

# Contenido

## Impresiones

**Luis Daniel Torres González**

¿Cómo podemos estudiar el comportamiento de los agentes en condiciones de incertidumbre?

Una introducción al modelo QRSE. Parte I\*

*How can we study the behavior of agents under uncertainty? An introduction to the QRSE model. Part*

**Nancy Maribel Mariana Contreras Hernández\***

El papel de Estado en la transición energética

*The role of the State in the energy transition*

## Proyecciones

**Marco Antonio Jiménez Ruiz, Jorge Alberto López Arévalo,**

**Octavio Ixtacuy López**

Integración asimétrica y migración México-Estados Unidos de América

*Asymmetric integration and U.S.-Mexico migration*



**ECONOMÍA INFORMA**

ECONOMÍA INFORMA | **437** | NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2022 |





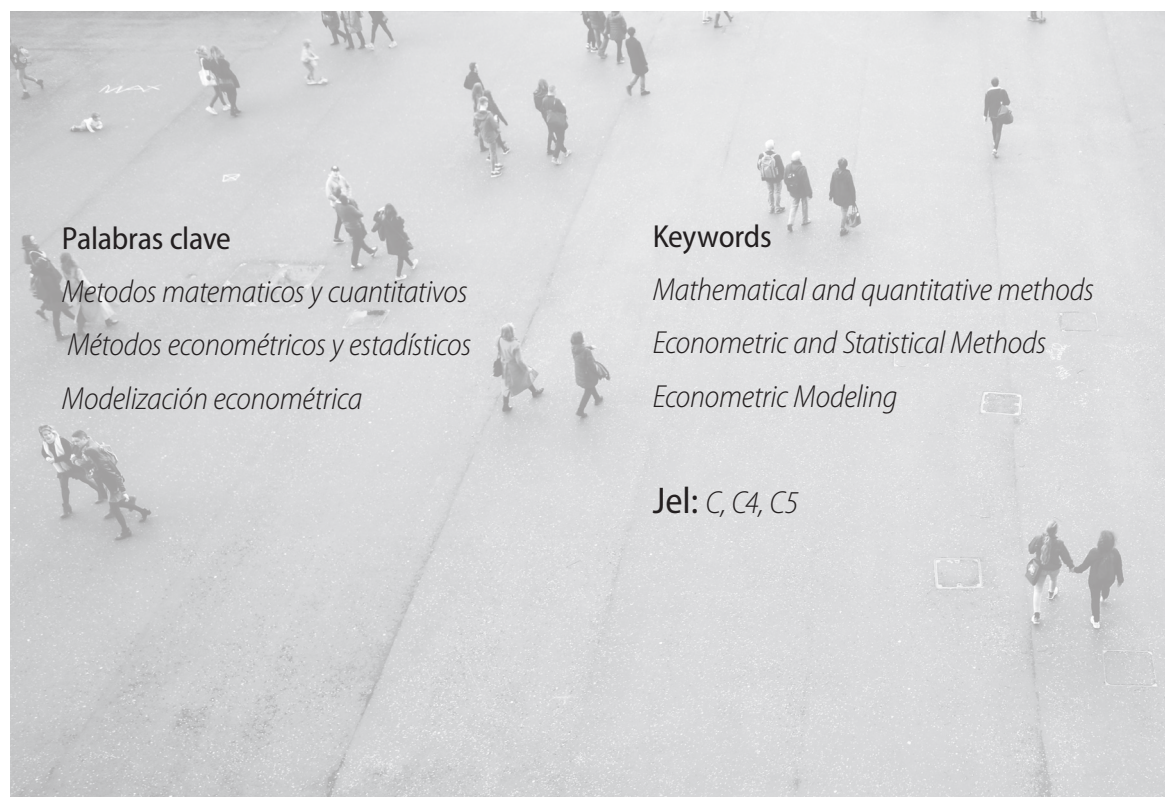
# Impresiones

# ¿Cómo podemos estudiar el comportamiento de los agentes en condiciones de incertidumbre?

## Una introducción al modelo QRSE. Parte I\*

*How can we study the behavior of agents under uncertainty? An introduction to the QRSE model. Part 1*

Luis Daniel Torres González



### Palabras clave

*Metodos matematicos y cuantitativos*

*Métodos econométricos y estadísticos*

*Modelización econométrica*

### Keywords

*Mathematical and quantitative methods*

*Econometric and Statistical Methods*

*Econometric Modeling*

**Jel:** C, C4, C5

\* Agradezco los comentarios y sugerencias de José Coronado, Alberto González y los participantes del Seminario de Doctorado de Temas Metodológicos de Análisis Insumo-Producto del Campo de Conocimiento de Teoría y Método. El artículo contó con el apoyo del programa de Estancias Posdoctorales por México (2021) del CONACYT.

\*\* Correo electrónico: [torrl352@newschool.edu](mailto:torrl352@newschool.edu)  
Facultad de Economía, BUAP

## Resumen

El presente artículo presenta la primera parte de una introducción al llamado modelo QRSE (*Quantal Response Statistical Equilibrium*). El modelo se ha convertido en una herramienta poderosa para estudiar tanto la toma de decisiones de las agentes en condiciones de incertidumbre como la interacción que se da entre estas decisiones individuales y variables con una escala social. El modelo combina la medida de entropía informática de Claude E. Shannon para cuantificar la incertidumbre con el principio de maximización de la entropía de Edwin T. Jaynes para la inferencia de funciones de probabilidad con base en información limitada. El modelo se ha utilizado para estudiar procesos de competencia en mercados de mercancías, financieros y de vivienda. También, se ha utilizado como alternativa a modelos de juegos experimentales. En todas sus aplicaciones ha podido reproducir diversas regularidades estadísticas observadas en economías reales. En esta trabajo, paso a paso, se construirá la primera parte del modelo QRSE: la función de probabilidad condicional con la que las agentes toman decisiones dado el valor de las variables sociales. En la segunda parte se expondrá, bajo el mismo marco conceptual, ahora cómo las decisiones de los agentes afectan a las variables sociales. Con ambas piezas podremos cerrar el modelo y obtener la probabilidad conjunta entre las decisiones y las variables sociales.

## Abstract

This article presents the first part of an introduction to the so-called QRSE (*Quantal Response Statistical Equilibrium*) model. The model has become a powerful tool to study both the decision-making of agents in conditions of uncertainty and the interaction that occurs between these individual decisions and the variables with a social scale. The model combines Claude E. Shannon's informational entropy measure for quantifying uncertainty with Edwin T. Jaynes' entropy maximization principle for inferring probability functions based on limited information. The model has been used to study competition processes in commodity, financial, and housing markets. In addition, it has been used as an alternative to experimental game models. In all its applications it has been able to reproduce various statistical regularities observed in real economies. In this paper, step by step, the first part of the QRSE model will be built: the conditional probability function with which the agents make decisions given the value of the social variables. In the second part, it will now be exposed, under the same conceptual framework, how the decisions of the agents affect the social variables. With both pieces we can close the model and obtain the joint probability between the decisions and the social variables.

## 1. Introducción

**Las decisiones de las agentes y su relevancia para la economía.** Diversas variables económicas consisten en la agregación de acciones que realizan diversas agentes: 1,000 millones de pesos de inversión en la rama automotriz en México o una demanda de dinero de 5 trillones de dólares en los EE. UU. son el agregado de la acción de invertir y mantener activos líquidos de decenas, miles o millones de agentes. Estas acciones son producto de un proceso de toma de decisiones.

Las agentes constantemente toman decisiones y *eligen* diversas acciones como invertir o salir de un mercado, comprar o vender un bono, aceptar o rechazar un trabajo, etc. Estas decisiones no tienen que ser dicotómicas: en la conformación de un portafolio de inversión, las agentes eligen una composición de su riqueza en dinero, bonos, acciones, etc. En cualquier caso, las decisiones determinan la magnitud de diversos agregados micro o macroeconómicos. Por tanto, el estudio de la toma de decisiones es fundamental para el análisis económico.

La toma de decisiones por parte de las agentes se realiza con base en incentivos que dependen de un conjunto de *variables relevantes*, como los precios y las tasas de retorno. Dependiendo de estas variables las agentes pueden tomar una decisión u otra. Al mismo tiempo, las acciones que llevan a cabo las agentes tienen un impacto en estos precios y tasas de retorno: Si las agentes que controlan buena parte de la liquidez de la economía deciden reducir su demanda de dinero para comprar bonos a largo plazo, estas acciones terminarán afectando tanto al precio de los bonos en el mercado secundario como a las tasas de interés de estos instrumentos de deuda en el mercado primario. Debido a que estas variables se ven afecta-

das por el conjunto de agentes, estas variables pueden ser consideradas *variables sociales*.

Existe entonces una codependencia entre las acciones de los agentes y las variables sociales. En muchos ocasiones esta codependencia contiene un mecanismo de *retroalimentación negativa* (*negative feedback*). Es decir, las acciones de las agentes se guían por incentivos determinados por las variables sociales. A su vez, estas acciones provocan cambios en las variables sociales en un sentido inverso al que provocó dicha acción, generando con esto un menor incentivo a realizar esta acción. Este razonamiento, dejado hasta sus últimas consecuencias, termina provocando una situación de *equilibrio* caracterizada por la ausencia de (i) incentivos para realizar acciones y de (ii) variaciones en las variables sociales. Un ejemplo claro de la conformación de un equilibrio producto de la retroalimentación negativa entre las acciones de las agentes y las variables sociales proviene de la teoría de competencia de Adam Smith:

*Las ventajas y desventajas totales de los diversos empleos del trabajo y el capital [potencialmente capturadas por las tasas de salarios y de ganancia, respectivamente] en una misma zona deben o bien ser perfectamente iguales o tender constantemente hacia la igualdad. Si en un mismo lugar hubiese un empleo evidentemente mucho más o mucho menos ventajoso que los demás, habría tanta gente que invertiría en él en el primer caso, o que lo abandonaría en el segundo, que sus ventajas pronto retornarían al nivel de los demás empleos. Este sería el caso al menos en una sociedad donde se permitiese que las cosas siguieran su curso natural, donde hubiese total libertad, y donde cada persona fuese perfectamente libre tanto para elegir la ocupación que desee como para cambiarla cuantas veces lo juzgue conveniente. El interés de cada persona lo induciría a buscar el empleo más ventajoso y a rechazar el menos ventajoso (Smith, 1776[1996], p. 152).*



**Las decisiones se realizan en un ambiente de incertidumbre.** Una característica importante del proceso de toma de decisiones es que estas se realizan en condiciones de *incertidumbre* por el resultado de las decisiones. Por ejemplo, la adopción de una nueva técnica de producción al interior de la empresa podría traer una tasa de retorno menor que la prevaleciente antes del cambio técnico. El precio de las viviendas podría haber crecido mucho más del estimado, pero el mercado también podría experimentar una explosión de una burbuja especulativa, provocando una gran pérdida en su valor.

Pero entonces, si producto de la incertidumbre no se tiene certidumbre sobre el resultado último de las acciones, ¿cómo es que deciden las agentes sus acciones? Al menos desde la publicación de *El Tratado sobre el Dinero* de Keynes (1930[2013]) se aceptó que la incertidumbre sobre los valores *futuros* de las variables tiene efectos no triviales sobre las decisiones que toman los agentes *hoy* y, por lo tanto, para el desempeño de la economía el día de *hoy*. Por tanto, la disciplina económica ha buscado caracterizar a la incertidumbre, proponer métricas de medición, identificar sus determinantes y desarrollar sus implicaciones.

**La formación de expectativas y el análisis de equilibrio.** La incertidumbre genera que las agentes basen sus decisiones en *expectativas* sobre el valor futuro de las variables. Así, valores esperados de las variables y niveles de incertidumbre influyen en las acciones que realizan las agentes. Algunas posiciones teóricas consideran que la incertidumbre y las expectativas son tan importantes que el análisis económico de equilibrio basado en posiciones de largo período, i.e., donde operan fuerzas que provocan una tendencia hacia la igualdad en las tasas de retorno, como en el ejemplo de Smith, son poco útiles para explicar diversas

variables sociales.<sup>1</sup> Dentro de estas posiciones teóricas incluso se considera que la existencia de información limitada sobre la toma de decisiones implica la incapacidad para poder asignar probabilidades a las posibles acciones de los agentes.

**Descripción de las decisiones en términos probabilísticos.** Los esfuerzos por formalizar la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre se encuentran, por lo menos, desde la obra de Keynes (1921) y Ramsey (1926, capítulo VII).<sup>2</sup> En general, este enfoque considera que es conveniente *representar* la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre en términos probabilísticos.<sup>3</sup> Un enfoque relevante ha sido la teoría de la utilidad de von Neumann y Morgenstern (1944, capítulo 1 y Apéndice), la cual concluye que, bajo ciertas condiciones sobre el comportamiento de las agentes, sus decisiones sobre las posibles acciones pueden estudiarse *como si* maximizaran su utilidad (cardinal) esperada.<sup>4</sup> Si bien este modelo predice que las agentes tendrán una estrategia única, i.e., que elegirán únicamente una acción, bajo condiciones alternativas las agentes tendrán, en general, una estrategia mixta regulada por una función de probabilidad.

**El modelo QRSE y sus aplicaciones.** El modelo QRSE (*Quantal Response Statistical Equilibrium*), de reciente desarrollo, constituye un ejemplo en esta última dirección. Este

- 1 Véase Garegnani (1976) y Dutt y Amadeo (1993) para una exposición.
- 2 Véase, por ejemplo, a Machina (1987a) para una revisión a la literatura.
- 3 Brennan (1987) indica que esta visión se encuentra desde 1906 con Irving Fisher 1906 (*The nature of capital and income*) y en 1934 con Hicks (*Application of mathematical methods to the theory of risk*).
- 4 Véase Machina (1987b) y Schmeidler y Wakker (1987) para una exposición sobre la literatura.

modelo permite estudiar las decisiones en condiciones de incertidumbre en términos probabilísticos y, de manera adicional, conectar estas decisiones con las variables económicas en un proceso de retroalimentación negativa que genera un equilibrio de naturaleza estadística.

Foley (2020) proporciona la bases para el comportamiento de las agentes dadas las variables sociales en múltiples situaciones, como para grupos de agentes con diferente nivel de incertidumbre. Scharfenaker y Foley (2017) emplean el modelo QRSE para formalizar la teoría de la competencia de Smith y explicar las fuertes tendencias a la uniformidad en las tasas de ganancias a nivel empresa observadas en las economías avanzadas. Scharfenaker (2020) desarrolla el modelo y lo aplica al mercado accionario. Ömer (2018) emplea el modelo QRSE para estudiar al mercado de vivienda y sus tasas ganancias por capital. Scharfenaker y Foley (2021) estudian el mercado laboral para explicar la interacción entre trabajadores y capitalistas y la tasa de salarios. Yang (2018,2022) emplea el modelo QRSE para generalizar el modelo de Kennedy (1964) de cambio técnico inducido y estimar la frontera de posibilidades de innovación. Dentro de la economía experimental, Coronado (2018) emplea al modelo para estudiar la percepción de justicia por parte de las agentes en los llamados *ultimatum games*.

El modelo QRSE se distingue de otros modelos *quantal response equilibrium* en que emplean la medida de entropía informática de Shannon (1948) para representar la incertidumbre de las agentes. También, utilizan el principio de maximización de la entropía desarrollado por Jaynes (1957) para estimar la probabilidad que regula la estrategia mixta de los agentes y de las variables sociales. Dentro de este marco, diferentes hipótesis sobre el comportamiento de las agentes (como la for-

mación de expectativas) y la manera en que el mercado reacciona ante dichas acciones provocan un mecanismo de retroalimentación negativa que genera un equilibrio estadístico en las variables sociales (tasas de ganancia, tasas de retorno, tasa de reducción de costos, etc.) caracterizado por fuertes tendencias a la centralidad de las variables sociales, así como fluctuaciones alrededor de estos centros de gravedad endógenamente determinada. De esta manera, el modelo QRSE puede considerar perfectamente tanto la existencia de incertidumbre y formación de expectativas como posiciones de largo período caracterizadas por una fuerte tendencia a la uniformidad de ciertas varias variables sociales.

Comenzamos la presentación del modelo QRSE estudiando las acciones que realizan las agentes tomando los incentivos de estas acciones como dados. Es decir, estimaremos la probabilidad condicional de las acciones de la agente dadas las variables sociales. Este modelo constituye una derivación alternativa del modelo *logit* de respuesta cuántica. Se mostrará que existe una dualidad entre la incertidumbre que experimenta la agente y la incertidumbre de la investigadora social que pretende estudiar la toma de decisiones las agentes en condiciones de incertidumbre.

## 2. El espacio de los estados: las posibles acciones de las agentes

Suponga que una agente debe de tomar una decisión al *elegir* una acción dentro de un conjunto finito de acciones mutuamente excluyentes. Sea  $K \in \mathbb{N}$  el número de posibles acciones. Llamemos al conjunto de posibles acciones

$$(1) \quad A := [a_k] := \{a_1, a_2, \dots, a_k\}.$$



Un ejemplo de una elección dicotómica podría ser entrar a/salir de un mercado o comprar/vender una propiedad. En este caso  $K=2$  y el conjunto de acciones posibles y mutuamente excluyentes es  $A = \{a_{\text{entrar}}, a_{\text{salir}}\}$  ó  $A := \{a_{\text{comprar}}, a_{\text{vender}}\}$ . Otro ejemplo un poco más complejo podría ser una agente que necesita decidir la distribución de su riqueza financiera en una cartera compuesta únicamente por dos activos, digamos dinero y bonos. Supongamos por simplicidad que la composición de la cartera solo puede tener la precisión de 1 décima. Así, el número de posibles acciones sería  $K=11$  y el conjunto  $A = \{a_1, \dots, a_{11}\}$  sería

$$(2) \quad \begin{aligned} a_1 &:= (1.0, 0.0) \\ a_2 &:= (0.9, 0.1) \\ &\vdots \\ a_{11} &:= (0.0, 1.0), \end{aligned}$$

donde  $a_1 := (m_1, b_1)$  representa una composición de la cartera donde toda la riqueza adquiere la forma de dinero  $m_1=1$  y nada en bonos  $b_1=0$ , y  $a_6 := (m_6, b_6)$  indica una cartera uniformemente distribuida,  $m_6=b_6=0.5$ .

El conjunto de estas  $K$  acciones constituye el *espacio de los estados* del sistema. Cada una de las acciones sobre las cuales las agentes deciden (1 de 2 en el caso dicotómico y 1 de 11 en el caso de la cartera) corresponde a un *microestado*. Una primera restricción en el modelo, producto de la teoría, consiste entonces en la definición del estado de espacios.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Tal vez le pueda resultar fácil al lector concluir que esta primera restricción dentro de la modelación económica es un tanto trivial. Pero considere que en todo momento existen múltiples variables que la teorización económica no puede incorporar. La determinación del espacio de estados debe de estar restringida a aquellos estados que se consideren relevantes para el estudio de los fenómenos de interés. Considere el desarrollo del motivo especulativo para la demanda de dinero. Capraro, et

### 3. La función de utilidad o de pago (pay-off) de las agentes.

La toma de decisiones por parte de las agentes generalmente involucra una evaluación del resultado de sus decisiones. La decisión de invertir en un mercado (“entrar” en el mercado) puede verse afectada por el ingreso, la masa de ganancias o la tasa de retorno asociada a esta inversión. La rentabilidad de los diversos activos disponibles para las agentes también incide en la conformación de la cartera de inversión.

Así, otra restricción producto de la teoría económica consiste en seleccionar al conjunto de *variables relevantes* para la toma de decisiones y la manera en que estas interactúan. Sea  $x \in \mathbb{R}$  una de estas variables relevantes, como la tasa de retorno o la tasa de interés. Si la elección involucra dos activos, entonces  $x_1, x_2 \in \mathbb{R}$  serían las variables relevantes. Típicamente estas variables relevantes  $x_1, x_2, \dots$  se encuentra fuera del control exclusivo de las agente: en algunos casos no se tiene influencia alguna (*e.g.*, en los modelos neoclásicos de competencia perfecta) y en otros casos se tienen un impacto pequeño o considerable (*e.g.*, en los modelos de competencia de la economía política clásica y de competencia imperfecta, respectivamente). Por tal motivo,  $x_1, x_2, \dots$  pueden ser consideradas *variables sociales*.

Llamemos a la función que nos brinda una medida del resultado de la acción, por ejemplo, del resultado de elegir entrar en o salir de un mercado o de elegir una cartera de inversión

al. (2020, capítulo 3) describen como, si bien en el siglo XIX y principios del siglo XX la disciplina económica conocía de la especulación financiera, no fue sino hasta los 1920s-1930s, derivado de los cambios en los mercados financieros producto de la Primera Guerra Mundial, que economistas como Keynes y Lavington añadieron el motivo especulación dentro de los motivos para demandar dinero.

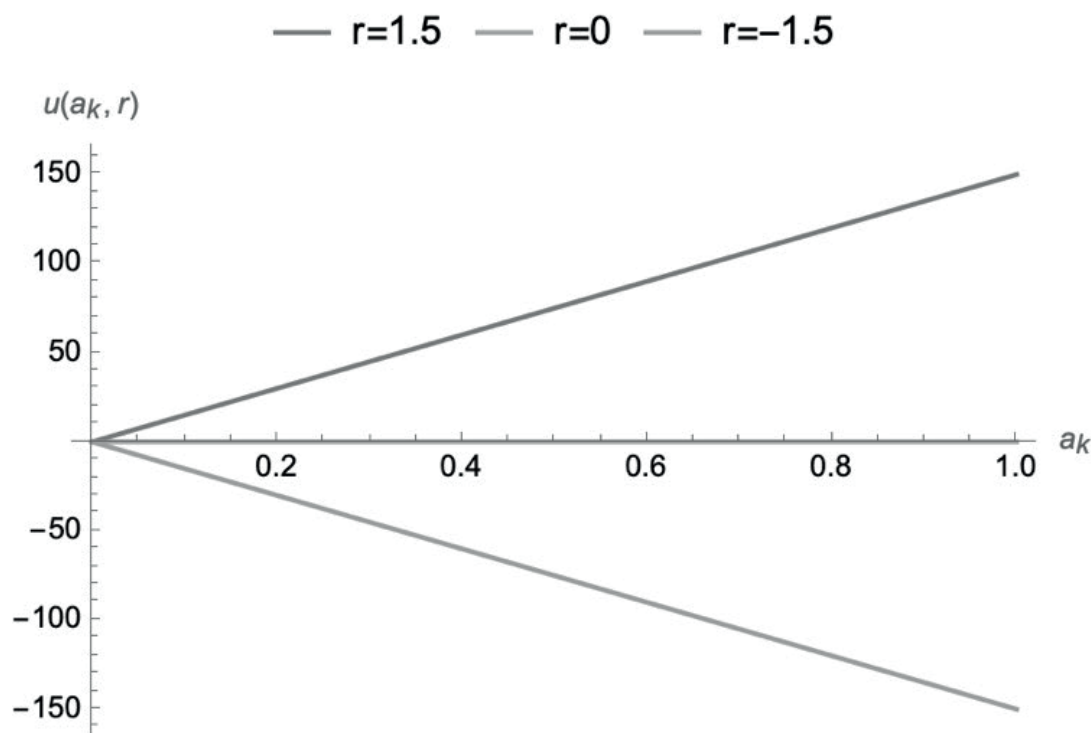
particular, la *función de utilidad (cardinal)* o la *función de pago*  $u[a_k, x]$ , donde  $u[a_k, x]: A \rightarrow \mathbb{R}$ .

