

Entorno

REVISTA DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

UDLAP

ONLINE DESIGN
THINKING
IN A HIGHER
EDUCATIONAL
ENVIRONMENT

Santuario



PARA LAS LUCIÉRNAGAS



¿Refugio para los anfibios?
El caso de Tlaxcala y Puebla

udlap.mx



ISSN 2594-0147

Indizada en Latindex

#23

DISTRIBUCIÓN GRATUITA MAY-AGO 2024

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

Maestrías UDLAP®

PRESENCIAL O EN LÍNEA, TÚ DECIDES

EXCELENCIA ACADÉMICA Y PRESTIGIO INTERNACIONAL

EDAH ESCUELA DE ARTES Y HUMANIDADES

- Diseño de Información

EDEC ESCUELA DE CIENCIAS

- Administración de Servicios de la Salud

EDCS ESCUELA DE CIENCIAS SOCIALES

- Comunicación y Medios Digitales
- Derecho Corporativo
- Derecho Fiscal
- Gobernanza y Globalización
- Psicología Organizacional

EDEI ESCUELA DE INGENIERÍA

- Gerencia de Proyectos de Construcción

EDNE ESCUELA DE NEGOCIOS Y ECONOMÍA **

- Administración de Empresas
- Administración Energética
- Administración de la Manufactura
- Dirección de Negocios
- Finanzas Corporativas
- Negocios Internacionales
- Mercadotecnia

*Plan de estudios impartido en idioma inglés

**Escuela acreditada por la AACSB



Ex hacienda Sta. Catarina Mártir, 72810,
San Andrés Cholula, Puebla, México.
© 222 160 66 19 · ingreso.posgrados@udlap.mx



www.udlap.mx

Conoce más



**HAZ LA
DIFERENCIA
UDLAP®**

CONTENIDO



16. SIMULACROS Y SIMULACIÓN POLÍTICA EN VIDEOJUEGOS: EL CASO DEL ESTADO TOTALITARIO DE ARSTOTZKA EN *PAPERS, PLEASE*

► Political *simulacra* and simulation in video games: the totalitarian State of Arstotzka's case in *Papers, please*

Por: Luis Daniel Martínez Álvarez, Álvaro Sanchis, Melani Leonart y Bahadır Uçan



4. EXPLORANDO LOS ENIGMAS DE LA EVOLUCIÓN: un análisis sobre selección sexual, especiación y evolución genómica

► Exploring the enigmas of evolution: analyzing sexual selection, speciation and genomic evolution

Por: Benjamín Padilla Morales, Fernando A. M. Arnal, Araxi Urrutia O. y Martín Alejandro Serrano Meneses



▲ 30. PORTADA SANTUARIO PARA LAS LUCIÉRNAGAS

¿refugio para los anfibios?
El caso de Tlaxcala y Puebla

► Sanctuary for fireflies, refuge for amphibians?
The case of Tlaxcala and Puebla

Por: Juan M. Díaz García, Itzel Arias del Razo y Aníbal H. Díaz de la Vega Pérez



40. ONLINE DESIGN THINKING in a higher educational environment

► *Design Thinking* en línea en la educación superior

Por: Anna Herold y Manuela Gutiérrez-Leefmans



52. GENERACIÓN DISTRIBUIDA COMO FACTOR DE TRANSICIÓN entre energías fósiles y energías renovables

► Distributed generation as a transition factor
between fossil fuels and renewable energy

Por: Aislinn Díaz Martínez y Pedro Bañuelos Sánchez

Entorno UDLAP

REVISTA DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

PRESIDENCIA

René Alejandro Lara Díaz

EDITOR GENERAL

Israel Cedillo Lazcano

CONSEJO EDITORIAL

Dirección ejecutiva

Zobeida Jezabel Guzmán Zavaleta
Directora general de Doctorados

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

Ilustraciones

Angélica Cabañas Ramírez

Corrección de estilo

Andrea Garza Carbajal
María Silvana Martínez Couoh
Beatriz Ramírez Bertolini

Fotografías

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

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 Koprivitz
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

3

La edición que tiene en sus manos presenta una oferta de artículos que explora diversas facetas de la interacción entre el ser humano, la naturaleza y las estructuras sociales, ofreciendo perspectivas únicas sobre la biodiversidad, la evolución, los sistemas políticos, la sostenibilidad y la innovación. En esta ocasión, el artículo que inspira nuestra portada, «Santuario para las luciérnagas, ¿refugio para los anfibios? El caso de Tlaxcala y Puebla», explora el hábitat de las luciérnagas no como puntos turísticos, sino desde la observación de los anfibios que habitan en estos espacios. Se analiza cómo estas zonas protegidas, que reciben a cientos de visitantes cada año, influyen en la biodiversidad local, destacando la importancia de promover un ecoturismo responsable a través de la simpatía que las especies bandera generan entre la población.

Impulsado por un interés alineado con el desarrollo de la vida en nuestro planeta, el artículo «Explorando los enigmas de la evolución: un análisis sobre selección sexual, especiación y evolución genómica» busca profundizar en las incógnitas que aún hoy nos presenta un término ampliamente empleado, pero no del todo entendido: *evolución*. Este artículo plantea que la selección sexual podría ser la clave para comprender los mecanismos detrás de la especiación y la diversidad genómica en la Tierra, ofreciendo nuevas perspectivas sobre los procesos que moldean la biodiversidad de nuestro planeta.

En el marco de las ciencias sociales, la obra «Simulacros y simulación política en videojuegos: el caso del Estado totalitario de Arstotzka en *Papers, please*» nos invita a adentrarnos en los mundos digitales para repensar la condición humana desde una experiencia de simulación que solo puede ofrecernos un videojuego. Esta reflexión no se conforma con el análisis de la historia que el juego cuenta, sino que indaga en las implicaciones fenomenológicas que ofrece la experiencia del *gameplay* mismo, profundizando en la noción de dignidad humana e invitándonos a considerar los efectos que estas herramientas pueden tener en el futuro de la vida política moderna.

La interacción entre los elementos naturales y humanos que actúan como pilares de las contribuciones antes referidas genera un impacto ambiental innegable y que afecta prácticamente todas las aristas de la vida en la Tierra. Ello ha impulsado una creciente búsqueda de alternativas sostenibles en diversos sectores, lo que ha motivado el desarrollo de soluciones energéticas más responsables con el entorno. El artículo «Generación distribuida como factor de transición entre energías fósiles y energías renovables» explora el concepto de generación distribuida y lo acerca a nuestra vida cotidiana destacando sus beneficios ambientales, así como las oportunidades y desafíos que plantea su adopción en el camino hacia un futuro energético sustentable.

Finalmente, en el artículo «Online Design Thinking in a higher educational environment» se presenta una investigación que observa el impacto del uso de herramientas colaborativas en la educación y el trabajo en equipo, destacando las diferencias en su eficacia entre estudiantes de licenciatura y posgrado. Se trata de un trabajo que ofrece resultados relevantes para educadores y organizaciones interesadas en fomentar la innovación y el aprendizaje colaborativo en un contexto marcado por los desafíos de la educación en línea y el trabajo híbrido en un mundo revolucionado tras la pandemia de COVID-19.

Como el lector podrá inferir a través de la lectura de este número, todos estos aportes —aunque parten de formas de conocimiento sumamente diversas— comparten un interés por entender y promover un futuro más equilibrado y consciente en nuestras relaciones con el entorno y la sociedad.

ENTORNO UDLAP, Año 8, núm. 23, mayo-agosto 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. 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: 27 de diciembre 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.

- Exploring the enigmas of evolution: analyzing sexual selection, speciation and genomic evolution

EXPLORANDO LOS ENIGMAS DE LA EVOLUCIÓN

Un análisis sobre selección sexual, especiación y evolución genómica

Por:  Benjamín Padilla Morales · Fernando A. M. Arnal · Araxi Urrutia O. · Martín Alejandro Serrano Meneses



Padilla Morales, B., Arnal, F. A. M., Urrutia O., A. y Serrano Meneses, M. A. (2024). Explorando los enigmas de la evolución: un análisis sobre selección sexual, especiación y evolución genómica. *Entorno UDLAP*, 23.

➡ **Recibido:** 13 de noviembre de 2023 ✓ **Aceptado:** 12 de julio de 2024

RESUMEN

La evolución ha moldeado la diversidad de vida en la Tierra durante miles de millones de años. Propuestos por Charles Darwin en 1859, los conceptos selección natural y sexual han emergido como motores importantes en este proceso. Particularmente, la selección sexual —cuyos efectos pueden resultar especialmente evidentes en mamíferos y aves— impulsa diferencias extremas entre los sexos, tanto en rasgos físicos como conductuales. Estudios recientes han explorado cómo la selección sexual puede influir en las tasas de especiación en diversos grupos animales, revelando conexiones complejas y a menudo contradictorias. De igual manera, se ha observado que ciertos rasgos dimórficos, como la coloración del plumaje en aves y la pigmentación alar en libélulas y caballitos del diablo, pueden exhibir tasas variables de especiación. Sin embargo, la relación precisa entre la selección sexual y la especiación sigue siendo objeto de debate. Además, la selección sexual puede tener efectos profundos en la evolución del genoma, incluyendo la expansión y contracción de familias génicas relacionadas con características clave, como el tamaño corporal y el desarrollo cerebral. Estudios futuros buscarán desentrañar aún más estas complejas inte-

racciones para comprender mejor la diversificación de la vida en nuestro planeta.

PALABRAS CLAVE

Selección sexual · Especiación · Dimorfismo sexual · Evolución de genomas

ABSTRACT

Evolution has shaped the diversity of life on Earth for billions of years. Proposed by Charles Darwin in 1859, natural and sexual selection have emerged as important drivers in this process. Sexual selection —especially evident in mammals and birds— drives extreme differences between sexes in physical and behavioral traits. Recent studies have explored how this selection can influence speciation, revealing complex and sometimes contradictory connections. Similarly, it has been observed that certain dimorphic traits, such as plumage coloration in birds, and wing pigmentation in dragonflies and damselflies, may be linked to variable speciation rates. However, the exact relationship between sexual selection and speciation remains a subject of debate. Furthermore, sexual selection can profoundly affect genome evolution, including the expansion and contraction of gene families related to key characteristics, such as body size and

brain development. Future studies will seek to further unravel these complex interactions for a better understanding of the diversification of life on our planet.

KEYWORDS

**Sexual selection • Speciation • Sexual dimorphism
• Genome evolution**

INTRODUCCIÓN

En biología se conoce como especiación al proceso mediante el cual las poblaciones de diversos organismos se dividen y forman especies nuevas. Desde la aparición de la vida en la Tierra, alrededor de 4,100-3,800 millones de años atrás (Sleep, 2010; Tashiro et al., 2017), este proceso ha ocurrido de forma ininterrumpida, dando lugar a la biodiversidad actual del planeta. En su libro *El origen de las especies*, publicado en 1859, Charles Darwin propuso un mecanismo fundamental para el proceso de especiación: la selección natural. Este mecanismo evolutivo explica que los organismos mejor adaptados al ambiente en el que viven tienen una probabilidad más alta de sobrevivir y reproducirse, transmitiendo así a la siguiente generación los genes que fueron cruciales para su éxito. Por otra parte, también identificó a la selección sexual como el mecanismo más importante detrás de la evolución de los rasgos exagerados exhibidos por los machos (figura 1): un mecanismo evolutivo caracterizado por la competencia desigual entre los miembros de un mismo sexo por la oportunidad de aparearse con los miembros del sexo opuesto. Por sus poderosos efectos para llevar la expresión de los rasgos sexuales a la exageración, se propone también a la selección sexual como un potencial impulsor de la especiación (Wilkinson et al., 2015).

Sin embargo —hasta la fecha y a pesar de los avances científicos—, la evidencia sobre la interacción entre estos mecanismos y la evolución del genoma es aún escasa (Wiberg et al., 2021) y los resultados han sido contrastantes. Se requieren más investigaciones para llegar a un resultado concluyente que pueda responder una de las preguntas más centrales en biología actual: ¿qué impulsa realmente la especiación y la diversidad genómica en la vida en la Tierra? (O'Meara et al., 2006).

DISCUSIÓN

Selección y dimorfismo sexual

Es ampliamente aceptado que la selección sexual juega un papel crucial en la evolución de las diferencias —a veces extremas— entre los machos y las hembras de la misma especie (i. e. dimorfismo sexual). A menudo, las especies más intensamente influenciadas por la selección sexual también presentan los niveles más altos de dimorfismo en rasgos morfológicos, conductuales y fisiológicos (McPherson y Chenoweth, 2012). Asimismo, los machos y las hembras de especies que exhiben fuertes niveles de selección sexual pueden diferir entre sí en tamaño, ornamentos, armas y con-



Ejemplos de rasgos sexuales masculinos en algunas especies animales



a)

COLORACIÓN ROJA EN EL PLUMAJE DEL PINZÓN MEXICANO (*Haemorhous mexicanus*)



b)

COLORACIÓN AZUL EN LA PIEL DE LA BASE DEL PICO DEL BOBO CAFÉ (*Sula leucogaster*)



c)

CELDA ROJA EN LA BASE DE LAS ALAS DEL CABALLITO ESCARLATA COMÚN (*Hetaerina americana*)



d)

CRESTA SAGITAL (PARTE SUPERIOR DEL CRÁNEO) DEL LOBO MARINO DE CALIFORNIA (*Zalophus californianus*)



e)

COLORACIÓN NARANJA Y AMARILLA EN EL MORFOTIPO DE COLOR DE LA LAGARTIJA ESPINOSA LLANERA (*Sceloporus aeneus*)



f)

COLORACIÓN DE LA GULA DE LA LAGARTIJA ESPINOSA MEXICANA (*S. spinosus*)

ducta (Andersson, 2019; Eberhard *et al.*, 2018; Fernandez y Morris, 2007; Lemaître *et al.*, 2020; Shuker y Kvarnemo, 2021).

Algunos de los ejemplos más claros de los efectos de la selección sexual en animales se aprecian en los mamíferos. En este grupo, los altos niveles de dimorfismo sexual en tamaño son resultado de presiones selectivas que actúan desproporcionadamente sobre el tamaño corporal de machos y hembras (Andersson, 1994; Dos Remedios *et al.*, 2015; Fairbairn, 1997), predisponiéndolos a tamaños corporales diferentes. Por ejemplo, en aproximadamente el 45 % de las especies de mamíferos, los machos son más grandes que las hembras (Fairbairn *et al.*, 2007).

En otros linajes se ha encontrado evidencia que apunta a que la selección sexual actúa como un importante impulsor en la evolución de la coloración corporal. En aves, por ejemplo, la coloración del plumaje es un rasgo bajo selección sexual intensa (Cooney *et al.*, 2019). Entre los invertebrados el dimorfismo sexual se presenta en una amplia variedad de rasgos morfológicos, incluyendo i) el tamaño y la forma de las alas, ii) el tamaño y color de las manchas de pigmento y de las regiones reflectantes de los rayos uv en las alas, así como iii) el tamaño y composición corporal (e. g., el tamaño relativo del tórax o del abdomen) (Allen *et al.*, 2011; Mori *et al.*, 2017; Santos y Machado, 2016). Otros rasgos relevantes son iv) el color y densidad de los pelos corporales, v) el tamaño y forma de las estructuras sensoriales, como los ojos, órganos auditivos y antenas, vi) las estructuras asociadas con la producción y liberación de señales químicas, y vii) el tamaño y forma de los genitales (Hopkins y Kopp, 2021; Steiger y Stökl, 2014; Cordero-Rivera y Córdoba-Aguilar, 2010), entre otros.

Algunos invertebrados, como los odonatos y los lepidópteros (libélulas, caballitos del diablo y mariposas o polillas), son un caso de alta diversidad en pigmentación alar, siendo de los grupos más primitivos en el árbol de la vida en los que se ha observado esta característica —comúnmente descrita como un rasgo con funciones de reconocimiento intra e interespecíficas (Futahashi, 2016)—. Sin embargo, un número importante de estudios han mostrado que la llamativa pigmentación alar de los machos de libélulas y caballitos del diablo (figura 2) es un rasgo modelado por la selección sexual (para estudios en caballitos del diablo, ver Anderson *et al.*, 2007; Córdoba-Aguilar, 2002; Serrano-Meneses *et al.*, 2008; para estudios en libélulas,

Figura 1.

Fuente: M. A. Serrano Meneses, Alejandro Arias del Razo y Aníbal Díaz de la Vega.



Figura 2. Variaciones en el color de las alas en libélulas y caballitos del diablo machos, desde tonos oscuros, blancos, hasta anaranjados, rojos y verdes. La especie *Neurobasis chinensis* (centro, izquierda), exhibe una coloración verde metálica en dos de sus alas y ha desarrollado iridiscencia —un fenómeno óptico en el que el tono de la luz varía de acuerdo con el ángulo desde el cual se observe la superficie—. En otras especies, como *Libellula luctuosa* (esquina inferior izquierda) se pueden observar contrastantes tonos negros y blancos.

Fuente: M. A. Serrano Mene-ses; Natural History Museum, Londres, Reino Unido.

ver Santos y Machado, 2016). Esta observación también ha sido reportada en mariposas y polillas, uno de los grupos de artrópodos más estudiados y carismáticos, donde se ha evidenciado que rasgos sexualmente seleccionados, como el tamaño de las alas, la coloración y las regiones que reflejan la luz ultravioleta, tienen un impacto significativo en la evolución del dimorfismo sexual (Allen et al., 2011).

Selección sexual y especiación

Durante décadas se ha propuesto que la selección sexual es un importante impulsor de la especiación. Sin embargo, la evidencia que respalda esta relación ha sido objeto de debate continuo (Martínez-Ruiz y Knell, 2017). La hipótesis del «motor de especiación» establece que la selección sexual, particularmente la elección de pareja por parte de las hembras, desempeña un rol crucial (Morrow et al., 2003; Panhuis et al., 2001).

Los niveles intensos de selección sexual pueden ser un catalizador para la especiación rápida a través de cuatro formas distintas. En primer lugar, el proceso de elección de pareja por parte de las hembras, basado en la preferencia por ciertos rasgos masculinos, puede llevar a una selección sexual disruptiva y, en consecuencia, promover la especiación (Ellis y Oakley, 2016;

Fowler-Finn y Rodríguez, 2016; Gavrillets, 2014; Kirkpatrick, 1982; Martínez-Ruiz y Knell, 2017; Verzijden et al., 2005). Investigaciones en peces cíclidos indican que la selección sexual disruptiva, posiblemente causada por la elección de la hembra, genera polimorfismo de color en los machos, por lo que facilita la especiación rápida (Seehausen y Van Alphen, 1999). Además, se ha observado que los linajes acuáticos que realizan cortejo bioluminiscente suelen exhibir tasas de acumulación de especies más altas que los linajes que incluyen especies que carecen de este tipo de cortejo (Ellis y Oakley, 2016).

En segundo lugar, la selección negativa (selección de características perjudiciales) dependiente de la frecuencia de los rasgos sexualmente seleccionados genera aislamiento reproductivo como un proceso de competencia intrasexual (Clutton-Brock y Huchard, 2013). En el caso de peces cíclidos, se presume que la selección negativa de la coloración nupcial entre especies estrechamente relacionadas es una fuerza importante que influye en la distribución de las especies en el lago Victoria (Seehausen y Schluter, 2004). Mientras que, en aves colorines pecho canela (*Passerina amoena*), se observa una rara cooperación entre machos, que presentan un comportamiento menos agresivo hacia machos jóvenes y de plumaje opaco, en



DURANTE DÉCADAS SE HA PROPUESTO QUE LA SELECCIÓN SEXUAL ES UN IMPORTANTE IMPULSOR DE LA ESPECIACIÓN. SIN EMBARGO, LA EVIDENCIA QUE RESPALDA ESTA RELACIÓN HA SIDO OBJETO DE DEBATE CONTINUO (MARTÍNEZ-RUIZ Y KNELL, 2017).

comparación con la conducta agresiva que muestran con machos más maduros de plumaje brillante. Esto permite que los machos jóvenes de plumaje opaco adquieran buenos territorios para atraer a las hembras, dando lugar a una selección disruptiva (Greene *et al.*, 2000).

En tercer lugar, la evolución divergente se ve afectada por rasgos sexualmente seleccionados —como los impulsados por los sentidos— que, a su vez, pueden influir en la especiación ecológica (Kraaijeveld *et al.*, 2011; Safran *et al.*, 2013). En aves del género *Junco*, por ejemplo, se han llevado a cabo estudios que comparan la frecuencia de cambio en morfología (rasgos de importancia ecológica en estas especies) y coloración de plumaje (rasgo sexual) contra marcadores genéticos, con el objetivo de explorar cómo ambas presiones de selección han llevado a crear la gran diversidad entre poblaciones de estas aves (Friis y Milá, 2020). Se observa una tasa de divergencia acelerada en los rasgos bajo selección sexual, en comparación con rasgos que tienen relevancia ecológica. También se encontró una relación positiva entre el grado de divergencia de color y la intensidad de la selección sexual, especialmente cuando se controla la distancia genética neutral.

En cuarto lugar, se observa que el desarrollo exagerado de los rasgos sexualmente seleccionados puede producir una barrera reproductiva y, por lo tanto, una contradaptación o «carrera armamentista» entre los sexos, llevándolos a desarrollar estructuras o comportamientos sexuales más complejos que dan pie al conflicto sexual (Gavrilets, 2014; Parker, 1979). Un ejemplo de esto ocurre en libélulas y caballitos del diablo, donde se observan contradaptaciones en los genitales de machos y hembras: los machos han desarrollado estructuras de remoción y transferencia de esperma más eficientes, mientras que las hembras parecen haber respondido con la evolución de estructuras sexuales más complejas (Cordero Rivera *et al.*, 2004; Gage, 2004; Cordero-Rivera y Córdoba-Aguilar, 2010), lo que limitaría la cantidad de esperma que los machos pueden remover de las espermatecas en las hembras, en donde ellas almacenan esperma proveniente de cópulas previas.

Por otra parte, la selección sexual podría actuar como un amortiguador de la especiación en lugar de ser un impulsor. En la hipótesis

**LA RELACIÓN
ENTRE RASGOS
DIMÓRFICOS NO ES
NECESARIAMENTE
UNIVERSAL,
INCLUSO ENTRE
CLADOS HERMANOS
(GRUPOS DE
ORGANISMOS QUE
COMPARTEN UN
ANCESTRO COMÚN
MÁS RECIENTE) O
ESTRECHAMENTE
EMPARENTADOS,
LO QUE ALUDE
A DIFERENCIAS
FUNDAMENTALES
EN SUS
TRAYECTORIAS
EVOLUTIVAS.**



de la «dispersión para aparearse», la selección sexual intensa entre especies polígamas podría aumentar la dispersión reproductiva (Jackson *et al.*, 2017). A medida que los individuos del sexo bajo selección más intensa (a menudo, los machos) luchan por encontrar pareja y tienen más probabilidades de migrar a otras poblaciones, la estructuración y diferenciación genética se reducen, lo que resulta en una disminución de las tasas de especiación (Jackson *et al.*, 2017). En este mosaico evolutivo, estas dinámicas añaden capas de complejidad al entendimiento de los procesos que crean diversidad en la vida en el planeta.

Estudios sobre selección sexual han analizado la asociación del dimorfismo sexual y la riqueza de especies entre clados (Kraaijeveld *et al.*, 2011; Tsuji y Fukami, 2020). Las aves, en particular, han sido objeto de estudio en este campo, revelando que aquellas especies con marcado dimorfismo sexual tienden a presentar una mayor riqueza de especies (Krüger, 2008; Møller y Cuervo, 1998; Owens *et al.*, 1999; Seddon *et al.*, 2008; Sol *et al.*, 2005). Asimismo, los altos niveles de dicromatismo del plumaje se relacionan con altas tasas de especiación (Cally *et al.*, 2021; Cooney *et al.*, 2017; Hosner *et al.*, 2020; Huang y Rabosky, 2014) pero, al mismo tiempo, se asocian con tasas igualmente altas de extinción (Hasegawa y Arai, 2018).

En otros grupos de vertebrados se han registrado resultados contradictorios que abordan la correlación entre la riqueza de especies y los indicadores de selección sexual (Gage *et al.*, 2002; Isaac *et al.*, 2005; Nunn *et al.*, 2004; Stuart-Fox y Owens, 2003). En el caso de los artrópodos, existe un estudio que correlaciona el dimorfismo sexual de tamaño y la especiación en diferentes especies (Gage *et al.*, 2002). Igualmente, otro estudio encontró una asociación entre el dicromatismo y un aumento en la riqueza de especies (Kraaijeveld *et al.*, 2011).

Asimismo, dos recientes estudios sobre libélulas y caballitos del diablo han revelado cómo los rasgos dimórficos pueden estar vinculados a la especiación. Al medir las tasas de especiación en grupos de libélulas en las que los machos exhiben pigmentación alar, se descubrió que dicho rasgo está asociado a niveles altos de especiación (Padilla-Morales *et al.*, 2022). Sin embargo, estudios posteriores que incluyeron

un mayor número de especies revelaron un giro inesperado: mientras que el dimorfismo sexual en la pigmentación alar impulsa especiación en caballitos del diablo, no parece tener el mismo efecto en libélulas (Padilla-Morales *et al.*, 2022). Estos hallazgos muestran que la relación entre rasgos dimórficos no es necesariamente universal, incluso entre clados hermanos (grupos de organismos que comparten un ancestro común más reciente) o estrechamente emparentados, lo que alude a diferencias fundamentales en sus trayectorias evolutivas. Un estudio previo sugirió una mayor riqueza de especies entre las que presentan pigmentación sexualmente dimórfica en libélulas (Misof, 2002), contrastando con los resultados iniciales de Padilla-Morales y colaboradores (2022). No obstante, es importante resaltar que este estudio se basó en una muestra más reducida y señala que la riqueza de especies y tasas de especiación no son intercambiables entre sí (Scholl y Wiens, 2016).

Los estudios futuros deben considerar otras variables. En particular, se ha propuesto al clima como un impulsor de la especiación en otros grupos (Davis *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2020; Tang *et al.*, 2018). Un estudio reciente en libélulas reveló que el dimorfismo sexual está relacionado con variaciones climáticas, donde la pigmentación alar de los machos se pierde cuando las especies se adaptan a ambientes más cálidos, ya que la pigmentación oscura o intensa absorbe calor y podría afectar su ecología (Moore *et al.*, 2021). Aunque las variables climáticas y su efecto en los fenómenos de especiación requieren más atención, estudios actuales sobre el efecto de diferentes variables ecológicas muestran resultados prometedores. Por ejemplo, el impacto de cuerpos de agua lénticos, vinculados con una mayor especiación en libélulas macho (en comparación con cuerpos de agua lóticos) (Letsch *et al.*, 2016; Padilla-Morales *et al.*, 2022) se debe, potencialmente, a factores relacionados con selección natural. Estos hallazgos ofrecen un vistazo intrigante al nivel de influencia que ciertos factores ambientales pueden tener en la evolución de las especies.

En los últimos años, se han desarrollado métodos de análisis para evaluar tasas de especiación. Herramientas como HiSSE y MUHiSSE utilizan «modelos ocultos de Markov», que pueden evaluar las tasas de especiación y extinción,

así como su asociación con la variación de rasgos, que son codificados en una escala discreta (Caetano *et al.*, 2018; Nakov *et al.*, 2019). Estas herramientas son útiles para evaluar el efecto de un rasgo observado bajo el supuesto de que otras variables, aún desconocidas, también podrían explicar la variación en las tasas de especiación y extinción sobre una filogenia. Estos efectos ocultos podrían explicarse en parte por otros rasgos no medidos donde también intervenga la selección sexual o natural (Cally *et al.*, 2021; Moore *et al.*, 2021; Outomuro *et al.*, 2013; Santos y Machado, 2016).

