

# Entorno

REVISTA DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

**UDLAP**

MICRODOSIFICACIÓN  
Y PSICOTERAPIA  
ASISTIDA POR  
PSICODÉLICOS (PAP)  
REVISIÓN NARRATIVA  
SOBRE LAS «TERAPIAS  
INNOVADORAS»

## Desarrollo económico y medioambiente

UN ANÁLISIS DE LA DEFORESTACIÓN GLOBAL  
EN EL PERIODO 1990-2020

[udlap.mx](http://udlap.mx)



»» ISSN 2594-0147

#22

»» Indizada en Latindex

DISTRIBUCIÓN GRATUITA ENE-ABR 2024

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

# Maestrías UDLAP<sup>®</sup>

EN LÍNEA O PRESENCIAL, ¡TÚ DECIDES!



**CONOCE LOS  
BENEFICIOS QUE TIENES  
COMO exaudlap**  
COMUNIDAD DE EGRESADOS

ESCANEA



Informes: Tel.: 222 229 23 13

✉ [ingreso.posgrados@udlap.mx](mailto:ingreso.posgrados@udlap.mx)

# CONTENIDO



## 4. MICRODOSIFICACIÓN Y PSICOTERAPIA ASISTIDA POR PSICODÉLICOS (PAP)

Revisión narrativa sobre las «terapias innovadoras»

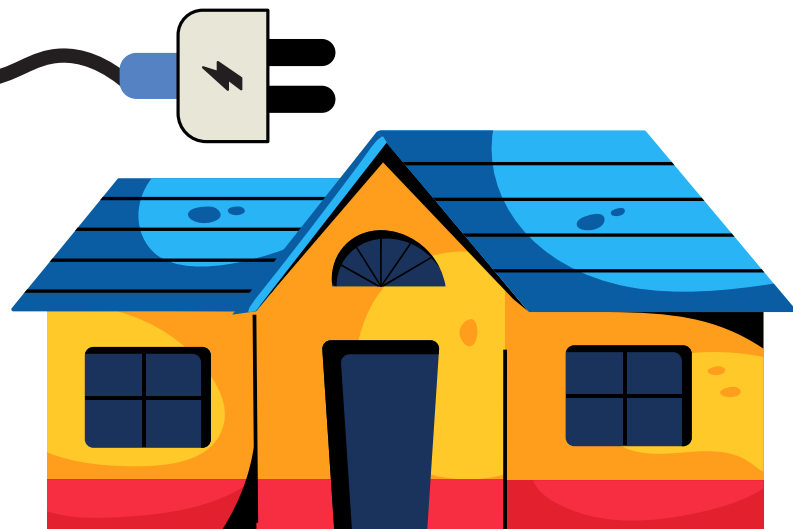
► Microdosing and psychedelic-assisted psychotherapy (PAP). A narrative review on «innovative therapies»

Por: Aldo Chiquini Zamora

## 18. PLATAFORMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA AL INTERIOR DEL HOGAR

► Home energy management platform

Por: Rafael Ordoñez Flores, Guadalupe Brito Sánchez, Luis Claudio García Santander, José Federico Casco Vásquez y Roberto Morales Caporal

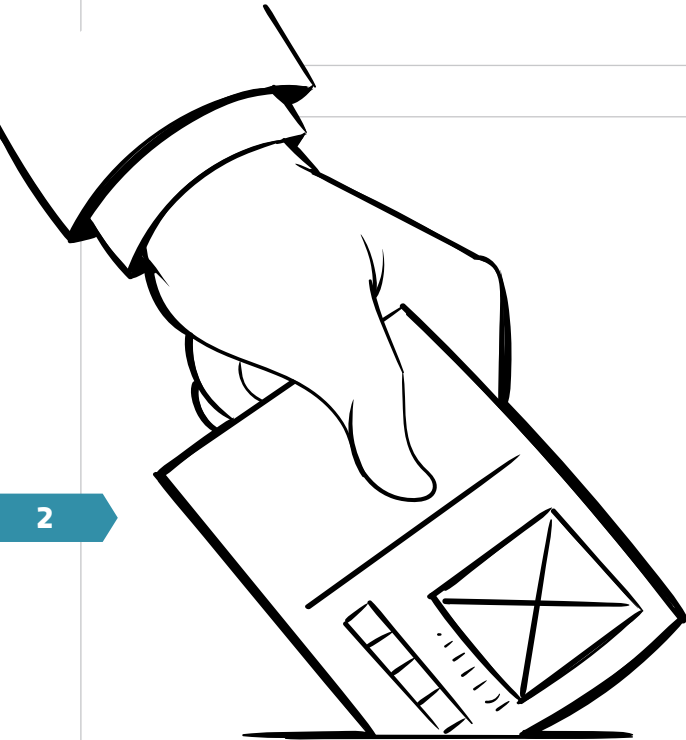


## ◀ 28. PORTADA DESARROLLO ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTE

Un análisis de la deforestación global en el periodo 1990-2020

► Economic development and environment. An analysis of global deforestation in the 1990-2020 period

Por: Martín Alfonso López Ramírez, César Vázquez González y César Columna Franco



## 38. EL LARGO DEBATE DE CINCO MINUTOS

¿Qué hay detrás del argumento que privilegia a los representantes electos por voto popular?

► The long five-minute debate. What is behind the argument that privileges popular vote elected representatives?

Por: Jesús Mijangos Castro



## 48. POTENTIAL OF HYDROGEN BLENDS

Alternatives for process decarbonization

► El potencial de las mezclas de hidrógeno. Alternativas para el proceso de descarbonización

Por: Adriana Palacios Rosas, Pedro Manuel Castro Olivera, Zabdi Paulina Pérez Urquieta, Eduardo Alejandro López López y Mariana Alejandra Vázquez López

# Entorno UDLAP

REVISTA DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

### PRESIDENCIA

José Ramón Valdés Parra

### EDITOR GENERAL

Martín Alejandro Serrano Meneses

### CONSEJO EDITORIAL

**Dirección ejecutiva**  
Israel Cedillo Lazcano  
*Director de Investigación y Posgrado*

**Secretaría ejecutiva**  
Lorena Martínez Gómez  
*Directora general de la Oficina de Rectoría*

**Coordinación editorial**  
Rosa Quintanilla Martínez  
*Jefa de Publicaciones*

**Edición gráfica**  
Sonia Gisella Aguirre Narváez  
*Profesora de la Licenciatura en Diseño de Información Visual*

**Biblioteca**  
Antonio Felipe Razo Rodríguez  
*Director de Bibliotecas*

**Tecnologías de la Información**  
Alberto Augusto Manzanilla Hernández  
*Director general de Tecnologías de la Información*

**Diseño editorial**  
Willy Daniel Sepúlveda Juárez

**Corrección de estilo**  
Andrea Garza Carbajal  
María Silvana Martínez Couoh  
Beatriz Ramírez Bertolini

**Fotografías**  
[www.freepik.es](http://www.freepik.es)

### COMITÉ EDITORIAL

#### EDITORES ASOCIADOS

Artes y Humanidades  
Enrique Ajuria Ibarra

Ciencias  
Miguel Ángel Méndez Rojas

Ciencias Sociales  
Alison Elizabeth Lee

Ingeniería e Innovación  
Aurelio López Malo Vigil

Negocios y Economía  
Raúl Bringas Nostti

#### MIEMBROS DEL COMITÉ EDITORIAL

Antonio Alcalá González  
Tecnológico de Monterrey

Cecilia Anaya Berríos  
Universidad de las Américas Puebla

Lucila Castro Pastrana  
Universidad de las Américas Puebla

Miguel Doria  
UNESCO

Alexander James Hope  
Universidad Autónoma de Madrid

Juan Enrique Martínez-Legaz  
Barcelona Graduate School of Economics

Raúl Mújica García  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Tony Payán  
Rice University y Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Ulises Sandal Ramos Koprivtza  
Universidad de las Américas Puebla

Manuel Francisco Suárez Barraza  
Universidad de las Américas Puebla

María Luisa Torregrosa y Armentia  
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales

Jaime Urritia Fucugauchi  
El Colegio Nacional y Universidad Nacional Autónoma de México

# EDITORIAL

ENTORNO UDLAP, Año 8, núm. 22, enero-abril 2024, es una publicación cuatrimestral editada por la Fundación Universidad de las Américas, Puebla. Ex hacienda Santa Catarina Mártir s/n, San Andrés Cholula, Puebla, C. P. 72810. Tel. 222 229 2109. Sitio web de la revista: <https://entorno.udlap.mx/>, correo electrónico: [revista.entornoudlap@udlap.mx](mailto:revista.entornoudlap@udlap.mx). Editor responsable: Martín Alejandro Serrano Meneses. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2016-091418231700-102, ISSN: 2594-0147, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Departamento de Publicaciones, Rosa Quintanilla Martínez, Exhacienda Santa Catarina Mártir s/n, San Andrés Cholula, Puebla, C. P. 72810. Fecha de última modificación: 18 de julio de 2024.

Esta revista se publica bajo licencia de Creative Commons Atribución-No comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional. CC BY-NC-SA 4.0» <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Los artículos publicados en *Entorno UDLAP* se someten a revisión por pares en el sistema de «doble ciego», es decir que los árbitros no conocen el nombre de los autores del texto que revisan, ni los autores los nombres de quienes lo revisan. La responsabilidad del contenido de los artículos corresponde exclusivamente a los autores, y no necesariamente refleja la postura de los editores, miembros del consejo y comité editoriales o de la Universidad de las Américas Puebla.

La manera en que las actividades humanas inciden en el cambio climático es un tema recurrente en *Entorno UDLAP*. Esto revela que son muchos los investigadores, desde diferentes campos del conocimiento, interesados —y preocupados— por conocer más acerca de esta situación que amenaza la supervivencia de un número desproporcionado de especies, entre las cuales se encuentra, tristemente, la nuestra.

El artículo en portada, «Desarrollo económico y medioambiente», analiza la pérdida global de áreas forestales, mediante la ciencia de datos, midiendo la relación entre el ingreso per cápita y la tasa de deforestación en diferentes regiones entre 1990 y 2020. Los autores comparten sus resultados e invitan a seguir investigando este tema que, por sus implicaciones ecológicas, económicas y sociales, es uno de nuestros mayores retos.

Buscando aminorar las emisiones de carbono, el artículo «Potential of hydrogen blends» revisa las posibilidades que ofrece el hidrógeno para hacer más eficiente el uso de combustibles fósiles como el GLP. Los autores analizan, cuantitativa y cualitativamente, la eficiencia de los procesos de combustión y comparan tres experimentos con el fin de encontrar soluciones más amigables con el ambiente.

Otra forma de reducir el impacto de las actividades humanas es hacer un mejor uso de la electricidad. Para ello, los autores del artículo «Plataforma de gestión de energía al interior del hogar» sugieren empezar por casa. Echando mano de tecnología al alcance de todos, proponen emplear aplicaciones móviles para medir el consumo de energía eléctrica, prevenir dispendios y optimizar su uso.

En un trabajo de suma importancia para el México actual, Jesús Mijangos retoma el debate que se dio en junio de 2023 entre los ministros de la Suprema Corte Arturo Zaldívar y Norma Piña. La cuestión es si tienen mayor legitimidad los funcionarios que son elegidos de manera directa por la población o si hay espacios de la administración pública en los que es preferible contar con personas altamente calificadas cuyo juicio no se vea empañado por intereses electorales. Este análisis es vital para entender los efectos que podrían tener los cambios al Poder Judicial durante el próximo Gobierno federal.

Por último, Aldo Chiquini nos ofrece una revisión de la literatura que existe en torno al tema del uso terapéutico de alucinógenos para tratar diversos trastornos mentales. Señala que estos tratamientos muy pronto podrían estar disponibles en México, donde no se han realizado estudios suficientes, y advierte que es importante conocer sus implicaciones tanto en la microdosificación como en la psicoterapia asistida por psicodélicos.

► Microdosing and psychedelic-assisted psychotherapy (PAP). A narrative review on «innovative therapies»



# MICRODOSIFICACIÓN Y psicoterapia asistida por psicodélicos (PAP)

REVISIÓN NARRATIVA SOBRE LAS «TERAPIAS INNOVADORAS»

Por:  Aldo Chiquini Zamora

Chiquini Zamora, A. (2024). Microdosificación y psicoterapia asistida por psicodélicos (PAP). Revisión narrativa sobre las «terapias innovadoras».

*Entorno UDLAP*, 22

 **Recibido:** 21 de noviembre de 2023  **Aceptado:** 25 de febrero de 2024



## RESUMEN

Se prevé que la asistencia terapéutica y clínica en salud mental se acompañe con dosis de alucinógenos muy pronto en países europeos y Estados Unidos. En México no existe investigación ni información fidedigna al respecto y, por tales razones, se ha adoptado la práctica de la autoingesta de alucinógenos con fines psicoterapéuticos, sin conocer los efectos y cómo es que funciona. Por ello, resulta importante, primero, reconocer que hay una dicotomía: microdosificación y psicoterapia asistida por psicodélicos (la primera hace referencia a dosis regulares en microgramos; la segunda, a dosis más altas, con máximo tres tomas espaciadas entre sí por semana y con acompañamiento terapéutico). Finalmente, conocer cómo funcionan estas estrategias para la salud mental, qué investigación existe que respalde su viabilidad y sus posibles efectos paradójicos.

## PALABRAS CLAVE

Microdosificación · Psicoterapia asistida por psicodélicos · PAP · Terapias innovadoras · Alucinógenos

## ABSTRACT

It is anticipated that therapeutic and clinical assistance in mental health will soon be accompanied by doses of hallucinogens in European countries and the U.S. In Mexico, there is no research or reliable information on this matter, and for such reasons, the practice of self-ingestion of hallucinogens for psychotherapeutic purposes has been adopted, without understanding the effects and how it works. Therefore, it is important to first recognize that there is a dichotomy: microdosing and psychedelic-assisted psychotherapy (the former refers to regular doses in micrograms; the latter, to higher doses, with a maximum of three spaced-out intakes over week and with therapeutic accompaniment). And then, learn how these strategies work for mental health, what research exists to support their viability and their possible paradoxical effects.

## KEYWORDS

Microdosing · Psychedelic-Assisted Therapy · PAP · Innovative therapies · Hallucinogens



## INTRODUCCIÓN

Para 2025-2026 (o antes) se prevé que la asistencia terapéutica y clínica en salud mental se acompañe con dosis de alucinógenos (altas, medias, bajas o muy bajas), ya sea para mejorar el bienestar diario o para contrarrestar psicopatologías crónicas (en países europeos, EE. UU. y Australia, donde ya es legal). Actualmente, y debido a la divulgación de diversos estudios sobre dichas «terapias innovadoras» en México, la cultura popular ha ido adoptando diversas ideas, prácticas y recomendaciones al respecto, sin considerar información puntual que puede ser determinante —al menos de manera inicial— para la ingesta de alucinógenos de forma terapéutica o con el fin de obtener bienestar emocional cotidiano. Por ello, el propósito del presente artículo es mostrar una revisión narrativa sucinta que permita identificar aspectos clave: a) ¿para qué es?, b) ¿cómo funciona?, c) ¿qué tan seguro es?, y d) ¿qué investigaciones existen al respecto?

Existe una dicotomía fundamental: microdosificación y psicoterapia asistida por psicodélicos (PAP). La primera hace referencia a usar de manera frecuente dosis muy bajas (Bershad, 2023), sin perjudicar el funcionamiento «normal» de la persona (Kuypers *et al.*, 2019) para conseguir estados de bienestar emocional en sujetos que no padecen cuadros clíni-

cos; la segunda es una intervención con dosis más altas, pero con un consumo muy reducido (tres a cuatro ingestas en intervalos de tiempo prolongados) (Haikazian *et al.*, 2023) que se utiliza en pacientes con cuadros clínicos crónicos, prolongados y severos como trastorno por estrés postraumático, episodios depresivos mayores crónicos, enfermedades potencialmente graves, ansiedad social en TEA (trastornos del espectro autista), trastornos obsesivos compulsivos, depresión resistente al tratamiento, depresión mayor moderada a grave (unipolar y resistente al tratamiento), trastorno depresivo mayor de moderado a grave de larga evolución, depresión y ansiedad en pacientes con cáncer potencialmente mortal, trastornos por consumo de tabaco y alcohol, pacientes con Parkinson, enfermedad celíaca, enfermedad de Bechterew y tuberculosis multirresistente (Correa da Costa *et al.*, 2022).

Para dibujar con claridad el uso de miligramos y microgramos (tanto para la microdosificación como para la PAP) utilizados, respectivamente, la tabla 1 tiene el objetivo de mostrar las dosis normalmente utilizadas en los diversos estudios.

Asimismo, en las tablas 2, 3 y 4 se describen, de manera general, algunas características (las cuales se presentan de manera más evidente en dosis medias y altas) de los tres principales alucinógenos utilizados en estas «terapias innovadoras».

**Tabla 1. Dosis utilizadas normalmente.**

Sustancia	Uso de microdosificación reportado	Promedio de uso en psicoterapia asistida por psicodélicos (de dos a tres dosis, medias o altas, en tres intervenciones clínicas espaciadas por dos o tres semanas)			
		Microdosis	Dosis muy baja	Dosis baja	Dosis media
LSD <sup>1</sup>	De 10 a 25 µg <sup>2</sup>	De 30 a 40 µg	De 60 a 110 µg	150 µg	200 µg
Psilocibina <sup>3</sup>	<1 mg	De 3 a 15 mg	8 mg	15 mg	22 mg
MDMA <sup>4</sup>	6 mg	10 mg	20 mg	De 30 a 50 mg	De 80 a 150 mg

**Fuente:** Kuypers *et al.*, 2019; Correa da Costa *et al.*, 2022.

1 Dietilamida de ácido lisérgico (LSD, por sus siglas en inglés). Es una sustancia psicodélica semisintética que se obtiene de la ergolina y produce efectos psicotrópicos.

2 Microgramo (µg) es una unidad de masa del sistema métrico, la cual equivale a una millonésima parte (1 x 10<sup>-6</sup>). Es una medida que, normalmente, se utiliza en el laboratorio a través de una balanza analítica.

3 Alcaloide triptamínico. Es producida por alrededor de 200 especies de hongos.

4 Metilendioxi-metanfetamina, generalmente conocida como éxtasis, es una droga perteneciente a la familia de las anfetaminas sustituidas.

Tabla 2. LSD.

Principales efectos hormonales	Efectos fisiológicos	Efectos psicológicos	Indicaciones clínicas primarias	Indicaciones clínicas secundarias
<p>Aumento leve o moderado de cortisol, prolactina y oxitocina en dosis altas.</p>	<p>Ejerce efectos simpáticos, anticolinérgicos, cardiovasculares, gastrointestinales, respiratorios y neurológicos. Los cambios más frecuentes que se presentan son dilatación de las pupilas (midriasis), aumento de la frecuencia cardíaca y de la temperatura corporal, entumecimiento, temblores, náuseas, sensación de debilidad en el cuerpo y pérdida del apetito (Fernández y Hernández, 2003).</p>	<p>Afectación del campo sensorial, emocional y cognitivo: ilusiones, alucinosis, sinestesias y alteraciones sobre la percepción del tiempo y el espacio (Passie <i>et al.</i>, 2008); inestabilidad y susceptibilidad, y labialidad emocional (Fernández y Hernández, 2003); crisis de ansiedad y ataques de pánico (Solé, 2003); déficit atencional y de memoria (Fernández y Hernández, 2003); hipermnesia (Jadhav <i>et al.</i>, 2017); pensamientos paranoides y psicóticos (en menor frecuencia) (National Institute on Drug Abuse, 2019).</p>	<p>Ansiedad, depresión, cefalea en racimos, ansiedad asociada con enfermedad potencialmente mortal.</p>	<p>Trastorno por consumo de alcohol, adicción a la nicotina y los opioides.</p>

Tabla 3. Psilocibina.

Principales efectos hormonales	Efectos fisiológicos	Efectos psicológicos	Indicaciones clínicas primarias	Indicaciones clínicas secundarias
<p>Aumento leve o moderado de cortisol y prolactina en dosis altas.</p>	<p>Normalmente se presenta, en dosis altas, un breve aumento en la presión arterial (insuficiente para considerarse un peligro). También existe un pequeño aumento en los niveles de las hormonas estimulantes de la tiroides (TSH), prolactina, cortisol y hormona adrenocorticotrópica (Haslar <i>et al.</i>, 2004).</p>	<p>Altera el estado de ánimo, la percepción y la cognición. Hay un incremento de la introspección y se induce un estado de desrealización, ensueño, ilusión, alucinaciones y sinestesia. Déficit atencional y una hiperestimulación sobre objetos visuales simultáneos (Carter <i>et al.</i>, 2005, p. 500). Existe una intensificación de los sentimientos, relajación muscular, euforia y grandiosidad (Griffiths <i>et al.</i>, 2006, p. 270); en la mayoría de los casos hay una experimentación agradable de la alteración en el estado de ánimo, aunque se reportan estados de pánico o disforia (Passie <i>et al.</i>, 2009).</p>	<p>Depresión, ansiedad, angustia por enfermedades terminales, trastorno por consumo de alcohol, trastorno obsesivo compulsivo, depresión resistente al tratamiento, depresión mayor y resistente al tratamiento y relacionada con el cáncer.</p>	<p>Duelo, adicción a la nicotina y opioides, trastorno obsesivo compulsivo, anorexia.</p>

Tabla 4. MDMA.

Principales efectos hormonales	Efectos fisiológicos	Efectos psicológicos	Indicaciones clínicas primarias	Indicaciones clínicas secundarias
<p>Aumento significativo de la oxitocina; aumento modesto de cortisol y prolactina.</p>	<p>Incremento en la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca, náuseas, escalofríos, sudoración, hipertermia, temblor, trismo, bruxismo, hiperreflexia, tensión muscular, sofocos e insomnio. Un síntoma que denota toxicidad aguda inducida por un consumo elevado es la hipertermia, lo que, muchas veces, conduce a la muerte. Y, a partir de la hipertermia, si el paciente no muere, puede presentar rabdomiólisis, coagulación intravascular diseminada y fallo renal agudo, así como efectos neurológicos como hemorragia subaracnoidea o intracraneal, así como infarto cerebral y trombosis (Colado, 2008, p. 177).</p>	<p>Apertura emocional, sensación de reducción de pensamientos negativos, conductas de inhibición, producción de logorrea e incremento en el estado de alerta. También hay efectos adversos como síntomas depresivos, irritabilidad, ataques de pánico, alucinaciones visuales e ideas paranoides (Colado, 2008, p. 177).</p>	<p>Trastorno por estrés postraumático, ansiedad y depresión por enfermedad potencialmente mortal, ansiedad social.</p>	<p>Ansiedad generalizada, depresión, anorexia y otros trastornos alimentarios.</p>



### Microdosificación

El consumo en bajas cantidades ha reportado de manera narrativa (y con muy escaso sustento empírico y clínico) (Bershad, 2023) experiencias de mejora en el estado de ánimo (Polito y Liknaitzky, 2022), ligero incremento de la energía (Hutten *et al.*, 2019), mejor conexión interpersonal, estimulación cognitiva, mejor afrontamiento de situaciones negativas y aumento de la conexión social (Beaton *et al.*, 2020).

El estudio cualitativo realizado por Anderson *et al.* (2019) sobre los beneficios y desafíos de la microdosis, aplicado a 278 personas que tuvieron experiencia prolongada con microdosis de LSD (n = 195), psilocibina (n=50) y MDMA (n = 33), describe los efectos ilustrados en la figura 1 y las tablas 5 y 6.

Kuypers *et al.* (2019) mencionan que un asunto preocupante en la microdosificación

con psilocibina es el potencial efecto adverso (incluso grave) de valvulopatías cardiacas<sup>51</sup> debido a la activación repetida de los receptores de serotonina 5-HT<sub>2B</sub>, que la psilocibina activa junto con muchos otros receptores de serotonina. Y sobre la microdosis con LSD, los autores mencionan que, en repetidas dosis (durante un par de meses), normalmente se producen cambios de comportamiento negativos persistentes (que incluso duran un poco después de terminar la dosificación), los cuales incluyen agresión, apariencia desaliñada, anhedonia e hiperreactividad.

<sup>5</sup> Valvulopatía es una alteración patológica de una válvula, por lo tanto, una valvulopatía cardiaca es una disfunción de una de las válvulas del corazón.

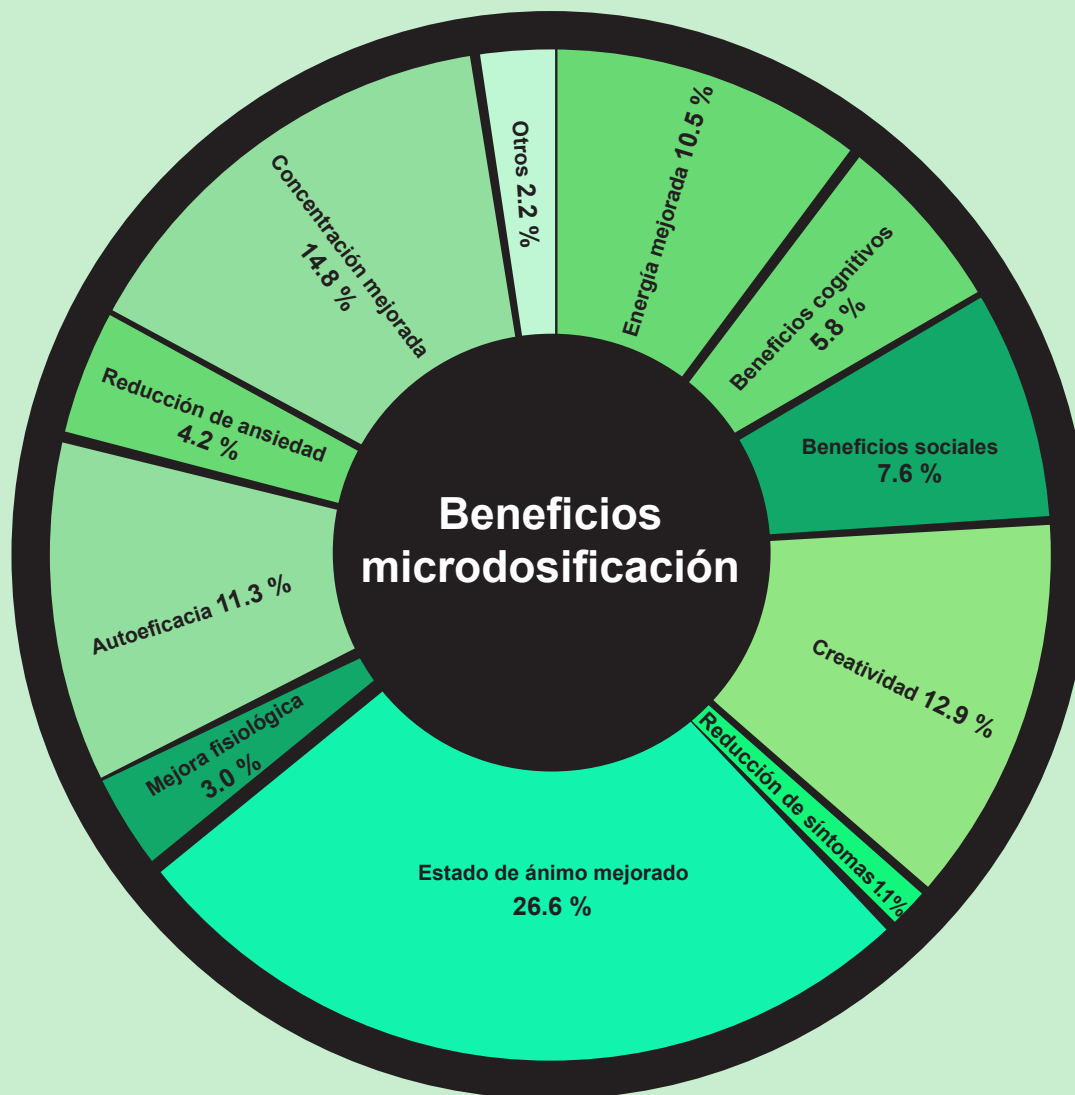


Figura 1. Efectos de la microdosificación, descritos por Anderson *et al.* (2019).



Tabla 5. Categorías de beneficio.

Porcentaje de participantes	Concepto	Descripción
26.6	Estado de ánimo mejorado	Felicidad, bienestar, paz, calma y reducción de los síntomas depresivos. También se incluyen informes sobre perspectivas mejoradas, apreciación de la vida, optimismo, conocimientos espirituales y emocionales, y estar más en contacto con las emociones.
14.8	Concentración mejorada	Concentración, conciencia consciente, atención plena y un mayor compromiso y atención.
12.9	Creatividad	Procesos metacreativos, por ejemplo, perspectivas cambiantes, pensamiento divergente, curiosidad y apertura.
11.3	Autoeficacia	Autoeficacia (motivación/ambición, productividad, confianza, sentido de agencia) y autocuidado (introspección, meditación y otros comportamientos que facilitan la salud mental).
10.5	Energía mejorada	Estado de alerta, la vigilia y la estimulación.
7.6	Beneficios sociales	Habilidades que facilitan la socialización, como la extraversión, la empatía, el sentido de conexión y la fluidez verbal.
5.3	Reducción de ansiedad y otros síntomas	Reducción de la ansiedad y la ansiedad social. Disminución en síntomas de malestar emocional general.
3.0	Mejora fisiológica	Mejora de los sentidos (especialmente la visual), la resistencia cardiovascular, la calidad del sueño y la reducción de las migrañas y/o dolores de cabeza.
5.8	Beneficios cognitivos	Mejora en la metacognición, en la claridad para realizar planes y mejor procesamiento en situaciones estresantes.

Tabla 6. Categorías de desafío.