Por ejemplo, la elección  $a_1$  de una trabajadora de comprar en el mercado primario un bono con valor nominal de \$100 (y mantenerlo por un año) le trae un utilidad que podría representarse por el flujo de intereses asociado a la tasa del cupón  $i$ ,  $u(a_1, i) = \$100$ .

*i*. Si ahora la agente consiste en una empresa financiera dedicada a la compraventa de activos de deuda (como un banco moderno), el pago relevante para la misma acción podría ser  $u(a_1, i, \Delta p) = \$100(i + \Delta p)$ , donde ahora  $i$  sería la tasa de rendimiento (*yield rate*),  $p$  el precio del instrumento de deuda y  $\Delta p$  las llamadas “ganancias (o pérdidas) por capital”.<sup>6</sup>

## Gráfica 1

Una función de utilidad o de pago  $u[a_k, r] = r \cdot a_k \cdot \$100$  dependiente de las acciones de las agentes  $a_k$  y de la variable social  $x$



6 Aquí encontramos otro ejemplo donde la elección de la teoría e hipótesis económicas resulta vital: para el estudio del mercado de deuda y de dinero: ¿basta con considerar en la función de pago únicamente a la tasa de interés? ¿Qué empresa financiera cuyo giro principal es la compraventa de instrumentos de deuda y que paga rentas de edificios, nóminas, etc. puede tener una rentabilidad ‘decente’ con una tasa de interés de 3.29% anual en los bonos del tesoro de los EE. UU. a 1 año (9 de agosto de 2022)? ¿Quién concentra una mayor tenencia de bonos? ¿Los trabajadores o las empresas? ¿Y las empresas que compran y venden títulos de deuda en mercados internacionales? ¿Habrá algún componente adicional que valdría la pena incluir en su función de pago?

En general, es posible construir una función de utilidad que dependa de las *decisiones* de los agentes y de los valores de las *variables sociales*. El gráfico 1 muestra la función de utilidad  $u[a_k, r] := r \cdot a_k \cdot \$100$ , donde  $r$  es la tasa de retorno total de la tenencia de un bono y  $a_k$ , para  $k=1, \dots, K$ , es la acción de destinar una participación de una riqueza de \$100 en bonos ( $a_1=0, \dots, a_K=1$ ). Para tasas de retorno positivas, entre mayor la participación de la riqueza en bonos mayor la utilidad, mientras que lo contrario sucede para tasas de retorno negativas. Cuando  $r=0$  la utilidad es cero para cualquier tenencia de bonos.

#### 4. Incertidumbre y expectativas.

Un aspecto fundamental en el proceso de toma de decisiones por parte de las agentes es que estas decisiones se realizan en un ambiente de *incertidumbre*. La incertidumbre radica en la falta de seguridad sobre el *resultado futuro* de la acción, en términos de la función de pago. La compra que un trabajador realiza de un bono corporativo podría resultar en una pérdida total si la empresa se declara en banca rota. La agente que decide invertir en un mercado podría obtener una tasa de retorno que no consideraba en la elaboración de su plan de negocios.

Sin embargo, a pesar del desconocimiento del valor futuro de cada  $u[a_k, x]$ , todo el tiempo las agentes eligen una acción el día de hoy. Es decir, tienen que tomar decisiones en condiciones de incertidumbre.

Como recurso auxiliar en la toma de decisiones presentes, las agentes forman *expectativas* sobre los eventos futuros. Estas expectativas se forman con base en un conjunto de información inicial y ciertos criterios que pueden variar de agente en agente.<sup>7</sup> Las agen-

<sup>7</sup> Si bien el conjunto de agentes puede tener acceso a la misma información puede haber diferentes

tes podrían tomar en cuenta la opinión de una asesora financiera o algunos estadísticos que arrojan la terminal de Reuters. Así, las agentes podrían utilizar algún indicador representativo de la variable social  $x$ , como su valor esperado  $x^e$ , o podrían representar su incertidumbre sobre  $x$  por medio de una función de probabilidad.<sup>8</sup> La elección recae en la teoría del comportamiento utilizada.

No obstante, la posibilidad de realizar este cálculo de indicadores sobre los valores futuros de la variable social no elimina necesariamente la incertidumbre sobre el resultado de sus acciones y el valor futuro de su función de pago. Keynes (1936, capítulo 13) hablaba de la distinción entre la esperanza actuarial y el *estado de confianza en los mercados*. Para Keynes la acción conjunta de ambas determina el estado de expectativas de largo plazo.

Un enfoque que se considera útil para representar la toma de decisiones de las agentes en condiciones de incertidumbre es a través de la maximización de su *utilidad esperada*. Esta métrica se obtiene como una agregación de utilidades ponderada por una probabilidad asociada.<sup>9</sup> Veamos esto con mayor detalle:

Consideremos la probabilidad con la que la agente realiza cada una de las  $K$  posibles acciones. Sea  $p_k := p[a_k]$  la probabilidad de cada microestado y

criterios entre agentes que haga, por ejemplo, que unos sea toros (*bulls*) y otros osos (*bears*). Véase a Capraro, et al. (2020, capítulo 5) para una discusión sobre el conjunto de información inicial y la manera en que los/las agentes la procesan.

<sup>8</sup> La modelación de las reglas de formación de expectativas es otra dimensión donde la elección de las hipótesis económicas es relevante. Véase una discusión muy accesible en Capraro, et al. (2020, capítulo 10). Véase Tobin (1958) para una aplicación de este segundo camino para el estudio de la preferencia por la liquidez.

<sup>9</sup> En las siguientes líneas veremos que la probabilidad puede estar asociada a las acciones  $a_k$  o a la variable social  $x$ .

$$(3) \quad p := [p_k] := \{p_1, p_2, \dots, p_K\}$$

donde  $p_k \geq 0$  para  $k=1, \dots, K$  y  $\sum_{k=1}^K p_k = p_1 + p_2 + \dots + p_K = 1$ . Así, cada acción dicotómica o cada posible cartera tiene una probabilidad no negativa de elegirse. El gráfico 2 muestra cuatro casos de función de probabilidad cuando la elección es dicotómica,  $A = \{a_1, a_2\}$ . Una situación donde la probabilidad de que dos o más eventos es positiva implica que la agente tendrá un comportamiento caracterizado por una *estrategia mixta*, es decir, una situación donde en algunas situaciones escogerá una acción y en otras una acción alternativa –funciones de probabilidad (c) y (d)–, pero nunca la misma acción en cada situación –funciones de probabilidad (a) y (b).

Dentro del modelo QRSE, consideramos la probabilidad con la que la agente realiza cada una de las acciones tomando a la variable social (o estadísticos de ella) como dada. Así, la función de pago esperada es

$$(4) \quad E[u] := \sum_{k=1}^K p_k u[a_k; x] = p_1 u[a_1; x] + p_2 u[a_2; x] + \dots + p_K u[a_K; x]$$

donde  $p_k := p[a_k | x]$  es la probabilidad condicional de la acción  $a_k$  dada la variable social  $x$ .<sup>10</sup> La utilidad esperada es entonces un promedio ponderado de la utilidad obtenida por cada una de las  $K$  acciones  $u[a_k; x^e]$ , donde los ponderadores consisten en las probabilidades  $p[a_k | x]$ . Aunque  $u[a_k; x^e]$  pueda ser una fun-

<sup>10</sup> De manera alternativa uno podría fijar una acción particular y considerar la utilidad esperada dada una función de probabilidad de la variable social (continua)  $x$ , como  $E(u) := \int u[a_k, x] f(x) dx$ , donde el intervalo de integración depende del soporte de la variable  $x$  y  $f(x)$  es su función de densidad. Al no tener una especificación de la función de pago, la representaremos simplemente como  $u[a_k; x]$  aunque pueda depender de manera adicional  $x^e$  de y/o algunos otros indicadores derivados de  $x$ .

ción no lineal, la función  $E[u]$  es una función lineal sobre las  $p_k$ .

Ante esta elección, hemos optado por *representar la incertidumbre que experimenta la agente a través de las probabilidades con las que la agente realiza cada acción*  $\{p_1, \dots, p_K\}$  y no imponiendo restricciones probabilísticas sobre la variable social, fuera de las que se hereden de la función de pago  $u[a_k, x]$ . De esta manera, proponemos medir la cantidad de incertidumbre sobre la variable aleatoria  $a_k$  a través de la *entropía informática* de Shannon (1948):<sup>11</sup>

$$(5) \quad H := H(p_1, \dots, p_K) := - \sum_{k=1}^K p_k \ln p_k = p_1 \ln \frac{1}{p_1} + p_2 \ln \frac{1}{p_2} + \dots + p_K \ln \frac{1}{p_K} \geq 0$$

Conviene enfatizar que esta medida es una función de las probabilidades de cada uno de las  $K$  acciones y no de la naturaleza o semántica de las  $a_k$ . La cantidad  $-\ln p_k = \ln \frac{1}{p_k} \geq 0$  representa la información contenida de la elección  $a_k$  (e.g., Golan, 2018, capítulo 3), por lo que  $H$  representa entonces la cantidad de información esperada. La función  $-\ln p_k$  es cóncava por lo que  $H$ , siendo una suma de funciones cóncavas, también lo es.

Veamos por qué la función  $H$  captura la cantidad de incertidumbre de una variable. Cuando alguna de las acciones tiene una probabilidad de 1 entonces las restantes  $K-1$  acciones tienen probabilidad de cero. En esta situación, ejemplificada en (a) y (b) en el gráfico 2, tenemos una situación de cero entropía o completa certidumbre.<sup>12</sup> Por el contrario, el estado de máxima incertidumbre se alcanza

<sup>11</sup> Véase, *inter alia*, a Kapur y Kesavan (1992, sección 2.2) para un tratamiento profundo pero accesible sobre la caracterización matemática de esta medida. Convencionalmente se considera que  $0 \ln 0 = 0$ . Recuerde que  $0 \leq p_k \leq 1$ , por lo que  $\ln p_k \leq 0$ .

<sup>12</sup> ¿Cuál es la probabilidad de que  $2+2=4$ ? La probabilidad es 1. No hay incertidumbre y la entropía es cero.

cuando cada una de las  $K$  posibles acciones tienen la misma probabilidad,  $p_k = \frac{1}{K}$  (caso (c) en el gráfico 2).<sup>13</sup> Así, la entropía máxima  $H_{\max}$  de la función de probabilidad  $p_1, \dots, p_K$  es una función monótonica creciente del número de estados,  $H_{\max} = -\sum_{k=1}^K \frac{1}{K} \ln\left(\frac{1}{K}\right) = \ln K$  —entre más estados posibles mayor la incertidumbre sobre el sistema, *i.e.*, la elección de cada uno de ellos.

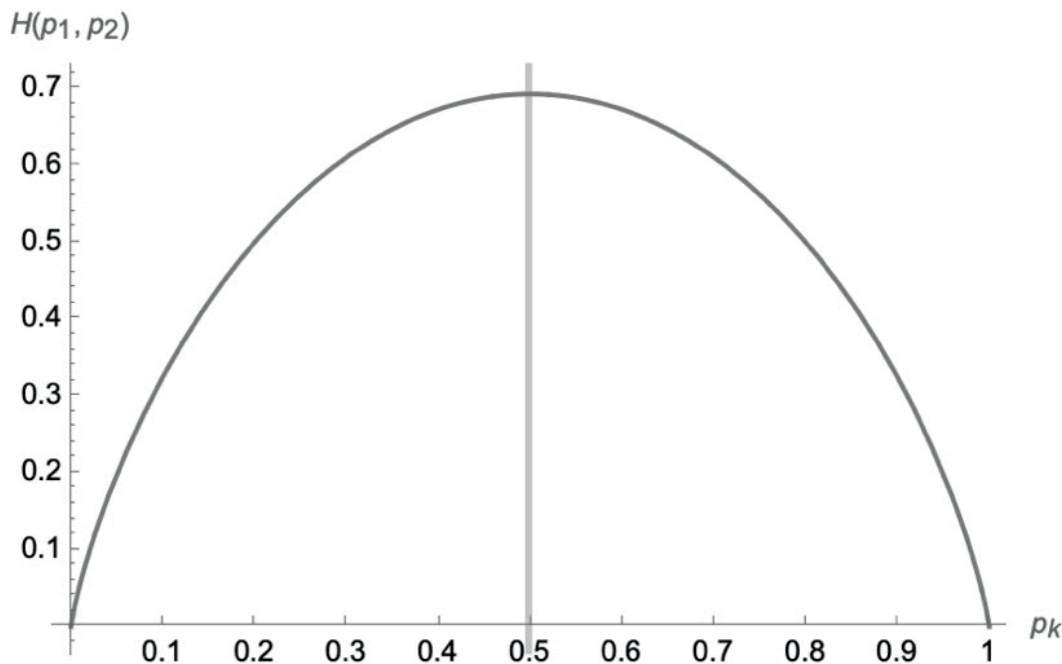
Para el caso de un sistema donde  $K=2$ , el gráfico 3 muestra la relación entre las probabilidades de un evento y la entropía del sistema:<sup>14</sup> la entropía es máxima ( $H_{\max} = \ln 2 \approx 0.69$  cuando  $p_1 = p_2 = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ ) y es mínima cuando  $p_1=0$  y por lo tanto  $p_2=1$  y viceversa (ver gráfica 3).

## 5. El criterio para elegir a las distintas funciones de probabilidad $\{p_k\}$ : el principio de maximización de la entropía

En este momento nos encontramos con toda la información necesaria para obtener la probabilidad con la que las agentes realizan cada una de estas acciones, salvo una pieza faltante. Sabemos que, por consistencia de nuestro modelo probabilístico,  $p_k \geq 0$  y  $\sum_{k=1}^K p_k = 1$ . También, hemos supuesto que las agentes toman sus decisiones basadas en su función de pago  $u[a_k; x]$  y que podemos representar su proceso de decisión por medio de la maximización de

### Gráfica 3

Valor de la entropía  $H$  para una función de probabilidad con elección dicotómica



13 Maximice la función  $H(p_1, \dots, p_K)$  sujeta a la restricción  $\sum_{k=1}^K p_k = 1$ . Se trata de un programa cóncavo por lo que las condiciones de primer orden son necesarias y suficientes para obtener a la solución  $p_1^*, \dots, p_K^*$ .

14 Adaptado de Golan (2018, capítulo 3).

la utilidad esperada. También, sabemos que las agentes realizan sus elecciones bajo condiciones de incertidumbre y hemos propuesto medir a la cantidad de incertidumbre sobre las acciones con la métrica de entropía informática de Shannon  $H(p_1, \dots, p_K)$ , la cual puede ser cero o positiva. Nos falta definir el criterio para escoger una única función de probabilidad  $p_1^*, \dots, p_K^*$  dentro de todas las existentes  $p_1, \dots, p_K$  que son consistentes con la anterior información. Por ejemplo, si tenemos a la utilidad esperada  $E(u) = p_1 5 + p_2 20 + p_3 15 = 10$  notará que esta se podría obtener con un número infinito de valores  $(p_1, p_2, p_3)$  —tenemos una ecuación y 3 incógnitas. *¿Cuál función de distribución  $p_1, \dots, p_K$  debemos de escoger para representar las elecciones de las agentes?*

Aquí introducimos el *principio de maximización de la entropía* propuesto por E.T. Jaynes (1957). Como un desarrollo del principio de la razón insuficiente de Laplace en situaciones donde el conjunto de información va más allá de  $p_k \geq 0$  y  $\sum_{k=1}^K p_k = 1$ , Jaynes argumenta que, dentro de todas las funciones de probabilidad que satisfacen las restricciones que representan a un conjunto de información inicial, escoger a la función de probabilidad que maximiza la entropía nos brinda una solución (una función de probabilidad) que además de ser la menos sesgada<sup>15</sup> es también la que refleja nuestro estado de conocimiento sobre el fenómeno bajo estudio —representado por la información inicial.

Se trata pues de un método de inferencia. Si al representar a la teoría de un fenómeno con el estado de espacios y una serie de restricciones (hipótesis teóricas) vemos que esta función de probabilidad resultante no es con-

sistente con las observaciones esto no significa que el método de estimación es deficiente, sino que las hipótesis de la teoría, i.e., las restricciones utilizadas, no son las relevantes para explicar el fenómeno de estudio. Por tanto, debemos aprender y cambiar nuestro estado de conocimiento.

## 6. El comportamiento de las agentes: el modelo logit-QRSE

Armados con la información inicial y una metodología de inferencia, podemos buscar a esta función de probabilidad  $p_1^*, \dots, p_K^*$ . El modelo QRSE encuentra la solución  $p^*[a_1|x]$ ,  $p^*[a_2|x]$ ,  $\dots$ ,  $p^*[a_K|x]$  resolviendo el siguiente programa de maximización

$$(6) \quad \underset{\{p_1, \dots, p_K\} \geq 0}{\text{Max}} \quad \sum_{k=1}^K p_k u[a_k; x]$$

$$(7) \quad \text{s. t.} \quad \sum_{k=1}^K p_k = 1$$

$$(8) \quad -\sum_{k=1}^K p_k \ln p_k \geq H_{\min}.$$

Es decir, tomando como dados a las  $K$  diferentes  $u[a_k; x]$ , buscamos maximizar la utilidad esperada de la agente escogiendo  $p[a_k|x]$  que cumplan tanto con la condición de normalización (7) como con el requisito de incertidumbre mínima  $0 \leq H_{\min} \leq H_{\max} = \ln K$ . Al ser  $H$  una función cóncava y  $E[u]$  una función lineal en  $p_k$ , entonces condiciones necesarias y suficientes para resolver el programa (6)-(8) consisten en resolver al sistema de ecuaciones resultado de las condiciones de primer orden (CPO) de la función auxiliar de Lagrange<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Es la menos sesgada puesto que escoger otra distribución con una entropía menor que la máxima implica que se está considerando información adicional que no se ha hecho explícita. Véase Kapur y Kesavan (1992, capítulo 1).

<sup>16</sup> Kapur y Kesavan (1992) muestran en la sección 2.4.8 que nos es necesario introducir restricciones adicionales para la no negatividad de las probabilidades  $p_k \geq 0$ . En la sección 2.4.9 estos autores muestran que podemos remplazar la restricción de desigualdad en (8) con una de igualdad sin alterar las propiedades de la solución.



(9)

$$\mathcal{L}(p_k, \lambda, T) := \sum_{k=1}^K p_k u[a_k; x] - \lambda \left( \sum_{k=1}^K p_k - 1 \right) + T \left( - \sum_{k=1}^K p_k \ln p_k - H_{\min} \right)$$

donde  $\lambda$  y  $T$  son los multiplicadores de Lagrange asociados a las restricciones (7) y (8) respectivamente. La primera CPO es

(10)

$$\frac{\partial \mathcal{L}(p_k, \lambda, T)}{\partial p_k} = 0 \rightarrow u[a_k; x] - \lambda - T(\ln p_k + 1) = 0$$

por lo que si resolvemos para  $\ln p_k$  y  $p_k$  tenemos, para  $k=1, \dots, K$ ,

$$(11) \quad \ln p_k = \frac{u[a_k; x] - \lambda + T}{T} = \frac{u[a_k; x]}{T} - \frac{\lambda + T}{T}$$

$$(12) \quad p_k = e^{\frac{u[a_k; x] - \lambda + T}{T}} = e^{\frac{u[a_k; x]}{T}} e^{-\frac{\lambda + T}{T}}$$

La segunda CPO es

$$(13) \quad \frac{\partial \mathcal{L}(p_k, \lambda, T)}{\partial \lambda} = 0 \rightarrow 1 = \sum_{k=1}^K p_k$$

por lo que insertando (12) en (13) obtenemos

$$\sum_{k=1}^K e^{\frac{u[a_k; x]}{T}} e^{-\frac{\lambda + T}{T}} = e^{-\frac{\lambda + T}{T}} \sum_{k=1}^K e^{\frac{u[a_k; x]}{T}} \text{ y}$$

$$(14) \quad e^{\frac{\lambda + T}{T}} = \sum_{k=1}^K e^{\frac{u[a_k; x]}{T}}$$

$$(15) \quad \frac{\lambda + T}{T} = \ln \sum_{k=1}^K e^{\frac{u[a_k; x]}{T}}.$$

Con (14) podemos eliminar la dependencia de  $p_k$  en  $\lambda$  en la ecuación (12) y obtener para  $k=1, \dots, K$  la famosa distribución de Gibbs

$$(16) \quad p^*[a_k | x] = \frac{e^{\frac{u[a_k; x]}{T}}}{\sum_{k=1}^K e^{\frac{u[a_k; x]}{T}}}$$

obtenida originalmente dentro del contexto de la mecánica estadística.