Selección sexual y la evolución del genoma

A nivel molecular, se ha demostrado que la selección sexual es un desencadenante potencial de la evolución rápida del genoma vinculada al recambio en los genes (reemplazo gradual de variantes genéticas en una población a través del tiempo) asociados con la reproducción masculina (Dapper y Wade, 2020; Finn y Civetta, 2010; Harrison *et al.*, 2015; Ramm *et al.*, 2008; Wilburn *et al.*, 2019). Una hipótesis sostiene que una selección sexual más intensa en los machos se asocia con la evolución del genoma, al reducir las cargas de mutación y fomentar que los machos con «buenos genes» tengan más posibilidades de aparearse (Wanders, 2022; Whitlock y Agrawal, 2009). Existe evidencia que sugiere que la evolución de los cromosomas sexuales puede ser también susceptible a la selección sexual (Kirkpatrick, 2017). No obstante, a pesar de la cantidad de estudios que investigan las bases evolutivas del transcriptoma (el conjunto de moléculas de ARN mensajero expresado por un organismo) y las secuencias genéticas relacionadas con la selección sexual, nuestra comprensión de la evolución de las bases moleculares asociadas con diferencias morfológicas sexuales, como el dimorfismo sexual en tamaño, sigue siendo insuficiente (Wilkinson *et al.*, 2015).

La duplicación de genes es uno de los ejemplos más emblemáticos de la evolución funcional del genoma (Holland *et al.*, 2017; Tickle y Urrutia, 2017); cuando se ven implicadas en el desarrollo, contribuyen de manera importante en la evolución de varios rasgos en vertebrados —como ocurre en la duplicación de los grupos de genes Hox (un conjunto de genes que participan de manera crucial en el desarrollo embrionario)



**AUNQUE LAS
VARIABLES CLIMÁTICAS
Y SU EFECTO EN
LOS FENÓMENOS
DE ESPECIACIÓN
REQUIEREN MÁS
ATENCIÓN,
ESTUDIOS ACTUALES
SOBRE EL EFECTO DE
DIFERENTES VARIABLES
ECOLÓGICAS
MUESTRAN
RESULTADOS
PROMETEDORES.**



LA RÁPIDA EVOLUCIÓN DEL TAMAÑO DE LA FAMILIA GÉNICA DE FENOTIPOS CON CATEGORÍAS FUNCIONALES TIENE UN PAPEL IMPORTANTE EN LOS MECANISMOS EVOLUTIVOS CON IMPLICACIONES ADAPTATIVAS ESPECÍFICAS.

(Holland *et al.*, 2017; Wagner *et al.*, 2003)—. Del mismo modo, se reconoce que el tamaño de la familia de genes es extremadamente variable a lo largo del tiempo y esas variaciones pueden ser una ventana para observar cambios en las funciones protagonistas de los procesos moleculares o funciones asociadas con diferentes rasgos morfológicos observables (fenotipos) (Castillo-Morales *et al.*, 2016, 2014; Demuth *et al.*, 2006; Niimura y Nei, 2005). El estudio del tamaño de las familias génicas puede proporcionar una visión importante respecto a las bases moleculares de los fenotipos sobre los recursos filogenéticos disponibles. Algunos estudios han demostrado la relación entre la evolución del tamaño de la familia génica y los fenotipos, como es el caso de la morfología y el tamaño cerebral (Castillo-Morales *et al.*, 2016, 2014). Igualmente, estudios sobre el sexo de moscas de la fruta (*Drosophila* spp.) han revelado un gran número de ganancias y pérdidas de genes, donde algunas de esas familias de genes están relacionadas con la función reproductiva, y tal vez las altas tasas de evolución de secuencias genéticas podrían ser producto del antagonismo sexual (Hahn *et al.*, 2007). Dicho esto, la rápida evolución del tamaño de la familia génica de fenotipos con categorías funcionales tiene un papel importante en los mecanismos evolutivos con implicaciones adaptativas específicas. En ratones y ratas, se observó una rápida expansión de genes y familias de genes asociados con las principales proteínas urinarias (Logan *et al.*, 2008; Sheehan *et al.*, 2019). Estas son cruciales en la selección sexual, ya que desempeñan un papel en la comunicación de señales de genotipo y fenotipo entre roedores de la misma especie.

Hallazgos recientes en mamíferos evidencian una asociación entre el dimorfismo sexual en tamaño y los cambios en el tamaño de la familia de genes (Padilla-Morales *et al.*, 2023).

Curiosamente, las especies con el menor dimorfismo de tamaño y las especies en las que las hembras son más grandes que los machos muestran una marcada expansión de las familias asociadas con el desarrollo del cerebro, lo que podría apoyar las presiones selectivas de interacciones sociales más complejas entre especies con menor intensidad de selección sexual.



CONCLUSIÓN

En el intrincado baile de la evolución, impulsado por diversas fuerzas, como la selección natural y la selección sexual, la vida en la Tierra se ha diversificado durante miles de millones de años. Desde las teorías innovadoras de Charles Darwin, hasta estudios modernos, continuamos desentrañando las complejidades de la especiación y sus vínculos con los rasgos sexuales. Aunque ciertos rasgos, como el color del plumaje en aves y la pigmentación alar en libélulas y caballitos del diablo, insinúan conexiones con la especiación, la conexión precisa entre la selección sexual y la divergencia evolutiva sigue siendo objeto de investigación y debate. Nuevas fronteras, creadas por los estudios del impacto profundo de la selección sexual en la evolución del genoma, que dan forma a rasgos que abarcan desde el tamaño corporal hasta el desarrollo cerebral, subrayan la complejidad de la diversidad de la vida y los procesos que la modelan. A medida que avanzamos hacia el futuro, desarrollando nuevas herramientas e ideas, nuestra búsqueda por comprender los diferentes matices de la evolución de la vida en nuestro planeta continúa.

Agradecimientos

A los investigadores Alejandro Arias del Razo y Aníbal Díaz de la Vega, por la contribución a la figura 1 con las fotografías (d), (e) y (f), respectivamente. El resto de las fotografías, (a), (b) y (c), fueron tomadas por M. A. Serrano Meneses.



REFERENCIAS

- Allen, C. E., Zwaan, B. J. y Brakefield, P. M. (2011). Evolution of sexual dimorphism in the Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 56, 445-464. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144828>
- Anderson, C., Llesher-Treviño, A. y Córdoba-Aguilar, A. (2007). Sexual selection in *Hetaerina titia* males: a possible key species to understand the evolution of pigmentation in calopterygid damselflies (Odonata: Zygoptera). *Behaviour*, 144(8), 931-952. <https://doi.org/10.1163/156853907781492672>
- Andersson, M. (1994). Tail ornamentation, size dimorphism and wing length in the Genus euplectes (Ploceinae). *The Auk*, 111(1), 80-86. <https://doi.org/10.2307/4088507>
- Andersson, M. (2019). *Sexual Selection*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9780691207278>
- Caetano, D. S., O'Meara, B. C. y Beaulieu, J. M. (2018). Hidden state models improve state-dependent diversification approaches, including biogeographical models. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 72(11), 2308-2324. <https://doi.org/10.1111/evo.13602>
- Cally, J. G., Stuart-Fox, D., Holman, L., Dale, J. y Medina, I. (2021). Male-biased sexual selection, but not sexual dichromatism, predicts speciation in birds. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 75(4), 931-944. <https://doi.org/10.1111/evo.14183>
- Castillo-Morales, A., Monzón-Sandoval, J., de Sousa, A. A., Urrutia, A. O. y Gutiérrez, H. (2016). Neocortex expansion is linked to size variations in gene families with chemotaxis, cell-cell signalling and immune response functions in mammals. *Open Biology*, 6(10), 160132. <https://doi.org/10.1098/rsob.160132>
- Castillo-Morales, A., Monzón-Sandoval, J., Urrutia, A. O. y Gutiérrez, H. (2014). Increased brain size in mammals is associated with size variations in gene families with cell signalling, chemotaxis and immune-related functions. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 281(1775), 20132428. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2428>
- Clutton-Brock, T. H. y Huchard, E. (2013). Social competition and selection in males and females. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 368(1631), 20130074. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0074>
- Cooney, C. R., Tobias, J. A., Weir, J. T., Botero, C. A. y Seddon, N. (2017). Sexual selection, speciation and constraints on geographical range overlap in birds. *EcoLetters*, 20(7), 863-871. <https://doi.org/10.1111/ele.12780>
- Cooney, C. R., Varley, Z. K., Nouri, L. O., Moody, C. J. A., Jardine, M. D. y Thomas, G. H. (2019). Sexual selection predicts the rate and direction of colour divergence in a large avian radiation. *Nature Communications*, 10(1), 1773. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09859-7>
- Cordero Rivera, A., Andrés, J. A., Córdoba-Aguilar, A. y Utzeri, C. (2004). Postmating sexual selection: allopatric evolution of sperm competition mechanisms and genital morphology in calopterygid damselflies (Insecta: Odonata). *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 58(2), 349-359. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2004.tb01650.x>
- Cordero-Rivera, A. y Córdoba-Aguilar, A. (2010). Selective forces propelling genitalic evolution in Odonata. En J. Leonard y A. Córdoba-Aguilar (ed.), *The Evolution of Primary Sexual Characters in Animals* (pp. 332-352). Oxford University Press, https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=wmlnDAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA332&dq=ar-ms+race+speciation+odonata+&ots=3Y_IYQ9g4z&sig=Pi-EokA5t19x8iik-gruaXskv9aM
- Córdoba-Aguilar, A. (2002). Wing pigmentation in territorial male damselflies, *Calopteryx haemorrhoidalis*: a possible relation to sexual selection. *Animal Behaviour*, 63(4), 759-766. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1974>
- Dapper, A. L. y Wade, M. J. (2020). Relaxed selection and the rapid evolution of reproductive genes. *Trends in Genetics: TIG*, 36(9), 640-649. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2020.06.014>
- Davis, K. E., Hill, J., Astrop, T. I. y Wills, M. A. (2016). Global cooling as a driver of diversification in a major marine clade. *Nature Communications*, 7, 13003. <https://doi.org/10.1038/ncomms13003>
- Demuth, J. P., De Bie, T., Stajich, J. E., Cristianini, N. y Hahn, M. W. (2006). The evolution of mammalian gene families. *PLoS One*, 1, e85. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000085>
- Dos Remedios, N., Székely, T., Küpper, C., Lee, P. L. M., & Kosztolányi, A. (2015). Ontogenic differences in sexual size dimorphism across four plover populations. *The Ibis*, 157(3), 590-600. <https://doi.org/10.1111/ibi.12263>
- Eberhard, W. G., Rodríguez, R. L., Huber, B. A., Speck, B., Miller, H., Buzzatto, B. A. y Machado, G. (2018). Sexual selection and static allometry: the importance of function. *The Quarterly Review of Biology*, 93(3), 207-250. <https://doi.org/10.1086/699410>
- Ellis, E. A. y Oakley, T. H. (2016). High rates of species accumulation in animals with bioluminescent courtship displays. *Current Biology: CB*, 26(14), 1916-1921. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.05.043>

- Fairbairn, D. J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28(1), 659-687. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.659>
- Fairbairn, D. J., Blanckenhorn, W. U. y Székely, T. (ed.). (2007). *Sex, size and gender roles: evolutionary studies of sexual size dimorphism*. Oxford. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199208784.001.0001>
- Fernandez, A. A. y Morris, M. R. (2007). Sexual selection and trichromatic color vision in primates. *The American Naturalist*, 170(1), 10-20. <https://doi.org/10.1086/518566>
- Finn, S., y Civetta, A. (2010). Sexual selection and the molecular evolution of ADAM proteins. *Journal of Molecular Evolution*, 71(3), 231-240. <https://doi.org/10.1007/s00239-010-9382-7>
- Fowler-Finn, K. D. y Rodríguez, R. L. (2016). The causes of variation in the presence of genetic covariance between sexual traits and preferences. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 91(2), 498-510. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/brev.12182>
- Friis, G. y Milá, B. (2020). Change in sexual signalling traits outruns morphological divergence across an ecological gradient in the post-glacial radiation of the songbird genus Junco. *Journal of Evolutionary Biology*, 33(9), 1276-1293. <https://doi.org/10.1111/jeb.13671>
- Futahashi, R. (2016). Color vision and color formation in dragonflies. *Current Opinion in Insect Science*, 17, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.05.014>
- Gage, M. (2004). Evolution: sexual arms races. *Current Biology: CB*, 14(10), R378-80. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.05.010>
- Gage, M. J. G., Parker, G. A., Nylin, S. y Wiklund, C. (2002). Sexual selection and speciation in mammals, butterflies and spiders. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 269(1507), 2309-2316. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2154>
- Gavrillets, S. (2014). Is sexual conflict an "engine of speciation"? *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 6(12), 1-13. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a017723>
- Greene, E., Lyon, B. E., Muehler, V. R., Ratcliffe, L., Oliver, S. J. y Boag, P. T. (2000). Disruptive sexual selection for plumage coloration in a passerine bird. *Nature*, 407(6807), 1000-1003. <https://doi.org/10.1038/35039500>

- Hahn, M. W., Han, M. V. y Han, S.-G. (2007). Gene family evolution across 12 *Drosophila* genomes. *PLoS Genetics*, 3(11), e197. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0030197>
- Harrison, P. W., Wright, A. E., Zimmer, F., Dean, R., Montgomery, S. H., Pointer, M. A. y Mank, J. E. (2015). Sexual selection drives evolution and rapid turnover of male gene expression. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(14), 4393-4398. <https://doi.org/10.1073/pnas.1501339112>
- Hasegawa, M. y Arai, E. (2018). Sexually dimorphic swallows have higher extinction risk. *Ecology and Evolution*, 8(2), 992-996. <https://doi.org/10.1002/ece3.3723>
- Holland, P. W. H., Marlétaz, F., Maeso, I., Dunwell, T. L. y Paps, J. (2017). New genes from old: asymmetric divergence of gene duplicates and the evolution of development. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 372(1713). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0480>
- Hopkins, B. R. y Kopp, A. (2021). Evolution of sexual development and sexual dimorphism in insects. *Current Opinion in Genetics & Development*, 69, 129-139. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2021.02.011>
- Hosner, P. A., Owens, H. L., Braun, E. L. y Kimball, R. T. (2020). Phylogeny and diversification of the gallopheasants (Aves: Galliformes): Testing roles of sexual selection and environmental niche divergence. *Zoologica Scripta*, 49(5), 549-562. <https://doi.org/10.1111/zsc.12441>
- Huang, H. y Rabosky, D. L. (2014). Sexual selection and diversification: reexamining the correlation between dichromatism and speciation rate in birds. *The American Naturalist*, 184(5), E101-14. <https://doi.org/10.1086/678054>
- Isaac, N. J. B., Jones, K. E., Gittleman, J. L. y Purvis, A. (2005). Correlates of species richness in mammals: body size, life history, and ecology. *The American Naturalist*, 165(5), 600-607. <https://doi.org/10.1086/429148>
- Jackson, J. D., dos Remedios, N., Maher, K. H., Zefania, S., Haig, S., Oyler-McCance, S., Blomqvist, D., Burke, T., Bruford, M. W., Székely, T. y Küpper, C. (2017). Polygamy slows down population divergence in shorebirds. *Evolution*, 71(5), 1313-1326. <https://doi.org/10.1111/evo.13212>
- Kirkpatrick, M. (1982). Sexual selection and the evolution of female choice. *Evolution*, 36(1). <https://doi.org/10.2307/2407961>



- Kirkpatrick, M. (2017). The evolution of genome structure by natural and sexual selection. *The Journal of Heredity*, 108(1), 3-11. <https://doi.org/10.1093/jhered/esw041>
- Kraaijeveld, K., Kraaijeveld-Smit, F. J. L. y Maan, M. E. (2011). Sexual selection and speciation: the comparative evidence revisited. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 86(2), 367-377. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00150.x>
- Krüger, O. (2008). Engines of speciation: a comparative study in birds of prey. *Journal of Evolutionary Biology*, 21(3), 861-872. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2008.01502.x>
- Lemaître, J.-F., Ronget, V., Tidière, M., Allainé, D., Berger, V., Cohas, A., Colchero, F., Conde, D. A., Garratt, M., Liker, A., Marais, G. A. B., Scheuerlein, A., Székely, T. y Gaillard, J.M. (2020). Sex differences in adult lifespan and aging rates of mortality across wild mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, (15), 8546-8553. <https://doi.org/10.1073/pnas.1911999117>
- Letsch, H., Gottsberger, B. y Ware, J. L. (2016). Not going with the flow: a comprehensive time-calibrated phylogeny of dragonflies (Anisoptera: Odonata: Insecta) provides evidence for the role of lentic habitats on diversification. *Molecular Ecology*, 25(6), 1340-1353. <https://doi.org/10.1111/mec.13562>
- Logan, D. W., Marton, T. F. y Stowers, L. (2008). Species specificity in major urinary proteins by parallel evolution. *PloS One*, 3(9), e3280. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003280>
- Martínez-Ruiz, C. y Knell, R. J. (2017). Sexual selection can both increase and decrease extinction probability: reconciling demographic and evolutionary factors. *The Journal of Animal Ecology*, 86(1), 117-127. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12601>
- McPherson, F. J. y Chenoweth, P. J. (2012). Mammalian sexual dimorphism. *Animal Reproduction Science*, 131(3-4), 109-122. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.02.007>
- Misof, B. (2002). Diversity of Anisoptera (Odonata): inferring speciation processes from patterns of morphological diversity. *Zoology*, 105(4), 355-365. <https://doi.org/10.1078/0944-2006-00076>
- Møller, A. P. y Cuervo, J. J. (1998). Speciation and feather ornamentation in birds. *Evolution*, 52(3), 859-869. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1998.tb03710.x>
- Moore, M. P., Hersch, K., Sricharoen, C., Lee, S., Reice, C., Rice, P., Kronick, S., Medley, K. A. y Fowler-Finn, K. D. (2021). Sex-specific ornament evolution is a consistent feature of climatic adaptation across space and time in dragonflies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(28), e2101458118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2101458118>
- Mori, E., Mazza, G. y Lovari, S. (2017). Sexual dimorphism. En J. Vonk y T. Shackelford (ed.), *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Springer International Publishing. https://www.researchgate.net/profile/Sandro-Lovari/publication/319275172_Sexual_Dimorphism/links/59a7a0cf0f7e9b41b78998c0/Sexual-Dimorphism.pdf
- Morrow, E. H., Pitcher, T. E. y Arnqvist, G. (2003). No evidence that sexual selection is an "engine of speciation" in birds. *Ecology Letters*, 6(3), 228-234. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00418.x>
- Nakov, T., Beaulieu, J. M. y Alverson, A. J. (2019). Diatoms diversify and turn over faster in freshwater than marine environments. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 73(12), 2497-2511. <https://doi.org/10.1111/evo.13832>
- Niimura, Y. y Nei, M. (2005). Evolutionary dynamics of olfactory receptor genes in fishes and tetrapods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(17), 6039-6044. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501922102>
- Nunn, C. L., Altizer, S., Sechrest, W., Jones, K. E., Barton, R. A. y Gittleman, J. L. (2004). Parasites and the evolutionary diversification of primate clades. *The American Naturalist*, 164(5), S90-103. <https://doi.org/10.1086/424608>
- O'Meara, B. C., Ané, C., Sanderson, M. J. y Wainwright, P. C. (2006). Testing for different rates of continuous trait evolution using likelihood. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 60(5), 922-933. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16817533>
- Outomuro, D., Adams, D. C. y Johansson, F. (2013). The evolution of wing shape in ornamented-winged damselflies (Calopterygidae, Odonata). *Evolutionary Biology*, 40(2), 300-309. <https://doi.org/10.1007/s11692-012-9214-3>
- Owens, I. P. F., Bennett, P. M. y Harvey, P. H. (1999). Species richness among birds: body size, life history, sexual selection or ecology? *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 266(1422), 933-939. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0726>

• Padilla-Morales, B. (2023). *Evolution and genomic signatures of phenotype adaptation in eukaryotes* [Tesis doctoral, University of Bath]. University of Bath <https://researchportal.bath.ac.uk/en/studentTheses/evolution-and-genomic-signatures-of-phenotype-adaptation-in-eukar>

• Padilla-Morales, B., Cornejo-Páramo, P., García-Miranda, O., Carrillo Muñoz, A. I., Nieto López, A., Castillo-Morales, D. L., Barragán, G. W., Urrutia, A. O. y Serrano-Meneses, M. A. (2022). Fast species diversification among dragonflies (Anisoptera: Odonata: Insecta) inhabiting lentic environments regardless of wing pigmentation. *Ecological Entomology*, 47(3), 314-322. <https://doi.org/10.1111/een.13115>

• Padilla-Morales, B., Davis, K., Barnes, C., García-Miranda, Carrillo Muñoz, A., Castillo-Morales, D., Wapper Barragán, G., Nieto López, A., Kilili, H., Delmer, C. et al. (25 de agosto de 2022). Sexual dimorphism in wing pigmentation promotes rapid species diversification in Zygoptera but not Anisoptera. *Authorea*. DOI: 10.22541/au.166134985.56454193/v2

• Panhuis, T. M., Butlin, R., Zuk, M. y Tregenza, T. (2001). Sexual selection and speciation. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(7), 364-371. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02160-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02160-7)

• Parker, G. A. (1979). Sexual selection and sexual conflict. En M. S. Blum y N. A. Blum (ed.), *Sexual Selection and Reproductive Competition*. Academic Press (pp. 123-166) https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=aatuLjuWBCC&oi=fnd&pg=PA123&dq=Sexual+selection+and+sexual+conflict&ots=_HLRzaTXK0&sig=WC-ZwBvo7iHclHUG3iq3jMkN5gO8

• Ramm, S. A., Oliver, P. L., Ponting, C. P., Stockley, P. y Emes, R. D. (2008). Sexual selection and the adaptive evolution of mammalian ejaculate proteins. *Molecular Biology and Evolution*, 25(1), 207-219. <https://doi.org/10.1093/molbev/msm242>

• Safran, R. J., Scordato, E. S. C., Symes, L. B., Rodríguez, R. L. y Mendelson, T. C. (2013). Contributions of natural and sexual selection to the evolution of premating reproductive isolation: a research agenda. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(11), 643-650. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.08.004>

• Santos, E. S. A. y Machado, G. (2016). Sexual dichromatism in wing pigmentation of New World dragonflies follows Rensch's rule. *Journal of Evolutionary Biology*, 29(7), 1447-1454. <https://doi.org/10.1111/jeb.12885>

• Scholl, J. P. y Wiens, J. J. (2016). Diversification rates and species richness across the Tree of Life. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1838), 20161334. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1334>

• Seddon, N., Merrill, R. M. y Tobias, J. A. (2008). Sexually selected traits predict patterns of species richness in a diverse clade of suboscine birds. *The American Naturalist*, 171(5), 620-631. <https://doi.org/10.1086/587071>

• Seehausen, O. y Schluter, D. (2004). Male-male competition and nuptial-colour displacement as a diversifying force in Lake Victoria cichlid fishes. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 271(1546), 1345-1353. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2737>

• Seehausen, O. y Van Alphen, J. J. M. (1999). Can sympatric speciation by disruptive sexual selection explain rapid evolution of cichlid diversity in Lake Victoria? *Ecology Letters*, 2(4), 262-271. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.1999.00082.x>

• Serrano-Meneses, M. A., Sánchez-Rojas, G. y Córdoba-Aguilar, A. (2008). Sexual selection as the possible underlying force in calopterygid wing pigmentation: comparative evidence with Hetaerina and Calopteryx (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, 37(3), 221-233. <https://natuurtijdschriften.nl/pub/592631>

• Sheehan, M. J., Campbell, P. y Miller, C. H. (2019). Evolutionary patterns of major urinary protein scent signals in house mice and relatives. *Molecular Ecology*, 28(15), 3587-3601. <https://doi.org/10.1111/mec.15155>

• Shuker, D. M. y Kvarnemo, C. (2021). The definition of sexual selection. *Behavioral Ecology: Official Journal of the International Society for Behavioral Ecology*, 32(5), 781-794. <https://doi.org/10.1093/beheco/arab055>

• Sleep, N. H. (2010). The Hadean-Archaeon environment. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(6), a002527. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a002527>

• Sol, D., Stirling, D. G. y Lefebvre, L. (2005). Behavioral drive or behavioral inhibition in evolution: subspecific diversification in Holarctic passerines. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 59(12), 2669-2677. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16526513>

• Steiger, S. y Stöckl, J. (2014). The role of sexual selection in the evolution of chemical signals in insects. *Insects*, 5(2), 423-438. <https://doi.org/10.3390/insects5020423>

• Stuart-Fox, D. y Owens, I. P. F. (2003). Species richness in agamid lizards: chance, body size, sexual selection or ecology? *Journal of Evolutionary Biology*, 16(4), 659-669. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2003.00573.x>

• Sun, M., Folk, R. A., Gitzendanner, M. A., Soltis, P. S., Chen, Z., Soltis, D. E. y Guralnick, R. P. (2020). Estimating rates and patterns of diversification with incomplete sampling: a case study in the rosids. *American Journal of Botany*, 107(6), 895-909. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1479>

• Tang, C., Davis, K. E., Delmer, C., Yang, D. y Wills, M. A. (2018). Elevated atmospheric CO₂ promoted speciation in mosquitoes (Diptera, Culicidae). *Communications Biology*, 1, 182. <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0191-7>

• Tashiro, T., Ishida, A., Hori, M., Igisu, M., Koike, M., Méjean, P., Takahata, N., Sano, Y. y Komiya, T. (2017). Early trace of life from 3.95 Ga sedimentary rocks in Labrador, Canada. *Nature*, 549(7673), 516-518. <https://doi.org/10.1038/nature24019>

• Tickle, C. y Urrutia, A. O. (2017). Perspectives on the history of evo-devo and the contemporary research landscape in the genomics era. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 372(1713). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0473>

• Tsuji, K. y Fukami, T. (2020). Sexual dimorphism and species diversity: From clades to sites. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(2), 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.09.001>

• Verzijden, M. N., Lachlan, R. F. y Servedio, M. R. (2005). Female mate-choice behavior and sympatric speciation. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 59(10), 2097-2108. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2005.tb00920.x>

• Wagner, G. P., Amemiya, C. y Ruddle, F. (2003). Hox cluster duplications and the opportunity for evolutionary novelties. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(25), 14603-14606. <https://doi.org/10.1073/pnas.2536656100>

• Wanders, K. (2022). Polygamy and purifying selection in birds. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 77(1), 276-288. <https://doi.org/10.1093/evolut/qpac010>

• Whitlock, M. C. y Agrawal, A. F. (2009). Purging the genome with sexual selection: reducing mutation load through selection on males. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 63(3), 569-582. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00558.x>

• Wiberg, R. A. W., Veltsos, P., Snook, R. R. y Ritchie, M. G. (2021). Experimental evolution supports signatures of sexual selection in genomic divergence. *Evolution Letters*, 5(3), 214-229. <https://doi.org/10.1002/evl3.220>

• Wilburn, D. B., Tuttle, L. M., Klevit, R. E. y Swanson, W. J. (2019). Indirect sexual selection drives rapid sperm protein evolution in abalone. *eLife*, 8. <https://doi.org/10.7554/eLife.52628>

• Wilkinson, G. S., Breden, F., Mank, J. E., Ritchie, M. G., Higginson, A. D., Radwan, J., Jaquiere, J., Salzburger, W., Arriero, E., Barribeau, S. M., Phillips, P. C., Renn, S. C. P. y Rowe, L. (2015). The locus of sexual selection: moving sexual selection studies into the post-genomics era. *Journal of Evolutionary Biology*, 28(4), 739-755. <https://doi.org/10.1111/jeb.12621>



Benjamín Padilla Morales

Bioinformático especializado en biología evolutiva, especiación y genómica. Es doctor en Biología por la Universidad de Bath, donde

actualmente ejerce como investigador en el Milner Centre for Evolution. Egresado de la Licenciatura en Biología de la UDLAP.

bpm29@bath.ac.uk



Araxi Urrutia O.

Doctora en Genética Evolutiva por la Universidad de Bath y egresada de Psicología en la UNAM, es investigadora en genómica evolutiva y funcional. Ha publicado más de 50 artículos

científicos en revistas de alto impacto y pertenece al Instituto de Ecología de la UNAM. Ha recibido múltiples premios, como el L'Oréal Rising Talent. Es fundadora del Consorcio Universidades por la Ciencia y miembro de la Royal Institution of London y del SNI (nivel II).

araxiuo@gmail.com



Fernando Antonio Martín Arnal

Paleobiólogo especializado en la morfometría geométrica y análisis de redes anatómicas de estructuras esqueléticas de vertebrados. Doctor en Biología por la Universidad de Bath, ha estudiado sinápsidos, peces primitivos, tortugas y lacértidos, destacando los placodermos.

fama25@bath.ac.uk



Martín Alejandro Serrano Meneses

Ph. D. en Evolution and Mathematical Biology por la Universidad de Bath, Reino Unido.

