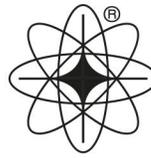


raké



Ciencia
Tecnología
Innovación

REVISTA CREADA POR EL INSTITUTO DE INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD (I2C)

Energía Renovable y Agricultura Sostenible

RAKÉ, INVESTIGACIÓN, DESARROLLO CIENTÍFICO E INNOVACIÓN.
REVISTA DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.

EDITORIAL

En la encrucijada del siglo XXI, el estado de Chihuahua se erige como un símbolo de adaptación y resiliencia, fusionando la tradición agrícola con las innovaciones tecnológicas en energías renovables. Esta edición de nuestra revista de divulgación científica se dedica a explorar cómo estas dos fuerzas convergen para promover un desarrollo sostenible en la región.

Chihuahua, con sus vastas extensiones de tierra y abundante sol, se ha convertido en un campo fértil para la implementación de energías renovables. La energía solar, en particular, ha encontrado un hogar natural en las tierras chihuahuenses. Proyectos como el parque solar de Ciudad Juárez, uno de los más grandes de América Latina, no solo generan electricidad limpia, sino que también crean empleos y fomentan el desarrollo local. Este parque no solo simboliza un avance tecnológico, sino también un compromiso hacia una economía más verde y sostenible.

Créditos:

Gobierno del Estado de Chihuahua

Raúl Varela Tena
Director del Instituto de Innovación y Competitividad

José Manuel Rodríguez Villa
Colaborador / Innovación y Emprendimiento del I2C

Alejandro Acosta Favela
Editor / Innovación y Emprendimiento del I2C

Roberto Medrano
Diseño Editorial / Comunicación del I2C

Colaboradores:

Carlos Piedra - Derechos y Patentes

Andrea Alba - CoEditora

Imágenes: Envato Elements

Además, la energía eólica ha comenzado a ganar terreno. Las sierras de Chihuahua ofrecen condiciones ideales para la instalación de aerogeneradores, y proyectos como el parque eólico de El Mezquite demuestran el potencial de esta fuente energética. La integración de estas tecnologías renovables no solo reduce la dependencia de combustibles fósiles, sino que también mitiga los efectos del cambio climático, un tema crítico para la región.

En el ámbito agrícola, Chihuahua ha sido históricamente una región productora de diversos cultivos, desde manzanas hasta algodón. Sin embargo, el cambio climático y la sobreexplotación de recursos han planteado retos significativos. Aquí es donde la agricultura sostenible entra en juego, adoptando prácticas que no solo conservan los recursos naturales, sino que también mejoran la productividad y la calidad de vida de las comunidades rurales.

La adopción de técnicas de riego eficiente, como el riego por goteo, ha demostrado ser crucial en la región. Proyectos como el implementado por la Universidad Autónoma de Chihuahua en colaboración con agricultores locales han mostrado cómo se puede reducir el consumo de agua y aumentar los rendimientos de los cultivos. Además, la rotación de cultivos y el uso de fertilizantes orgánicos son prácticas que están ganando terreno, promoviendo suelos más saludables y resistentes.

Un ejemplo notable es el trabajo de los productores de maíz en la región de Cuauhtémoc, quienes han integrado prácticas agroecológicas para reducir el uso de pesticidas y mejorar la biodiversidad del suelo. Estas prácticas no solo benefician el medio ambiente, sino que también crean un producto más saludable y valioso para los consumidores.

Chihuahua se encuentra en un momento crucial, donde la implementación de energías renovables y prácticas agrícolas sostenibles no solo es una opción, sino una ne-

cesidad. La colaboración entre el gobierno, las instituciones académicas, el sector privado y las comunidades locales será vital para continuar avanzando en este camino.

En esta edición, exploraremos en detalle diversos proyectos e iniciativas que están marcando la diferencia en Chihuahua. Desde innovadores sistemas de energía solar hasta prácticas agrícolas que respetan y regeneran el entorno natural, este volumen ofrece una visión integral de cómo la ciencia y la tecnología pueden transformar nuestro mundo para mejor.

Esperamos que este compendio no solo informe, sino que también inspire a nuestros lectores a considerar el papel crucial que todos jugamos en la construcción de un futuro más sostenible y resiliente. Chihuahua está mostrando el camino, y con un enfoque decidido y colaborativo, los beneficios pueden ser infinitos.



Con optimismo científico,

Mtro. Raúl Varela Tena

ÍNDICE

DE LA EXTINCIÓN A LA VIDA	4
LA CRISIS DEL AGUA	8
DE LA RAÍZ A LA ESPIGA	16
CULTIVOS BIOTECNOLÓGICOS	20
INADET EN CAMINO HACIA LA DESCARBONIZACIÓN	26
HIDROPONÍA, HORTALIZAS SIN SUELO EN CHIHUAHUA	30
INADET 25 AÑOS	36



De la extinción a la vida:

La ciencia detrás del renacimiento de especies perdidas

PREFACIO

Conocido por ser el estado más extenso de México, Chihuahua no solo impresiona por su tamaño, sino también por su notable diversidad ecológica. Desde las majestuosas cumbres de la Sierra Madre Occidental hasta los vastos y áridos paisajes desérticos de la región, cada rincón de Chihuahua alberga una riqueza natural que ha cautivado a científicos y exploradores a lo largo del tiempo.

Entre sus maravillas naturales se encuentra la rosa de Jericó, una planta del desierto conocida por su capacidad única para “resucitar” después de prolongados períodos de sequía. Este fenómeno asombroso ha inspirado la fascinante idea de la desextinción: un proceso científico que busca revivir especies extintas utilizando tecnologías avanzadas y técnicas innovadoras.

En Chihuahua, la interacción entre la naturaleza y la ciencia ofrece un campo fértil para explorar y comprender mejor los mecanismos de adaptación y resiliencia de las especies frente a los desafíos ambientales cambiantes. Este estado no solo es un testigo de la grandeza natural, sino también un laboratorio vivo donde se exploran nuevas posibilidades para conservar y restaurar la biodiversidad perdida.

La desextinción ha capturado la atención de la comunidad científica y del público en general, no solo por su potencial para revertir la extinción de especies icónicas, sino también por las implicaciones que tiene para la conservación de la biodiversidad y la restauración de ecosistemas. Desde el primer intento de desextinción con el bucardo, una cabra de los Pirineos, hasta los ambiciosos proyectos actuales para resucitar al mamut lanudo y otras especies, los avances en clonación y genética han abierto nuevas fronteras en la biología.

En Chihuahua, instituciones académicas y centros de investigación trabajan en diversas áreas de biotecnología y genética, proporcionando una base sólida para el desarrollo de tecnologías que podrían aplicarse en el futuro a la desextinción y la conservación de especies.

Maribel Mendoza Alatorre¹, Tania Siqueiros Cendón¹, Quintín Rascón Cruz¹, Carmen Daniela González Barriga², Sugey Ramona Sinawaga García³, María Jazmín Abraham Juárez⁴, Jorge Ariel Torres Castillo⁵, Edward Alexander Espinoza Sánchez^{1*}

¹Laboratorio de Biotecnología I, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario S/N Nuevo Campus Universitario, C. P. 31125, Chihuahua, Chihuahua, México.

²Laboratorio de Cultivo de Tejidos, División de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Av. Heroico Colegio Militar 4700, Nombre de Dios, C.P. 31100, Chihuahua, Chihuahua, México.

³Facultad de Agronomía, Laboratorio de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, Francisco Villa S/N Col. Ex hacienda El Canadá, C.P. 66050, General Escobedo, Nuevo León, México.

⁴Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Unidad de Genómica Avanzada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Libramiento Norte León Km 9.6, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato, México.

⁵Universidad Autónoma de Tamaulipas, Instituto de Ecología Aplicada. Ave. División del Golfo 356, Col. Libertad, 87019. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.



Chihuahua destaca no solo por ser el estado más extenso de México, sino también por presentar una amplia variedad de contrastes ecológicos, que van desde áreas montañosas hasta desiertos [1]. Es precisamente en este último tipo de paisaje donde se encuentra la rosa de Jericó (*Selaginella lepidophylla*), también conocida como la “planta de la resurrección” debido a su capacidad para permanecer deshidratada durante largos períodos y recuperar la vida cuando las condiciones ambientales son favorables [2, 3]. Este fenómeno estimula la imaginación y plantea posibilidades interesantes.

Hasta hace unos años, la extinción era un evento irreversible. Pero recientemente ha surgido una idea fascinante: la resurrección de especies extintas [4, 5]. Este proceso, conocido como “desextinción”, se plantea como una herramienta prometedora dentro de los esfuerzos para conservar la biodiversidad y restaurar los ecosistemas [6, 7].

La extinción como un hecho permanente cambió en el 2003 con el primer y único caso reportado de desextinción hasta la fecha: el bucardo (*Capra pyrenaica pyrenaica*), una cabra que habitaba en los Pirineos [8]. Esta cabra se extinguió en el año 2000; pero

como parte de los esfuerzos de conservación, las células del bucardo fueron congeladas y se emprendió un programa de preservación centrado en la clonación. Aunque el único embrión que logró nacer murió pocos minutos después debido a malformaciones en el pulmón [9, 10], este intento representó un avance significativo en la ciencia de la desextinción.

Actualmente, la posibilidad de recuperación de especies está explorándose a través de diversas estrategias [4, 7]. Un ejemplo importante es el caso del uro (*Bos primigenius*), un bovino salvaje cuya población disminuyó drásticamente debido a la caza y pérdida de hábitat, hasta extinguirse en 1627 [11, 12]. En el siglo pasado, los hermanos Lutz y Heinz Heck llevaron a cabo estudios para recrear una aproximación del uro mediante la técnica de retroproducción. Para ello, criaron selectivamente razas de ganado europeas. Sin embargo, los resultados fueron cuestionables, ya que el ganado Heck guardaba poca similitud con el extinto uro [13, 14]. A pesar de estas discrepancias, el tema sigue siendo de gran interés para científicos y conservacionistas, debido a la especulación sobre el posible impacto de los grandes herbívoros en el mantenimiento del equilibrio ecológico [15].