La solución (15) nos dice que la probabilidad de la acción  $a_k$  depende del pago que las agentes esperan obtener de la acción  $a_k$ , i.e.,  $u[a_k; x]$ , así como del parámetro  $T$ , que dentro de la literatura del modelo QRSE se le conoce como *la temperatura del comportamiento (behavioral temperature)*—esto debido a su relación con los problemas analizados en la mecánica estadística. Este parámetro  $T$ , que como veremos depende del nivel de entropía  $H_{\min}$ , lo podemos interpretar como el estado de confianza que las agentes tienen sobre el mercado. Así, la probabilidad de las acciones depende tanto de las expectativas sobre  $x$  como de la incertidumbre, por lo que podemos interpretar a  $p^*[a_k; x]$  como el estado de las expectativas de largo plazo.

Para mostrar la dependencia del parámetro  $T$  al nivel de entropía mínimo  $H_{\min}$ , obtengamos la tercera CPO:

(17)

$$\frac{\partial \mathcal{L}(p_k, \lambda, T)}{\partial T} = 0 \rightarrow 0 = H_{\min} - \sum_{k=1}^K p_k^* \ln p_k^*$$

Si ahora insertamos (11) y (15) en (17) obtenemos directamente la restricción

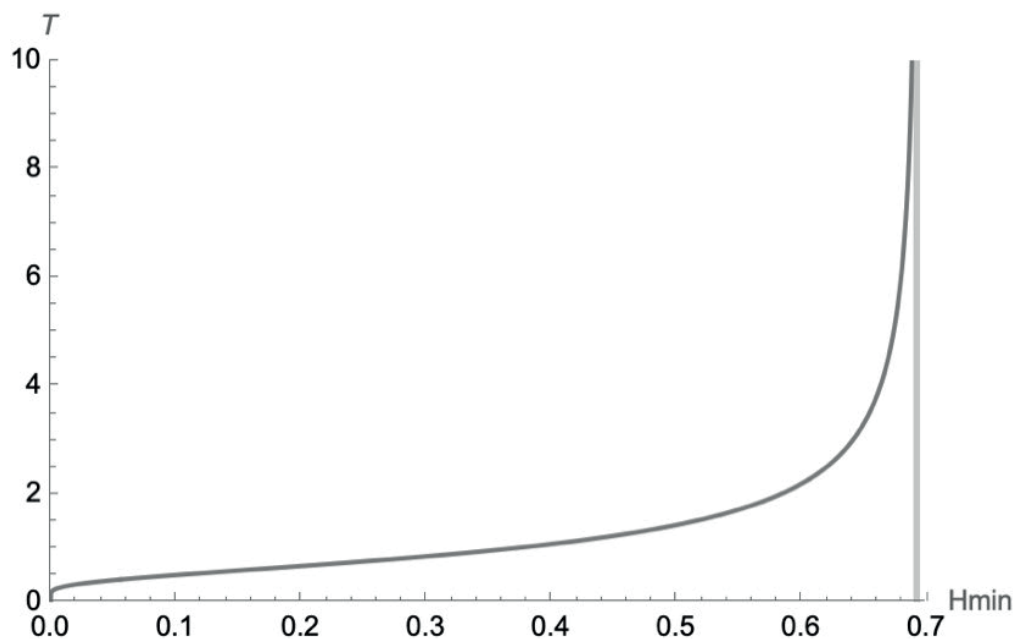
(18)

$$0 = H_{\min} - \sum_{k=1}^K \frac{e^{\frac{u[a_k; x]}{T}}}{\sum_{k=1}^K e^{\frac{u[a_k; x]}{T}}} \left( \frac{u[a_k; x]}{T} - \ln \frac{u[a_k; x]}{T} \right).$$

Si bien una solución analítica de  $T$  como función de  $H_{\min}$  puede ser algo complicado de obtener, el gráfico 4 muestra la relación existente entre  $T$  y  $H_{\min} \in [0, H_{\max}]$  para el caso de una probabilidad dicotómica y una función de pago dada.

**Gráfica 4**

Multiplicador de Lagrange  $T$  como función de la entropía mínima  $H_{\min}$  para  $K=2$  ( $H_{\max} = \ln K \approx 0.69$ ) y  $u[a_k; 2] = 2 \cdot a_k$



Con los resultados obtenidos del modelo QRSE, analicemos las elecciones de las agentes bajo las diferentes condiciones de incertidumbre.

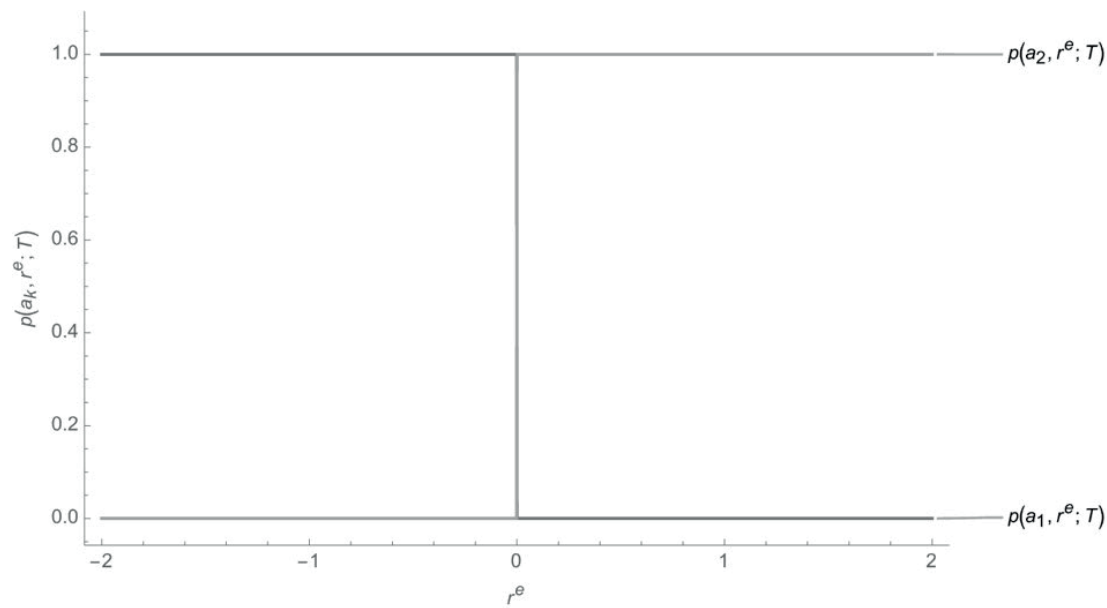
### 7. La toma de decisiones sin incertidumbre.

Supongamos una situación donde no existe incertidumbre en el mercado, es decir,  $H_{\min} = T = 0$ . Como lo vimos en la sección 4, la función de entropía solo puede alcanzar un valor igual a cero si y solo si alguna  $a_k$  tiene probabilidad igual a uno,  $p_k=1$ , y el resto una probabilidad nula,  $p_{l \neq k} = 0$  para  $l=1, \dots, K$  y  $l \neq k$ . Pero tenemos  $K$  posibles acciones para los cuales, de manera excluyente, podemos tener

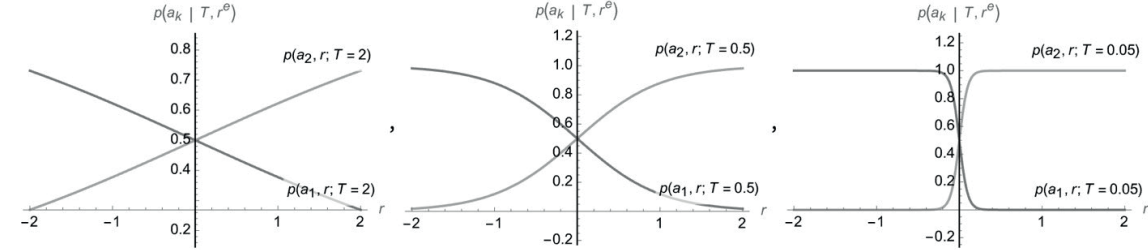
$p_k = 1$ . ¿Cuál acción escogerá la/el agente?

La respuesta es aquella acción, con probabilidad igual a 1, con la que se alcance la mayor utilidad, la cual corresponderá a la mayor utilidad esperada. El gráfico 5 muestra esta situación para el caso de una probabilidad dicotómica y una función de pago  $u[a_k; x] = a_k x$ . Vemos que cuando  $x < 0$  realizar la acción  $a_2 = 1$  traería una utilidad negativa por lo que esta acción se realiza con  $p_2 = 0$  y, en cambio, la acción  $a_1 = 0$  se realiza con  $p_1 = 1$  ya que es la que genera la utilidad máxima:  $u[a_1 = 0, x < 0] = 0$ . Y lo contrario sucede cuando  $x > 0$ : como  $u[a_2 = 1, x > 0] > 0$  y  $u[a_1 = 0, x > 0] = 0$  entonces  $p_1 = 0$  y  $p_2 = 1$ . De esta manera, cuando no hay incertidumbre *no hay una estrategia mixta*.

**Gráfica 5** Toma de decisiones para el caso de elección dicotómica  $K = 2$  y  $u[a_k; x] = a_k x$ . El caso sin incertidumbre,  $T = 0$ .



**Gráfica 6** Toma de decisiones para el caso de elección dicotómica  $K = 2$  y  $u[a_k; x] = a_k x$ . El caso con incertidumbre,  $T = \{2, 0.5, 0.05\}$ .



## 8. La toma de decisiones con incertidumbre

¿Qué cambios surgen cuando existe una entropía positiva,  $H_{\min} > 0$ ? La existencia de un nivel de incertidumbre positivo implica que el/la agente realizará una estrategia mixta. Más aun, la distribución solución (16) muestra que cada acción se realizará con una probabilidad positiva. De esta manera, aunque una acción conlleve un pago esperado negativo, la incertidumbre que experimentan las agentes les hará asignar una probabilidad positiva, aunque sea muy pequeña, a cada una de las acciones. Este resultado constituye el principal cambio cualitativo respecto a la situación de cero entropía. El gráfico 6, muestra estos resultados para el caso para una elección dicotómica –como verá, se trata del modelo *logit*, construido con un marco alternativo.

Respecto a los cambios cuantitativos, la comparación de las seis distribuciones en el gráfico 6 nos indica claramente que, para un valor de la función de pago, a mayor incertidumbre la elección por parte de las agentes será favoreciendo la diversificación de sus acciones. Note que cuando la función de pago es cero,  $p_1 = p_2 = \frac{1}{2}$ , es decir, tendremos una distribución uniforme en las acciones.

## 9. El comportamiento de las agentes: dualidad entre la teoría y la incertidumbre de la investigadora

Veamos cómo el supuesto de maximización de la utilidad esperada por parte de la agente y del nivel de incertidumbre mínima no es otra cosa más que una representación de la estrategia de modelación de la investigadora social donde toma como información inicial la restricción de que las agentes eligen sus estrategias buscando obtener un nivel de utilidad esperada mínimo y el criterio de elegir a la función de probabilidad condicional  $p[a_k|x]$  que maximice la entropía respetando a dicha información inicial.

Por las propiedades de dualidad de la función objetivo (6) y de la restricción (8) se puede demostrar<sup>17</sup> que, si ahora *maximizamos a la entropía* sujeta a las restricciones de normalización y de una utilidad esperada mínima,

$$(19) \quad \underset{\{p_1, \dots, p_K\} \geq 0}{\text{Max}} \quad - \sum_{k=1}^K p_k \ln p_k$$

$$(20) \quad \text{s. t.} \quad \sum_{k=1}^K p_k = 1$$

$$(21) \quad \sum_{k=1}^K p_k u[a_k; x] \geq U_{\min},$$

el cual tiene a la función auxiliar de Lagrange

$$(22) \quad \mathcal{L}(p_k, \alpha, \beta) = - \sum_{k=1}^K p_k \ln p_k - \alpha \left( \sum_{k=1}^K p_k - 1 \right) + \beta \left( \sum_{k=1}^K p_k u[a_k; x] - U_{\min} \right),$$

obtenemos la misma solución  $p^*[a_k|x]$  en (16) y, además,  $\beta = \frac{1}{T}$ . Es decir, entre mayor sea el nivel de incertidumbre que aqueja a la agente, la importancia del nivel de utilidad esperada mínimo tendrá un impacto menor: conforme  $T \rightarrow \infty$  entonces  $\beta \rightarrow 0$  y la restricción (21) tiende a no ser relevante en la reducción de la entropía y la agente optará por una estrategia mixta donde las acciones tenderán a tener probabilidades uniformes,  $p_k \rightarrow \frac{1}{K}$  –la entropía será máxima. En caso contrario, cuando la importancia de la utilidad esperada mínima tiende a ser infinitamente grande entonces la incertidumbre tiende a desaparecer y la agente optará por una estrategia única. 🌀

## Referencias

- Brennan, M.J. (1987). Capital Asset Pricing Model, en Eatwell, J., Milgate, M., Newman, P. (eds) *Finance. The New Palgrave*. Palgrave Macmillan, Londres.
- Capraro, S., C. Panico y K.J. Sandoval (2020) *Economía Monetaria*, Facultad de Economía, UNAM.

<sup>17</sup> Véase Scharfenaker y Foley (2017, sección 2.1).

- Coronado, J.A. (2018) *An Information Constrained Model for Ultimatum Bargaining*, Working Paper 15/2018 Department of Economics The New School for Social Research, November.
- Dutt, A.K. y E. Amadeo (1993) *Keynes's Third Alternative?: The Neo-Ricardian Keynesians and the Post Keynesians*, New Directions in Modern Economics Series, Edward Elgar.
- Foley, D. K. (2020). Information theory and behavior. *The European Physical Journal Special Topics*, 229(9):1591-1602.
- Garegnani, P. (1976) "On a Change in the Notion of Equilibrium in Recent Work on Value and Distribution", en M. Brown, K. Sato y P. Zarembka (ed.), *Essays in Modern Capital Theory*, Amsterdam: North Holland, pp. 25-45.
- Golan, A. (2018) *Foundations of Info-metrics: Modeling, inference, and imperfect information*. Oxford University Press, New York, NY.
- Jaynes, E.T. (1957) Information theory and statistical mechanics. *The Physical Review*, 106(4): 620-630.
- Keynes, J. M. (1921[1973]), A Treatise on Probability, en Moggridge D.E., (ed), *The Collected Writings of J.M. Keynes*, Vol. VIII, Londres: Macmillan.
- Keynes, J. M. (1930[2013]), A Treatise on Money: The Pure Theory of Money, en Moggridge D.E., (ed), *The Collected Writings of J.M. Keynes*, Vol. V, Londres: Macmillan.
- Keynes, J. M. (1936[1971]), The General Theory of Employment, Interest and Money, en Moggridge D.E., (ed), *The Collected Writings of J.M. Keynes*, Vol. VII, Londres: Macmillan.
- Kapur, J.N. y H.K. Kesavan (1992) *Entropy Optimization Principles with Applications*. Academic Press Inc., San Diego, USA .
- Machina, M.J. (1987a). Choice Under Uncertainty: Problems Solved and Unsolved. *Economic Perspectives* 1(1): 121-154
- Machina, M.J. (1987b). Expected Utility Hypothesis, en Eatwell, J., Milgate, M., Newman, P. (eds) *Utility and Probability. The New Palgrave*. Palgrave Macmillan, Londres.
- Ömer, Ö. (2018). Dynamics of the us housing market: a quantal response statistical equilibrium approach housing market: a quantal response statistical equilibrium approach. *Entropy* 20(11).
- Ramsey, F.P. (1931) *The foundations of mathematics and other logical essays*, R.B. Braitwaite, Londres: Kegan, Paul, Trench, Trubner & Co, Nueva York: Harcourt, Brace and Company.
- Scharfenaker, E. Implications of quantal response statistical equilibrium, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 119, <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2020.103990>.
- Scharfenaker, E. y D.K. Foley (2017) Quantal response statistical equilibrium in economic interactions: theory and estimation. *Entropy* 19(444).
- Scharfenaker, E. y D.K. Foley (2021a) *Unfulfilled expectations and labor market interactions: A statistical equilibrium theory of unemployment*. Technical report, University of Utah, Department of Economics.
- Schmeidler & Wakker (1987) Expected Utility and Mathematical Expectation, en Eatwell, J., Milgate, M., Newman, P. (eds) *Utility and Probability. The New Palgrave*. Palgrave Macmillan, Londres.
- Shannon, C. (1948) A Mathematical Theory of Communication, *The Bell System Technical Journal*, Vol. XXVII(3), pp. 379-423.
- Smith, A. (1776[1996]) *La riqueza de las naciones (Libros I-II-III y selección de los Libros IV y V)*. El Libro de Bolsillo, Alianza Editorial, Madrid.
- Tobin, J. (1958). Liquidity Preference as Behavior Towards Risk, *The Review of Economic Studies*, 25(2): pp. 65-86.
- von Neumann, J. y O. Morgenstern (1944[1953]), *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, NJ. Princeton University Press.
- Yang J. (2018) A Quantal Response Statistical Equilibrium Model of Induced Technical Change in an Interactive Factor Market: Firm-Level Evidence in the EU Economies. *Entropy*. 2018; 20(3).
- Yang, J. (2022). Information-theoretic model of induced technical change: Theory and empirics. *Metroeconomica*, 1-38. <https://doi.org/10.1111/meca.12399>.

## El papel de Estado en la transición energética

*The role of the State in the energy transition*

Nancy Maribel Mariana Contreras Hernández\*

### Palabras clave

*Producción y suministro de electricidad*

*Recursos renovables y conservación*

*Energías alternativas*

*Política gubernamental*

### Keywords

*Electric Utilities*

*Renewable Resources and Conservation*

*Alternative Energy Sources*

*Government Policy*

**Jel:** L94, Q2, Q42, Q48

\* Lic. Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mtra. Administración Pública por el Instituto Nacional de Administración Pública (INAP), Dra. Tecnologías de Información y Comunicación Aplicadas a la Educación por la Escuela Superior Centroamericana. Actualmente labora en la Comisión Federal de Electricidad (CFE), colaborando en la Dirección Corporativa de Negocios Comerciales, es miembro del Comité de Transparencia y Rendición de Cuentas del INAP y es académico en la Facultad de Economía de la UNAM - División SUAyED y en el programa de Maestría en Administración Pública en el INAP.



## Resumen

El calentamiento global, el incremento en el precio de los combustibles fósiles y un sin número de conflictos económicos, sociales, políticos y bélicos relacionados con la generación de energía, han exacerbado la urgencia a nivel mundial de que la generación eléctrica se realice con opciones menos contaminantes y con fuentes renovables, ante esta situación, surgen algunas dudas ¿Cómo hicieron los países líderes en la materia para lograr su avance?, ¿de quién es la responsabilidad de realizar la transición energética?, ¿Cuál es el papel que los gobiernos deben asumir en esta labor? y ¿Qué se está haciendo en México al respecto?, el presente documento analiza las principales variables en torno al tema y ofrece algunas conclusiones.

Palabras clave: generación eléctrica, transición energética, sustentabilidad, resiliencia y competitividad.

## Abstract

Global warming, the increase in the price of fossil fuels and a number of economic, social, political and war conflicts related to energy generation have exacerbated the worldwide urgency for electricity generation to be carried out with fewer options. pollutants and with renewable sources, in this situation, some doubts arise: How did the leading countries in the matter achieve their progress? Whose responsibility is it to carry out the energy transition? What is the role that governments should take on this job? and What is being done in Mexico about it? This document analyzes the main variables around the subject and offers some conclusions.

## Introducción

Actualmente prevalece una preocupación y urgencia mundial por transitar de sistemas de generación eléctrica basados en combustibles fósiles a sistemas sin o de bajas emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y con me-

nores residuos contaminantes, soportados en fuentes renovables, tanto por las implicaciones medioambientales como por el hecho de que la energía que se genera a través de fuentes renovables (agua, sol, viento) tiene un menor costo, por la simple razón de que las centrales renovables no necesitan comprar combustibles; dado el incremento del precio de los hidrocarburos a nivel global, por diversas razones, los países que no cuentan con tales recursos se enfrentan a un reto aún mayor.

Podría parecer que el problema de la transición energética, es decir, el cambio estructural a largo plazo de los sistemas energéticos a sistemas que permitan mayor utilización de fuentes de energía renovables se limitaría a decidir cuántos parques eólicos y granjas solares se deben construir y qué plantas de combustión deben cerrarse. Sin embargo, la solución no es tan sencilla, debido a que las plantas renovables producen electricidad de forma intermitente y buena parte de la demanda es inflexible.

Por lo tanto, aun cuando lográramos generar toda la energía que la humanidad necesita con fuentes renovables, sería indispensable contar con centrales complementarias y de respaldo de combustión, pues además de necesitar energía sustentable y limpia, necesitamos energía segura y con sistemas resilientes ante cualquier adversidad política, social o hidrometeorológica que aseguren la continuidad del suministro eléctrico.

Es por esto, que la transición energética, no significa dejar de contaminar a como dé lugar, significa ir transitando a sistemas eléctricos más sustentables y de menores emisiones, para ello, se han planteado numerosas estrategias como son la mayor utilización de centrales de generación que contribuyan a la descarbonización como son las micro hidroeléctricas, las de bio-generación, el uso del hidrógeno y

el amoníaco como energéticos e ir aumentando la generación distribuida<sup>1</sup> en los lugares en dónde maximice la eficacia energética.

Además de cambiar la estructura de los grandes sistemas eléctricos para hacerlos más sustentables, para realizar la transición energética, es indispensable que las sociedades vayan implementando estrategias para ir reduciendo su consumo o consumir de mejor manera, en algunos sectores específicos como el transporte se pueden ir incorporando tecnologías más limpias y la digitalización de las redes eléctricas permite gestionar la oferta y la demanda, a través de tecnologías de operación y supervisión remota, que a su vez proporcionan información en tiempo real para que los clientes puedan ajustar su consumo óptimamente.

De esta forma, la transición energética exige tomar muchas decisiones en un contexto de gran incertidumbre sobre las soluciones técnicas y tecnológicas concretas que permitirán asegurar el suministro óptimo al mínimo costo, pero ¿quién se encargará de realizar la transición energética?, recordemos que muchos países han puesto en manos de los privados sus sistemas eléctricos, otros han conservado su rectoría a través de empresas públicas y en algunos casos lo público y lo privado conviven tratando de acordar soluciones.

De esta manera el costo de la transición energética dependerá fundamentalmente de quién tome las decisiones y de los intereses que se prioricen, recordemos que las empresas privadas de generación no invertirán en tecnologías a menos de que tengan aseguradas sus ganancias, pues buscar su beneficio es su razón de existir.