Desde 2017 es profesor titular del Departamento de Ciencias Químico Biológicas de la UDLAP, decano de Investigación y Posgrado de la UDLAP (2019-2024), y miembro del SNI (nivel II) desde 2019.

martin.serrano@udlap.mx

► Political *simulacra* and simulation in video games: the totalitarian State of Arstotzka's case in *Papers, please*

LOADING...

SIMULACROS Y SIMULACIÓN POLÍTICA

EN VIDEOJUEGOS

EL CASO DEL ESTADO TOTALITARIO
DE ARSTOTZKA EN *PAPERS, PLEASE*

Por:  Luis Daniel Martínez Álvarez · Álvaro Sanchis · Melani Lleonart · Bahadır Uçan

Martínez Álvarez, L. D., Sanchis, A., Lleonart, M. y Uçan, B. (2024). Simulacros y simulación política en videojuegos: el caso del Estado totalitario de Arstotzka en *Papers, please*. *Entorno UDLAP*, 23

 **Recibido:** 12 de julio de 2024  **Aceptado:** 18 de septiembre de 2024

RESUMEN

El estudio de los videojuegos dentro de los marcos del análisis de las ciencias políticas abre las puertas a nuevas formas de entender y comprender la experiencia de diferentes sistemas políticos desde medios inmersivos. El videojuego *Papers, please*, del desarrollador Lucas Pope, narra el rol de un jefe de puesto migratorio en un Estado totalitario fantástico denominado Arstotzka. El *gameplay* de dicho relato se centra en reflexionar sobre el papel de la obediencia, el poder estatal y la noción de la libertad como eje central en la búsqueda de un sistema democrático a lo largo de los diferentes finales del juego. A través de un análisis hermenéutico y fenomenológico, el presente texto busca comprender las nociones de libertad y de la búsqueda de la dignidad humana den-

tro de los horrores de los sistemas totalitarios en un simulacro interactivo.

PALABRAS CLAVE

Papers, please · Política · Simulacro · Videojuegos · Totalitarismo

ABSTRACT

The study of video games within the frameworks of political science analysis opens the doors to new ways of understanding and comprehending the experience of different political systems from immersive media. The video game *Papers, please*, from developer Lucas Pope, narrates the role of an immigration post chief in a fantastical totalitarian State called Arstotzka. The *gameplay* of this story focuses on reflecting on the role of obedience, State power and the no-

PLAY

tion of freedom as the central axis of the search for a democratic system throughout the different endings of the game. Through a hermeneutic and phenomenological analysis, this text seeks to understand the notions of freedom and the search for human dignity within the horrors of totalitarian systems from an interactive *simulacrum*.

KEYWORDS

Papers, please • Politics • *Simulacra*
• Video games • Totalitarianism

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las reflexiones más profundas de Hannah Arendt (2018) sobre la ontología de la libertad individual y colectiva desde el pensar filosófico, existe desde siempre en los albores de la perversión política la tentación del totalitarismo. Un viejo mal que, si bien ha estado presente desde antaño bajo diferentes nombres y formas, durante el siglo xx alcanzó un auge particular a través de múltiples normas, formatos y excusas ideológicas. Desde el comunismo hasta el fascismo y nazismo, los totalitarismos de Estado movilizados por la lucha de clases, racismo o diferencias sociales marcaron el siglo xx bajo la estela del poder opresivo, la muerte de las libertades y la ominosa constitución de diversos genocidios. En este sentido, uno de los efectos sintomáticos de la violencia totalitarista política se refleja en la pérdida de la individualidad por parte de los sujetos que conforman las sociedades. Hannah Arendt (2021) los denomina «sujetos superfluos» e «insustanciales», que son dominados no solo por el poder despótico del Estado, sino que han perdido capacidades reflexivas, intelectuales, de pensamiento y de decisión propias. Dicha pérdida de individualidad es característica dentro de los sistemas totalitarios del siglo xx, ya que inhiben la capacidad de resistencia, cambio y pluralidad política en nombre de un fin teleológico aparentemente mayor, disfrazado de galimatías ideológico.

El videojuego *Papers, please* (2013), diseñado de manera independiente por Lucas Pope, ofrece una simulación de dicha pérdida de individualidad en nombre del orden social del Estado totalitario comunista de Arstotzka. Una nación ficticia creada dentro del mundo narrativo del juego, donde el usuario adquiere un papel activo laborando en una estación de aduana, y es responsable del acceso y la expulsión de diversos individuos. El jugador se enfrenta a múltiples circunstancias que reflejan la incompatibilidad

EL JUGADOR SE ENFRENTA A MÚLTIPLES CIRCUNSTANCIAS HUMANAS QUE REFLEJAN LA INCOMPATIBILIDAD DEL ESPÍRITU HUMANO CON EL SISTEMA POLÍTICO DE ARSTOTZKA.

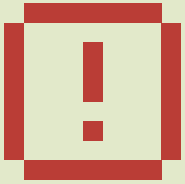
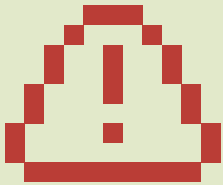
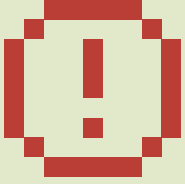
del espíritu humano con el sistema político de Arstotzka. A pesar de ello, la dinámica y mecánica del juego tienden a presionar al usuario a obedecer las normas del sistema. Si ignoras los protocolos preestablecidos por el gobierno central de Arstotzka, puedes morir tu familia, puedes perder el empleo y terminar en un campo de trabajo, y te arriesgas a causar tragedias dentro del sistema. *Papers, please* permite realizar una interesante reflexión sobre los comportamientos humanos en los planos de la libertad y la represión dentro de los marcos de una simulación digital representada en el Estado totalitario de Arstotzka.

El presente texto es una breve pero profunda reflexión sobre la condición humana y su interacción en simulaciones digitales de políticas radicales y totalitarias, en contra de principios básicos de humanidad basados en la dignidad, la libertad y los derechos individuales, comenzando con el ontológico de pensar por uno mismo.

DISCUSIÓN

La praxis del pensar como la ontología de toda libertad

El drama de la libertad forma parte de la ontología humana desde sus inicios. Aun desde los espacios de la ficción y la mitología, la noción de la libertad se plantea como una constante lucha y deseo de los grandes héroes griegos y romanos, por encima de los caprichos del destino de los dioses antiguos. El hombre era presa del destino, es decir, de una metafísica que negaba su propia libertad. A pesar de cualquier decisión, variante o huida, persona-



jes como Edipo Rey no podían escapar de un destino que auguraba su propia autodestrucción y la de su familia. Esta lectura mitológica del destino se diluye en creencias posteriores —como el cristianismo, el judaísmo o el islamismo—, donde la libertad del ser se representa en su libre albedrío. Pero la lucha de los héroes griegos es, sin duda, un reflejo del constante deseo del espíritu humano por romper las cadenas de lo preestablecido, y se centra en una de sus naturalezas esenciales: la ontología de la libertad humana.

Desde un punto de vista filosófico, teológico, político, artístico o literario, la condición de la libertad se radicaliza en cada sujeto por las circunstancias y problemáticas propias de su contemporaneidad. A pesar de ello, no es posible visualizar al individuo como esclavo de sus circunstancias, ya que, si bien existen factores que condicionan parte de su realidad, el individuo posee la capacidad innata de pensar en libertad; del acto de consciencia propia. Arendt determina que el pensamiento es la primera y más pura forma de libertad que existe en cualquier ser, no solo como principio de resistencia o resiliencia contra los poderes despoticos, sino que forma parte de la ontología del ser (Arendt, 2021). Para pensadores como Immanuel Kant (2020), el acto de pensar es más que una condición idiosincrática del ser, puesto que es precisamente lo que lo define

—casi al estilo de Descartes—, proponiendo una relación circular y simbiótica entre el acto de pensar y la existencia misma:

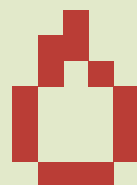
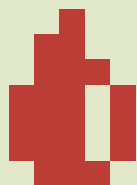
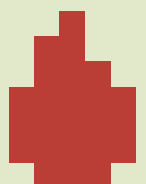
En la conciencia de mí mismo en el pensar soy el ser mismo, por el cual, sin embargo, nada me ha dado para pensar. Pero la proposición «yo pienso», por cuanto significa «yo existo pensando», no es una mera función lógica, sino que determina el sujeto (el cual entonces es al mismo tiempo objeto) con respecto a la existencia y no puede tener lugar sin el sentido interno, cuya intuición proporciona siempre el objeto, no como cosa en sí misma, sino meramente como fenómeno. (p. 333)

De esta manera, Kant nos propone una relación intrínseca entre el acto de pensar y el de existir como seres humanos. El pensamiento, como principio que define parte integral de la individualidad, debe ser reflejo ontológico de la esencia del poder de decisión propio de la consciencia del ser. En el espacio particular de los Estados totalitarios, la capacidad de individualidad comienza a morir y a extinguirse en pro del papel radical de ideologías que, como menciona Althusser (1996, p. 118), terminan por interpelar al sujeto, tanto en su praxis como en su pensar.

En el caso particular de la república ficticia de Arstotzka, dentro de la narrativa del juego existe una construcción simbólica similar a la de los Estados totalitarios soviéticos del siglo xx, con sus respectivas variantes y elementos fantásticos. A pesar de ello, el juego presenta a una sociedad que tiende a ser regulada, reprimida y orientada hacia la pérdida de la individualidad en favor de la creación de un sentimiento colectivista de Estado. Si bien, desde una perspectiva humana y ontológica, el sentido colectivo no es inherentemente negativo, en dichos sistemas se da a la par de la inhibición de la diversidad de pensamiento y de una praxis democrática. La estética visual del juego permite generar un sentimiento de linealidad ideológica, donde el audio de los personajes de diferentes regiones, naciones y posiciones culturales siempre es interpelado por el micrófono del Estado, que proporciona una identidad única bajo cualquier circunstancia. Esta está preestablecida por las normas del Gobierno en cada día de simulación del juego, a lo largo del *gameplay*.



LA ESTÉTICA VISUAL DEL JUEGO PERMITE GENERAR UN SENTIMIENTO DE LINEALIDAD IDEOLÓGICA, DONDE EL AUDIO DE LOS PERSONAJES DE DIFERENTES REGIONES, NACIONES Y POSICIONES CULTURALES SIEMPRE ES INTERPELADO POR EL MICRÓFONO DEL ESTADO.



Asimismo, la música del juego refleja el proceso burocrático del totalitarismo sin identidad, y precede el comportamiento social y cultural de sus ciudadanos, a un ritmo lento, reminiscente a una marcha fúnebre. La representación del Estado no transcurre bajo una violenta fuga soviética al estilo de Dmitri Shostakóvich en el segundo movimiento de su cuarteto núm. 8, sino a través de una estética pausada, pesante y cuasi mortuoria de un ritmo sin variantes armónicas y melódicas, pero sí con un constante proceder y caminar militar forzado. El motivo (*theme*) del videojuego trata de expresar los elementos culturales de una sociedad de características esclavas, reforzado por el uso de instrumentos de cuerda, así como acentos y síncopas características de ciertas regiones de la Europa del Este. Por otro lado, la obra transita también a través de un desarrollo armónico profundamente negativo, *andante* de marcha, que solo se acelera bajo diversas tensiones armónicas que no terminan por resolver o cambiar en una tonalidad mayor o de características menos lúgubres. El desarrollo de la música expresa, de cierta manera, la naturaleza innata del sistema que, bajo una serie de repeticiones constantes, termina por generar una tensión continua, para caer en una escasa resolución armónica del tema. Es decir, el tema musical, desde sus características estéticas y técnicas, expresa la innata decadencia del sistema totalitario, así como su pronta aceleración de cadencia y decadencia cultural y social. Por ejemplo, el tema «Death» permite visualizar, desde su constante caída melódica e interválica, una reiteración de la noción sonora atmosférica y espacial, hacia los tonos graves y, por ende, en consonancia con la idea de la muerte —común en los videojuegos—. Sin embargo, existen más variantes armónicas y menos rítmicas en el acecho de la muerte que en el de la cotidianidad en Arstotzka, situación que manifiesta el infierno y horror de vivir en la burocracia cotidiana de la falta de libertad.

Como se ha mencionado, en *Papers, please* existen diversos finales, pero vale la pena destacar que, aun en aquellos donde el protagonista no es asesinado o llevado a un campo de

trabajo forzado, el tema de la muerte se encuentra presente en todo momento. Existe en la idea del fracaso, en el limbo burocrático, donde será investigado por el Estado que él mismo representó desde la ambigüedad de la falta de individualidad y de pensamiento lógico, racional o propio.

El uso de videojuegos como medio artístico y narrativo ofrece una reflexión política distinta a la de otros medios. Por su característica inmersiva, permite a las nuevas generaciones interactuar con estos fenómenos políticos de manera personal, mediante la integración de problemas morales complejos. Esto a pesar de que la mimesis nunca representa una sustitución directa de la realidad, por el contrario, muestra una forma distinta de acercamiento mental (Michailidis *et al.*, 2018, p. 5) y más flexible al fenómeno real desde el plano psicológico subjetivo. Por otro lado, en la posmodernidad, las nociones de realidad e hiperrealidad permiten una interacción más profunda con los *simulacros* y la *simulación*, donde las sombras platónicas de lo irreal tienen un mayor impacto cultural y social que aquellos bosquejos abstractos de lo que emula a lo real.

En el caso particular de *Papers, please*, se trata del simulacro de una sociedad en tercer nivel (Baudrillard, 1993, p. 127), por lo que existe una pérdida relativa de la noción de la realidad en el acto de inmersión, donde la copia adquiere un valor superior al de la realidad. Este tipo de ejercicios permiten una mayor interacción con situaciones complejas, disruptivas y distópicas, en las que la actitud moral del jugador es puesta entre paréntesis. Se crea una suerte de tensión entre el libre albedrío del individuo y las decisiones tomadas por el usuario dentro del *gameplay*, o bien, lo que bajo una óptica de simulación sería el *Dasein* (ser en el mundo) heideggeriano (Heidegger y Nietzsche, 1994), donde el tiempo te arroja a una experiencia en busca de darle sentido al ente, a través de su praxis y de decisiones en el mundo digital. En este sentido, el juego se puede posicionar dentro del marco ideológico de la simulación en segundo y tercer nivel, donde la realidad queda en pausa, ya que la simulación sustituye parte de la reali-



dad, mediante la narrativa y las decisiones presentes en el juego.

Este tipo de discusiones filosóficas han sido propuestas por Baudrillard en su lectura de los simulacros y la hiperrealidad (1993). Es precisamente gracias a medios como los videojuegos que es posible alcanzar una experiencia más cercana a la de una situación real, por las sombras platónicas de la hiperrealidad. En este sentido, el juego construye una simulación desde la cual el jugador toma las decisiones a las que se enfrenta un hombre común dentro de un sistema totalitario que emula a los antiguos Estados soviéticos del siglo xx. En este contexto, es posible poner en tela de juicio la libertad de pensamiento, los conceptos de individualidad, crítica y resistencia dentro de un sistema colectivista, un Estado frío y lejano a las necesidades humanas en cada uno de sus sectores, dentro y fuera de la nación. El Estado de Arstotzka media en cada una de las decisiones de la población —en este caso del jugador principal— en las maneras en que recibe, aprueba, rechaza o castiga las solicitudes de migración en su puesto vecino al Estado enemigo de Kolechia. Esta situación produce una mayor radicalización en la vigilancia y en el estatus migratorio de los otros pueblos, además de Kolechia, como Republia, Impor, United Federation, Antegria y Obristan-ye. Todas estas son consecuencias a las que el jugador se enfrenta constantemente.

Dentro del juego se presenta la disyuntiva moral de elegir lo que es mejor para el sujeto libre dentro de un Estado totalitario agobiante, con un fuerte aparato ideológico que busca destruir la naturaleza de lo individual, y, por ende, de un verdadero crecimiento social que surja orgánicamente y no de la imposición cultural por parte del aparato del Estado. A pesar de ello, la media del juego, dentro de sus veinte finales, depende en

gran medida de apegarse a una serie de estrategias para alcanzar múltiples opciones y consecuencias. A lo largo del juego se plantea una constante relación de poder entre el Estado —que se erige como eje centrado, destructor de las libertades de pensamiento del jugador, imponiendo su voluntad mediante el poder político— y el libre albedrío del jugador, que siempre existe, incluso cuando se ve inmerso en el sistema burocrático de la nación ficticia de Arstotzka.

Mediante el juego, este simulacro establece una especie de reflexión sobre lo planteado por Hannah Arendt en *Eichmann en Jerusalén: un ensayo sobre la banalidad del mal*, donde propone que el papel de la burocracia en los sistemas totalitarios es exigir del individuo un abandono de su propia libertad de pensamiento en aras de una aparente sublimación ideológica (2006). Esto da lugar a que, en diversos casos, como el de los aparatos de carácter comunista, quede marcado un profundo distanciamiento con las libertades, el pensamiento original, la crítica, la corrección político-económica y su ontología humana. Por su parte, Agustín Laje (2023), politólogo argentino, a través de una reflexión desde la filosofía platónica, suma a esta falta de libertad de pensamiento promovida por el Estado un sujeto que carece de carácter para promover su propia libertad de pensamiento. Más tarde —y en diálogo con Ortega y Gasset—, Laje lo consolida en la constitución del idiota, simultáneamente ensimismado, carente de visión política para comprender su relación dialéctica con la sociedad desde la libertad y la responsabilidad política, y el ser masificado de Ortega y Gasset, que carece de opinión, libertad y pensamiento político (p. 53).

Dicha pérdida de libertad de pensamiento surge como el primer eje dentro del simulacro de *Papers, please* desde la primera interacción con el usuario. La mecánica de juego orilla a obedecer desde los primeros momentos, puesto que, de lo contrario, se puede terminar en algún gulag o cárcel como medida de represión de la libertad y la praxis.

En septiembre de 1918 se ordenó a Dzerzhinski que implementara la política leninista del terror rojo. Lanzada a raíz de un atentado contra la

vida, esta oleada de terror (arrestos, detenciones, asesinatos) [...] En la lucha de Lenin por el poder, el «terror rojo» fue esencial. Los campos de concentración, llamados campos de «destino especial», fueron cruciales en esa campaña. (Applebaum, 2012)

La obra de Anne Applebaum exhibe la naturaleza política represiva del sistema soviético desde sus inicios. Si bien su radicalización genocida alcanzó sus puntos más álgidos en Rusia y sus provincias con la megalomanía de Stalin, aun en la praxis gubernamental de Lenin existen diversos rastros historiográficos de represión, tortura, usos de campos de concentración o reeducación y fusilamientos a lo largo de toda la trágica consagración soviética.

Dicha situación no es ajena a otros genocidios originados en el marxismo leninista, como el resto de la Unión Soviética, con 20 millones de muertos; la China maoísta, con un estimado de 65 millones de muertos en tiempos de paz; Vietnam, con un millón; Corea del Norte y Camboya, con dos millones cada uno; Europa Oriental, con un aproximado de un millón; los 150,000 muertos en América Latina; los 1.7 millones en África, y el millón y medio en Afganistán (Courtois, 1997). Todo esto ligado a Estados políticos comunistas totalitarios en el poder, no a grupos guerrilleros como el E. R. P. en Argentina o Sendero Luminoso en el Perú, patrocinados por dictaduras, como la cubana y la soviética, a lo largo del siglo xx (Laje, 2020). Este tipo de sistemas no solo promovieron la muerte del pensamiento libertario e individual de cada sujeto en favor de una praxis responsable social y colectiva, sino que promocionaron la muerte y la negación a la vida desde el primer momento; como señala el politólogo liberal Ron Paul (Laje, 2020). Este tipo de prácticas se ven en otros países en el control estatal de la natalidad y de las relaciones sexuales de los individuos, visualizadas bajo principios ideológicos colectivistas. En estos sistemas, se evidencia la poca sensibilidad a la noción de la consciencia humana desde su valor ontológico, social, cultural e individual. Se trata de Estados totalitarios que ponen por



EL JUEGO CONSTRUYE UNA SIMULACIÓN DESDE LA CUAL EL JUGADOR TOMA LAS DECISIONES A LAS QUE SE ENFRENTA UN HOMBRE COMÚN DENTRO DE UN SISTEMA TOTALITARIO QUE EMULA A LOS ANTIGUOS ESTADOS SOVIÉTICOS DEL SIGLO XX.

encima de la realidad científica, económica, cultural y ontológica del ser humano, principios teleológicos ideológicos con miras admirables en fines, pero funestas en praxis y resultados. Si bien el totalitarismo no pertenece solo a un espacio ideológico o político, ya que la demagogia y el poder estatal puede producir sistemas totalitarios de derecha, izquierda o cualquier variante democrática, el totalitarismo en *Papers, please* nos muestra el simulacro de una decadencia política comunista, que se ve reflejada en la pérdida de identidad individual y democrática desde un pensamiento tanto subjetivista como colectivista.

Simulación, libertad y democracia

Uno de los elementos ontológicos de la democracia es la libertad de pensamiento, en la cual se basa la diversidad política e ideológica. A pesar de que la mayoría no siempre tiene la razón, ya que por naturaleza política las masas son manipulables bajo herramientas demagógicas (Bilbeny, 1999, p. 8), una característica intrínseca de la democracia es escuchar, apreciar y respetar la dignidad humana en todas sus expresiones, dentro de los marcos de la ley. Esta debe contemplar ramificaciones humanísticas, filosóficas y éticas para evitar actos que opriman, destruyan o denigren a ciertos sectores. Sin embargo, la democracia busca, mediante la mayéutica, refinar el pensamiento social y colectivo, tanto con la mayoría como con las respectivas minorías que componen a la sociedad. En el marco de la sociedad totalitaria de Arstotzka, es imposible



CAME OVER

LOS FINALES TRÁGICOS DENTRO DE LA REALIDAD DE *PAPERS, PLEASE* SE DESENCADENAN, PRECISAMENTE, DE LA DESOBEDIENCIA PRIMERA Y POSTERIOR A LAS NORMAS ESTABLECIDAS POR EL SISTEMA TOTALITARIO Y SUS MECÁNICAS DE JUEGO.

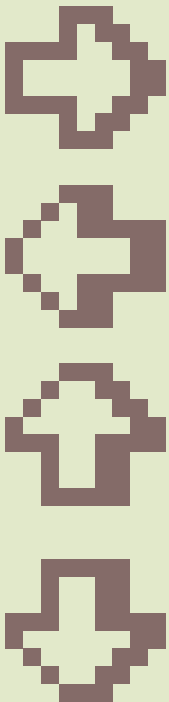
alcanzar dichos parámetros, ya que el sistema político es el centro del pensamiento y de la praxis política que plantea el juego. Aunado a ello, la sistematización del pensamiento ideológico —por más virtuosos que sus fines parezcan— adopta, en su intento por mantener una sensación de control, formas de denigración social, colectiva e individual. Estos métodos se basan en las nociones de poder y control de Foucault (1983, p. 86). Así, desde una lectura foucaultiana, el acto de vigilar y castigar no es la praxis presente solo para los integrantes de una sociedad carcelaria, sino para todo civil dentro del aparato de Estado, libre o convicto, donde la idea de obediencia delimita, en sí misma, la praxis general de la burocracia, cultura y sociedad de Arstotzka.

Dentro de dichos parámetros, es precisamente donde existe una ausencia de tolerancia por la disidencia y la diferencia social, política y cultural. Por ende, el sistema, de manera automática, produce una violencia no personalizada ni subjetiva, sino sistemática (Žižek, 2009, p. 20) sobre el sujeto que aspira a la diferencia dentro del sistema impuesto por el Estado. Las estructuras estatales marcan el comportamiento social y cultural de las masas, en el plano de la cotidianidad y del trabajo individual. Es decir, la vida social del individuo solo es una extensión de las políticas del Estado totalitario a lo largo de un plazo marcado, definido e incluso abortado, por parte del poder estatal.

Los finales trágicos dentro de la realidad de *Papers, please* se desencadenan, precisamen-

te, de la desobediencia primera y posterior a las normas establecidas por el sistema totalitario y sus mecánicas de juego. Por un lado, si el usuario o *gameplayer* decide abandonar las normas y reglas impuestas por el Estado, termina en la pobreza extrema, la cual es castigada por el gobierno de Arstotzka. Por otro lado, el personaje es un sujeto que trabaja en un puesto migratorio, y las instrucciones del Estado para el ingreso y no aceptación de los migrantes a lo largo de la república comunista de Arstotzka varían diariamente. De manera que el planteamiento central del juego termina por abordar una problemática de idiosincrasia filosófica en el concepto de otredad, desde lo individual hasta las categorías previas del enemigo: el problemático, aquel que no debe ser aceptado socialmente —no a partir de sus diferencias individuales, sino por sus características generales y previas—. El *infinito* que pertenece al espacio del *otro* migrante es definido no solo por la subjetividad de la *totalidad* (Levinas, 2012) del usuario del puesto migratorio, sino que es preestablecida bajo una serie de normas ideológicas impuestas por el Estado de manera arbitraria y desde bases no científicas.

La exterioridad del migrante suele ser negada en los sistemas de gobierno que definen su estatus en el plano nacional, estatal e internacional. La nomenclatura de las culturas como Estados, Comunidades, Uniones Nacionales u ONG termina por definir el estatus político del migrante. En el caso de *Papers, please*, los elementos supuestos que definen la individualidad del sujeto migrante solo pueden ser puestos en crisis por la libertad de acción ética del jugador. A pesar de ello, a lo largo del juego el sistema busca reprimir cualquier espacio para el ejercicio de la libertad por parte del sujeto. Con cada desviación se corre el riesgo de ser llamado traidor, corrupto o desobediente por los sujetos que buscan ingresar, y terminar en uno de los finales trágicos. Esto se basa en la negación del otro como individuo independiente; es decir, existe una determinación biopolítica (Foucault, 2009) de violencia sobre las diversidades que definen al sujeto migrante en las políticas estatales totalitarias impuestas por el Estado de Arstotzka:





La primera parte explora qué constituye el biopoder en relación con sus fines y medios violentos. Comienza con las justificaciones que sustentan una política de crear vida y dejar morir. Siguiendo a Foucault [...] cómo se justifican las masacres como algo vital. Los medios del biopoder no son menos letales. Como se relata en la genealogía de Foucault, el biopoder se desarrolla como un modo de gobernanza a lo largo de múltiples líneas. (Emerson, 2021, p. 2)

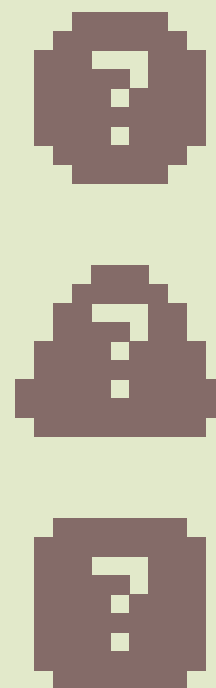
Tal como menciona Ronald Emerson en esta reflexión sobre Foucault, podemos ver la experiencia del biopoder dentro del mundo de *Papers, please* en la interacción violenta entre el Estado y el migrante, que carece de elementos individuales y es definido por los colectivos que marcan su identidad. Es decir, su personalidad y diversidad humana son delimitadas por el Estado desde la subjetividad política totalitaria del «enemigo», «aliado» u otro elemento político. Si bien el videojuego se nos presenta como un ejercicio de simulación, estas situaciones dentro de la narrativa digital evidencian las múltiples problemáticas de la migración y de los personajes que se integran en sociedades donde no existe una protección legal sobre su estatus como individuos. Sobrepuesto a ello, existe la visión del usuario, el jefe de puesto migratorio, quien debe decidir si se apega o no a los parámetros del «nicht denken» (no pienses) (Stocker, 2020), obedeciendo al Estado, renunciando a la mencionada libertad de pensamiento por encima de una ideología que interpele al sujeto (Althusser, 1996).