Porcentaje de participantes	Concepto	Descripción
29.2	Ilegalidad	Códigos relacionados con la ilegalidad de sustancias psicodélicas en microdosis y situaciones relacionadas con las consecuencias de lo ilegal.
18.0	Malestar fisiológico	Alteración de los sentidos (visual), desregulación de la temperatura, entumecimiento/hormigueo, insomnio, malestar gastrointestinal, reducción del apetito y aumento de migrañas y/o dolores de cabeza.
8.8	Atención deteriorada	Falta de concentración y distracción.
6.7	Incremento de ansiedad	Aumento de ansiedad general, social y existencial.
7.2	Energía deteriorada	Inquietud, nerviosismo, fatiga, somnolencia y confusión mental.
6.7	Estado de ánimo deteriorado	Tristeza, descontento, irritabilidad, cambios de humor, sobreemocionalidad y miedo inusual.
2.6	Interferencia social	Incomodidad y dificultad para la producción de oraciones en entornos sociales.

Tabla 6. Categorías de desafío.

Porcentaje de participantes	Concepto	Descripción
2.3	Interferencia cognitiva	Confusión, desorientación, pensamientos acelerados y mala memoria.
1.2	Autointerferencia	Disociación, despersonalización rumiación y sobreanálisis.
6.7	Incremento de síntomas	Aumento de sensaciones de ansiedad, estrés o pánico.

### Psicoterapia asistida por psicodélicos (PAP)

La psicoterapia asistida por psicodélicos se está volviendo un enfoque alternativo muy prometedor para el tratamiento de la salud mental (Andersen *et al.*, 2021). Ya que, a diferencia de los enfoques convencionales, se ha ido demostrando mucha mayor eficacia (Nutt *et al.*, 2023). Y, al respecto, lo que sabemos actualmente es que:

- La psilocibina, el LSD y el MDMA (psicodélicos clásicos de la serotonina) actúan estimulando el receptor 5-HT<sub>2A</sub>, ya que son agonistas de los receptores (y no antagonistas, como muchos recapturadores de serotonina y antidepresivos, es decir, las moléculas coinciden y eso hace que los alucinógenos traspasen la barrera hematoencefálica<sup>6</sup> [a diferencia de los medicamentos]).
- Dicha estimulación del receptor 5-HT<sub>2A</sub> normalmente conduce a una alteración de la conciencia con alucinaciones a través de los mecanismos sensoriales y alteración del sentido de uno mismo y otros conceptos (en dosis que no son micro).
- Dichos cambios en la conciencia se logran debido a una profunda interrupción de la sincronización eléctrica de la corteza cerebral, lo que produce un estado «entrópico».
- Tal estado de entropía suele caracterizarse por disminuciones en la segregación/modularidad entre redes y aumentos en la conectividad entre redes cerebrales.
- Se ha demostrado que dichos alucinógenos (psilocibina, LSD y MDMA) mejoran el estado de ánimo en personas con cuadros depresi-

vos crónicos, moderados y altos, solo unas horas después de una sola dosis (dichos efectos suelen perdurar durante meses). Y esto sucede debido a que hay una mayor conectividad a través de la corteza (modularidad reducida).

- Estos psicodélicos (psilocibina, LSD y MDMA) no producen dependencia física ni síndrome de abstinencia con el uso repetido (en microdosificación).
- Reducen la actividad de la red neural por defecto (al reducirse la red neural, la visión de la realidad se vuelve más amplia, lo que se traduce en un cambio significativo de la conciencia, una experiencia de mayor conexión y la ampliación del periodo refractario).

Asimismo, los psicodélicos utilizados en la PAP parecen aumentar la neuroplasticidad (Ly *et al.*, 2018; de Vos *et al.*, 2021; Hutten *et al.*, 2021) y la sensibilidad o sugestionabilidad ambiental (Carhart-Harris *et al.*, 2015; Carhart-Harris y Nutt, 2017; Carhart-Harris y Friston, 2019), tanto en la propia sesión de dosificación como en los siguientes días (Majić *et al.*, 2015). Por decirlo de alguna forma, los psicodélicos utilizados en la PAP parecen abrir una ventana de flexibilidad (Kuypers *et al.*, 2016) que tiene una tendencia para relajar los niveles previos superiores de malestar psicológico (Carhart-Harris *et al.*, 2018b; Carhart-Harris y Friston, 2019). En el contexto de la psicoterapia, esto representa una oportunidad mucho más amplia a la hora de modificar conductas rígidas, patrones de pensamiento y reacciones emocionales.

Las tablas 7, 8 y 9 presentan, de manera sucinta, diversos estudios realizados en torno a dichas sustancias y los resultados obtenidos, para poder dibujar el potencial clínico de la PAP y sus resultados favorables.

<sup>6</sup> Es una red de vasos sanguíneos y tejido compuesta de células muy juntas que impiden el paso de sustancias dañinas, bacterias y muchos de los medicamentos. De manera regular, esta barrera solo permite que sustancias como el agua, el oxígeno, el dióxido de carbono y los anestésicos generales lleguen al encéfalo.



Tabla 7. Estudios utilizando MDMA.

Autor	Participantes	Objetivo terapéutico	Resultados
Mithoefer <i>et al.</i> , 2011	23	Trastorno por estrés postraumático (TEPT)	Reducción significativa de los síntomas
Mithoefer <i>et al.</i> , 2018	26	TEPT	Reducción significativa en síntomas graves
Mitchell <i>et al.</i> , 2021	90	TEPT	Reducción significativa en sintomatología grave
Ot'abora <i>et al.</i> , 2018	28	TEPT	Reducción significativa en síntomas
Wolfson <i>et al.</i> , 2020	18	Ansiedad y otros trastornos psicológicos relacionados con enfermedades potencialmente mortales	Reducción significativa en sintomatología
Jerome <i>et al.</i> , 2020	105	TEPT	Reducción significativa en síntomas graves
Danforth <i>et al.</i> , 2018	12	Ansiedad social en TEA (trastorno del espectro autista)	Mejora rápida y duradera en los síntomas

Tabla 8. Estudios utilizando psilocibina.

Autor	Participantes	Objetivo terapéutico	Resultados
Moreno <i>et al.</i> , 2006	9	Trastorno obsesivo compulsivo (TEPT)	Reducción significativa de los síntomas
Rosemann <i>et al.</i> , 2018	20	Depresión resistente al tratamiento	Reducción significativa en síntomas graves y mejoras rápidas y duraderas
Carhart-Harris <i>et al.</i> , 2016	12	Depresión mayor moderada a grave, unipolar, resistente al tratamiento	Reducción significativa en sintomatología grave. Mejoras marcadas y sostenidas en la ansiedad y la anhedonia
Carhart-Harris <i>et al.</i> , 2021	59	Trastorno depresivo mayor de moderado a grave de larga evolución	Reducción significativa en síntomas
Griffiths <i>et al.</i> , 2016	51	Depresión y ansiedad en pacientes con cáncer potencialmente mortal	Reducción significativa en sintomatología
Ross <i>et al.</i> , 2016	29	Ansiedad y depresión relacionadas con el cáncer	Reducción significativa en síntomas graves
Johnson <i>et al.</i> , 2014	15	Trastorno por consumo de tabaco	Abstinencia prevalente

**Tabla 8. Estudios utilizando psilocibina.**

Autor	Participantes	Objetivo terapéutico	Resultados
Bogenschutz <i>et al.</i> , 2015	10	Trastorno por consumo de alcohol	Abstinencia prolongada durante más de cinco semanas
Grob <i>et al.</i> , 2011	12	Ansiedad y depresión asociados con cáncer en estadio avanzado	Reducción significativa en síntomas graves
Carhart-Harris <i>et al.</i> , 2018a	12	Depresión resistente al tratamiento	Reducción significativa en síntomas graves

**Tabla 9. Estudios utilizando LSD.**

Autor	Participantes	Objetivo terapéutico	Resultados
Gasser <i>et al.</i> , 2014	12	Ansiedad asociada con una enfermedad potencialmente mortal	Reducción significativa de los síntomas
Schmid <i>et al.</i> , 2018	16	Sujetos sanos	Actitudes positivas sobre la vida, cambios de humor positivos, cambios de comportamiento positivos

La estructura del proceso de la PAP es la siguiente:

#### Fase de preparación

- De entre dos a diez horas antes.
- Sirve para establecer la alianza terapéutica.
- Se utiliza para discutir cuestiones relevantes para los objetivos del paciente y el mecanismo de la sesión.
- Permite establecer intenciones claras.
- Ayuda a trabajar el *mindset* «confiar en la inteligencia curativa interior».
- Capacita al paciente en la adquisición de habilidades que le permitan integrarse mejor a la experiencia de la dosis con el psicodélico y la terapia en general.

#### Sesión

- Suelen durar entre 45 minutos y un máximo de ocho horas.
- Son supervisadas por uno o dos médicos.
- Antes de que comience el efecto se recuerdan las intenciones y se anima al paciente a prestar atención interiorizada.
- El terapeuta suele no ser directivo, es decir, apoya solo de manera verbal y no verbal durante los momentos difíciles (tocar, mecer, tomar de la mano, ofrecer sugerencias de técnicas de autorregulación aprendidas en la fase de preparación, aplicar ejercicios de respiración, etc.).

- Si la sesión es más directiva, los terapeutas animan a los pacientes a dirigir su atención a los problemas que se consideran relevantes para el tratamiento y apoyarlos en el proceso.

#### Integración

- Todos los conocimientos adquiridos durante la experiencia psicodélica se procesan y generalizan a la vida cotidiana.
- Se anima al paciente a comentar su experiencia o escribir un informe para consolidar recuerdos y promover la integración.

#### CONCLUSIONES

La utilización de psicodélicos como acompañamiento terapéutico marca un retorno a investigaciones previamente abandonadas y ofrece una opción para tratar trastornos mentales graves y crónicos, así como el uso cotidiano solo para mantener la salud mental. La participación de universidades reconocidas aporta confianza, pero también preocupación: por una parte, el que instituciones se vean involucradas genera cierto grado de certeza sobre sus efectos y potencial terapéutico; por otra, existe el riesgo de sobrevalorar el uso de psicodélicos y considerarlos una solución universal, similar a lo ocurrido con el Prozac. Esta situación alerta sobre la importancia de no olvidar los múltiples factores que influyen en el bienestar humano, como la

genética y el entorno. Es clave recordar que este tipo de «nuevas terapias» son complementarias y no soluciones completas.

De manera muy concreta, es importante aclarar que la microdosificación está en un punto exploratorio y que no se reportan estudios rigurosos al respecto. En lo poco estudiado, se hace referencia a que dosis bajas en personas adultas sanas parece ser segura, y esto se ha vinculado con una mejora en aspectos como la conectividad, la creatividad, la energía, la felicidad, la irritabilidad y el bienestar en los días de tratamiento. No obstante, algunos sujetos experimentaron una sobreestimulación que podía resultar en ansiedad. También se observaron cambios en la percepción de los participantes sobre mejoras en energía, felicidad y bienestar, aunque no se detectaron cambios significativos en el estado de ánimo o cognición tras seis semanas.

En lo que respecta a la psicoterapia asistida con psicodélicos, es importante mencionar algunas controversias encontradas en la PAP, como el hecho de algunos efectos paradójicos en individuos que se encuentran en un estado óptimo de salud, tanto física como mental. Según Paz (2021), los alucinógenos pueden imitar los síntomas de un episodio psicótico. A pesar de la falta de una vasta comprobación empírica, se menciona que la PAP puede ser beneficiosa para personas con trastornos psicopatológicos, especialmente debido a un déficit en el sistema serotoninérgico o problemas en la recaptación de serotonina, debido a que los alucinógenos actúan como agonistas, uniendo mejor al receptor 5-HT<sub>2A</sub> y cruzando la barrera hematoencefálica, a diferencia de los antidepresivos que solo incrementan la disponibilidad de serotonina en el espacio sináptico. Esto puede resultar en mejoras notables, las cuales podrían ser aún más pronunciadas en personas saludables. Por ejemplo, individuos con episodios crónico-depresivos y déficits de atención podrían encontrar regulación con la microdosificación. Sin embargo, en personas sin estos déficits, la microdosificación podría llevar a una hiperconcentración y, como resultado, a estados emocionales negativos.



### Aldo Chiquini Zamora

Maestro en Psicología Clínica con especialidad en Psicología de la Salud por la UDLAP. Director de la Escuela Superior de Ciencias y Humanidades. Conferenciante y tallerista nacional. Miembro titular de la Sociedad

Mexicana de Psicología A. C. Psicoterapeuta centrado en *mindfulness*, psicología oriental y neurociencia de las emociones.

[aldo.chiquiniza@udlap.mx](mailto:aldo.chiquiniza@udlap.mx)

## REFERENCIAS

- Andersen, K. A. A., Carhart-Harris, R., Nutt, D. J. y Erritzoe, D. (2021). Efectos terapéuticos de los psicodélicos serotoninérgicos clásicos: una revisión sistemática de los estudios clínicos de la era moderna. *Acta Psiquiátrica*, 143(2), 101-11.
- Anderson, T., Petranker, R., Christopher, A., Rosenbaum, D., Weissman, C., Dinh-Williams, L. A., Hui, K. y Hapke, E. (2019). Psychedelic microdosing benefits and challenges: an empirical codebook. *Harm Reduction Journal*, 16(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s12954-019-0308-4>
- Beaton, B., Copes, H., Webb, M., Hochstetler, A. y Hendricks, P. S. (2020). Contabilización de microdosis de psicodélicos clásicos. *J. Problemas de Drogas*, 50(1), 3-14.
- Bershad, A. K. (2023). Microdosis psicodélicas: ¿para qué sirve? *Biological Psychiatry, Journal of Psychiatric Neuroscience and Therapeutics*, 94(6), E23-E24.
- Bogenschutz, M. P., Forchimes, A. A., Pommy, J. A., Wilcox, C. E., Barbosa, P. y Strassman, R. J. (2015). Tratamiento asistido por psilocibina para la dependencia del alcohol: un estudio de prueba de concepto. *J. Psicofarmacología*, 29(3), 289-299.
- Carhart-Harris, R. L., Bolstridge, M., Day, C. M. J. et al. (2018a). Psilocibina con apoyo psicológico para la depresión resistente al tratamiento: seguimiento de seis meses. *Psicofarmacología*, 235, 399-408.
- Carhart-Harris, R. L., Bolstridge, M., Rucker, J., Day, C., Erritzoe, D., Kaelen, M., Bloomfield, M., Rickard, J. A., Forbes, B., Feilding, A., Taylor, D., Pilling, S., Curran, V. H. y Nutt, D. J. (2016). Psilocibina con apoyo psicológico para la depresión resistente al tratamiento: un estudio de viabilidad de etiqueta abierta. *Lancet Psychiatry*, 3(7), 619-627.
- Carhart-Harris, R. L., Kaelen, M., Whalley, M. G., Bolstridge, M., Feilding, A. y Nutt, D. J. (2015). El lsd mejora la sugestionabilidad en voluntarios sanos. *Psicofarmacología* 232, 785-794. doi: 10.1007/s00213-014-3714-z
- Carhart-Harris, R. L., Roseman, L., Haijen, E., Erritzoe, D., Watts, R., Branchi, I., et al. (2018b). Psicodélicos y la importancia esencial del contexto. *J. Psicofarmacología*, 32, 725-731. doi: 10.1177/0269881118754710
- Carhart-Harris, R. L. y Friston, K. J. (2019). REBUS y el cerebro anárquico: hacia un modelo unificado de la acción cerebral de los psicodélicos. *Farmacología*, 71, 316-344. doi: 10.1124/pr.118.017160
- Carhart-Harris, R., Giribaldi, B., Watts, R., Baker-Jones, M., Murphy-Beiner, M., Murphy, R. et al. (2021). Ensayo de psilocibina versus escitalopram para la depresión. *N. Engl. J. Med.*, 384(15), 1402-1411.
- Carhart-Harris, R. y Nutt, D. (2017). Serotonina y función cerebral: una historia de dos receptores. *J. Psicofarmacología*, 31, 1091-1120. doi: 10.1177/0269881117725915
- Carter, O. L., Burr, D. C., Pettigrew, J. D., et al. (2005). Using psilocybin to investigate the relationship between attention, working memory and the serotonin 1A and 2A receptors. *J. Cogn Neurosci*, 17, 497-508.
- Colado, M. I. (2008). Éxtasis (MDMA) y drogas de diseño: estructura, farmacología, mecanismos de acción y efectos en el ser humano. *Trastornos Adictivos*, 10(3), 175-182. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575097308763645>
- Correa da Costa, S., Oesterle, T., Rummans, T. A. Richelson, E. y Gold, M. (2022). Psychedelic drugs for psychiatric disorders, *Journal of the Neurological Sciences*, 440, 120332. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120332>
- Danforth, A. L., Grob, C. S., Struble, C., Feduccia, A. A., Walker, N., Jerome, L. et al. (2018). Reducción de la ansiedad social después de la psicoterapia asistida por mdma con adultos autistas: un estudio piloto aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo. *Psicofarmacología*, 235(11), 3137 - 3148.

- Fernández, P. L. y Hernández, I. L. (2003). Características farmacológicas de las drogas recreativas (MDMA y otras anfetaminas, Ketamina, GHB, LSD y otros alucinógenos). *Adicciones*, 15(2). <https://www.adicciones.es/index.php/adicciones/article/view/453/449>
- Gasser, P., Kirchner, K. y Passie, T. (2014). Psicoterapia asistida por LSD para la ansiedad asociada con una enfermedad potencialmente mortal: un estudio cualitativo de efectos subjetivos agudos y sostenidos. *J. Psicofarmacología*, 29(1), 57-68.
- Griffiths, R. R., Johnson, M. W., Carducci, M. A., Umbricht, A., Richards, W. A., Richards, B. D. et al. (2016). La psilocibina produce disminuciones sustanciales y sostenidas en la depresión y la ansiedad en pacientes con cáncer potencialmente mortal: un ensayo aleatorizado doble ciego. *J. Psychopharmacol*, 30(12), 1181-1197.
- Griffiths, R. R., Richards, W. A., McCann, U., et al. (2006). Psilocybin can occasion mystical-type experiences having substantial and sustained personal meaning and significance. *Psychopharmacology*, 187, 268-83.
- Grob, C. S., Danforth, A. L., Chopra, G. S., et al. (2011). Estudio piloto del tratamiento con psilocibina para la ansiedad en pacientes con cáncer en etapa avanzada. *Arch Gen Psychiatry*, 68, 71-78.
- Haikazian, S., Johnson, D. E., et al. (2023). Psilocybin-assisted therapy for depression: A systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Research*, 329, 115531. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2023.115531>
- Haslar, F., Grimberg, U., Benz, M. A., Huber, T. y Vollenweider, F. X. (2004). Efectos psicológicos y fisiológicos agudos de la psilocibina en humanos sanos: un estudio de efecto de dosis doble ciego controlado con placebo. *Psicofarmacología*, 172, 145-156.
- Hutten, N. R. P. W., Mason, N. L., Dolder, P. C., Theunissen, E. L., Holze, F., Liechti, M. E., et al. (2021). Dosis bajas de LSD aumentan de forma aguda los niveles plasmáticos de BDNF en sangre en voluntarios sanos. *ACS Pharmacol*, 4, 461-466. doi: 10.1021/acspsci.0c00099
- Hutten, N., Mason, P., Dolder, K. Kuypers Motivos y efectos secundarios de las microdosis de psicodélicos entre los usuarios. *J. Neuropsicofarmacol*, 22(7) (2019), 426-434.
- Jadhav, S. U., Ghatage, T. S. y Thanekar, A. M. (2017). A Brief Review of Chemistry and Pharmacology of Lysergic Acid Diethylamide. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 10(12), 4415-4422. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-360X.2017.00814.9>
- Jerome, L., Feduccia, A. A., Wang, J. B., Hamilton, S., Yazar-Klosinski, B., Emerson, A. et al. (2020). Resultados de seguimiento a largo plazo de la psicoterapia asistida por MDMA para el tratamiento del TEPT: un análisis longitudinal combinado de seis ensayos de fase 2. *Psicofarmacología*, 237(8), 2485-2497.
- Kuypers, K. P. C., Riba, J., de la Fuente Revenga, M., Barker, S., Theunissen, E. L. y Ramaekers, J. G. (2016). La ayahuasca mejora el pensamiento divergente creativo al tiempo que disminuye el pensamiento convergente convencional. *Psicofarmacología*, 233, 3395-3403. doi: 10.1007/s00213-016-4377-8
- Kuypers, K. P., Ng, L., Erritzoe, D., Knudsen, G. M., Nichols, C. D., Nichols, D. E., Pani, L., Soula, A., y Nutt, D. (2019). Microdosing psychedelics: More questions than answers? An overview and suggestions for future research. *Journal of psychopharmacology (Oxford, England)*, 33(9), 1039-1057. <https://doi.org/10.1177/0269881119857204>
- Ly, C., Greb, A. C., Cameron, L. P., Wong, JM, Barragán, E. V., Wilson, P. C., et al. (2018). Los psicodélicos promueven la plasticidad neuronal estructural y funcional. *Representante celular*, 23, 3170-3182. doi: 10.1016/j.celrep.2018.05.022
- Majić, T., Schmidt, T. T. y Gallinat, J. (2015). Experiencias cumbre y fenómeno de resplandor: ¿cuándo y cómo dependen los efectos terapéuticos de los alucinógenos de las experiencias psicodélicas? *J. Psicofarmacología*, 29, 241-253. doi: 10.1177/0269881114568040
- Mithoefer, M. C., Mithoefer, A. T., Feduccia, A. A., Jerome, L., Wagner, M., Wymer, J., Holland, J., Hamilton, S., Yazar-Klosinski, B., Emerson, A. y Doblin, R. (2018). Psicoterapia asistida por 3,4-metilendioximetanfetamina (MDMA) para el trastorno de estrés postraumático en veteranos militares, bomberos y agentes de policía: un ensayo clínico de fase 2 aleatorizado, doble ciego, dosis-respuesta. *The Lancet Psychiatry*, 5(6), 486-497.
- Mithoefer, M. C., Wagner, M. T., Mithoefer, A. T., Jerome, L. y Doblin, R. (2011). La seguridad y eficacia de la psicoterapia asistida por  $\pm$ 3,4-metilendioximetanfetamina en sujetos con trastorno de estrés postraumático crónico resistente al tratamiento: el primer estudio piloto controlado aleatorio. *J. Psychopharmacol*, 25(4), 439-452.
- Mitchell, J. M., Lilienstein, A., Harrison, C., Kleiman, S., Parker-Guilbert, K. et al. (2021). Terapia asistida por MDMA para el TEPT grave: un estudio de fase 3 aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo. *Nat. Medicina*, 27(6), 1025-1033.
- Moreno, F. A., Wiegand, C. B., Taitano, E. K. y Delgado, P. L. (2006). Seguridad, tolerabilidad y eficacia de la psilocibina en 9 pacientes con trastorno obsesivo-compulsivo. *J. Clin. Psiquiatría*, 67(11), 1735-1740.
- National Institute on Drug Abuse. (2019). Los alucinógenos-Drug Facts. <https://www.drugabuse.gov/es/publicaciones/drugfacts/los-alucinogenos>
- National Institute on Drug Abuse. (2020). Hallucinogens and dissociative drugs. Research Report. From the Director | National Institute on Drug Abuse (NIDA).
- Nutt, D., Spriggs, M. y Erritzoe, D. (2023). Psychedelics therapeutics: What we know, what we think, and what we need to research. *Neuropharmacology*, 223. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028390822003161?pes=vor#bib36>
- Ot'álora, G. M., Grigsby, J., Poulter, B., et al. (2018). Psicoterapia asistida por 3,4-metilendioximetanfetamina para el tratamiento del trastorno de estrés postraumático crónico: un ensayo controlado aleatorizado de fase 2. *Revista de Psicofarmacología*, 32(12), 1295-1307.
- Passie, T., Halpern, J., Stichtenoth, D., Emrich, H., y Hintzen, A. (2008). The Pharmacology of Lysergic Acid Diethylamide. *CNS Neurosciences & Therapeutics*, 14, 295-314. <https://doi.org/10.1111/j.1755-5949.2008.00059.x>
- Passie, T., Seifert, J., Wong, E. y Patel, J. K. (2009). «Langenfeld S. Drugs of abuse». En Aronson, J. K. (editor). *Side Effects of Drugs*. Amsterdam: Elsevier.
- Polito, V. y Liknaitzky, P. (2022). La ciencia emergente de las microdosis: una revisión sistemática de la investigación sobre psicodélicos en dosis bajas (1955-2021) y recomendaciones para el campo. *Neurosci Biobehav Rev.*, 104706.
- Roseman, L., Demetriou, L., Wall, M. B., Nutt, D. J. y Carhart-Harris, R. L. (2018). Aumento de las respuestas de la amígdala a las caras emocionales después de la psilocibina para la depresión resistente al tratamiento. *Neurofarmacología*, 142, 263 - 269.
- Ross, S., Bossis, A., Guss, J., Agin-Liebess, G., Malone, T., Cohen, B. et al. (2016). Reducción rápida y sostenida de los síntomas después del tratamiento con psilocibina para la ansiedad y la depresión en pacientes con cáncer potencialmente mortal: un ensayo controlado aleatorizado. *J. Psicofarmacología*, 30(12), 1165-1180.
- Schmid, Y. y Liechti, M. E. (2018). Efectos subjetivos duraderos del LSD en sujetos normales. *Psicofarmacología*, 235(2), 535-545.
- Solé, J. (2003). LSD y alucinógenos. *Adicciones*, 15(5), 179-198. <https://search.proquest.com/scholarly-journals/lsd-hallucinogens/doc-view/1609161664/se-2?accountid=14555>
- Wolfson, P. E., Andries, J., Feduccia, A. A., Jerome, L., Wang, J. B., Williams, E. et al. (2020). Psicoterapia asistida por MDMA para el tratamiento de la ansiedad y otros trastornos psicológicos relacionados con enfermedades potencialmente mortales: un estudio piloto aleatorizado. *Ciencia Rep.*, 10(1), 20442.

► Home energy management platform

Plataforma de

GESTIÓN

DE ENERGÍA

al interior del

HOGAR



Por:  Rafael Ordoñez Flores · Guadalupe Brito Sánchez · Luis Claudio García Santander  
· José Federico Casco Vásquez · Roberto Morales Caporal



Ordoñez Flores, R., Brito Sánchez, G., García Santander, L. C., Casco Vásquez, J. F. y Morales Caporal, R. (2024). Plataforma de gestión de energía al interior del hogar. *Entorno UDLAP*, 22

 **Recibido:** 3 de julio de 2023  **Aceptado:** 14 de marzo de 2024

## RESUMEN

En este trabajo se propone una plataforma para visualizar el consumo energético de una vivienda. Además de alertar sobre consumos excesivos a los usuarios, con el objetivo de reducir despilfarros de energía, esto ayudaría a disminuir el monto total a pagar de la factura de luz. Sin embargo, antes de proponer el uso de la plataforma, es indispensable contar con una previsión de variación de parámetros que afecten al consumo energético (condiciones climáticas externas, previsión de ocupación, factores económicos, etc.), información que servirá para detectar patrones de consumo y prever posibles grados de uso ineficiente.

## PALABRAS CLAVE

**Sistemas de gestión de edificios**

- **Eficiencia energética** • **Perfiles de consumo**
- **Visualización**

## ABSTRACT

This work proposes a platform to visualize the energy consumption of a home. In addition to alerting users about excessive consumption to reduce energy waste, this will help reduce the total amount to be paid on the electricity bill. However, before proposing the use of the platform, it is essential to have a forecast of the variation of parameters that affect energy consumption (external weather conditions, occupancy forecast, economic factors, etc.), information that will serve to detect consumption patterns and anticipate possible degrees of inefficient use.

## KEYWORDS

**Building management systems**

- **Energy efficiency** • **Consumption profiles**
- **Visualization**

## INTRODUCCIÓN

El consumo de energía eléctrica en viviendas y edificios representa el 40 % de la energía final a nivel mundial. Durante las últimas dos décadas, el consumo en estos sectores ha aumentado un 49 %, junto con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que crecieron un 43 % con un promedio de aumento anual del 2 % y el 1.8 %, respectivamente (Xu *et al.*, 2018). Por este motivo, mejorar el uso de energía en edificios significará también ahorros económicos y ambientales.

Una forma eficaz de reducir el gasto eléctrico en viviendas es a través de la visualización e información constante sobre el consumo, pues



**UNA FORMA EFICAZ DE REDUCIR EL GASTO ELÉCTRICO EN VIVIENDAS ES A TRAVÉS DE LA VISUALIZACIÓN E INFORMACIÓN CONSTANTE SOBRE EL CONSUMO, PUES DE ESTA MANERA LOS USUARIOS TIENEN LA CAPACIDAD DE GESTIONAR SU USO Y REDUCIR LOS DESPILFARROS ENERGÉTICOS.**

de esta manera los usuarios tienen la capacidad de gestionar su uso y reducir los despilfarros. La visualización de los consumos energéticos en viviendas tiene sus inicios en la década de los setenta. Tras la crisis energética, se comenzaron a buscar métodos para mejorar el gasto de energía, como lo señala el trabajo de Dobson (1992), el cual consistía en enviar diariamente a los hogares tarjetas que informaban de su consumo eléctrico. Esta simple medida consiguió una reducción en el consumo que osciló entre 1 % y 9 %.