<sup>1</sup> La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE), define a la generación distribuida como: la generación de energía eléctrica a pequeña escala cercana a la carga, mediante el empleo de tecnologías eficientes, destacando la cogeneración, con la cual se maximiza el uso de los combustibles utilizados.

En contraposición, muchos gobiernos han formalizado acuerdos y adquirido obligaciones de reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y generar más energías limpias, pero no todos cuentan con empresas públicas o tienen la posibilidad de dirigir directamente la transición, entonces... ¿Quiénes son los responsables de realizar la transición energética? y ¿cómo debe participar el Estado en dicha transición?

El presente trabajo expone brevemente el estado que guarda la transición energética en los países reconocidos por su avance en el proceso de transición, identificando qué medidas han resultado exitosas para construir sistemas de energía más limpios, sustentables, resilientes y seguros, así mismo, analiza el papel del gobierno mexicano en la transición energética y brinda conclusiones sobre el tema.

## La transición energética a nivel mundial

Aunque la transición energética implica la inclusión de nuevas tecnologías más eficientes, ese es solo uno de los aspectos por atender, pues también requiere de la colaboración de empresas y familias, así como de la reorientación de las políticas públicas, leyes, tasas impositivas, etc., en la materia que conduzcan los esfuerzos de todos los implicados.

Algunos países han optado por legislar para modificar la estructura de generación de sus sistemas, reequilibrar la demanda con respecto a la oferta, transitar de la generación centralizada a la distribuida o han adoptado medidas de ahorro de energía en sectores específicos como el transporte o a nivel residencial, mientras que para otros lo principal es democratizar la energía, es decir convertir a los consumidores en productores de energía, todo depende de las aspiraciones que tenga cada país y de sus recursos disponibles.

Según el informe *Fostering Effective Energy Transition*, del Foro Económico Mundial, en su edición del 2021, de los 115 países que incluyó la comparación, 92 países han progresado en su transición energética (*Energiewende*) en los últimos 10 años, pero solo 68 han mejorado sus puntajes en más de dos puntos porcentuales y solo 13 han logrado una mejora sustancial en el rendimiento de sus sistemas eléctricos y en su preparación para la transición.

El ranking *Energy Transition Index* (ETI) publicado como parte del mismo informe, mide el progreso en la transición energética en cada país y que tan propicias son las condiciones de su entorno para la transición, incluyendo en su análisis aspectos como el compromiso político, una estructura regulatoria flexible, un entorno empresarial estable, incentivos para la inversión y la innovación, conciencia del consumidor y la adopción de nuevas tecnologías.

Los primeros 10 lugares del ETI los ocupan: 1) Suecia, 2) Noruega, 3) Dinamarca, 4) Suiza, 5) Austria, 6) Finlandia, 7) Reino Unido, 8) Nueva Zelanda, 9) Francia e 10) Islandia, según el informe, estos países han logrado avances significativos debido al compromiso político e importantes inversiones económicas, sin embargo, estos 10 países apenas representan el 3% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en la quema de combustibles y solo 25 países de la lista han alcanzado lo que se conoce como el triángulo energético, cuyos vértices son: la seguridad, la competitividad y la sostenibilidad en sus sistemas eléctricos.

De entre el resto de los países incluidos en el ranking, destacan por su posición y vínculo o referencia con México las posiciones: 13) Uruguay, siendo el primero en la lista del continente americano, 18) Alemania, 21) Singapur, 22) Canadá, 24) EUA, 30) Brasil, 34) Chile, 37) Japón, 39) Malasia, 42) Perú, 46) México, 47) Argentina, 63) Turquía y 68) China.

Los principales resultados del estudio señalan que los países de altos ingresos están progresando más en la sostenibilidad ambiental en relación con el resto del mundo, pero entre las 10 economías más grandes del mundo, solo el Reino Unido y Francia figuran en los primeros 10 lugares del ETI; los grandes centros de demanda emergentes, como China e India han experimentado fuertes mejoras y la velocidad de la transición energética es rápida, sin embargo, persisten grandes brechas.

El avance de la transición energética deviene no solo de la capacidad de los países para invertir en centrales de generación más limpias o con mejores tecnologías, los avances son el resultado de la abundancia o carencia de determinadas fuentes de energía, de las condiciones geopolíticas que prevalecen en sus sistemas eléctricos, de alguna catástrofe o conflicto bélico en la región, de la voluntad política para implementar acciones y para dar respuesta a las exigencias y presiones ciudadanas que presionan o impulsan la transición.

De esta manera, la transición energética se desarrolla a diferentes ritmos y derivado de diferentes circunstancias en cada país, a continuación, se presentan algunos casos ilustrativos de la complejidad que tiene cada proceso de transición:

Austria emprendió la transición energética debido a que las condiciones geográficas del país le son favorables, su producción energética depende en gran medida de las energías renovables, en particular de la energía hidroeléctrica, si bien este tipo de generación tiene cierto grado de intermitencia derivado de las condiciones hidrometeorológicas como la sequía o disminución de precipitaciones, el proceso de generación es suficientemente flexible debido a sus posibilidades de almacenamiento de energía potencial en sus presas, alcanzando buenos estándares de confiabilidad en los sis-

temas eléctricos austriacos y europeos a los que abastece este sistema.

La austriaca Verbund A.G. tiene una participación estatal del 51%, cubre alrededor del 40% de la demanda de electricidad en Austria y genera el 90% de la misma a partir de energía hidroeléctrica<sup>2</sup>, aunado a ello el parlamento austriaco expidió en 2021 la Ley de Expansión de Energías Renovables “Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz” que espera adelantar su objetivo de transición energética y conseguir que el 100% de la electricidad generada en 2030 sea verde, así como atraer la inversión en energías renovables de largo plazo a través de diversas reformas legales y administrativas.

Dinamarca por su parte, como país dependiente de las importaciones de petróleo, se vio forzado a explorar otras fuentes de generación de energía, en el país tuvieron lugar serios debates públicos sobre la construcción de centrales nucleares para diversificar el suministro de energía, resolviendo en 1985 la prohibición de la construcción de centrales nucleares y optando por generar principalmente mediante energía eólica marina.

Este país ha aprovechado los fuertes vientos de las zonas de alta mar, cuya capacidad es mayor dentro del océano por la posibilidad de expandir su instalación en el territorio marino y por qué su colocación es menos controvertida que la terrestre, debido a su menor impacto en las personas y en el paisaje. La participación de las energías renovables en el mix de generación danés fue del 86,4% en 2020<sup>3</sup>.

El gobierno de Dinamarca continúa jugando un papel importante en la generación, pues posee el 50.1% de las acciones de la empresa Orsted AS, la principal empresa de energía eléctrica en el país, quien ha anunciado que mantendrá la mayoría accionaria en la empresa hasta 2025, sin embargo, la reducción de la propiedad por debajo del 50% requiere del acuerdo político de los partidos daneses<sup>4</sup>.

Dinamarca tiene el objetivo de aumentar la participación de la energía verde en su mix energético e incrementar gradualmente la participación de la energía renovable hasta llegar al 100% en los sectores de generación de energía y transporte para 2050<sup>5</sup>, además ha incluido los principios a largo plazo que integran la política energética del país; su política destaca por la presión que el gobierno ejerce a sus ciudadanos para modificar su forma de consumo, imponiendo impuestos a la utilización de combustibles fósiles.

Además, mediante el “Acuerdo Energético de Dinamarca”, de marzo de 2012, el Ministerio de Clima, Energía y Construcción, prohibió a sus habitantes, a partir de 2013, la instalación de calefacción a gas o a petróleo en edificios nuevos y a partir de 2016, se extendió la prohibición a los edificios ya existentes, con esta medida se espera reducir el uso de combustibles fósiles y cumplir el pronóstico del ministerio de que el país sea completamente independiente del petróleo y del gas natural para 2050.

report/europe-renewable-energy-government-regulation-policy-analysis/

2 VERBUND A.G. “Centrales eléctricas en VERBUND: sol, viento e hidroelectricidad” obtenido el 1 abril de 2022, en [https://www-verbund-com.translate.google.de-at/ueber-verbund/kraftwerke?\\_x\\_tr\\_sl=de&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es-419&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-verbund-com.translate.google.de-at/ueber-verbund/kraftwerke?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc)

3 GlobalData “Manual de política de energías renovables de Europa 2022, actualización” obtenido el 4 de abril de 2022 de <https://store.globaldata.com/>

4 Danish Energy Agency. “Evaluación de los riesgos para los accionistas de la planta de energía a carbón propuesta de 1500 MW cerca de Greifswald, Alemania” obtenido el 10 abril de [www.ens.dk](http://www.ens.dk)

5 Banco Mundial. “Perspectivas del mercado de energía de Dinamarca hasta 2030, actualización de 2021” obtenido el 12 de abril de 2012, de <https://datos.bancomundial.org/pais/dinamarca>

En Francia el Estado posee el 83,77% de Électricité de France S.A. (EDF) y el resto de su propiedad se reparte entre inversores institucionales, empleados y pequeños accionistas, esta enorme empresa de generación produce 117% su nivel de consumo, exporta energía a varios países de Europa y realiza operaciones en América y Asia<sup>6</sup>, genera electricidad principalmente a través de centrales nucleoelectricas, por lo que el 95% de su producción es considerada baja en emisiones.

No obstante, el objetivo del gobierno francés es reducir el porcentaje de energía nuclear a la mitad para el 2035, cuyo consumo nacional actual es del 77%, este objetivo obedece al reconocimiento de que la energía nuclear es baja en emisiones, pero no es del todo verde, pues genera residuos radioactivos, además la preocupación por la seguridad de las plantas hizo que varios países europeos se unieran a la tendencia mundial de cerrar centrales nucleares después del accidente de Fukushima.

Alemania al igual que Francia, buscan disminuir las plantas de generación nucleoelectricas y terminar con la dependencia de los combustibles fósiles, sin embargo, el caso alemán ha sido un poco más complicado, pues las dos principales empresas generadoras son privadas RWE AG y E.ON, las cuales se encuentran dentro de las mayores compañías eléctricas del mundo<sup>7</sup> y al 2021, según el Instituto Nacional de Estadística de Alemania continuaron generando el 51.4% de energía en el país mediante fuentes no renovables<sup>8</sup>.

6 Datos mundial "Gestión de energía en Francia" obtenido el 31 de marzo de 2022 de <https://www.datosmundial.com/europa/francia/balance-energetico.php>

7 Statista Research Department. "Facturación de las principales eléctricas a nivel mundial 2021" obtenido el 31 de marzo de 2022 de <https://es.statista.com/estadisticas/635764/ventas-de-las-principales-electricas-a-nivel-mundial/>

8 Instituto Nacional de Estadística de Alemania - Statistisches Bundesamt

Este caso es relevante debido a la particular forma en como el gobierno alemán en conjunto con sus ciudadanos han sido capaces de dirigir con una buena tasa de éxito su transición, en los últimos años algunas de sus ciudades han creado sus propias empresas energéticas las cuales suministran el fluido eléctrico a dos terceras partes de los hogares, las grandes empresas de energía tienen una participación desproporcionadamente pequeña en el mercado de las energías renovables, se crearon cooperativas de energía y se realizaron esfuerzos para descentralizar el control y las ganancias.

Los objetivos específicos en materia energética de la cuarta potencia mundial se establecen en el Programa de Protección del Clima del Gobierno Alemán, aprobado a fines de 2019 y actualizado en 2021, teniendo como meta reducir en un 65% las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990 para 2030, entre las acciones directas al consumo se iniciaron programas gubernamentales para la modernización energética de edificios antiguos, además de un continuo impulso a la investigación y desarrollo en materia de eficiencia energética en el cual colaboran asociaciones empresariales, grupos de la sociedad civil, los estados federados y representantes de la comunidad científica, analizando las formas de reducir el consumo a la mitad para el 2050.

Un aspecto trascendental de la energía eléctrica en Alemania es el hecho de que su precio se encuentra dentro de los más altos del mundo, ocupando el primer lugar en repetidas ocasiones e imponiendo récords históricos<sup>9</sup>, en respuesta a ello el gobierno estableció en la Ley de Energías Renovables (EEG) un modelo visto como innovador a nivel mundial, pues su ob-

9 Statista. Precio de la electricidad en determinados países del mundo en 2020 (en dólares por kilovatio hora) disponible en <https://es.statista.com/estadisticas/635212/precios-de-la-electricidad-en-determinados-paises/>



jetivo es asegurar que la energía permaneciera pagable y segura para los ciudadanos.

Japón por su parte dio un giro inesperado a sus planes para la transición energética, a partir del desastre nuclear de Fukushima, el país trató de compensar su mix energético basado en energía nuclear poniendo en operación centrales térmicas, lo que lo obligó a importar más petróleo y gas, no obstante la generación nuclear continúa siendo muy importante en el país, la situación se agrava debido a que muchos reactores están próximos a cumplir su vida útil (40 años) y si no se construyen centrales que las replacen o se extiende la vida útil de las existentes, se calcula que para 2050 no quedarán reactores operativos suficientes para abastecer la demanda<sup>10</sup>.

El poco territorio con el que cuentan Japón le hace más difícil diversificar sus fuentes de generación de energía, algunos proyectos solares se instalan sobre lagos, embalses o sobre los cultivos, se exploran asiduamente la generación eólica marina para utilizar la extensión de sus litorales, así como el uso del hidrógeno, pero la utilización de estas tecnologías a gran escala en el país aún no son una realidad.

Su estrategia de diversificación energética trata de compensar la posible escasez de alguna de sus fuentes de energía, manteniendo variadas las fuentes de su generación, utilizando centrales de combustión, nucleares y renovables y tratando de utilizar el hidrógeno en el sector transporte, pese a ello, el precio del servicio eléctrico en Japón continúa siendo elevado, ocupado la 8° posición a nivel mundial<sup>11</sup>, debido a su dependencia de la importación de energéticos.

10 María F. Casado. “La transición energética de Japón una década después de Fukushima” obtenida el 12 de marzo de 2021 de <https://www.esglobal.org/la-transicion-energetica-de-japon-una-decada-despues-de-fukushima/>

11 Ídem. 9

Además, continúan existiendo severos obstáculos para las renovables en Japón, como la inestabilidad de suministro, los retos tecnológicos que plantea su almacenamiento y la realidad de que su costo de implementar estas tecnologías continúa siendo alto, es por ello que el plan aprobado por el gobierno japonés en octubre de 2021 es reservado, las energías renovables deberían representar entre el 22% y el 24% de las fuentes de generación en el 2030, para conseguirlo se está impulsando la inversión y la competitividad en el sector sobre todo de energías renovables.

Otro caso indispensable de subrayar es el de Estados Unidos, dado que resulta difícil pensar que esta nación se tomará en serio la transición energética, pues a nivel mundial es el 1° productor de petróleo, el 3° de carbón y el 1° de gas natural, la bendición de su enorme riqueza natural ha permitido su desarrollo y ha provocado la envidia de toda Europa, si decidiera renunciar a los combustibles fósiles estaría abandonando una de sus ventajas competitivas en la economía mundial, es por ello que el presidente Donald Trump privilegiaba la inversión en energías fósiles mediante el uso de la tecnología de fracking para la explotación de hidrocarburos.

No obstante, esta nación se ha sumado a los esfuerzos globales de transición, estableciendo como objetivos lograr “emisiones cero” en la generación eléctrica de EUA para 2035 y en el conjunto de la economía en 2050, esta última fecha se sitúa en el punto medio entre los objetivos de la Unión Europea, 2035, y los de China, 2060, además el presidente Joe Biden firmó en enero de 2021 una orden ejecutiva con la que su país se unió nuevamente al Acuerdo de París.

Para conseguir “emisiones cero”, EUA busca disminuir las emisiones por medio de la inversión pública, mediante la creciente flota de vehículos eléctricos y al reemplazo del petró-



leo crudo por gas natural como materia prima para el sector petroquímico, lo anterior hace a pensar que esta nación ha decidido sumarse a la transición principalmente en aquellos sectores que puedan representarle la creación de nuevos mercados y fuentes de ingreso.

La utilización del gas natural como energético sin duda es un buen paso para la disminución de emisiones, pues de entre los combustibles fósiles es el más limpio, pero eso no significa que su combustión no genere contaminantes, en mi opinión, aunque sus planes parecen solidarios, buscan en primera instancia tomar ventaja en el nuevo orden hegemónico que plantea la transición energética, apostando a reducir emisiones en industrias en donde le resulte cómodo y utilizando el combustible que tiene en abundancia (gas natural), antes de verse presionados a disminuir sus emisiones en todos los rubros.

En EUA aproximadamente una mezcla de 700 compañías privadas y agencias públicas se encargan de la generación eléctrica, el mix de generación de electricidad de Estados Unidos se compone de la siguiente manera: renovables 17%, petróleo 1%, nuclear 20%, carbón 30% y gas natural 32%<sup>12</sup>, es decir que al 83% de su generación continúa utilizando principalmente hidrocarburos y la transición a la utilización de fuentes renovables será paulatina y sin causar estragos a otros sectores, decisión beneficiosa para los intereses su población.

En la otra cara de la moneda se encuentra España, quien privatizó a su empresa pública Endesa bajo el requisito y la presión de entrar a la Unión Europea y trató de conservar una ínfima parte de capital público que sirviera como herramienta financiera para condicionar las decisiones que se tomaban en su con-

sejo administrativo, condición que quedó sin efecto cuando la empresa fue adquirida por la compañía pública italiana Enel.

El petróleo y el gas natural siguen siendo vitales para la economía española pues representan alrededor del 55.4% de sus fuentes de energía, recursos de los cuales no dispone y la hacen depender de las importaciones; las energías renovables representaron el 44.6% de la producción en el 2021, de la cual 23.3% se generó a través de fuentes de energía eólica, complementada en 11.4% por la hidráulica y 8.1% por fotovoltaica<sup>13</sup>.

Pero más allá del origen de la electricidad generada, uno de los temas que más preocupan a los hogares españoles es el precio de la electricidad, las tarifas del sistema eléctrico en España han aumentado hasta superar los 250 euros por megavatio-hora incluyéndolo entre los primeros diez más caros del mundo, que a su vez ha contribuido a que la inflación en el país haya alcanzado la cifra más elevada en casi tres décadas.

La dependencia de la importaciones de hidrocarburos, la volatilidad del mercado, problemas de abastecimiento, inseguridad de suministro, retraso de la certificación para el gasoducto ruso por parte de Alemania, cierre del gasoducto entre Argelia y Marruecos, la voracidad de los fondos de inversión en el mercado del CO<sub>2</sub>, el conflicto entre Rusia y Ucrania y un montón de obstáculos que han golpeado a toda la región europea, pero que impactan con especial fuerza a España, le ha propinado una de las crisis más severas del sector, esto ha dado pauta a que los ciudadanos españoles se replanteen la conveniencia de volver a integrar una empresa pública que vele por los intereses sociales.

12 Energía. “Energía en Estados Unidos, México y Canadá” obtenido el 4 de abril de 2022 de <https://www.efenergia.com/legislacion-eficiencia-energetica/norteamerica>

13 Statista. “Distribución porcentual de la generación de energía eléctrica en España en 2021, por tipo”. <https://es.statista.com/estadisticas/993747/porcentaje-de-la-produccion-de-energia-electrica-por-fuentes-energeticas-en-espana/>

## El papel de las Empresas Públicas en la Transición Energética

Las exigencias de la transición energética han revalorizado el papel de las empresas públicas, la OCDE en su estudio “Invertir en el clima, invertir en el crecimiento”, señala que *“el papel del sector público es fundamental para velar por que las inversiones en infraestructuras sean coherentes con el objetivo de mejorar la resiliencia a los impactos económicos y climáticos, y también para estimular, mediante la creación de condiciones favorables, la inversión del sector privado en adaptación”*.

Las empresas de energía con participación estatal, existen en numerosos países y constituyen una herramienta poderosa para resolver problemas de escasez, falta de inversiones o descontrol de los precios, cabe recordar que Francia, Estados Unidos<sup>14</sup>, Holanda, Suecia, Australia, Italia, Suiza, Japón e incluso México cuentan con empresas públicas de generación que se encargan de suministrar en mayor o menor proporción energía, pero que a final de cuentas tienen la posibilidad de incidir directamente en las prioridades de su país.

Los países antes mencionados se encuentran considerados como países líderes en el ranking ETI, debido a que han progresado en su transición, su sistema energético tiene un buen desempeño y se encuentran preparados para continuar con la transición, al contar con una empresa pública los gobiernos han conservado cierta rectoría o intervención estratégica dentro de sus sistemas eléctricos que les brinda mayor margen de maniobra para el despliegue de soluciones.

Las empresas públicas en el sector de la energía nacen ante necesidades concretas que el sector privado no podía resolver, que son: organizar la oferta basándose en principios técnicos y económicos que permitan a la población en general acceder al crecimiento, a la modernidad y a mejores condiciones de vida, bajo estos principios, las empresas públicas o semipúblicas pueden influir o acelerar la transición energética con mayor ahínco y con una visión más incluyente que las empresas privadas cuyo principal objetivo es lucro.

Que los países cuenten con empresas públicas capaces de incidir en sus sistemas eléctricos para cumplir los objetivos de transición, es más importante hoy en día, ya que muchos gobiernos han asumido compromisos internacionales para la reducción de emisiones y generación con energías renovables, y que además mantienen el compromiso de garantizar el suministro energético constante y confiable a un precio asequible.

En ese sentido, una transición energética efectiva, es definida como “una transición oportuna hacia un sistema energético más inclusivo, sostenible, asequible y seguro que proporcione soluciones a los desafíos globales relacionados con la energía, al mismo tiempo que crea valor para las empresas y la sociedad, sin comprometer el equilibrio del triángulo energético”<sup>15</sup> tarea que de manera natural buscan realizar las empresas públicas o semi públicas conforme a su mandato.

Ahora bien, en el mundo globalizado en el que vivimos y dada la integración de algunas regiones en del planeta, perseguir un triángulo energético equilibrado en el largo plazo, precisa de políticas e instrumentos apropiados,

14 TENNESSEE VALLEY AUTHORITY es una agencia de corte intervencionista (*New Deal*) que genera energía eléctrica y controla una región de EUA que abarca siete estados.