El espacio del videojuego permite crear condiciones de reflexión únicas sobre el panorama político, puesto que la relación causal entre acto y realidad se ve fragmentada por efecto del simulacro. A pesar de ello, el jugador promedio trata de mantener sus parámetros morales, mientras que el resto experimenta una mayor flexibilidad ética en sus decisiones a lo largo del juego. El elemento central en la autodefinición del sujeto gira en torno a los límites de su propia libertad dentro del sistema totalitario, mientras trata de evitar que su familia termine asesinada, en un gulag o fusilada, como solía suceder, desde los tiempos de Lenin, en la Rusia postzaris-

ta. En la herencia del pensamiento mitológico occidental —donde el individuo se ve sometido al destino y capricho de los dioses, hasta que alcanza su madurez en la libertad del *liberum arbitrium* (libre albedrío) de Agustín de Hipona—, la libertad es un elemento constitutivo del ser, según Hannah Arendt (Birulés, 2018).

El acto democrático se basa en la libertad de pensamiento, con el fin de crear espacios de diversidad, libertad y mejora, desde el pensamiento individual, que induce a una colectividad más responsable y libre; lejos de fundamentos ideológicos que abrumen en la contumacia de la negación y ontología de la libertad del ser. A lo largo del juego, surge el movimiento clandestino Ezik, como forma de resistencia no alineada a ningún Estado enemigo, pero que busca crear espacios de democracia. Lo interesante es que, a medida que se desarrolla el juego, se plantea, por encima de la responsabilidad colectiva, la importancia de la responsabilidad individual como ejercicio de la voluntad de agentes políticos. Vemos cómo un solo personaje dentro del puesto de migración puede cambiar el destino de la Nación. Ahí radica la primera crítica política al colectivismo de Estado, que anula la individualidad y el pensamiento libre. Desde el pensamiento responsable del jugador, en sus decisiones individuales, es posible comenzar a fomentar la creación de espacios —momentos, si se quiere— de democracia participativa en el resto de la población.

Ezik representa a los grupos políticos de ideología democrática en Estados totalitarios, como el caso de Solidaridad, en Polonia, que operó desde una política *underground*, vinculada a los sindicatos de trabajadores polacos y la Iglesia católica —liderada por Karol Wojtyła— (Gullo, 2018). Este tipo de movimientos buscan crear espacios democráticos desde la clandestinidad, puesto que, de otra manera, el Estado podría determinar su destino como movimiento independiente y democrático. A pesar de ello, incluso en los sistemas totalitarios, los ejercicios culturales, sociales y religiosos constituyen espacios que no pueden ser determinados o manipulados por el Estado desde sus primeras etapas, ya que pertenecen a la identidad colectiva de la sociedad. Son elementos intrínsecos de



LOS VIDEOJUEGOS POSIBILITAN, DESDE LA LIBERTAD INDIVIDUAL PRESENTE EN EL GAMEPLAY Y LA INTERACCIÓN DIRECTA CON LAS MECÁNICAS DE JUEGO, UNA DIALÉCTICA ÚNICA ENTRE LA EXPERIENCIA, EL APRENDIZAJE Y LA REFLEXIÓN DE TEMAS POLÍTICOS DIVERSOS.

las tradiciones y el comportamiento ético y político de las sociedades pretotitarias. Aun en la destrucción de la herencia religiosa ortodoxa rusa por parte de Stalin, no se derribaron catedrales como la de San Basilio en Moscú. Incluso bajo el terror rojo de Robespierre, en medio de un sistema de despoblación y genocidio sistematizado bajo la guillotina y otros métodos para reprobado la disidencia política en su tiempo, y a pesar de que poblados como Vendée fueron masacrados brutalmente por el Estado francés de la «libertad», la catedral de Notre Dame se mantuvo de pie (Babeuf, 2008, p. 69).

En cada uno de estos casos de destrucción de la diversidad (aun en el nacimiento de la democracia moderna en Francia), la identidad cultural suele ser un espacio de resistencia que permite la disidencia política y democrática, ya que cada individuo y colectivo tiene diferentes experiencias sociales y culturales que se superponen a su conciencia política. Es por ello que movimientos como Solidaridad en Polonia atraen a personas de creencias católicas y a trabajadores, pero también a individuos que se reconocen en una identidad colectiva común. Ello posibilita la lucha por una disidencia política única que a los sistemas totalitarios les cuesta reprimir del todo, ya que parte de esa identidad implica a una gran cantidad de sectores de la población. En el caso de Polonia, esto fue lo que «hizo posible la creación de un movimiento pacífico de renovación social y, entre otros, el del Sindicato Solidaridad encabezado por Lech Walesa» (Jablonska, 2015). La reflexión de Jablonska alude al papel de la fe y política de Juan Pablo II sobre los movimientos como Solidaridad, que, como se dijo, no solo representaba a un sector religioso, sino también la búsqueda de un sentido de identidad propia sobre el te-

ritorio polaco. Si bien en el caso del juego no existe una relación de identidad que permita al usuario generar un sentido de resistencia propio de la colectividad, sí existe la búsqueda de generación de empatía y de un sentimiento de importancia en la participación política. Con cada caso que pasa por el puesto de migrantes, todos con sus respectivas peculiaridades, el jugador debe reflexionar desde su individualidad y en constante fricción con el sistema totalitario y colectivista establecido.

A lo largo del juego, cada uno de los casos que pasan por la caseta de migración proviene de diferentes estratos sociales y nacionalidades, se dan en medio de diversas situaciones personales, y son puestos a juicio del jugador para ser aprobados o rechazados en nombre del Estado de Arstotzka. En este acto de decisión, mediante el ejercicio de poder que se le otorga al jugador, vemos una extensión del poder del Estado; sin embargo, el jugador puede romper con los parámetros y ayudar o perjudicar a dichos individuos. A pesar de ello, es necesario realizar una ruptura individual con el sistema para poder comenzar a crear cambios democráticos en el simulacro del juego.

De la ludopolítica a la democracia

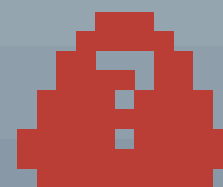
La perspectiva y percepción fenomenológica del videojuego *Papers, please* posibilita la reflexión de diversos espacios políticos, sociales y culturales. Desde los principios de libertad planteados por Sócrates (Krauss, 2022), Agustín de Hipona (2022) y Hannah Arendt (2006; 2018; 2021), entre otras grandes mentes, es posible comenzar a reflexionar sobre el papel activo de la democracia y la dignidad humana, desde la posibilidad de la responsabilidad política basada en el pensamiento. El videojuego, como forma

de arte interactivo, debe ser un espacio reflexivo contemporáneo esencial dentro del campo de los estudios políticos y culturales, ya que permite no solo un acercamiento crítico a las diferentes posturas, sino una aproximación basada en la experiencia; siendo esta una necesidad de las generaciones contemporáneas, que buscan una integración más activa dentro de los diversos discursos políticos.

Los videojuegos posibilitan, desde la libertad individual presente en el *gameplay* y la interacción directa con las mecánicas de juego, una dialéctica única entre la experiencia, el aprendizaje y la reflexión de temas políticos diversos. No es inaudito, pues, que existan videojuegos que pueden ser utilizados como propaganda política. Un caso emblemático es el de *Gesta final*, donde el objetivo del juego es establecer una dictadura en Cuba, en un efecto de romantización de la opresión latinoamericana. En el juego se omite la noción del partido único antidemocrático del país y el culto al líder, y se realiza una modificación de la historia. El asesinato de la diferencia se da en espacios reales, como «La Cabaña», liderados por personajes reales, como Ernesto «el Che» Guevara, y se asesina sistemáticamente alrededor de 200 a 700 personas sin juicio previo (González, 2024), redefiniéndolos al denominarlos presos políticos, enemigos del pueblo y opresores del sistema de poder impartido por el Estado. Asimismo, otros juegos se centran en la narrativa mecánica de la acción por encima de la reflexión política, puesto que se basan en la creación de experiencias históricas, como es el caso de *Battle of honor*, donde la fuerza aliada impone la historia sobre la Alemania nazi en el periodo de la Segunda Guerra Mundial.

Sin embargo, el caso de videojuegos como *Papers, please* permite experimentar narrativas que giran en torno a los roles y elecciones del jugador de manera reflexiva y causal. De esta manera, se tiene la posibilidad de experimentar y comprender diversas realidades políticas, colectivas e individuales, desde los principios de mimesis de la vivencia de un sujeto libre en un sistema totalitario. La importancia de las elecciones es tan esencial dentro de la mecánica del juego, que la narrativa presenta veinte finales distintos: desde muertes, fusilamientos en gulags y pobreza extrema, hasta la contribución al régimen totalitario o el paso a un régimen democrático. Todo ello se construye desde la individualidad del jugador, y desemboca en la edificación de una colectividad responsable y pensante. La mecánica del juego, partiendo —como ya se ha dicho— de un simulacro político inspirado en el terror rojo soviético, desde Lenin hasta Stalin y sus décadas posteriores, trabaja para pervertir, reprimir y convertir al jugador en un burócrata más, que opere siempre en favor del Estado totalitario.

Aunado a ello, debemos considerar que los principios de ludopolítica presentes en los videojuegos se basan, en gran medida, en la noción de Nietzsche del eterno retorno (Mitchell, 2018). Como lo presenta Milan Kundera en el primer capítulo de su novela *La insostenible levedad del ser* (1984), todo inicia con una decisión aparentemente sin peso, ya que la noción de la eterna repetición está presente tanto en la reflexión de Nietzsche como en la posibilidad de la eterna repetición dentro de la mimesis del juego a través de la mecánica común del *reset*. En otro campo narrativo, también es importante reflexionarlo desde la ruptura sistemática tota-





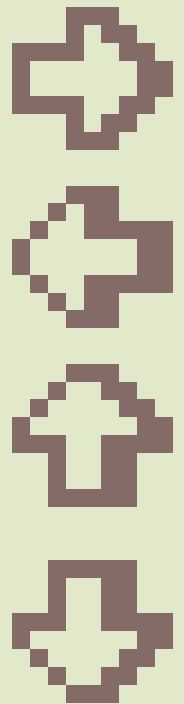
litaria, así como en los problemas que pueden suceder tras la caída de dichos sistemas y la inserción de la democracia, e incluso en sus posibles problemáticas.

Videojuegos como *Bioshock* presentan una sociedad inspirada en la rebelión del Atlas, donde, tras el derrocamiento de un gobierno corrupto, la nueva sociedad democrática termina por corromperse desde su papel de víctimas al poder. *Bioshock*, al igual que *Papers, please*, plantea la posibilidad de decisión del usuario. Sin embargo, la narrativa está llena de poder y propaganda del nuevo gobierno, situación que fuerza al jugador a tomar decisiones política y moralmente incorrectas a lo largo del *gameplay* (Jackson, 2014). Es fundamental rescatar, a pesar de la noción del eterno retorno de Nietzsche, la potencia de la voluntad como eje de la libertad de Descartes (2020): el individuo político democrático responsable. El ser que se basa en su pensamiento como eje de la libertad para la toma de decisiones, por encima de cualquier elemento ideológico lejano a las virtudes de la dignidad humana y la realidad, que, si bien es epistemológico e inalcanzable desde un principio metafísico, también es, por ende, trascendental e irrenunciable.

Las ludopolíticas permiten crear espacios ficticios, realidades en las que el sujeto político adquiere una consciencia interactiva y activa sobre los diferentes problemas sociales y políticos bajo condiciones lejanas a las de su realidad. Posicionan al sujeto en la noción de una fenomenología de la percepción y de la experiencia, donde, a la luz de su consciencia y de la voluntad, es posible mantener distopías o alimentar sistemas democráticos tanto efectivos como defectuosos. Este tipo de recursos no solo pertenecen al espacio de la fantasía distópica

orwelliana, sino que permiten realizar ejercicios educativos sobre el papel del individuo dentro de las mecánicas sociales, y el papel del Estado y del otro bajo diferentes perspectivas políticas. De esta manera, a través del arte, la filosofía y los elementos identitarios y culturales, es posible resistir a las diferentes formas totalitarias y represivas, no solo del Estado, sino de cualquier otra figura de poder político. Todo ello basándonos en la noción de que la democracia siempre debe provenir del buen pensar y la razón (Kaiser, 2020), y no de principios ideológicos que excluyen, sin logos, la voz de la otredad política, social y cultural.

La correlación en los sistemas de poder democráticos se ve sustituida por la violencia dentro de los sistemas totalitarios (Arendt, 2021), como forma de represión de la identidad política propia de las sociedades contemporáneas. *Papers, please* transita dichos espacios y cuestiona al usuario sobre su papel dentro de la estructura ideológica en la que lo sumerge. La base de la narrativa radica en que el jugador comprenda que sus decisiones tendrán un impacto directo sobre el régimen, con ramificaciones, tanto a nivel colectivo como individual, a lo largo del juego. Es, precisamente, mediante la adopción de una actitud participativa por parte de los diferentes grupos de la sociedad, desde lo colectivo hasta lo individual, que la libertad de pensamiento fomenta espacios para el desarrollo de una construcción democrática y debilita los sistemas dictatoriales, a través de partidos políticos diversos y de la constitución de redes civiles políticamente activas (Krauze, 2016). Estas redes son una de las primeras estructuras que las predictaduras, y posteriormente los Estados represivos, buscan debilitar; ya que personifican la disidencia política y la libertad de pensamiento de la sociedad.





Los videojuegos nos ofrecen una experiencia sin tapujos o tabúes que limiten las decisiones de los usuarios sobre las recreaciones de la realidad. Tal como sucede en juegos como *Grand theft auto* o los ya mencionados *Bioshock* y *Battle of honor*, el usuario tiene la libertad de tomar decisiones con cierta laxitud, de manera que cuenta con espacio para explorar también el lado oscuro o integral de su psique (Bailles y Žižek, 2019). Personajes del intelecto de John Nash hablan sobre la teoría de juegos y el principio de buscar siempre en las decisiones el algoritmo de decisión que resulte más beneficioso para el resto y para uno mismo, para la mejor respuesta colaborativa en un ambiente problemático o de juego (Nash, 1996). La visión de Nash trata de resolver el problema de la teoría de juegos colaborativa desde un punto de vista lógico y matemático. Sin embargo, dicha postura no se encuentra lejos de la ética y la moral social y filosófica, ya que, en los dos casos, las nociones de razón, verdad y de ambas metafísicas reposan en la noción de la presencia y no de la ausencia de características heideggerianas y derridianas.

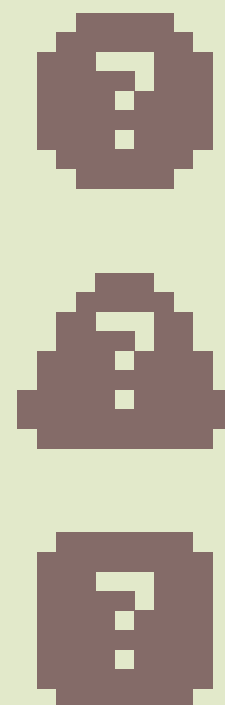
Al contrario, la búsqueda de la mejor respuesta lógica radical, de manera directa, en la metafísica de la moral, la ética y el bien pensar por parte del individuo y, por ende, de la sociedad. La verdad en la política debe ser buscada, hallada y no debe estar subordinada a los discursos propagandísticos de sistemas que la redefinen tras la posverdad (Márquez, 2004, p. 15).

CONCLUSIONES

A partir del análisis de videojuegos con mecánicas vinculadas al desarrollo narrativo ligado a la política y la reflexión de los sistemas totalitarios, como *Papers, please*, es posible comenzar

a repensar la noción de simulación como eje de experiencia fenomenológica para que las nuevas generaciones puedan pensar y activar su papel político en la sociedad, desde lo individual hasta lo colectivo. La interacción y el estudio de los videojuegos, no solo como un elemento lúdico, sino de características perimetrales al arte de la inmersión, permiten que el usuario pueda repensar diversos conceptos políticos básicos. Esto posibilita que su interacción en el plano burocrático dentro de los sistemas políticos y gubernamentales no sea estéril, sino que desarrolle una nueva forma de construcción política identitaria, fundamentada en la noción del respeto por la dignidad humana, la libertad, la vida desde su ontología básica y del ser. La política y el desarrollo de narrativas desde el simulacro permiten un ejercicio fenomenológico, plástico y reflexivo del individuo, siendo este la base de cambio colectivo y social.

Papers, please es un simulacro antidemocrático dentro de un sistema totalitario que invita al jugador a romper dicho sistema y buscar formas de libertad, democracia y disidencia política dentro de la violencia sistemática establecida por el Estado. Desde el primer momento se orilla al jugador a crear tendencias de relación con el otro desde lo general; sin embargo, el usuario puede encontrar dinámicas particulares que le permitan relacionarse con las singularidades del resto de la sociedad, rompiendo así con los sistemas totalitarios desde su individualidad pensante, democrática, lógica y libre. La verdadera democracia recae en el poder del ciudadano como parte activa dentro de los procesos democráticos (Restrepo y Aguilar, 2022); todo ello, considerando una verdadera separación de poderes, entre el Estado, la constitución y el verdadero sentido informado y libertario de la población civil.





REFERENCIAS

- 3909 LLC. (2013). *Papers, please* [Videojuego]. <https://papersplea.se/>
- Althusser, L. (1996). *Escritos sobre psicoanálisis: Freud y Lacan*. Siglo XXI.
- Applebaum, A. (2012). *Gulag: historia de los campos de concentración soviéticos*. Penguin Random House.
- Arendt, H. (2006). *Eichmann en Jerusalén: un ensayo sobre la vanidad del mal*. Debolsillo.
- Arendt, H. (2018). *La libertad de ser libres*. Penguin Random House.
- Arendt, H. (2021). *Los orígenes del totalitarismo*. Alianza.
- Babeuf, G. (2008). *El sistema de despoblación: genocidio y revolución francesa*. Ediciones de la Torre.
- Bailes, J. y Zizek, S. (2019). *Ideology, power fantasies and neoliberalism*. Zero Books.
- Baudrillard, J. (1993). *Cultura y simulacro*. Kairos.
- Bilbeny, N. (1999). *Democracia para la adversidad*. Ariel.
- Birulés, F. (comp.). (2018). *Hannah Arendt: el orgullo de pensar*. Gedisa.
- Courtois, S. (Ed.). (1997). *El libro negro del comunismo: crímenes, terror y represión*. Espasa Calpe y Planeta.
- Descartes, R. (2020). *Discurso del método*. AMA Ediciones.
- Emerson, R. (2021). Critique of biopolitical violence. *Critical Studies on Security*. 10(4), 1-13.
- Foucault, M. (1983). *Vigilar y castigar*. Siglo XXI.
- Foucault, M. (2009). *Nacimiento de la biopolítica*. Akal.
- González, F. (2024). *La historia del Che Guevara. Mito o realidad*. C. F. Publishers.
- Gullo, M. (2018). *Relaciones Internacionales: una teoría crítica sobre la periferia sudamericana*. Editorial Biblos.
- Heidegger, M. y Nietzsche, F. (1994). *Heidegger und Nietzsche*. Kloss-termann.
- Hipona, A. de (2022). *Sobre el libre albedrío*. Universidad Adolfo Ibáñez, BAC.
- Jackson, R. (2014). *Bioshock: decision, forced choice and propaganda*. Zero Books.
- Jablonska, M. (2015). *Juan Pablo II. El escritor que fue papa*. Penguin Random House.
- Kaiser, A. (2020). *La neo inquisición: persecución, censura y decadencia cultural en el siglo XXI*. Ediciones Deusto.
- Kant, I. (2020). *Crítica de la razón pura*. Editorial Verbum.
- Krauss, R. (2022). *La vida privada y pública de Sócrates*. Arpa.
- Krauze, E. (2016). *Democracia en construcción*. Penguin Random House.
- Laje, A. (13 de marzo de 2020). Agustín Laje: 5 razones para no ser de izquierda [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fb-LlInnXJw>.
- Laje, A. (2023). *Generación Idiota: una crítica al adolescentismo*. Harpercollins.
- Levinas, E. (2012). *Totalidad e infinito: ensayo sobre la exterioridad*. Ediciones Sígueme S. A.
- Márquez, N. (2004). *La otra parte de la verdad: la respuesta histórica sobre la década del 70 y el terrorismo*. Universidad de Michigan.
- Michailidis, L., Balaguer-Ballester, E. y He, W. (2018). *Flow and immersion in video games: the aftermath of a conceptual challenge*. *Frontiers of Psychology*, 9, 1-5.
- Mitchell, L. (2018). *Ludopolitics: videogames and control*. Zero Books.
- Nash, J. (1996). *Essays on game theory*. Edward Elgar Publishing.
- Stocker, B. (2020). *Jacques Derrida: basic writings*. Routledge.
- Restrepo, M. y Aguilar, C. (2022). Una aproximación conceptual a los mecanismos políticos de la democracia directa. *Entorno UDLAP*, 17, 48-61.
- Zizek, S. (2009). *Sobre la violencia: seis reflexiones marginales*. Paidós.



Luis Daniel Martínez Álvarez

Licenciado en Música por la Universidad de las Américas Puebla y maestro en Artes por la UAEM. Cuenta con un máster en

Composición para Cine, Videojuegos y Televisión por el Berklee College of Music de Boston y un doctorado en Estudios Culturales por la UDLAP. Ha trabajado en diversas universidades en México y el extranjero. Ha colaborado con la Society of Animation Studies (SAS), la International Gothic Association del Reino Unido, y la UNESCO, en Austria, en tres International Design Weeks de la FH Joanneum, desde el 2022 hasta la actualidad. Cuenta con diversas investigaciones y proyectos académicos en Turquía, Eslovenia, Serbia, Austria, Oxford, México, India, Alemania, Reino Unido y Bélgica. Su investigación es de carácter transversal entre la filología musical, las artes, la filosofía, los estudios culturales y las teorías de medios. Actualmente, es catedrático de Diseño Sonoro en el Tecnológico de Monterrey.

dannyalighiart@gmail.com



Álvaro Sanchis

Doctor y profesor del Departamento de Pintura en la Facultad de Bellas Artes de la Universitat Politècnica de València. Imparte asignaturas vinculadas a materias como el diseño gráfico, la experiencia de

usuario, el diseño de interfaz y la comunicación visual, dentro del Grado en Diseño y Tecnologías Creativas. Cofundador de Pedra, estudio de diseño gráfico especializado en el ámbito cultural, con clientes como el Museo Nacional Thyssen-Bornemisza, el IVAM - Institut Valencià d'Art Modern o Bombas Gens Centre d'Art, entre otros. Actualmente, es subdirector de investigación del Departamento de Pintura y coordinador del Máster en Diseño e Ilustración, ambas en la UPV.

alvarosanchis@gmail.com



Melani Lleonart

Doctora en Arte, Producción e Investigación. Desde 2018 es profesora e investigadora en la Universitat Politècnica de València, donde imparte docencia en el Grado en Diseño y Tecnologías

Creativas y en el Máster en Diseño e Ilustración. Sus áreas de investigación se centran en el enfoque del diseño como herramienta de mediación, el diseño inclusivo y la sostenibilidad. Desde 2022 codirige la revista *EME Experimental Illustration, Art & Design*. Es miembro del Consejo Municipal del Diseño de València y cofundadora de Pedra, estudio especializado en diseño editorial y comunicación de proyectos culturales.

mellgar@upv.es

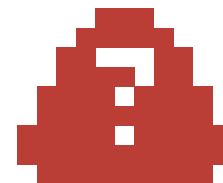


Bahadır Uçan

Licenciado por el Department of Metallurgical and Materials Engineering de la Marmara University, cuenta con una maestría en el Faculty of Art and Design Interactive Media Design

y un doctorado en el Art and Design Department, ambos por parte de la Yildiz Technical University. Estudió animación en el departamento de Diseño de Medios de la UCLA. Ha trabajado como investigador con relación a su tesis doctoral en la Universidad Central de Queensland. En 2006, publicó su libro de dibujos animados *Çizgili Köyün Kavalcısı*. Entre sus intereses destaca el análisis y estudio de las caricaturas. Es académico en la Yildiz Technical University, desde 2013.

bahadirucan.ucan@gmail.com



► Sanctuary for fireflies, refuge for amphibians?
The case of Tlaxcala and Puebla

Santuario PARA LAS LUCIÉRNAGAS ¿refugio para los anfibios? El caso de Tlaxcala y Puebla

Por:  Juan M. Díaz García · Itzel Arias del Razo · Aníbal H. Díaz de la Vega Pérez



Díaz García, J. M., Arias del Razo, I. y Díaz de la Vega Pérez, A. H. (2024). Santuario para las luciérnagas, ¿refugio para los anfibios? El caso de Tlaxcala y Puebla. *Entorno UDLAP*, 23

 **Recibido:** 13 de marzo de 2024  **Aceptado:** 2 de abril de 2024



RESUMEN

Las luciérnagas son consideradas especies bandera en los sitios de avistamiento adyacentes al Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, México, pero existen pocas evaluaciones sobre su influencia en la conservación de otros grupos amenazados. En este estudio comparamos la diversidad de anfibios entre el Santuario de Nanacamilpa, Tlaxcala, y la región de avistamiento en Tlahuapan, Puebla. La riqueza de especies no varió entre ambos sitios, pero la abundancia de anfibios fue mayor en Tlahuapan. La composición de anfibios fue diferente entre sitios, registrando especies exclusivas en cada uno. Estos resultados sugieren que los sitios de avistamiento de luciérnagas de Nanacamilpa y Tlahuapan son refugios para la diversidad de anfibios, por lo que las luciérnagas están cumpliendo su función como especie bandera. Sin embargo, es importante analizar si esto ocurre con otros grupos taxonómicos y es urgente mitigar la deforestación y contaminación, así como regular la afluencia de visitantes en el Santuario de Nanacamilpa, Tlaxcala.

PALABRAS CLAVE

Bosque templado · Diversidad taxonómica · Especies bandera · Sierra Nevada

ABSTRACT

Fireflies are considered flagship species in the sighting sites adjacent to the Iztaccíhuatl-Popocatepetl National Park, Mexico, but there are few evaluations of their influence on the conservation of other threatened groups. In this study we compared amphibian diversity between the Nanacamilpa Sanctuary, Tlaxcala, and the sighting region in Tlahuapan, Puebla. Species richness did not vary, but amphibian abundance was greater in Tlahuapan. The composition of amphibians was different between sites, but each site had exclusive species. Our results suggest that the firefly sighting sites of Nanacamilpa and Tlahuapan are refuges for amphibian diversity, so fireflies are fulfilling their function as flagship taxa. However, it is important to understand whether this occurs with other taxonomic groups, and it is urgent to mitigate deforestation and pollution, as well as regulate the influx of visitors to the Nanacamilpa Sanctuary, Tlaxcala.

KEYWORDS

Temperate forest · Taxonomic diversity · Flagship species · Sierra Nevada

INTRODUCCIÓN

La pérdida y fragmentación de los ecosistemas generadas por las actividades humanas son las principales causas de la disminución de la biodiversidad a nivel mundial (Primack, 2010; IPBES, 2019). Estos factores alteran el microclima (Agaja *et al.*, 2020; Bodo *et al.*, 2021), disminuyen la conectividad ecológica (Zemanova *et al.*, 2017) y reducen la disponibilidad de alimento para las especies animales (Miranda *et al.*, 2021). De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023), México es el segundo país con mayor número de especies amenazadas debido a las altas tasas de deforestación, la contaminación, el cambio climático y la invasión de especies exóticas.

Tlaxcala es el segundo estado mexicano más deforestado, con solo el 19 % de su territorio cubierto por vegetación nativa (17 % bosques y 2 % matorral [INEGI, 2018]). Los fragmentos de bosque en Tlaxcala están compuestos por vegetación primaria (9 %) y secundaria (8 %) de bosques de pino, pino-encino, oyamel, encino y táscate. Estos se encuentran principalmente en la Sierra de Tlaxco (5 %), el Parque Nacional La Malinche (4 %), el Espolón de la Sierra Nevada (3 %) y los lomeríos centrales (3 %) (INEGI, 2018). Sin embargo, pocos cuentan con algún tipo de protección. Incluso dentro de áreas naturales protegidas —como el Parque Nacional La Malinche— existen severos cambios en el uso del suelo (López-Téllez *et al.*, 2019).