Otra técnica planteada para la desextinción es la clonación, en donde a un óvulo se le extrae el núcleo, sustituyéndolo con el núcleo de una célula que contiene la información genética del individuo que se desea clonar, para posteriormente desarrollarlo en un huésped sustituto [16]. Esta estrategia ha ganado impulso en la comunidad científica para aplicarse en la resurrección del mamut lanudo (*Mammuthus primigenius*), cuya extinción hace 10 mil años fue influenciada significativamente por el cambio climático y la actividad humana [17, 18]. La recuperación de material genético del permafrost ha posibilitado este proyecto [19, 20], para el cual se plantea el uso de elefantes asiáticos como huéspedes [21]. Aunque la desextinción del mamut lanudo ha despertado gran expectativa e interés tanto en la comunidad científica como en el público en general, su reintroducción va más allá de una hazaña científica. Esta especie desempeñaba funciones críticas en el ecosistema global [22]. Existe evidencia de que contribuía de manera indirecta en el mantenimiento del permafrost, y con su desaparición, se ha acelerado el descongelamiento de este, propiciando la liberación de metano a la atmósfera [7].

Otro enfoque de la desextinción es

el uso de la ingeniería genética para reconstruir el genoma de especies extintas [16, 23]. Un ejemplo notable es la paloma migratoria (*Ectopistes migratorius*), un ave que desapareció en 1914, debido a la destrucción de su hábitat, alteración de los patrones de anidación y caza excesiva [24]. Estudios genéticos han revelado una estrecha relación entre la paloma migratoria y la paloma de cola banda (*Patagioenas fasciata*) [25]. Este avance podría permitir la reconstrucción del genoma de la paloma migratoria mediante la síntesis de fragmentos distintivos de ADN y la edición de las células reproductivas de la paloma de cola banda. Estos experimentos podrían dar lugar a una aproximación de la paloma extinta, cuya reintroducción al ecosistema representaría un avance significativo en la conservación y funcionamiento de los bosques de mástiles [26].

Diversas organizaciones dedicadas a la conservación y restauración de la biodiversidad como Genetic Rescue Foundation, Galápagos National Park Service y Revive & Restore, tienen la intención de llevar a cabo programas de desextinción de varias especies, tales como la cebra quagga (*Equus quagga quagga*), la tortuga gigante de la isla Floreana (*Chelonoidis elephantopus*), el gallo de Brezales (*Tympanuchus cupido*) y el Moa de Arbusto Pequeño (*Anomalopteryx didiformis*)

[15]. Es importante destacar que el concepto de desextinción de animales no implica la recreación exacta de una especie extinta, sino más bien la generación de un equivalente funcional [27]. Esto se debe a que las características físicas y el comportamiento de un individuo son el resultado de la interacción entre sus genes y el entorno en el que se desarrolla, y dado que dicho entorno ya no existe, el animal desextinto sería más bien un sustituto ecológico. Estos sustitutos tienen el potencial de restablecer interacciones importantes entre especies en el ecosistema [5, 16].

Aunque las propuestas de desextinción de animales acaparan la imaginación, las especies vegetales también pueden ser desextintas a partir de antiguas diásporas, semillas viables o tejidos conservados [23]; y en este caso, la desextinción es completa y ya ha tenido éxito, como se ha evidenciado con *Cyanea superba* [28], la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.) [29] e incluso *Silene stenophylla*, que fue recuperada después de permanecer enterrada en el permafrost de Siberia durante 30,000 años [30]. La desextinción de especies vegetales es un área de investigación en auge, ya que estas plantas podrían tener implicaciones importantes en el campo de la medicina al ser una fuente de nuevos fármacos [31].

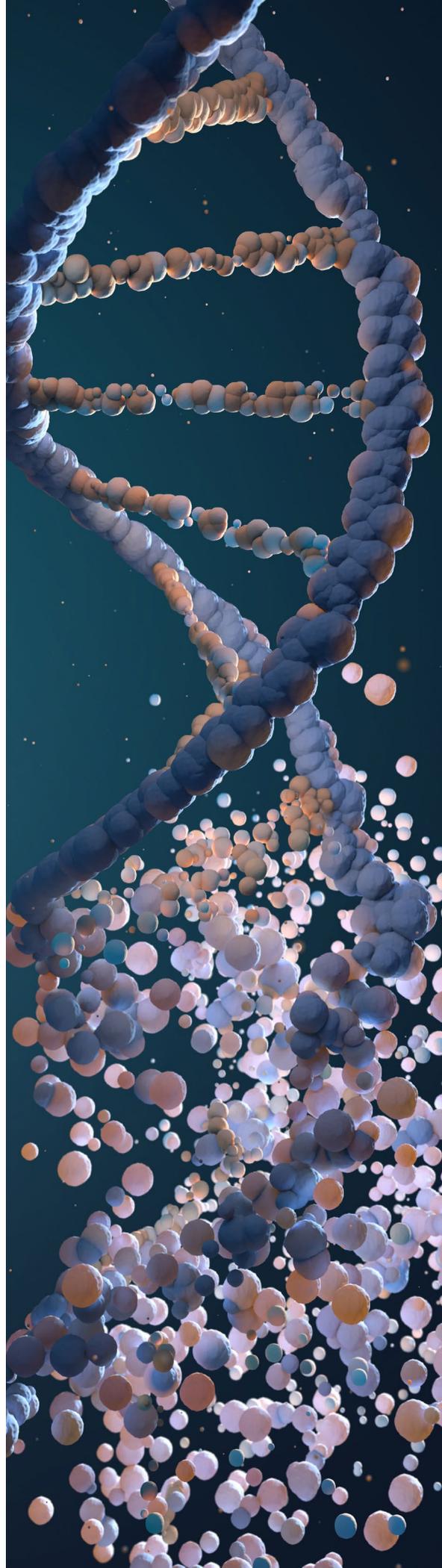
La desextinción podría ofrecer beneficios significativos para la restauración ecológica al reintroducir especies extintas o como una medida preventiva para proteger a las especies en peligro. Sin embargo, esta práctica también despierta un intenso debate ético [32, 33]. La incertidumbre sobre las técnicas para resucitar especies genera preocupación, ya que existe el temor de infligir sufrimiento innecesario a seres sensibles, tanto a los animales desextintos como a los organismos utilizados en los experimentos [34]. Además, la reintroducción de especies extintas en nuevos ecosistemas plantea preocupaciones sobre posibles impactos negativos en los nichos ecológicos [4, 35]. Así, las repercusiones de la desextinción pueden ser difíciles de prever [33].

A pesar del avance tecnológico que supone la desextinción de especies, surge un dilema ¿Es moralmente aceptable destinar los recursos disponibles para estudios de desextinción de especies en lugar de destinarlos a la conservación de las especies actuales? Parece esencial evaluar minuciosamente las implicaciones de la desextinción, priorizando la protección de las especies y los ecosistemas. No obstante, el concepto de convivir con animales que alguna vez estuvieron extintos continúa ejerciendo un fuerte atractivo en la sociedad.



REFERENCIAS:

1. CONABIO. 2024. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB): Mapas Interactivos. En línea, acceso: 23/05/24; Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
2. Pampurova, S. y P. Van Dijk. 2014. The desiccation tolerant secrets of *Selaginella lepidophylla*: what we have learned so far? *Plant Physiology Biochemistry*. 80: p. 285-290. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.015>
3. Vázquez, F. y E. Valenzuela. 2004. HPLC determination of trehalose in *Selaginella lepidophylla* plants. *Journal of Liquid Chromatography Related Technologies*. 27(12): p. 1937-1946. <https://doi.org/10.1081/JLCL-120038779>
4. Browning, H. 2018. Won't somebody please think of the mammoths? De-extinction and animal welfare. *Journal of Agricultural Environmental Ethics*. 31(6): p. 785-803. <https://doi.org/10.1007/s10806-018-9755-2>
5. Robert, A., C. Thévenin, K. Princé, F. Sarrazin, y J. Clavel. 2017. De-extinction and evolution. *Functional Ecology*. 31(5): p. 1021-1031. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12723>
6. Allen, J., D.M. Doyle, S. McCorristine, y A. McMahon. 2020. De-Extinction, regulation and nature conservation. *Journal of Environmental Law*. 32(2): p. 309-322. <https://doi.org/10.1093/jel/eqaa009>
7. Odenbaugh, J. 2023. Philosophy and ethics of de-extinction. *Cambridge Prisms: Extinction*. 1: p. e7. <https://doi.org/10.1017/ext.2023.4>
8. Church, G.M. y E. Regis. 2014. *Regenesis: how synthetic biology will reinvent nature and ourselves*. Basic Books. pp. 336.
9. Carlin, N.F., I. Wurman, y T. Zakim. 2013. How to permit your mammoth: Some legal implications of de-extinction. *Stanford Environmental Law Journal* 33: p. 3.
10. Folch, J., M.J. Cocero, P. Chesné, J.L. Alabart, V. Domínguez, Y. Coggié, A. Roche, A. Fernández-Arias, J. Martí, y Sánchez. 2009. First birth of an animal from an extinct subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by cloning. *Theriogenology*. 71(6): p. 1026-1034. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.11.005>
11. Mona, S., G. Catalano, M. Lari, G. Larson, P. Boscato, A. Casoli, L. Sineo, C. Di Patti, E. Pecchioli, y D. Caramelli. 2010. Population dynamic of the extinct European aurochs: genetic evidence of a north-south differentiation pattern and no evidence of post-glacial expansion. *Evolutionary Biology*. 10: p. 1-13. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-83>
12. Rokosz, M. 1995. History of the aurochs (*Bos taurus primigenius*) in Poland. *Animal Genetic Resources Information*. 16: p. 5-12. <https://doi.org/10.1017/S101423390004582>
13. Stokstad, E. 2015. Bringing back the aurochs. *Science*. 350(6265). <https://doi.org/10.1126/science.350.6265.1144>
14. Van Vuure, T. 2002. History, morphology and ecology of the aurochs (*Bos primigenius*). *Lutra*. 45.
15. Novak, B.J. 2018. De-extinction. *Genes*. 9(11): p. 548. <https://doi.org/10.3390/genes9110548>
16. Shapiro, B. 2017. Pathways to de-extinction: how close can we get to resurrection of an extinct species? *Functional Ecology*. 31(5): p. 996-1002. <https://doi.org/10.1007/s11569-014-0201-2>
17. MacDonald, G.M., D.W. Beilman, Y.V. Kuzmin, L.A. Orlova, K.V. Kremenetski, B. Shapiro, R.K. Wayne, y B. Van Valkenburgh. 2012. Pattern of extinction of the woolly mammoth in Beringia. *Nature Communications*. 3(1): p. 893. <https://doi.org/10.1038/ncomms1881>
18. Nogués-Bravo, D., J. Rodríguez, J. Hortal, P. Batra, y M.B. Araújo. 2008. Climate change, humans, and the extinction of the woolly mammoth *PLoS Biology*. 6(4): p. e79. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060079>
19. Miller, J.H. y C. Simpson. 2022. When did mammoths go extinct? *Nature Plants*. 612(7938): p. E1-E3. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04016-x>
20. Wrigley, C. 2021. Ice and Ivory: the cryopolitics of mammoth de-extinction. *Journal of Political Ecology*. 28(1): p. 782-803. <https://doi.org/10.2458/jpe.3030>
21. Gamborg, C. 2014. What's so special about reconstructing a mammoth? Ethics of breeding and biotechnology in re-creating extinct species, in *The Ethics of Animal Re-Creation and Modification: Reviving, Rewilding, Restoring*. Springer. p. 60-76.
22. Zimmer, C. 2013. Bringing them back to life, in *National Geographic*. p. 28-41.
23. Albani Rocchetti, G., A. Carta, A. Mondoni, S. Godefroid, C.C. Davis, G. Caneva, M.A. Albrecht, K. Alvarado, R. Bijmoer, y R. Borosova. 2022. Selecting the best candidates for resurrecting extinct-in-the-wild plants from herbaria. *Nature Plants* 8(12): p. 1385-1393. <https://doi.org/10.1038/s41477-022-01296-7>
24. Roberts, D.L., I. Jarić, y A.R. Solow. 2017. On the functional extinction of the Passenger Pigeon. *Conservation Biology*. 31(5): p. 1192-1195. <https://doi.org/10.1111/cobi.12914>
25. Johnson, K.P., D.H. Clayton, J.P. Dumbacher, y R.C. Fleischer. 2010. The flight of the Passenger Pigeon: Phylogenetics and biogeographic history of an extinct species. *Molecular Phylogenetics Evolution*. 57(1): p. 455-458. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.05.010>
26. Preston, C.J. 2017. De-extinction and taking control of Earth's "Metabolism". *Hastings Center Report*. 47(4): p. S37-S42. <https://doi.org/10.1002/hast.750>
27. Campbell, D. 2016. A case for resurrecting lost species—review essay of Beth Shapiro's, "How to Clone a Mammoth: The Science of De-extinction". *Biology & Philosophy*. 31(5): p. 747-759. <https://doi.org/10.1007/s10539-016-9534-2>
28. Adamski, D.J., T.J. Chambers, M.D. Akamine, y K. Kawelo. 2020. Reintroduction approaches and challenges for *Cyanea superba* (Cham.) A. Gray subsp. *superba*. *Journal for Nature Conservation*. 57: p. 125873. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125873>
29. Sallon, S., E. Solowey, Y. Cohen, R. Korchinsky, M. Egli, I. Woodhatch, O. Simchoni, y M. Kislev. 2008. Germination, genetics, and growth of an ancient date seed. *Science*. 320(5882): p. 1464-1464. <https://doi.org/10.1126/science.1153600>
30. Yashina, S., S. Gubin, S. Maksimovich, A. Yashina, E. Gakhova, y D. Gilichinsky. 2012. Regeneration of whole fertile plants from 30,000-year-old fruit tissue buried in Siberian permafrost. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 109(10): p. 4008-4013. <https://doi.org/10.1073/pnas.1118386109>
31. Sherkow, J.S. y H.T. Greely. 2013. What if extinction is not forever? *Science*. 340(6128): p. 32-33. <https://doi.org/10.1126/science.1236965>
32. Brisman, A. y N. South. 2020. A criminology of extinction: Biodiversity, extreme consumption and the vanity of species resurrection. *European Journal of Criminology*. 17(6): p. 918-935. <https://doi.org/10.1177/1477370819828307>
33. Genovesi, P. y D. Simberloff. 2020. "De-extinction" in conservation: Assessing risks of releasing "resurrected" species. *Journal for Nature Conservation*. 56: p. 125838. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125838>
34. Sandler, R. 2014. The ethics of reviving long extinct species. *Conservation Biology*. 28(2): p. 354-360. <https://doi.org/10.1111/cobi.12198>
35. Cohen, S. 2014. The ethics of de-extinction. *NanoEthics*. 8(2): p. 165-178. <https://doi.org/10.1007/s11569-014-0201-2>



La crisis del

Agua



estrategias para un problema latente

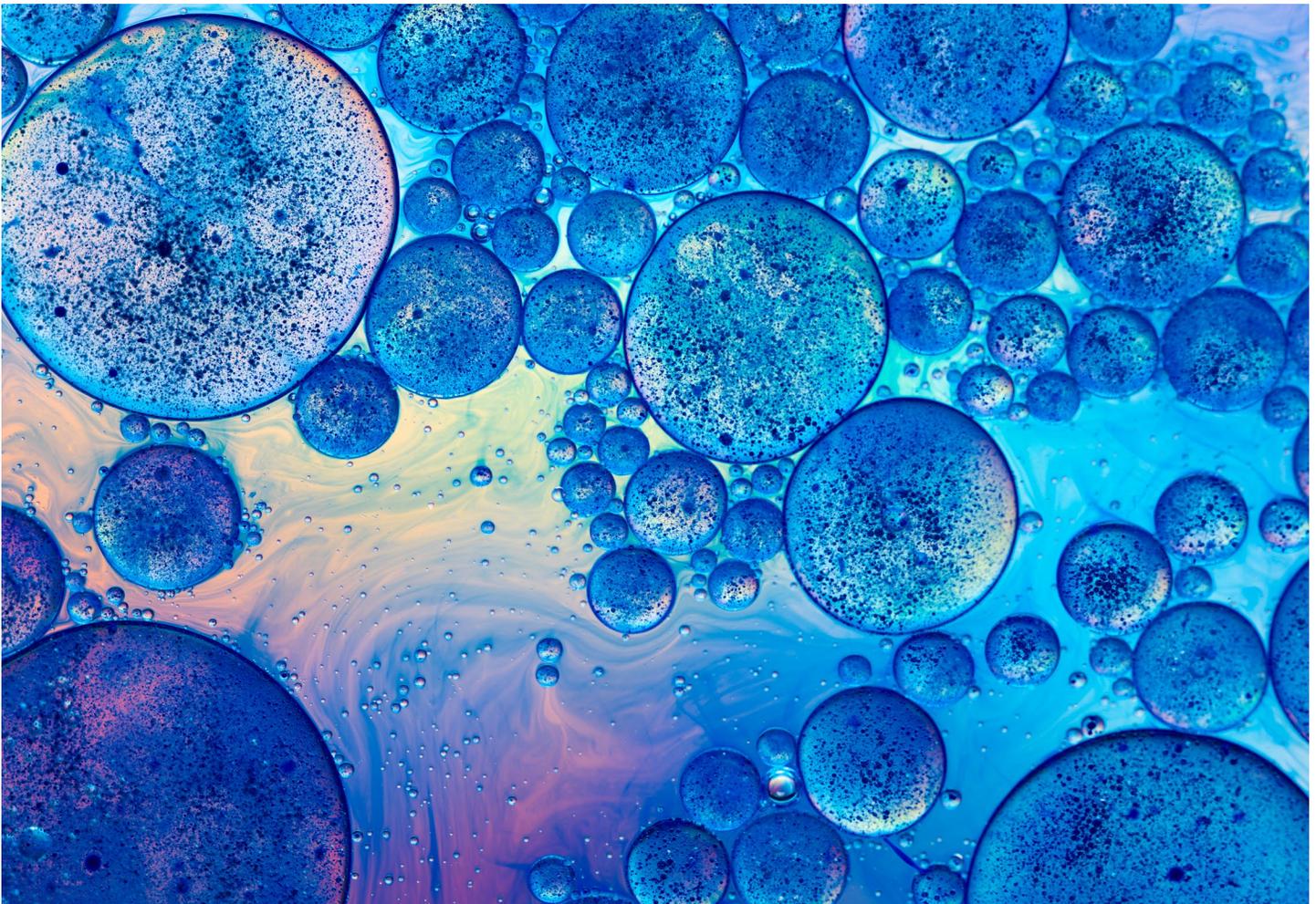
PREFACIO

El artículo aborda la urgente necesidad de disponer de agua potable para el consumo humano, subrayando estadísticas generales sobre su uso a nivel global. En el estado de Chihuahua, este tema es especialmente relevante debido a los frecuentes cortes de agua, las fugas en la infraestructura y otros factores que impactan la disponibilidad de este vital líquido en nuestra vida diaria. Estos problemas no solo afectan el bienestar de los habitantes, sino que también plantean serios desafíos para la sostenibilidad del suministro de agua. Es poco probable que esta situación tenga una solución a corto plazo, dada la complejidad de los factores involucrados.

El artículo explora en profundidad la implementación de metodologías avanzadas para la purificación, desalinización y reducción de contaminantes mediante el uso de plantas. Estas estrategias innovadoras representan una forma más eficaz y sustentable de gestionar los recursos hídricos, permitiendo el aprovechamiento de aguas que hasta hace poco se consideraban no aptas para el consumo humano. A través de estos procesos, el agua puede obtener un segundo ciclo de vida de manera segura, minimizando las repercusiones negativas sobre el medio ambiente. De hecho, la implementación de estas prácticas no solo mitiga los impactos adversos, sino que también puede generar beneficios secundarios y terciarios para el ecosistema, como la mejora de la calidad del suelo y el aumento de la biodiversidad.

Además, el artículo destaca la importancia de la inversión en infraestructuras y tecnologías adecuadas para garantizar un suministro de agua potable constante y seguro. La colaboración entre el sector público, el sector privado y las comunidades locales es esencial para el éxito de estas iniciativas. La educación y concienciación de la población sobre el uso responsable del agua también juegan un papel crucial en la preservación de este recurso invaluable.

Abordar la problemática del agua potable en Chihuahua y en otras regiones del mundo requiere un enfoque multifacético y sostenido. Las metodologías para la purificación, desalinización y reducción de contaminantes representan una solución prometedora que, con el apoyo adecuado, puede transformar la gestión del agua y asegurar su disponibilidad para las generaciones futuras.





Brenda Julian Chávez¹, Tania Siqueiros Cendón¹, Quintín Rascón Cruz¹, Sigifredo Arévalo Gallegos¹, Carmen Daniela González Barriga², Sugey Ramona Sinawaga García³, María Jazmín Abraham Juárez⁴, Edward Alexander Espinoza Sánchez^{1*}

¹Laboratorio de Biotecnología I, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario S/N Nuevo Campus Universitario, C. P. 31125, Chihuahua, Chihuahua, México.