### Planteamiento del problema

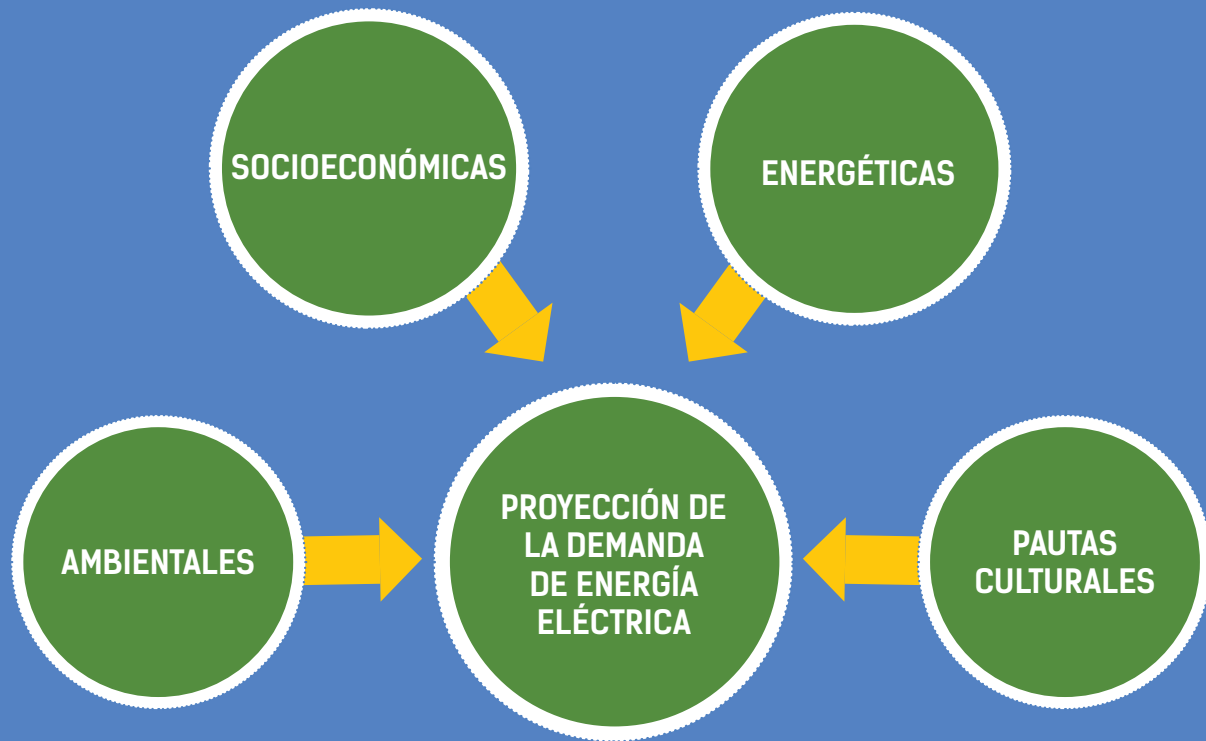
En México, los usuarios residenciales reciben una factura bimestral de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Esta factura detalla el consumo total en kilowatts-hora (kWh) y el monto correspondiente a pagar. Sin embargo, carece de información pormenorizada sobre el consumo energético diario y acumulativo durante el periodo de facturación.

Esta ausencia de información detallada puede conducir a un despilfarro de energía. En numerosas ocasiones, los dispositivos eléctricos permanecen encendidos sin que se les esté dando uso. Esto genera un consumo energético excesivo, lo que se traduce en una carga financiera adicional para los usuarios.

Por lo tanto, es esencial abordar esta problemática para fomentar un uso de la energía más eficiente y consciente. La implementación de una plataforma de monitoreo es una medida de ahorro energético pues contribuye a un consumo responsable y consciente.

### Solución propuesta

La información constante que se proporciona a los usuarios sobre sus consumos energéticos facilita la administración de su uso y la reducción del desperdicio eléctrico, de acuerdo con Fernández González (2015). De esta manera, los



**Figura 1.** Variables que afectan la curva de demanda.  
Fuente: elaboración propia.

ESTE ESTUDIO SE DISTINGUE DE LA MAYORÍA DE LA LITERATURA EXISTENTE AL PROPORCIONAR INFORMACIÓN CONSTANTE A LOS USUARIOS SOBRE SU CONSUMO ENERGÉTICO.

usuarios participan activamente en la gestión de su gasto eléctrico.

Este trabajo incorpora el uso de una plataforma para monitorear el consumo eléctrico en el interior de una vivienda. Hasta el momento, no existen precedentes que satisfagan las amplias necesidades de información sobre el consumo eléctrico diario y analicen el impacto de variables internas y externas que lo afectan. Por lo tanto, este estudio se distingue de la mayoría de la literatura existente al proporcionar información constante a los usuarios sobre su consumo energético, permitiéndoles administrar su uso y reducir el desperdicio eléctrico. Además, reconoce la influencia de variables internas y externas en el consumo eléctrico final.

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la primera sección se presenta información sobre variables internas y externas que inciden en un mayor consumo de energía eléctrica. Posteriormente, se muestran los perfiles típicos de consumo residencial y, por último, las conclusiones.

#### ◆◆ METODOLOGÍA

##### **Factores que afectan a la curva de demanda de energía eléctrica**

Según los estudios de Fernández González (2015) y Hancevic (2015), la eficiencia en la uti-

lización de la energía eléctrica se ve afectada, en distintos niveles, por ciertas características que se representan de manera esquemática en la figura 1 y se describen a continuación:

- Factores ambientales: incluyen el clima, la temperatura y la humedad.
- Variables socioeconómicas: se refieren al tamaño de la población, las condiciones edilicias, el uso del espacio y la situación económica.
- Aspectos energéticos: contemplan el acceso y abastecimiento, o no, de determinadas fuentes energéticas, el precio de la energía, los artefactos y equipos que la utilizan.
- Pautas culturales: corresponden a las costumbres y comportamientos de la sociedad en relación con el uso de la energía.

##### **Datos y aplicación de modelo**

Para la realización de esta investigación, se recopilaron datos de diversas viviendas ubicadas en el municipio de Cuapiaxtla, Tlaxcala. El modelo empleado para este estudio establece el grado de correlación entre las variables internas y externas y su impacto en el consumo eléctrico final. La identificación y el análisis de estas variables son fundamentales para la elaboración de perfiles de consumo pues se desea conocer la influencia de cada variable en el consumo

eléctrico. Para ello se implementó un modelo de regresión lineal múltiple, cuyos resultados se presentan en la ecuación 1.

Para este análisis,  $y$  es la variable dependiente (demanda eléctrica), y las variables independientes  $x_1, x_2, \dots, x_p$  son factores que influyen en la demanda (temperatura superficial, número de usuarios, precio de la energía, etc.),  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  son las incógnitas de las variables independientes y  $\epsilon$  el término de error aleatorio.

Posteriormente, los datos de la tabla 1 —recolectados personalmente a través de una encuesta siguiendo la metodología propuesta por Navajas (2011) y Hancevic (2015)— fueron analizados con apoyo de un *software* estadístico que permite ajustar el modelo de regresión con las variables propuestas que inciden en el consumo final de energía.

Para continuar con el análisis, es importante comprender los siguientes criterios, como sugieren Pindyck (2001) y Sweeney (2008).

1. Solo se pueden eliminar las variables con un valor  $p^1$  superior a 0.05, y esto debe hacerse de manera gradual, es decir, una por una. No es válido eliminar dos variables a la vez. Cuando se elimina una variable, se debe ajustar nuevamente el modelo sin incluirla.
2. En la tabla que muestra los valores de  $p$ , no se debe considerar el valor de la constante.
3. No se puede validar el modelo ni extraer ninguna información hasta que todas las variables tengan un valor de  $p$  igual o superior a 0.05.

Las tablas 2 a la 7 muestran el análisis de correlación de las variables propuestas. Se observa que en la tabla 2, la temperatura superficial ( $T_s$ ) tiene un valor de  $p = 0.877$ , por lo que se eliminará del modelo. Siguiendo esta metodología, se descartan los valores de  $p$  superiores a 0.05 de las variables hasta encontrar el modelo más adecuado.

En el análisis final, se evidencia que la variable  $NU$  (número de usuarios por vivienda) exhibe un valor de  $p$  menor a 0.05, como se detalla

<sup>1</sup> El valor  $p$  se utiliza para evaluar la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero (no hay efecto). Un valor  $p$  bajo (generalmente menor a 0.05) indica que se puede rechazar la hipótesis nula. En otras palabras, es probable que una variable predictora que tenga un valor  $p$  bajo sea una adición significativa al modelo porque los cambios en el valor del predictor se relacionan con cambios en la variable de respuesta.

Por el contrario, un valor  $p$  más grande sugiere que los cambios en el predictor no están asociados con cambios en la respuesta 1. En resumen, el valor  $p$  se utiliza para determinar la significancia estadística de cada coeficiente en el modelo de regresión.

(ECUACIÓN 1)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \epsilon$$

(ECUACIÓN 2)

$$y = 141.5 + 29.48N_U$$

en la tabla 6. Por consiguiente, es el momento propicio para validar el modelo. Para ello, resulta imperativo considerar los coeficientes de determinación  $R^2$  y  $R^2$  ajustado, tal como se presentan en el resumen del modelo en la tabla 6. A partir de este análisis, se obtiene la ecuación 2.

En la ecuación anterior, se muestra que el número de usuarios es la variable que explica el modelo en un 87.30 %, es decir, tiene un mayor predominio en el consumo final de energía eléctrica en una vivienda.

#### Perfiles de consumo

El análisis del perfil cotidiano típico del consumidor residencial constituye la primordial tarea para definir estrategias de mejora energética. Con el objetivo de obtener la curva diaria de demanda, se utilizó un medidor inteligente de la marca Sonoff S31 Lite Mini. Una vez recopilada la información, se procedió a graficar la curva de demanda, tal como se visualiza en la figura 2.

En el proceso de análisis también se realizaron mediciones de los diversos electrodomésticos presentes en la vivienda. Estas mediciones se compararon y ajustaron con la curva típica de demanda, como se ilustra en la figura 3.

Como se observa, la mayor parte de la demanda eléctrica se acumula entre las 9:00 y las 17:00 horas, además, se observa que el pico de consumo ocurre entre las 19:00 y las 23:00 horas; esto coincide con el mayor uso de sistemas de iluminación debido a la falta de luz natural y la alta ocupación de las viviendas. Por último, una vez que se reconoce la forma en la que se desagrega el uso de equipos eléctricos y los hábitos de consumo frecuentes de los usuarios, se procede a establecer categorías y prioridades de uso para los equipos eléctricos, en el siguiente orden:



**UNA FORMA EFICAZ DE REDUCIR EL GASTO ELÉCTRICO EN VIVIENDAS ES A TRAVÉS DE LA VISUALIZACIÓN E INFORMACIÓN CONSTANTE SOBRE EL CONSUMO, PUES DE ESTA MANERA LOS USUARIOS TIENEN LA CAPACIDAD DE GESTIONAR SU USO Y REDUCIR LOS DESPILFARROS ENERGÉTICOS.**

Prioridad 1: electrodomésticos esenciales que deben estar en uso constante (refrigeradores, lámparas, wifi).

Prioridad 2: electrodomésticos desplazables o cargar móviles (lavadora, plancha, cargador de celular, etc.).

Prioridad 3: equipos estacionarios (aire acondicionado).

Los electrodomésticos clasificados como prioridad 1 simbolizan el mayor consumo total y, por tanto, el mayor peso en la factura eléctrica del cliente; sin embargo, sus horas de uso no pueden gestionarse ni moverse por ser electrodomésticos de uso imprescindible dentro de una vivienda, por lo que se procede a gestionar los horarios de uso de los electrodomés-

ticos con prioridad 2. Es decir, se trasladará su consumo a horarios de menor demanda, como las horas de la madrugada; esto se logrará mediante la plataforma propuesta, que fue desarrollada en Grafana, un *software* de uso libre, el cual seguirá las instrucciones del algoritmo que se muestra en la figura 4. En la figura 5 se aprecia el tablero diseñado en Grafana que muestra el consumo de una vivienda, la información que se presenta se obtiene de los datos que se recolectaron de los medidores inteligentes y que se programaron para tomar lecturas cada cinco minutos; al detectar un consumo inusual, se envía una alerta al teléfono móvil del usuario como se observa en la figura 6.

Tabla 1. Variables internas (NU, IM, NE) y externas (TS, PE) en el consumo de energía.

Consumo final (kWh)	Número de usuarios NU	Temperatura superficial (°C) TS	Ingresos mensuales (\$) IM	Electrodomésticos NE	Precio de la electricidad PE
522	9	22.2	6000	8	0.796
266	4	22.2	7000	11	0.799
349	4	22.2	7000	7	0.802
333	6	22.2	7500	14	0.805
140	3	22.2	8000	14	0.712
183	3	22.2	10000	16	0.715
79	4	22.2	10500	11	0.718
166	4	22.2	11000	9	0.721
338	3	22.2	14000	15	0.724
165	7	22.2	4000	16	0.727
335	4	22.2	10200	18	0.826
283	2	22.2	8000	14	0.829
157	4	22.2	11000	24	0.796
217	9	26.4	8000	30	0.799
570	4	26.4	8000	26	0.802

Tabla 2. Primer análisis, variable descartada «temperatura superficial».

Término	Coef.	EE del coef.	Valor t	Valor p	FIV
Constante	187	193	0.97	0.333	
PE	31	152	0.20	0.841	1.02
NE	-1.62	1.17	1.38	0.168	1.01
IM	-0.00310	0.00226	1.37	0.171	1.02
<b>TS</b>	<b>-0.95</b>	<b>6.11</b>	<b>0.16</b>	<b>0.877</b>	<b>1.01</b>
NU	29.47	4.67	6.32	0.000	1.01

Tabla 3. Segundo análisis, variable descartada «precio de la electricidad».

Término	Coef.	EE del coef.	Valor t	Valor p	FIV
Constante	164	125	1.31	0.192	
<b>PE</b>	<b>31</b>	<b>151</b>	<b>0.21</b>	<b>0.836</b>	<b>1.02</b>
NE	-1.63	1.17	1.40	0.164	1.01
IM	-0.00309	0.00225	1.37	0.172	1.02
NU	29.48	4.66	6.33	0.000	1.01

Tabla 4. Tercer análisis, variable descartada «número de electrodomésticos».

Término	Coef.	EE del coef.	Valor t	Valor p	FIV
Constante	189.0	33.4	5.66	0.000	
<b>NE</b>	<b>-1.62</b>	<b>1.17</b>	<b>1.39</b>	<b>0.165</b>	<b>1.01</b>
IM	-0.00313	0.00224	1.40	0.162	1.01
NU	29.54	4.64	6.37	0.000	1.01

Tabla 5. Cuarto análisis, variable descartada «ingreso mensual».

Término	Coef	EE del coef.	Valor t	Valor p	FIV
Constante	164.1	28.2	5.82	0.000	
<b>IM</b>	<b>-0.00294</b>	<b>0.00224</b>	<b>1.31</b>	<b>0.190</b>	<b>1.00</b>
NU	29.16	4.64	6.29	0.000	1.00

Tabla 6. Quinto análisis, variable «número de usuarios».

Término	Coef	EE del coef.	Valor t	Valor p	FIV
Constante	141.5	22.4	6.32	0.000	
<b>NU</b>	<b>29.48</b>	<b>4.64</b>	<b>6.35</b>	<b>0.000</b>	<b>1.00</b>

Tabla 7. Resumen del modelo.

S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajustado)	R <sup>2</sup> (Pred)
51.8164	87.39 %	87.30 %	87.09 %

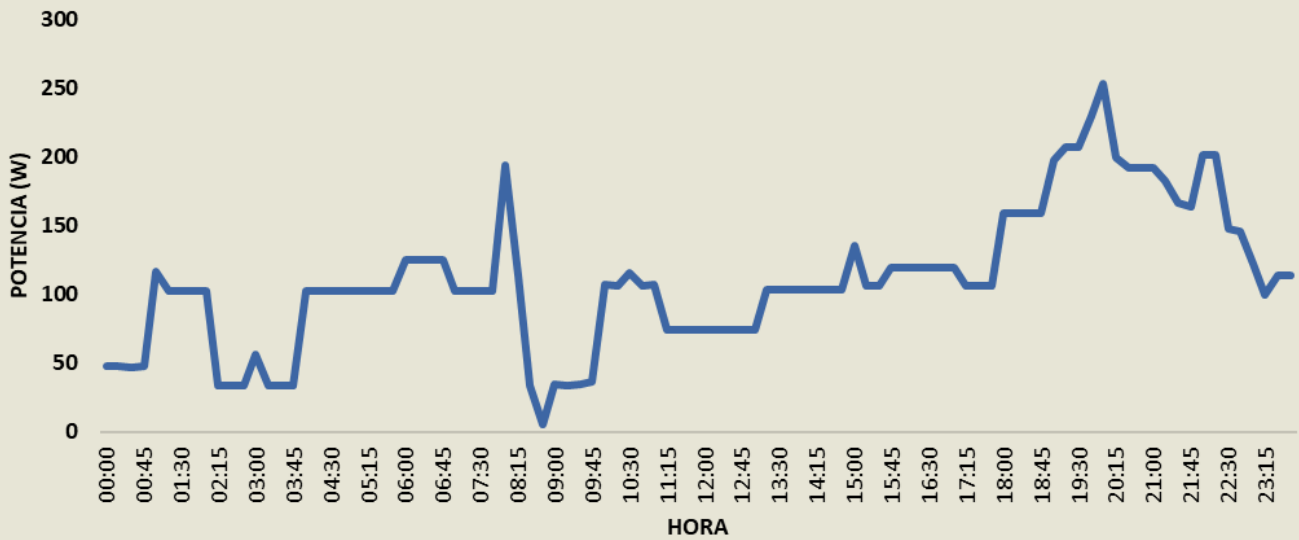


Figura 2. Perfil de consumo típico diario de una vivienda.

Fuente: elaboración propia.

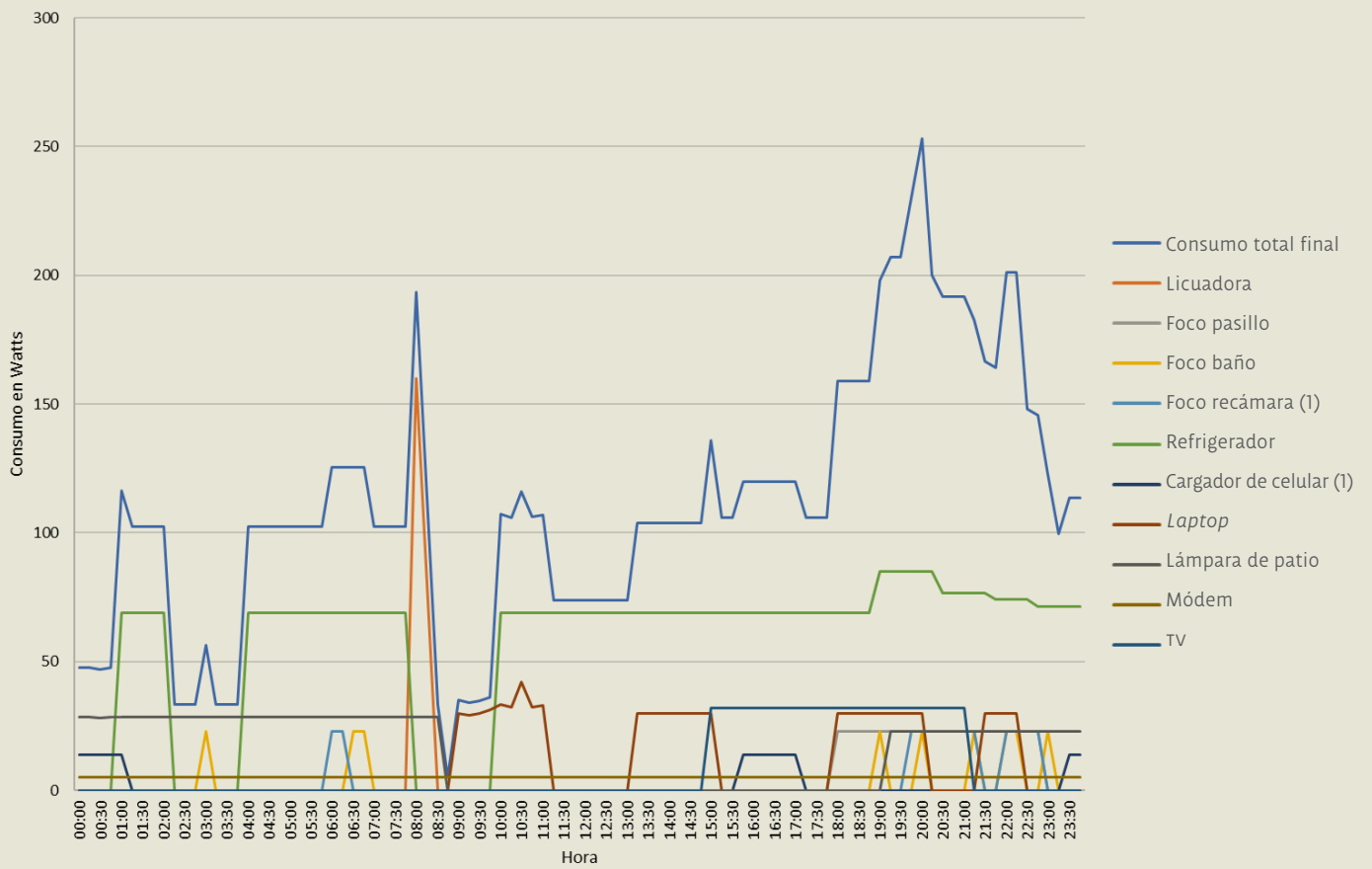


Figura 3. Tiempo de funcionamiento y consumo por equipo eléctrico.

Fuente: elaboración propia.

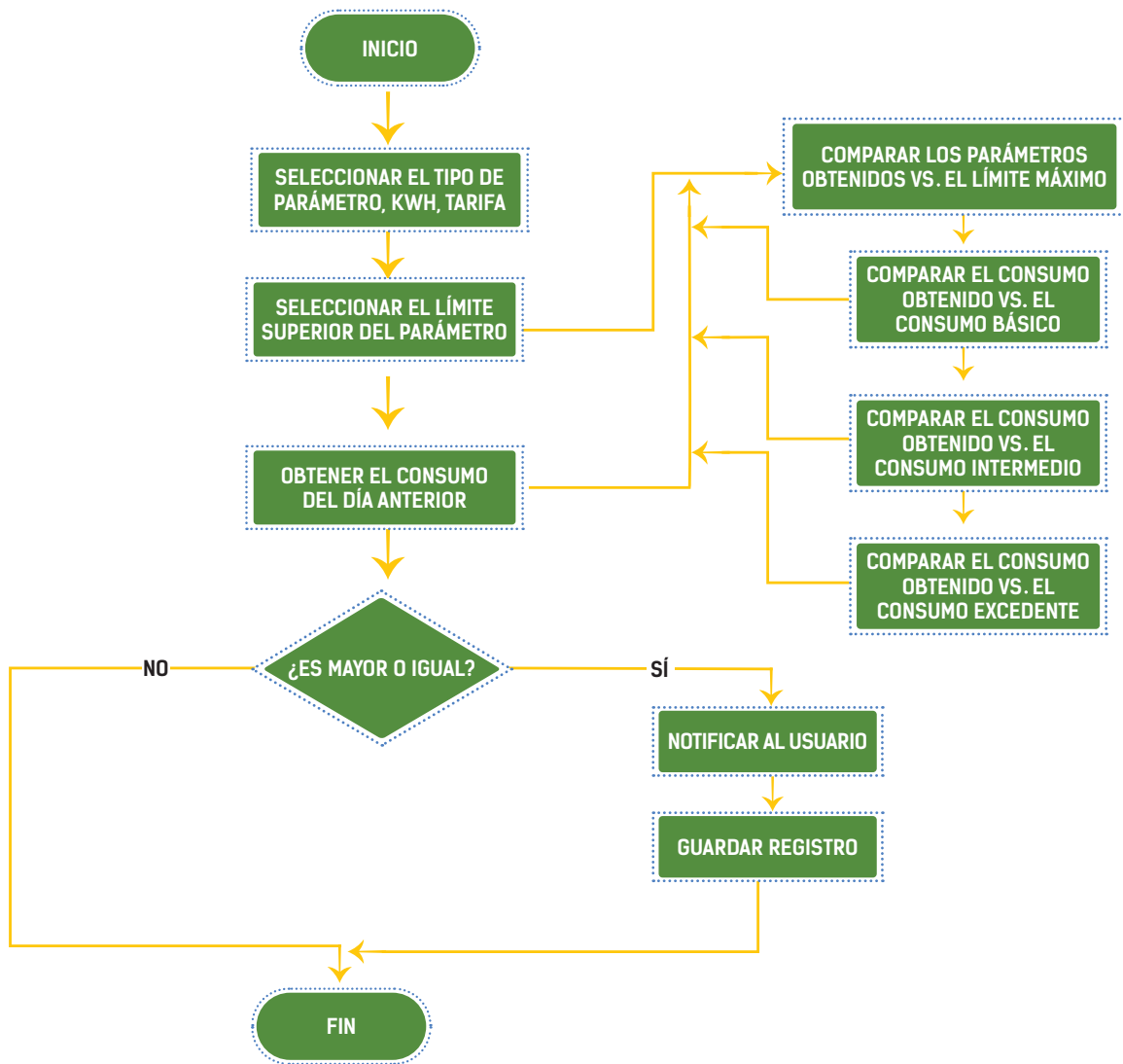


Figura 4. Algoritmo de seguimiento.  
Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Tablero diseñado en Grafana que muestra los consumos de energía eléctrica.  
Fuente: elaboración propia.

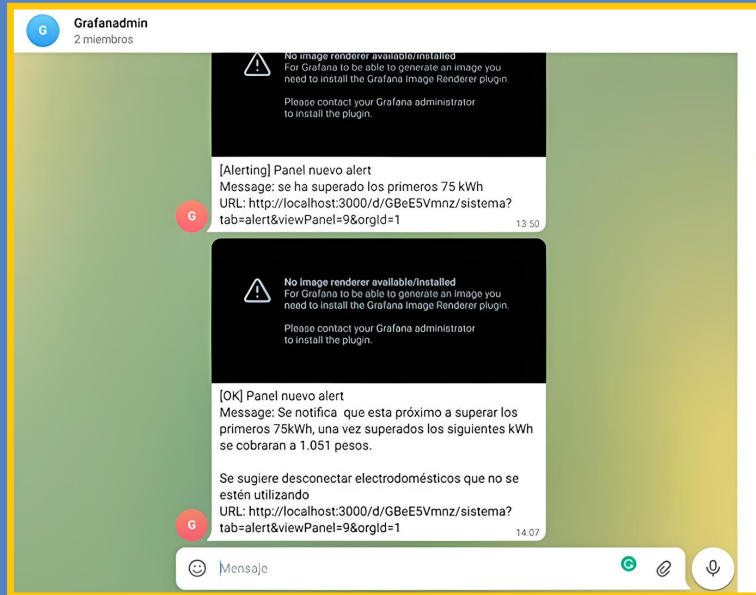


Figura 6. Mensaje de alerta recibido por Telegram.  
Fuente: elaboración propia.

RECONOCER  
UN PERFIL DE  
DEMANDA  
RELEVANTE  
PERMITE ANALIZAR  
LAS DIFERENTES  
PROPUESTAS Y  
ESTRATEGIAS DE  
DESPLAZAMIENTO  
DEL CONSUMO  
DURANTE EL DÍA.

## CONCLUSIONES

La cantidad de eventos y escenarios posibles que genera el consumo de energía eléctrica durante un día se vuelve casi infinita; no obstante, como se muestra en esta investigación, reconocer un perfil de demanda relevante permite analizar las diferentes propuestas y estrategias de desplazamiento del consumo durante el día.

La implementación de una plataforma para visualizar el consumo eléctrico genera los escenarios para comprenderlo, mediante información constante y personalizada, mejorando así el rendimiento energético. Sin embargo, el diseño de la plataforma está limitado a las condiciones y consumo de una sola vivienda, por lo que es importante que su aplicación se extienda a más hogares para contrastar el nivel de ahorro económico y energético. Por otro lado, el estudio analizó la importancia de conocer la influencia de los factores internos y externos predominantes en el consumo de energía eléctrica. Con el modelo propuesto se explica que la demanda de energía se encuentra estrechamente relacionada con el número de habitantes al interior de una vivienda.

REFERENCIAS

- Dobson, J. K. (1992). Conservation effect of immediate electricity cost feedback on residential consumption behavior. *Proceedings of the 7th ACEEE summer study on energy efficiency in buildings*, 2.
- Fernández González, P. (2015). *Técnicas de analítica visual para análisis de la demanda energética en edificios*. España: Universidad de Oviedo.
- Hancevic, P. (2015). Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética. Un enfoque de regresión cuantílica. *Scielo*, 897-927.
- Navajas, F. (2011). Tarifa social en los sectores de infraestructura en la Argentina. *Estudios económicos*, 87-90.
- Pindyck, R. S. (2001). *Econometría: modelos y pronósticos*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Sweeney, W. A. (2008). *Estadística para administración y economía*. Ciudad de México: Learning Editores S. A de C. V.
- Xu, H., König, L. y Cáliz, D. (2018). A Generic User Interface for Energy Management in Smart Homes. *Springer Open*, 2(17), 2.

Agradecimientos

Agradecemos al *Conahcyt* por el apoyo otorgado a la ingeniera Guadalupe Brito Sánchez a través del programa de becas nacionales con clave 2019-000037-02NACF.



**Rafael Ordoñez Flores**

Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de París 11 (Supélec-Francia, 2007). Profesor de tiempo parcial en la Universidad de las Américas Puebla y profesor-investigador adscrito al Tecnológico Nacional de México campus Apizaco. Sus áreas de interés son automatización y control, electrónica de potencia, calidad y ahorro de energía eléctrica, energías renovables y calentamiento por inducción electromagnética. Miembro del SNII, nivel candidato (2009-2011). [rafael.ordonez@udlap.mx](mailto:rafael.ordonez@udlap.mx).