En la región norte del Espolón de la Sierra Nevada, particularmente en el municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala, se encuentran bosques que albergan al Santuario de las Luciérnagas, con 25 sitios de avistamiento que ofrecen actividades turísticas durante el periodo de reproducción de las luciérnagas, entre julio y



LAS LUCIÉRNAGAS HAN SIDO CONSIDERADAS ESPECIE BANDERA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CORREDORES BIOLÓGICOS Y RECREATIVOS EN COSTA RICA (SÁNCHEZ LÓPEZ, 2022) Y COMIENZAN A SERLO TAMBIÉN EN TLAXCALA (REYES-SÁNCHEZ, 2020).



TLAXCALA ES EL SEGUNDO ESTADO MEXICANO MÁS DEFORESTADO, CON SOLO EL 19 % DE SU TERRITORIO CUBIERTO POR VEGETACIÓN NATIVA.

agosto. Allí podemos encontrar a las especies *Photinus chapingoensi*, *P. palaciosi* y *Ellychnia corrusca* (García-Trujillo *et al.*, 2018), que se comunican a través de la bioluminiscencia para encontrar pareja. En el abdomen de estos escarabajos se genera luciferina, la cual produce oxiluciferina al entrar en contacto con el oxígeno, emitiendo, en consecuencia, luz fosforescente (Mena *et al.*, 2018). El avistamiento de luciérnagas en Tlaxcala comenzó en 1990, pero hasta 2010 cobró popularidad (García-Trujillo *et al.*, 2021). Tan solo en 2023, la Secretaría de Turismo de Tlaxcala estimó que esta actividad atrajo a aproximadamente 120,000 visitantes, generando una derrama económica de 62 millones de pesos (De la Rosa, 2023). Incluso en otros estados colindantes con el Santuario de las Luciérnagas —como Estado de México y Puebla— se han establecido nuevos sitios de avistamiento para beneficio económico de los habitantes.

Adyacente al PNIP (Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl), en el municipio de Tlahuapan, Puebla, se encuentra otra región dedicada a la observación de luciérnagas. El avistamiento en esta zona comenzó en 2016 (Velasco-Santos, 2020), manteniendo un bajo número de visitantes; para 2023 se registraron 850 personas en la temporada de junio a agosto (Registros del ejido de San Rafael Ixtapalucan,

com. pers.). A diferencia de Nanacamilpa, el paisaje de Tlahuapan está cubierto por bosques templados y zacatonales alpinos (INEGI, 2018).

Además de las luciérnagas, en el Santuario de Nanacamilpa habitan 129 especies de aves (Ramírez-Albores, 2013), 41 de mamíferos (Ramírez-Albores *et al.*, 2014; Pérez-Carreto, 2020) y diversos hongos comestibles (Zamora Martínez *et al.*, 2006). En el municipio de Tlahuapan se han registrado ocho especies de mamíferos (Pérez-Carreto, 2020) y 19 de hongos comestibles (García-Hernández, 2017). Sin embargo, poco se conoce sobre la diversidad de anfibios en ambas regiones de avistamiento. En la plataforma *Naturalista* (2023), existe registro de siete especies de anfibios en Nanacamilpa: *Ambystoma velasci*, *Aquiloerycea cephalica*, *Dryophytes eximius*, *D. plicatus*, *Lithobates spectabilis*, *Pseudoeurycea leprosa* y *Spea multiplicata*. Mientras que para Tlahuapan existen registros ciudadanos de cinco especies: *D. eximius*, *D. plicatus*, *Incilius occidentalis*, *L. spectabilis* y *P. leprosa*. Estos anfibios dependen de los bosques debido a que habitan áreas con altos niveles de humedad y bajas temperaturas (Duellman y Trueb, 1986), necesitan de cuerpos de agua y utilizan una variedad de refugios que les brinda la cobertura forestal (e. g., hojarasca, árboles, troncos caídos [Crump, 2009]). En cierta medida, las luciérnagas también depen-



Figura 1. Región de avistamiento de luciérnagas adyacente al Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.
Fotografía: Alejandro Arias del Razo.

den de los bosques templados para completar su ciclo de vida. Otra característica que comparten estos grupos es el actual decremento de sus poblaciones debido a la deforestación (wwf, 2022).

Una estrategia para promover el ecoturismo sin comprometer la conservación de la biodiversidad es la denominación de especies bandera, que se definen como «especies que tienen la capacidad de capturar la atención del público e inducir a las personas a apoyar acciones de conservación y/o donar fondos» (Walpole y Leader-Williams, 2022), beneficiando indirectamente a otras especies. Las luciérnagas han sido consideradas especie bandera para la implementación de corredores biológicos y recreativos en Costa Rica (Sánchez López, 2022) y comienzan a serlo también en Tlaxcala (Reyes-Sánchez, 2020). Sin embargo, no se ha evaluado la importancia de los sitios de avistamiento en la conservación de otras especies amenazadas, como los anfibios. Por ello, en este estudio comparamos la diversidad de anfibios

entre el Santuario de las Luciérnagas de Nanacamilpa, que presenta una alta demanda turística, y la región de avistamiento en Tlahuapan, Puebla, que presenta una baja demanda turística. La información de este estudio busca generar recomendaciones de manejo que permitan mantener comunidades diversas de anfibios sin comprometer la actividad ecoturística.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Este estudio se realizó en Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala, y Tlahuapan, Puebla. Nanacamilpa se encuentra en el occidente de Tlaxcala, entre los 2,600 y 3,300 m s. n. m., con un clima templado-subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura mínima de 12 y máxima de 18 °C (INEGI, 2018). La vegetación corresponde al bosque de coníferas y latifoliadas, principalmente de las especies *Abies religiosa*, *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote* y *Quercus laurina*. Nanacamilpa representa el 2.7 % de la superficie total de Tlaxcala

Tabla 1. Uso de suelo y tipos de vegetación de los polígonos establecidos en sitios de observación de luciérnagas en Nanacamilpa, Tlaxcala, y Tlahuapan, Puebla.

	Polígono Nanacamilpa	Polígono Tlahuapan
Agricultura	15.6 %	
Bosque de pino	76 %	23.3 %
Bosque de pino-encino		37.9 %
Bosque de oyamel	8.4 %	38.8 %

Nota: no se incluye el porcentaje de área para los usos de suelo o vegetación que no están presentes dentro del polígono.

Fuente: elaboración propia.



**PARA COMPARAR
LA ABUNDANCIA
ENTRE POLÍGONOS
SE UTILIZARON
MODELOS LINEALES
GENERALIZADOS
CON DISTRIBUCIÓN
POISSON Y
FUNCIÓN DE LIGA
LOGARÍTMICA.**

y alberga cerca de 4,000 hectáreas de bosques templados; sin embargo, enfrenta graves procesos de deforestación (SEMARNAT, 2022). En esta región se encuentran los sitios de avistamiento de luciérnagas más concurridos (Rosas-López, 2017).

Tlahuapan se encuentra en el centro-oeste de Puebla, en las faldas del PNIP, entre los 2,300 y 3,500 m s. n. m. El clima es templado-subhúmedo con lluvias en verano y semifrío húmedo con lluvias en verano, registra una temperatura mínima de 8 y máxima de 16 °C, y una precipitación entre los 900 y 1,100 mm anuales. En lo que respecta al uso de suelo y vegetación, el 52 % se utiliza con fines agrícolas, el 41 % está cubierto por bosques de pino y encino, mientras que la zona urbana abarca el 5 %, y el pastizal introducido, un 2 % (INEGI, 2018). En los bosques de Tlahuapan, el número de visitantes (850 personas) durante la temporada de avistamiento de luciérnagas es significativamente menor en comparación con Nanacamilpa (120,000 personas) (figura 1).

Diseño de estudio

Se estableció un polígono de aproximadamente 13 km² en el Santuario de las Luciérnagas de Nanacamilpa, a una elevación promedio de 2,832 m s. n. m. (19° 27.332'N, 98° 35.841'O). La vegetación dominante es el bosque templado, pero existen cultivos de cebada y maíz (tabla 1). El 32 % del polígono se encuentra en tierras eji-

dales de vocación forestal, agrícola y turística (Pérez-Carreto, 2020).

El segundo polígono de aproximadamente 13 km² se estableció en el ejido de San Rafael Ixtapalucan, Tlahuapan, a una elevación promedio de 2,898 m s. n. m (19° 16.604' N, 98° 35.407' O), donde la vegetación se compone de bosques templados (tabla 1). El 65 % del polígono se encuentra en tierras ejidales de vocación forestal y turística (Pérez-Carreto, 2020).

Ambos polígonos se visitaron en tres ocasiones (durante 2019, 2021 y 2022). En cada visita, entre cuatro y cinco personas buscaron a los anfibios en sus microhábitats de preferencia (e. g. hojarasca, rocas, cuerpos de agua, arbustos, etcétera) entre las 18:00 y 23:00 horas. Se utilizó la técnica de búsqueda libre con captura manual (Crump, 2009) y, en algunas ocasiones, redes de mango largo para la captura de especies semiacuáticas. Para la búsqueda de ajolotes (*Ambystoma velasci*) se colocaron seis trampas de embudo en los cuerpos de agua que tuvieran más de 50 centímetros de profundidad durante cinco horas. Todos los individuos fueron identificados a nivel de especie y liberados en el sitio de captura.

Análisis de datos

Posteriormente, se calculó la riqueza de especies —entendida como el número total registrado en todo el muestreo— para cada polígono. Asimismo, se calculó la abundancia, es decir, el

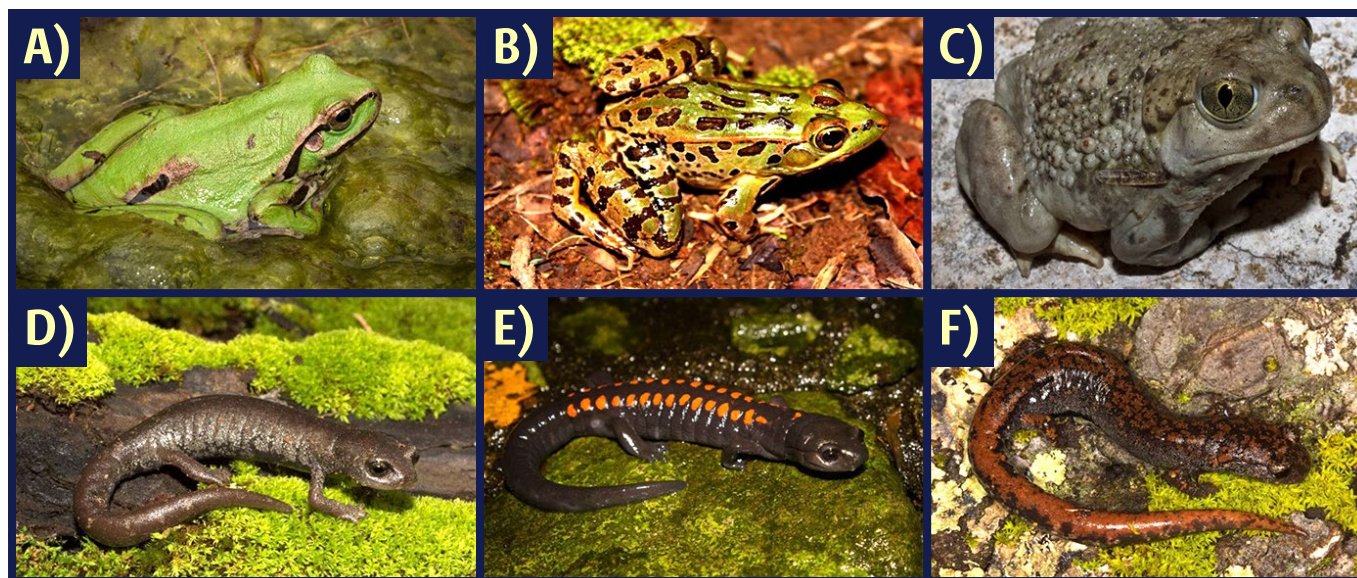


Figura 2. Especies de anfibios registrados en los sitios de avistamiento de luciérnagas en Nanacamilpa, Tlaxcala y Tlahuapan, Puebla. A) *Dryophytes plicatus* (fotografía: Eric Centenero Alcalá), B) *Lithobates spectabilis* (fotografía: Erick Gómez Campos), C) *Spea multiplicata* (fotografía: Eric Centenero Alcalá), D) *Aquiloeurycea cephalica* (fotografía: Eric Centenero Alcalá), E) *Isthmura bellii* (fotografía: Jonatan Torres Pérez Coeto), F) *Pseudoeurycea leprosa* (fotografía: Eric Centenero Alcalá).

Tabla 2. Riqueza y abundancia de los anfibios registrados en Nanacamilpa, Tlaxcala y en Tlahuapan, Puebla.

	Polígono Nanacamilpa	Polígono Tlahuapan	Total
Ranas y sapos			
<i>Dryophytes plicatus</i>	8	29	37
<i>Lithobates spectabilis</i>	11		11
<i>Spea multiplicata</i>	2		2
Salamandras			
<i>Aquiloectomy cephalica</i>	4	2	6
<i>Isthmura bellii</i>		1	1
<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	7	23	30
Riqueza de especies	5	4	6
Abundancia	32	55	87

Nota: las especies registradas fuera del polígono no presentan valor de abundancia.
Fuente: elaboración propia.

número total de individuos registrados en todo el muestreo. Para comparar la riqueza entre polígonos, se calcularon los intervalos de confianza al 96 % (IC96 %), considerando diferencias significativas cuando no hubo traslape entre los intervalos (Chao y Jost, 2012). Para comparar la abundancia entre polígonos se utilizaron modelos lineales generalizados con distribución Poisson y función de liga logarítmica. Se construyeron curvas de rango abundancia para evaluar los cambios en la composición de las comunidades. Estos análisis fueron realizados con las paqueterías INEXT (Hsieh et al., 2016) y «gmodels» (Warnes et al., 2018) en R (R Core Team, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, se registraron 87 individuos de seis especies de anfibios. La especie más abundante fue la rana *D. plicatus*, con 37 individuos, y la menos abundante fue la salamandra *Isthmura bellii*, con un individuo. En Nanacamilpa se registraron dos especies de ranas, una de sapo y dos de salamandra. Mientras que en Tlahuapan, una especie de rana y tres de salamandra. En ninguno de los dos polígonos de estudio se encontraron ajolotes (tabla 2) (figura 2).

La riqueza de especies de anfibios fue similar entre polígonos (Nanacamilpa $\bar{x}=5$, IC96%=0.67; Tlahuapan $\bar{x}=4$, IC96%=1.57). No obstante, la abundancia de anfibios fue mayor en Tlahuapan que en Nanacamilpa (g.l. = 1, devianza residual = 6.15, $p < 0.05$).

La comunidad de anfibios del polígono de Nanacamilpa presentó una mayor equidad (i. e., repartición homogénea de la abundancia

LA COMUNIDAD DE ANFIBIOS DEL POLÍGONO DE NANACAMILPA PRESENTÓ UNA MAYOR EQUIDAD (I. E. REPARTICIÓN HOMOGÉNEA DE LA ABUNDANCIA ENTRE LAS ESPECIES) QUE LA COMUNIDAD DEL POLÍGONO DE TLAHUAPAN.



entre las especies) que la comunidad del polígono de Tlahuapan. En este último, se observa una codominancia marcada por la rana *D. plicatus* y la salamandra *P. leprosa*. Además, se registraron especies exclusivas en cada polígono, en Nanacamilpa, la rana *L. spectabilis* y el sapo *S. multiplicata*, mientras que en Tlahuapan, la salamandra *I. bellii* (figura 3).

Nuestros resultados sugieren que los bosques templados con actividad ecoturística para el avistamiento de luciérnagas en Nanacamilpa y Tlahuapan son importantes para mantener la riqueza de especies de anfibios a nivel regional, independientemente del número de visitantes que reciben durante la temporada de avistamiento. En conjunto, los polígonos estudiados son refugio del 75 % de las especies registradas en ambos municipios (Naturalista, 2023).

En particular, la ausencia del ajolote *Ambystoma velasci* —y de cualquier otra especie de este género— en ambos sitios de estudio, podría indicar la ausencia de condiciones adecuadas para el establecimiento y mantenimiento de las poblaciones. No obstante, juzgamos necesario incrementar el esfuerzo de muestreo para ampliar el catálogo de riqueza de anfibios considerando otros ecosistemas y tipos de uso de suelo. Además, consideramos urgente la implementación de monitoreo a largo plazo para evaluar el posible efecto de las actividades ecoturísticas a nivel regional. Entre las especies encontradas están las salamandras *P. leprosa* y *A. cephalica*, y la rana *L. spectabilis*, cuyas poblaciones, a pesar de no estar catalogadas como especies amenazadas, se encuentran en decremento debido a la disminución en la ex-



**LOS BOSQUES
TEMPLADOS
CON ACTIVIDAD
ECOTURÍSTICA PARA
EL AVISTAMIENTO
DE LUCIÉRNAGAS
EN NANACAMILPA
Y TLAHUAPAN SON
IMPORTANTES
PARA MANTENER LA
RIQUEZA DE ESPECIES
DE ANFIBIOS A
NIVEL REGIONAL.**

tensión y calidad de sus hábitats (IUCN, 2023). Por lo general, en los sitios de avistamiento de luciérnagas se mantiene la cobertura forestal (García-Trujillo *et al.*, 2018) y, en consecuencia, se pueden dar los requerimientos ambientales para que los anfibios los habiten.

Ambas regiones de avistamiento de luciérnagas presentan diferencias en la cobertura de vegetación; en Tlahuapan dominan los bosques templados, mientras que en Nanacamilpa existen cultivos agrícolas (INEGI, 2018). A nivel mundial, se ha demostrado que el cambio de bosques por cultivos es la principal amenaza para las poblaciones de anfibios (WWF, 2022). Esto se vio reflejado en que se registró un 40 % menos de individuos de anfibios en Nanacamilpa que en Tlahuapan, a pesar de no haber encontrado diferencia en la riqueza de especies. A partir de un metanálisis, Thompson y Donnelly (2018) reportaron que la riqueza de anfibios es una variable menos sensible a la modificación del hábitat en comparación con la abundancia o la composición de especies. La pérdida de los bosques templados incrementa la temperatura atmosférica y del suelo (Prevedello *et al.*, 2019),

además, modifica la estructura y composición florística (Chávez-León y Lemos-Espinal, 2021). Estas alteraciones pueden reducir la cantidad y variedad de microhábitats para los anfibios (Díaz-García *et al.*, 2020). En otros estudios también se ha documentado que la abundancia de anfibios se ve afectada por la disminución del área cubierta por bosque templado (Aldape-López y Santos Moreno, 2016; Illescas-Aparicio *et al.*, 2016).

Es posible que la ubicación de los sitios de avistamiento y el tipo de tenencia de la tierra en Tlahuapan hayan favorecido el avistamiento de una comunidad más abundante de anfibios y, en específico, un mayor número de especies e individuos de salamandras sin pulmones —que son más sensibles a la pérdida del bosque que otros anfibios (Díaz-García *et al.*, 2020)—. La continuidad entre los bosques protegidos del PNIP y los bosques de Tlahuapan podría amortiguar las variaciones microclimáticas, reducir el efecto de borde y favorecer la dispersión de especies (Gilbert-Norton *et al.*, 2010; Crosby *et al.*, 2010). Por otro lado, la mayor parte del polígono en Tlahuapan se encuen-

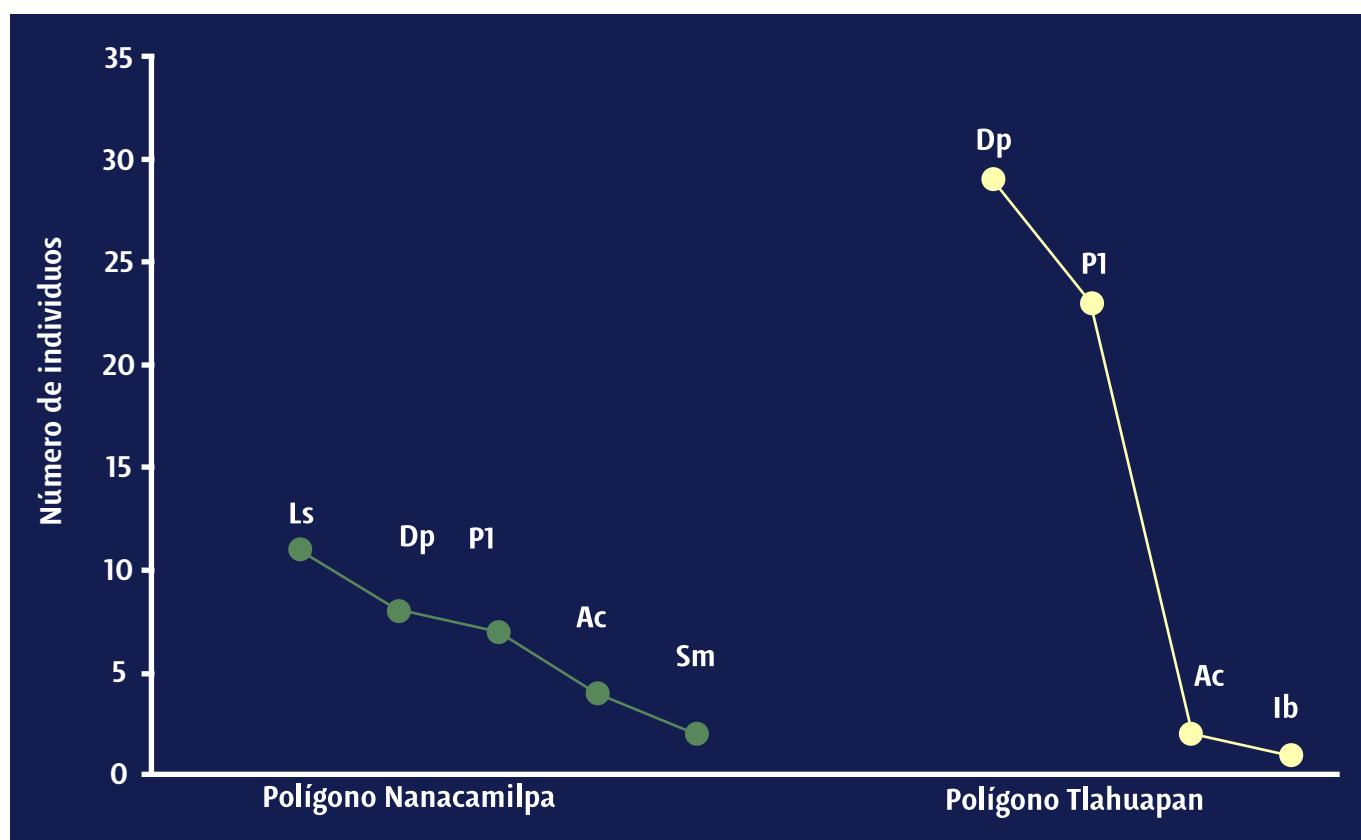


Figura 3. Curvas de rango abundancia de las comunidades de anfibios registradas en los polígonos de Nanacamilpa, Tlaxcala y de Tlahuapan, Puebla. Ls = *Lithobates spectabilis*, Dp = *Dryophytes plicatus*, Pl = *Pseudoeurycea leprosa*, Ac = *Aquiloeurycea cephalica*, Sm = *Spea multiplicata*, Ib = *Isthmura bellii*.

Fuente: elaboración propia.

tra dentro de un ejido forestal (Pérez-Carreto, 2020), donde se regula la extracción de madera, contribuyendo al mantenimiento de una cobertura forestal extensa e, indirectamente, a la conservación de los anfibios especialistas del bosque templado. Aunado a ello, el ejido tiene otras fuentes de ingreso económico: cuenta con una planta embotelladora de agua (Velasco-Santos, 2020) y recibe turistas a lo largo del año que practican deportes de montaña, además de visitas de turistas con vehículos todoterreno. Asimismo, se comercializan bienes forestales no maderables, como heno y musgo. Hay que decir que la tala y la caza son frecuentes en esta región, pese a que existen programas de vigilancia. Sin embargo, es necesario evaluar en profundidad el posible impacto negativo de algunas de estas actividades sobre la diversidad, el ecosistema y los procesos ecológicos.

A pesar de que es considerada una actividad «ecoturística», en el Santuario de las Luciérnagas de Nanacamilpa se han detectado problemáticas ambientales asociadas a la elevada afluencia turística, como contaminación lumínica, del agua y por residuos sólidos, así como el pisoteo de luciérnagas, la pérdida de bosque para la delimitación de nuevos senderos y la construcción de infraestructura (García-Trujillo et al., 2018). García-Trujillo et al. (2018) proponen que el Santuario de las Luciérnagas sea considerado un «recurso de uso común», no en los límites de propiedad (privados o ejidales), sino en el manejo y aprovechamiento de los bosques. Esto debido a que el manejo turístico sin regulación y el cambio de uso de suelo en cada uno de los sitios de avistamiento afectan directamente al hábitat de los anfibios y a los sitios de reproducción de las luciérnagas, comprometiendo, además, la viabilidad de esta actividad ecoturística a largo plazo.

Dentro de las estrategias para mitigar el impacto de las actividades turísticas en el Santuario de las Luciérnagas de Nanacamilpa, así como en otros sitios de avistamiento, los pobladores han registrado sus predios como «Áreas destinadas voluntariamente a la conservación», y han establecido senderos de observación permanentes para evitar el pisoteo de luciérnagas y de otros organismos (Reyes-Sánchez, 2020). Una estrategia que pudiera ayudar a mantener y recuperar el bosque templado es promover el esquema de «Pago por servicios ambientales» donde aún no se ha implementado. Este incentivo económico favorece las prácticas de mane-

jo sustentables (Conafor, 2022) y podría ayudar a regular la capacidad de carga del santuario, calculada en 466 visitantes por día y que actualmente se encuentra rebasada en un 250 % (García-Trujillo et al., 2018). Estas estrategias podrían ser ventajosas para las luciérnagas y los anfibios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de esta investigación sugieren que los sitios de avistamiento de luciérnagas de Nanacamilpa y Tlahuapan son refugio para la diversidad de anfibios y que, al albergar a comunidades de aves, hongos y mamíferos (Zamora Martínez, et. al., 2006; Pérez-Carreto, 2020; García-Hernández, 2017; Ramírez-Albores, 2013; Ramírez-Albores et. al., 2014;), están protegiendo indirectamente a otras especies.

Sin embargo, es necesario monitorear la persistencia de la deforestación en sitios como Nanacamilpa, la cual puede reducir la diversidad de hongos del suelo (Navarro-Noya et al., 2021), aves (Ramírez-Albores, 2013) y anfibios. Asimismo, es necesario evaluar si existen donaciones o asignaciones económicas obtenidas de la actividad ecoturística, para fomentar la conservación del bosque templado y su biodiversidad, por ejemplo, a partir de la implementación de prácticas de restauración ecológica.

Finalmente, para contribuir a la conservación de la biodiversidad en los sitios de avistamiento de luciérnagas en Nanacamilpa, es necesario controlar el elevado número de turistas. Mientras que en Tlahuapan es importante estimar la capacidad de carga del sitio y mantener bajo el número de visitantes, así como establecer rutas específicas para la práctica de deportes de montaña. Así, se podría garantizar que los sitios de avistamiento de luciérnagas apoyen la conservación de comunidades biológicas diversas y esto sea redituable en la economía de los pobladores.

Agradecimientos

A los administradores y autoridades de los ejidos de San Rafael Ixtapalucan, Moxolahuac y San José Nanacamilpa. A los propietarios y administradores del Parque Ecoturístico Piedra Canteada y Villas del Bosque Santa Clara. A las autoridades de los municipios de Nanacamilpa, Tlaxcala y Tlahuapan, Puebla. A Lenin Ríos Figueroa, María Chandel Juárez Ramírez, Omar Ramírez Icaza y Erick Gómez Campos por el apoyo en trabajo de campo, logística y administración. A Erick Gómez Campos, Eric Cen-



EN LOS SITIOS DE AVISTAMIENTO DE LUCIÉRNAGAS SE MANTIENE LA COBERTURA FORESTAL (GARCÍA-TRUJILLO ET AL., 2018) Y, EN CONSECUENCIA, SE PUEDEN DAR LOS REQUERIMIENTOS AMBIENTALES PARA QUE LOS ANFIBIOS PUEDAN HABITARLOS.

tenero Alcalá, Jonathan Torres Pérez Coeto y Alejandro Arias del Razo por compartir las fotografías. A Judith Galicia por su apoyo en la administración. A la Semarnat y Conanp, por los permisos otorgados (SGPA/DGVS/9263/19 y SGPA/DGVS/07931/21).

