III.
- Ocampo, J. A. (2023). Economia internacional: Teoria y politica. Bogota: Universidad Externado de Colombia.
- Porter, M. (1980). Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance . New York : Free Press.
- Prebish. (1949). El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas. Santiago de Chile: CEPAL.
- Ricardo, D. (1817). Principios de economía política y tributación. Londres: John Murray.
- Roubini, N. (2022). The dollar could lose its status in case of a global crisis. Financial Times, 10.
- RTVC Noticias (2021) "Devaluación del peso en Colombia, un problema estructural: opinan expertos en economía" <https://www.rtvcnoticias.com/devaluacion-peso-colombiano-dolar>
- Smith, A. (1776). La Riqueza de las Naciones. Londres: W strahan and T Cadell.
- Stiglitz, J., & Pike, R. M. (2004). Globalization and its Discontents. Canadian Journal of Sociology, 29(2), 321.