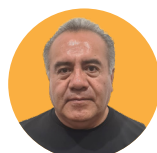
**Guadalupe Brito Sánchez**

Ingeniera electromecánica por el Tecnológico Superior de Tlaxco. Estudiante de posgrado en el Instituto Tecnológico de Apizaco en la maestría en Ingeniería Mecatrónica. Estancias de maestría en la Universidad de Concepción, Chile, donde desarrolla una plataforma para la gestión de la energía eléctrica en viviendas, que considera como datos de entrada, un sistema fotovoltaico y precios dinámicos por horario de la energía. [m19371383@apizaco.tecnm.mx](mailto:m19371383@apizaco.tecnm.mx)



**Luis Claudio García Santander**

Doctor en Ingeniería Eléctrica (Supélec-Francia, 2003). Desde 1996 es docente en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Concepción en Chile. Sus áreas de investigación se centran en generación distribuida a base de energías renovables; optimización de la planificación y operación de las redes eléctricas de distribución; continuidad de suministro; *smart grid*; electromovilidad; gestión y eficiencia energética, y medición inteligente. Profesor visitante por seis meses en la UDLAP en 2019. [luis.garcia@udec.cl](mailto:luis.garcia@udec.cl)



**José Federico Casco Vásquez**

Doctor en Ciencias (Física Aplicada, BUAP). Profesor-investigador adscrito al Tecnológico Nacional de México campus Apizaco. Áreas de investigación: óptica, procesado de imágenes, sistemas de control de calidad usando procesamiento de datos y sistemas híbridos (óptico-digitales). Coordinador de posgrado (2014-2016) y jefe de la división de posgrado e investigación (2016-2019). Nivel candidato en el SNII (2015-2017). [federico.cv@apizaco.tecnm.mx](mailto:federico.cv@apizaco.tecnm.mx)



**Roberto Morales Caporal**

Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Siegen, Alemania (2007). De 2001 a 2003 fue profesor en la UPIITA, IPN, en la CDMX. Desde 2008, es profesor-investigador adscrito al Tecnológico Nacional de México campus Apizaco, sus áreas de interés de investigación incluyen control digital, control de convertidores de potencia, diseño de *hardware* y el IoT. Es miembro del SNII Conahcyt, nivel II. [roberto.mc@apizaco.tecnm.mx](mailto:roberto.mc@apizaco.tecnm.mx)

► Economic development and environment. An analysis of global deforestation in the 1990-2020 period

# Desarrollo económico y medioambiente



Un análisis de la deforestación global en el periodo 1990-2020

Por:  Martín Alfonso López Ramírez · César Vázquez González · César Columna Franco



López Ramírez, M. A., Vázquez González, C. y Columna Franco, C. (2024). Desarrollo económico y medioambiente.

Un análisis de la deforestación global en el periodo 1990-2020. *Entorno UDLAP*, 22

 **Recibido:** 5 de septiembre de 2023  **Aceptado:** 19 de febrero de 2024

## RESUMEN

Debido a las limitaciones ecológicas existentes, comprender el efecto del desarrollo económico sobre el ambiente es importante en la actualidad. En este sentido, la curva ambiental de Kuznets y la transición forestal plantean explicaciones complementarias a la deforestación, la cual supone uno de los retos más importantes por sus implicaciones ecológicas, económicas y sociales. Mediante la ciencia de datos, se evaluó la relación entre el ingreso per cápita y la tasa de deforestación para las regiones de países consideradas por el Banco Mundial en el periodo 1990-2020. Los resultados sugieren que las observaciones son parcialmente consistentes con las hipótesis mencionadas: la mayoría de las regiones del mundo se caracterizan por una desaceleración de las tasas de deforestación conforme se desarrollan. Sin embargo, también se encontraron inconsistencias importantes, por lo que más investigaciones son necesarias para una mejor comprensión de los factores de la dinámica de uso del suelo.

## PALABRAS CLAVE

**Curva ambiental de Kuznets · Transición forestal · Cambio de uso del suelo**

## ABSTRACT

Due to ecological thresholds, understanding the effect of economic development on the environment is an important task. Kuznets Environmental Curve and Forest Transition propose complementary explanations to phenomenon of deforestation, which is one of the most important challenges due to its ecological, economic and social implications. Using data science, the relation between per capita income and deforestation rate was assessed for the regions of countries considered by the World Bank in the period 1990-2020. The results suggest that the observations are partially con-

sistent with the aforementioned hypotheses: most regions of the world are characterized by a deceleration of deforestation rates, as they develop. However, important inconsistencies were also found. Thus, more research is needed for a better understanding of the determinants of land use dynamics.

## KEYWORDS

**Environmental Kuznets Curve · Forest Transition · Land use change**

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico es el proceso mediante el cual se expanden las capacidades productivas de los habitantes de una región (Hill, 2023); por esta razón, es fundamental para el desarrollo de nuevos mercados, lo que en última instancia incide en el bienestar social ya que, entre otros factores, permite la distribución «eficiente de los recursos» entre productores, distribuidores y consumidores. Aunque existen varios indicadores, tales como el índice de desarrollo humano o el ahorro neto ajustado, el ingreso o producto interno bruto (PIB) per cápita —que representa el ingreso promedio de un habitante de un país o una región— es el más utilizado debido a que permite comparar los sectores, ramas y actividades de la economía tanto al interior de los países como con sus contrapartes.

Actualmente, los efectos que el desarrollo económico tiene sobre el ambiente son de suma importancia, ya que éstos tienen implicaciones significativas sobre la consecución de los objetivos económicos, sociales y climáticos planteados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible debido al costo de oportunidad que existe entre éstos. Por ejemplo, el objetivo 2: hambre cero, enfatiza la necesidad del combate a la malnutrición y a la eliminación de la falta de acceso a los alimentos básicos; sin embargo, estudios como los de Fukase y Martin (2020) y

Edmonds *et al.* (2017) señalaron las implicaciones que puede tener la reducción del hambre a través de la ampliación de la frontera agrícola y su impacto sobre los ecosistemas. Más importante, la existencia de la vida *per se* como la conocemos se traduce en una constante transacción de costos y beneficios entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible con enfoque antropocéntrico y los que tienen un énfasis ecológico.

Desde una perspectiva económica, una hipótesis que trata de responder a la interrogante del efecto del desarrollo económico sobre el ambiente es la llamada *curva ambiental de Kuznets* (curva de Kuznets a partir de ahora), concepto acuñado por Grossman y Krueger (1991) en la década de los noventa, el cual se inspiró en las aportaciones macroeconómicas del economista Simon Kuznets acerca del desarrollo y la desigualdad (Caravaggio, 2020). La curva de Kuznets sostiene que, en una fase inicial del desarrollo, el ambiente se deteriora como consecuencia del consumo de los recursos naturales para obtener un progreso económico y social. Sin embargo, al alcanzar cierto umbral de desarrollo, el deterioro del ambiente comienza a disminuir. Es decir, la relación entre desarrollo y ambiente sigue una forma de «U» invertida (Caravaggio, 2020). Por ejemplo, en el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero, si la curva de Kuznets se sostiene, se espera que, cuando el ingreso per cápita es bajo y este comienza a incrementarse, *ceteris paribus* lo harán también las emisiones per cápita. No obstante, cuando el ingreso per cápita alcanza cierto nivel —el umbral de desarrollo—, las emisiones per cápita comenzarán a reducirse paulatinamente. Este razonamiento ha llevado, en parte, al debate internacional entre las economías desarrolladas y las emergentes, ya que los países emergentes reclaman la posibilidad de consumir los recursos naturales necesarios, tal y como lo hicieron los países del bloque desarrollado en la búsqueda del umbral de desarrollo.

En el caso de los recursos naturales renovables, como los bosques y las selvas, la relación entre el desarrollo económico y el medioambiente suele ser más compleja. Debido a la posibilidad de regeneración, la cobertura forestal puede reestablecerse y expandirse. Sin embargo, como consecuencia de la deforestación, esta también puede contraerse. De hecho, mientras que en los países en vías de desarrollo las tasas de deforestación son altas, en los países desarrollados las tasas de deforestación tienden a desacelerarse e, inclusive, cambia la dinámica de uso del suelo. Es decir, de una dinámica de deforestación o contracción de la co-

bertura forestal se pasa a un proceso de reforestación o recuperación de la cobertura forestal (Pendrill *et al.*, 2019). La dinámica antes descrita se conoce como transición forestal, un concepto acuñado por el geógrafo Alexander Mather en la década de los 90 (Mather, 1992). Para la sistematización de su estudio, la transición forestal se divide en cuatro fases: la pretransición, la transición temprana, la transición tardía y la postransición. En la pretransición, la cobertura forestal es estable a un nivel alto; durante la transición temprana, la cobertura forestal disminuye; en la transición tardía, la pérdida de cobertura forestal continúa, pero a un ritmo menor, finalmente, en la postransición, la cobertura forestal aumenta hasta alcanzar un nuevo estado estacionario (Hosonuma *et al.*, 2012).

En el caso de la deforestación, la curva de Kuznets y la transición forestal pueden ser vistas como dos hipótesis o explicaciones complementarias, ya que la transición forestal hace referencia al comportamiento esperado de una variable de estado —en este caso, la cobertura forestal— y, paralelamente, la curva de Kuznets hace referencia a la razón de cambio de dicha variable (o una variable de flujo) —la tasa de deforestación—. Como resultado, y bajo el supuesto de que el desarrollo económico es sostenido a través del tiempo, la aceleración de la deforestación en etapas tempranas de desarrollo y su posterior desaceleración corresponderán a un comportamiento esperado de la tasa de deforestación en las primeras tres etapas de la transición forestal. Adicionalmente, la transición forestal indica que, en niveles altos de desarrollo, la cubierta forestal invierte su dinámica de contracción, por una de expansión. Lo que equivale a una inversión en el signo y un posterior regreso a cero de la tasa de deforestación. Es decir, la transición forestal propone que la relación entre desarrollo y deforestación sigue una forma de «N». Cabe señalar que la etapa de postransición no se contempla en la curva de Kuznets, debido a que esta etapa es aplicable solo a recursos renovables, como los bosques y las selvas.

Como resultado, la curva de Kuznets y la transición forestal son hipótesis del posible comportamiento de uso del suelo. Sin embargo, ¿a qué grado las hipótesis expuestas se ajustan a la realidad? En las secciones siguientes se analiza desde una perspectiva empírica (utilizando datos) el grado de ajuste de las hipótesis descritas a lo observado en la realidad. En particular, se utilizó información estadística en las escalas nacional y global en el periodo 1990-2000 sobre la superficie forestal y el grado de de-

## La transición forestal se divide en cuatro fases:

# 1

En la pretransición, la cobertura forestal es estable a un nivel alto.

# 2

Durante la transición temprana, la cobertura forestal disminuye.

# 3

En la transición tardía, la pérdida de cobertura forestal continúa, pero a un ritmo menor.

# 4

Finalmente, en la postransición, la cobertura forestal aumenta hasta alcanzar un nuevo estado estacionario.

sarrollo de los países, con la finalidad de analizar la relación entre ambas variables en una escala regional. El objetivo planteado fue inferir hasta qué grado las hipótesis descritas se ajustan al comportamiento observado. Lo anterior se realizó mediante un modelo de regresión con efectos mixtos.

## DESARROLLO DEL TEMA

### Revisión de literatura

Existe un cuerpo vasto de literatura sobre el análisis de la curva de Kuznets en el contexto de la deforestación y la transición forestal con resultados no concluyentes. La literatura basada en información estadística de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés) se caracteriza por encontrar soporte empírico de la curva ambiental de Kuznets (Caravaggio, 2020); no obstante, el horizonte temporal de dichos análisis es menor a 30 años, lo que es poco tiempo para un recurso renovable como los bosques. Además, la definición de bosque de la FAO (se detalla en la siguiente sección) es criticable en algunos aspectos.

Otra rama de estudios, basada en información estadística de distintas fuentes (e. g., imágenes satelitales), sugiere resultados mixtos, ya que en algunos casos no se encontró evidencia de la existencia de la relación planteada por la curva ambiental de Kuznets o la transición forestal y en otros casos, sobre todo los relacionados con países o regiones específicos, se encuentra soporte de dicha relación (Barbier et al., 2017; Caravaggio, 2020). Es decir, la literatura ofrece un panorama abierto en cuanto al so-

porte de las hipótesis analizadas. Esta segunda rama de la literatura no está exenta de críticas, ya que los horizontes temporales para los que se cuenta con información son inclusive menores y los métodos para definir la superficie forestal también están sujetos a críticas importantes.

Los estudios previos, no obstante, se han enfocado en las economías en desarrollo, por lo que generalmente las economías desarrolladas quedan fuera del análisis. Además, existen pocos estudios que provean una comparativa global; de esta forma, el estudio aquí presentado intenta abordar dichas limitantes.

### Fuentes de información

La tabla 1 indica las fuentes de información consultadas para la obtención de los datos estadísticos necesarios para evaluar las hipótesis planteadas. Para tal fin, fue preciso comparar las tasas de deforestación contra un indicador de desarrollo. Como indicador de desarrollo se utilizó el PIB per cápita con paridad del poder adquisitivo, el cual equivale al ingreso promedio por persona en un país determinado. Debido a la detección de patrones regionales, se incluyó en el presente análisis la región a la que pertenece un país con base en la regionalización utilizada por el Banco Mundial.

Para calcular la tasa de deforestación por país, se utilizó la superficie forestal, la cual se entiende como un uso de suelo con las siguientes características: i) extensiones de tierra mayores a 0.5 hectáreas; ii) árboles con más de cinco metros de altura, y iii) un dosel superior al 10 por ciento (FAOSTAT, 2023). La superficie forestal por país se consultó en la base de datos

**Tabla 1. Variables utilizadas para el ajuste del modelo de regresión, se especifican propiedades estadísticas y fuentes de la información.**

Variable	Tipo de variable	Unidades	Transformación	Referencia
Tasa de deforestación ( <i>td</i> )	Continua	Porcentaje	Cambio porcentual de superficie forestal	Banco Mundial
PIB per cápita ( <i>pib</i> )	Continua	Dólares internacionales de 2017 (en miles)	Ninguna	Banco Mundial
Región ( <i>reg</i> )	Categoría	Siete regiones	Ninguna	Banco Mundial

**Fuente:** elaboración propia con información del Banco Mundial.

abiertos del Banco Mundial (World Bank, 2023). Dicha información se encuentra disponible para el periodo 1990-2020 y se reporta en kilómetros cuadrados.

Una vez obtenida la superficie forestal, la tasa de deforestación se calculó como el cambio porcentual de la superficie forestal de un año a otro:

ECUACIÓN [1]

$$\Delta\%f_t = \frac{f_t - f_{t-1}}{f_{t-1}} * 100$$

Donde  $\Delta$  se lee como el cambio,  $f$  representa la cobertura forestal y  $t$  es el índice temporal. La ecuación 1 se realizó dentro del *software* estadístico, ya que corresponde a cálculos propios. Cabe señalar que se pierde una observación por cada país; por esta razón, la tasa de deforestación cubre el periodo 1991-2020. Con la finalidad de homogeneizar la presentación de los resultados con la literatura, se invirtió el signo del resultado. De modo que un número positivo indica la pérdida de la cobertura forestal (tasa de deforestación); inversamente, un número negativo indica un incremento de la cobertura forestal (tasa de reforestación).

El PIB per cápita con paridad de poder adquisitivo se consultó en la base de datos abiertos del Banco Mundial (World Bank, 2023). Dicha variable se reporta en dólares internacionales de 2017. Más importante, la paridad de poder adquisitivo asegura que, dada la variabilidad entre niveles de precios, el ingreso entre países sea comparable. Un dólar internacional es una moneda ficticia que equipara el poder de compra de un dólar en Estados Unidos con el resto del mundo.

La región corresponde a la regionalización del Banco Mundial, la cual divide al mundo en siete regiones: Asia Oriental y el Pacífico, Asia Meridional, América Latina y el Caribe, América del Norte, Europa y Asia Central, Oriente Medio y Norte de África y África.

La descarga y manipulación de los datos se realizó utilizando el *software* R, versión 4.3.1. (R Core Team, 2023). La superficie forestal, PIB per cápita y región se descargaron utilizando el paquete *WDI* (Arel-Bundock, 2022), el cual permite la descarga de información de mane-

ra directa de la base de datos mencionada al *software*.

La agregación de la información estadística a nivel región obedeció a la detección de patrones en el nivel mencionado. En específico, la tasa de deforestación y el ingreso per cápita promedio se calcularon de manera anualizada para cada una de las siete regiones, con base en el promedio obtenido en cada caso. Es importante señalar que, debido a la presencia de datos atípicos, el promedio de la tasa de deforestación se calculó mediante un promedio truncado, por lo que se cortó el 15% de las observaciones más extremas (*i. e.* mínimos y máximos). El proceso anterior se realizó con el paquete *dplyr* (Wickham *et al.*, 2023). El resultado de dicho proceso arrojó una matriz de datos con 210 observaciones que muestran la información estadística sobre la tasa de deforestación promedio anual y el ingreso per cápita promedio anual para cada una de las siete regiones en el periodo 1991-2020.

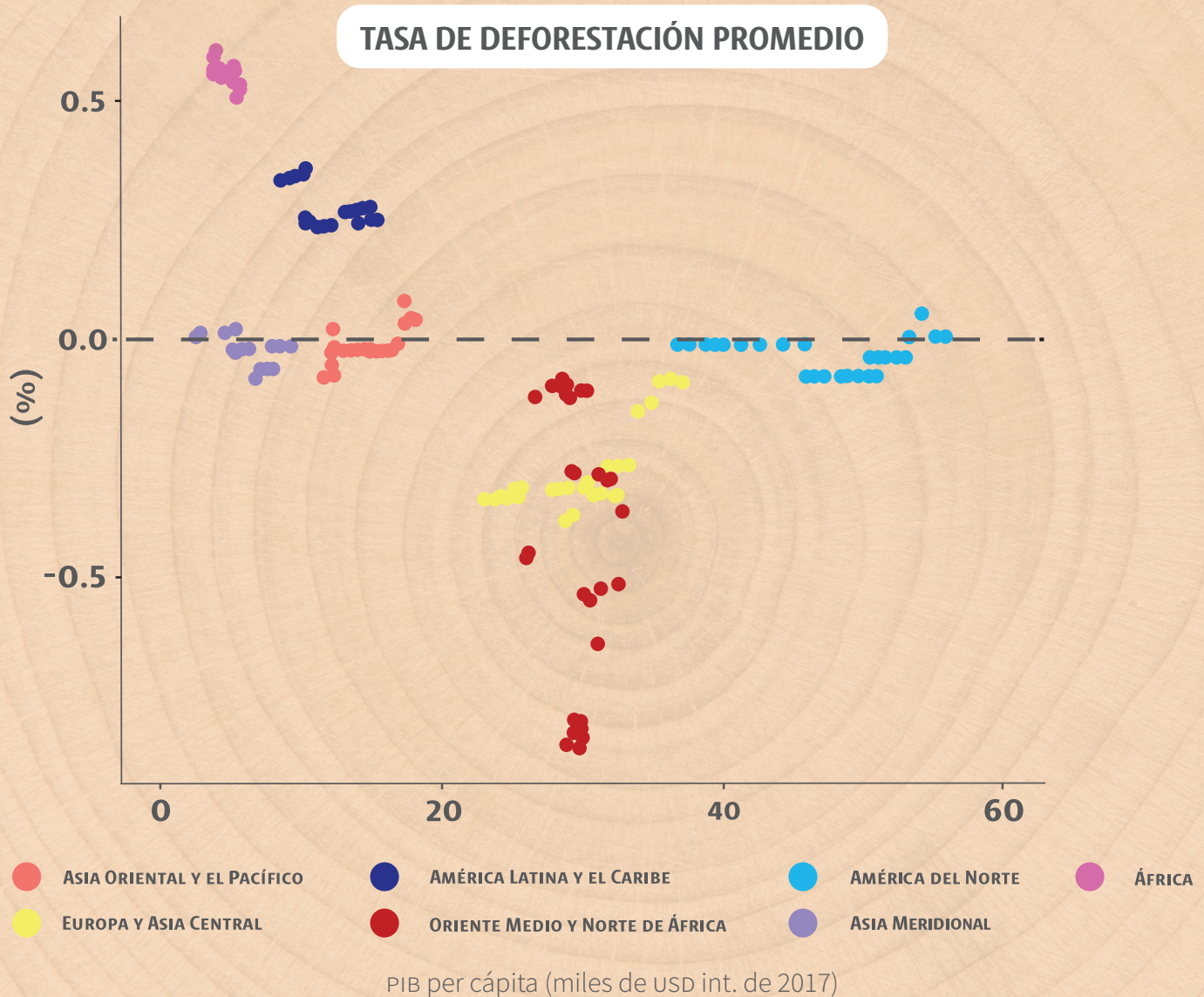
#### Análisis exploratorio de datos

La figura 1 muestra la relación entre la deforestación anual promedio y el PIB per cápita promedio por región. En este caso, las observaciones empíricas son parcialmente consistentes con las hipótesis planteadas, ya que se muestra una relación entre el grado de desarrollo económico y la magnitud de la tasa de deforestación y su tendencia. En particular, en los niveles de desarrollo bajo (por ejemplo, en el caso de las regiones de África, y América Latina y el Caribe), al aumentar el grado de desarrollo económico de bajo a medio, la deforestación se desacelera hasta el punto de ser cercana a cero (región de Asia Oriental y el Pacífico). Para regiones con un desarrollo económico alto (Europa, Asia Central, Oriente Medio y Norte de África), la tasa de cambio no solo invierte su signo (cambio en la dinámica de deforestación a reforestación), sino también al aumentar el desarrollo económico, la tasa de reforestación se aproxima a cero, tal y como ocurre en regiones con desarrollo muy alto (América del Norte).

El comportamiento observado es consistente con la segunda etapa de transición, segunda parte de la curva de Kuznets —cuando se ha cruzado el umbral de desarrollo y los incrementos en el nivel de desarrollo están asociados con una desaceleración de la tasa de deforestación—. De manera similar, el comportamiento de la tasa de



**EN LOS NIVELES DE DESARROLLO BAJO (POR EJEMPLO, EN EL CASO DE LA REGIÓN DE ÁFRICA Y AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE), AL AUMENTAR EL GRADO DE DESARROLLO ECONÓMICO DE BAJO A MEDIO, LA DEFORESTACIÓN SE DESACELERA HASTA EL PUNTO DE SER CERCANA A CERO.**



**Figura 1.** Relación entre el PIB per cápita promedio y la tasa de deforestación promedio por región.  
**Fuente:** elaboración y cálculos propios con información del Banco Mundial.

deforestación es consistente con las etapas de la transición tardía y postransición forestal. Sin embargo, hay regiones que no se ajustan al patrón descrito. Por ejemplo, con un nivel comparable de desarrollo a la región de África o América Latina, la región de Asia Meridional no se encuentra en una dinámica de deforestación, esto podría indicar que no existe un único umbral de desarrollo para el cual las hipótesis analizadas alcanzan las dinámicas predichas, por lo que la posibilidad de variaciones regionales se encuentra abierta. De esta forma, es necesario integrar información al modelo que permita encontrar las probables causas que subyacen a las diferencias significativas entre regiones.

Hasta este punto, el análisis se ha realizado de manera gráfica, en la siguiente sección se realiza un tratamiento inferencial de los datos para analizar si las observaciones tienen un soporte formal.

**Modelo de regresión**

El análisis visual permitió identificar que la relación entre el nivel de desarrollo y la tasa de deforestación no es lineal. De hecho, el análisis gráfico sugiere una relación polinomial, particularmente cuadrática, ya que la relación entre la tasa de deforestación y el indicador de desarrollo es negativa para niveles de desarrollo bajo y positiva para niveles de desarrollo alto. Además,

se observó que existen variaciones regionales. En este sentido, el modelo de efectos mixtos se ajusta a tales hallazgos debido a que consta de efectos fijos y aleatorios. El primer tipo de efecto describe a la población en general, es decir, es válido para todas las regiones. El segundo tipo de efecto es aplicable para un grupo en particular, lo cual equivale a una región en el caso aquí presentado.

Formalmente se ajustó el siguiente modelo:

ECUACIÓN  
[2]

$$td_{it} = \beta_0 + b_0reg_i + \beta_1pib_{it} + b_1pib_{it} + \beta_2pib_{it}^2$$

## DONDE

$td$

es la tasa de deforestación

$reg$

es la región

$pib$

es el PIB per cápita

$\beta_j$

son los efectos fijos

$b_j$

son los efectos aleatorios

$i$

es el índice regional

$t$

es el índice temporal

El modelo indica que tanto el intercepto como el efecto lineal del desarrollo sobre la tasa de deforestación depende de la región y el ni-

vel de desarrollo de esta. Sin embargo, el efecto cuadrático se estima únicamente de manera global, es decir, como un efecto fijo, ya que los datos no reflejan este tipo de dinámica para las regiones a nivel individual.

El modelo estadístico indicado en la ecuación (2) se ajustó utilizando el paquete *lme4* (Bates *et al.*, 2015), el cual estima los coeficientes mediante el método de máxima verosimilitud restringida.

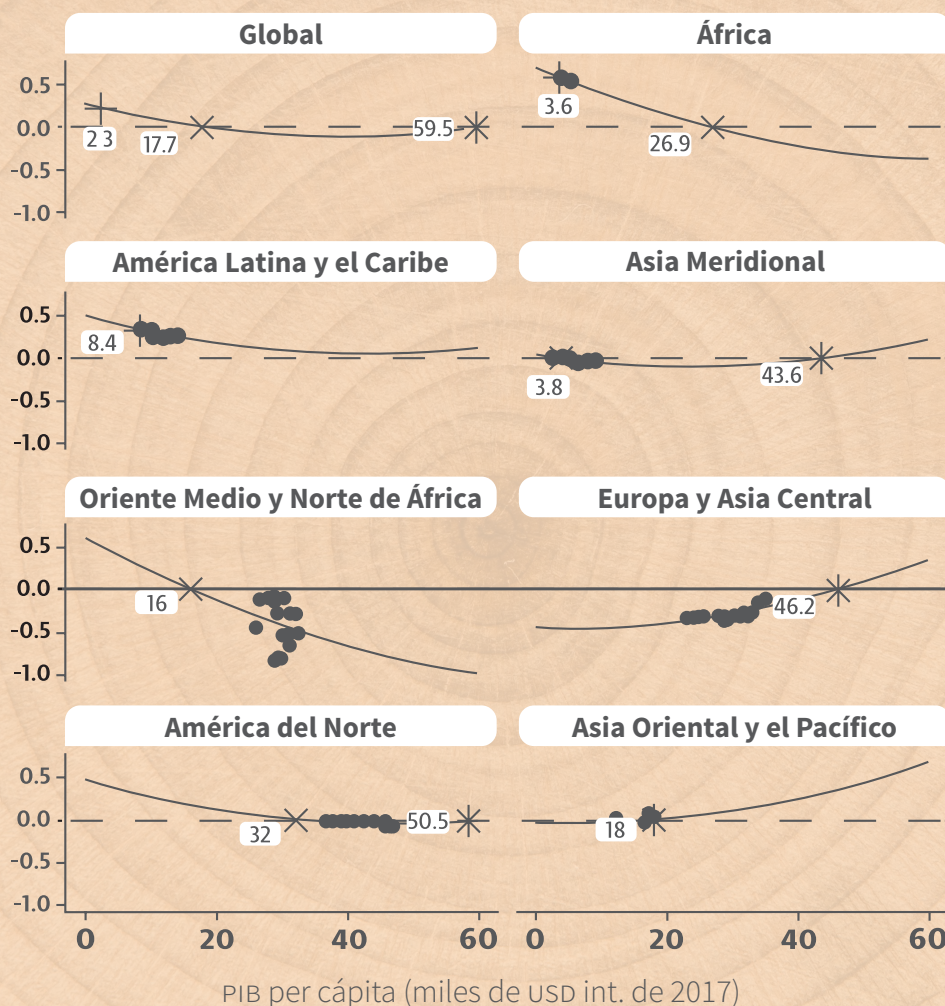
## DISCUSIÓN

La figura 2 muestra el ajuste del modelo y su proyección en el rango de ingresos de 0 a 60,000 dólares per cápita en términos globales y para cada región. La imagen identifica, en los casos en los que fue posible, el umbral de desarrollo de acuerdo con la curva de Kuznets (+), el cambio de dinámica de uso de suelo (X) y la culminación de la transición forestal (\*). Como se aprecia, el modelo identificó una transición forestal a nivel global; sin embargo, las tendencias de cambio de uso del suelo difieren entre regiones.

El umbral de la curva de Kuznets se aproximó mediante el ajuste del modelo y el ingreso per cápita mínimo observado cuando se trató de un segmento decreciente de la curva de deforestación ajustada. Cabe señalar que no fue posible determinar el umbral en cuestión de manera analítica debido a que el coeficiente cuadrático es positivo, por lo que las trayectorias de deforestación estimadas están caracterizadas por una trayectoria inicial decreciente y posteriormente creciente y el umbral de la curva de Kuznets requiere lo opuesto. Las raíces de la ecuación cuadrática, es decir, el punto en donde la curva corta el eje horizontal, corresponden al cambio de dinámica de uso del suelo y culminación de la transición forestal. Dichas raíces fueron calculadas utilizando los coeficientes estimados.

A nivel global, el ajuste del modelo es parcialmente consistente con la curva de Kuznets y la transición forestal. En particular, se observa que para ingresos menores a 17,700 dólares, la tasa de deforestación tiende a desacelerarse. Al alcanzar el nivel de ingresos mencionado, la dinámica de uso del suelo cambia a un proceso de reforestación, el cual se espera que se detenga al alcanzar 59,500 dólares de ingreso per cápita. Lo anterior es compatible con el comportamiento esperado de la curva de Kuznets una vez superado el umbral de desarrollo, el cual fue aproximado en 2,300 dólares. De manera similar, el comportamiento global es compatible con las etapas de transición tardía y postransi-

## TASA DE DEFORESTACIÓN



**Figura 2.** Ajuste del modelo y proyección del comportamiento esperado por región. Se muestran el umbral de desarrollo de la curva de Kuznets (+), el cambio de dinámica de uso de suelo (X) y la culminación de la transición forestal (\*), en las regiones en las cuales dichos cálculos fueron posibles. **Fuente:** elaboración y cálculos propios con información del Banco Mundial.

ción, lo que equivale a la desaceleración de las tasas de deforestación, inversión en la dinámica de uso del suelo y el inicio de un proceso de reforestación. Esto sostiene la idea de la persistencia del debate entre los países acerca del derecho que tienen los países emergentes de asumir los costos ambientales por la deforestación con la finalidad de aumentar el nivel de desarrollo económico.

En el caso de las regiones de África, y América Latina y el Caribe, el modelo indica que se ha superado el umbral de desarrollo de la curva de Kuznets (estimado en 3,600 y 8,400 dólares, respectivamente); entonces, se espera una desaceleración de la tasa de deforestación con-

forme dichas regiones se desarrollan. En el caso de la región de África, el modelo permitió estimar que el proceso de deforestación continuará hasta que se alcance un ingreso per cápita de 27,000 dólares. Para el caso de América Latina, tal cálculo no fue posible, ya que la curva estimada no cruza el eje horizontal. Sin embargo, es posible inferir que el ingreso requerido para detener la deforestación es mayor que el observado en la actualidad, por lo que se espera que en ambas regiones la deforestación continúe.