JMDG recibió una beca posdoctoral (número 3981386) del Conahcyt (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología). Al Proyecto del Fondo Sectorial de Investigación SRE-Conahcyt: análisis de la conectividad funcional entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl e identificación de áreas prioritarias para la conservación (CAR número 286794), por el financiamiento.



➤ Aníbal Helios Díaz de la Vega Pérez

Biólogo egresado de la FES-Iztacala con maestría y doctorado en el Instituto de Biología de la UNAM. Actualmente, es investigador por México del Conahcyt, adscrito al Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la UATx. Se ha enfocado al estudio de los requerimientos ecofisiológicos, la biodiversidad y la evaluación de la vulnerabilidad ante el cambio climático global de reptiles y anfibios, en concordancia con la conservación y protección de ecosistemas y especies.
anibal.helios@gmail.com



➤ Itzel Arias del Razo

Bióloga egresada de la BUAP y doctora en Ecología y Manejo de Recursos Naturales por el Instituto de Ecología, A. C. (INECOL). Es académica en la Universidad Autónoma de Tlaxcala. Su línea de investigación se centra en evaluar el impacto de las actividades humanas en las interacciones multitroficas y sus posibles implicaciones en la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos. Está interesada en desarrollar estrategias para el manejo, conservación y uso sostenible de la vida silvestre, así como en el desarrollo de proyectos de restauración y reafianzamiento.
itzel.arias@gmail.com



➤ Juan Manuel Díaz García

Biólogo, maestro y doctor en Ciencias. Es candidato a investigador nacional e investigador posdoctoral en el Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UATx. Su línea de investigación es la ecología de la restauración, la ecología funcional, la conservación de anfibios, la diversidad biocultural y la identificación de áreas prioritarias con enfoque multitaxonómico.
juanm.diazgarcia@gmail.com

REFERENCIAS

- Acle Mena, R. S., Valverde Sierra, M. L., Franco Martínez, G. y Claudio Morales, A. (2018). Sustentabilidad para la preservación del santuario de la luciérnaga en Nanacamilpa Tlaxcala. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 16(3), 731-744. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2018.16.052>
- Agaja, T. M., Adeleke, E. A., Adeniyi, E. E. y Afolayan, P. T. (2020). The assessment of deforestation impact towards microclimate and environment in Ilorin, Nigeria. *Geosfera Indonesia*, 5(3), 301. <https://doi.org/10.19184/geosi.v5i3.16874>
- Aldape-López, C. T. y Santos Moreno, A. (2016). Efecto del manejo forestal en la herpetofauna de un bosque templado del occidente de Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(3). <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i3.21525>
- Bodo, T., Gimah, B. G. y Seomoni, K. J. (2021). Deforestation and habitat loss: human causes, consequences and possible solutions. *Journal of Geographical Research*, 4(2), 22-30. <https://doi.org/10.30564/jgr.v4i2.3059>
- Chao, A. y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Chávez-León, G. y Lemos-Espinal, J. A. (2021). Anfibios y reptiles de bosques bajo manejo silvicultural. En G. Chávez y J. Lemos, *Folleto Técnico Núm. 32* (p. 73). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). (2022). Pago por Servicios Ambientales: incentivos económicos para la conservación de los ecosistemas. *Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/pago-por-servicios-ambientales-incentivos-economicos-para-la-conservacion-de-los-ecosistemas>
- Crump, M. L. (2009). Amphibian diversity and life history. En C. Kenneth Dodd (Ed.), *Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques* (pp. 3-19). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199541188.003.0001>
- De la Rosa, D. (15 de agosto de 2023). Exitosa temporada de luciérnagas, presume Secture. Quadratín Tlaxcala. *Quadratín Tlaxcala*. <https://tlaxcala.quadratín.com.mx/turismo/exitosa-temporada-de-luciernagas-presume-secture/>
- Díaz-García, J. M., López-Barrera, F., Toledo-Aceves, T., Andresen, E. y Pineda, E. (2020). Does forest restoration assist the recovery of threatened species? A study of cloud forest amphibian communities. *Biological Conservation*, 242, 108400. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108400>
- Duellman, W. E. y Trueb, L. (1986). *Biology of amphibians*. Johns Hopkins University Press. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA23465732>
- García-Hernández, M. (2017). *Etnomicrología de San Rafael Ixtapalucan, municipio de Santa Rita Tlahuapan, Puebla* [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional BUAP. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/14012>
- García-Trujillo, Z. H. M. K., Quintero, S., Hernández, L. G. G. y Pérez, J. A. T. (2018). Valoración económica del Santuario de la Luciérnaga en Nanacamilpa, Tlaxcala. *El Periplo Sustentable*, 35, 64-95.
- García-Trujillo, Z. H. M. K., Almeraya-Quintero, S. X., Guajardo-Hernández, L. G. y Torres-Pérez, J. A. (2021). Evaluación de la capacidad de carga en los senderos de turismo de luciérnagas, Nanacamilpa, Tlaxcala. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 18(1), 127-143.
- Gilbert-Norton, L., Wilson, R. R., Stevens, J. R. y Beard, K. H. (2010). A meta-analytic review of corridor effectiveness. *Conservation biology*, 24(3), 660-668. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01450.x>

- Hsieh, T. C., Ma K. H. y Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451-1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Illescas-Aparicio, M., Clark-Tapia, R., González-Hernández, A., Vásquez-Díaz, Pedro R. y Aguirre-Hidalgo, V. (2016). Diversidad y riqueza herpetofaunística asociada al bosque de manejo forestal y áreas de cultivo, en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3), 359-369.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2018). *Uso de suelo y vegetación*. Geografía y Medio Ambiente. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). (5 de mayo de 2019). Media release: nature's dangerous decline 'unprecedented'; species extinction rates 'accelerating'. *Ipbes*. <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>
- IUCN. (2023). *IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/>
- Krosby, M., Tewksbury, J. J., Haddad, N. M. y Hoekstra, J. M. (2010). Ecological connectivity for a changing climate. *Conservation Biology*, 24(6), 1686-1689. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01585.x>
- López-Téllez, M. C., Campos-Cabral, V. y Ramírez-Carmona, G. (2019). Parque Nacional La Malinche y el impacto ecológico social de su decreto como Área Natural Protegida. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 19(36), 10-30. <http://www.coltlax.edu.mx/openj/index.php/ReyDS/article/download/74/pdf>
- Miranda, E. B. P., Peres, C. A., Carvalho-Rocha, V., Miguel, B. V., Lormand, N., Huizinga, N., Munn, C. A., Semedo, T. B. F., Ferreira, T., De Pinho, J. B., Piacentini, V. Q., Marini, M. A. y Downs, C. T. (2021). Tropical deforestation induces thresholds of reproductive viability and habitat suitability in Earth's largest eagles. *Scientific Reports*, 11, artículo 13048. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92372-z>
- Naturalista. (2023). *iNaturalist Mexico*. <https://mexico.inaturalist.org/>
- Navarro-Noya, Y. E., Montoya-Ciriaco, N., Muñoz-Arenas, L. C., Hereira-Pacheco, S., Estrada-Torres, A. y Dendooven, L. (2021). Conversion of a high-altitude temperate forest for agriculture reduced alpha and beta diversity of the soil fungal communities as revealed by a metabarcoding analysis. *Frontiers in Microbiology*, 12, artículo 667566. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.667566>
- Pérez-Carreto, Z. J. (2020). Identificación de áreas con mayor riqueza potencial de especies en la zona intermedia y en los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl. [Tesis de Licenciatura en Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional BUAP. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/11493>
- Prevedello, J. A., Winck, G. R., De Moraes-Weber, M., Nichols, E. y Sinervo, B. (2019). Impacts of forestation and deforestation on local temperature across the globe. *PLOS ONE*, 14(3), artículo e0213368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213368>
- Primack, R. B. (2010). *Essentials of conservation biology* (4ª edición). Sinauer Associates.
- R Core Team. (2018). R: a language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Viena, Austria. Disponible en línea en <https://www.r-project.org/>
- Ramírez-Albores, J. E. (2013). Riqueza y diversidad de aves de un área de la faja volcánica transmexicana, Tlaxcala, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(3), 486-512. <https://doi.org/10.21829/azm.2013.2931593>
- Ramírez-Albores, J. E., León-Paniagua, L. y Navarro-Sigüenza, A. G. (2014). Mamíferos silvestres del Parque Ecoturístico Piedra Canteada y alrededores, Tlaxcala, México; con notas sobre algunos registros notables para el área. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 48-61. <https://doi.org/10.7550/rmb.30485>
- Reyes-Sánchez, M. D. (2020). *Análisis de relación entre ejidos y áreas naturales protegidas en México: estudio de caso del municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista Tlaxcala* [Área de Síntesis y Evaluación de la Licenciatura en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable, Universidad Iberoamericana Puebla]. Repositorio Institucional Ibero. <https://hdl.handle.net/20.500.11777/4777>
- Rosas-López, P. E. (2017). *Propuesta de mejora en el servicio caso: ecohotel Piedra Canteada, Nanacamilpa, Tlaxcala*. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional].
- Sánchez-López, A. C. (2022). *Diseño paisajístico del proyecto conjunto el barrilete: parque productivo y recreativo el barrilete, microcorredor biológico Tirrá y centro de visitación Río Azul, Tlaxcala*. [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica].
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2022). *Informe del Medio Ambiente*. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap2.html>
- Thompson, M. E. y Donnelly, M. A. (2018). Effects of secondary forest succession on amphibians and reptiles: a review and meta-analysis. *Copeia*, 106(1), 10-19. <https://doi.org/10.1643/ch-17-654>
- Velasco-Santos, P. (2020). El ciclo hidropolitico en Tlhuapán, Puebla: reflexiones en el Capitaloceno. *Collectivus: Revista de Ciencias Sociales*, 7(2), 53-85. <https://doi.org/10.15648/collectivus.vol7num2.2020.2673>
- Walpole, M. J. y Leader-Williams, N. (2002). Tourism and flagship species in conservation. *Biodiversity and Conservation*, 11(3), 543-547. <https://doi.org/10.1023/a:1014864708777>
- Warnes, G.R., Bolker, B., Lumley, T. y Johnson, R.C. (2018). Package 'gmodels'. Various R programming tools for model fitting
- WWF (World Wildlife Fund). (2022). *Living Planet Report - 2022: Building a nature-positive society*. WWF.
- Zamora-Martínez, M. C., Montoya, A., Kong, A., Nieto de Pascual, C., González-Hernández, A. y Martínez-Valdés, J. I. (2007). *Hongos silvestres comestibles de Tlaxcala II* (p. 79). CENID-COMEF, INIFAP, UAT.
- Zemanova, M. A., Perotto-Baldivieso, H. L., Dickins, E. L., Gill, A. B., Leonard, J. P. y Wester, D. B. (2017). Impact of deforestation on habitat connectivity thresholds for large carnivores in tropical forests. *Ecological Processes*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s13717-017-0089-1W>



► *Design Thinking* en línea
en la educación superior

ONLINE DESIGN THINKING

in a higher educational environment



41

By:  Anna Herold · Manuela Gutiérrez-Leefmans



Herold, Anna y Gutiérrez-Leefmans, Manuela. (2024). Online Design Thinking in a higher educational environment. *Entorno UDLAP*, 23

➡ **Recibido:** 14 de febrero de 2024 ✓ **Aceptado:** 12 de marzo de 2024

www.udlap.mx

◆ ABSTRACT

COVID-19 brought challenges for online education at different levels. Teamwork and creativity, vital activities for innovation, were affected.

Moreover, the post-pandemic emergence of hybrid work urged the need to study collaborative tools. This study does an experiment of two groups, graduate and undergraduate students, who used a software for a brainstorming activity as part of a Design Thinking (DT) approach to solve a problem. A questionnaire was applied in order to measure different variables of DT, adding the technical ability one. By running two independent samples *t*-tests most variables were non-significant, however, the ability to “think out of different perspectives”, part of the creativity and intuition variable, showed significant results, indicating that the software does impact each group differently when it comes

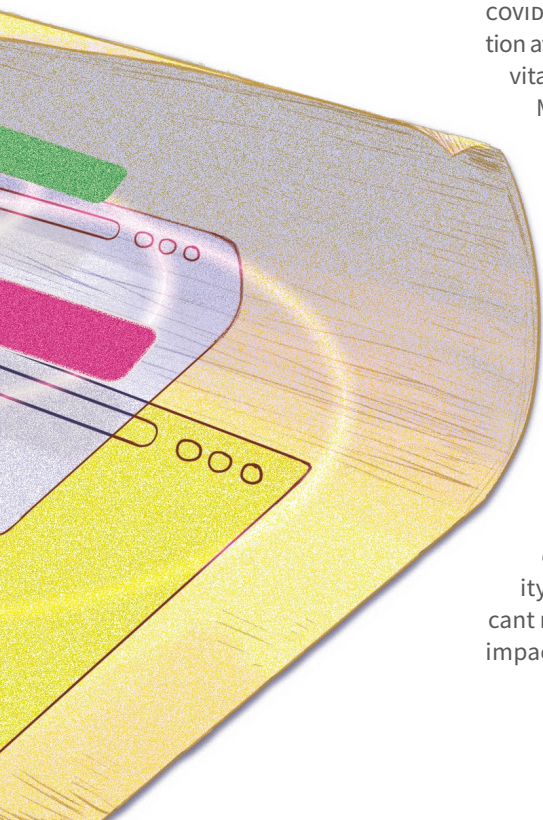
to such ability. Theoretical and practical implications for both educators and organizations are outlined.

◆ KEYWORDS:

Design Thinking · Online education · Pandemic · Creativity · T-test

◆ RESUMEN

El COVID-19 trajo desafíos para la educación en línea en los diferentes niveles. El trabajo en equipo y la creatividad, actividades vitales para la innovación, se vieron afectadas. Además, el surgimiento del trabajo híbrido enfatizó la necesidad de analizar las herramientas colaborativas. Este estudio realiza un experimento de dos grupos de estudiantes, uno de licenciatura y otro de posgrado, que utilizaron un *software* para lluvia de ideas, parte del enfoque del pensamiento de diseño (DT, por sus siglas en inglés), para la solución de problemas. Nuestro cuestionario mide seis variables de la metodología



propia del DT y añade la capacidad técnica. Al ejecutar dos pruebas de t independientes de muestra, la mayoría de las variables resultaron no significativas, pero la capacidad de «pensar desde diferentes perspectivas», parte de la creatividad e intuición, resultó significativa, indicando que el *software* afecta de manera diferente a ambos grupos en dicha habilidad. Se describen las implicaciones teóricas y prácticas, tanto para educadores como para organizaciones.

◆ PALABRAS CLAVE:

Pensamiento de diseño • Educación en línea • Pandemia • Creatividad • Prueba de t

◆ INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic affected much of our behavior due to the limited contact with family and friends. Working life, especially teamwork and creative work, was also impacted, and this may have a lasting negative effect on the development of innovations and ideas, hindering the further success of universities and companies (Bertelsmann, 2020). Hence, in post-pandemic times, a trend of hybrid-working for certain industries emerged (The Oxford Group, 2023), which urged the need to validate certain collaborative tools, in particular, for brainstorming. The creativity method of Design Thinking—subject of our study—works through workshops and the joint development of ideas. Until the outbreak of COVID-19, these mainly took place on-site (Brown, 2009); a condition that, in some industries, is no longer desirable today.

Another reason why DT workshops that are executed online may become more important, besides the growing relevance of flexible workplaces, is the environmental protection and cost reduction for companies. As people work further apart in an international and more flexible environment, traveling is increasingly avoided. The same applies to the field of education, in particular to universities, which are an essential hub for the development of new ideas and solutions. Hybrid master's programs are becoming more popular, with an ascending amount of remote study programs as well as other distant learning courses (Lester, 2005; Bertelsmann, 2020).

DT has led to good ideas and solutions for problems in the past and, therefore, has become widely spread overtime (Micheli *et al.*, 2018). However, one could assume that when adopting such practice online, there could be differences among users' adoption and usage of certain collaborative tools. Specifically, the question to be

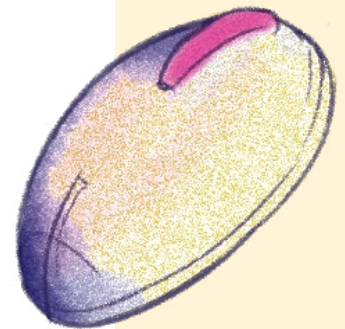
answered in this study is, within the university context, *are there differences among the diverse educational levels when adopting online DT collaborative tools?*

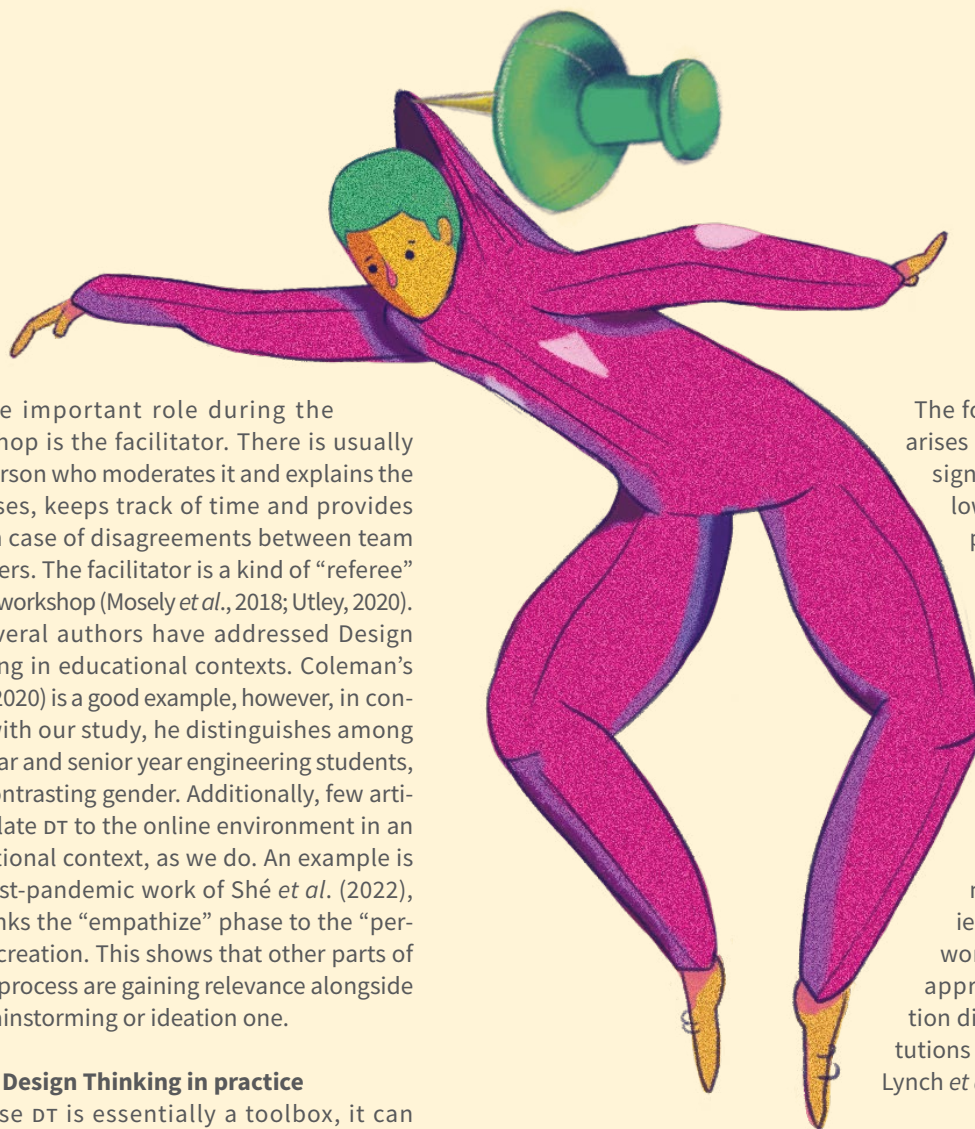
For this purpose, the DT method is examined. Special attention is paid to its central elements and roles. Afterward, a framework is proposed for its use in an online setting. First, we discuss assumptions about the differences between the online and offline settings, which are based on research and previous experiences in online workshops. Then, the results of the two workshops that we conducted are presented in the methodology section, together with the t -test analysis performed. The differences between the two student groups are presented, as well as a discussion section that suggests practical implications and further research venues.

Theoretical foundation and practical application of Design Thinking

During the last years, the popularity of the Design Thinking method, which was developed at Stanford in the middle of the 20th century, has been rising (Stackowiak and Kelly, 2020; Ideo, 2021; AJ&Smart, 2021). A great influence on the spread of DT was created through the foundation of the so-called *d.school* in Stanford, along with the agency Ideo. David Kelley, one of its developers, described it as “a method for how to come up with ideas. These are not just ideas, but breakthrough ideas that are new to the world, especially with respect to complex projects, complex problems” (Camacho, 2016, p. 88).

Depending on the source, the number of phases of DT and their labelings can vary. The model of the *d.school* in Potsdam, Germany consists of a six-phase model (Hasso-Plattner-Institute, 2021a; 2021b). The six phases are “understand”, “observe”, “point of view (POV)”, “ideate”, “prototype” and “test” (2021a). The Stanford model refers to the first phase as “empathize” and does not include the “observe” phase. We decided to follow the latter model, as the extra phase in the former would require additional resources. The observation of potential user groups is difficult to organize and takes more time, as it involves gathering potential consumers. Our study focuses on the “ideate” phase, as it is concerned with the use of an online tool for idea generation. The first three phases are explained during the workshop, for practical reasons a POV is given to the students previously. The goal of DT is to develop ideas, solve problems and create innovations by combining technology, business, and the human factor.





One important role during the workshop is the facilitator. There is usually one person who moderates it and explains the exercises, keeps track of time and provides help in case of disagreements between team members. The facilitator is a kind of “referee” for the workshop (Mosely *et al.*, 2018; Utley, 2020).

Several authors have addressed Design Thinking in educational contexts. Coleman’s work (2020) is a good example, however, in contrast with our study, he distinguishes among first year and senior year engineering students, also contrasting gender. Additionally, few articles relate DT to the online environment in an educational context, as we do. An example is the post-pandemic work of Shé *et al.* (2022), who links the “empathize” phase to the “persona” creation. This shows that other parts of the DT process are gaining relevance alongside the brainstorming or ideation one.

Use of Design Thinking in practice

Because DT is essentially a toolbox, it can be used for almost any problem-solving or ideation situation. Its resources are not necessarily focused on a specific area or topic (Knapp *et al.*, 2016; Camacho, 2016; Ideo, 2021; AJ&Smart, 2021; Retna, 2016; Brown, 2009). How long Design Thinking is used for depends greatly on the context. Some teams or agencies use it continuously, whereas other universities and companies may only use it for short periods of time, such as a day or a few hours (Brown, 2009; Knapp *et al.*, 2016; AJ&Smart, 2021). Another popular way of using it is the so-called *Design Sprint*, developed mainly by Jake Knapp and his colleagues at Google Ventures. It summarizes the Design Thinking process in a five-day workshop (Knapp *et al.*, 2016).

DT is becoming increasingly popular in the educational sector, as well as in other areas. Users in practice are, for instance, independent faculties, foundation centers of universities and lecturers (Camacho, 2016).

The focus on DT in schools mostly arises in connection with a new design of education. The trend follows a focus on solving practical problems and developing new ideas that also create value in the real world and not only in the classroom (Koh *et al.*, 2015). One focus of DT in education is the field of management and entrepreneurship, (*i.e.*, business schools). Hence, it has become an almost mandatory exercise in business-related majors, since this makes it easier for graduates to apply in their working life later on. Again, the approaches for its implementation differ among educational institutions (Matthews and Wrigley, 2017; Lynch *et al.*, 2019).

A framework for online Design Thinking workshops

The Design Thinking model used in this study is mostly based on the framework of Micheli *et al.* (2018). They conducted a systematic review of the DT literature and identified ten principal attributes. A focus is set on the attributes and codes that are associated with Design Thinking and the frequency with which they are mentioned in articles. In addition to the attributes used by these authors, we added *technical ability* to our framework, since it plays a crucial role in the online setting. The technical literacy, as well as the equipment of the participants, are vital in online workshops. Experimenting is also considered in newer frameworks (Ericson, 2022), where the abilities to criticize, judge, identify and analyze arguments, as well as decision making, emerge as relevant in the DT process.

This analysis measures six different aspects of the DT approach: creativity and in-

novation, problem-solving, collaboration, ability to visualize, design tools and methods, and technical ability. Creativity and innovation can be understood as the ultimate goal of the entire Design Thinking approach, and achieving it depends on the right environment and conditions. Since DT is a problem-solving method, in this context it means that a given situation which cannot be solved using classical analytical methods is framed neither too broad nor too specifically. Recent literature on DT in educational contexts, highlights the “reasoning” part of the process, (Rusmann and Ejsing-Duun, 2022), where factors, such as problem setting, modeling and process management, become relevant.

Collaboration is the successful execution of the Design Thinking process in a team and without a hierarchy, so that different perspectives on one issue can be easily provided. The ability to visualize allows students to think nonverbally. It involves listening, thinking and drawing. Design tools and methods are the exercises that are executed by the teams during the workshop (e.g., the use of sticky notes for brainstorming). Technical ability means that the participants have the technical skills and the needed equipment for online workshops (Brenner, 2016; Brown, 2009; Camacho, 2016; Ideo, 2021; Micheli *et al.*, 2018; Stephens, 2015). Based on the variables selected, we developed the following hypotheses:

H0 = The means of the graduate and undergraduate group does not differ in any of the variables.

H1 = The means of the graduate and undergraduate group differ in the creativity and innovation variable. MBA students, for example, may have different abilities and perspectives due to their working experience in diverse industries, besides their different professional backgrounds.

H2 = The means of the graduate and undergraduate group differ in the problem-solving variable.

H3 = The means of the graduate and undergraduate group differ in the collaboration variable.

H4 = The means of the graduate and undergraduate group differ in the ability to visualize variable.

H5 = The means of the graduate and undergraduate group differ in the design tools and methods variable.

H6 = The means of the graduate and undergraduate group differ in the technical ability variable.

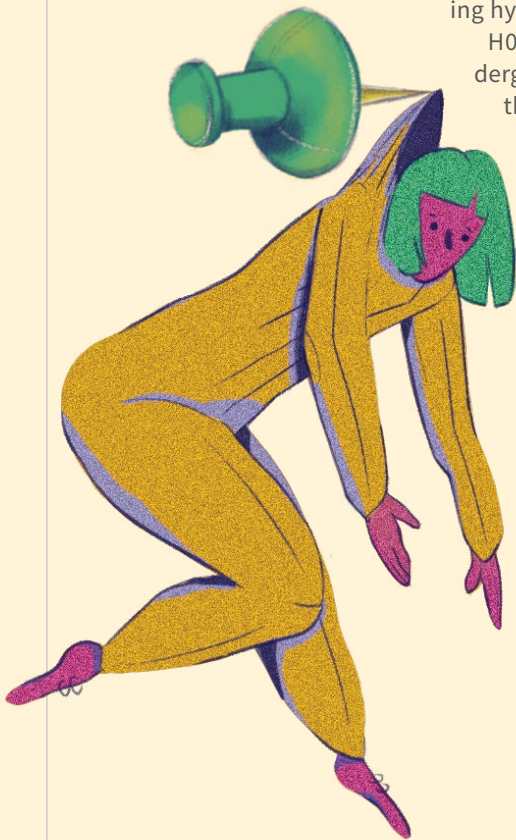
Figure 1 shows the proposed framework.

METHODOLOGY

To investigate the adoption of the Design Thinking method in an online educational setting, online workshops were conducted at different age and educational levels. The methodology is based on the work of Meinel *et al.* (2020). This experimental research design was selected in order to give the participating students the possibility to experience an online Design Thinking workshop before evaluating it according to the parameters of the elaborated framework through a questionnaire.