²Laboratorio de Cultivo de Tejidos, División de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Av. Heroico Colegio Militar 4700, Nombre de Dios, C.P. 31100, Chihuahua, Chihuahua, México.

³Facultad de Agronomía, Laboratorio de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, Francisco Villa S/N Col. Ex hacienda El Canadá, C.P. 66050, General Escobedo, Nuevo León, México.

⁴Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Unidad de Genómica Avanzada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Libramiento Norte León Km 9.6, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato, México.

El agua es la base indispensable de la vida en la Tierra. Es un líquido tan versátil que, al mismo tiempo que es el componente más abundante de la superficie terrestre, forma parte de los organismos vivos [1]. A pesar de su abundancia, no toda el agua está disponible para nuestro consumo. Del total de agua en el planeta, el 97.5% se encuentra en los océanos y lagos salados, dejando solo el 2.5% como agua dulce. De esta cantidad, el 99.7% se encuentra en forma de glaciares, casquetes polares y depósitos subterráneos y solo el 0.3% se encuentra en lagos y ríos [2].

Aunque el agua es un recurso fundamental, su distribución no es equitativa en nuestra sociedad. De acuerdo

al, a nivel nacional la situación no es mejor. En México, la disponibilidad de agua dulce por habitante ha disminuido drásticamente a lo largo de las décadas. En 1970, cada mexicano podía disponer de 9,880 m³/año, disminuyendo a 4,312 m³/año en 2004. Esta disminución de más del 66% sugiere que, en 2025, cada habitante solo podrá disponer de 3,822 m³/año [6].

Debido a esta problemática, en los últimos años se han buscado alternativas para satisfacer la demanda de agua del sector agrícola, industrial y doméstico. Una de las estrategias más utilizadas es la desalinización, en la cual se obtiene agua dulce a partir del agua salada de los océanos [7, 8]. La

sar de los beneficios socioeconómicos y de la alta calidad del agua que ofrece la desalinización, los procesos de ósmosis inversa y destilación térmica utilizados en la desalinización aún presentan desafíos técnicos, como el alto consumo energético y la generación de subproductos con impacto negativo en el medio ambiente [11].

Además de la desalinización, el tratamiento biológico también ha sido considerado para reducir los niveles de sal en el agua. Algas como *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Desmodesmus*, *Spirulina* y *Synechococcus* han sido propuestas como candidatas en la desalinización de agua debido a su alta capacidad para desarrollarse en ambientes con altas concentraciones



Presa “La Boquilla” municipio de San Francisco de Conchos

con la Organización de las Naciones Unidas, 2,200 millones de personas carecieron de agua potable en 2023 [3, 4]. Esta cifra es alarmante, especialmente porque se ha previsto que para el 2030 habrá un aumento del 56% en el uso de agua. Si se considera la distribución y aumento poblacional, para el año 2050, el 53% de la población mundial podría enfrentar escasez de agua [5].

Si bien el panorama global es compli-

estrategia de desalinización ha tenido tal alcance que para el 2017 ya operaban 18,500 plantas desalinizadoras en 150 países, y para el 2020, ya se habían instalado 2500 plantas más, generando una producción de 114.9 millones de m³/día [5, 9]. Estas plantas han sido tan efectivas que países como Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait e Israel utilizan casi el 80% de agua procedente de la desalinización del agua de mar para uso doméstico [10]. No obstante, a pe-

de sal. Sin embargo, esta tecnología aún no ha sido optimizada como para tener una aplicación práctica [12, 13]. Mientras que la desalinización es una opción viable para obtener agua dulce, otras estrategias están enfocadas en eliminar los contaminantes del agua dulce. Diversas industrias, como la química, farmacéutica, agrícola, acuícola y urbana, producen desechos que contaminan las reservas de agua, impidiendo su utilización [14]. Actualmente, el tratamiento de

aguas residuales se realiza mediante métodos fisicoquímicos; no obstante, estos tratamientos también producen subproductos tóxicos [15]. Por ello, recientemente se ha incursionado en la utilización de bacterias, hongos, plantas, algas y enzimas para eliminar las sustancias contaminantes, proceso conocido como biorremediación [16]. La biorremediación ha resultado ser una estrategia prometedora porque es una técnica de bajo costo y efectiva a largo plazo, ya que se hace uso de la capacidad de los organismos para eliminar o absorber metales pesados del agua [17, 18]. No obstante, una limitación de esta estrategia es que los resultados no son uniformes, ya que la actividad de los organismos está influenciada por el ambiente en el que se desarrollan [19].

Una variante de la biorremediación es la fitorremediación, en la cual se utilizan plantas para eliminar contaminantes y metales pesados del agua. En esta estrategia, las plantas actúan como un sistema de bombeo y filtrado activado por la energía solar, absorbiendo contaminantes a través de sus

raíces y transportándolos a diversos tejidos donde pueden ser degradados, metabolizados o volatilizadas [20-25]. Plantas como la verbena morada (*Glandularia pulchella*), estrellada (*Aster amellus*), verdolaga (*Portulaca grandiflora*), petunia (*Petunia grandiflora*), clavelón (*Zinnia angustifolia*), jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), espiga de agua (*Potamogeton lucens*), lenteja de agua (*Lemna paucicostata*) y la salvinia (*Salvinia auriculata*), han sido reportadas con alto potencial como fitorremediadores debido a su capacidad de eliminar cadmio, cromo, níquel, zinc, cobre y plomo de aguas residuales [26, 27].

En los últimos años, se ha buscado mejorar el desempeño de los microorganismos utilizados en la biorremediación a través de ingeniería genética [28]. Se han investigado, seleccionado y expresado diferentes genes en bacterias, hongos, levaduras y plantas [21, 29-31]. Esto ha llevado a incrementar su capacidad de absorción y transformación de contaminantes, convirtiendo compuestos altamente tóxicos en compuestos menos tóxicos,

o incluso no tóxicos [32].

Solucionar la problemática de disponibilidad de agua es un desafío complejo y multifacético que requiere una combinación de enfoques innovadores y tecnológicos. Aunque contamos con un porcentaje de agua disponible en ríos y lagos, las tendencias recientes muestran una alarmante reducción de casi 27 billones de m³ en los últimos 50 años [33]. Afortunadamente, estrategias como la desalinización y la biorremediación, respaldadas por los avances en biotecnología, están siendo implementadas para abordar esta problemática de manera efectiva. Sin embargo, es evidente que se necesita un enfoque integrado que combine estas estrategias con medidas de conservación, gestión eficiente del agua y concienciación pública, con el fin de garantizar la sostenibilidad a largo plazo de nuestros recursos hídricos. Es imperativo que continuemos desarrollando y aplicando soluciones innovadoras y colaborativas para proteger y preservar el agua, no solo para las generaciones actuales, sino también para las futuras.