El comportamiento esperado de la deforestación en ambas regiones es compatible con la segunda etapa de la curva de Kuznets y la etapa de transición tardía de la transición forestal;



**LOS RESULTADOS SUGIEREN QUE LA MAYORÍA DE LAS REGIONES DEL MUNDO SE ENCUENTRAN EN LAS ETAPAS DE TRANSICIÓN TARDÍA Y POSTRANSICIÓN, ESTO SUPONE UNA DESACELERACIÓN DE LAS TASAS DE DEFORESTACIÓN Y UN CAMBIO EN LA DINÁMICA DE USO DE SUELO, LO QUE IMPLICA UNA EXPANSIÓN DE LA COBERTURA FORESTAL.**

es decir, que los incrementos en el PIB per cápita están asociados a una desaceleración de la tasa de deforestación. Lo anterior es consistente con el cuerpo de la literatura que soporta la existencia de la curva de Kuznets y la transición forestal (Caravaggio, 2020). De manera similar, los resultados obtenidos son consistentes con las estimaciones de Culas (2012), quien indicó que en América Latina y África el ingreso necesario para revertir la deforestación todavía no ha sido alcanzado.

De acuerdo al modelo de regresión, las regiones de Asia Meridional, Oriente Medio y Norte de África, así como la región de Europa y Asia Central, se encuentran en una fase de transición tardía; lo que equivale a que las tasas de deforestación en dichas regiones son cero o negativas, es decir, que la cobertura forestal se mantiene estable o en expansión. Cabe destacar que el ingreso estimado para lograr el cambio en la dinámica de uso del suelo es distinto en las regiones. Por ejemplo, en la región de Asia Meridional un ingreso de 3,800 dólares es necesario para observar el cambio antes mencionado. No obstante, en la región de Oriente Medio y Norte de África se necesita un ingreso de 16,000 dólares para observar el cambio en la dinámica de uso de suelo. En la región de Europa y Asia Central, no fue posible calcular dicho umbral. De manera similar, en las regiones en cuestión se espera que la transición forestal concluya con un ingreso ligeramente superior a los 40,000 dólares.

La región de América del Norte, de acuerdo con el modelo, se encuentra cercana a la culminación del proceso de transición forestal. En la región en cuestión se estimó que el proceso de reforestación se inicia una vez que se ha alcanzado un ingreso de 32,000 dólares y se espera que concluya una vez que se ha alcanzado un ingreso de 58,500 dólares.

Finalmente, en las regiones de Asia Oriental y el Pacífico se presentó un comportamiento atípico, ya que, con base en el modelo ajustado, se espera que el proceso de transición forestal culmine cuando alcance los 18,000 dólares, una cifra, además, muy cercana al ingreso observado en la actualidad.

Una vez más, los resultados obtenidos para el resto de las regiones indican la presencia de una transición forestal en una etapa de postransición, es decir, que la dinámica forestal sigue una trayectoria expansiva o estable después de

una recuperación de superficie. Esto coincide con lo teóricamente expuesto en la literatura revisada en el presente análisis, la cual sugiere la existencia de una transición forestal en economías desarrolladas y en algunas economías en desarrollo (Caravaggio, 2020; Hosonuma *et al.*, 2012). De manera similar, el comportamiento de Asia es consistente con las estimaciones de Culas (2012), quien indicó que el nivel de desarrollo permitió el cambio de la dinámica de superficie forestal.

Es importante señalar, sin embargo, que las restricciones impuestas al modelo, en particular la forma funcional cuadrática, impiden capturar algunas de las dinámicas regionales con mayor precisión. Por ejemplo, en el caso de la región de América del Norte o Europa y Asia Central, no se refleja la curva de Kuznets ni la transición forestal en el rango de ingresos menor al de las observaciones actuales. De manera similar, en algunas regiones no fue posible determinar los umbrales de desarrollo para el cambio en la dinámica de uso del suelo. Lo anterior se debe a que los resultados son negativos o las raíces no son reales (*i. e.* la solución requiere números imaginarios). Dicha situación indica que aún existen interrogantes sobre el efecto del desarrollo en el ambiente, por lo que una investigación más exhaustiva es necesaria para abordar tales brechas de conocimiento.

## ◆◆ CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó el efecto del desarrollo económico sobre el ambiente en el contexto de la deforestación. En particular, se evaluó la relación entre el ingreso per cápita (con paridad de poder adquisitivo) y la tasa de deforestación para las siete regiones de países consideradas por el Banco Mundial en el periodo 1990-2020. Lo anterior con el objetivo de evaluar a qué grado el comportamiento de la tasa de deforestación se ajusta a la curva ambiental de Kuznets y la transición forestal. Por esta razón, es necesario ahondar en las causas subyacentes que podrían influir en un comportamiento diferente a lo teóricamente expuesto por la curva de Kuznets.

A nivel global, las observaciones son parcialmente consistentes con las hipótesis mencionadas; específicamente, en una etapa avanzada de desarrollo con respecto a la curva de Kuznets, en donde los incrementos del desarrollo están asociados a una desaceleración de la de-

forestación. Más importante, los resultados sugieren que la mayoría de las regiones del mundo se encuentran en las etapas de transición tardía y postransición, esto supone una desaceleración de las tasas de deforestación y un cambio en la dinámica de uso de suelo, lo que implica una expansión de la cobertura forestal.

Sin embargo, también se observaron puntos críticos en los resultados obtenidos. Por ejemplo, fuera del rango de ingresos observado, las estimaciones no reflejan el comportamiento esperado por parte de la curva de Kuznets y la transición forestal, por lo que una investigación más exhaustiva y a distintas escalas es necesaria para incrementar la confiabilidad de los resultados aquí expuestos.



### **Martín López Ramírez**

Doctor en Economía por la Universidad de Varsovia. Sus intereses de investigación se centran en el uso de la ciencia de datos para el análisis de problemas económicos y ambientales. Actualmente se

desempeña como profesor de tiempo completo en el Departamento de Economía de la UDLAP.

[martin.lopez@udlap.mx](mailto:martin.lopez@udlap.mx)



### **César Vázquez González**

Estudió Economía en la Universidad Veracruzana, cursó la especialidad y la maestría en Ciencias en la Universidad Autónoma de Baja California

y el doctorado en Ecología en la Universidad Veracruzana. Actualmente, es candidato a investigador nacional-SNII y profesor - investigador adscrito al Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza. Además, cuenta con seis publicaciones internacionales en revistas con FI > 3.0 y Q1.

[cesargonzalez84@gmail.com](mailto:cesargonzalez84@gmail.com)



### **César Columna Franco**

Es maestro en Economía y especialista en Métodos Estadísticos por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y la Universidad

Veracruzana (UV), respectivamente. Sus intereses son la economía aplicada, la estadística y la ciencia de datos; en los últimos años, se ha desempeñado como consultor en la Coordinación de Pronósticos en la empresa Cal y Mayor.

[cesar.columna@gmail.com](mailto:cesar.columna@gmail.com)

## REFERENCIAS

- Arel-Bundock, V. (2022). *World Development Indicators and Other World Bank Data. R package version 2.7.8 (2.7.8)* [R].
- Barbier, E. B., Delacote, P. y Wolfersberger, J. (2017). The economic analysis of the forest transition: A review. *Journal of Forest Economics*, 27, 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2017.02.003>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. y Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67, 1-48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Caravaggio, N. (2020). Economic growth and the forest development path: A theoretical re-assessment of the environmental Kuznets curve for deforestation. *Forest Policy and Economics*, 118, 102259. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102259>
- Culas, R. J. (2012). REDD and forest transition: Tunneling through the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 79, 44-51. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.015>
- Edmonds, J. A., Link, R., Waldhoff, S. T. y Cui, R. (2017). A Global Food Demand Model for the Assessment of Complex Human-Earth Systems. *Climate Change Economics*, 8(4), 1-22.
- FAOSTAT. (2023). <https://www.fao.org/faostat/es/#data/RL>
- Fukase, E. y Martin, W. (2020). Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development*, 132, 104954. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104954>
- Grossman, G. M. y Krueger, A. B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement* (Working Paper 3914). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Hill, E. (Ned). (2023). What Is Economic Development? And What Is the Job of an Economic Development Professional? *Economic Development Quarterly*, 37(1), 34-48. <https://doi.org/10.1177/08912424221147013>
- Hosonuma, N., Herold, M., Sy, V. D., Fries, R. S. D., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A. y Romijn, E. (2012). An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters*, 7(4), 044009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044009>
- Mather, A. S. (1992). The Forest Transition. *Area*, 24(4), 367-379.
- Pendrill, F., Persson, U. M., Godar, J. y Kastner, T. (2019). Deforestation displaced: Trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition. *Environmental Research Letters*, 14(5), 055003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0d41>
- R Core Team. (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K. y Vaughan, D. (s/f). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation* (R package version 1.1.2) [R]. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- World Bank. (2023). *World Bank Open Data*. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org>

- The long five-minute debate. What is behind the argument that privileges popular vote elected representatives?

# EL LARGO DEBATE de cinco minutos

¿Qué hay detrás del argumento que privilegia a los representantes electos por voto popular?

Por:  Jesús Mijangos Castro



Mijangos Castro, J. (2024). El largo debate de cinco minutos. ¿Qué hay detrás del argumento que privilegia a los representantes electos por voto popular? *Entorno UDLAP*, 22

 **Recibido:** 6 de septiembre de 2023  **Aceptado:** 28 de septiembre de 2023

## RESUMEN

Durante la sesión del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) del 8 de junio de 2023, el ministro Arturo Zaldívar Lelo de Larrea y la ministra presidenta Norma Lucía Piña Hernández tuvieron una discusión en la que Zaldívar argumentó que, dado que los ministros no son elegidos democráticamente, la SCJN debería limitarse a la revisión del ejercicio de los poderes que sí lo son. La presidenta respondió que, al invalidar una norma, estaban ejerciendo sus facultades constitucionales, por lo tanto, no podían realizar una afectación al balance de poderes como el ministro implicaba. Este artículo observa el origen legal del argumento que privilegia a los representantes elegidos por voto popular (Ejecutivo y Legislativo), que es-

tableció el ministro Zaldívar —el cual apunta a ser el siguiente debate ideológico al interior y en contra de la SCJN—, su contexto, corrientes filosóficas dentro del derecho comparado y sus repercusiones en el ámbito legal mexicano.

## PALABRAS CLAVE

**Derecho internacional** • **Estados Unidos**  
• **Bolivia** • **Democracia** • **Constitución**  
• **Poder Judicial**

## ABSTRACT

During the plenary session of June 8, 2023, justice Arturo Zaldívar Lelo de Larrea and chief justice Norma Lucía Piña Hernández held a discussion in which justice Zaldívar maintained that, since justices were not vot-

ed, the Supreme Court should limit itself when reviewing the actions of other elected powers. The chief justice responded that the Supreme Court could not exceed its powers, as justice Zaldívar implied, by exercising the very powers given to it by the constitution. This article studies the argument that the Supreme Court should give privilege to the other branches of government because the Executive and Legislative powers are elected through voting, which is headed to be the next ideological debate within and against the Mexican Supreme Court. The legal background of said argument, the philosophical currents from comparative law, and its repercussions when applied within the Mexican legal system.

## KEYWORDS

International · United States · Bolivia · Democracy · Constitution

## INTRODUCCIÓN

Durante la sesión del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) del 8 de junio de 2023, se suscitó un debate sobre la estructura que debe guardar el balance de poderes en México. Fueron cuatro comentarios breves y separados entre el ministro Arturo Zaldívar Lelo de Larrea y la ministra Norma Lucía Piña Hernández, presidenta de la SCJN. El debate duró escasamente cinco minutos, aun así, las recientes tensiones entre los tres poderes, así como las tendencias políticas en torno a ellas, permiten subrayar la importancia de tan pequeño debate, pues revela las corrientes ideológicas que serán fuente de discusión para la actual Suprema Corte o bien revisitadas una vez que sus miembros cambien.

El intercambio fue el siguiente:

*Ministro Zaldívar (MZ): No todas las violaciones al procedimiento legislativo tienen un efecto invalidante, que tienen que ser suficientemente graves porque hay que salvaguardar el principio de autonomía y de trabajo del Congreso, del legislador democráticamente electo. Nosotros no somos electos democráticamente, de tal suerte que el sustento de nuestras decisiones tiene que estar en la Constitución y, solamente cuando se afecta el debate democrático o las reglas esenciales del procedimiento, me parece que nos es dable invalidar un procedimiento legislativo, de lo contrario (desde mi punto de vista), creo que estamos en una cuestión de cuestionable legitimidad democrática y de afectación a la división de poderes<sup>1</sup>.*

*Ministra presidenta Norma Piña (MPNP): Quiero comentar que, respetuosamente, no comparto (respetuosamente)*

<sup>1</sup> Contenido de la versión taquigráfica de la Sesión Pública Ordinaria del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, celebrada el jueves 8 de junio de 2023. Secretaría General de Acuerdos, p. 19.



los comentarios de que nosotros no somos electos democráticamente; eso está establecido en la Constitución. Y tampoco comparto que el realizar nuestra labor como Tribunal Constitucional implique una afectación a la división de poderes (con todo respeto)<sup>2</sup>.

MZ: Disculpe que (no que interrumpa, que) intervenga en relación con su comentario. Desde luego que estamos en un Tribunal Constitucional, en que cada una y cada uno de nosotros podemos expresar libremente nuestro punto de vista. Yo siempre he manifestado, no de ahora, desde hace trece años lo delicado que es que un Tribunal Constitucional analice e invalide, por vicios en el procedimiento, una norma de carácter general. Es una postura que he sostenido siempre. Y, en este tipo de cosas (no porque lo diga yo), hay una amplia doctrina. Siempre hay un riesgo en el que el Tribunal Constitucional pueda excederse porque también nosotros estamos sometidos a la Constitución, y en eso iba mi punto de vista. Yo, en los últimos precedentes, he estado de manera minoritaria, pero (bueno) es mi planteamiento. Nunca dije que nuestra intervención como Tribunal Constitucional implicara afectar la división de poderes; dije que siempre hay ese riesgo y creo que, en ciertos asuntos, podremos incurrir en eso (desde mi punto de vista)<sup>3</sup>.

MPNP: Gracias. No, al contrario, yo le agradezco la aclaración porque, (digo) dentro del contexto de la discusión, yo considero que no era necesario hacer esa referencia, por eso aclaré que, dado que cada quien puede expresar lo que desea en este Pleno, lo aclaré que era con todo respeto. Claro que lo puede decir. Yo podría decir también que sí somos propuestos por el Poder Ejecutivo, que él es electo democráticamente, y designados por el Legislativo, que también tiene un origen democrático. Entonces, partiendo de esa conformación, también hay una amplia doctrina al respecto, pero no es motivo de discusión: vamos a apurarnos con los asuntos<sup>4</sup>.

El fin que ambos ministros buscan proteger es el Estado de derecho. La definición general de Estado de derecho es «el imperio de la ley», es decir, que tanto autoridades como ciudadanos se rijan bajo las mismas reglas claras y predecibles, por lo que cada ley es una defensa contra un Estado autoritario<sup>5</sup>. Sin embargo, esta defini-

2 *Idem*, p. 30.

3 *Idem*, p. 32.

4 *Idem*, pp. 32 y 34.

5 Ronald Dworkin. En *Los derechos en serio*. Editorial Ariel. 3 reimpresión, 1997. Capítulo IV y V, pp. 146-208



**LA DEFINICIÓN GENERAL DE ESTADO DE DERECHO ES «EL IMPERIO DE LA LEY», ES DECIR, QUE TANTO AUTORIDADES COMO CIUDADANOS SE RIJAN BAJO LAS MISMAS REGLAS CLARAS Y PREDECIBLES.**

ción es superada en el citado debate pues, aunque ambos ministros abogan por este resultado, nos preguntamos cuál es el principio superior: la Constitución, las elecciones por votación, el balance de poderes, la independencia judicial. Dicho análisis se transformaría en un concurso de elocuencias de diversos autores donde el ganador sería un reflejo de su evaluador —dígase yo— y no un ejercicio que brinde contexto a tan complejo debate. Lo correcto será trabajar con la definición de Estado de derecho de Mariano Brito quien lo describe como una idea que se debe conceptualmente a su finalidad: la realización del hombre en plenitud<sup>6</sup>. Es una definición por supuesto más vaga, pero que se ajusta al debate ideológico citado para que, paradójicamente, podamos entenderla desde un concepto no tan ideológico como de resultados. Es decir, nos atenderemos, como la definición de Brito señala, a los resultados de los argumentos debatidos sobre el ciudadano, por lo que este artículo será un estudio de casos, que den mejor contexto al lector de las consecuencias, orígenes y peligros de las ideologías referidas. Los hechos forman la verdad, los resultados comprueban ideologías.

El debate habla, primero, de la democracia y el Poder Judicial, en segundo término, de la *privilegiación* de los representantes electos. Si bien no es la propuesta del Ejecutivo sobre si los ministros deberían ser votados, sí evoca esta idea, pues la limitación del ministro Zaldívar no existiría si esa propuesta fuera realidad. En términos coloquiales, no es la idea del presidente, pero la alude y podría usarse como un argumento a su favor. Entonces, aunque no sea la idea expresada tal cual por el ministro Zaldívar, que analizaré más adelante, sí es importante suscribirnos brevemente a analizar las repercusiones

y 209-233.

6 Mariano Brito. El Estado de derecho en una perspectiva axiológica. *Ius Publicum* 6, 2001, pp. 63-70.

de elegir a los ministros de la SCJN a través del voto popular.

### El ejemplo boliviano sobre los peligros de la votación de ministros

Solo hay un país que vota a sus ministros en el continente: Bolivia. El caso de Bolivia es muy importante para México, pues las repercusiones más preocupantes parten de un principio constitucional que también tiene México: el principio *pro homine* o *pro personae*. El principio *pro homine* o *pro personae* fue definido por primera vez por la Corte Interamericana de Derechos Humanos por el juez Rodolfo E. Piza Escalante en voto adjunto a una sentencia como:

*[Un] criterio fundamental [que] [...] impone la naturaleza misma de los derechos humanos, la cual obliga a interpretar extensivamente las normas que los consagran o amplían y restrictivamente las que los limitan o restringen. [De esta forma, el principio pro persona] [...] conduce a la conclusión de que [la] exigibilidad inmediata e incondicional [de los derechos humanos] es la regla y su condicionamiento la excepción'.*

Este principio se encuentra en el segundo párrafo de nuestra Constitución en el artículo 1, es considerado uno de los cambios más importantes que ha tenido el derecho mexicano en favor de los ciudadanos:

*Artículo 1. [...] Las normas relativas a los derechos humanos se interpretarán de conformidad con esta Constitución y con los tratados internacionales de la materia favoreciendo en todo tiempo a las personas la protección más amplia.*

En el ejemplo que nos ocupa, en una decisión altamente cuestionada, el Tribunal Constitucional Plurinacional (TCP en adelante), equivalente a nuestra SCJN en Bolivia, decidió permitir a Evo Morales volver a candidatearse sin límites, lo que en ese momento significó una tercera vez para la presidencia. Ello a pesar de que la Constitución boliviana establecía que solo puede haber una reelección por dos

periodos consecutivos y que Morales perdió un referendo en 2016 en el que intentó anular esa limitación<sup>8</sup>. El TCP fundamentó su decisión estableciendo que la Constitución violaba los derechos humanos a Evo Morales<sup>9</sup>. Que la Constitución boliviana cede su jerarquía superior cuando los tratados declaren derechos más favorables<sup>10</sup>. Una declaración similar a la que tiene nuestra Constitución en su segundo párrafo, antes citado.

Ahora bien, habrá quien busque defender esta decisión como una interpretación válida e individual del país a la que tiene derecho por ser soberano. Para destruir esta sombra de duda de que la interpretación del TCP es de mala fe, basta la opinión consultiva de la Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte Interamericana, en adelante). De acuerdo a la Carta Democrática Interamericana:

*[s]on elementos esenciales de la democracia representativa, entre otros, el respeto a los derechos humanos y las libertades fundamentales; el acceso al poder y su ejercicio con sujeción al Estado de derecho; la celebración de elecciones periódicas, libres, justas y basadas en el sufragio universal y secreto como expresión de la soberanía del pueblo; el régimen plural de partidos y organizaciones políticas; y la separación e independencia de los poderes públicos<sup>11</sup>.*

La Corte Interamericana señala que la realización de elecciones es fundamental para una democracia<sup>12</sup>. Esta obligación implica que los mandatos de cargos deben tener un periodo fijo. Por lo que los presidentes no pueden ser elegidos por plazos indefinidos<sup>13</sup>. La Decla-

7 «Opinión Separada del juez Rodolfo E. Piza Escalante», en Corte IDH, Exigibilidad del Derecho de Rectificación o Respuesta (arts. 14.1, 1.1 y 2, Convención Americana sobre Derechos Humanos), Opinión Consultiva OC-7/86 del 29 de agosto de 1986, serie A, núm. 7, párr. 36. Como es observado en: Ximena Medellín Urquiaga. *Principio Pro Persona*. Coedición: Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN), Oficina en México del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (OACNUDH) y Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal (CDHDF), p. 17.

8 El Tribunal Constitucional de Bolivia autoriza a Evo Morales a buscar la reelección como presidente sin límites. Redacción *BBC Mundo*. *BBC Mundo*. 28 de noviembre de 2017, actualizado el 29 de noviembre de 2017.

9 Sentencia constitucional plurinacional 0084/2017 Sucre, 28 de noviembre de 2017, p. 74.

10 Sentencia constitucional plurinacional 0084/2017 Sucre, 28 de noviembre de 2017, p. 14.

11 Carta Democrática Interamericana, artículo 3. Como se observa en Corte Interamericana de Derechos Humanos. Opinión Consultiva OC-28/21. 7 de junio de 2021 solicitada por la República de Colombia, párr. 67, p. 21.

12 Caso Castañeda Gutman vs. México. Excepciones preliminares, fondo, reparaciones y costas. Sentencia del 6 de agosto de 2008. Serie C No. 184, párr. 147. Como se observa en: Corte Interamericana de Derechos Humanos. Opinión Consultiva OC-28/21, *supra*, párr. 72, p. 22.

13 *Ibidem*.

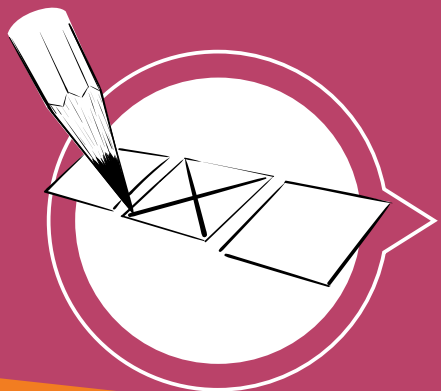
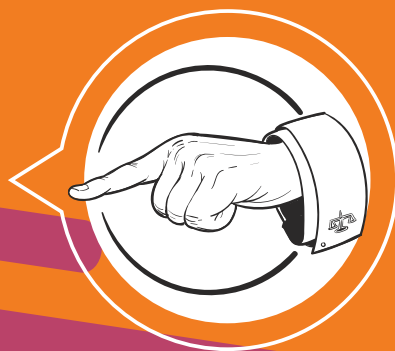


**LA TENDENCIA DE POLÍTICOS POCO PREPARADOS EN EL TEMA A INTERPRETAR LA LEY A CONVENIENCIA PUEDE SER OBSERVADA EN EL MARCO GENERAL DE LA POLÍTICA DE CUALQUIER PAÍS Y CUALQUIER PARTIDO.**



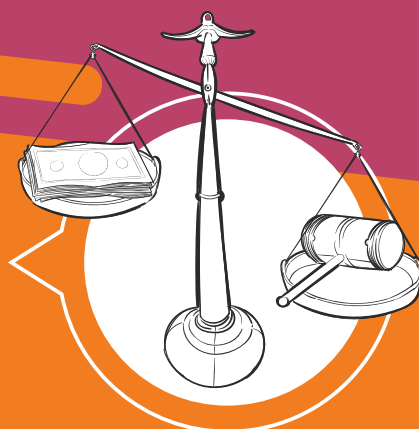
PARA MANTENER NUESTRO **ESTADO DE DERECHO**, ES NECESARIO QUE LOS MINISTROS Y JUECES SEAN INDEPENDIENTES Y LOS MEJORES EXPERTOS EN DERECHO, BAJO EL ESTÁNDAR MÁS ALTO, LO QUE VUELVE SU ELECCIÓN, VOTADA POR EL PÚBLICO, CONTRAPRODUENTE.

EL DEBATE ENTRE SALDÍVAR Y PIÑA HABLA DE LA DEMOCRACIA Y EL PODER JUDICIAL, ASÍ COMO DE **PRIVILEGIAR A LOS REPRESENTANTES ELECTOS**. SI BIEN EL ARGUMENTO DE ZALDÍVAR NO PROPONE, COMO EL EJECUTIVO, QUE LOS MINISTROS DEBERÍAN SER VOTADOS, SÍ ALUDE A DICHA PROPUESTA Y PODRÍA USARSE COMO UN ARGUMENTO A SU FAVOR.



BOLIVIA ES EL ÚNICO PAÍS QUE VOTA A SUS MINISTROS EN EL CONTINENTE. EN 2017, EL TRIBUNAL CONSTITUCIONAL PLURINACIONAL, BASÁNDOSE EN EL PRINCIPIO *PRO PERSONAE*, DECIDIÓ PERMITIR AL PRESIDENTE EVO MORALES **VOLVER A CANDIDATEARSE INDEFINIDAMENTE**, PESE A LOS LÍMITES QUE ESTABLECÍA LA CONSTITUCIÓN BOLIVIANA Y A QUE MORALES PERDIÓ UN REFERENDO EN 2016 EN EL QUE INTENTÓ ANULAR ESA LIMITACIÓN.

ESTABLECER UN RÉGIMEN QUE PRIVILEGIE A LOS REPRESENTANTES ELECTOS ES RESTRINGIR LAS FACULTADES DE LA SCJN CON UNA EXCUSA TEÓRICA FUERA DE CONTEXTO, CUYA **CONSECUENCIA SERÍA UN EJECUTIVO AUTORITARIO Y SIN LÍMITES**.



ración de Santiago de Chile de 1959 establece que la perpetuación en el poder, o el ejercicio de este sin plazo alguno y con manifiesto propósito de perpetuación, son incompatibles con el ejercicio efectivo de la democracia<sup>14</sup>. Argumento también enumerado en la Carta Democrática Interamericana. La Corte Interamericana, en el mismo razonamiento, advierte que «el mayor peligro actual para las democracias de la región no es un rompimiento abrupto del orden constitucional, sino una erosión paulatina de las salvaguardas democráticas que pueden conducir a un régimen autoritario, incluso si éste es electo mediante elecciones populares»<sup>15</sup>.

La tendencia a interpretar la ley a conveniencia por políticos poco preparados en el tema puede ser observada en el marco general de la política de cualquier país y cualquier partido. Senadores, diputados y presidentes pueden tener niveles variados en el conocimiento de sus disciplinas, su representación es más personal, tienen un derecho implícito a no tener que ser los mejores en la rama de su profesión u oficio. Sin embargo, para mantener nuestro Estado de derecho, es necesario que los ministros y jueces sean independientes y los mejores expertos en derecho, bajo el estándar más alto, lo que vuelve su elección, votada por el público, contraproducente. Si fueran votados, los ministros, como lo hacen senadores y diputados del mismo partido habitualmente, dependerían del carisma del presidente, y no serían los mejores, lo que generaría resultados como los de Bolivia.

### El origen estadounidense de la opinión y el contexto mexicano

Ya cerrado este punto sobre la reforma de elección de ministros, es oportuno entender el contexto literal de su opinión y la escuela de esta. El ministro Zaldívar está haciendo eco con su opinión al *Justice* (equivalente estadounidense al título de ministro) Antonin Scalia, irónicamente famoso por ser un orgulloso conservador<sup>16</sup>. Scalia decía que un juez debía interpretar

la ley, no legislarla, afirmaba que no era compatible con la teoría democrática que las leyes signifiquen lo que deberían significar y que un juez no electo decida en cambio su significado<sup>17</sup>. La creación de nuevos derechos a través de la Suprema Corte es normal en la cultura legal estadounidense. Se pueden observar en distintas ocasiones, como el derecho a la no discriminación en la educación en *Brown v. Board of Education*, donde se eliminó la segregación para las escuelas<sup>18</sup>, o el derecho al matrimonio igualitario en *Obergefell v. Hodges*<sup>19</sup>, o incluso la interpretación de su propia Constitución que le concedió al pueblo estadounidense el derecho a portar armas que escribió el propio Antonin Scalia en *District of Columbia v. Heller*, donde separó ese derecho de la conexión inicial que se tenía con la milicia, y gracias a la cual ahora los estadounidenses pueden adquirir armas<sup>20</sup>.

México en su historia solo ha tenido una resolución de la SCJN que se adelantó a dar un derecho de ese tipo: el amparo 267/2023, que fue analizado el 7 de septiembre de 2023, sobre la despenalización del aborto, meses después de la discusión citada y cuya despenalización es exclusiva del fuero federal. Esta decisión debe su sentencia histórica al principio *pro personae*, toda vez que los tratados internacionales en materia de derechos humanos, como el Programa de Acción del Cairo de 1994 en su apartado 8.19, ya tenían el aborto como un derecho humano, así que la decisión del 267/2023 despenaliza el aborto a través de derechos que ya se encontraban dados a los mexicanos conforme a tratados internacionales y el 133 constitucional que los declara ley suprema. Esto se debe a que los efectos *erga homines* de la SCJN son materia exclusiva de revisión constitucional, por lo que su resolución niega (y no crea) normas, actos u omisiones de autoridades, siendo el principio *pro persona* la única vía de

---

para ser juez de apelación y más tarde para ser Justicia de la Suprema Corte de Estados Unidos.