Both workshops took place in lectures in a private university, one of them in the undergraduate Marketing program, and the other one in the MBA program. The participants of the undergraduate program have similar backgrounds and are in a similar range of age, while the master's students come from a more diverse academic, as well as professional, background and a broader age bracket. Both classes were selected because the lectures have a focus on Innovation studies. Therefore, a convenience sampling design was used (Emerson, 2015).

Both workshops were conducted under the same conditions: the teams have the same amount of time, the same problem to solve, and the same resources (both used Mural boards). Mural is a software for collaborative work that uses visual aids and interactivity to facilitate teamwork. It aims to improve communication and workflow via the use of sticky notes, canvas, mapping and diagramming, images, and templates. It allows sharing ideas in real time—a very appreciated feature (Brown, 2009, p. 31). Some important features are how sticky notes can be moved around the board used for the workshop depending on the phase (Mural, 2020a; 2020b). An additional resource used was Blackboard, an educational tool for video collaboration. A general statement about the usability of online workshops that use DT in the educational sector should be possible due to the experience of both groups with online tools. The analysis of the workshop is mostly



done by means of a questionnaire, which participants filled in directly afterward.

Furthermore, the facilitators went from group to group to support the teams in case of difficulties. While doing so, one facilitator took notes, which were validated by the other after the workshop. Those observations include the assessment of the flow of the workshop, as well as the Mural boards that the groups used to elaborate their ideas. Due to the technical infrastructure of Blackboard, it was not possible to record each group's interactions (it is not possible when breaking out into groups), hence, the evaluation can only be based on the observations of the groups.

Preparation of the workshop and development of the Mural

We describe here the process followed for the workshop. At the beginning, the professor gave a short introduction to the topic of Design Thinking, which lasted about ten minutes. They presented the most important elements and goals of the process, as well as facts about the development and delimitation of the method. Afterward, a short introduction about the tool was given with recommendations on how

it should be used. In this case, it was a combination of Blackboard, where group spaces were formed, and Mural, a tool that allowed virtual collaboration, creating a workspace close to the DT environment, described before.

Each team had their board, and thus, its workspace, where they could move from task to task. During the introduction, the individual steps were discussed together with exercises that the participants had to perform independently. The rules for working together were also presented.

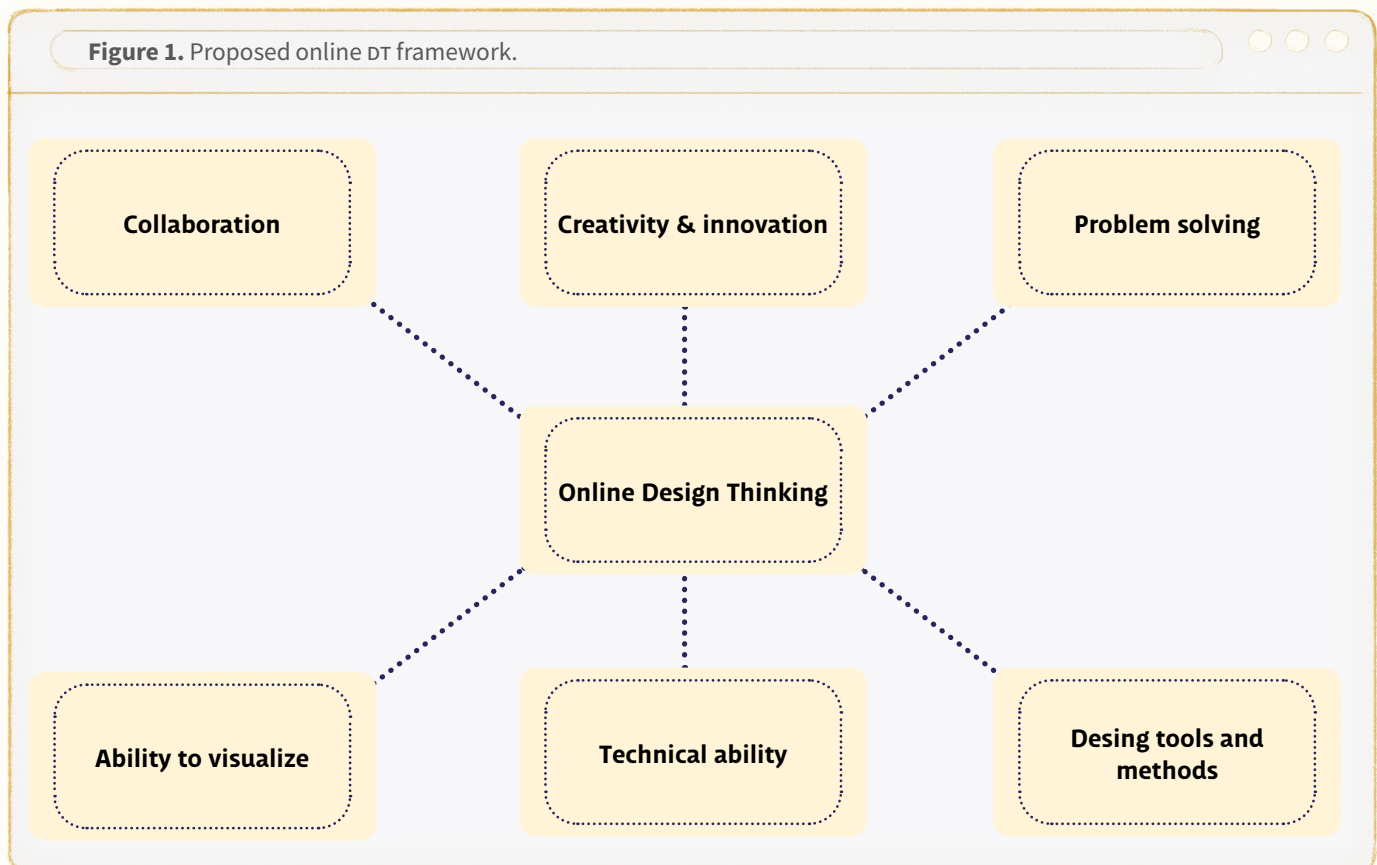
The main step was brainstorming, where solutions to the question need to be found. In English, the instruction was: *What product can be developed to address the changing needs of customers during the pandemic?* Each team member had four minutes to solve the task — as slight time pressure favors productive work. After an individual brainstorming exercise, then came the group one. Each participant had to present their ideas to the group. Afterward, these ideas were sorted, and so-called clusters were formed, where the same or similar ideas lay next to each other. Further time was allotted for voting, where each participant picked their favorite ideas and gave them up to three points. In the end, the idea with the most points



THIS ANALYSIS MEASURES SIX DIFFERENT ASPECTS OF THE DT APPROACH: CREATIVITY AND INNOVATION, PROBLEM-SOLVING, COLLABORATION, ABILITY TO VISUALIZE, DESIGN TOOLS AND METHODS, AND TECHNICAL ABILITY.



Figure 1. Proposed online DT framework.



Source: own elaboration.

was taken to the next phase and developed further. The used sub-method of brainwriting—the so-called “idea tower”—worked as follows: in round one, each participant tried to answer the question *Which attributes should the new product have?*, for the selected idea. The participants first developed their own idea for three minutes. Afterward, in round two, they had to go one field down and then to the right. That is, the participant was below the developed attribute of one of its team members. In the following three minutes, they had to attempt to develop its team member’s idea further, while adding their own components to it.

After this process, it came to step five, which, involved a vote for the most important parts of the developed attributes. Three minutes were allotted for this. Finally, the developed idea and its most essential components were summarized on a sticky note, which was basically an initial new product concept. This was the end of the workshop, when the participants filled out a questionnaire.

The presented approach focused mostly on the “ideate” phase of the DT process. We are assuming that the students are also consumers and, therefore, able to empathize (phase 1), hence, the “point of view (POV)” phase, or problem definition, was already given to students. The two last phases were not part of the workshop.

Development of the questionnaire

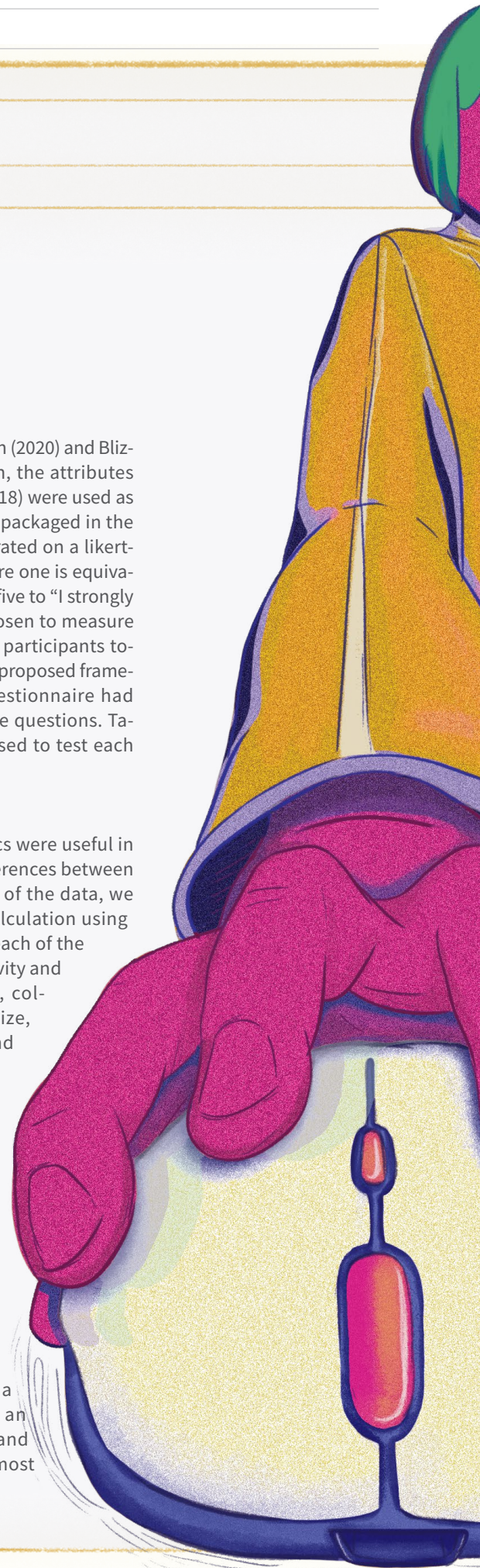
In the questionnaire, two or three questions are asked for each tested construct of the framework, as well as some supplementary ones that included age, preference for online or offline workshops and additional comments. The master’s program was also asked to report its academic background.

The development of the questionnaire was based on questions from other studies, like

Sarooghi *et al.* (2019), Coleman (2020) and Blizard *et al.* (2015). In addition, the attributes and codes of Micheli *et al.* (2018) were used as a guide. These questions are packaged in the form of statements that are rated on a likert-type scale of one to five, where one is equivalent to “I strongly agree” and five to “I strongly disagree”. This method is chosen to measure the different attitudes of the participants towards the components of the proposed framework (Likert, 1932). The questionnaire had a total amount of twenty-one questions. Table 1 shows the questions used to test each construct.

Data analysis

Although descriptive statistics were useful in the beginning to see the differences between both groups, in the analysis of the data, we did an independent *t*-test calculation using SPSS statistical software for each of the variables under study: creativity and intuition, problem-solving, collaboration, ability to visualize, ease of use, design tools and methods and technical ability. Parametric tests, such as the 2-sample *t*-test or independent *t*-test, assume a normal, continuous distribution, but with a sample of sufficient size—as is the case of our data—, *t*-tests are robust enough to handle departures from normality (Minitab Blog Editor, 2016). Another solution to work with non-normally distributed data is to use a non-parametric test, such as a u-test. However, De Winter and Dodou (2010) find that, for most



pairs of distributions, the difference between the statistical power of the two tests is trivial. This is confirmed by Vieira (2016), who finds that a *t-test* is valid to compare groups even when the variable measured is a Likert scale and the population does not have a normal distribution.

Hence, a one-tailed two-sample *t-test* was applied to both groups (group A: undergraduate students and group B: graduate students). Each group comprises thirty-one students. A five-point Likert scale was used for all of our questions, where 1 meant “strongly agree” and 5, “strongly disagree”. Therefore, the *t-test* was used to explore whether the null hypothesis (H_0), there is no difference between the means from group A and group B, could be rejected.

◆◆ RESULTS

A significance level of 0.05 was used to run the test. As shown in table 2, most variables were non-significant. However, for one of the questions under the category “creativity and intuition”, “ability to think out of different perspectives”, the result was significant. Namely, in this question the null hypothesis was rejected, meaning that there is a statistically significant difference between the means in both groups. Therefore, being part of a specific group does affect the ability to think out of different perspectives when using the software. This means that the thirty-one students in group A ($M = 2.26$, $SD = 43.94$), compared to the thirty-one students in group B ($M = 1.74$, $SD = 23.94$), report a higher ability to think out of different perspectives when using the software. For this variable, the *t-test* renders a *t-value* of 1.91, which is significant with a *p-value* of 0.03.

Observation of the process indicates that the students understood the tasks and were able to follow the procedure presented and the instructions within the Mural board. All teams successfully worked on all parts of the board. In total, the master’s program participants took about five more minutes for the workshop compared to the undergraduate’s program students, which finished in about 40 minutes. The design tools and methods were transferable to the online environment and could be implemented by most of the participants. Whereas, for the technical ability, students were able to overcome any difficulty encountered.

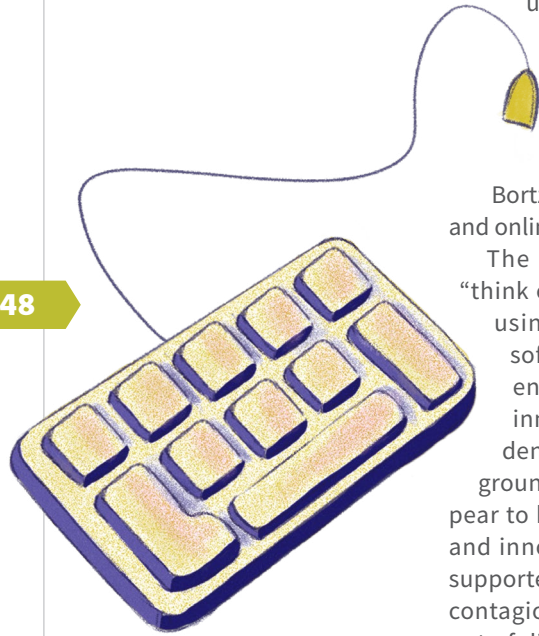
◆◆ DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Overall, results indicate that perceptions of the use of the software for Design Thinking among both groups is similar. Undergraduates,



**BOTH WORKSHOPS
WERE CONDUCTED
UNDER THE SAME
CONDITIONS: THE
TEAMS HAVE THE
SAME AMOUNT OF
TIME, THE SAME
PROBLEM TO SOLVE,
AND THE SAME
RESOURCES.**





being part of a younger generation, are more used to technology, however, graduate students are also very used to online meetings and training. This means that, for both groups, online Design Thinking workshops are viable. This coincides with Döring and Bortz (2016) findings, who contrast offline and online DT workshops.

The salient variable on the ability to “think out of different perspectives” when using the software, indicates that the software does affect each group differently when it comes to creativity and innovation. Hence, although MBA students come from a rich variety of backgrounds and working experience, they appear to have a barrier in terms of creativity and innovation (as per our results, H1 was supported). For older students, there may be contagion issues that do not let them think out of different perspectives and therefore, conform to the group. This has been wide-

ly acknowledged by researchers and practitioners, claiming that in the “marshmallow challenge” (an activity where students build a spaghetti structure that should hold a marshmallow on top), young children do better than postgraduate students. The former experiment much more on their own, while the latter spend more time planning and analyzing. That is, by devoting less time to experimentation, there are fewer opportunities to think out of different perspectives.

In line with Coleman (2020) and Micheli *et al.* (2018), who conducted offline studies on DT and highlighted the “different perspectives” role on creativity and innovation, our work adds to such body of knowledge by testing the same variable in an online setting. Also, Coleman (2020) contrasted first year versus senior year engineering students, while our study compares undergraduates and graduates. Our study also confirms the work of Gutiérrez-Leefmans (2016), who stresses that the multitasking ability and short-term information overload of young generations

Table 1. Questionnaire items according to constructs.

Framework construct	Items to test
Creativity and innovation	I was able to develop ideas easily. I was able to think out of different perspectives. (Based on Coleman, 2020, Micheli <i>et al.</i> , 2018 and Sarooghi <i>et al.</i> , 2019).
Problem-solving	We analyzed the problem broadly to find a solution that will have the greatest impact. It was easy for me to solve the problem in an online setting. (Based on Micheli <i>et al.</i> , 2018 and Sarooghi <i>et al.</i> , 2019).
Collaboration	I enjoyed the teamwork during the workshop. The communication between the team members worked without any problems. (Based on Blizzard <i>et al.</i> , 2015).
Ability to visualize	My team members' visualizations were easy for me to understand. The software made it easy for me to present my ideas. (Based on Micheli <i>et al.</i> , 2018 and Sarooghi <i>et al.</i> , 2019).
Design tools and methods	It was easy to use the brainstorming method in the software. It was easy to use the dot voting in the software. It was easy to use the brainwriting method in the software. (Based on Micheli <i>et al.</i> , 2018 and Sarooghi <i>et al.</i> , 2019).
Technical ability	I did not have any technical issues. The combination of the work with the software and Blackboard was not a problem for me. The operation of the software was intuitive. (Own elaboration).

Source: own elaboration.

Table 2. *T-test results for variables under study.*

Question	Variable	t-value	p-value	Result
1	I was able to develop ideas easily.	1.17471	0.122376	Non-significant
2	I was able to think out of different perspectives.	1.91055	0.030422	Significant
3	We analyzed the problem broadly to find a solution that will have the greatest impact.	1.08663	0.140774	Non-significant
4	It was easy for me to solve the problem in an online setting.	0.72023	0.23709	Non-significant
5	I enjoyed the teamwork during the workshop.	0.55351	0.290986	Non-significant
6	The communication between the team members worked without any problems.	0.32681	0.372475	Non-significant
7	My team members' visualizations were easy for me to understand.	0.45565	0.325145	Non-significant
8	Mural made it easy for me to present my ideas.	0.10557	0.45814	Non-significant
9	It was easy to use the brainstorming method in Mural.	1.06561	0.145436	Non-significant
10	It was easy to use the dot voting in Mural.	0.10628	0.457858	Non-significant
11	It was easy to use the brainwriting method in Mural.	0.44796	0.327897	Non-significant
12	The operation of Mural was intuitive.	0.65439	0.257679	Non-significant
13	I didn't have any technical issues.	0.89682	0.186699	Non-significant
14	The combination of the work with Mural and Black-board wasn't a problem for me.	1.25357	0.107431	Non-significant

Source: own elaboration.

is a result of technology use, which can lead to different perspectives and bisociative thinking (Rawlinson, 1981) and therefore, to innovation.

Results related to gender were not evaluated, as the questionnaire did not ask for such personal information. Further studies could explore whether relevant differences exist between genders when using the software, as well as other tools to complete the remaining Design Thinking steps online. For example, to do as in offline workshops, where prototypes are developed.

Thinking out of different perspectives is key to innovation, hence, facilitators (either educators or organizational coaches) should be ready to help stimulate a diversity of re-

sponses when necessary. It is important to remember that skills are transferable, from the classroom to companies and the other way around.

Among the limitations of the study is the fact that the survey was conducted within a private university, where students are likely to have more access to developing their technical skills than in other contexts in the country. However, the differences found between undergraduate and postgraduate groups should still be salient. Other methodologies might also be used to get further insights, such as focus groups (already used in DT processes). Quantitative studies that use regressions to explore the predictability of creativity and innovation based on other variables are also encouraged.

**Anna Herold**

Studied International Management in Germany (ESB Business School, Reutlingen University) and Mexico (UDLAP). During her studies she focused on the topic of innovation in various courses and internships.

Her research on Design Thinking started with her thesis, which was directed by Dr. Manuela Gutiérrez-Leefmans. Nowadays, she works as an IT Business Analyst in Frankfurt, Germany, and is pursuing her master's degree in Data Science and Business Analytics.

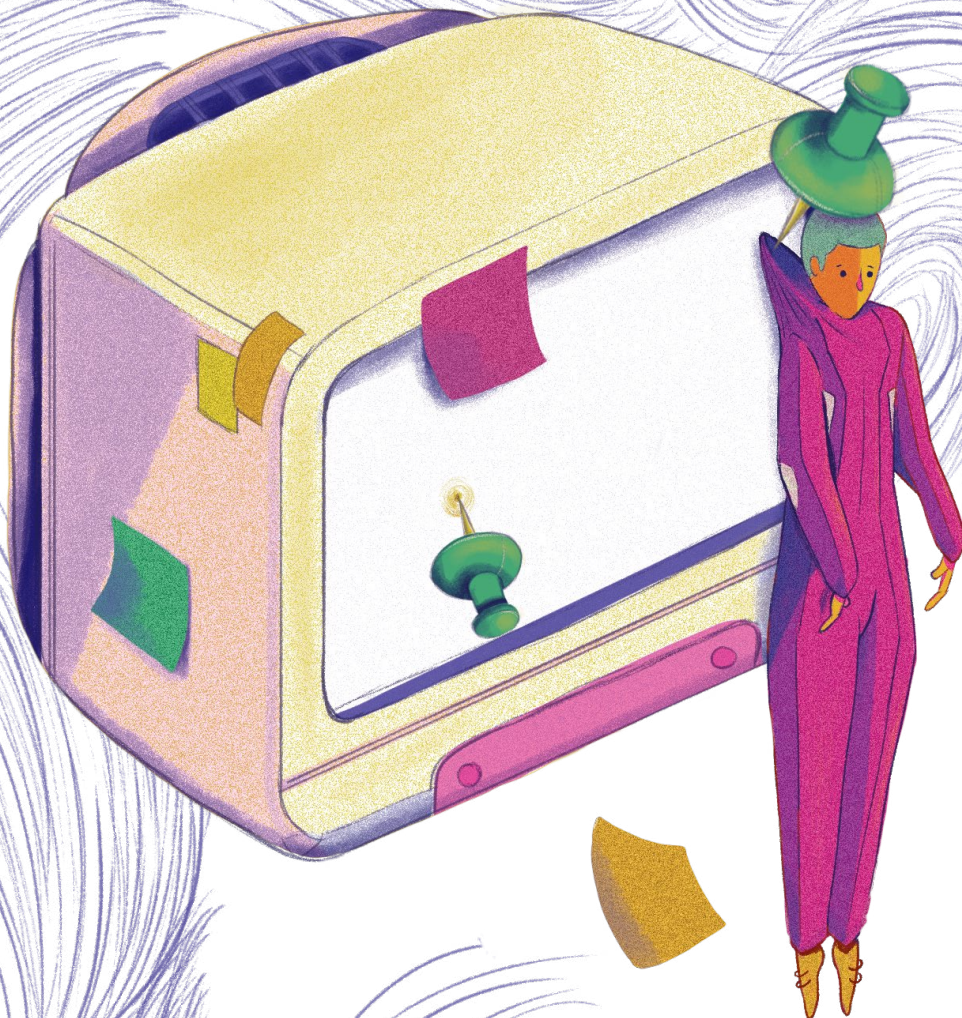
anna.hero@web.de

**Manuela Gutiérrez-Leefmans**

Senior Associate Professor at the Marketing Department of UDLAP. She obtained her Ph. D. in Business and Management, and MSc in Information Systems from the University of Manchester in the United Kingdom. She has over ten years of

experience in the food, shipbuilding, and pharmaceutical industries. Her main research interests are information systems, e-commerce, business models, and innovation. She is a member of the Mexican National System of Researchers (level 1).

maria.gutierrez@udlap.mx



REFERENCES

- AJ&Smart (2021). *Better Products, Faster*. <https://ajsmart.com/>
- Blizzard, J., Klotz, L., Potvin, G., Hazari, Z., Cribbs, J., & Godwin, A. (2015). Using survey questions to identify and learn more about those who exhibit Design Thinking traits. *Design Studies*, 38, 92-110.
- Brenner, W., Uebernickel, F., & Abrell, T. (2016). Design thinking as mindset, process, and toolbox. In: Brenner, W. & Uebernickel, F. (Ed.) *Design thinking for innovation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26100-3_1
- Brown, T. (2009). *Change by design: how Design Thinking transforms organizations and inspires innovation*. Harper Business.
- Camacho, M. (2016). David Kelley: from design to Design Thinking at Stanford and IDEO. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 2(1), 88-101.
- Coleman, E., Shealy, T., Grohs, J., & Godwin, A. (2020). Design Thinking among first-year and senior engineering students: A cross-sectional, national study measuring perceived ability. *Journal of Engineering Education*, 109(1), 72-87.
- De Winter, J. C. F. & Dodou, D. (2010). Five-Point Likert Items: t test versus Mann-Whitney-Wilcoxon. Practical assessment. *Research and Evaluation*, 15(11).
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). Forschungs- und Wissenschaftsethik. In *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (pp. 121-139). Springer.
- Emerson, R. W. (2015). Convenience sampling, random sampling, and snowball sampling: How does sampling affect the validity of research?. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 109(2), 164-168.
- Ericson, J. D. (2022). Mapping the relationship between critical thinking and Design Thinking. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(1), 406-429.
- Gutiérrez-Leefmans, M. (2016). Is internet making us more creative?. *CIENCIA ergo-sum: revista científica multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 23(2), 182-187.
- Hasso-Plattner-Institut of Design at Stanford University. (2021a). *Die sechs Schritte im Design Thinking Innovationsprozess*. Retrieved January 22, 2021, from <https://hpi.de/school-of-design-thinking/design-thinking/hintergrund/design-thinking-prozess.html>
- Hasso-Plattner-Institute of Design at Stanford University. (2021b). *Get Started with Design Thinking*. Retrieved January 21, 2021, from <https://dschool.stanford.edu/resources/getting-started-with-design-thinking>
- Ideo. (2021). *Work Journal Tools*. <https://www.ideo.com/eu>
- Knapp, J., Zeratsky, J., & Kowitz, B. (2016). *Sprint: Wie man in nur fünf Tagen neue Ideen testet und Probleme löst*. Redline Wirtschaft.
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., Wong, B., & Hong, H. Y. (2015). *Design Thinking for education: conceptions and applications in teaching and learning*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-444-3>
- Lester, R. (2005). *Universities, innovation, and the competitiveness of local economies. a summary report from the local innovation systems project: phase I*. Massachusetts Institute of Technology, Industrial Performance Center.
- Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. Archives of psychology.
- Lynch, M., Kamovich, U., Longva, K. K., & Steinert, M. (2019). Combining technology and entrepreneurial education through Design Thinking: students' reflections on the learning process. *Technological Forecasting and Social Change*, 119689.
- Matthews, J. & Wrigley, C. (2017). Design and Design Thinking in business and management higher education. *Journal of Learning Design*, 10(1), 41-54.
- Meinel, M., Eismann, T. T., Baccarella, C. V., Fixson, S. K., & Voigt, K. I. (2020). Does applying Design Thinking result in better new product concepts than a traditional innovation approach? An experimental comparison study. *European Management Journal*, 38(4), 661-671.
- Micheli, P., Wilner, S. J., Bhatti, S. H., Mura, M., & Beverland, M. B. (2018). Doing Design Thinking: conceptual review, synthesis, and research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, 36(2), 124-148.
- Minitab Blog Editor. (2016, April 6). *Best Way to Analyze Likert Item Data: Two Sample T-Test versus Mann-Whitney*. Retrieved 2021, from <https://blog.minitab.com/en/adventures-in-statistics-2/best-way-to-analyze-likert-item-data-two-sample-t-test-versus-mann-whitney>
- Mosely, G., Wright, N., & Wrigley, C. (2018). Facilitating Design Thinking: a comparison of design expertise. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 177-189.
- Mural. (2020a). *Put imagination to work*. Retrieved March 1, 2021, from <https://mural.co/features>
- Mural. (2020b). *Design Thinking Canvas Template*. Retrieved March 1, 2021, from <https://www.mural.co/templates/design-thinking-canvas>
- Rawlinson, J. G. (1981) *Creative thinking and brainstorming* (p. 8). Routledge, <https://doi.org/10.4324/9781315259000>
- Rusmann, A., & Ejsing-Duun, S. (2022). When Design Thinking goes to school: a literature review of design competences for the K-12 level. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(4), 2063-2091.
- Sarooghi, H., Sunny, S., Hornsby, J., & Fernhaber, S. (2019). Design Thinking and entrepreneurship education: where are we, and what are the possibilities?. *Journal of Small Business Management*, 57, 78-93.
- Shé, C. N., Farrell, O., Brunton, J., & Costello, E. (2022). Integrating Design Thinking into instructional design: the #OpenTeach case study. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(1), 33-52.
- Stackowiak, R. & Kelly, T. (2020). *Design Thinking in software and AI projects: proving ideas through rapid prototyping*. Apress.
- Stephens, J. P. & Boland, B. J. (2015). The aesthetic knowledge problem of problem-solving with design thinking. *Journal of Management Inquiry*, 24(3), 219-232. <https://doi.org/10.1177/1056492614564677>
- The Oxford Group. (2023). The Oxford Group. A City & Guilds Business. Retrieved 2021, from <https://www.oxford-group.com/insights/rise-hybrid-working-why-its-future-work/>
- Utley, J., Doorley, S., Kembel, G., Klebahn, P., Hanlon, M., Chon, J., & Boyd B. (2020, April). *How to Kick Off a Crash Course*. Stanford d.school. Retrieved 02.02.2021 from <https://dschool.stanford.edu/resources/gear-up-how-to-kick-off-a-crash-course>
- Vieira, P. C. (2016). *T-test with likert scale variables*. SSRN Electronic Journal. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2770035>
- Wintermann, O. (2020, July 27). *Die Auswirkungen der Corona-Krise auf die Arbeitswelt: Was bleibt und was nicht?*. Bertelsmann Stiftung. Retrieved January, 2021, from <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/unsere-projekte/betriebliche-arbeitswelt-digitalisierung/projektnachrichten/die-auswirkungen-der-corona-krise-auf-die-arbeitswelt>

► Distributed generation as a transition factor between fossil fuels and renewable energy

GENERACIÓN DISTRIBUIDA como factor de transición entre ENERGÍAS FÓSILES Y ENERGÍAS RENOVABLES

Por:  Aislinn Díaz Martínez · Pedro Bañuelos Sánchez



Díaz Martínez, A. y Bañuelos Sánchez, P. (2024). Generación distribuida como factor de transición entre energías fósiles y energías renovables. *Entorno UDLAP*, 23

➡ **Recibido:** 7 de mayo de 2024 ✓ **Aceptado:** 30 de julio de 2024

◆ RESUMEN

La preocupación que genera el impacto de la actividad humana en el ambiente ha crecido con el paso del tiempo; de la misma forma, la búsqueda de alternativas para ser más amigables con el entorno se ha acrecentado en todas las áreas. La generación de energía eléctrica por medios convencionales contribuye de manera importante a las emisiones que afectan el medioambiente. El continuo esfuerzo por reducirlas ha llevado al desarrollo de nuevas formas de generar electricidad de manera sustentable. Este artículo ofrece una visión general de lo que es

la generación distribuida y cómo beneficia al entorno, así como las ventajas y retos que su implementación representa.