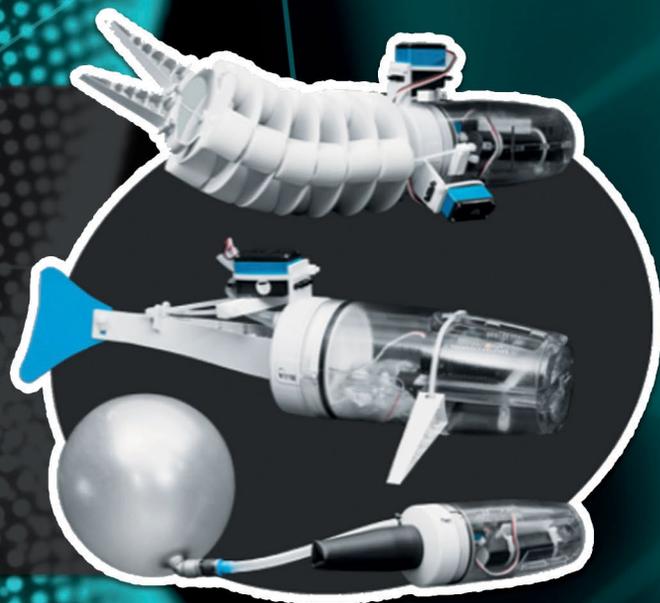


1. Hasan, H.A. y M.H. Muhammad. 2020. A review of biological drinking water treatment technologies for contaminants removal from polluted water resources. *Journal of Water Process Engineering*. 33: p. 101035. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101035>
2. Elsaid, K., M. Kamil, E.T. Sayed, M.A. Abdelkareem, T. Wilberforce, y A. Olabi. 2020. Environmental impact of desalination technologies: A review. *Science of The Total Environment*. 748: p. 141528. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141528>
3. ONU. 2024. Los desafíos del agua. En línea, acceso: 20/04/2024; Disponible en: <https://www.un.org/es/global-issues/water>
4. OMS. 2023. Agua para consumo humano. En línea, acceso: 20/04/2024; Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
5. Ayaz, M., M. Namazi, M.A. ud Din, M.M. Ershath, y A. Mansour. 2022. Sustainable seawater desalination: Current status, environmental implications and future expectations. *Desalination*. 540: p. 116022. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.116022>
6. Isiordia, G.E.D., R.G. Enriquez, y N.E.P. Fernández. 2012. Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en México. *Ra Ximhai*. 8(2.): p. 57-68.
7. Ghaffour, N., T.M. Missimer, y G.L. Amy. 2013. Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability. *Desalination*. 309: p. 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.10.015>
8. Pistocchi, A., T. Bleninger, C. Breyer, U. Caldera, C. Dorati, D. Ganora, M. Millán, C. Paton, D. Poullis, y F.S. Herrero. 2020. Can seawater desalination be a win-win fix to our water cycle? *Water Research*. 182: p. 115906. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115906>
9. Lin, S., H. Zhao, L. Zhu, T. He, S. Chen, C. Gao, y L. Zhang. 2021. Seawater desalination technology and engineering in China: A review. *Desalination*. 498: p. 114728. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114728>
10. Bundschuh, J., M. Kaczmarczyk, N. Ghaffour, y B. Tomaszewska. 2021. State-of-the-art of renewable energy sources used in water desalination: Present and future prospects. *Desalination*. 508: p. 115035. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115035>
11. Curto, D., V. Franzitta, y A. Guercio. 2021. A review of the water desalination technologies. *Applied Sciences*. 11(2): p. 670. <https://doi.org/10.3390/app11020670>
12. Gautam, S. y D. Kapoor. 2022. Application of halophilic algae for water desalination, in *Handbook of Algal Biofuels*. Elsevier. p. 167-179. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823764-9.00002-9>
13. Martínez, E.O. 2024. Biological Seawater Desalination, in *Water Purification-Present and Future*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113984>
14. Zhao, Y., X. Zhuang, S. Ahmad, S. Sung, y S.-Q. Ni. 2020. Biotreatment of high-salinity wastewater: current methods and future directions. *World Journal of Microbiology Biotechnology*. 36: p. 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02815-4>
15. Ahmed, M.B., J.L. Zhou, H.H. Ngo, W. Guo, N.S. Thomaidis, y J. Xu. 2017. Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: a critical review. *Journal of Hazardous Materials*. 323: p. 274-298. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.045>
16. Sathya, R., M.V. Arasu, N.A. Al-Dhabi, P. Vijayaraghavan, S. Ilavenil, y T. Rejiniemon. 2023. Towards sustainable wastewater treatment by biological methods—A challenges and advantages of recent technologies. *Urban Climate*. 47: p. 101378. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101378>
17. Ahmad, A., F. Banat, H. Alsafer, y S.W. Hasan. 2022. Algae biotechnology for industrial wastewater treatment, bioenergy production, and high-value bioproducts. *Science of The Total Environment*. 806: p. 150585. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150585>
18. Wu, C.H., T.K. Wood, A. Mulchandani, y W. Chen. 2006. Engineering plant-microbe symbiosis for rhizoremediation of heavy metals. *Applied and Environmental Microbiology*. 72(2): p. 1129-1134. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.2.1129-1134.2006>
19. Mishra, S.K., P.R. Kumar, y R.K. Singh. 2020. Transgenic plants in phytoremediation of organic pollutants, in *Bioremediation of Pollutants*. Elsevier. p. 39-56. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819025-8.00003>
20. Abhilash, P., S. Jamil, y N. Singh. 2009. Transgenic plants for enhanced biodegradation and phytoremediation of organic xenobiotics. *Biotechnology Advances*. 27(4): p. 474-488. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.04.002>
21. Ali, S., Z. Abbas, M. Rizwan, I.E. Zaheer, I. Yavaş, A. Ünay, M.M. Abdel-Daim, M. Bin-Jumah, M. Hasanuzzaman, y D. Kalderis. 2020. Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review. *Sustainability*. 12(5): p. 1927. <https://doi.org/10.3390/su12051927>
22. Rahman, M.A. y H. Hasegawa. 2011. Aquatic arsenic: phytoremediation using floating macrophytes. *Chemosphere*. 83(5): p. 633-646. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.045>
23. Gerhardt, K.E., X.-D. Huang, B.R. Glick, y B.M. Greenberg. 2009. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. *Plant Science*. 176(1): p. 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.09.014>
24. Newman, L.A. y C.M. Reynolds. 2004. Phytodegradation of organic compounds. *Current opinion in Biotechnology*. 15(3): p. 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2004.04.006>
25. Pilon-Smits, E. 2005. Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*. 56: p. 15-39. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144214>
26. Kurade, M.B., Y.-H. Ha, J.-Q. Xiong, S.P. Govindwar, M. Jang, y B.-H. Jeon. 2021. Phytoremediation as a green biotechnology tool for emerging environmental pollution: a step forward towards sustainable rehabilitation of the environment. *Chemical Engineering Journal*. 415: p. 129040. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129040>
27. Wang, Y., D. Meng, L. Fei, Q. Dong, y Z. Wang. 2019. A novel phytoextraction strategy based on harvesting the dead leaves: Cadmium distribution and chelator regulations among leaves of tall fescue. *Science of The Total Environment*. 650: p. 3041-3047. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.072>
28. Ozyigit, I.I., H. Can, y I. Dogan. 2021. Phytoremediation using genetically engineered plants to remove metals: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 19(1): p. 669-698. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01095-6>
29. Misra, S. y L. Gedamu. 1989. Heavy metal tolerant transgenic *Brassica napus* L. and *Nicotiana tabacum* L. plants. *Theoret Appl Genetics*. 78: p. 161-168. <https://doi.org/10.1007/BF00288793>
30. Dixit, P., S. Singh, P.K. Mukherjee, y S. Eapen. 2008. Development of transgenic plants with cytochrome P450E1 gene and glutathione-S-transferase gene for degradation of organic pollutants. *Journal of Biotechnology*. 136): p. S692-S693. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2008.07.1607>
31. Rugh, C.L., H.D. Wilde, N.M. Stack, D.M. Thompson, A.O. Summers, y R.B. Meagher. 1996. Mercuric ion reduction and resistance in transgenic *Arabidopsis thaliana* plants expressing a modified bacterial *merA* gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 93(8): p. 3182-3187. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.8.3182>
32. Cunningham, S.D. y D.W.J.P. Ow. 1996. Promises and prospects of phytoremediation. *Plant Physiology*. 110(3): p. 715. <https://doi.org/10.1104/pp.110.3.715>
33. Banco Mundial. 2023. ¿Qué nos depara el futuro): Un nuevo paradigma para el almacenamiento de agua. En línea, acceso: 27/04/2024; Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/publication/what-the-future-has-in-store-a-new-paradigm-for-water-storage>

CyT LABS



Instalación de **laboratorios de ciencia y tecnología** para Secundarias Técnicas del Estado, donde los alumnos tienen la oportunidad de aprender sobre **biónica y robótica**.





CEPAT

CENTRO DE PATENTAMIENTO

PATENTA TU INVENCION

ACÉRCATE CON NOSOTROS PARA ASESORARTE PASO A PASO EN LA PROTECCIÓN DE TU CREACIÓN

-CD. JUÁREZ-



CENTRO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

AV VICENTE GUERRERO 8830, HIPÓDROMO.

-CHIHUAHUA-



OFICINAS I²C, CHIHUAHUA

AV. CUAUHTÉMOC NO. 1800 - 3. COL. CUAUHTÉMOC.

Info: c.piedra@i2c.com.mx



**GOBIERNO
DEL ESTADO
DE CHIHUAHUA**

SECRETARÍA
DE INNOVACIÓN
Y DESARROLLO ECONÓMICO

I²C
INSTITUTO DE INNOVACIÓN
Y COMPETITIVIDAD

**Juntos
Sí podemos**



De la raíz a la espiga: la ciencia florece en el campo

Autores: Dr. Ricardo Beltrán Chacón (ricardo.beltran@cimav.edu.mx), Dr. Daniel Arturo Leal Chávez (daniel.leal@cimav.edu.mx), Dr. Eutiquio Barrientos Juárez (barrientos.eutiquio@inifap.gob.mx).

Heladas, granizo, sequías, plagas, enfermedades, caídas de precio de venta, son motivos por los que más de un productor pierde el sueño o percibe mucho riesgo y poca ganancia al momento de invertir tiempo, dinero y comprometer el sustento de su familia en la agricultura. Estos retos que se levantan como gigantes despertados por la globalización y el cambio climático no son ni pequeños ni pocos. Estos desafíos, aunque ya han caído en el pasado a manos del trabajo duro, ahora se enfrentan además al arsenal que pone a disposición la ciencia y la tecnología.

La agricultura en Chihuahua cuenta con una historia de lucha en la que la determinación le ha valido una posición destacada a nivel nacional en varios cultivos. Sin embargo, las distintas historias de éxito no han sido fáciles, eventos climáticos y variaciones en los costos de producción forman parte del riesgo que cada agricultor enfrenta cada año.

Los riesgos son conocidos, sin embargo, cada historia de éxito ha encon-

trado alternativas de solución de tal forma que hoy en día, al esfuerzo con que se entierra el pico y la pala en la tierra, se suman los esfuerzos hechos en los laboratorios. Esta reseña es para recordar a los productores que no solo los campos producen, sino que de los laboratorios también brotan frutos, pero que, a diferencia de los perecederos, los frutos del conocimiento no se agotan si se comparten, sino al contrario, su beneficio se multiplica a medida que se difunden. Basta un pequeño vistazo a algunos de estos avances científicos y tecnológicos para percatarse que al igual de lo que crece en los surcos Chihuahuenses, lo que brota desde sus laboratorios son productos y tecnologías del más alto calibre y calidad.

Creciendo más grandes con nano fertilizantes

El que mucho abarca poco aprieta, dice el dicho. Sin embargo, cuando se trata de la materia, a medida que su escala se vuelve increíblemente pequeña, ocurre lo contrario. La

energía liberada en las reacciones químicas sabemos que es poderosa, por ejemplo, la combustión de gasolina en motores y la activación de bolsas de aire en autos en centésimas de segundo. Pero, cuando la energía que se libera surge desde escalas más pequeñas, encontramos fuentes de energía descomunadamente grandes como la energía nuclear capaz de energizar ciudades enteras por años con poca cantidad de materia. La materia pues esconde comportamientos insospechados cuando su estructura se encuentra en el orden de los nanómetros. Estos comportamientos ya son aprovechados para producir fertilizantes con nanopartículas que pueden fertilizar la misma área, pero con mucha menos cantidad. Un ejemplo concreto de esto lo vemos en los fertilizantes producidos por investigadores del INIFAP. Algunos cultivos pueden requerir hasta 300 kg de fertilizante por hectárea, pero al sustituirlos con fertilizantes con nanopartículas, la misma área puede ser fertilizada con tan solo 80 gramos, reduciendo el costo e impacto ambiental notablemente. Pero ¿qué pasa con el rendimiento al

utilizar nano fertilizantes?, pues entre los logros obtenidos al utilizarlos se tiene un récord de rendimiento de papa de 65 toneladas por hectárea, mientras que los fertilizantes convencionales obtienen solo 30 toneladas por hectárea. El uso de nano fertilizantes en cultivos como el algodón, el rendimiento es similar, pero con un ahorro del 66 % y para cultivos de tallos gruesos como el sorgo, se ha logrado reducir el costo de \$ 7000 pesos por hectárea a tan solo \$ 850 pesos. Estos nano fertilizantes no son dañinos para el ser humano y su uso ha sido validado por grandes productores dejando claro que las partículas nanométricas en los fertilizantes pueden ser chiquitas, pero picosas.

Energía fotovoltaica: convirtiendo desiertos en oasis

La falta de infraestructura de la red eléctrica nacional es una limitante para la calidad de vida y el desarrollo de actividades económicas incluidas las agropecuarias y sin el recurso eléctrico es casi imposible reducir la pobreza. En Chihuahua, la agricultura de temporal representa la mayor parte de hectáreas sembradas y sin lluvias, no hay riego, sin riego hay pérdidas y a nadie le gusta perder. Aunque la extracción de agua de mantos acuíferos en el subsuelo debe estar regulada para evitar la sobreexplotación, existe la posibilidad de adoptar tecnología de bombeo para poder aprovechar el vital líquido.