17 Antonin Scalia, *Common-Law Courts in a Civil-Law System: The Role of United States Federal Courts in Interpreting the Constitution and Laws*, in *A Matter of Interpretation: Federal Courts and the Law* 22 (Amy Gutmann ed., 1997).

18 347 U. S. 483, p. 493-595.

19 576 U. S. 644, p. 3-28.

20 478 F. 3d 370, p. 30-32.

14 Acta de la Quinta Reunión de Consultas de Ministros de Relaciones Exteriores llevada a cabo en Santiago de Chile del 12 al 18 de agosto de 1959. Declaración de Santiago, punto declarativo 3. Como se observa en Corte Interamericana de Derechos Humanos. Opinión Consultiva OC-28/21, *supra*, párr. 74, p. 23.

15 *Idem*, párr. 145, p. 41.

16 Antonin Scalia fue nominado por Ronald Reagan

generación de derechos para la scjN<sup>21</sup>. Existen derechos adquiridos para el acceso a la justicia y el cumplimiento de un derecho —por ejemplo, la reciente interpretación facultativa de acceder al amparo cuando una autoridad aplique una norma ya declarada inconstitucional y no meramente la denuncia del artículo 210 de la Ley de Amparo<sup>22</sup>, o bien la protección a un órgano que permita un derecho a todos los mexicanos<sup>23</sup>—, pero los derechos a todas las personas en su vida diaria son únicamente bajo la resolución de antinomias en tratados internacionales de derechos humanos ya existentes en el ámbito legal mexicano.

En México jamás ha llegado a suceder, ni para bien ni para mal, lo que temía el ministro Antonin Scalia, la reinterpretación facultativa de una ley por el Poder Judicial. Entonces, la pregunta obvia es: ¿por qué citarlo? La respuesta es que la opinión está basada en el derecho comparado. Primeramente, la *Necessary and Proper Clause* (la cláusula de lo necesario y propio), que habla de la relación entre el Poder Legislativo y el Judicial, y *a posteriori* en la teoría del *Unitary Executive*, el Ejecutivo unitario.

### La cláusula de lo necesario y propio y su interpretación aplicativa

La cláusula de lo necesario y propio (*Necessary and Proper Clause*) está en la Constitución de los Estados Unidos, en el artículo 1 sección 8:

*Para hacer todas las leyes que deben ser necesarias y propias para realizar la ejecución de sus poderes citados anteriormente, y todos los demás poderes que otorgue esta Constitución en el Gobierno de Estados Unidos, o cualquier departamento, u oficina del mismo<sup>24</sup>.*

21 Art. 105, 103 y 107 constitucionales.

22 Contradicción de tesis 1/2020 y el recurso de revisión 76/2022. Rubro propuesto: «Juicio de amparo o denuncia de incumplimiento de declaratoria general de inconstitucionalidad. Son procedentes ambas vías, a elección del afectado, para combatir un acto fundado en una norma declarada inconstitucional con efectos generales por el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación».

23 Por ejemplo, Controversia constitucional 209/2021.

24 «To make all Laws which shall be necessary and proper for carrying into Execution the foregoing Powers, and all other Powers vested by this Constitution in the Government of the United

El significado de la cláusula ha sido debatido numerosamente, siendo sujeto a distintos tipos de interpretación, por lo que explicarla es complejo. Por ejemplo, el *originalismo* busca la intención original de los padres fundadores de la nación, y fue usado para establecer una limitante a esta cláusula en que no pueden existir «grandes poderes» que nazcan de ella, únicamente los poderes en la Constitución, citando a James Madison<sup>25</sup>. La cláusula también ha sido sometida por el *textualismo*, que busca el significado literal de las palabras ignorando cualquier motivación o contexto histórico, con la que se señaló que la «y» entre necesario y propio es realmente una palabra disyuntiva y no conjuntiva como es el uso normal de la «y», pues es una función que puede cumplir la palabra en inglés, entonces se debería leer como «necesario o propio»<sup>26</sup>.

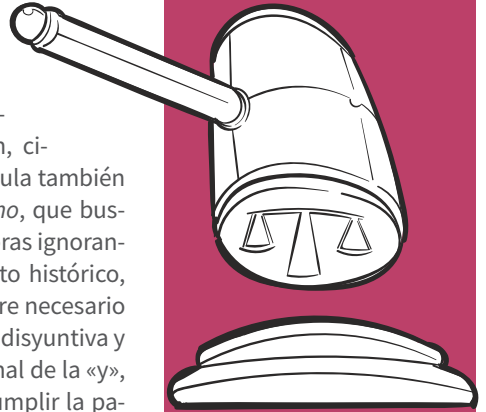
El caso más importante para la interpretación de la cláusula de lo necesario y propio es *McCulloch v. Maryland*. Los hechos de *McCulloch* sucedieron en 1816, cuando el Congreso creó el Segundo Banco de los Estados Unidos. En este caso se debatió que el Congreso no tenía facultades para crear un banco. La Suprema Corte de Estados Unidos (en adelante la Corte de EE. UU.) adoptó un estándar deferencial. Rechazó la interpretación de que «necesario» significa «indispensable» o «más directo y simple», o el argumento de que la existencia de la cláusula limita el poder del Congreso, en comparación con su no existencia<sup>27</sup>, dando al Congreso la facultad de usar amplios recursos con la finalidad de ejercer sus poderes. Sin embargo, establece una limitante a la propia cláusula, los recursos deben estar claramente vinculados con su fin, deben coinci-

States, or in any Department or Officer thereof». Traducción del autor.

25 Sharing the Necessary and Proper Clause. William Baude. *Harvard Law Journal*. Vol. 128:39. F. 39, p. 40.

26 *Drafting and analyzing contracts* 95. J. Burnham, (3ª ed. 2003). Como se observa en *The Agency Law Origins of the Necessary and Proper Clause* Robert G. Natelson. *Case Western Law Review*. Volume 55 (2004).

27 *McCulloch v. Maryland*. 17 US (4 Wheat.) 316, 413 (1819). 10-1. Como se observa en: William Baude, *supra*.



LA REVISIÓN  
CONSTITUCIONAL  
DE LOS ACTOS DEL  
PODER LEGISLATIVO  
ES PRECISAMENTE LA  
LÍNEA COMPARATIVA  
QUE NINGUNA  
ESCUELA DE  
INTERPRETACIÓN DE  
LA CLÁUSULA DE LO  
NECESARIO Y PROPIO  
ESTÁ DISPUESTA  
A CEDER.

dir con la letra y el espíritu de la Constitución, y deben ser recursos incidentales, jamás traducirse en poderes nuevos, sustantivos o independientes de sí<sup>28</sup>.

El andamiaje legal de la cláusula de lo necesario y propio se divide en dos eras. La era anterior, establecida en los casos *Buckley v. Valeo*, *Northern Pipeline Construction Co. v. Marathon Pipe Line Co.* e *INS v. Chadha*, y una era moderna, formada por *Alden v. Maine*, *Printz v. United States* y *Free Enterprise Fund v. Public Company Accounting Oversight Board*<sup>29</sup>.

El estándar basado en la época anterior subraya el examen deferencial de *McCulloch* que busca establecer un vínculo entre el método-finalidad y lo prohibitivo de la delegación de facultades<sup>30</sup>. En *Buckley v. Valeo* es apreciable la limitación constitucional de *McCulloch* al Congreso con el examen de la era anterior. En *Buckley*, el Congreso estableció la *Federal Election Campaign Act* de 1971, donde limitó el dinero que podía ser donado por particulares y grupos políticos, así como los gastos que podían hacer en las campañas los candidatos a través de su dinero personal o familiar, James L. Buckley era un candidato para Nueva York<sup>31</sup>. La Corte de EE. UU. sostuvo que la restricción a donaciones estaba dentro de las capacidades del Congreso bajo la cláusula de *lo necesario y propio* pero que limitar los gastos del candidato afectaba su derecho constitucional de libre expresión<sup>32</sup>. Toda vez que en *Buckley* se puede observar como una normativa, pasa un examen constitucional de la cláusula de *lo necesario y propio* y otra que no, *Buckley* es útil para entender lo que en la Corte de EE. UU. de la era anterior se refería al requisito de cumplir con el espíritu constitucional. Sin embargo, *Buckley* ha sido distinguido hasta su ineffectividad, tras la determinación de que las empresas son personas y tienen derechos análogos a estas, lo cual les permite donar de forma ilimitada a las campañas de los candidatos nortea-

<sup>28</sup> *Idem*. En 411. Como se observa en William Baude, *supra*.

<sup>29</sup> William Baude, *supra*, p. 43.

<sup>30</sup> John F. Manning, 128 Harv. L. Rev. 1, 2014, pp. 31-32.

<sup>31</sup> 424 U.S. 1 (1976), pp. 11-12.

<sup>32</sup> *Idem*, pp. 12-59.



## EN MÉXICO JAMÁS HA LLEGADO A SUCEDER, NI PARA BIEN NI PARA MAL, LO QUE TEMÍA EL MINISTRO ANTONIN SCALIA: LA REINTERPRETACIÓN FACULTATIVA DE UNA LEY POR EL PODER JUDICIAL.

mericanos en sus elecciones, en el caso *Citizens United v. FEC*<sup>33</sup>.

La nueva era se basa más en el balance entre el federalismo y las facultades intrínsecas de los estados<sup>34</sup>. Esta nueva limitación establece un estándar para la cláusula de *lo necesario y propio*, cuyos críticos estiman de opaco e incluso caprichoso<sup>35</sup>, pero que no contradice ninguna de las limitaciones establecidas en *McCulloch*<sup>36</sup>. Las facultades repartidas entre federalismo y los estados se encuentran en la propia Constitución a través de la décima enmienda:

*Los poderes no delegados a Estados Unidos por la Constitución, que tampoco estén prohibidos por ésta a los estados, son reservadas a los estados, respectivamente, o a la población*<sup>37</sup>.

Un caso altamente debatido entre la misma Corte de EE. UU. fue *Alden v. Maine*, que permite resaltar la severidad de este nuevo examen. En *Alden*, un grupo de oficiales de libertad condicional demandaron a su empleador, el estado de Maine. El estado había violado la disposición de horas extras de la *Fair Labor Standards Act of 1938* (acta de estándares justos de trabajo, FLSA), buscando compensación y daños por liquidación<sup>38</sup>. La Corte de EE. UU. estableció que una ley del Congreso, aunque sea correctamente fundamentada y persiga un interés probado bajo sus poderes, no posee los poderes suficientes para eliminar el derecho estatal

<sup>33</sup> 558 U.S. 310 (2010), pp. 25-32 para distinguir a *Buckley*, y pp. 20-25 y pp. 52-56 para la libertad de empresas a donar sin una limitante.

<sup>34</sup> John F. Manning, *supra*, pp. 33-36.

<sup>35</sup> *Ibidem*.

<sup>36</sup> William Baude, *supra*, pp. 44-46.

<sup>37</sup> «The powers not delegated to the United States by the Constitution, nor prohibited by it to the States, are reserved to the States respectively, or to the people». Traducción del autor.

<sup>38</sup> 527 U.S. 706 (1999), pp. 1-5.

a inmunidad de demandas, incluso a través de la cláusula de *lo necesario y propio*<sup>39</sup>.

Acorde con James Madison, así como todos los casos de Estados Unidos, la cláusula de *lo necesario y propio* debe obedecer a la Constitución. Comparando la observación del ministro Zaldívar, la revisión constitucional de los actos del Poder Legislativo es precisamente la línea comparativa que ninguna escuela de interpretación de la cláusula de *lo necesario y propio* está dispuesta a ceder. El examen más laxo y deferencial de la cláusula no permite cruzar esa línea pues sería una oportunidad para que los otros poderes violen la Constitución.

Ahora bien, existen críticos a la presente Corte de EE. UU. que acusan que se ha formado una tercera era: la de la corte imperial<sup>40</sup>. Esta constituye una limitación a las facultades de las agencias administrativas<sup>41</sup>, al Congreso<sup>42</sup> y a los estados<sup>43</sup>, pero una deferencia al Poder Ejecutivo<sup>44</sup>. Lo cual es una manera exce-

39 *Idem.*, pp. 22-35 y 22-50. La Corte también citó como referencias a la Cláusula de *lo necesario y propio* en estas páginas. *Parden v. Terminal R. Co. of Ala. Docks Dept.*, 377 U.S. 184, 190-194 (1964); *Pennsylvania v. Union Gas Co.*, 491 U.S. 1, 13-23 (1989) (plurality opinion), they have since been overruled, ver *Seminole Tribe*, *supra*, pp. 63-67, 72.

40 Mark A. Lemley. *The Imperial Supreme Court*. 136 *Harv. L. Rev. F.* 97.

41 *West Virginia v. Epa*, las agencias administrativas necesitan apoyo del Congreso para resolver problemas importantes (142 S. Ct. 2587 2002). Como se observó en Mark A. Lemley, *supra*, p. 99.

42 *TransUnion LLC v. Ramirez*, el Congreso no puede crear nuevas causas de acción si no son análogas al origen de EE. UU. (141 S. Ct 2190, 2021). Como se observó en Mark A. Lemley, *supra*, p. 102.

43 *Tandon v. Newsom* (141 S.Ct 1294 2022). Los estados no tenían el poder de evitar que la gente se reuniera en iglesias durante la pandemia.

44 Mark A. Lemley, *supra*, pp. 101-102.

lente de pasar a nuestro último tema: la teoría del Ejecutivo unitario.

### La teoría del Ejecutivo unitario

La teoría del Ejecutivo unitario establece que el Poder Ejecutivo tiene una doble unidad: es una persona y esa sola persona es el último decisor político<sup>45</sup>. Es comúnmente explicada como una mesa, donde las facultades del Poder Ejecutivo son la superficie donde el presidente tiene un poder absoluto, pero todo aquello fuera de esta no le pertenece<sup>46</sup>. El más reciente caso que profesa lo conflictivo que puede ser este *maximum obsequium* es, sin lugar a duda, *Trump v. Hawaii*.

En *Hawaii*, el presidente de Estados Unidos estableció un total y completo bloqueo a los musulmanes que entraban al país en tres ocasiones<sup>47</sup>. Una de las diferentes cuestiones que tuvo que resolver la Corte de EE. UU. era si el presidente había excedido sus facultades<sup>48</sup>. La Corte de EE. UU. citó a *Mandel* un caso en el que se decidió que el Congreso tenía el poder para hacer leyes respecto a inmigrantes<sup>49</sup>, pero resolvió que al legislar la Immigration and Nationality Act (INA) esta había cedido sus facultades al Ejecutivo<sup>50</sup>. Finalmente, la Corte de EE. UU. concluyó que la INA, al pertenecer al Poder Ejecutivo, exudaba deferencia al presidente y, por lo tanto, podía estar bajo su arbitrio<sup>51</sup>.

45 John Harrison. *The Unitary Executive and the Scope of Executive Power*. *Yale L. J. Vol.* 126, p. 375.

46 *Idem*, párr. 376.

47 138 S. Ct. 2392., p. 2404.

48 *Idem*, pp. 2408-2413.

49 *Idem*, p. 2419 (*Mandel*. 408 U.S. 753, p. 769).

50 *Ibidem*.

51 *Idem*, p. 2408.



# POTENTIAL OF HYDROGEN BLENDS

## ALTERNATIVES FOR PROCESS DECARBONIZATION

*El potencial de las mezclas de hidrógeno.  
Alternativas para el proceso de descarbonización*

Por:  Adriana Palacios Rosas · Pedro Manuel Castro Olivera · Zabdi Paulina Pérez Urquieta  
· Eduardo Alejandro López López · Mariana Alejandra Vázquez López



Palacios Rosas, A., Castro Olivera, P. M., Pérez Urquieta, Z. P., López López, E. A. y Vázquez López, M. A. (2024). Potential of hydrogen blends. Alternatives for process decarbonization. *Entorno UDLAP*, 22

↪ **Recibido:** 9 de enero de 2024 ✓ **Aceptado:** 12 de marzo de 2024

### ABSTRACT

This study's objective is to analyze hydrogen mixtures as a solution for process decarbonization according to various compositions of mixtures and their effectiveness in reducing carbon emissions in industrial applications. The research focuses on quantitatively and qualitatively analyzing the efficiency of processes for a greener and low-carbon future in general terms. Within the results section, three experiments of specific mixtures where hydrogen is added are compared to analyze the height of the flame and, consequently, determine the relationship with

the percentage and concentration of the LPG and hydrogen mixture. In the first study, improvements were identified in LPG combustion by adding hydrogen to avoid a double flame structure. The second study highlights the addition of hydrogen to increase the fuel jet speed and the stabilization of the flame, so by adding hydrogen, energy savings in ranges over 70% are obtained. The third study shows that as the percentage of hydrogen changes, there are changes in the emission of pollutants and thermal characteristics of the flame. These articles derive potential applications in the emissions reduction in stoves

according to the improvement of fuel blends and the use of hydrogen to optimize efficiency and heat transfer in power generation. In conclusion, the findings of the aforementioned studies support the importance of hydrogen in optimizing combustion processes, to improve efficiency and reduce emissions.

### KEYWORDS

**Hydrogen · Decarbonization · LPG- $H_2$  mixture · Energy efficiency · Sustainable processes**

### RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar mezclas de hidrógeno como solución para el proceso de descarbonización, según diversas composiciones de mezclas, y medir su eficacia en la reducción de emisiones de carbono en aplicaciones industriales. La investigación se centra en analizar cuantitativa y cualitativamente la eficiencia de los procesos para un futuro más verde y bajo en carbono en términos generales. Dentro del apartado de resultados se comparan tres experimentos de mezclas específicas a las que se añade hidrógeno, para analizar la altura de la llama y, en consecuencia, determinar la relación con el porcentaje y concentración de la mezcla de GLP e hidrógeno. En el primer estudio se identificaron mejoras en la combustión de GLP mediante la adición de hidrógeno para evitar una estructura de doble llama. El segundo estudio destaca la adición de hidrógeno para aumentar la velocidad del chorro de combustible y la estabilización de la llama, por lo que se obtienen ahorros energéticos en rangos superiores al 70 % mediante la adición de hidrógeno. El tercer estudio muestra que, a medida que cambia el porcentaje de hidrógeno, se producen cambios en la emisión de contaminantes y en las características térmicas de la llama. Dichos estudios se derivan como aplicaciones potenciales en la reducción de emisiones en estufas conforme a la mejora de mezclas de combustibles y la utilización del hidrógeno para la optimización de la eficiencia y la transferencia de calor en la generación de energía. En conclusión, con base en los resultados de los estudios mencionados se demuestra que el hidrógeno es importante en la optimización de procesos de combustión para mejoras en la eficiencia y la reducción de emisiones.

### PALABRAS CLAVE

**Hidrógeno · Descarbonización · Mezclas GLP- $H_2$  · Eficacia energética · Procesos sostenibles**

### INTRODUCTION

The urgent need for a global transition to cleaner and more efficient energy sources has become increasingly evident, driven by the need to decarbonize industrial processes and reduce greenhouse gas emissions. This urgency is aligned with the ambitious objectives set in the international agenda for 2030 and 2050, emphasizing the imperative need to combat climate change (Amin *et al.*, 2022; Brockway *et al.*, 2019; IEA, 2019). As the world experiences continuous modernization, energy consumption surges, placing an ever-growing demand on precious resources like fossil fuels (Hosseini & Wahid, 2016). This heightened demand serves as a stark reminder of the impending scarcity of fossil fuels, casting a long shadow on the future energy landscape (Hosseini *et al.*, 2013a).

The ramifications of such demand for a fossil-fuel-dependent lifestyle are formidable, presenting a looming threat in the form of accelerated global warming (Hosseini *et al.*, 2013b; Schnoor, 2004). Exploring cleaner and more efficient energy alternatives is crucial to alleviate the environmental impacts associated to traditional energy sources.

Rising greenhouse gas (GHG) emissions have propelled climate change to the forefront of global concerns, prompting policymakers and researchers to respond proactively (Amin *et al.*, 2022; Brockway *et al.*, 2019; IEA, 2019). The burning of fossil fuels for energy remains the largest contributor to climate change, particularly in industrialized nations (Full *et al.*, 2021). Energy-related emissions alone are responsible for approximately 81% of greenhouse gas emissions across Europe (Palma *et al.*, 2019), and a staggering 85% in Germany (Vizcaino *et al.*, 2012).

Amidst these challenges, the concept of e-fuels, or electrofuels, emerges as a promising avenue to reduce emissions and transition away from fossil fuels (Ueckerdt *et al.*, 2021). E-fuels are low-emission alternatives that have the potential to revolutionize the transportation sector, including light vehicles, heavy trucks, long-distance aviation, and industrial processes. The broad applicability of e-fuels signifies a cost-effective measure to drastically cut greenhouse gas emissions and meet the global 1.5 °C climate target, reducing the carbon footprint in both transportation and industry (Galimova *et al.*, 2023).

One notable candidate for clean and sustainable energy that has garnered significant attention in recent years is hydrogen. Hydrogen



**RISING GREENHOUSE GAS (GHG) EMISSIONS HAVE PROPELLED CLIMATE CHANGE TO THE FOREFRONT OF GLOBAL CONCERNS, PROMPTING POLICYMAKERS AND RESEARCHERS TO RESPOND PROACTIVELY.**



**THE JOURNEY TOWARDS  
A SUSTAINABLE GLOBAL  
ENERGY SYSTEM IS  
AN INTRICATE, LONG-  
TERM ENDEAVOR  
THAT NECESSITATES  
A PROFOUND  
TRANSFORMATION OF  
THE CURRENT ENERGY  
INFRASTRUCTURE  
(BARRETO ET AL., 2003).**

is the most abundant element in the universe, albeit it is not found in its free molecular form; it is typically bound in compounds (Grochala, 2015). Hydrogen can be derived from a variety of sources, including water, solid waste, wastewater, and biomass, making it an exceptionally versatile resource. Its production through thermochemical processes, such as coal gasification and natural gas reforming, boasts remarkable efficiency compared to electricity generation or the synthesis of alternative fuels like methanol (Lee *et al.*, 2023). A substantial portion of hydrogen production, approximately 79%, currently relies on natural gas reforming and coal gasification, with the remaining 21% produced as a by-product in refineries (Lee *et al.*, 2023).

The appeal of hydrogen as a clean fuel is underpinned by its remarkable characteristics. It is free of toxic emissions and possesses an energy efficiency of approximately 122 kJ/g, which is 2.75 times greater than that of hydrocarbon fuels (Karapinar & Kargi, 2006). Furthermore, hydrogen utilization does not give rise to the formation of toxic gasses or greenhouse gas emissions (Hosseini & Wahid, 2016). Its potential to be obtained from various processes, combined with effective logistics, positions hydrogen as a transformative alternative for economic growth (Palacios *et al.*, 2022). The production of hydrogen from fossil fuels, including natural gas and coal, results in the emission of greenhouse gases and is therefore not an environmentally clean process. For this reason, hydrogen generation with no negative impact is only obtained by using renewable energy (such as solar energy) (Nowotny & Veziroglu, 2011).

The journey towards a sustainable global energy system is an intricate, long-term endeavor that necessitates a profound transformation of the current energy infrastructure (Barreto *et al.*, 2003). While multiple sustainable energy pathways may emerge, the "hydrogen economy" has attracted significant

attention. A hydrogen-based energy system is deemed a viable and advantageous option for the delivery of high-quality energy services efficiently, cleanly, and safely; in line with sustainability objectives (Palacios *et al.*, 2022; Barreto *et al.*, 2003; Ogden, 1999).

Thanks to its straightforward electrochemical conversion, low weight, and impressive energy density, hydrogen can efficiently transport energy over considerable distances using liquid fuels, whether through cargo ships or pipelines. These attributes of hydrogen make it an ideal substitute for fossil fuels, contributing to its widespread recognition as a highly viable and eco-friendly alternative fuel (Aravindan & Kumar, 2023).

Hydrogen holds a unique position as an ideal complement to electricity. Both serve as premium energy carriers, devoid of carbon content and generating minimal or zero pollutant emissions at the point of use. However, hydrogen's advantage becomes apparent when energy storage is required, as it offers a practical solution for various applications.

A clear example is hydrogen's capacity to store large amounts of clean energy over extended periods for utilization during peak demand and seasonal energy balancing. Hydrogen can be produced through electrolysis, using surplus renewable electricity during peak production hours. After this, it can be employed in stationary fuel cells for power generation or stored as a compressed gas, cryogenic liquid, or a wide range of loosely bonded hydride compound for prolonged use. In times when renewable energy diminishes, for instance, when the sun sets in the case of solar energy, grid operators can activate hydrogen generators to maintain the supply of electricity until renewable energy is available again in the morning (FCHEA, n. d.).

The increased use of hydrogen in many countries underscores its potential to facilitate decarbonization and drive a sustainable energy transi-

## Nomenclature

$d$	inner diameter of the nozzle (mm)
$H$	height of the flame from the nozzle-to-plate distance (mm)
$Re$	Reynolds number of the jet mixture, $Re = \frac{dV_{exit}\rho_{mix}}{\mu_{mix}}$
$Re_{air}$	Reynolds number of the air, $Re = \frac{dV_{air}\rho_{air}}{\mu_{air}}$
$V_{air}$	air velocity at 1 atm and 25 °C (m/s)
$V_{exit}$	fuel/air mixture flow velocity at the burner exit (m/s)

## Greek

$\alpha$	mole fraction of hydrogen in the fuel mixture
$\mu_{air}$	air dynamic viscosity at 1 atm and 25 °C (kg/s-m)
$\mu_{mix}$	dynamic viscosity of fuel/air mixture (N s/m <sup>2</sup> )
$\rho_{air}$	air density at 1 atm and 25 °C (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{mix}$	density of fuel/air mixture (kg/m <sup>3</sup> )
$\phi$	fuel-air equivalence ratio of the mixture

tion. Hydrogen's versatility renders it a valuable transitional alternative in numerous applications, with the added benefit of being a non-greenhouse gas. However, hydrogen's complex nature, from production to utilization, poses challenges, particularly in terms of its relatively low volumetric energy density. This characteristic necessitates innovative solutions for storage and transportation (Lee *et al.*, 2023).

In the midst of these technological and environmental transformations, it is essential to recognize the broader context of energy access and its implications for developing countries. Approximately 18% of the world's population still lacks access to electricity, while 43% does not possess adequate cooking technologies. In rural areas, over half of the population lacks access to sufficient sanitation technologies, and approximately 22% lacks a reliable source of drinking water (Fuentes *et al.*, 2014). Small rural producers and subsistence farmers are particularly vulnerable to the unpredictable impacts of climate change, which is projected to affect developing nations most severely (Fuentes *et al.*, 2014).

To appreciate the significance of improved wood stoves in countries like Mexico, where firewood is the primary fuel for millions of people, one must consider that five million families live in conditions of poverty and marginalization, and still rely on open stoves for cooking, with a majority of them located in the central and southern regions of the country (Fuentes *et al.*, 2014). Furthermore, 90% of firewood users are concentrated in rural areas, highlighting the critical need for energy solutions in these underserved regions.

As we navigate the complex terrain of the energy transition, it is increasingly evident that the role of hydrogen and other clean energy sources is instrumental in reshaping our energy landscape. This article focuses on hydrogen mixtures and their applications, exploring their potential

as a versatile, sustainable, and efficient solution for decarbonizing industrial processes and addressing the pressing challenges of climate change and energy access. We delve into the intricate science behind hydrogen mixtures, their diverse applications, and the profound impact they can have on a global scale. In the quest for a sustainable future, hydrogen mixtures emerge as a beacon of hope, illuminating the path towards cleaner, more efficient, and accessible energy solutions.

### The context of firewood in Mexico

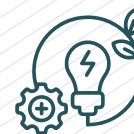
In Mexico, the problem of wood-burning stoves is presented as a double-sided challenge that affects both human health and the environment. Approximately 25% of households in the country rely on firewood as their main energy source, with this figure being even more pronounced in rural and indigenous communities in Southern Mexico (Palacios & Bradley, 2022). Wood-burning stoves operate through a transient batch process involving three stages: moisture evaporation, devolatilization, and charcoal combustion. This means that volatile materials are released when wood is burned, which in turn affects combustion conditions and heat production (Buggae *et al.*, 2019).

The widespread use of wood-burning stoves in Mexico presents two major problems. First, it is related to health problems, as these stoves emit noxious gases during combustion that negatively affect the respiratory system, increasing the risk of acute respiratory infections in children and chronic lung diseases in adults, in addition to releasing toxic, mutagenic, and carcinogenic compounds, such as oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons (Oxy-PAHs), and toxic metals in the ashes resulting from wood burning. Secondly, the widespread use of firewood as an energy source has contributed significantly to deforestation over almost

## THE APPEAL OF HYDROGEN AS A CLEAN FUEL IS UNDERPINNED BY ITS REMARKABLE CHARACTERISTICS:



IT IS FREE OF TOXIC.



POSSESSES AN ENERGY EFFICIENCY OF APPROXIMATELY 122 KJ/G, WHICH IS 2.75 TIMES GREATER THAN THAT OF HYDROCARBON FUELS.



HYDROGEN UTILIZATION DOES NOT GIVE RISE TO THE FORMATION OF TOXIC GASSES OR GREENHOUSE GAS EMISSIONS.

ITS POTENTIAL TO BE OBTAINED FROM VARIOUS PROCESSES, COMBINED WITH EFFECTIVE LOGISTICS, POSITIONS HYDROGEN AS A TRANSFORMATIVE ALTERNATIVE FOR ECONOMIC GROWTH.

## Abbreviations

GHG	Greenhouse gas
LPG-air	Mixture of liquefied petroleum gas - air
LPG-fired	Mixture of liquefied petroleum gas - fired
LPG-hydrogen	Mixture of liquefied petroleum gas - hydrogen
LPG-H <sub>2</sub> -IDF	Inverse diffusion flame in the blend liquefied petroleum gas and hydrogen
LPG-IDF	Inverse diffusion flame with liquefied petroleum gas
OH-PLIF	Oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons
PAHS	Planar laser-induced fluorescence of hydroxyl
RFG	Refinery fuel gas



**THE DIVERSIFICATION OF ENERGY SOURCES, INCLUDING THE USE OF LESS ENVIRONMENTALLY DAMAGING FUELS, CAN PLAY A CRUCIAL ROLE ON THE ROAD TO A MORE SUSTAINABLE MEXICO.**

70% of Mexico, especially in the southern and central states of the country, which has a negative impact on the environment and the sustainability of forest resources in the long term.