◆ PALABRAS CLAVE

Generación distribuida · Recursos renovables · Energías limpias

◆ ABSTRACT

The concern generated by the impact of human activity on the environment has grown over time, in the same way, the search for alternatives to be more environmentally friendly



has increased in all areas. Conventional power generation plays an important role in contributing to emissions that affect the environment. The continuous effort in reducing them has led to the development of new ways to generate electricity sustainably. This article provides an overview of what distributed generation is and how it benefits the environment, as well as the advantages and challenges of implementing it.

KEYWORDS

Distributed generation · Renewable resources · Clean energy

INTRODUCCIÓN

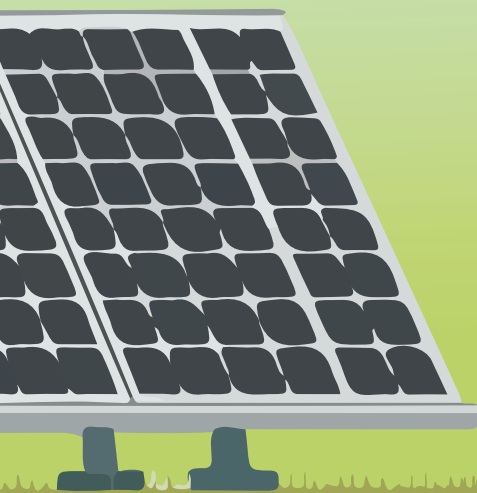
En 2015, la Organización de las Naciones Unidas (s. f.) en conjunto con 186 países alrededor del mundo acordaron un plan de acción colectiva con el propósito de erradicar la pobreza, proteger al planeta y asegurar condiciones igualitarias para todos. Dicho plan, conocido como los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, describe desafíos a nivel global a los que nos enfrentamos a diario. En este aspecto, el Objetivo 7, referente a la «Energía asequible y no contaminante», así como el Objetivo 13, referente a la «Acción por el clima», se encuentran fuertemente relacionados con cómo obtenemos la energía eléctrica que usamos día a día.

La generación de energía eléctrica basada en el uso de combustibles fósiles acelera el cambio climático, por lo que la transición energética —es decir, cambiar la forma de producir electricidad— es indispensable. De acuerdo con el Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036 (Secretaría de Energía, 2022a), México es responsable del 1.2 % de las emisiones acumuladas a nivel mundial en el periodo de 1850 a 2021, lo cual representa aproximadamente 25 billones de toneladas de CO₂. A nivel global, el consumo de petróleo

empleado para producir electricidad por parte del país es de 1.7 %, mientras que el consumo de gas natural y carbón representan un 2.3 % y 0.3 %, respectivamente.

En 2022, del total de energía generada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2022), correspondiente a 139,831 GWh, el 64.54 % fue obtenida a partir de combustibles fósiles, 27.7 % fue producida por recursos renovables —entre los que se encuentra la generación hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar— y un 7.76 % se obtuvo mediante generación nuclear.

La forma de obtener electricidad se ha diversificado gracias al esfuerzo por disminuir las emisiones de carbono e incrementar la energía proveniente de recursos renovables para com-





**LA ENERGÍA
PUEDE OBTENERSE
MEDIANTE EL
USO DE PANELES
SOLARES, BIOGÁS Y
AEROGENERADORES,
LO QUE IMPULSA LA
PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA CON
FUENTES LIMPIAS Y
RENOVABLES.**

batir el cambio climático. De manera tradicional, la energía se produce en centros de generación alejados de los consumidores, lo que implica la necesidad de transportar la energía hasta el usuario final. Una alternativa atractiva es acercar la generación de la energía al centro de consumo; a esto se le conoce como «generación distribuida».

La generación distribuida contempla la producción de electricidad a pequeña escala en instalaciones cercanas al lugar donde se utilizará. De esta forma, se puede proporcionar energía a casas, empresas, industrias e inclusive entregar su generación al Sistema Eléctrico Nacional. La energía puede obtenerse mediante el uso de paneles solares, aerogeneradores y biogás, lo que impulsa la producción de energía con fuentes limpias y renovables.

DISCUSIÓN

Generación fotovoltaica

La energía fotovoltaica se obtiene al convertir la luz del sol en electricidad. Es un tipo de energía renovable y no contaminante. Puede ser producida en pequeñas cantidades para uso doméstico o en grandes cantidades para uso industrial. Para producir la energía solar se emplean celdas fotovoltaicas, hechas principalmente de silicio; las cuales conforman un panel solar (o fotovoltaico) que capta la radiación solar. Se deben utilizar inversores para convertir la energía continua en alterna para poder utilizarla. En algunos casos, se deben emplear transformadores que eleven el nivel de voltaje generado por los inversores (Iberdrola, s. f., *Cómo funcionan...*). La generación solar puede realizarse a gran escala en las llamadas granjas solares, que son extensiones de terreno específicas para la instalación de paneles solares, o bien, a menor escala en los techos de las casas. Gracias al rápido desarrollo de esta tecnología, el costo de adquisición de paneles solares es cada vez más accesible.

En México, la capacidad instalada interconectada de generación fotovoltaica de CFE en conjunto con el resto de generadores corresponde a 6,535 MW, casi el doble de la capacidad instalada en 2019, correspondiente a 3,646 MW (Secretaría de Energía, 2023a).

Generación eólica (aerogeneradores)

Esta energía se obtiene a través de la fuerza generada por el viento. Para su producción, es

necesaria la instalación de parques eólicos, los cuales constan de aerogeneradores que transforman la energía del viento en energía eléctrica. El tamaño promedio de un aerogenerador para aplicaciones rurales o en espacios de gran tamaño va desde los 80 hasta los 120 metros de altura. Mientras que para aplicaciones urbanas existen turbinas pequeñas y su instalación debe implementarse en regiones con viento continuo.

El aerogenerador consta de un rotor que tiene unidas tres aspas que se mueven por acción del viento; de esta forma, se genera energía mecánica de rotación. También tiene una multiplicadora, cuya tarea es elevar la velocidad de giro. Un generador eléctrico convierte la energía de rotación en eléctrica para poder ser aprovechada (Iberdrola, s. f., *Qué es...*).

La capacidad instalada en México para generación de energía eólica hasta el año 2022 fue de 6,921 MW, que representa un incremento paulatino en comparación con la capacidad instalada de 6,050 MW del año 2019 (Secretaría de Energía, 2023a).

Generación por biogás

La materia orgánica proveniente de árboles y plantas, y los residuos de organismos vivos, como basura, madera o estiércol, pueden convertirse en una fuente de energía llamada biomasa. La degradación de esta produce un gas constituido por dióxido de carbono y metano. Dicho compuesto es conocido como biogás y es utilizado para la generación de energía.

Las plantas de generación de energía por biogás tienen receptores para obtener y almacenar la materia prima (i. e. biomasa). Cuentan con fermentadores o biodigestores que tienen la tarea de hacer pasar la biomasa de estado sólido a gaseoso. En este proceso también se obtiene un elemento llamado digestato que suele ser utilizado para elaborar fertilizantes. Las plantas de biogás almacenan el gas y, por medio de generadores, lo transforman en energía eléctrica (BBVA, 2024). El problema con este tipo de generación es que no es inmediata. Desde la llegada de la biomasa hasta la obtención del biogás pueden transcurrir meses. La producción de energía eléctrica se encuentra sujeta a dicha transformación.

La capacidad instalada de bioenergía en México a finales del año 2022 fue de 408 MW, mientras que en 2019 era de 375 MW.

17 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

55

www.udlap.mx

01

FIN DE LA POBREZA



02

HAMBRE CERO



03

SALUD Y BIENESTAR



04

EDUCACIÓN DE CALIDAD



05

IGUALDAD DE GÉNERO



06

AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO



07

ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



08

TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO



09

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA



10

REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES



11

CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



12

PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLE



13

ACCIÓN POR EL CLIMA



14

VIDA SUBMARINA



15

VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES



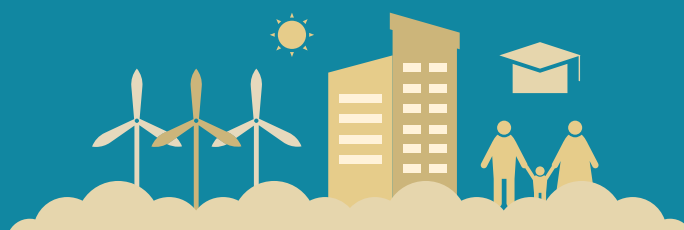
16

PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS



17

ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS



Almacenamiento de energía

La generación distribuida, además de contemplar la utilización de recursos renovables para la producción de electricidad, involucra la implementación de tecnologías de almacenamiento de energía para garantizar el suministro continuo del servicio. El almacenamiento es necesario para afrontar la intermitencia que presenta la generación solar y eólica debido al comportamiento natural del sol y del viento a lo largo del día. Además, cuando el consumo es menor que la generación, es necesario adoptar una solución para no desperdiciar la energía sobrante.

El almacenamiento de energía en baterías es uno de los métodos más utilizados alrededor del mundo. Se trata de múltiples celdas conectadas en serie o en paralelo que almacenan el excedente o sobrante de la generación para entregarlo cuando se solicite. Están usualmente conectadas a un medio de control para garantizar su operación. Entre los tipos de baterías más comunes se encuentran las baterías de plomo-ácido, las de níquel-cadmio, las baterías de sodio y azufre, y las baterías de ion litio (Olabi *et al.*, 2021). Otras maneras de almacenar energía incluyen el almacenamiento de hidrógeno, que se encuentra en constante desarrollo para su mejor implementación.

En el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional se prevé la implementación de sistemas de almacenamiento de energía en México equivalentes a 4,505 MW durante el periodo 2022-2036 para reducir el impacto de las energías intermitentes en la red (Secretaría de Energía, 2022b).

Ventajas de la generación distribuida

La generación de electricidad descentralizada representa un impacto positivo en diversos aspectos. En primer lugar, implica el uso de recursos renovables, que disminuye las emisiones de contaminantes e impulsa la no dependencia hacia los combustibles fósiles. Las distancias por las que debe trasladarse la energía se reducen,

por lo que el costo de esta baja. Además, aumenta la confiabilidad del servicio, puesto que es independiente de cuestiones climatológicas o desastres naturales que puedan suceder en zonas aledañas. La implementación de la generación distribuida a pequeña escala en hogares representa un ahorro monetario al consumir la energía que se está generando.

Desafíos que enfrenta la generación distribuida

Uno de los principales retos para la transición hacia la generación distribuida es el costo de la implementación de la tecnología. Para las grandes empresas, su adquisición no representa mayor problema gracias a que el retorno de la inversión es rápido, pero para el resto de la población es una situación diferente. El costo de los paneles solares ha disminuido con el paso del tiempo, pero sigue siendo un bien que no resulta accesible para la sociedad en general.

Otra problemática es la capacidad de las líneas de distribución. A inicios del año 2022, la longitud de líneas de transmisión de la CFE era de 110,347.18 kilómetros, mientras que la longitud de líneas de distribución fue de 882,715.32 kilómetros (Secretaría de Energía, 2022c). La conexión de parques eólicos o solares a la red requiere la construcción de nuevos medios para llevar la energía generada, y eso representa inversión adicional. Además, los recursos renovables para la generación de energía impactan la calidad de esta debido a las variaciones de voltaje derivadas de la intermitencia y también contribuyen a la generación de armónicos no deseables producidos por los inversores (Owushi *et al.*, 2023). Si se considera la implementación de generación solar o eólica en conjuntos habitacionales, también debe considerarse el impacto que dicha generación tendrá en las redes de distribución, puesto que, en conjunto, podrían generar la misma energía que una pequeña granja solar y representa un reto para la elaboración de pronósticos de demanda y consumo de la energía.



LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA, ADÉMÁS DE CONTEMPLAR LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS RENOVABLES PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD, INVOLUCRA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA GARANTIZAR EL SUMINISTRO CONTINUO DEL SERVICIO.



PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS ES NECESARIA LA UTILIZACIÓN DE SILICIO, EL CUAL SE ENCUENTRA EN LA NATURALEZA EN FORMA DE CUARZO OBTENIDO MEDIANTE LA MINERÍA (SECRETARÍA DE ECONOMÍA, 2014).

La generación distribuida en las comunidades conlleva la modernización de los sistemas de medición unidireccionales que solo miden el consumo de energía. Se deben implementar medidores bidireccionales que registren la energía suministrada de CFE hacia el consumidor, así como la energía excedente que entregan los paneles solares cuando no es utilizada por el usuario. La implementación de la generación distribuida en hogares no implica solamente inversión monetaria para la adquisición de equipos que cubran las necesidades de la red, también supone la tarea de informar a los usuarios para que adopten las medidas necesarias para garantizar que cualquier sistema de generación que pongan en funcionamiento brinde los beneficios para los que fueron implementados.

Por ello, se requiere la constante investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que ayuden a realizar la transición energética en las mejores condiciones, garantizando energía limpia, segura y confiable para el país.

Incógnitas por resolver

A finales del año 2022, la capacidad instalada en operación referente a generación distribuida era de 2,613 MW, pero se espera que para el año 2037 la capacidad total de generación de esta índole sea de 11,442 MW (Secretaría de Energía, 2023b). Este incremento esperado da

pie a que nos formulemos la siguiente pregunta: la elaboración de la tecnología que propicia la generación distribuida, ¿es sustentable?

En lo que respecta a los paneles fotovoltaicos, su elaboración requiere la utilización de silicio, el cual se encuentra en la naturaleza en forma de cuarzo obtenido mediante la minería (Secretaría de Economía, 2014). Para extraerlo y poder utilizarlo, debe pasar por un proceso de reducción a altas temperaturas en un horno de arco eléctrico, lo que produce emisiones de dióxido de carbono (Miteco, 2020). La obtención de la materia prima para la elaboración de paneles solares repercute en el medioambiente y en la naturaleza, lo que representa la necesidad de contar con estudios que aborden y expliquen el impacto que tendría la producción de paneles solares a gran escala.

Es importante considerar que el promedio de vida de los paneles solares es de entre 20 y 30 años, de acuerdo con los fabricantes. Esto no significa que el panel dejará de funcionar, sino que su producción de energía se verá reducida a través del tiempo. Eventualmente, si se requiere cambiar un panel solar, surgirá la pregunta: ¿en dónde debe desecharse? Resulta relevante pensar y diseñar estrategias para que en un futuro los desechos provenientes de este tipo de generación eléctrica sean tratados de manera correcta y a favor del medioambiente. La misma situación se

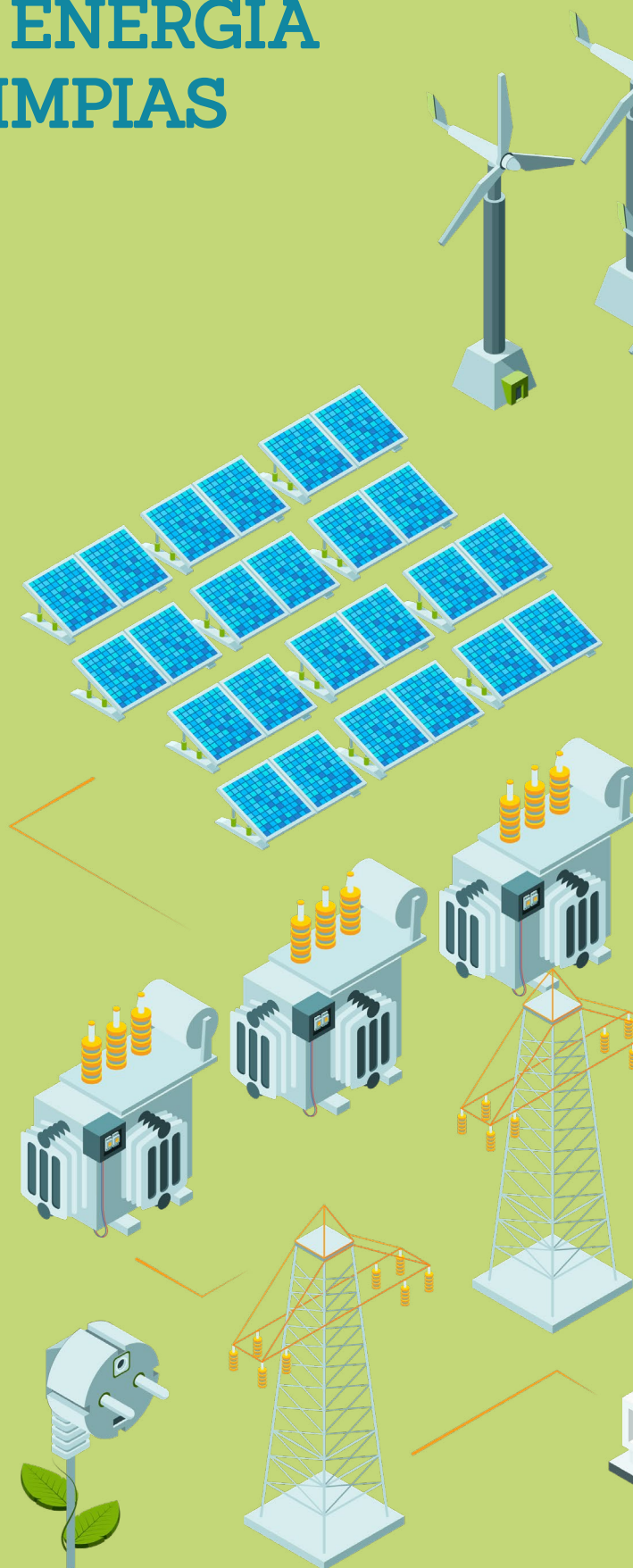
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON FUENTES LIMPIAS Y RENOVABLES

VENTAJAS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

- IMPLICA EL USO DE RECURSOS RENOVABLES, QUE DISMINUYE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES.
- REDUCE LAS DISTANCIAS POR LAS QUE DEBE TRASLADARSE LA ENERGÍA.
- AUMENTA LA CONFIABILIDAD DEL SERVICIO.

DESAFÍOS QUE ENFRENTA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

- EL ALTO COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA.
- LA LIMITADA CAPACIDAD DE LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTES.
- EL EFECTO EN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DEBIDO A VARIACIONES DE VOLTAJE.





GENERACIÓN EÓLICA (AEROGENERADORES)

SE OBTIENE A TRAVÉS DE LA FUERZA
GENERADA POR EL VIENTO.

GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

SE OBTIENE AL CONVERTIR LA LUZ DEL SOL
EN ELECTRICIDAD. ES RENOVABLE
Y NO CONTAMINANTE.

GENERACIÓN POR BIOGÁS

LA MATERIA ORGÁNICA, PROVENIENTE DE
ÁRBOLES, PLANTAS Y LOS RESIDUOS
DE ORGANISMOS, PUEDE CONVERTIRSE EN
BIOMASA, CUYA DEGRADACIÓN PRODUCE BIOGÁS.

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA INVOLUCRA
LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS
DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA
GARANTIZAR EL SUMINISTRO CONTINUO
DEL SERVICIO.

presenta para las baterías que almacenan la energía: debe diseñarse un plan para estar listos cuando dichos equipos dejen de ser funcionales.

Finalmente, la implementación de generación distribuida trae consigo la necesidad de actualizar los equipos ya existentes por dispositivos nuevos que se adapten a la topología de la red. Entonces, la incógnita es: ¿cuál será el destino de los equipos que sean retirados? El manejo correcto de los elementos que se desechen es indispensable para asegurarnos de no generar basura electrónica que no pueda ser reciclada.

CONCLUSIONES

La generación distribuida es un método de producción de energía que reduce la contaminación y disminuye el costo relacionado con el transporte de la electricidad desde el centro de consumo hasta el usuario final. Puede hacer uso de uno o varios recursos renovables para su implementación y debe estar acompañada de aditamentos capaces de almacenar energía. La generación distribuida a pequeña escala es cada vez más accesible gracias al rápido desarrollo de la tecnología y a que esto disminuye el costo de los elementos para implementar el sistema en hogares o pequeñas residencias, pero aún falta camino por recorrer.

Existe un amplio panorama por investigar con respecto a las consecuencias medioambientales que puede conllevar la implementación de generación distribuida a gran escala. El manejo de los equipos obsoletos cuando se modernice la red eléctrica también es un tema por explorar, y la forma de desechar los nuevos equipos que se desarrollen cuando dejen de ser funcionales en el futuro también debe ser un punto de interés. La transición energética representa un desafío para la sociedad en general, puesto que implica tanto inversiones como la necesidad de difundir el conocimiento e información fundamental para que la población en general reciba los nuevos desarrollos tecnológicos. Trae consigo, además, nuevas incógnitas, pues para hacer un uso responsable, debemos saber cómo utilizar de manera eficiente la energía que se genera, para hacer que el impacto que dejamos en el planeta sea el menor posible.



Aislinn Díaz Martínez

Licenciada en Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y maestra en Sistemas Eléctricos de Potencia por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente, es estudiante del Doctorado en

Sistemas Inteligentes en la Universidad de las Américas Puebla.

aislinn.diazmz@udlap.mx



Pedro Bañuelos Sánchez

Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Ecole Supérieure d'Electricité - Universidad Paris VI, París, Francia. Ha sido investigador asociado, investigador visitante,

y profesor visitante en Johns Hopkins University, Appalachian State University, en Estados Unidos, y en el Centro Nacional de la Investigación Científica (CNRS), en Francia. Su área de interés incluye la conversión de la energía a alta frecuencia, las técnicas de corrección del factor de potencia, los convertidores aplicados a energía fotovoltaica y eólica, y el modelado y control de convertidores de potencia. Cuenta con tres patentes relacionadas con energías renovables y convertidores de potencia eficientes. Actualmente, labora como profesor titular en el Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica de la Universidad de las Américas Puebla.

pedro.banuelos@udlap.mx



REFERENCIAS

- BBVA. (16 de febrero, 2024). *¿Qué es el biogás, cómo se obtiene y para qué se utiliza?* <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-biogas-como-se-obtiene-y-para-que-se-utiliza/>
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). (27 de abril, 2022). *Informe Anual 2022*. <https://www.cfe.mx/finanzas/reportes-financieros/Informe%20Anual%20Documentos/Informe%20Anual%20Portal.pdf>
- Iberdrola. (s. f.). *¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?* <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>
- Iberdrola. (s. f.). *¿Qué es la energía eólica, cómo se transforma en electricidad y cuáles son sus ventajas?* <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>
- Miteco (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). (2020). *Producción de Silicio (Emisiones de Proceso)*. Recuperado el 19 de marzo de 2024 de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040303-produccion-silicio-proceso_tcm30-509728.pdf
- Naciones Unidas. (s. f.). *17 objetivos para transformar nuestro mundo*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Olabi, A. G., Onumaegbu, C., Wilberforce, T., Ramadan, M., Abdelkareem, M. A. y Al-Alami, A. H. (2021). Critical review of energy storage systems. *Energy*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118987>

- Owushi, A., Hamam, Y. y Munda, J. (2023). Maximizing the integration of a battery energy storage system-photovoltaic distributed generation for power system harmonic reduction: an overview. *Energies*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/en16062549>
- Secretaría de Economía. (2014). Perfil de mercado del silicio. https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_silice_2014.pdf
- Secretaría de Energía. (2022a). La transición energética de México. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036* (pp. 25-34). SENER. <http://base.energia.gob.mx/prodesen22/Capitulo3.pdf>
- Secretaría de Energía. (2022b). Programa indicativo para la instalación y retiro de centrales eléctricas. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036* (pp. 113-148). SENER. <https://base.energia.gob.mx/prodesen22/Capitulo7.pdf>
- Secretaría de Energía. (2022c). Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036* (pp. 45-60). SENER. <https://base.energia.gob.mx/prodesen22/Capitulo5.pdf>
- Secretaría de Energía. (2023a). Anexo 1: infraestructura del sistema eléctrico nacional. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037* (pp. 111-156). SENER. <https://base.energia.gob.mx/PRODESEN2023/Anexo1.pdf>
- Secretaría de Energía. (2023b). Programa indicativo para la instalación y retiro de centrales eléctricas. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037* (pp. 49-64). SENER. <https://base.energia.gob.mx/PRODESEN2023/Capitulo4.pdf>

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

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.

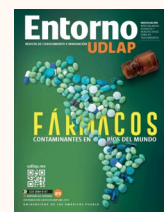
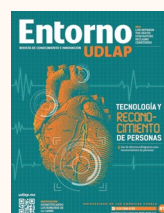
6. Una vez concluido el diseño editorial, el editor en jefe enviará a los autores la versión para impresión. Éstos, en su caso, harán las correcciones necesarias y firmarán una carta de autorización de la publicación.

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®

LOS MEJORES PROGRAMAS ACADÉMICOS

DE EDUCACIÓN SUPERIOR
ACREDITADOS Y RECONOCIDOS
NACIONAL E INTERNACIONALMENTE





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.

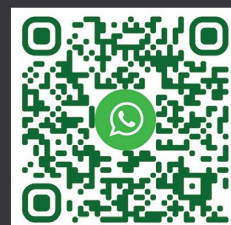


LABORATORIOS DE CALIDAD

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

PRIMER LUGAR EN MÉXICO POR SEXTO AÑO CONSECUTIVO

R A N K I N G
M B A 2 0 2 4

América
economía

LA MEJOR UNIVERSIDAD PRIVADA EN MÉXICO

www.udlap.mx

HAZ LA
DIFERENCIA
UDLAP®