No obstante, los tiempos en que el consumo de energía se podía facturar a nombre del medio ambiente sin esperar cobro alguno han terminado. El cambio climático trae los efectos que vemos día a día, récords de temperatura y temporadas de sequía más frecuentes, son muestra clara de que los sistemas productivos necesitan cooperar hombro a hombro con el medio ambiente o de lo contrario esperar facturas cada vez mayores con las anomalías climáticas que el desequilibrio ecológico conlleva.

Los paneles fotovoltaicos pueden convertir la luz del sol directamente en



Figura 1. En campos de cultivo que se utilizan nano fertilizantes puede apreciarse un crecimiento homogéneo.



Figura 2. Los nano fertilizantes fueron utilizados en la planta del lado izquierdo donde se observa una mayor densidad de ramificaciones y pelos absorbentes en comparación con la de la derecha donde se utilizaron fertilizantes convencionales.



Figura 3. La planta en la izquierda fue cultivada con nano fertilizantes y su crecimiento es significativamente mayor en comparación con la de la derecha que fue tratada con fertilizantes convencionales.

electricidad y debido a que no generan emisiones durante su operación, ya son parte presente de un futuro sostenible. La electricidad generada puede ser utilizada en diferentes procesos y con ello aprovechar el privilegiado recurso solar con que cuenta el Estado. Entre las principales actividades que se pueden llevar a cabo mediante tecnología fotovoltaica se encuentran: Electrificación rural, Procesamiento y refrigeración de productos, Secado de vegetales, frutos y hortalizas, Climatización de espacios, Tanques de enfriamiento de productos lácteos, Bombeo de agua para abrevaderos, sistemas de riego y abastecimiento de agua.

Respecto al uso de agua para fines de riego agrícola, existen en el mercado sistemas de bombeo de alto caudal que operan sin necesidad de estar interconectados a la red del Sistema Eléctrico Nacional. Gracias a esta tecnología es posible lograr flujos de hasta 120 l/s para alta producción agrícola sin exponerse al aumento del costo de la energía eléctrica o de los combustibles.

En conclusión, la tradición de superar los retos y desafíos que rodean al campo, a base de trabajo duro ya no solo se encuentran en las huertas, sino también en los laboratorios, de donde emergen herramientas de alto calibre para apoyo al campo. Estas nuevas tecnologías pueden producir más con menos, reducir los riegos, mejorar las ganancias y ayudar a que la pala y el pico descansen un poco sin perder beneficios.



A continuación, se enlistan algunos sistemas ya implementados dentro del Estado:

- Rancho el 47. Este es el primer proyecto vitivinícola en Chihuahua abastecido con energía solar, el cual consta de 350 paneles que alimentan a una bomba de 150 HP, otorgando un gasto de 40 l/s para una superficie de riego de 20 ha.
- Huerta Margarita. Situada en el municipio de Aldama, consta de un sistema de riego para 250 hectáreas de Nogal con una alzada de más de 80 metros, el cual consta de 766 paneles que alimentan una bomba de 200 HP para otorgar un gasto de hasta 120 l/s.
- Afer Green. Huerto frutal que se encuentra en Saucillo, el cual consta de 479 paneles que alimentan una bomba de 200 HP, otorgando 42 l/s.
- Rancho el Diamante. En un inicio el riego en este rancho se realizaba por medio de motobombas alimentadas con Diesel, teniendo altos costos de producción. En este proyecto se instalaron 1109 paneles para alimentar 3 bombas de 125 HP, otorgando 240 l/s y permitiendo el riego de 200 has de maíz, alfalfa, trigo, algodón, sandía y chile, gracias un reservorio de agua de más de 100 mil m³ de agua, lo que permite un desarrollo sustentable en la localidad.

1 Departamento de Medio Ambiente y Energía, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, CIMAV.
2 Área de vulnerabilidad climática y mitigación del impacto ambiental en sector agropecuario y forestal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP.
3 <https://herculesolar.com/proyectos/>

CONVOCATORIA



APOYO A FORTALECIMIENTO

CLUBES DE CIENCIA

Apoyo para la realización de Proyectos para impulsar el conocimiento de jóvenes a través del fortalecimiento de los clubes de ciencia, humanidades, tecnología e innovación.



INFORMACIÓN:



**GOBIERNO
DEL ESTADO**
DE CHIHUAHUA

SECRETARÍA
DE INNOVACIÓN
Y DESARROLLO ECONÓMICO

I²C
INSTITUTO DE INNOVACIÓN
Y COMPETITIVIDAD

Juntos
Sí podemos

Cultivos biotecnológicos



Una mirada en su regulación para una
innovación responsable

Miguel Banda Orenda¹, Tania Siqueiros Cendón¹, Quintín Rascón Cruz¹, Carmen Daniela González Barriga², Sugely Ramona Sinawaga García³, María Jazmín Abraham Juárez⁴, Jorge Ariel Torres Castillo⁵, Edward Alexander Espinoza Sánchez^{1*}

P R E F A C I O



La región de Chihuahua enfrenta desafíos significativos debido a la sequía y la escasez de agua, impactando gravemente la producción agrícola y la estabilidad económica local. En este contexto, la biotecnología agrícola ha surgido como una herramienta potencialmente valiosa para abordar estos problemas.

Este artículo explora el papel de los organismos genéticamente modificados (OGM) en la agricultura, enfocándose en su capacidad para mejorar la resistencia de los cultivos a condiciones climáticas adversas como la sequía. A través de la modificación genética, los OGM pueden ayudar a aumentar el rendimiento de las cosechas y reducir la dependencia de pesticidas, presentando una posible solución a los desafíos agrícolas que enfrenta Chihuahua.

Además, se analizan las regulaciones y marcos legales que rigen el uso de OGM, tanto a nivel nacional como internacional, para garantizar su uso seguro y efectivo. Se examinan también las implicaciones ambientales y de salud, proporcionando una visión equilibrada de los beneficios y riesgos asociados con estas tecnologías.

Este artículo tiene como objetivo informar sobre los avances en biotecnología agrícola y su relevancia en la lucha contra la sequía en Chihuahua, ofreciendo una perspectiva clara y fundamentada sobre el tema. Esperamos que esta lectura contribuya a una comprensión más profunda de las posibilidades y desafíos que presenta la biotecnología en el sector agrícola.



1Laboratorio de Biotecnología I, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario S/N Nuevo Campus Universitario, C. P. 31125, Chihuahua, Chihuahua, México.

2Laboratorio de Cultivo de Tejidos, División de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Av. Heroico Colegio Militar 4700, Nombre de Dios, C.P. 31100, Chihuahua, Chihuahua, México.

3Facultad de Agronomía, Laboratorio de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, Francisco Villa S/N Col. Ex hacienda El Canadá, C.P. 66050, General Escobedo, Nuevo León, México.

4Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Unidad de Genómica Avanzada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Libramiento Norte León Km 9.6, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato, México.

5Universidad Autónoma de Tamaulipas, Instituto de Ecología Aplicada. Ave. División del Golfo 356, Col. Libertad, 87019. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Hasta el día de hoy, la agricultura sigue siendo vital para satisfacer las necesidades de una población en constante crecimiento, y cada vez hemos mejorado e innovado nuestras prácticas agrícolas para aumentar la producción y enfrentar los desafíos que se presentan. En este escenario, la biotecnología ha emergido como un actor crucial que busca incrementar la producción agrícola en un contexto donde los recursos son limitados y cada vez hay una menor cantidad de agricultores [1].

Entre los avances biotecnológicos de los últimos años figuran los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) [2, 3]. Estos organismos han sido modificados en su ADN mediante ingeniería genética de alta tecnología para mejorar sus cualidades nutrimentales y organolépticas, hacerlos más resistentes a condiciones ambientales extremas, y mejorar su resistencia a plagas y enfermedades [4-7]. Sin embargo, como en toda tecnología, es prudente evaluar y gestionar los riesgos asociados a este tipo de organismos [8].

En un esfuerzo por regular los cultivos modificados, actualmente se encuentra en vigor el Protocolo de Cartagena, que busca prevenir posibles efectos adversos en el ecosistema derivados del movimiento transfronterizo de Organismos Vivos Modificados [5]. Sin embargo, la aprobación y entrada en el mercado nacional de estos cultivos y sus productos derivados, depende de los marcos legales de cada

país [9]. Esto da lugar a una variedad de enfoques regulatorios, desde países donde se imponen requisitos rigurosos de aprobación, etiquetado y trazabilidad, hasta países donde solo se requiere un etiquetado voluntario, o incluso donde se carece por completo de regulaciones [10]. Esta disparidad en las regulaciones conduce a una aprobación asincrónica de cultivos transgénicos entre países, lo que tiene un impacto significativo en el ecosistema y comercio internacional [11]. La falta de regulaciones en algunos países ha contribuido al riesgo de contaminación ambiental asociado con estos organismos, lo que ha alimentado la polémica pública en torno a su cultivo y comercialización.

A pesar de la controversia, el cultivo y comercialización de OGM ha incrementado desde su introducción en el mercado en 1995. En los últimos años, más de 70 países han adoptado estos cultivos [12], y a la fecha, se han otorgado aprobaciones a nivel mundial para 472 eventos de OGM que abarcan 32 cultivos distintos [13]. Con los recientes casos de Brasil, que en el 2023 aprobó el trigo-HB4 (evento: IND-ØØ412-7) resistente a la sequía, y Filipinas, que aprobó una canola y algodón modificados (eventos BPS-BFLFK-2 y GTL-GFM311-7, respectivamente) [13], se anticipa que el desarrollo y aceptación de estos cultivos seguirán en aumento. Además del Protocolo de Cartagena, algunos países cuentan con organismos que vigilan el desarrollo y comercialización de los cultivos modificados. En Estados Unidos, organismos

como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) realizan evaluaciones de seguridad alimentaria y regulaciones aplicables a OGM que exhiben nuevas proteínas para evitar su presencia inadvertida en alimentos [14-20]. Además, la EPA regula a los OGM resistentes a herbicidas, así como a los herbicidas que se utilizan [21-23]. En la Unión Europea, cuya regulación es más estricta, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) evalúa los riesgos para la salud humana, animal y el medio ambiente [24], proporcionando orientación y recomendaciones para la evaluación de riesgos, la monitorización postautorización y el seguimiento de cultivos genéticamente modificados, reevaluándose su aprobación cada 10 años [25-27].