In this context, the need to explore alternatives that address both health concerns and environmental sustainability becomes evident. The transition to cleaner and more efficient fuels and technologies is presented as a viable solution to mitigate the negative effects of wood stoves in Mexico. The adoption of cleaner cooking technologies, such as gas or electric stoves, can contribute to the reduction of adverse health impacts, while reducing pressure on forest resources and consequent deforestation. The diversification of energy sources, including the use of less environmentally damaging fuels, can play a crucial role on the road to a more sustainable Mexico.

#### **Experimental results**

In the following section, three experimental research studies have been considered and analyzed (Cheung *et al.*, 2012; Miao *et al.*, 2014; Cheung *et al.*, 2016). These are related to (i) the addition of H<sub>2</sub> on OH distribution of LPG-air circumferential inverse diffusion jet flames; (ii) the effect of hydrogen percentage and air jet Reynolds number on fuel flame lean stability of LPG-fired inverse diffusion jet flames with hydrogen enrichment; and (iii) the effect of hydrogen concentration on the emission and heat transfer of premixed LPG-hydrogen jet flames. The first study shows how LPG combustion can be improved by adding hydrogen to avoid a double flame structure. In the second study, hydrogen is added, increasing the fuel jet speed and flame stability, thereby saving energy in ranges greater than 70%. The third study shows that there are changes in the thermal characteristics of the flame and emission of pollutants as the percentage of hydrogen changes. Therefore, the findings of these three studies highlight the importance of hydrogen for the optimization of combustion processes, especially in terms of improving efficiency and reducing emissions.

#### **Experiment 1: The effect of the addition of hydrogen on OH distribution of LPG-air circumferential inverse diffusion flames**

As a first investigation, the article "The effect of the addition of hydrogen on OH distribution of LPG/Air circumferential inverse diffusion flames" (Cheung *et al.*, 2016) was considered.

Firstly, this research considers the percentage of hydrogen and nitrogen, Reynolds number of the central air jet, and total air-fuel equivalence ratio. Also, in the fuel combination, the radius of propane and butane are fixed, while the percentage of hydrogen varies from 0% to 100%, increasing by 10% in each experiment.

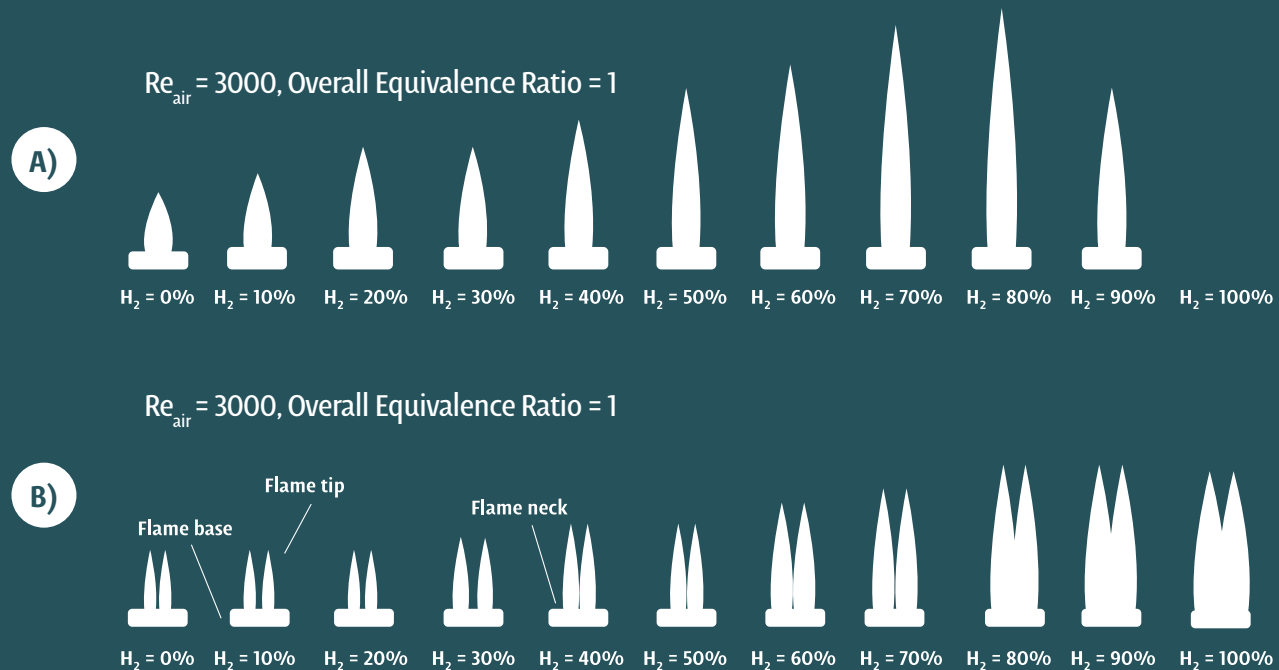
Figure 1 shows the behavior of the jet flames with the addition of hydrogen to LPG-IDF mixtures. It can be determined that at low percentages of hydrogen (0% - 40%) the reaction zones determined by OH-PLIF are thin and short. Also, strong OH concentrations are detected at the periphery of the base of the flame where it reflects the combustion of fuel jets with ambient air and, on the other hand, weak OH concentrations are detected along the periphery of the flare in the flame, resulting in the remaining fuel burning with the ambient air and central jet air. In addition, the high-velocity central air jet penetrates through the flame where it is created as an open tip.

It is evident that as the hydrogen percentage increases, the combustion zone expands downstream, exhibiting flow acceleration and a longer jet flame because the variables are fixed (figure 1). When the hydrogen percentage is low, the required ignition energy of the fuel mixture is high and some of the fuel is cooled and extinguished by mixing with the central air jet. Therefore, the concentration of OH decreases severely after passing the flame neck, where the fuel jets only impinge on the central air jet.

#### **Experiment 2: The effect of hydrogen percentage and air jet Reynolds number on fuel lean flame stability of LPG-fired inverse diffusion jet flames with hydrogen enrichment**

A second article, "The effect of hydrogen percentage and air jet Reynolds number on fuel lean flame stability of LPG-fired inverse diffusion flame with hydrogen enrichment" (Miao *et al.*, 2014), was considered. In this article, 15 different experiments were carried out by varying the Reynolds number of the central air jet ( $Re_{air}$ ) to investigate the fuel flow needed to reach a stable flame.

Table 1 shows that the addition of hydrogen increases the minimum fuel flow required to maintain a full flame when the flow rate decreases and the flame restoration limit increases, especially by a percentage of hydrogen greater than 70. This means that the flame



**Figure 1.** The effect of adding hydrogen on the flame structure of LPG-IDF: (a) flame image; (b) OH-PLIF result. Adapted from Cheung *et al.* (2016).

will require more fuel to restore its full shape, since hydrogen reduces the volumetric calorific value of the fuel mixture and there is not enough heat to withstand a flame front. Table 1 also shows the properties regarding the LPG/ $H_2$  fuel mixture, where its hydrogen percentage varies with a difference in density, lower heating value (LHV), and the stoichiometric relationship of air and fuel.

The data from figure 2 indicates that a pure LPG IDF (inverse diffusion jet flame) can be recovered to a full flame with a lower fuel flow rate than LPG- $H_2$  IDF, where an insufficient flow rate can be excluded from the reasons for local extinction in LPG- $H_2$  IDF to fill all fuel ports. The fall of the complete extinction limit is not so significant when the hydrogen percentage is above 30%. It should be clarified that the flame implies a higher restoration limit in its full form by adding more than 70% hydrogen because the addition of hydrogen reduces the volumetric calorific value of the mixture.

From the data and experimental phenomena, shown in figure 2, it can also be seen that an LPG IDF is capable of maintaining the incomplete flame form for a narrow fuel flow velocity range, and complete extinction usually occurs almost immediately when the fuel flow rate reaches the critical level, where this is important to check in regards to the addition of hydrogen in the mixture.

The effect of hydrogen enrichment is also seen to be most noticeable for a hydrogen percentage below 50%, and a greater addition of hydrogen results in a slight increase in the equivalence ratio required at the restoration limit. Furthermore, adding hydrogen to LPG is shown to reduce the stoichiometric air/fuel volumetric ratio of the fuel mixture, and this phenomenon means that more fuel is needed to achieve the same equivalence ratio.

When the percentage of hydrogen is greater than 30% (figure 3), the flame has been found to be completely extinguished with similar overall energy consumption rates, while the local extinction limit has been found to drop dramatically as the addition of hydrogen increases. The reason that the flame is stable with a lower energy supply rate following the addition of hydrogen may be due to an improvement in the air/fuel mixture caused by the high combustion rate and diffusivity of hydrogen.

The data shown in figure 3 can be interpreted as proof of improved stability when applying the LPG- $H_2$  IDF.

### **Experiment 3: The effect of hydrogen concentration on the emission and heat transfer of a premixed LPG-hydrogen flame**

A third article, "The effect of hydrogen concentration on the emission and heat transfer of a premixed LPG-hydrogen flame" (Cheung *et al.*,

Table 1. Properties of fuel mixture with various hydrogen percentages (Miao *et al.*, 2014).

H <sub>2</sub> % (vol.)	Fuel mixture density (g/L)	Stoichiometric air /fuel ratio (vol.)	Weight LHV (MJ/kg)	Volumetric LHV (MJ/m <sup>3</sup> )
0	2.20	28.8	45.91	101.23
10	1.99	26.2	53.32	106.25
20	1.78	23.5	60.73	108.12
30	1.57	20.9	68.14	106.85
40	1.36	18.2	75.55	102.43
50	1.14	15.6	82.96	94.87
60	0.93	13.0	90.37	84.17
70	0.72	10.3	97.77	70.31
80	0.51	7.7	105.18	53.32
90	0.29	5.0	112.59	33.18
100	0.08	2.4	120.00	9.89

Global Energy Consumption Rate at Stability Limits, Hydrogen Percentage = 50%

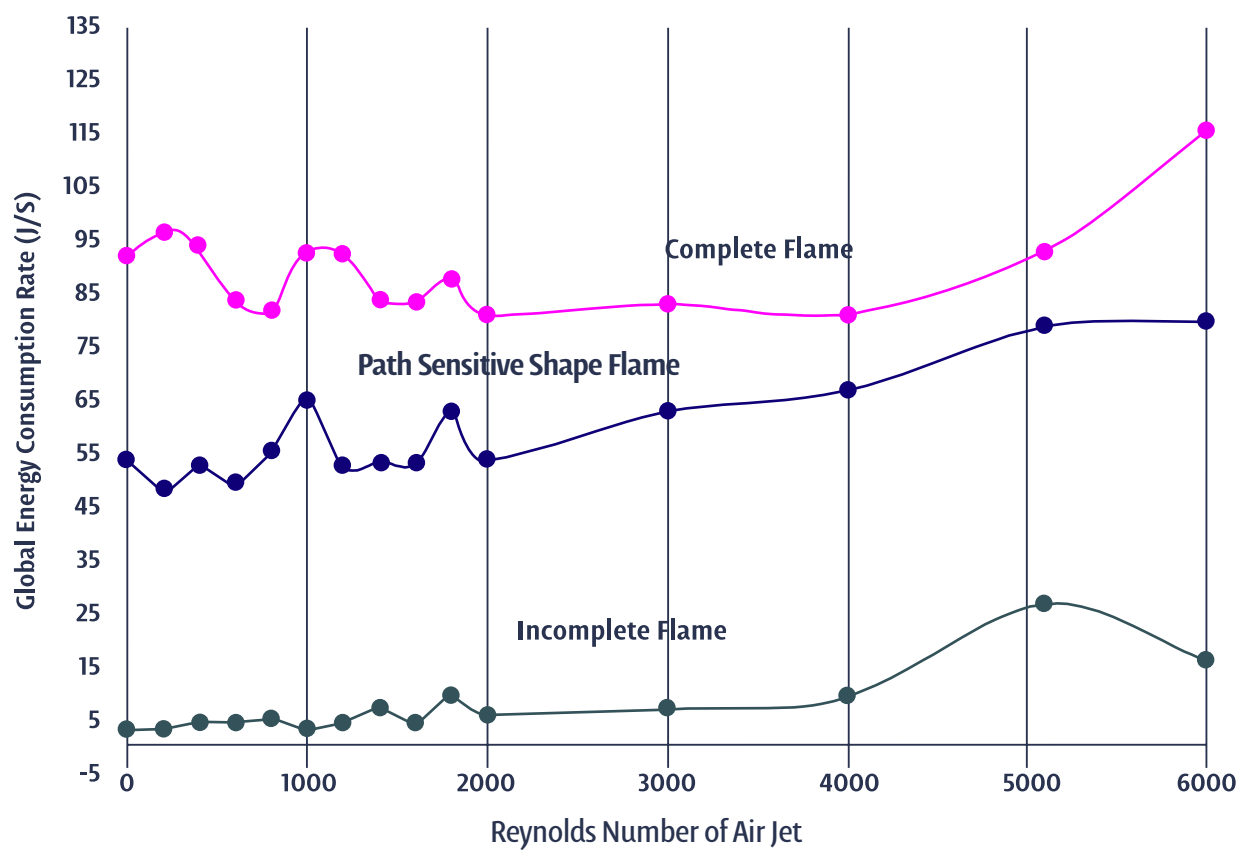
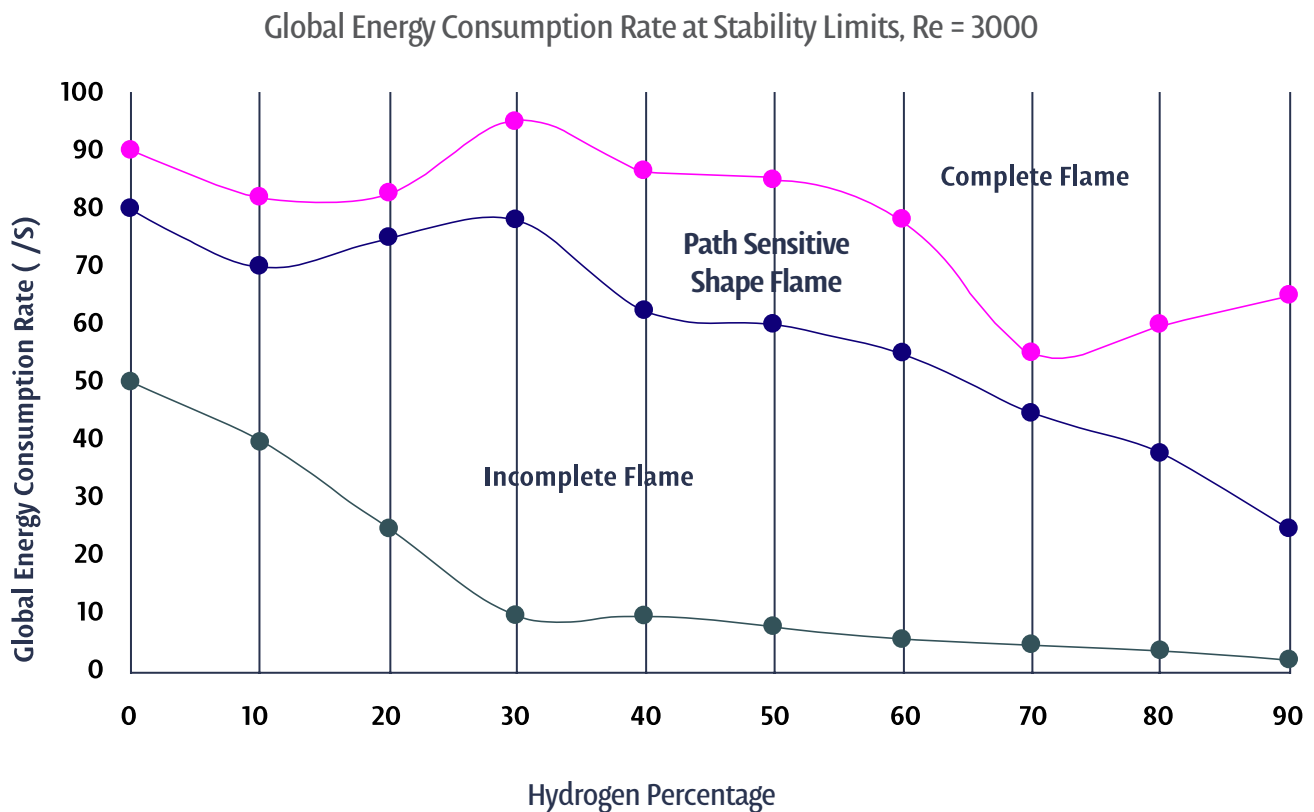


Figure 2. The effect of hydrogen percentage on fuel jet velocity at three limits of LPG-H<sub>2</sub> IDF under hydrogen percentage = 50%. Adapted from Miao *et al.* (2014).



**Figure 3.** The effect of hydrogen percentage on global energy consumption rate at three stability limits of LPG- $H_2$  IDF under  $Re_{air} = 3000$ . Adapted from Miao *et al.* (2014).

2012), was considered. It concerns an experimental study on the effect of hydrogen concentration on the emission and heat transfer characteristics of a laminar premixed LPG-hydrogen jet flame. In Cheung *et al.*'s (2012) experiments the mole fraction of hydrogen in the fuel mixture varied from 0% to 50%. The equivalence ratio of the fuel/air mixture was kept at stoichiometry and the mixture jet Reynolds number was fixed at  $Re = 1500$  for most of the tests. Several layers of meshed screens were installed at the base of the tube to produce a uniform velocity distribution at the exit plane of the tube and prevent flashback. The LPG and hydrogen were supplied from high-pressure cylinders. The fuels used were commercial-grade LPG, consisting of 70% butane and 30% propane by volume, and  $H_2$  with 98% purity.

The results have shown that, upon varying the hydrogen content in the fuel mixture, there is a corresponding change in the appearance, pollutant emissions, and heat transfer characteristics of the flame (Cheung *et al.*, 2012).

It has also been observed that each flame appeared as a stationary flame attached to the burner nozzle, where a blue conical flame front was formed, as shown in figure 4.

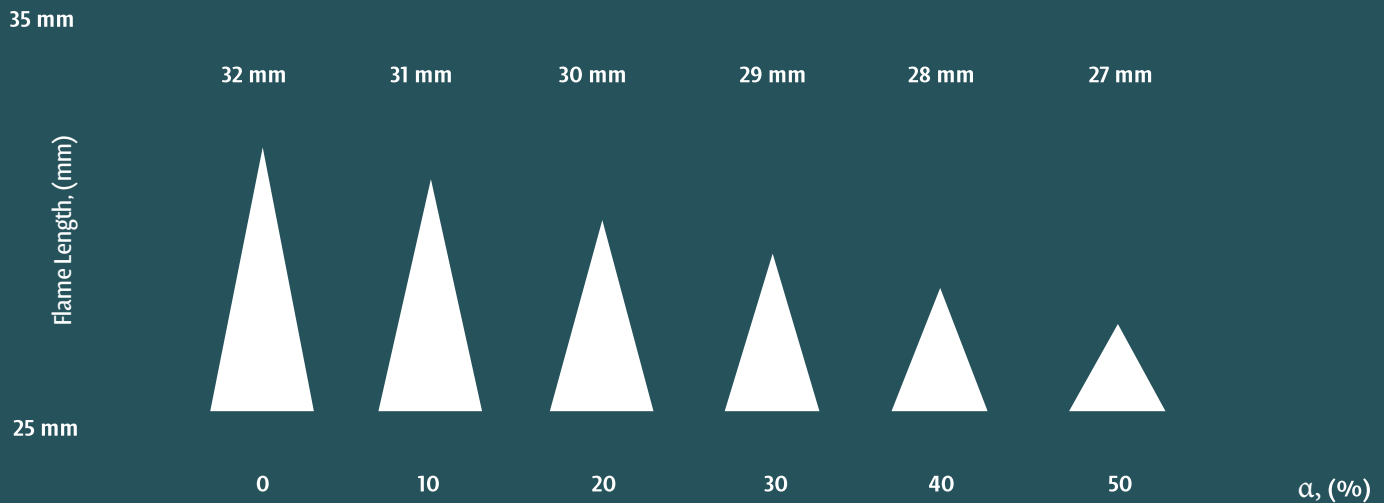
Figure 4 shows that no variation is observed in flame shape and color with or without the addition of hydrogen. Furthermore, in all the flames, the flame front is conical in shape and blue in color, indicative of the dominance of LPG combustion over the features of hydrogen combustion. This is because, even at the highest level of hydrogen concentration (50%), the mass proportion of hydrogen in the fuel is as low as 3.6%, and accordingly the energy content of hydrogen in the fuel is below 9%, indicating that most of the heat released is from the burning of LPG, rather than hydrogen (Cheung *et al.*, 2012).

Figure 5 presents these results for the baseline flame and the flame with a 50% hydrogen addition. It is shown that the peak flame temperature occurs at the tip of the flame front. In the regions near the flame tip, including both the upstream preheat region and the post-flame region, the flame with hydrogen addition has a significantly higher temperature than the pure LPG flame (Cheung *et al.*, 2012).

Figure 5 demonstrates that, with the addition of hydrogen in the LPG fuel, the flame temperature starts to increase. The increase in the peak flame temperature shows a linear trend. For both data sets, the increase is within 30 K, indicating



**THE RESULTS HAVE SHOWN THAT, UPON VARYING THE HYDROGEN CONTENT IN THE FUEL MIXTURE, THERE IS A CORRESPONDING CHANGE IN THE APPEARANCE, POLLUTANT EMISSIONS, AND HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF THE FLAME (CHEUNG ET AL., 2012).**



**Figure 4.** Heights of the flames against hydrogen content at  $Re = 1500$  and  $\Phi = 1$ . Adapted from Choy *et al.* (2012).

less than 2% increase, as it varies from 0% to 50% hydrogen addition. This slight linear modification of the flame temperature with respect to hydrogen addition is due to the linear increase of the energy input (Cheung *et al.*, 2012).

On the other hand, it is proposed that the radiative heat loss from the flame decreases monotonically from the baseline condition to the 50-50% mixture of LPG-  $H_2$ , because  $CO_2$  and soot production rates drop as more hydrogen and less LPG is supplied to the flame (Cheung *et al.*, 2012).

## ◆ RESULTS AND DISCUSSION

The three investigations presented (Cheung *et al.*, 2012; Miao *et al.*, 2014; Cheung *et al.*, 2016) provide valuable information on the use of hydrogen in different aspects of gas mixture combustion. These studies mention relevant insights to address emission reduction in stove, boiler, and engine-related applications, and consider factors such as efficiency and heat transfer, data mixing, the effect of height and length, and flame behavior.

The first investigation, by Cheung *et al.* (2016), explored the effect of adding hydrogen to the OH distribution in LPG-air circumferential diffuse inversion flames. The results indicated that the addition of hydrogen to LPG-IDF mixtures had a significant impact on the flame structure.

The second investigation, by Miao *et al.* (2014), focused on the effect of the percentage of hydrogen and Reynolds number of the air jet on the lean flame stability of hydrogen-enriched LPG flames. The results showed

that the addition of hydrogen increased the minimum fuel flow required to maintain a full flame and this has important implications for combustion efficiency and flame stability in stove and boiler applications. In addition, it was observed that the effect of hydrogen enrichment was most noticeable when the percentage of hydrogen was below 50%.

The third investigation, by Cheung *et al.* (2012), focused on the effect of hydrogen concentration on the emissions and heat transfer of LPG-hydrogen premixed flames. The hydrogen concentration had an impact on flame temperature and radiant heat loss. As the hydrogen concentration increased, the flame temperature increased. This could be relevant for improving efficiency in applications where high heat transfer is required. In addition, it was observed that the radiant heat loss decreased as more hydrogen was added to the fuel mixture.

In summary, the research presented above provides a deeper understanding of how the addition of hydrogen to fuel mixtures affects flames, combustion efficiency, and emissions. These findings have potential applications in reducing emissions in stoves and boilers by optimizing the fuel mixture and better understanding how hydrogen influences combustion. In addition, important considerations related to efficiency and heat transfer are highlighted, which may be crucial to improve the performance of heating and power generation systems. Data mixing and flame behavior are fundamental aspects to consider when implementing this research in practical applications.

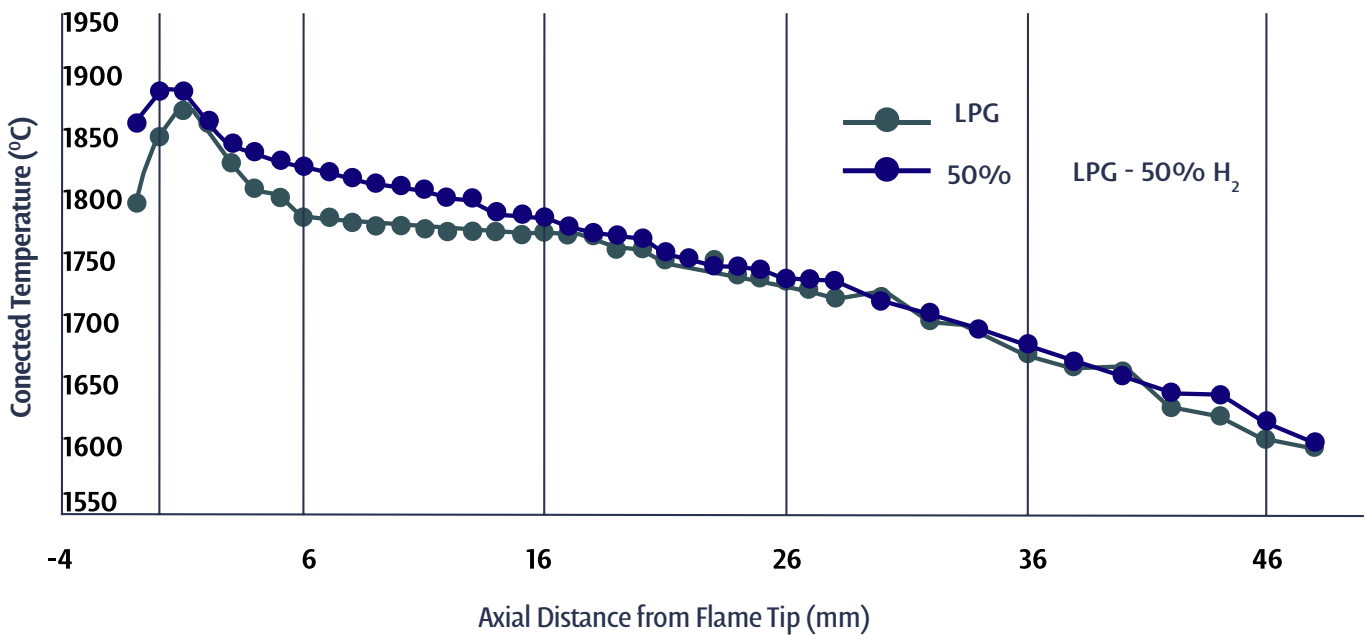


Figure 5. Temperature along the axis of the flames at  $Re = 1500$  and  $\Phi = 1$ . Taken from Cheung *et al.* (2012).

**Applications**

**Stoves**

In the United Kingdom, the HyDeploy project is the first to demonstrate that hydrogen can be safely mixed into the natural gas distribution system without changes to appliances and associated disruption.

HyDeploy consists of three stages: the first is a technical program to allow the injection of 20% mol hydrogen, the second is in reference to the construction of the electrolyser unit and input to the network for the mixture of hydrogen and injection into the Keele University gas distribution project network, and the third is a ten-month process to support the path to fully blended gas deployment (Isaac, 2019).

The purpose of this project is to develop sufficient evidence that hydrogen can be blended into an operating UK natural gas network without disrupting customers and without compromising the safety of end users. In addition, it is a fundamental project for the decarbonization of the gas network through the deployment of hydrogen and will provide the first step to establish the technical, operational, and regulatory background of the hydrogen vector (Isaac, 2019).

**Boilers**

Another possible application for hydrogen has been demonstrated through the use of a boiler, as pointed out by Büyükakın and Öztuna (2020). In their study, a mixture of hydrogen and methane was used, which was simulated using a CFD

## APPLICATIONS

THE RESEARCH PRESENTED PROVIDES A DEEPER UNDERSTANDING OF HOW THE ADDITION OF HYDROGEN TO FUEL MIXTURES AFFECTS FLAMES, COMBUSTION EFFICIENCY, AND EMISSIONS. THESE FINDINGS HAVE POTENTIAL APPLICATIONS IN REDUCING EMISSIONS BY OPTIMIZING THE FUEL MIXTURE.

STOVES

BOILERS

ENGINES

»»

**THE IMPLEMENTATION OF HYDROGEN CONSTITUTES A VIABLE ALTERNATIVE TO ELIMINATE OR REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS, THUS HELPING TO REDUCE THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT.**



**THE  
IMPLEMENTATION  
OF HYDROGEN  
CONSTITUTES A  
VIABLE ALTERNATIVE  
TO ELIMINATE OR  
REDUCE CARBON  
DIOXIDE EMISSIONS,  
THUS HELPING  
TO REDUCE THEIR  
ENVIRONMENTAL  
IMPACT.**

and Fluent code. Likewise, the study was simulated with a boiler that used natural gas. For this type of boiler, a constant fuel input of 45 Nm<sup>3</sup>/h was established, while the coefficient for the excess air ratio fluctuated between 1.2 and 1.35. The considerations for the mixture of hydrogen and methane were established by defining mixtures that contained various percentages of hydrogen fuel by mass, such as 0%, 25%, 50%, and 75%, while for the combustion chamber a heat capacity of 432 kW was defined (Büyükkakin & Öztuna, 2020).

Büyükkakin and Öztuna (2020) subsequently point out that with the results obtained a numerical analysis was carried out, in which they calculated and validated the experimental measurements of temperature and emission of combustion gasses for each of the two cases. Thus, it was possible to verify that the enrichment of methane with hydrogen reduces carbon emissions, while it substantially increases the formation of thermal NO emissions.