15 Informe Fostering Effective Energy Transition, del Foro Económico Mundial, en su edición del 2021. Obtenido el 13 abril de 2022 de <https://es.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2021>

así como sincronizar los esfuerzos entre países, el Acuerdo de París en 2015, el Pacto Verde Europeo del 2019 y el modelo de subasta climática del Banco Mundial, son ejemplo, de esfuerzos conjuntos, sin embargo la realidad de cada nación y los intereses de sus ciudadanos es lo que debe buscar en primera instancia cada gobierno.

El costo de no tomar en serio las metas de transición puede ser alto, pero más alto puede resultar el costo de realizar una transición poco distributiva en un ambiente de desigualdad de ingresos creciente que no se ajuste a la realidad del país, pues puede provocar mayor desigualdad y pobreza, las políticas públicas deben priorizar el desarrollo económico, buenas condiciones laborales y el bienestar social en general a medida que los países cambian a sistemas de energía con bajas emisiones de carbono.

Según el informe *Fostering Effective Energy Transition*, en casi todos los países incluido México, el grupo de ingresos del 10% superior consume 20 veces más energía que el 10% inferior y asegura que abordar las desigualdades en el acceso a la energía es un mecanismo importante para garantizar la resiliencia de la transición energética.

La resiliencia energética entendida como la estrategia diseñada para asegurar el suministro estable de energía y proteger de la interrupción a las operaciones comerciales y al bien público, debe buscar la sostenibilidad en dos espectros debe ser más sostenible y debe producir menos desigualdad, las medidas más comunes para evitar la disparidad de ingresos y oportunidades son: las transferencias fiscales y protección social a los menos favorecidos y capacitación para apoyar a las comunidades afectadas de la transición energética a insertarse en las nuevas formas de producción de energía.

La instalación de centrales de generación con fuentes renovables puede crear nuevos puestos de trabajo, pero si no se incluye a la mano de obra local y se vigilan los intereses regionales, su inclusión puede crear más problemas de los que resuelva, sobre todo en países en desarrollo en donde las tecnologías son implementadas por empresas extranjeras y los marcos legales no protegen los intereses sociales.

Se han dado casos en donde empresas extranjeras compran el terreno para la instalación de aerogeneradores a precios irrisorios a los nativos y pagan sueldos mínimos a los trabajadores locales quienes realizan principalmente trabajos poco calificados, mientras a sus empleados extranjeros se les pagan sueldos del primer mundo, además a la comunidad no se le integra en la cadena de valor, lo que los hace dependientes permanentes de la importación de refacciones y de la contratación de personal capacitado para las reparaciones y mantenimientos futuros<sup>16</sup>.

Es por lo anterior, que los programas sociales enfocados para la reconversión y rehabilitación de trabajadores de combustibles fósiles, e inversión en el desarrollo de cadenas de valor bajas en carbono a nivel local, son fundamentales para que la transición energética resulte beneficiosa y logre integrarse completamente a la economía regional.

Para los sectores que requieren un mayor volumen de energía para funcionar, como las industrias o el transporte pesados, la colaboración entre los sectores público y privado es vital para que los precios de la energía les permitan ser competitivos, a la vez que se colabore en transitar a opciones con menos emisiones, que por el volumen de su consumo costo/beneficio resulta optimo invertir en la inclusión de nuevas tecnologías.

16 Ver. Mendez Florian & Vargas Tellez “*The quest for social acceptance and support of wind farms in Oaxaca, México*”. Harvard Kennedy. School. March 2017.

## La Transición Energética en México

México es un país que posee una gran variedad de recursos naturales, incluyendo aquellos que favorecen la generación de energía eléctrica, es el 11° país productor de petróleo a nivel mundial, cuenta con reservas carboníferas en los Estados de Coahuila, Sonora y Oaxaca, cuya producción obedece a la demanda interna y se reconocen abundantes yacimientos en su territorio, el potencial solar del país es de los más altos a nivel mundial, cuenta con recursos hídricos suficientes y adecuadamente distribuidos, cuenta once

zonas de alta calidad de potencial eólico y su capacidad instalada de energía geotérmica es la 5° a nivel mundial después de Estados Unidos, Filipinas, Indonesia y Nueva Zelanda.

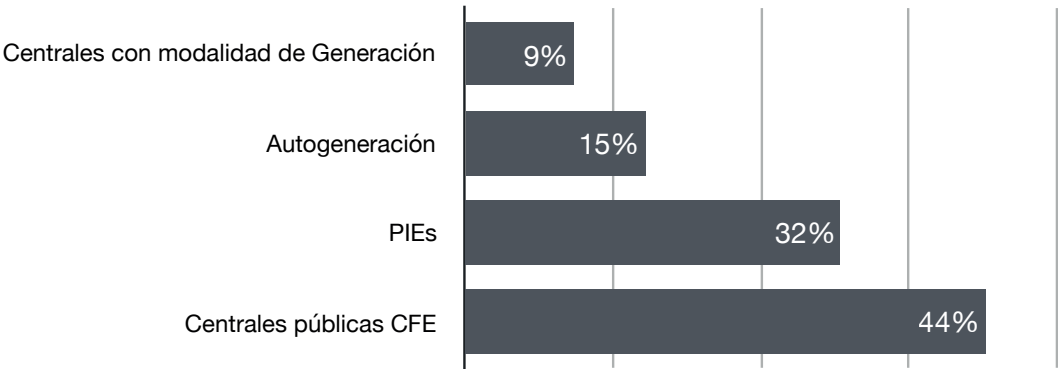
La generación eléctrica del sistema eléctrico mexicano, en promedio generó entre 2018 y 2020 el 79.5% mediante fuentes consideradas limpias y 20.5% mediante carbón, combustóleo, diésel, coque de petróleo y gas licuado, entre otros combustibles tradicionales, como a continuación se muestra en la Cuadro. 1.

**Cuadro 1. Generación de energía eléctrica en México Por tipo de tecnología (petajoules)**

	2018		2019		2020	
Total, Nacional	2992.713	100%	2936.40015	100%	2305.22373	100%
Carbón mineral	316.763	11%	350.429	12%	164.096355	7%
Combustóleo	268.517	9%	252.005	9%	137.693068	6%
Diesel	40.208	1%	50.483	2%	24.322593	1%
Coque de petróleo	38.036	1%	34.33	1%	37.84069	2%
Gas licuado	3.662	0%	0.36	0%	0	0%
Otros	0	0%	1.555	0%	2.179649	0%
Total, fuentes tradicionales	667.186	22%	689.162	23%	366.132355	16%
Gas natural	1813.376	61%	1759.446	60%	1438.99446	62%
Hidroenergía	116.948	4%	84.989	3%	96.966872	4%
Energía eólica, solar y biogás	61.41	2%	89.534154	3%	107.47973	5%
Nucleoenergía	156.003	5%	124.817	4%	125.621194	5%
Geoenergía	113.185	4%	112.883	4%	112.208145	5%
Bagazo de caña	64.605	2%	75.569	3%	57.820972	3%
Total, fuentes Limpias	2325.527	78%	2247.23815	77%	1939.09137	84%

Fuente: elaboración propia con datos de SENER. Sistema de Información energética Balance Nacional de Energía: Consumo de energía para generación eléctrica en el sistema eléctrico nacional.

**Gráfica 1** % Participación por modalidad en la Generación Eléctrica Nacional en México 2020



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía (SENER). Sistema de Información energética Balance Nacional de Energía: Consumo de energía para generación eléctrica en el sistema eléctrico nacional. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE6C04>

El sector eléctrico en México se considera estratégico para la soberanía nacional, es de propiedad Federal y la empresa pública que controla esencialmente al sector es la Comisión Federal de Electricidad (CFE), las centrales privadas también pueden participar en la generación a través varias modalidades, las más importantes son: Generador, Central Eléctrica Legada, Central Externa Legada, Autoabastecimiento, Cogeneración y Pequeña Producción<sup>17</sup>.

17 La SENER identifica que cada modalidad de generación incluye a las centrales que se indican en cada caso; Generador: permiso otorgado al amparo de la LIE para generar electricidad en centrales eléctricas con una capacidad mayor a 0.5 MW, o bien, contrato de Participante del Mercado para representar en el MEM a estas centrales o, con autorización de la CRE, a centrales ubicadas en el extranjero; Central Eléctrica Legada: central eléctrica propiedad de CFE que no se incluye en un permiso para generar energía eléctrica, se encuentra en condiciones de operación, o su construcción y entrega se incluye en el PEF en la modalidad de inversión directa; Central Externa Legada: central eléctrica que se incluye en un permiso para generar energía eléctrica bajo la modalidad de producción independiente, o su construcción y operación

Como puede observarse en la gráfica 1, las centrales públicas de la CFE son quienes aportan la mayor cantidad de energía al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), seguido de los Productores Independientes de Energía (PIEs) quienes generan electricidad a cuenta y orden de la CFE, en la tercera posición se encuentra el Autoabastecimiento, que son centrales de empresas o sociedades que generan para sí mismas y que pagan a la CFE por el uso de sus redes de transmisión y distribución, por último se encuentran las Centrales con modalidad de Generación que incluyen a los generadores privados que cuentan con permiso otorgado al amparo de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), con un contrato para participar en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) o con una autorización de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

se incluye en el PEF en la modalidad de inversión condicionada; Autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, importación, exportación y usos propios continuos: permisos y contratos otorgados o tramitados al amparo de la LSPEE.

Las centrales de generación públicas propiedad de la CFE en el 2020, fueron las principales generadoras produciendo el 44% del total nacional, los PIEs que generan bajo la rectoría directa de la CFE, produjeron el 31.7%, lo que indica que la empresa pública mantiene una cuota de generación importante en el total nacional, en lo que respecta a la energía limpia que el país produce, es necesario advertir que los términos “energías limpias” y “energías renovables” no son sinónimos.

La normatividad que establece cuales son las energías consideradas como limpias en México es la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), la cual define a las energías limpias como aquellas que usan fuentes que no rebasen el umbral de emisiones o residuos establecido en las disposiciones reglamentarias del artículo 3, fracción XXII de la propia LIE, cabe resaltar que dicha fracción incluye como energías limpias, las generadas en plantas de gas natural que generen con los márgenes de eficiencia establecidos y a las centrales nucleoelectricas.

Las Energías Renovables, conforme a la Ley de Transición Energética (LTE), son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes, como son, el viento la radiación solar, el movimiento del agua, la energía oceánica, el calor geotérmico y los bioenergéticos.

Conforme a esta clasificación, en el cuadro 2, podemos observar la cuota de energías generadas con fuentes tradicionales, incluyendo diésel, combustóleo, carbón, coque de petróleo, gas licuado, gas seco y otros hidrocarburos; y la cuota de energías limpias, incluyendo la producción de centrales de gas natural, hidroeléctricas, geotérmicas, eólicas, solares, biogás y que producen con gajazo de caña; además se identifican por separado, la proporción de energías renovables dentro de las energías limpias, producidas por cada tipo de generador.

**Cuadro 2.** *Energía producida en México durante el 2020, por tipo de generador y fuente (Petajoules)*

Tipo de Generación	Participación en la Generación Nacional	Tradicionales	Limpias	Renovables
Centrales Públicas (CFE)	44.0%	31.4%	68.6%	19.9%
PIEs	31.7%	0.4%	99.6%	1.5%
Autogeneración	15.2%	12.3%	87.7%	29.3%
Centrales mod. Generación	9.1%	71.7%	28.3%	28.3%

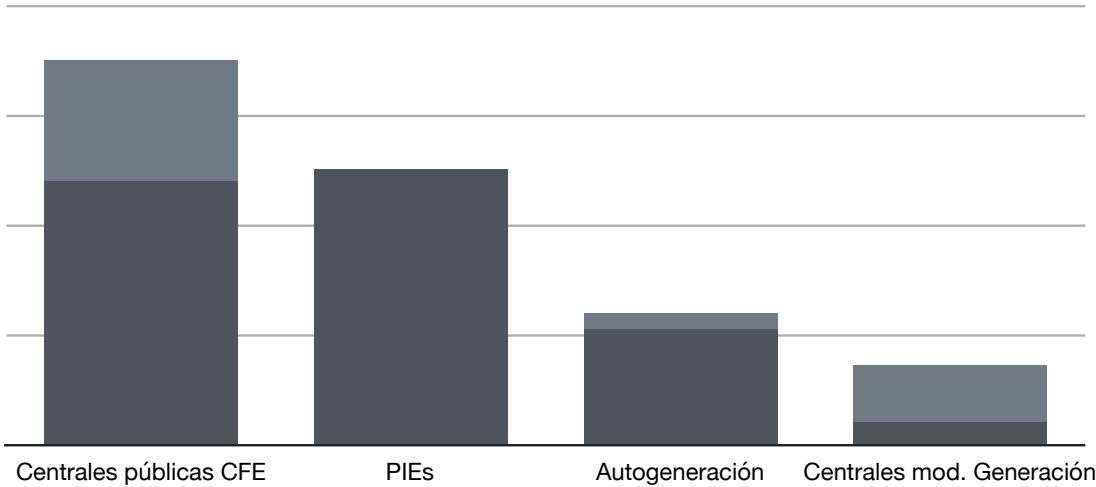
Fuente: elaboración propia con datos de la SENER. Sistema de Información energética Balance Nacional de Energía: Consumo de energía para generación eléctrica en el sistema eléctrico nacional. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE6C04>



Como se puede observar, las centrales de los PIEs, principalmente generan con gas natural (98%), que como ya se ha indicado es el hidrocarburo que genera menos emisiones y en muchas legislaciones incluyendo la mexicana es considerada energía limpia, sin embargo organizaciones pro ambientalistas como Greenpeace advierten que esta categoría es una “trampa para simular que se cumple con los acuerdos internacionales”, pues a final de cuentas produce emisiones contaminantes, en mi opinión, su utilización puede ser una solución temporal e intermedia para reducir las emisiones de CO2.

Las centrales gestionadas directamente por privados, ya sea en la modalidad de Autogeneración o con permisos de Generador, en comparación con las centrales públicas son menos verdes, pues la proporción de energía generada con fuentes Tradicionales vs. Limpias es menor, cuando se compara con el total nacional, como se aprecia en la gráfica 2. Mientras las centras de CFE y de los PIEs producen el 61.8% de las energías limpias, las centrales privadas de autogeneración y permisionarios de generación tan solo producen el 15.9%.

**Gráfica 2** Proporción de energía limpia generada respecto al Total Nacional, por tipo de generador en México durante el 2020

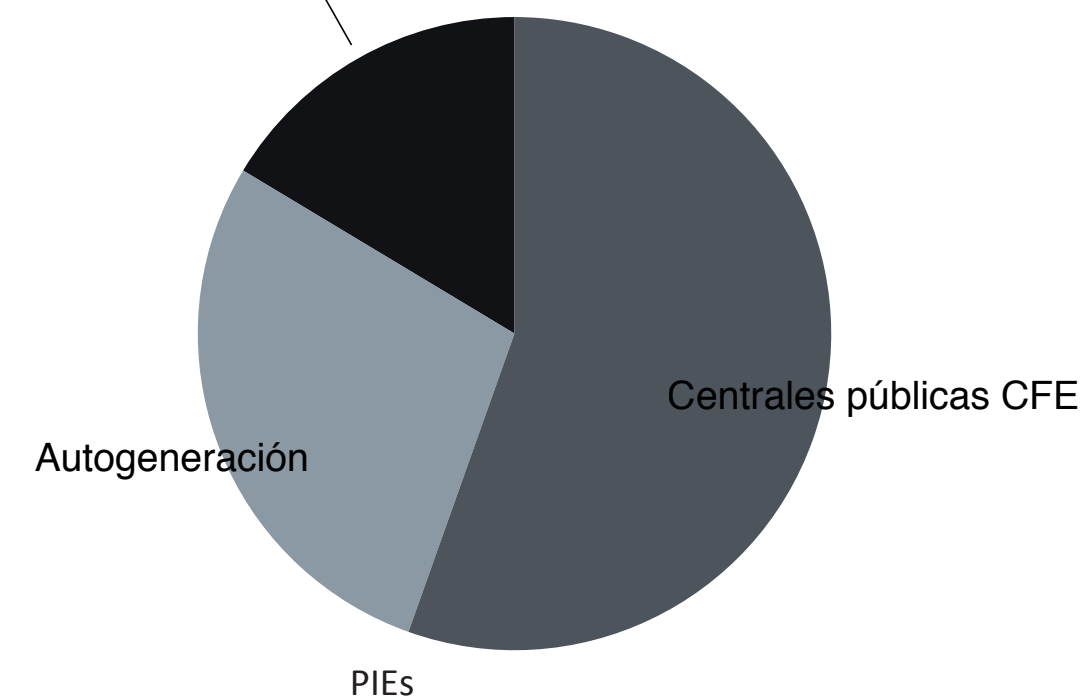


Fuente: elaboración propia con datos de la SENER. Sistema de Información energética Balance Nacional de Energía: Consumo de energía para generación eléctrica en el sistema eléctrico nacional. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE6C04>

**Gráfica 3**

Participación de las energías generadas con Recursos Renovables en el Total Nacional

Centrales mod. Generación



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía (SENER). Sistema de Información energética Balance Nacional de Energía: Consumo de energía para generación eléctrica en el sistema eléctrico nacional. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE6C04>

Así mismo, al analizar el detalle de la energía renovable que produce cada tipo de generador, encontramos que las centrales públicas de CFE son quienes producen la mayor proporción de energías renovables, generando el 9% a nivel nacional, desechando la falsa idea de que la CFE solo genera energías sucias de altas emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que las Centrales privadas de Autogeneración y con modalidad de Generador cuya principal bandera mercadológica es la generación de energía verde generan respectivamente el 3% y el 4% de las energías renovables del total nacional (ver gráfica 3).

Al respecto, para formalizar su compromiso de transición energética a nivel interna-

cional en diciembre de 2015, México firmó el Acuerdo de París mediante el cual varios países se han comprometido a cumplir metas específicas de reducción sus emisiones contaminantes, el compromiso de México es reducir 22% los GEI y 51% del carbono negro<sup>18</sup> para el 2030; en ese mismo año y mes el gobierno mexicano emitió la Ley de Transición Energética (LTE) que establece una participación mínima del 35% de energías limpias en la generación de energía eléctrica para el 2024, con metas intermedias para el período 2018 y 2021.

<sup>18</sup> Comúnmente conocido como hollín, es un material compuesto por diminutas partículas sólidas.

En el 2020 se emitió el “Acuerdo por el que la Secretaría de Energía aprueba y publica la actualización de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, en términos de la LTE”, y se reformó la Ley General de Cambio Climático (LGCC) para actualizar las metas de generación de energía limpia y de reducción de GEI.

Con lo anterior se entiende que México ha establecido metas cuantitativas precisas para la transición energética, las cuales son importantes para definir concretamente las acciones necesarias para la transformación, sin embargo, dicho cambio debe ocuparse también de perseguir la justicia social, es decir, abordando los problemas de equidad, empleo, salud pública, acceso y asequibilidad que devengan con la metamorfosis.

Como ya se ha mencionado el establecimiento de las metas y los resultados de las acciones encaminados a la transición energética obedecen a diversos factores que incluyen los recursos disponibles, la geografía, el clima, la demografía y la estructura económica, México cuenta con variadas fuentes de generación eléctrica lo que le ofrece la posibilidad de transformarse a un ritmo medio que le permita no entorpecer el crecimiento de otros sectores o industrias.

Actualmente el gobierno mexicano en conjunto con la CFE se encuentran promoviendo cambios estructurales que les permitan liderar la transición energética, para establecer políticas públicas adecuadas a las necesidades y realidad del país, es decir, que buscarán alcanzar las metas internacionales no sólo como un compromiso con organismos extranjeros sino fundamentalmente para ofrecer la energía eléctrica lo más limpia posible a los precios más accesibles a los habitantes del país, para cumplir el propósito de la transición energética planeada y justa.

La CFE, anunció en su portal de comunicación externa, que existen varios proyectos para seguir incrementando su generación con fuentes renovables, para ello tiene planeada la construcción de la planta fotovoltaica más grande de Latinoamérica, que también será la octava más grandes del mundo, la cual se instalará en Puerto Peñasco, Sonora, además de que le dará mantenimiento a las plantas hidroeléctricas para que tengan 50 años más de vida y tiene un proyecto de producción de energía a través de hidrógeno verde.

## Conclusiones

La mayoría de los países del mundo se encuentran preocupados por transitar de sistemas de generación eléctrica basados en fuentes fósiles y energía nuclear a sistemas que generen mediante fuentes renovables o que cuando menos generen la mínima cantidad de GEI y desechos posibles, para ello se han realizado esfuerzos internacionales para comprometer a los gobiernos a realizar su transición energética.

Para que ocurra la transfiguración de los sistemas de generación, se requieren inversiones en nuevas tecnologías y un cambio en las políticas públicas que encamine la actuación de las empresas, los entes públicos y los ciudadanos para alcanzar los objetivos de transición energética establecidos.


Dado que las condiciones económicas, políticas, sociales, geográficas y los recursos para la generación de cada país son diferentes, la transición energética mundial tendrá que llevarse a cabo a diferentes ritmos y empleando diferentes estrategias en cada altitud y longitud del globo terráqueo.

Aunado a los objetivos medioambientales, los gobiernos deben poner especial atención en que las medidas adoptadas para realizar la transición energética no afecten a los

demás sectores productivos o el bienestar de sus ciudadanos, algunos casos de éxito de estos esfuerzos son Austria, Dinamarca y Alemania, quienes han logrado importantes avances en la materia sin descuidar el interés público.

Se ha identificado que los países que cuentan con empresas públicas capaces de incidir en la transición energética de los sistemas eléctricos tienen mayores posibilidades de éxito para realizar sus transiciones, vigilando que se cumplan los vértices del triángulo energético: seguridad, competitividad y sostenibilidad, a la vez que se vigila que los precios continúen siendo asequibles para la mayoría.

México se encuentra en un punto de inflexión en la historia del sector, pues está en proceso de realizar cambios estructurales para que su empresa pública de generación, la CFE, pueda liderar la transición energética y continuar siendo el principal generador de energía limpia en el país, a su vez, el gobierno mexicano a través del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) debe organizar la generación para optimizar al SEN, en donde públicos y privados confluyan en la búsqueda de mejores formas de generar energía al mismo tiempo que se vigila la accesibilidad del servicio a toda la población

Para potenciar el esfuerzo que la CFE realiza para fortalecer al sector y transitar a un mix de generación con fuentes totalmente renovables, es necesario incluir estrategias para encaminar los hábitos de los ciudadanos a adoptar hábitos de consumo que abonen a la transición energética, como son las prácticas de ahorro y la micro generación para el autoconsumo. 