México, por su parte, también ha emitido una Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2005 y actualizada el 11 de mayo de 2022. Esta ley regula todas las actividades relacionadas con la importación, exportación, producción, uso y liberación al medio ambiente de organismos genéticamente modificados, así como su etiquetado y rastreabilidad para proteger la salud humana [28, 29], la biodiversidad y el medio ambiente [30]. Así, bajo esta ley, se han evaluado plantas y microorganismos utilizados en la producción de enzimas industriales, vacunas y otros productos biotecnológicos [31, 32].

En los últimos años, diversos estudios han reportado que es posible una contaminación cruzada del polen de plantas modificadas a plantas silvestres. En respuesta, se han buscado estrategias que maximicen las ventajas de los organismos modificados evitando los problemas ambientales que comúnmente son asociados a estos. Así, en las últimas tres décadas se ha estado ensayando la inserción de transgenes en los cloroplastos de las plantas [33], lo cual representa un adelanto en materia de seguridad por la contención de estos transgenes; sin embargo, esta tecnología representa un desafío en materia de seguridad debido a la falta de legislaciones claras en esta área. Aunque existen regulaciones generales para los cultivos modificados, las especificidades relacionadas a los organismos modificados vía cloroplastos no están completamente definidas [34, 35]. Esta situación genera incertidumbre en la evaluación de riesgos, autorización y supervisión de estos OGM, por lo que es crucial que se aborde esta brecha normativa para garantizar un uso seguro y responsable de esta tecnología emergente [36].

Las plantas genéticamente modificadas representan una valiosa herramienta para satisfacer las necesidades alimentarias de una población que se proyecta alcance los 9.8 mil millones de personas en las siguientes tres décadas [37-39]. Con su capacidad para prosperar en condiciones adversas y mejorar las características de los alimentos, estas plantas tienen el potencial de convertirse en una promesa para el futuro de la alimentación mundial y apuntalar la seguridad alimentaria. Sin embargo, es crucial reconocer que se requiere un mayor avance en la investigación para perfeccionar esta tecnología y mitigar cualquier impacto negativo en el medio ambiente. Para lograr esto de manera efectiva, es esencial establecer regulaciones adecuadas que no obstaculicen la investigación y el desarrollo, sino que los impulsen, al tiempo que garanticen la seguridad ambiental y la sostenibilidad a largo plazo.



REFERENCIAS

1. FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. En línea, acceso: 20/05/2024. Disponible en: <https://www.fao.org/plant-health-2020/en/>
2. Snow, A.A., D.A. Andow, P. Gepts, E.M. Hallerman, A. Power, J.M. Tiedje, y L. Wolfenbarger. 2005. Genetically engineered organisms and the environment: Current status and recommendations 1. *Ecological Applications*. 15(2): p. 377-404. <https://doi.org/10.1890/04-0539>
3. Cárdenas, L.N. 2011. Detección y ensayo de los organismos genéticamente modificados. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*. 21(2): p. 293-302.
4. ISAAA. 2014. Brief 49: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. En línea, acceso: 21/05/2024. Disponible en: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/>
5. Kinderlerer, J. 2008. The Cartagena protocol on biosafety. *Collection of Biosafety Reviews*. 4(12-65). <http://www.icgeb.org/biosafety/publications/collections.html>
6. Hilder, V. y D. Boulter. 1999. Genetic engineering of crop plants for insect resistance—a critical review. *Crop Protection*. 18(3): p. 177-191. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(99\)00028-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(99)00028-9)
7. Spring, Ü.O. 2011. Genetically modified organisms: A threat for food security and risk for food sovereignty and survival, in *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*, H.G. Brauch, Editor. Springer. p. 1019-1041. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-17776-7>
8. Aven, T. 2016. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*. 253(1): p. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
9. Turnbull, C., M. Lillemo, y T.A. Hvoslef-Eide. 2021. Global regulation of genetically modified crops amid the gene edited crop boom—a review. *Frontiers in Plant Science*. 12: p. 630396. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.630396>
10. Devos, Y., W. Craig, y J. Schiemann. 2012. Transgenic crops, risk assessment and regulatory framework in the European Union. *Encyclopedia of Sustainability Science Technology*. p. 10765-10796. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_167
11. Caplanova, A. y E. Sirakovova. 2023. Economic considerations of cisgenics as a sub-set of genetically modified organisms, in *Cisgenic Crops: Safety, Legal and Social Issues*. Springer. p. 135-158. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10721-4_6
12. ISAAA. 2018. Global status of commercialized biotech/GM crops in 2018, in BRIEF 54. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
13. ISAAA. 2023. GM Approval Database. En línea, acceso: 20/05/2024. Disponible en: <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/>
14. Maffini, M.V., H.M. Alger, E.D. Olson, y T.G. Neltner. 2013. Looking back to look forward: a review of FDA's food additives safety assessment and recommendations for modernizing its program. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety*. 12(4): p. 439-453. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12020>
15. Pelletier, D.L. 2006. FDA's regulation of genetically engineered foods: Scientific, legal and political dimensions. *Food Policy*. 31(6): p. 570-591. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.03.010>
16. Food y D. Administration. 2021. Consultation programs on food from new plant varieties. En línea, acceso: 20/05/2024. Disponible en: <https://www.fda.gov/food/new-plant-variety/new-plant-variety-regulatory-information>
17. Gerber, S., S.R. Dix, y S.B. Cash. 2024. Marketing plant-based versus animal-sourced foods in online grocery stores: A comparative content analysis of sustainability and other product claims in the United States. *Business Strategy the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.3717>
18. Anklam, E., M.I. Bahl, R. Ball, R.D. Beger, J. Cohen, S. Fitzpatrick, P. Girard, B. Halamoda-Kenzaoui, D. Hinton, y A. Hirose. 2022. Emerging technologies and their impact on regulatory science. *Experimental Biology Medicine*. 247(1): p. 1-75. <https://doi.org/10.1177/15353702211052280>
19. Kuiper, H.A., G.A. Kleter, H.P. Noteborn, y E.J. Kok. 2001. Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods. *The Plant Journal*. 27(6): p. 503-528. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113.2001.01119.x>
20. Bawa, A. y K. Anilakumar. 2013. Genetically modified foods: safety, risks and public concerns—a review. *Journal of food science technology*. 50(6): p. 1035-1046. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0899-1>
21. Bonny, S. 2016. Genetically modified herbicide-tolerant crops, weeds, and herbicides: overview and impact. *Environmental Management*. 57(1): p. 31-48. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0589-7>
22. Coble, H.D. y J. Schroeder. 2016. Call to action on herbicide resistance management. *Weed Science*. 64(S1): p. 661-666. <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00032.1>
23. Marcus, R.D., S.H. Velardi, y F. Systems. 2023. Perceptions of genetically modified and bioengineered organisms and corresponding food labels among undergraduate students at Binghamton University. *Renewable Agriculture*. 38(7). <https://doi.org/10.1017/S1742170522000400>
24. Devos, Y., J. Aguilera, Z. Diveki, A. Gomes, Y. Liu, C. Paoletti, P. Du Jardin, L. Herman, J.N. Perry, y E. Waigmann. 2014. EFSA's scientific activities and achievements on the risk assessment of genetically modified organisms (GMOs) during its first decade of existence: looking back and ahead. *Transgenic Research*. 23: p. 1-25. <https://doi.org/10.1007/s11248-013-9741-4>
25. EFSA Scientific Committee, S.J., V. Bampidis, D. Benford, S.H. Bennekou, C. Bragard, T.I. Halldorsson, A.F. Hernández-Jerez, K. Koutsoumanis, y H. Naegeli. 2019. Guidance on harmonised methodologies for human health, animal health and ecological risk assessment of combined exposure to multiple chemicals. *Efsa Journal*. 17(3): p. e05634. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5634>
26. Block, A., F. Debode, L. Grohmann, J. Hulín, I. Taverniers, L. Kluga, E. Barbau-Piednoir, S. Broeders, I. Huber, y M. Van den Buleke. 2013. The GMOseek matrix: a decision support tool for optimizing the detection of genetically modified plants. *BMC Bioinformatics*. 14: p. 1-14. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-14-256>
27. Poli, S. 2013. The member states' long and winding road to partial regulatory autonomy in cultivating genetically modified crops in the EU. *European Journal of Risk Regulation*. 4(2): p. 143-157. <https://doi.org/10.1017/S1867299X00003317>
28. Arbeláez Ospina, A.N., S.C. Hoyos Murillo, y G.P. Quintero López. 2022. Alcance jurídico de la regulación sobre la producción, certificación y comercialización de semillas en Colombia y en México. <http://hdl.handle.net/10823/7063>
29. Ghag, S.B. 2024. Genetically modified organisms and their regulatory frameworks, in *Global Regulatory Outlook for CRISPR-ed Plants*. Elsevier. p. 147-166. <https://doi.org/10.1186/s40659-022-00399-x>
30. CDHCU. 2005. Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios: México. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM.pdf>
31. Schütte, G., M. Eckerstorfer, V. Rastelli, W. Reichenbecher, S. Restrepo-Vassalli, M. Ruohonen-Lehto, A.-G.W. Saucy, y M. Mertens. 2017. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. *Environmental Sciences Europe*. 29: p. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12302-016-0100-y>
32. Singh, O.V., S. Ghai, D. Paul, y R.K. Jain. 2006. Genetically modified crops: success, safety assessment, and public concern. *Applied Microbiology Biotechnology*. 71: p. 598-607. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0449-8>
33. Yu, Y., P.-C. Yu, W.-J. Chang, K. Yu, y C.-S. Lin. 2020. Plastid transformation: how does it work? Can it be applied to crops? What can it offer? *International Journal of Molecular Sciences*. 21(14): p. 4854. <https://doi.org/10.3390/ijms21144854>
34. Grevich, J.J. y H. Daniell. 2005. Chloroplast genetic engineering: recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 24(2): p. 83-107. <https://doi.org/10.1080/07352680590935387>
35. Holst-Jensen, A., M. De Loose, y G. Van den Eede. 2006. Coherence between legal requirements and approaches for detection of genetically modified organisms (GMOs) and their derived products. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 54(8): p. 2799-2809. <https://doi.org/10.1021/jf052849a>
36. Wasmer, M. 2019. Roads forward for European GMO Policy—Uncertainties in wake of ECJ judgment have to be mitigated by regulatory reform. *Frontiers in Bioengineering Biotechnology*. 7: p. 132. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00132>
37. FAO. 2020. Plant health 2020. En línea, acceso: 20/05/2024. Disponible en: <https://www.fao.org/plant-health-2020/en/>
38. Liu, Y.-x., F. Li, L. Gao, Z.-l. Tu, F. Zhou, y Y.-j. Lin. 2023. Advancing approach and toolbox in optimization of chloroplast genetic transformation technology. *Journal of Integrative Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.02.031>
39. UN. 2022. United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World population prospects 2022. En línea, acceso: 20/05/2024. Disponible en: <https://population.un.org/wpp/>



PONIENDO A PRUEBA LA CREATIVIDAD DE LOS JOVENES

Gracias al apoyo de Gobierno del Estado a través del Instituto de Innovación y Competitividad, los alumnos que han sido beneficiados con la instalación de laboratorios del programa CyT Labs, podrán poner en práctica sus habilidades en Robótica y Biónica en este concurso estatal. ¿Cuál institución saldrá vencedora?