#### **Engines**

The mixture of hydrogen and diesel increases the combustion process and the power of the engine at all its loads. The air-fuel ratio and a minimum percentage of hydrogen addition affect the speed of maximum power output. Likewise, if hydrogen exceeds a range greater than 30%, the engine's power will be affected (Gheorghe *et al.*, 2019).

An application of 5% of hydrogen in a fuel mixture reduces the duration of ignition, however, it improves the performance of the engine. It should be clarified that the hydrogen should not exceed 15%, as this would cause a severe blow to the engine (Gheorghe *et al.*, 2019).

The high speed of the hydrogen flame enables the approximation to an engine with an ideal thermodynamic cycle, grants combustion in engines in fuel-air mixtures, and demands engine parts with a higher value compared to the implementation of petrodiesel fuels (Gheorghe *et al.*, 2019).

#### **The advantages of hydrogen implementation: future challenges and opportunities**

The implementation of hydrogen constitutes a viable alternative to eliminate or reduce carbon dioxide emissions, thus helping to reduce their environmental impact. The commitment to use hydrogen as the "fuel of the future" will allow modern society to maintain the energy generation and transportation capacities it requires.

Hydrogen emerges as a promising and viable renewable energy carrier, with the potential

to significantly accelerate the process of scaling up clean and renewable energy. It is crucial for governments to enact measures to promote the conservation of oil supplies, such as gasoline and petroleum. The development of technology, energy system optimization, and increased energy efficiency could reduce the cost of energy. The primary actions to be considered should be strengthening the regulatory framework, improving and implementing state support measures for hydrogen energy projects, supporting the positions of companies in the hydrogen sales market, and engaging in research and development. Funds should be mobilized towards investment in the deployment of green energy; although public sector funds will persist in promoting investments in green energy, a larger portion of future financial commitments to green energy initiatives should originate from the private sector. Furthermore, it is important to prioritize efforts aimed at diminishing the global expenses associated with deploying green energy, accelerating the provision of funding and technical assistance, establishing economies of scale, and fostering both domestic and international trade (Deep *et al.*, 2023). Another big challenge for the development of hydrogen technology, in addition to ensuring its efficient large-scale production, is the ability to store it in a compact and safe place (López, 2018).

The energy density of hydrogen is higher than that of conventional fossil fuels. In addition, it can be used as a raw material in fuel cells, which can produce electricity with an efficiency of up to 60%, because they are not subject to the Carnot cycle. In other words, it is a more efficient process than internal combustion engines. It has a high heat of combustion (572 kJ/mol) and is compatible with the environment since its only combustion product is water (Berry & Salvador, 2006), which contributes to the slowdown of climate change (López, 2018; Muñoz, 2015). Therefore, although hydrogen presents a diversity of challenges in terms of production, storage, raw materials, and mature technologies, as well as others such as legislation and social acceptance, it has great potential as a fuel, which has caused it to become a global trend that continues to grow in terms of research and development.

For some time now, Mexico has found itself in a dualism of political ideals with respect to the issue of clean energy due to the fact that the government privileges the exploitation and use of fossil fuels to a greater extent, and therefore does not promote the necessary conditions to carry out an inclusive, participatory, and dem-



## MEXICO HAS THE POTENTIAL TO IMPLEMENT A NEW ENERGY STRATEGY, WHICH WOULD ALLOW THE COUNTRY TO GROW AS AN APPLICATION POWERHOUSE FOR NEW AND EXISTING PROCESS AREAS.

ocratic energy reform that would allow the participation of society in the decision-making process regarding the country's economic, social, and environmental problems (Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, 2012). Fortunately, the Mexican government is currently undergoing an energy transition with the aim of leading the country towards sustainable development through the dissemination of clean energy projects, participation in energy decisions, implementation of methodologies appropriate to social and environmental sectors, choice of sustainability criteria, and studies on the exploitation of non-renewable fuels (Ley General del Cambio Climático, 2023).

Mexico has the potential to implement a new energy strategy, which would allow the country to grow as an application powerhouse for new and existing process areas. In addition, Mexico's participation in the international agenda should be broader, since it would need to collaborate with other countries to facilitate development and implementation (Palacios *et al.*, 2022).

### ◆◆ CONCLUSIONS

Hydrogen is an excellent source of energy due to its abundance on Earth. Its use offers several advantages, such as clean combustion, eliminating CO<sub>2</sub> emissions, operation in a closed and inexhaustible cycle. However, one of the great challenges that manufacturers face is safe storage. In general terms, to obtain hydrogen, an initial energy is required to break down the water or methane molecules and separate the hydrogen from the oxygen and carbon in these compounds. Water electrolysis can be used on an industrial scale to produce hydrogen, which requires efficient electrocatalysts. Its widespread use as a fuel depends on the optimization of the procedures where residual raw materials are used, and the process has a low environmental impact.

Fossil fuels are currently in high demand as renewable energy sources are transient. Hydrogen is a key piece for renewable energies to increase in demand because it is a carrier of clean energy. In the future, population growth and the

depletion of resources will lead to the search for options that adapt to the needs of the population, which is why hydrogen is bound to have a great impact on future generations. The environmental ramifications of a fossil-fuel-dependent lifestyle, particularly in terms of accelerated global warming, necessitate a shift towards cleaner and more sustainable energy alternatives. The rise in greenhouse gas emissions, primarily from burning fossil fuels, underscores the urgency for proactive measures by policymakers and researchers.

Mexico is in the process of transitioning towards a more sustainable and environmentally friendly energy model. Likewise, its government has a future projection with respect to clean energies because it promotes the reduction of greenhouse gases, reduces dependence on fossil fuels, and makes important investments in solar, wind, biogas, and biomass energy projects, among others, which encourage the private sector to develop them.

In this context, the concept of e-fuels, or electrofuels, stands out as a promising avenue to reduce emissions and transition away from fossil fuels. Among these alternatives, hydrogen emerges as a particularly versatile and clean energy resource, obtainable from various sources and production processes. Despite its current reliance on fossil fuels for production, the potential for hydrogen to be generated through renewable sources presents a transformative opportunity for economic growth. The "hydrogen economy" has garnered attention as a viable and advantageous option to deliver high-quality energy services efficiently and sustainably. Hydrogen's characteristics, including its lack of toxic emissions, high energy efficiency, and compatibility with electricity, position it as a transformative alternative for a sustainable global energy system. Its applications, from transportation to stationary fuel cells, make it a versatile solution.

Here, three experimental studies related to the effect of hydrogen on the behavior of flames were analyzed. In the first article, the burning of LPG at different percentages of hydrogen, under the OH-PLIF technique, is determined to ascertain its effects in relation to the equivalence

and improvement of oxygen in the distribution of the flame and reaction zone. Also, for a progress that benefits the reaction zone in the article, hydrogen is added to increase combustion and expand the flame. In the 90% LPG-H<sub>2</sub> IDF mixture, hydrogen enrichment does not demonstrate structure, which shows that a small percentage of LPG would slow down hydrogen combustion, where it is possible to determine the distribution and concentration of the hydroxyl within the flame and, consequently, appreciate an adequate behavior.

The second article highlights the higher speed of the fuel jet at the local extinction and restoration limit as a result of the addition of hydrogen. It was found that the energy required in the supply rate is decreased. Within a certain percentage range (30% - 90%), energy savings are achieved at both limits, but a complete extinguishing reduction effect is detected in a percentage range of less than 30% and, finally, in a range higher than 70%, an increase in fuel speed is required to restore the initial flame, where the stability of the flame is achieved in relation to the volumetric percentage of hydrogen and the Reynolds number.

Finally, according to the third article, the characteristics of heat emission and transfer in a flame mixed from LPG-H<sub>2</sub> between the percentages of 0% to 50% are highlighted, and therefore, a change in the appearance, emission of pollutants, and heat characteristics was found due to the addition of hydrogen. When the mixture is in a larger fraction of hydrogen, an increase in the temperature of the flame is discovered with a reduction of carbon dioxide and carbon monoxide emissions.

#### Acknowledgments

Z. P. Pérez-Urquieta and E. A. López-López express their gratitude to the UDLAP Honors Program for the support provided to carry out this research study.

#### Adriana Palacios Rosas



Profesora de tiempo completo de la Universidad de las Américas Puebla. Doctora en Ingeniería de Procesos Químicos por la Universidad Politécnica de Cataluña. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI) nivel 2. Se desempeña como investigadora en temas de combustión, análisis de riesgos industriales, uso de hidrógeno con energías renovables, e incendios y explosiones.

[adriana.palacios@udlap.mx](mailto:adriana.palacios@udlap.mx)

#### Pedro Manuel Castro Olivera



Ingeniero químico y MBA especializado en Project Management por la Universidad de las Américas Puebla. Se desempeña como investigador y consultor en temas de recursos hídricos y energía con un enfoque en cambio climático y en el uso de hidrógeno con energías renovables.

[pedro.castrooa@udlap.mx](mailto:pedro.castrooa@udlap.mx)

#### Zabdi Paulina Pérez Urquieta



Estudiante de octavo semestre de Ingeniería Química y sexto semestre de Ingeniería Ambiental en la Universidad de las Américas Puebla.

Es miembro activo del Programa de Honores UDLAP desde el 2020.

[zabdi.perezua@udlap.mx](mailto:zabdi.perezua@udlap.mx)

#### Eduardo Alejandro López López



Estudiante de octavo semestre de Ingeniería Química en la Universidad de las Américas Puebla. Es miembro activo del

Programa de Honores UDLAP desde el 2020.

[eduardo.lopezlz@udlap.mx](mailto:eduardo.lopezlz@udlap.mx)

#### Mariana Alejandra Vázquez López



Estudiante de octavo semestre de Ingeniería Química en la Universidad de las Américas Puebla. Es miembro activo del

Programa de Honores UDLAP desde el 2021.

[mariana.vazquezlz@udlap.mx](mailto:mariana.vazquezlz@udlap.mx)

 REFERENCES

- Amin, M., Fareed, A., Khan, W., & Shah, H. (2022). Hydrogen production through renewable and non-renewable energy processes and their impact on climate change. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 47 (77), 33112-33134. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.07.172>
- Aravindan, M. & Kumar, G. (2023). Hydrogen towards sustainable transition: A review of production, economic, environmental impact and scaling factors. *Results in engineering*, vol. 20, 101456. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101456>
- Barreto, L., Makihira, A., & Riahi, K. (2003). The hydrogen economy in the 21st century: a sustainable development scenario. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 28 (3), 267-284. [https://doi.org/10.1016/S0360-3199\(02\)00074-5](https://doi.org/10.1016/S0360-3199(02)00074-5)
- Berry, D. & Salvador, A. (2006). La economía del hidrógeno como solución al problema de la estabilización del clima mundial. *Acta Universitaria*, vol. 16 (1), 5-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41616101>
- Brockway, P. Owen, A., Brand-Correa L. & Hardt L. (2019). Estimation of global final-stage energy-return-on-investment for fossil fuels with comparison to renewable energy sources. *Nature Energy*, vol. 4 (7), 612-612. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0425-z>
- Büyükkakin, M. & Öztuna, S. (2020). Numerical investigation on hydrogen-enriched methane combustion in a domestic back-pressure boiler and non-premixed burner system from flame structure and pollutants aspect. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 45 (2020), 35246-35256. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.117>
- Cheung, C., Choy, Y., Leung, C., & Zhen, C. (2012). Effects of hydrogen concentration on the emission and heat transfer of a premixed LPG-hydrogen flame. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 37 (7), 6097-6105. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.12.130>
- Cheung, C., Huang, Z., Jin, W., Leung, C., & Miao, J. (2016). Effect of H<sub>2</sub> addition on OH distribution of LPG/Air circumferential inverse diffusion flame. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 41 (22), 9653-9663. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.02.105>
- Choy, Y., Cheung, C., Zhen H., & Leung C. (2012). A comparison of the emission and impingement heat transfer of LPG-H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>-H<sub>2</sub> premixed flames. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 37 (14), 10947-10955. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.04.055>
- Deep, G., Verma, M., Taheri, B., Chopra, R., & Singh, J. (2023). Socio-economic aspects of hydrogen energy: An integrative review. *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 192, 122574. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122574>
- Fuel Cell & Hydrogen Energy Association (FCHEA) (n. d.). Hydrogen As Energy Storage. Available at: <https://www.fchea.org/hydrogen-as-storage>
- Fuentes, A. Maser, O., & Ortiz, J. (2014). The Ecothechnology in Mexico. *Journal ECOTEC*, 1-127. <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/La-Eco-tecnolog--a-en-M--xico-ENE-2015-BR.pdf>
- Full, J., Merseburg S., Mieke, R., & Sauer, A. (2021). A new perspective for climate change mitigation-introducing carbon-negative hydrogen production from biomass with carbon capture and storage (HyBECCS). *Sustainability*, vol. 13 (7), 4026. <https://doi.org/10.3390/su13074026>
- Galimova, T., Satymov, R., Keiner, D., & Breyer, C. (2023). Sustainable energy transition of Greenland and its prospects as a potential Arctic e-fuel and e-chemical export hub for Europe and East Asia. *Energy*, vol. 286, 129605. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129605>
- Gheorghie, D., Tutunea, D., Bica, M., Gruia, A., & Calbureanu, M. (2019). A review of hydrogen/diesel fuel blends in internal combustion engines. *IOP Conference Series: Material Science and Engineering*, 595 012033, 1-4. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/595/1/012033>
- Grochala, W. (2015). First there was hydrogen. *Nature Chemistry*, vol. 7 (3), 264-264. <https://doi.org/10.1038/nchem.2186>
- Hosseini, S. E., Wahid, M. A., & Aghili, N. (2013a). The scenario of greenhouse gasses reduction in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 28, 400-409.
- Hosseini, S. E., Andwari, A. M., Wahid, M. A., & Bagheri, G. (2013b). A review on green energy potentials in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 27, 533-545.
- Hosseini, S. & Wahid, M. (2016). Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carriers for clean development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 57, 850-866. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.112>
- IEA (2019). International Energy Outlook 2019 with projections to 2050. U.S. Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>
- Isaac, T. (2019). HyDeploy: The UK's First Hydrogen Blending Deployment Project. *Clean Energy*, vol. 3 (2), 114-125. <https://doi.org/10.1093/ce/zkz006>
- Karapinar, I. & Kargi, F. (2006). Bio-hydrogen production from waste materials. *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 38 (5), 569-582. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.09.015>
- Lee, J., Ga, S., Lim, D., Lee, S., Cho, H., & Kim, J. (2023). Carbon-free green hydrogen production process with induction heating-based ammonia decomposition reactor. *Chemical Engineering Journal*, vol. 457, 141203. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.141203>
- Ley General de Cambio Climático [L.G.C.C.] Reformed, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], November 15, 2023, (Mexico).
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética [L.A.E.R.F.T.E.] Reformed, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], December 24, 2015, (Mexico).
- López, N. (2018). Contribuciones cubanas al empleo del hidrógeno como fuente de energía renovable. *Revista Cubana de Química*, vol. 31 (1), 81-94. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443558027006>
- Miao, J., Leung, C. & Cheung, C. (2014). Effect of hydrogen percentage and air jet Reynolds number on fuel lean flame stability of LPG-fired inverse diffusion flame with hydrogen enrichment. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 39 (1), 602-609. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.10.062>
- Muñoz, A. (2015). Producción de hidrógeno a partir de energía solar. Panorama en Colombia. *Journal Poligran*, vol. 5 (5), 95-111. <https://journal.poligran.edu.co/index.php/elementos/article/view/621/524>
- Nowotny, J. & Veziroglu, N. (2011). Impact of hydrogen on the environment. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 36 (20), 13218-13224. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.07.071>
- Ogden, J. (1999). Prospects for building a hydrogen energy infrastructure. *Annual Review of the Energy and the Environment*, vol. 24, 227-279. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.24.1.227>
- Palacios, A. & Bradley, D. (2022). Hydrogen and wood-burning stoves. *Phil. Trans. R. Soc. A*, vol. 380, 20210139. The Royal Society. 1-9. <https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0139>
- Palacios, A., Cordova-Lizama, A., & Castro-Olivera P. M. (2022). Hydrogen Production in Mexico: State of the Art, Future Perspectives, Challenges and Opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 47 (70), 30196-30212. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.04.009>
- Palma, V., Ricca, A., & Ruocco, C. (2019). Kinetics of Oxidative Steam Reforming of Ethanol Over Bimetallic Catalysts Supported on CeO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>: A Comparative Study. *Topics in Catalysis*, vol. 62 (5), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11244-019-01173-2>
- Schnoor, J. (2004). Energy and global warming: The great convergence. *Environmental, Science & Technology*, vol. 38 (7), 119A. <https://doi.org/10.1021/es040443t>
- Ueckerdt, F., Bauer, C., Dirnhaichner, A., Everall, J., Sacchi, R., & Luderer, G. (2021). Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation. *Nature Climate Change*, vol. 11, 384-393. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01032-7>
- Vizcaíno, A. J., Lindo, M., Carrero, A. y Calles, J. A. (2012). Hydrogen production by steam reforming of ethanol using Ni catalysts based on ternary mixed oxides prepared by coprecipitation. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 37 (2), 1985-1992. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.04.179>

# Entorno

## POLÍTICA EDITORIAL

CONSULTE LA POLÍTICA EDITORIAL EN: [ENTORNO.UDLAP.MX](https://entorno.udlap.mx)

### MISIÓN

Difundir el conocimiento, los avances científicos y tecnológicos, y la creación artística a través de la publicación de artículos inéditos que brinden aportaciones originales.

### CONTENIDO

Multidisciplinario, integrado con artículos derivados de una investigación, innovación o creación artística desarrollada en universidades y centros de investigación con la participación de investigadores, profesores y/o estudiantes de instituciones mexicanas o extranjeras que difundan aportaciones o innovaciones científicas y tecnológicas originales, obras de creación artística o cultural. La orientación de los textos será de difusión del conocimiento y creación artística.

Para los efectos de esta política editorial, se distingue la difusión como la publicación de contenidos originales que están dirigidos a lectores con formación profesional.

### COBERTURA TEMÁTICA

Interdisciplinaria, en cualquiera de los campos del conocimiento, la innovación o la creación artística que se cultivan en la Universidad de las Américas Puebla.

### TIPO DE CONTRIBUCIONES

#### • Artículo científico

Documento científico que trata y difunde los resultados de una investigación o innovación exitosa, cuyas contribuciones aportan e incrementan el conocimiento actual. La orientación de los textos será de difusión del conocimiento y estos se someterán a revisión por pares.

#### • Artículo de creación

Documento que trata y difunde los resultados de una obra de creación artística o cultural. Será sometido a revisión por pares.

#### • Artículo de estado del arte

Documento que analiza a profundidad y difunde el conocimiento, en el estado del arte, de un problema, campo de investigación o área artística o literaria, de relevancia e interés general. Será sometido a revisión por pares.

### PROCESO DE ARBITRAJE

Las propuestas de contribuciones a la revista serán analizadas, revisadas y dictaminadas por el editor en jefe, con el visto bueno del presidente del Consejo Editorial, quienes se apoyarán en los editores asociados y en dictámenes elaborados por árbitros designados para cada artículo.

El proceso de selección de artículos a publicar se realiza mediante un sistema de arbitraje «doble ciego», en el cual los árbitros desconocen el nombre de los autores de los artículos, y estos últimos desconocen el nombre de los árbitros. El proceso de arbitraje se rige por los criterios de veracidad, calidad ética y científica, y no discriminación.

La participación de los miembros del Consejo Editorial, del Comité Editorial y de los árbitros, se considera una contribución profesional, que se realiza de manera honorífica. El proceso de arbitraje de los artículos se puede consultar en <https://entorno.udlap.mx>

Todos los artículos se someterán a proceso de revisión por pares.

Se publicarán trabajos de investigación, análisis e innovación científica, social, humanística o artística de especialistas y académicos mexicanos o de cualquier otra nacionalidad. Se podrán incluir coautores de diversas instituciones. Se aceptarán trabajos en español o inglés, y en todos los artículos se incluirá un resumen y palabras clave en español y en inglés.

### AUTORES

Los autores, por el simple hecho de enviar su artículo para posible publicación en *Entorno UDLAP*, se comprometen a cumplir con el Código de Ética de la revista, disponible en el sitio web <https://entorno.udlap.mx/codigo-de-etica/>

La responsabilidad del contenido de los artículos corresponde exclusivamente a los autores.

La propuesta de un trabajo compromete a su autor a no enviarlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones.

Los autores, cuyos artículos hayan sido aceptados, estarán de acuerdo en que éstos sean publicados en versión impresa y digital por la Universidad de las Américas Puebla, y que ésta puede hacer uso de sus contenidos con propósitos de difusión y promoción de la revista. Asimismo, aceptan que los artículos se publicarán bajo licencia de acceso abierto (Open Access) tipo «BY-NC-SA» Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Los artículos se someterán a revisión de estilo y diseño gráfico, por lo que los autores estarán atentos para resolver las dudas y propuestas que presenten los editores y la Coordinación Editorial. Cada autor aprobará las pruebas de imprenta de sus textos, como paso previo a su publicación.

### RECEPCIÓN DE TRABAJOS

La recepción de artículos está abierta permanentemente, y una vez concluido el proceso de revisión por pares, se informará a los autores del resultado.

En caso de que este sea aprobatorio, los editores procurarán publicar el artículo en el número más cercano posible de la revista.

Los artículos propuestos deberán enviarse siguiendo la Guía de Autores, que se puede consultar en el sitio web de la revista <https://entorno.udlap.mx/instrucciones/>. Los interesados en publicar sus artículos deberán enviar el documento al editor en jefe de *Entorno UDLAP*, al correo electrónico: [revista.entornoudlap@udlap.mx](mailto:revista.entornoudlap@udlap.mx)

Todos los artículos propuestos deberán enviarse acompañados de una carta de presentación y originalidad, firmada por el autor de correspondencia, con el formato que se incluye en el portal de la revista en <https://entorno.udlap.mx/cartas-de-presentacion-de-articulos/>

En el caso de textos con más de un autor, se indicará el nombre del «autor de correspondencia» que actuará en representación de todos los autores, y será quien mantenga la comunicación con el cuerpo editorial de la revista y coordinará el proceso de revisión con sus coautores y, en caso de ser aceptado para publicación, recabará la aprobación de la impresión por parte de todos los autores. A juicio del consejo editorial, se analizará la pertinencia de proponer

números especiales de la revista, cuyos contenidos obedecerán a temas específicos seleccionados. En este caso también los artículos se someterán al proceso de revisión por pares.

### PROCESO DE REVISIÓN

1. El autor, o autor de correspondencia, enviará el manuscrito del artículo propuesto al editor en jefe, quien revisará el cumplimiento general de los criterios de la política editorial para someter un manuscrito a revisión por pares, así como la carta de presentación y originalidad del texto. En caso de no cumplir los criterios editoriales, el editor en jefe lo informará a los autores para que, si así lo consideran conveniente, lo revisen y envíen de nuevo a proceso de revisión. En caso de cumplirse los criterios editoriales, el editor en jefe abrirá un expediente para el artículo y, con el apoyo del editor asociado del área de conocimiento correspondiente, designará dos árbitros de entre los miembros del comité editorial o invitará a otros profesores, investigadores o profesionales destacados a realizar el proceso de arbitraje. Los árbitros seleccionados podrán ser miembros de la UDLAP o externos.

2. El artículo se enviará a los árbitros y se les fijará un plazo de una semana para aceptar o declinar la invitación y de tres semanas para elaborar su dictamen. En caso de que un árbitro decline la invitación, el editor en jefe, junto con el editor asociado, designarán a otro árbitro.

3. El dictamen de los árbitros podrá emitirse en cualquiera de los siguientes sentidos:

- Aceptado
- Aceptado con cambios menores
- Aceptado sujeto a cambios mayores
- Rechazado

En todos los casos, el dictamen deberá ser argumentado adecuadamente. Por «aceptado sujeto a cambios mayores», se entiende que el manuscrito solo será publicado si los autores cumplen con los cambios propuestos por los árbitros y será sujeto a una nueva revisión de parte del editor y/o los árbitros. Por «aceptado con cambios menores» se entiende que el manuscrito ha sido aceptado y se publicará tan pronto el autor o autores cumplan con los cambios solicitados, lo cual será revisado por el editor. El dictamen será inapelable.

4. Una vez completado el ciclo de revisión y aprobado el texto, el editor en jefe enviará el manuscrito al coordinador editorial.

5. El coordinador editorial, con el apoyo del editor gráfico y del personal a su cargo, elaborarán el diseño editorial para la impresión final y lo enviarán al editor en jefe, presidente del consejo y al secretario ejecutivo para su revisión y aprobación. En caso necesario, se solicitará una nueva versión con correcciones a los autores. En esta etapa puede realizarse una revisión de estilo, que también será aprobada por los autores.

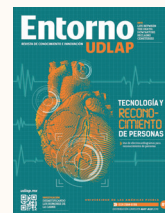
6. Una vez concluido el diseño editorial, el editor en jefe enviará a los autores la versión para impresión. Éstos, en su caso, harán las correcciones necesarias y firmarán una carta de autorización de la publicación.

### PERIODICIDAD

Edición cuatrimestral. La revista se editará en papel y en formato electrónico.

### ACCESO ABIERTO

La revista en formato electrónico tendrá acceso abierto en los sitios de internet de la UDLAP.



entorno.udlap.mx



# UDLAP<sup>®</sup>

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA



## ¡Ven y forma parte de nuestra comunidad!

### Oferta académica



#### ESCUELA DE ARTES Y HUMANIDADES

- Animación Digital
- Arquitectura
- Arquitectura de Interiores
- Artes Plásticas
- Danza
- Diseño de Información Visual
- Historia del Arte y Curaduría
- Idiomas
- Literatura
- Música
- Teatro

#### ESCUELA DE CIENCIAS SOCIALES

- Antropología
- Ciencia Política
- Comunicación y Producción de Medios
- Comunicación y Relaciones Públicas
- Derecho
- Pedagogía
- Psicología Clínica
- Psicología Organizacional
- Relaciones Internacionales

#### ESCUELA DE CIENCIAS

- Actuaría
- Biología
- Bioquímica Clínica
- Ciencia de Datos
- Ciencias de la Nutrición
- Cirujano Dentista
- Enfermería
- Física
- Médico Cirujano
- Nanotecnología e Ingeniería Molecular
- Químico Farmacéutico Biólogo



#### ESCUELA DE INGENIERÍA

- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería Biomédica
- Ingeniería Civil
- Ingeniería en Industrias Alimentarias
- Ingeniería en Logística y Cadena de Suministros
- Ingeniería en Robótica y Telecomunicaciones
- Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Mecatrónica
- Ingeniería Química



Engineering Accreditation Commission



#### ESCUELA DE NEGOCIOS Y ECONOMÍA

- Administración de Empresas
- Administración de Hoteles y Restaurantes\*\*
- Administración de Negocios Internacionales
- Artes Culinarias\*\*
- Banca e Inversiones
- Economía\*\*
- Estrategias Financieras y Contaduría Pública
- Mercadotecnia



\*Todas nuestras licenciaturas cuentan con el Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios RVOE, puede consultarse en [www.udlap.mx](http://www.udlap.mx)

\*\* No aplica acreditación AACSB

Ex hacienda Santa Catarina Mártir 72810 · San Andrés Cholula, Puebla, México  
☎ 222 229 2112 · 📞 222 160 66 19 · informes.nuevoingreso@udlap.mx

[www.udlap.mx](http://www.udlap.mx)



EXCELLENT



Conoce más





## UDLAP Consultores

Experiencia en **soluciones con valor**

Hemos desarrollado un modelo educativo que conjunta lo mejor de la academia de la Universidad de las Américas Puebla con la experiencia práctica de profesionales de diferentes giros y organizaciones, lo que nos ha permitido generar soluciones educativas únicas y de acuerdo a las necesidades específicas de nuestros clientes.



### CONSULTORÍA

Brindamos a nuestros clientes asesoría especializada, metodologías de trabajo y herramientas para generar soluciones específicas, prácticas y efectivas a la medida de sus necesidades.

### EDUCACIÓN CONTINUA

Programas que contribuyen en la formación, actualización y capacitación de nuestros clientes en temas de vanguardia, para mejorar la competitividad de las empresas y fomentar el desarrollo integral de los participantes. Nuestros profesores cuentan con amplia experiencia profesional y académica.



### SOLUCIONES EMPRESARIALES

Diseñamos programas especiales para incrementar la eficiencia y competitividad de las empresas, lo que nos permite desarrollar habilidades y conocimientos aplicables de manera inmediata en temas de actualidad e innovación, por lo que el contenido, duración, lugar y forma de impartición se definen siempre en función de estas necesidades.

### SOLUCIONES GUBERNAMENTALES

Contamos con programas enfocados hacia el mejoramiento de la administración pública en los ámbitos municipal, estatal y federal, teniendo como objetivos incrementar la calidad de los servicios de estos sectores y mejorar las capacidades y habilidades de los servidores públicos.

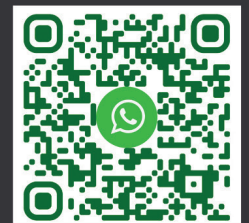
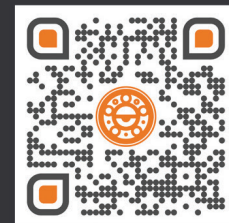


### LABORATORIOS DE CALIDAD

Realizamos análisis de muestras, productos, pruebas y estudios de control de calidad, por medio de tecnología de vanguardia, en los distintos laboratorios de la UDLAP.

Para alcanzar tus metas...

**¡SIGUE PREPARÁNDOTE!**



**UDLAP**®

**UDLAP CONSULTORES**

Edificio HU · Oficina 316 · ☎ 222 229 30 77 / 222 229 27 16

udlap.consultores@udlap.mx · 🌐 <https://consultores.udlap.mx>

☎ 222 674 64 35 · 📱 udlapconsultores · @udlap.consultores · 📺 UDLAP Consultores

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

# DOCTORADOS UDLAP®

**GENERAMOS CONOCIMIENTO**

CONSULTA NUESTROS  
PROGRAMAS Y LÍNEAS  
DE INVESTIGACIÓN