## Bibliografía

- Banco Mundial. "Perspectivas del mercado de energía de Dinamarca hasta 2030, actualización de 2021" obtenido el 12 de abril de 2012, de <https://datos.bancomundial.org/pais/dinamarca>
- Consumo de energía para generación eléctrica en el sistema eléctrico nacional.
- Danish Energy Agency. "Evaluación de los riesgos para los accionistas de la planta de energía a carbón propuesta de 1500 MW cerca de Greifswald, Alemania" obtenido el 10 abril de [www.ens.dk](http://www.ens.dk)
- Datos mundial "Gestión de energía en Francia" obtenido el 31 de marzo de 2022 de <https://www.datosmundial.com/europa/francia/balance-energetico.php>
- efEnergía. "Energía en Estados Unidos, México y Canadá" obtenido el 4 de abril de 2022 de <https://www.efenergia.com/legislacion-eficiencia-energetica/norteamerica>
- ESGLOBAL. "Energía y cambio climático" obtenido el 13 abril de 2022 de <https://www.esglobal.org/la-transicion-energetica-de-japon-una-decada-despues-de-fukushima/>
- GlobalData "Manual de política de energías renovables de Europa 2022, actualización" obtenido el 4 de abril de 2022 de <https://store.globaldata.com/report/europe-renewable-energy-government-regulation-policy-analysis/>
- Greenpeace. "El camino de México hacia la justicia energética" obtenido el 13 abril de <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2021/02/d252044e-el-camino-de-mexico-hacia-la-justicia-energetica.pdf>
- informe Fostering Effective Energy Transition, del Foro Económico Mundial, en su edición del 2021. Obtenido el 13 abril de 2022 de <https://es.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2021>

Instituto Nacional de Estadística de Alemania - Statistisches Bundesamt

María F. Casado. “La transición energética de Japón una década después de Fukushima”, marzo 2021.

Newtral. “Las empresas públicas de energía en Europa: del control del Ejecutivo francés al todo privado de Alemania” obtenido el 13 abril de 2022 de <https://www.newtral.es/empresas-publicas-energia-europa/20220227/>

OCDE. “Invertir en el Clima, Invertir en el Crecimiento” obtenido el 13 de abril de 2022 de <https://www.oecd.org/env/cc/g20-climate/una-sintesis-investing-in-climate-investing-in-growth.pdf>

SENER. Sistema de Información energética Balance Nacional de Energía: Consumo de energía para generación eléctrica en el sistema eléctrico nacional. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IE6C04>

Statista Research Department. “Facturación de las principales eléctricas a nivel mundial 2021” obtenido el 31 de marzo de 2022 de <https://es.statista.com/estadisticas/635764/ventas-de-las-principales-electricas-a-nivel-mundial/>

Statista. “Distribución porcentual de la generación de energía eléctrica en España en 2021, por tipo”. <https://es.statista.com/estadisticas/993747/porcentaje-de-la-produccion-de-energia-electrica-por-fuentes-energeticas-en-espana/>

Statista. Precio de la electricidad en determinados países del mundo en 2020 (en dólares por kilovatio hora) disponible en <https://es.statista.com/estadisticas/635212/precios-de-la-electricidad-en-determinados-paises/>

Mendez Florian & Vargas Tellez “The quest for social acceptance and support of wind farms in Oaxaca, México”. Harvard Kennedy. School. March 2017.

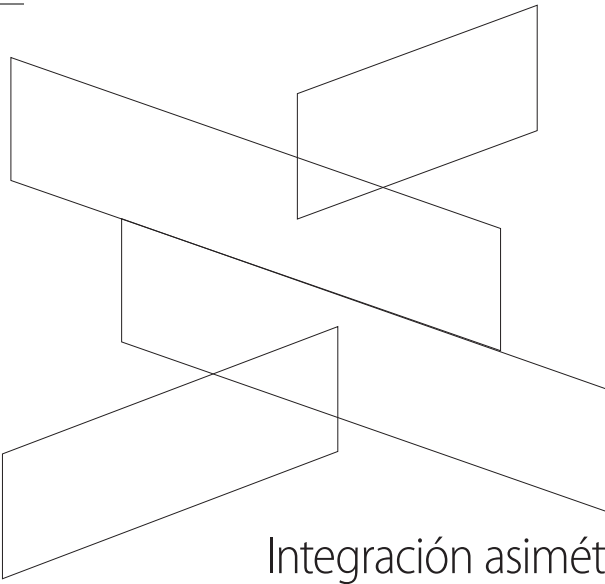
VERBUND A.G. “Centrales eléctricas en VERBUND: sol, viento e hidroelectricidad” obtenido el 1 abril de 2022, en [https://www-verbund-com.translate.googleusercontent.com/ueber-verbund/kraftwerke?\\_x\\_tr\\_sl=de&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es-419&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-verbund-com.translate.googleusercontent.com/ueber-verbund/kraftwerke?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc)







# Perspectivas



# Integración asimétrica y migración México-Estados Unidos de América

*Asymmetric integration and U.S.-Mexico migration*

Marco Antonio Jiménez Ruiz\*  
Jorge Alberto López Arévalo\*\*  
Octavio Ixtacuy López\*\*\*

40

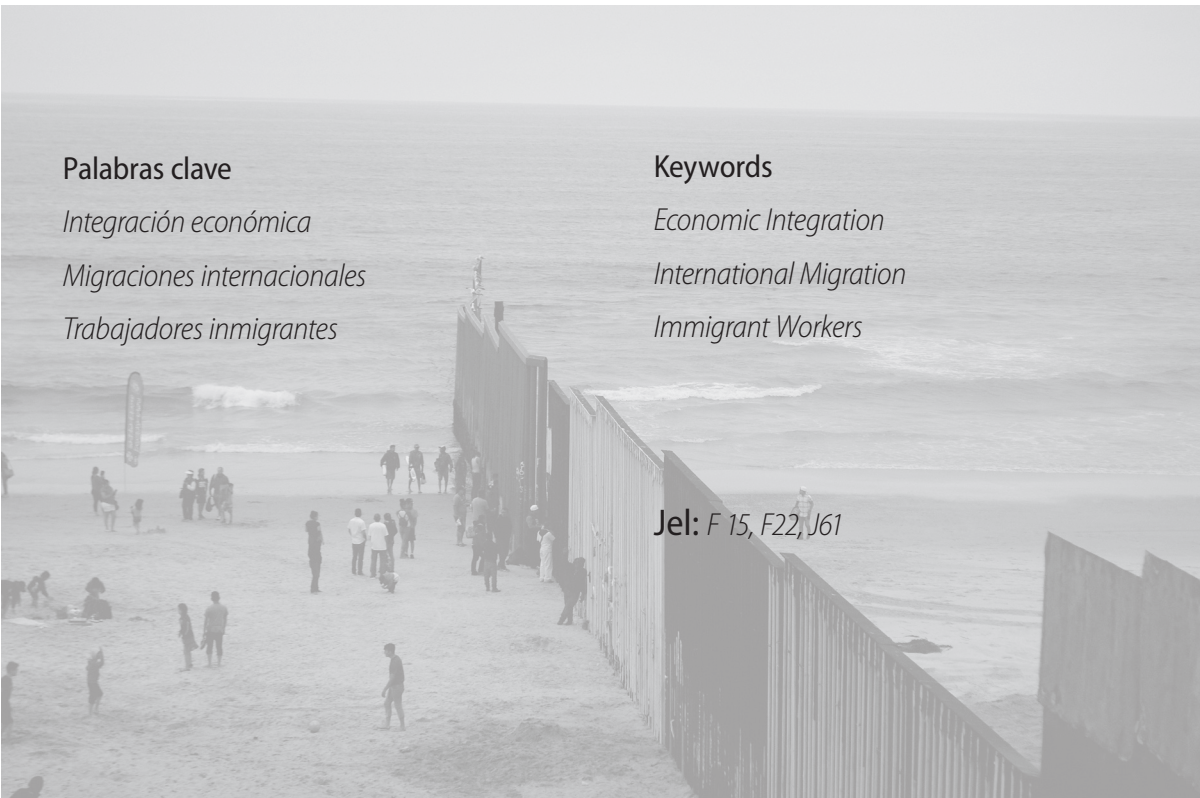
## Palabras clave

*Integración económica*  
*Migraciones internacionales*  
*Trabajadores inmigrantes*

## Keywords

*Economic Integration*  
*International Migration*  
*Immigrant Workers*

Jel: F 15, F22, J61



\* Economista, Universidad Autónoma de Chiapas g171032@unach.mx  
\*\* Economista, Universidad Autónoma de Chiapas jalachis@hotmail.com  
\*\*\* Economista, Universidad de San Carlos de Guatemala octavioixtacuy@hotmail.com

## Resumen

Este trabajo presenta un análisis de las causas estructurales de la economía mexicana que están detrás de los flujos migratorios y de qué forma el Tratado de libre comercio ha contribuido a incrementar los flujos migratorios. Se busca entender la complejidad del fenómeno migratorio México-Estados Unidos de América, así como la inserción laboral de los migrantes en el mercado de trabajo de ese país. Se analizan las remesas que vienen en contrapartida de los flujos migratorios y cómo se han convertido en la principal fuente de divisas para el país en los últimos años.

En este contexto, además de considerar las causas estructurales de la migración mexicana, resulta de suma importancia esclarecer las características del mercado laboral de inserción.

## Abstract

This paper presents an analysis of the structural causes of the Mexican economy that are behind migration flows and how the Free Trade Agreement has contributed to increase migration flows. It seeks to understand the complexity of the migration phenomenon between Mexico and the United States of America, as well as the labor insertion of migrants in the U.S. labor market. We analyze the remittances that come as a counterpart of the migratory flows and how they have become the main source of foreign exchange for the country in recent years.

In this context, in addition to considering the structural causes of Mexican migration, it is extremely important to clarify the characteristics of the insertion labor market.

## 1. Introducción

Las condiciones en las que se insertan los trabajadores mexicanos al mercado laboral estadounidense son un factor clave para el entendimiento de la complejidad migratoria en la región.

En su lugar, se ha centrado la atención en los posibles efectos que tiene el trabajo migrante sobre las comunidades de origen, se distingue una inclinación hacia la visión desarrollista de la migración misma que hace caso omiso de las condiciones de inserción laboral migrante. Al analizar estas últimas, se torna inviable que el Estado mexicano delegue la responsabilidad de generar desarrollo y crecimiento económico a los trabajadores emigrados.

*¿Cuáles son los factores que rigen dicha inserción laboral y por qué se debería de cambiar la visión de migración y desarrollo?*

Diversas teorías han tratado de explicar el fenómeno migratorio, desde su origen hasta las causas de su persistencia. El liberalismo económico, por ejemplo, otorgaba cierta exclusividad causal a las diferencias en los niveles salariales entre trabajadores de un país y otro para generar movimientos migratorios, la mano de obra migrante operaría como mecanismo regulador salarial y propiciaría la desaparición de diferencias salariales entre países, el equilibrio. En cuanto a los efectos que tiene la recepción de remesas en las comunidades de origen, surgen la visión estructuralista en los setenta y la funcionalista en los noventa. La primera consideraba que los flujos de remesas resultaban perjudiciales para las economías receptoras ya que generaban dependencia económica y desigualdades en los niveles de ingreso a nivel local. La segunda, no por coincidencia surge en la década en que se potencializa la apertura económica, pues tiene una postura mucho más favorable del intercambio trabajo-remesas, considera altamente benéficos los ingresos por concepto de remesas ya que, según esta visión, los efectos multiplicadores son positivos además de que ayudan a la formación de capital humano.

Posteriormente surgieron algunas posturas críticas con la forma en que los trabajadores migrantes se incorporan a los mercados de trabajo, con muchas más restricciones que los bienes y el capital, la fuerza de trabajo barata se integra a la dinámica global a modalidades extremas de explotación laboral conformando el “nuevo andamiaje de la economía política mundial” (Delgado et al. 2009). En el mismo tenor, la crítica a la visión de migración y desarrollo (Márquez y Delgado, 2012) se basa en teorías de la dependencia, emana desde el sur global y entiende que los procesos de desarrollo son distintos en cada país, por ende enfatiza el estudio de los mercados laborales de inserción (generalmente en países industrializados) para romper con el “mito” de que la migración es la forma a través de la cual se pueden reducir las brechas causadas por un desarrollo desigual, y aboga por un Estado más participativo que no delegue sus deberes a quienes tuvieron que migrar de los países menos desarrollados para garantizar su supervivencia y la de los suyos.

En el centro de esta investigación se sitúa uno de los supuestos propios de la crítica a la visión de migración y desarrollo: los procesos de reestructuración neoliberal profundizan el subdesarrollo y acrecientan las asimetrías norte-sur; trataremos de comprobar cómo se dan esos procesos y en qué medida se cumple dicho supuesto. Además, complementamos el marco teórico-conceptual con la teoría de la segmentación del mercado laboral (Piore, 1979), la cual permite el estudio desde una perspectiva de beneficios comparados (México-Estados Unidos), repasando todos los mecanismos que actúan en la inserción laboral migrante: la ma-

nera en que se aprovecha la mano de obra migrante, el ambiguo discurso respecto al tema migratorio y la relación entre trabajadores inmigrantes y nativos insertos en un nicho laboral tan desigual como el estadounidense. La concepción dualista del mercado de trabajo se sitúa dentro de la teoría de la segmentación y parte de la idea de que el mercado de trabajo está dividido en dos grandes segmentos:

- Mercado primario: de uso intensivo de capital, emplea trabajadores nativos e inmigrantes de alta cualificación, los inmigrantes en este mercado son una élite profesional y se mueven con frecuencia a través de las fronteras nacionales.
- Mercado secundario: de uso intensivo de mano de obra y baja productividad, paga bajos salarios y reúne otras condiciones de precariedad laboral, los inmigrantes en este mercado son trabajadores manuales con baja cualificación.

El mercado dual supone que la migración laboral internacional está ampliamente basada en la demanda, y que éste, es un problema estructural de las sociedades avanzadas contemporáneas.

El artículo se compone de tres partes, la introducción, el análisis de las condiciones estructurales de la economía mexicana y las remesas. Se trata de entender las causas profundas que están detrás de los flujos migratorios de mexicanos a Estados Unidos, de la misma manera que su inserción en el mercado laboral de ese país, así como las remesas que entran a México como contrapartida de los flujos migratorios.

## 2. Condiciones estructurales de la economía mexicana

En 2020 los tres países con mayor número de migrantes residentes en el extranjero fueron India, México, la Federación Rusa y China, en ese orden (UNDESA, 2020). El destino número uno del mundo de la migración internacional es Estados Unidos, con 50.6 millones de inmigrantes (UNDESA, 2020). Los inmigrantes mexicanos de primera generación en Estados Unidos son aproximadamente 11.5 millones, 38.5 millones si se toman en cuenta personas con residencia nacidos en México y personas de ascendencia mexicana (2a y 3a generación), equivalente a 30 por ciento de la población mexicana de 2021.

La migración México-Estados Unidos se caracteriza por ser de índole laboral, el perfil migrante es regular e irregular en proporciones semejantes y ha tendido a involucrar a familias enteras y reducir su circularidad a raíz de la entrada en vigor de la *Immigration Reform and Control Act* (IRCA) en 1986, la cual supuso el crecimiento del presupuesto destinado a la militarización de la frontera sur de Estados Unidos así como sanciones a quienes contrataran migrantes, propuso amnistía para regular la situación a los residentes indocumentados de largo plazo y fue un fracaso para impedir la migración indocumentada. La IRCA también fue el parteaguas de la criminalización de la migración que se consolidó más tarde con el atentado a las torres gemelas, a partir de entonces la inmigración en Estados Unidos ha sido tratada como un asunto de seguridad nacional.

A pesar de que la seguridad fronteriza se intensificó, los flujos migratorios crecieron a ritmos alarmantes una vez que entró en vigor el entonces Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), nutridas por los resultados deficientes de la integración económica las cifras pasaron de 6.4 a 10.7 millones de mexicanos en Estados Unidos en diez años, esto significa una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 5.2 por ciento para la década de 1994 a 2004. No se volverían a observar tasas tan altas en años posteriores.

**Cuadro 1. Inmigración mexicana en Estados Unidos**

AÑO	NÚMERO DE INMIGRANTES	TCMA
1994	6'485,253	
2004	10'739,692	
1994-2004		5.2
2014	11'458,134	
2004-2014		0.6
2020	11'511,598	
2014-2020		0.08

Fuente: Estimación BBVA con base en BLS. American Community Survey (ACS), 2020.

El TLCAN prometía incrementos en los niveles de empleo y remuneraciones salariales más altas, sin embargo, la generación de empleo formal se quedó muy por debajo de lo que la demografía del país necesitaba. Márquez y Delgado (2012) documentaron que de 1994 a 2008 el empleo formal<sup>1</sup> aumentó tan solo en un 30 por ciento del incremento de la población económicamente activa (PEA) para el mismo periodo.

<sup>1</sup> Según el número de asegurados por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

**Cuadro 2.** *PEA por condición de acceso a la salud, 2008-2021*

AÑO (2T)	PEA	PO_ASS**	PO_ASS/PEA	PEA-PO_ASS
2008	46'905,921	16'227,877		30'678,044
2009	47'453,163	15'872,887	33.4	31'580,276
2010	49'133,132	15'969,203	32.5	33'163,929
2011	49'482,112	16'476,073	33.3	33'006,039
2012	51'477,178	17'226,681	33.5	34'250,497
2013	51'895,865	17'716,433	34.1	34'179,432
2014	51'836,752	18'264,016	35.2	33'572,736
2015	52'623,721	18'511,000	35.2	34'112,721
2016	53'539,565	19'032,241	35.5	34'507,324
2017	54'068,791	19'564,054	36.2	34'504,737
2018	55'643,417	20'237,503	36.4	35'405,914
2019	56'951,215	20'655,404	36.3	36'295,811
2020*	53'571,791	20'381,870	38.0	33'189,921
2021	57'668,254	21'137,782	36.7	36'530,472
Δ 2008-2021	10'762,333	4'909,905	45.6	5'852,428
PROMEDIO			35.1	33'926,990

\* Datos del tercer trimestre (3T) por interrupción de aplicación de la encuesta debido a la pandemia de COVID-19.

\*\* Población ocupada con acceso a servicios de salud.

Δ = Variación

Fuente: Cálculos con datos de Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2021 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, Nueva Edición (ENOEN) 2021.

El mismo análisis en años recientes, de 2008 a 2021, denota que el empleo formal<sup>2</sup> creció en un 45.6 por ciento del crecimiento de la PEA. El déficit de empleo formal es, en promedio, de 33.9 millones para dicho periodo. La población empleada en el sector formal es en promedio del 35.1 por ciento de la PEA. La insuficiente generación de empleo formal condiciona a la población que se incorpora a la fuerza laboral al autoempleo. La tasa promedio de informalidad laboral en México de 2005 a 2021 se sitúa en 57.9 por ciento, aunado a lo anterior son factores clave para entender la persistencia de la migración de trabajadores mexicanos hacia Estados Unidos. No se puede negar que las de-

ficiencias del mercado laboral en México estén ejerciendo presiones migratorias, en 2020 la población inmigrante de primera generación fue mayoritariamente en edad de trabajar, según Fundación BBVA y Conapo (2021) el 86.4 por ciento tenía entre 15 y 64 años.

Las condiciones en que se dio la alianza comercial norteamericana perpetuaron asimetrías severas entre México y Estados Unidos minando la competitividad y aumentando las presiones migratorias, tal es el caso de la productividad y los niveles salariales.

El nivel de producción por hora que alcanzaba la economía estadounidense de 1995 a 2000 equivalía a más de tres veces la misma en México, la brecha de productividad dobló su valor para el lustro de 2010 a 2015 y en años

2 Según la población ocupada con acceso a servicios de salud.



recientes ha vuelto a sus niveles previos, sin embargo, la tendencia es alcista, de 2015 a 2020 el PIB por hora trabajada en México es de 21.79 dólares frente a 73.78 en Estados Unidos.

**Cuadro 3. PIB por hora trabajada (dólares, precios corrientes, paridad de poder adquisitivo)**

Año	Mx	EUA	Brecha de productividad EUA/Mx
1995-2000	12.07	36.67	3.04
2000-2005	14.13	45.76	3.24
2005-2010	17.04	56.89	3.34
2010-2015	10.5	65.74	6.26
2015-2020	21.79	73.78	3.39

Fuente: Con datos de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) 2020.

La brecha salarial es mucho más alarmante, pues, aunque el crecimiento del salario en la manufactura estadounidense ha sido moderado, en México es prácticamente nulo. La brecha salarial entre países pasó de 14.7 a 20.1 dólares de diferencia de 2007 a 2020 con salarios que no superan los 3 dólares por hora del lado mexicano mientras que fueron de 17.3 a 22.8 para el mismo periodo en Estados Unidos (ver gráfica 1).

La reconfiguración de la producción mundial a un esquema compatible con las dinámicas globales resultó benéfica en tanto el gran capital aprovechó la fragmentación de los procesos productivos para acceder a mano de obra barata y así abaratar sus costos de producción. Esta fue la estrategia de Estados Unidos que ha sido el país con mayor proporción de participación en la inversión extranjera directa (IED) dirigida hacia México. Según información de la Secretaría de Economía, de 1999 a 2020 el monto invertido (279,509.8mdd) fue equivalente al 46.9 por ciento de la IED acumulada

en ese periodo y el 51.9 por ciento fue dirigido al sector manufacturero que, como vimos anteriormente, no vio incrementos en sus niveles salariales, asimismo, se puede afirmar que dicha inversión tuvo pocos efectos multiplicadores de empleo formal.

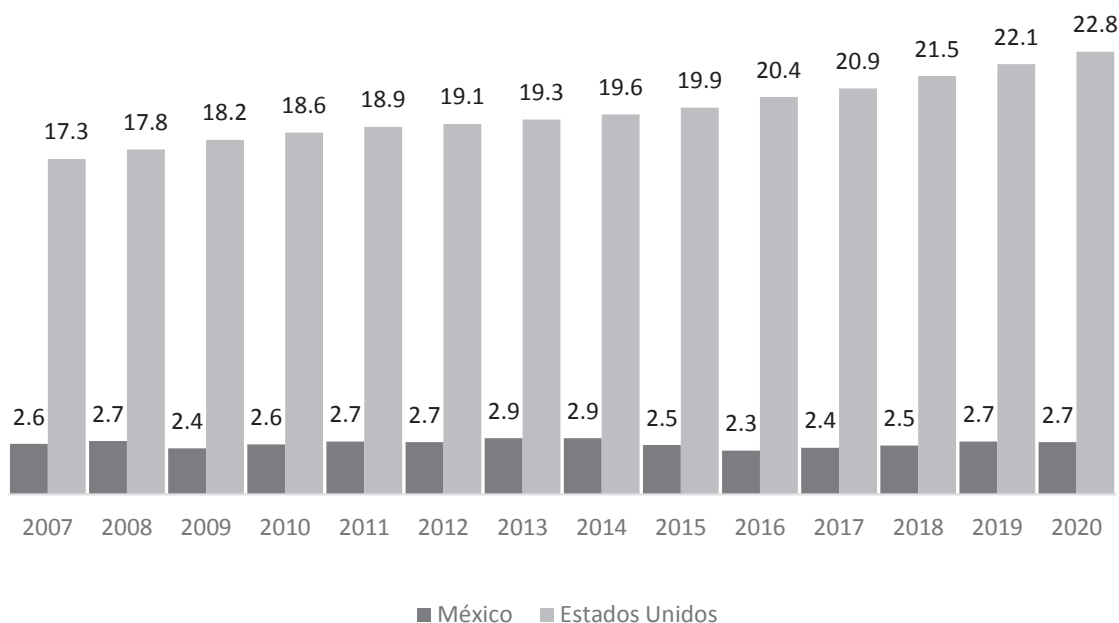
**Cuadro 4. Exportaciones mexicanas como porcentaje del PIB, 1990-2020**

AÑO	% DEL PIB
1990	18.70
1994	13.38
2000	25.41
2010	29.70
2020	40.09

\*Las exportaciones de bienes y servicios representan el valor de todos los bienes y demás servicios de mercado prestados al resto del mundo. Incluyen el valor de las mercaderías, fletes, seguros, transporte, viajes, regalías, tarifas de licencia y otros servicios tales como los relativos a las comunicaciones, la construcción, los servicios financieros, los informativos, los empresariales, los personales y los del Gobierno. Excluyen la remuneración de los empleados y los ingresos por inversiones (anteriormente denominados servicios de los factores), como también los pagos de transferencias.

Fuente: Datos del Banco Mundial (2020)

En cuanto al comercio exterior, las exportaciones mexicanas como porcentaje del PIB se encontraban encausadas a la baja en los años de 1990 a 1994, sin embargo, su repunte fue notorio con la entrada en vigor del TLCAN y se dieron tasas de crecimiento de 11.3 por ciento en los 6 años inmediatos representando una proporción mayor del PIB con el paso del tiempo: pasaron de 13.38 a 40.09 por ciento de 1994 a 2020. El comercio mexicano se centró en crecer hacia Estados Unidos y de la consolidación de la integración económica resultaron una fuerte dependencia comercial y poca diversificación de socios comerciales.

**Gráfica 1** Salarios en la industria manufacturera Mx-EUA (dólares por hora)

Fuente: Con datos de Banco de Información Estadística (BIE), INEGI (2020).

**Cuadro 5.** *TCMA de las exportaciones mexicanas como porcentaje del PIB*

PERIODO	TCMA
1990-1994	-8.0
1994-2000	11.3
2000-2010	1.6
2010-2020	3.0
2000-2020	2.3

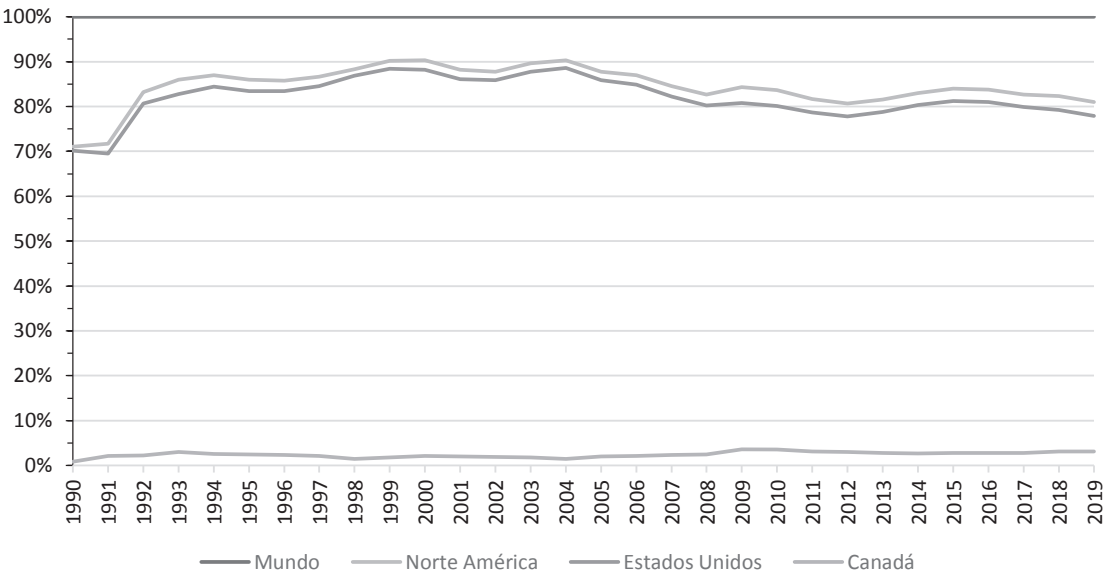
Fuente: Cálculos con datos del Banco Mundial (2020).

Desde 1990 el porcentaje de exportaciones a Estados Unidos, aún sin tratado, era alto (70%). Tal participación continuó al alza en los primeros seis años de tratado (0.7% anual) y desde 2000 su tendencia es decreciente, pero a ritmos muy lentos y nunca por debajo del 77 por ciento. La participación de Estados Unidos como importador de productos y

servicios procedentes de México sigue siendo alta, y aunque disminuyó la tendencia al alza, que era fuerte antes del tratado (4.7% anual de 1990 a 1994), la diversificación de socios comerciales se hizo más complicada; ni siquiera el comercio con Canadá, que debió haberse visto potencializado al formar parte del TLCAN, presentó cualidades como las descritas para el caso estadounidense; Canadá tiene una proporción del total de las exportaciones de tan sólo 3.1 por ciento para 2019. Entonces el 81 por ciento de las exportaciones mexicanas se concentra en la región norteamericana. En contraste, respecto al total de exportaciones de Estados Unidos, su proporción de las dirigidas a México son muy menores: pasaron de 8.9 por ciento en 1993 a 14.9 en 2020, con una participación de 69.3 y 44 por ciento para los mismos años en las importaciones mexicanas provenientes de Estados Unidos (Instituto Mexicano para la Competitividad, 2021).

## Gráfica 2

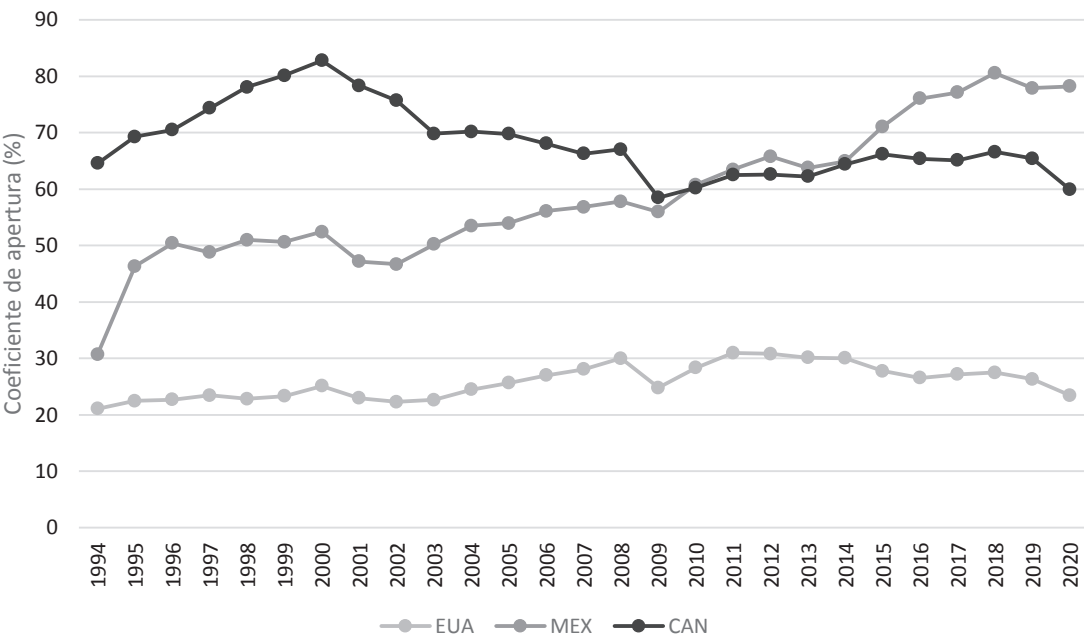
Participación en las exportaciones mexicanas (%)



Fuente: Cálculos con datos del Banco Mundial (2020).

## Gráfica 3

Apertura comercial por países de América del Norte



Fuente: Con datos del Banco Mundial (2020).

La economía mexicana tiene un grado de apertura comercial bastante alto, a través de este indicador podemos observar la manera en que se ha conducido el mercado interno. El coeficiente de apertura<sup>3</sup> era similar al de Estados Unidos cuando entró en vigor el TLCAN, muy por debajo del canadiense; sin embargo, la apertura económica indiscriminada sin un acompañamiento que fortaleciera el mercado interno generó que desde 2010 el coeficiente de apertura de México fuera más alto que el de sus socios comerciales de América del Norte, alcanzando su máximo histórico en 2018, del orden del 80.5 por ciento. Es decir, el TLCAN, reforzó el crecimiento hacia afuera de la economía mexicana y el mercado interno perdió importancia.

### *Importancia de la mano de obra mexicana en Estados Unidos*

Más de la mitad de la población inmigrante en Estados Unidos procede del continente americano (52.1%), por su parte, los mexicanos representan casi un cuarto de la población inmigrante (24.3%) según datos de la American Community Survey (ACS), 2019. El 97.3 por ciento del total de inmigrantes mexicanos en Estados Unidos está en el rango de edad para trabajar, presentan un índice de participación de 68.7 por ciento, sumando 7.3 millones de trabajadores a la fuerza laboral, lo que significa el 4.4 por ciento del total de la fuerza laboral de Estados Unidos equivalente a 167.6 millones de trabajadores en 2019. En lo que concierne a la totalidad de la población inmigrante, presentan un índice de participación de 66.9 por ciento. La participación de la fuerza laboral nativa estadounidense se encuentra en mínimos históricos, la Reserva Federal ha manifestado su preocupación por ello e intenta su

recuperación (Rockeman, 2021), según la ACS (2019) sus niveles de participación se sitúan en 62.9 por ciento, por lo que la aportación migrante a la fuerza laboral estadounidense es, en términos relativos, mayor que la de la población nativa.

La creciente demanda de trabajadores como factor estructural de atracción de mano de obra por parte de la economía estadounidense la podemos observar a través de los niveles de ocupación, éstos son mayores y crecen más rápido que la PEA nacida en dicho país. Aún sin sumar los puestos laborales ofertados que no han sido ocupados el incremento de la PEA nativa es insuficiente. De 2010 a 2019 la ocupación creció a una TCMA de 1.48, incrementando con esto 19.6 millones de puestos de trabajo ocupados mientras que la PEA nativa creció a una TCMA de 0.60, un incremento de 7.2 millones de trabajadores. Para cubrir la diferencia del crecimiento entre ocupación y fuerza laboral nativa se requiere 12.3, igual a 1.3 millones de trabajadores por año; sin embargo, para cubrir el déficit real se hubiera requerido que la fuerza de trabajo nativa creciera a una TCMA de 2.1, es decir, 3.5 veces más rápido, lo cual dista de la realidad demográfica de la población estadounidense (ver cuadro 6).

Mientras el 28.3 por ciento de los trabajadores mexicanos se concentran en ocupaciones<sup>4</sup> relacionadas con servicios no calificados, los trabajadores nativos solamente concentran un 16.6 por ciento en las mismas. Éstas, son las peores pagadas del mercado. Por otro lado, las ocupaciones relacionadas con administración de empresas, negocios, ciencia y artes, que son las mejores remuneradas, concentran un 41 por ciento de trabajadores nativos, mientras que la inmigración mexicana solamente un 13.1 por ciento.

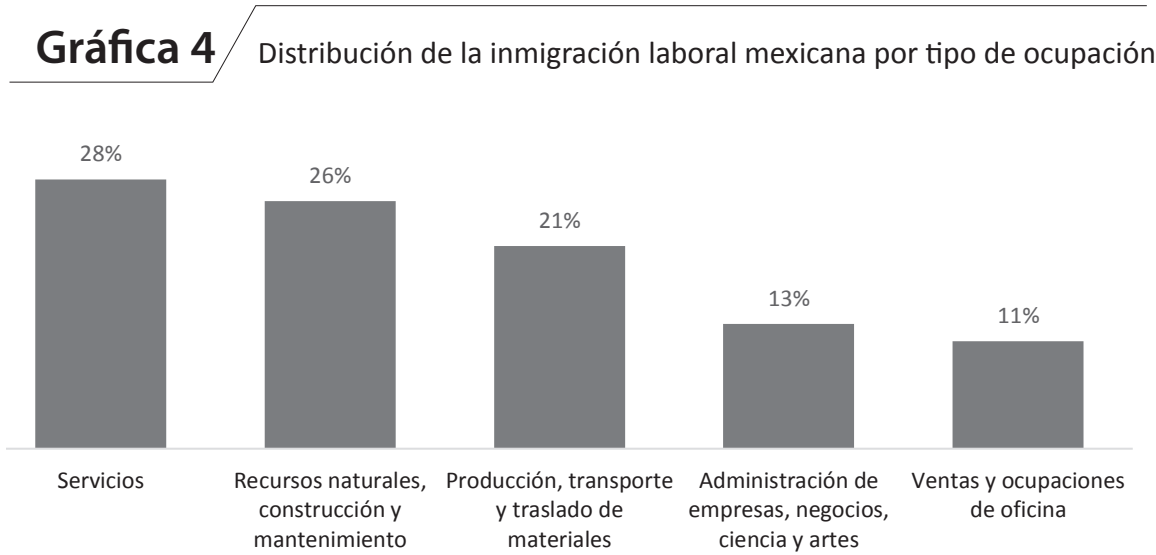
3 Medido como importaciones más exportaciones sobre PIB  $((M+X) / PIB)$ .

4 Los datos de ocupación describen el tipo de trabajo que hace la persona en el trabajo.

Cuadro 6. *EUA Ocupación total y fuerza de trabajo nativa, 2010-2019*

AÑO	OCUPACIÓN*	PEA NATIVA**	DÉFICIT***
2010	138'984,766	131'501,565	7'483,201
2019	158'647,565	138'788,975	19'858,590
TCMA 2010-2019	1.48	0.60	
Δ 2010-2019	19'662,799	7'287,410	12'375,389

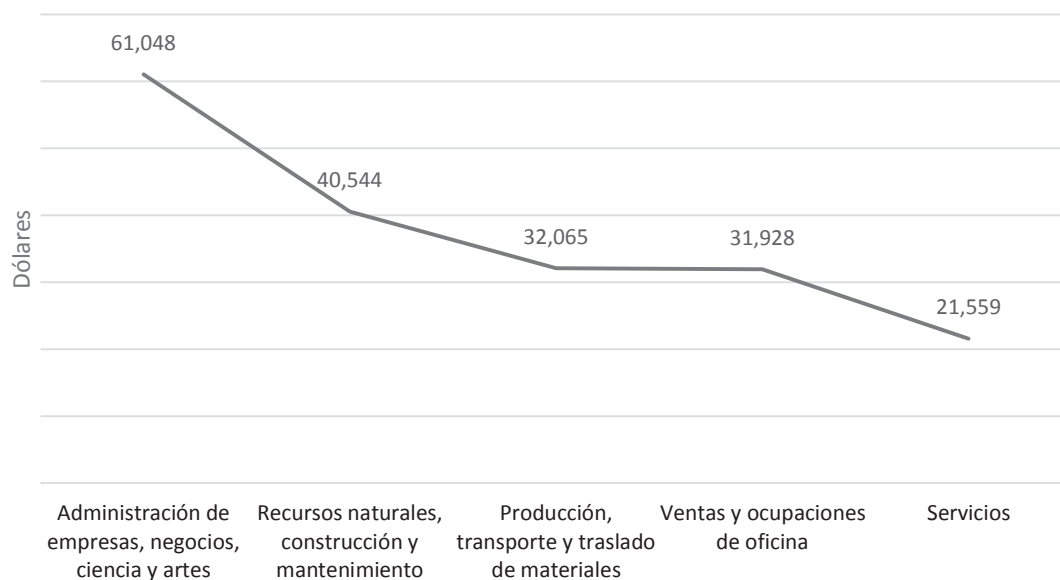
\*Total de puestos de trabajo ocupados.  
\*\*Fuerza laboral nacida en Estados Unidos.  
\*\*\*Fuerza de trabajo nativa necesaria para cubrir los puestos de trabajo.  
Δ = Variación.  
Fuente: Con datos de la American Community Survey (ACS), 2020.



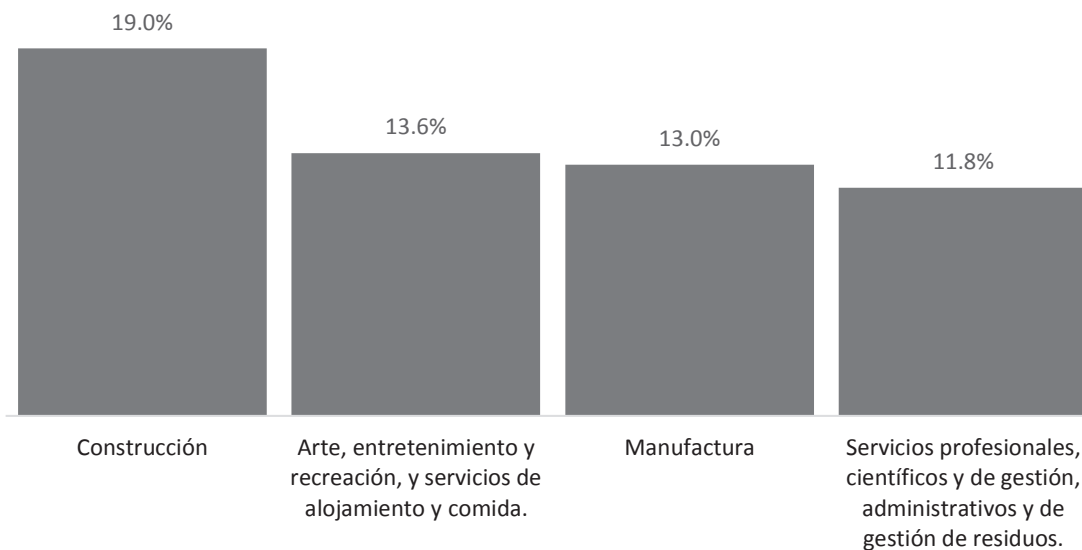
Fuente: Con datos de la American Community Survey (ACS), 2019.

**Gráfica 5**

USA Remuneración anual media por tipo de ocupación (2019=100)

**Gráfica 6**

Concentración de la inmigración mexicana por sector de actividad



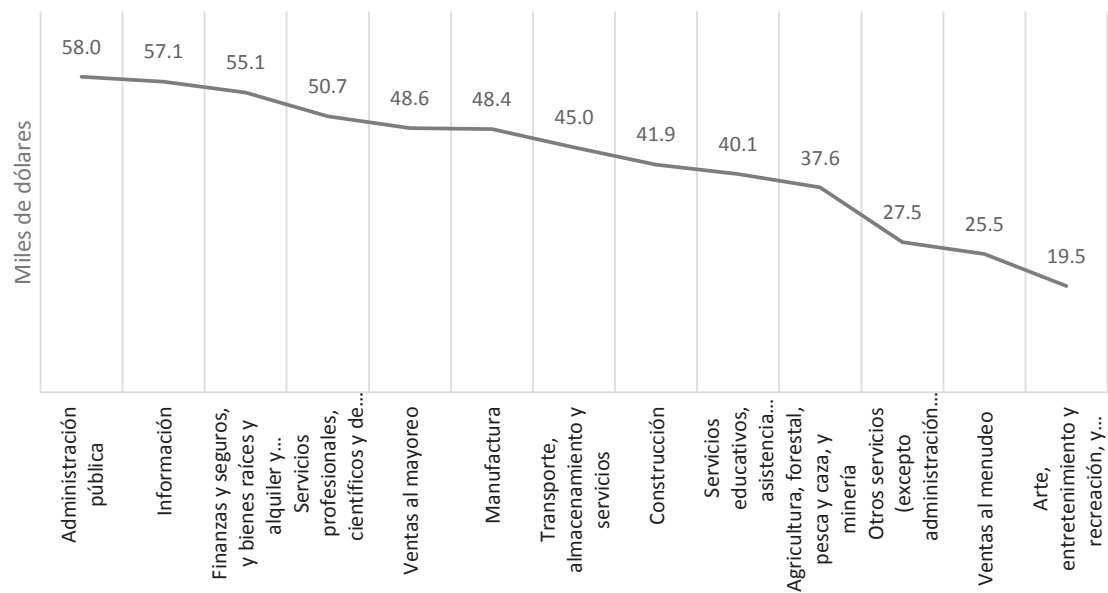
Fuente: Con datos de la American Community Survey (ACS), 2019.

En cuanto a los sectores<sup>5</sup> donde se concentran los inmigrantes mexicanos 57.4 por ciento se concentra en cuatro, siendo el de la construcción el que más reúne, un 19 por ciento.

<sup>5</sup> Los datos de sectores por tipo de actividad ("Industry", según la clasificación de la ACS) describen el tipo de negocio realizado por la organización que emplea a una persona.



**Gráfica 7** USA Remuneración anual media por sector de actividad (2019=100)



Fuente: Con datos de la American Community Survey (ACS), 2019.

En sectores como el de la construcción la propensión a encontrar trabajadores mexicanos es tres veces mayor que la de los trabajadores nativos, dicho sector es remunerado por debajo de la media anual.

**Cuadro 7. Comparativo de concentración de trabajadores por sector de actividad**

Sector de actividad	Población empleada (%)	
	Nacidos en México	Nacidos en Estados unidos
Construcción	19.0%	6.3%
Arte, entretenimiento y recreación y servicios de alojamiento y comida.	13.6%	9.4%
Manufactura	13.0%	9.8%
Concentración	45.6%	25.5%

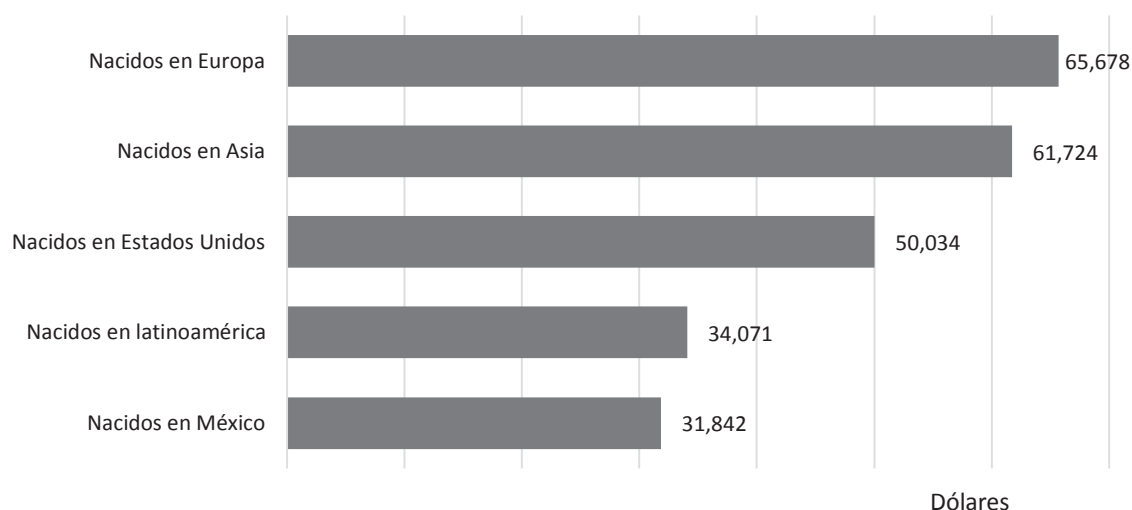
Fuente: Con datos de la American Community Survey (ACS), 2019.

En consonancia, para los inmigrantes mexicanos que forman la fuerza laboral el 24.9 por ciento percibe entre 25,000 y 34,999 dólares al año. Su remuneración media anual por trabajo de tiempo completo se ubica en 31,842 dólares, más de 10 mil dólares debajo de la media para el resto de inmigrantes de 42,875

dólares anuales y también de la media latinoamericana, 34,071. Para inmigrantes europeos es de 65,677.5 y asiáticos 61,724, considerando que el perfil migrante de dichas regiones es de alta cualificación. La remuneración media para la totalidad de la población nativa es de 50,033.5 dólares al año.

## Gráfica 8

Remuneración anual media por origen del trabajador (2019=100)



Fuente: Con datos de la American Community Survey (ACS), 2019.

Ya se dijo, anteriormente, que la participación laboral de la población mexicana es relativamente mayor a la nativa, además, caídas más abruptas y recuperaciones más rápidas caracterizaron sus dinámicas de empleo y participación laboral durante la crisis por COVID-19. Analizamos la tasa de desempleo para la población inmigrante de origen mexicano en comparación con la nativa estadounidense y se encontró que la inmigración mexicana presenta tasas de desempleo más altas en tres momentos clave: antes del estallido de la crisis sanitaria, durante la caída más pronunciada de la economía y la reciente recuperación. Sin embar-

go, La diferencia de 1.4 puntos porcentuales se elevó a 4 durante abril de 2020, cuando el desempleo alcanzó niveles críticos. Después de la crisis es un poco menor, situándose en 1.7 puntos porcentuales. La población nacida en México regresó a niveles de desempleo pre-pandemia entre octubre y noviembre de 2021, mientras la nativa lo hizo en diciembre.

La caída de los niveles de empleo fue más prominente para la inmigración mexicana, pues de febrero a abril de 2020 la tasa de desempleo aumentó en 12.9 puntos porcentuales, situándose en 18.0, mientras para la nativa el aumento fue de 10.2, situándose en 14.0.

**Cuadro 8. EUA, Evolución del desempleo durante la crisis sanitaria, poblaciones nativa e inmigrante mexicana**

	NATIVA	Δ	MEXICANA	Δ
2020 Feb	3.8		5.1	
2020 Abr	14.0	10.2	18.0	12.9
2021 Dic	3.7	-10.3	4.8	-13.2

Δ = Variación  
Fuente: Con datos de Bureau of Labor Statistics (2022).

Es decir, en las crisis parece ser evidente que el desempleo golpea más a la población mexicana inmigrante en los Estados Unidos, pero en la recuperación, ocurre lo contrario, ya que la población nativa se recupera más lentamente, por la naturaleza de los empleos en los que mayoritariamente se ubica cada segmento.

**3. Remesas y su importancia para la economía mexicana**

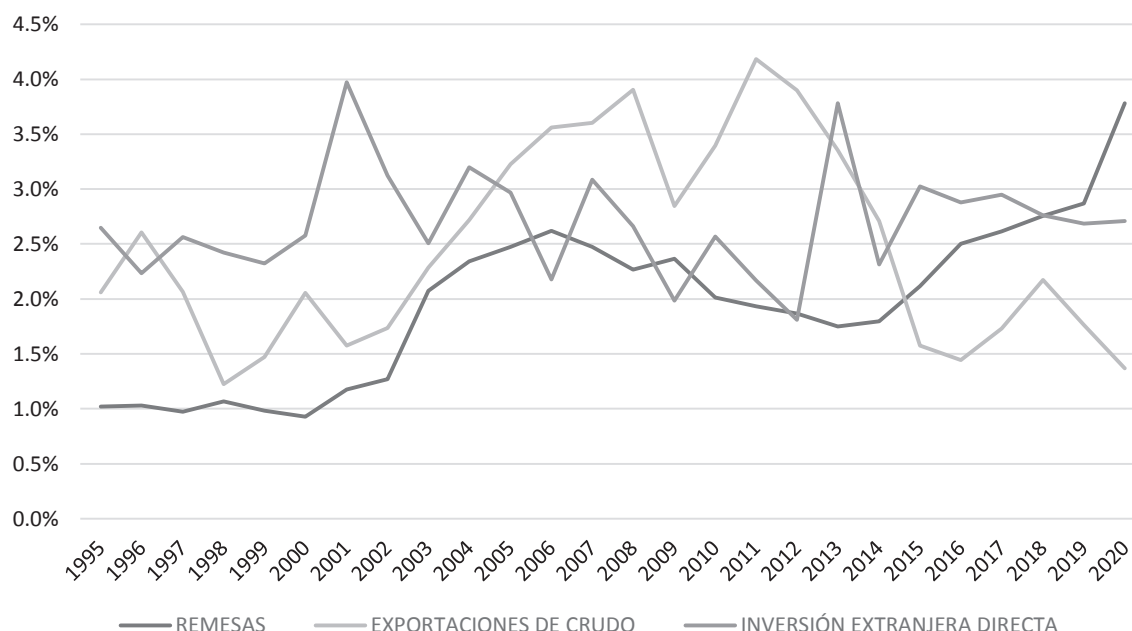
Como marco de referencia tomamos la siguiente conceptualización de estos flujos de dinero:

Desde el punto de vista económico se hace hincapié en el significado de las remesas respecto de la composición del ingreso familiar. Bajo este prisma, las remesas se definen como un fondo salarial que sustituye o reemplaza los ingresos que podría haber obtenido el trabajador en el lugar de origen de no haber migrado a otro país. (Canales, 2008, pp. 190-191)

Es decir, de acuerdo a Canales (2006):

En términos macroeconómicos, las remesas constituyen fundamentalmente un fondo de transferencias familiares, que, por lo mismo, tienen un escaso o nulo impacto en la capacidad de crecimiento y desarrollo económico. Por un lado, su volumen no es ni remotamente suficiente para impulsar un proceso de crecimiento económico auto sostenido, a la vez que, por otro lado, son recursos que se dirigen a hogares en condiciones de vulnerabilidad, marginación y pobreza, por lo que son usados fundamentalmente para financiar el consumo de esos hogares, siendo marginal e insignificante el volumen y proporción de las remesas destinadas a inversiones productivas. (p. 172)

México ocupó en 2020 el tercer lugar en recepción de remesas, superado por India y China. Una cuarta parte de las del mundo llegan a estos tres países, la otra se concentra en siete (Fundación BBVA Bancomer y Conapo, 2021). El 95 por ciento de las remesas que ingresan a México proceden de Estados Unidos. De acuerdo con su destino por entidad federativa, Jalisco, Michoacán y Guanajuato, reciben más de un cuarto del total (26.9), el 53.1 se dirige a ocho entidades de la república (Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas, 2020). En cuanto a su procedencia, según datos del Banco de México (2022), aproximadamente un tercio de las remesas es enviado desde California (32.3), y con Texas suman el 48 por ciento del total.

**Gráfica 9** Mx, Principales fuentes de divisas como porcentaje de PIB, 1995-2020

Fuente: Con datos de UNCTAD World Investment Report (2021), Banco de México (2022) e INEGI (2020).

Las remesas son la principal fuente de divisas para México, superando a las exportaciones de crudo desde 2015 y a la inversión extranjera directa en 2019. Tales ingresos representaron 3.8 por ciento del PIB, en comparación con el 2.7 de la inversión extranjera directa en el mismo año y el 1.4 de las exportaciones de petróleo crudo. Las características de los trabajadores migrantes mexicanos y su inserción en sectores esenciales de la economía estadounidense produjeron particularidades en el flujo de remesas, en vez de las variaciones negativas en su recepción, que durante la pandemia del COVID-19 presentaron las principales economías receptoras de remesas del mundo, en México la variación porcentual fue de 3.8, mientras que la caída del PIB real fue de -9.0 por ciento (Fundación BBVA Bancomer y Conapo, 2021). Se deja ver una tendencia alcista no

afectada por las crisis económicas sino lo contrario, destacando el carácter contra-cíclico de estos flujos. La mano de obra se ha convertido en un importante producto de exportación.

Según el Anuario de Migración y Remesas 2021, el monto de la remesa promedio es de 339 dólares, también el promedio anual más alto desde 2011, es decir, los 40.6 mil millones de dólares que ingresaron al país en 2020 por tal concepto (máximo histórico), del cual 95.5 por ciento provino de Estados Unidos, fueron distribuidos en 1.7 millones de hogares, el 5.1 por ciento del total de hogares en México. Como se predijo, cerraron 2021 con un monto total superior a los 50 mil millones de dólares.

Las remesas son la contrapartida de los flujos migratorios de mexicanos al exterior, principalmente a los Estados Unidos de América

y se constituyen en una importante fuente de ingresos para las familias receptoras, pero en relación al impacto macroeconómico existe un fuerte debate sobre sus repercusiones, hay quienes consideran que tienen un impacto positivo como los organismos internacionales (Canales, 2006) y, otros, que pueden tener un impacto negativo al apreciar la moneda nacional provocando un efecto de *enfermedad holandesa* y los resultados van a depender de la actuación del banco central (Sovilla, 2021; Alonso y Sovilla, 2012).

Además, existe una discusión en torno a la desindustrialización que pueden causar las remesas.

Por ejemplo, en el modelo de

Corden y Neary (1982) distinguen entre desindustrialización directa e indirecta. En el caso de la emigración y las remesas, la desindustrialización directa vendría dada por la reducción del número de trabajadores disponibles para la industria debido a su emigración hacia Estados Unidos; mientras que la desindustrialización indirecta quedaría determinada por la recepción de remesas, el consecuente aumento de la demanda de bienes del sector no transable y la apreciación del tipo de cambio real, lo que actuaría en perjuicio de las exportaciones. Como indican Corden (1984: 159) y Stijns (2003: 8), cabe esperar que el efecto de la vía indirecta sea incluso mayor que el de la directa en el proceso de desindustrialización. (Peláez, 2019: 69).

Peláez (2019), no encuentra evidencia de “enfermedad holandesa” en el caso de Guatemala, aunque, a pesar de ello, considera que el enfoque sigue siendo válido.

Es decir, en términos macroeconómicos existe un fuerte debate acerca de las implicaciones de las remesas y no hay un consenso en la comunidad académica sobre el particular. En el caso mexicano teniendo un tipo de cam-

bio flexibles, el exceso de demanda de moneda nacional podría causar una apreciación cambiaria con manifestaciones de “enfermedad holandesa”, o sea, con repercusiones negativas en el sector manufacturero y un desplazamiento de la producción interna por parte de las importaciones (López, Sovilla y García, 2011), como parece estar ocurriendo en México.

## Conclusiones

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte, uno de los instrumentos clave para la reestructuración económica neoliberal en la región, acentuó las desigualdades entre Estados Unidos y México, aumentando los flujos migratorios en sentido sur-norte. La informalidad laboral y la migración han fungido como alternativas a la insuficiencia de empleo formal en México, desaprovechando con esto el bono demográfico.

La informalidad laboral limita el acceso a mejores remuneraciones, pues los trabajadores en el sector informal quedan fuera del alcance de la política salarial, además, dificulta la movilidad social e impide el acceso a pensiones o la posibilidad de retiro.

Se ha observado que la mano de obra migrante no opera como mecanismo de equilibrio salarial. Sostenemos que los detonantes de la migración van más allá de los diferenciales salariales entre México y Estados Unidos. Entre la complejidad del fenómeno se encuentra que el factor de lento crecimiento de la población nativa estadounidense en edad de trabajar opera como mecanismo de atracción de mano de obra extranjera. México, desde la reestructuración neoliberal se encauzó en una dinámica comercial de alta dependencia, principalmente respecto a la economía estadounidense y la mano de obra barata como principal producto de exportación parece mantener el

plano macroeconómico en condiciones manejables para el Estado, sin embargo, los flujos de remesas no impactan de la misma manera en los niveles de ingreso de los hogares.

Por otro lado, existe una negativa institucional de que el flujo de migrantes tenga efectos positivos para la economía estadounidense, se han encontrado diversos factores que refutan esa postura y demuestran las incongruencias en la postura del gobierno norteamericano. Las desventajas en que la política antiinmigrante deja a la población migrante facilita su explotación y limita sus salarios, de ahí que acepten trabajos en condiciones precarias, pues tales condiciones suponen un “avance” en comparación con las condiciones en su comunidad de origen, por eso la importancia de relativizar estos indicadores haciendo énfasis en las características de la economía receptora. El proceder del gobierno estadounidense no está fundamentado en su realidad demográfica sino en ideas antiinmigrantes que prevalecen en su sociedad, debido a que la necesidad de contar con mano de obra migrante es de carácter estructural, por el lento crecimiento de la mano de obra nativa.

Durante la crisis, las alteraciones en niveles de empleo y participación mexicana en Estados Unidos dejan claro que dicha población es un grupo vulnerable, que absorbe dichas fluctuaciones dada la facilidad con que los empleadores pueden contratar o despedir trabajadores de procedencia mexicana sobre todo cuando su condición es indocumentada ya que se encuentran desprotegidos de todo garante de ley laboral. El trabajo migrante sigue estando muy presente en sectores laborales precarios que a menudo los vulneran y condicionan a una nula movilidad social.

La mano de obra migrante se ha constituido en el principal producto de exportación de

México, si se exceptúan las exportaciones manufactureras, que en mucho de los casos también se constituyen en exportación indirecta de mano de obra como bien señalan Cypher y Delgado (2007). Es decir, la exportación directa e indirecta de mano de obra es el principal producto de exportación de México. 🌐

## Referencias

- Alonso González, Alberto and Sovilla, Bruno (2012) *El multiplicador (-1) de las remesas*. [Documentos de Trabajo de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales; n° 01, 2012, ISSN: 2255-5471]
- American Community Survey (ACS) (2019). S0506 *Selected characteristics of the foreign-born population by region of birth: Latin America* disponible en: <https://data.census.gov/cedsci/table?q=place%20of%20birth&tid=ACST1Y2019.S0506&moe=false&tp=false>
- Banco de México (2022). *Estado de origen de los ingresos por remesas provenientes de Estados Unidos*, disponible en: <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE81&locale=es> [consultado el 21/01/2022].
- Banco Mundial (2020) Indicadores para el desarrollo, disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NE.EXP.GNFS.ZS?view=chart> [consultado el 15/09/2021]
- Canales, A. (2006). Remesas y desarrollo en México: Una visión crítica desde la macroeconomía. *Papeles de población*, 12(50), 171-196, disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-74252006000400009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252006000400009&lng=es&tlng=es) [consultado el 12/09/2022].
- Canales, A. (2008). Los efectos de las remesas. En Jorge Martínez (ed.), *América Latina y el Caribe: Migración internacional, derechos humanos y desarrollo* (Cepal).



- Cypher, James M., & Delgado Wise, Raúl. (2007). El modelo de exportación de fuerza de trabajo barata en México. *Economía UNAM*, 4(12), 23-41. Recuperado en 20 de septiembre de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-952X2007000300002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2007000300002&lng=es&tlng=es).
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas (2020). *Boletín remesas Chiapas 2020*. CEIG.
- Corden, W. Max (1984). "Booming sector and Dutch disease economics: survey and consolidation". *Oxford Economic Papers* Vol. 36, Issue 3, pp. 359-380.
- Corden, W. Max y J. Peter Neary (1982). "Booming sector and de-industrialisation in a small open economy". *The Economic Journal* Vol. 92, No. 368, pp. 825-848.
- Delgado, R., Márquez, H., Rodríguez, H. (2009). Seis tesis para desmitificar el nexo entre migración y desarrollo. *Migración y Desarrollo*, 07(12), 27-52.
- Fundación BBVA Bancomer y Conapo, eds. (2021). *Anuario de Migración y Remesas México 2021*. Fundación BBVA Bancomer, A. C. <https://www.bbvarresearch.com/publicaciones/anuario-de-migracion-y-remesas-mexico-2021/>.
- Instituto Mexicano para la Competitividad (2021). *Boletín Monitor de Comercio Exterior*.
- López, J., B. Sovilla y F. García (2011) "Efectos macroeconómicos de las remesas en la economía mexicana y de Chiapas" *Papeles de Población*. 17(67).
- Márquez, H. y Delgado, R. (2012). *Espejismos del río de oro: Dialéctica de la migración y el desarrollo en México* (primera edición). Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Peláez Herreros, Óscar (2019). "Remesas y enfermedad holandesa: el caso de Guatemala, 1989-2016". En: Bornschein, Dirk (Coord.). *Hacia un salto cualitativo. Migración y Desarrollo en México y el norte de Centroamérica*. FLACSO Guatemala. *Hacia Un Salto Cualitativo. Migración y Desarrollo En México y El Norte De Centroamérica*.
- Piore, M. (1979). *Birds of passage: Migrant labor and industrial societies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rockeman, O. (2021). The mystery of the missing workers, explained. *Bloomberg.Com*. <https://www.bloomberg.com/news/features/2021-08-05/why-is-u-s-labor-force-shrinking-retirement-boom-opioid-crisis-child-care>.
- Sovilla, Bruno. (2021). Las remesas internacionales: ¿estabilizador automático o súpermultiplicador de la política fiscal? *Investigación económica*, 80(315), 107-124. <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2021.315.77445>
- Stijns, Jean-Philippe (2003). "An empirical test of the Dutch disease hypothesis using a gravity model of trade". Ponencia presentada en el Congress of the eea, Estocolmo, 20-24 de agosto.
- UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division) (2020). *International Migrant Stock 2020*. Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/international-migrant-stock> [Consultado el 07/09/2022]

Estimado(a) colaborador(a):

A continuación presentamos los criterios técnicos para la presentación de artículos de la revista Economía Informa.

Requerimientos del texto:

- Una página principal que incluya: título del artículo, nombre completo del autor, resumen académico y profesional, líneas de investigación, dirección, teléfono y correo electrónico.
- Un resumen del artículo de máximo 10 líneas.
- Incluir la clasificación (JEL) y tres palabras clave.
- Usar notas al pie de página ocasionalmente y sólo si son indispensables.
- Citas y referencias en el texto deben cumplir con los requisitos del sistema de referencias Harvard.
- Explicar por lo menos una vez los acrónimos y/o abreviaturas usadas en el texto.
- La bibliografía final debe también cumplir los criterios del sistema de referencia Harvard. La lista de referencias debe corresponder con las citas del documento.

Extensión y características técnicas:

- Ningún artículo puede exceder 30 páginas; incluyendo todas las secciones del manuscrito.
- Debe estar en Word.
- La letra debe ser Times New Roman, tamaño 12.
- El formato es tamaño carta (A4).
- No se usa sangrías (ni en el texto ni en las referencias bibliográficas)
- El uso de itálicas está reservado para el título de libros, journals, nombres científicos y letras que no estén en castellano.
- El uso de comillas está reservado para el título de: artículos, capítulos de libros y citas incluidas en el texto.

Tablas, gráficos y otros materiales de apoyo:

- Preferiblemente en Excel. De lo contrario usar: jpeg, tiff, png o gif.
- Se deben proporcionar los archivos originales en un sólo documento.
- Incluir los materiales también en el texto.
- Deben ser auto contenidos. Es decir, no se necesita del texto para ser explicados. No incluir abreviaciones. Indicar de manera clara las unidades de medida así como citas completas.
- Deben encontrarse en blanco y negro.
- Las tablas deben ser simples y relevantes.
- Los títulos, notas y fuentes del material deben ser capturados como parte del texto del documento. No deben ser insertados en el cuerpo del gráfico, figura y/o tabla.