Infórmate sobre las convocatorias que ofrece el I2C: www.i2c.com.mx



Chihuahua Sostenible: Recursos, Salud y Tecnología



INADET

EN CAMINO HACIA LA
DESCARBONIZACIÓN

Con el fin de estar siempre a la vanguardia, el Instituto de Apoyo al Desarrollo Tecnológico (INADET), a través de sus unidades de capacitación CENALTEC (Centros de Entrenamiento en Alta Tecnología), inició el camino hacia la descarbonización a finales del 2022, con la capacitación de dos colaboradores de la institución en el programa denominado “Coaching en Ecoeficiencia”, liderado por la Secretaría de In-

novación y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Chihuahua. En dicho programa, se lograron identificar proyectos de descarbonización en la institución, enfocados en el manejo integral de residuos, así como la reducción en el consumo de papel y agua.

Durante el 2023, se elaboró el reporte INADET/CENALTEC en camino ha-

cia la Descarbonización en donde se evaluaron y documentaron proyectos de descarbonización implementados y por implementar. Como parte de los resultados de dicho documento, se cuantificó la contribución anual de descarbonización y reducción del impacto ambiental de los proyectos, así como los ahorros económicos anuales por casi \$750,000 pesos al adoptar estrategias de ecoeficiencia.

Estatus	Proyecto	Alcance evaluación*	Descarbonización Reducción impacto ambiental	Ahorros económicos	Inversión	P.S.R.I. **
Implementado	Reducción en el consumo de papel (digitalización de materiales)	Todos los planteles	Reducción en el consumo de 3.5 toneladas de papel bond equivalentes a: 60 árboles 70 m³ de agua 14,583.33 kWh electricidad 11.55 ton de CO ₂	\$386,910	\$5,300	1.3 semanas
En proceso de implementación	Disminución en consumo de agua en los servicios sanitarios	Todos los planteles (mingitorios secos), plantel Chihuahua (llaves ahorradoras)	Reducción en el consumo de agua de 645 m³	\$21,139	\$94,864	4.5 años
	Recuperación de plástico a partir de los residuos de botellas PET	Plantel Chihuahua	0.6 m³ de residuos PET a reciclaje (6kg)	\$2,542	Falta información	N/A
	Manejo integral de residuos	Plantel Chihuahua y Juárez	45.36 m³ de residuos a reciclaje	\$63,707	\$65,974	1 año
Propuestas de proyectos	Sustitución de la iluminación	Plantel Chihuahua	40.97 ton CO ₂ (ahorro de energía 94,176 kWh ahorro en demanda 32.7 kW)	\$224,101	\$230,121	1 año
	Instalación de sensores de presencia	Plantel Chihuahua	1.85 ton CO ₂ (ahorro de energía 4,257.80 kWh)	\$10,132	\$6,000	7.1 meses
	Reparación de fugas de aire comprimido	Plantel Chihuahua	5.05 ton CO ₂ (ahorro de energía 11,601.79 kWh)	\$27,608	\$0	Inmediato
	Corrección del factor de potencia	Plantel Chihuahua	N/A	\$10,262	\$14,800	1.4 años
TOTAL				\$746,401	\$417,059	6.7 meses

*Se evaluaron los proyectos en base a la información disponible y obtenida hasta el momento de los diferentes planteles CENALTEC en el estado de Chihuahua.

**Periodo simple de recuperación de la inversión.

Como parte de los resultados de la evaluación de los proyectos de descarbonización, se cuantificó la contribución anual de descarbonización y reducción del impacto ambiental.

Reducción consumo papel (ton)	# árboles dejan de talar producción papel	Reducción consumo de agua (m ³)	Residuos PET a reciclaje (kg)	Residuos clasificados a reciclaje (m ³)	Ahorro en consumo de energía (kWh)	Ahorro en demanda de energía (kW)	ton CO ₂
3.5	60	715	6	45.36	124,619	37.2	59.42

Así mismo, durante el 2023 se llevaron a cabo pláticas de sensibilización dirigidas a todos los directivos y colaboradores de INADET y planteles CENALTEC del estado de Chihuahua, enfocadas en temas de cambio climático, ecoeficiencia como estrategia de descarbonización y ahorro de energía. Además, se definieron los lineamientos para una campaña visual de descarbonización en la institución, con el fin de promover que todos sean parte de los esfuerzos hacia la descarbonización, adoptando e implementando medidas contra el cambio climático.

Los proyectos de descarbonización se enfocaron principalmente en los siguientes aspectos ambientales, representando importantes beneficios económicos y ambientales.

CONSUMO DE PAPEL

Por la naturaleza de las actividades de capacitación que se realizan en INADET/CENALTEC, el consumo de papel bond en la preparación de materiales para los alumnos de los diferentes cursos y documentos relacionados, así como los servicios de impresión y copiado, han sido parte significativa en los gastos de la institución.

Por ello se implementó el proyecto de digitalización de documentos en los planteles de Chihuahua, Juárez, Cuauhtémoc y Parral al digitalizar vía QR los manuales y material de los cursos para los alumnos, registro de los estudiantes, encuestas de grado de satisfacción de fin de cursos, eva-

luaciones en formato digital Google Forms y la creación de QR para personal como medio de identificación, reduciendo el consumo de 3.5 toneladas de papel al año.

GENERACIÓN DE RESIDUOS

Como parte de los esfuerzos hacia la descarbonización de la institución se han implementado acciones para el manejo integral de residuos a través de la clasificación y reciclaje de residuos, además de la preparación de material de sensibilización sobre manejo adecuado de residuos y su correcta clasificación para reciclaje. Para ello se ha definido el mecanismo de clasificación de los residuos para INADET/CENALTEC, y sus unidades móviles.

ESTANDAR INADET/CENALTEC

Residuos No Peligrosos							Residuos Peligrosos
Residuos Sólidos Urbanos		Residuos de Manejo Especial					
ORGÁNICOS	NO RECICLABLE	PAPEL Y CARTÓN	MADERA	VIDRIO	PLÁSTICO	METAL	RESIDUOS PELIGROSOS
Residuos de alimentos, cáscaras de fruta, bolsitas de té, servilletas	Envolturas de celofán, unigel, papel toalla, pañuelos desechables, envolturas de galletas, papas o cacahuates, tetra pack, empaques con restos de comida	Papel, boletines, folders, cartón, otros materiales de papel. No incluye papel sanitario ni servilletas	Pallets, pedacería no impregnada con aceite u otros químicos	Envases y botellas de vidrio	Empaques de plástico, hule-espuma, envases de PET de refresco y agua	Latas de refresco, chatarra, pedacería metálica, fierro, aluminio, cobre, acero inoxidable	Elementos contaminados con hidrocarburos, solventes, pinturas, pegamentos así como los recipientes vacíos que contuvieron estas sustancias

Además, se han adquirido juegos de contenedores de diferentes colores que se ubicarán en áreas clave de las instalaciones de los planteles y unidades móviles de CENALTEC, esto con el fin de clasificar y enviar a reciclaje los residuos acopiados, evitando que vayan al relleno sanitario.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los proyectos relacionados con el ahorro de energía eléctrica se han enfocado en la sustitución de la iluminación de aditivos metálicos por luminarios LED, la instalación de sensores de presencia en algunas aulas de capacitación y baños, la reparación de fugas de aire comprimido, y la corrección del factor de potencia.

CONSUMO DE AGUA

Los servicios sanitarios en las instalaciones de INADET/CENALTEC plantel Chihuahua cuentan con tecnologías de alrededor de 15 años de antigüedad, por lo que se consideran como altos consumidores de agua. Hasta el momento, INADET/CENALTEC plantel Chihuahua ha realizado ajuste de válvulas para incrementar la presión y reducir el consumo de agua de los sanitarios. Así mismo, se cambiaron llaves de los lavabos ya

que presentaban fugas de agua. Se tiene contemplado cambiar progresivamente los mingitorios actuales a mingitorios secos, los sanitarios y las llaves de los lavabos por más eficientes en el consumo de agua.

REUCUPERACIÓN DE PLÁSTICO A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE BOTTELLAS PET

Se genera una cantidad considerable de residuos de botellas PET en las instalaciones de INADET/CENALTEC Chihuahua, así como en muchas instituciones educativas.

Con el apoyo de alumnos del CBTIS 122 Chihuahua, se presentó el proyecto de elaboración de hilo a partir de residuos de botellas PET (generados en CENALTEC Chihuahua y CBTIS 122) al utilizarlos como materia prima en las inyectoras de plástico de INADET/CENALTEC Chihuahua, en donde se fabricarán llaveros como artículos promocionales. Este proyecto contribuirá a reducir la cantidad de residuos de botellas PET al convertirlos en artículos promocionales, mejorando la imagen de la institución hacia el cuidado del medio ambiente.

Durante el 2024 se está trabajando en la implementación de un sistema de gestión ambiental basado en la nor-

ma ISO14001:2015; la gestión ante FIDE de más proyectos de ahorro de energía; la elaboración de un reporte de acciones de descarbonización implementados por la Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Chihuahua y sus organismos descentralizados; así como el desarrollo del programa MiPyMes hacia la Descarbonización. Este último con el objetivo de contribuir a la descarbonización, competitividad y reducción del impacto ambiental en las MiPyMes a través de la convocatoria, capacitación, desarrollo e implementación de proyectos de ecoeficiencia.

Los esfuerzos hacia la descarbonización de INADET/CENALTEC cumplen con los objetivos y líneas de acción definidas en el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Chihuahua 2022-2027 así como el Programa Sectorial de Innovación y Desarrollo Económico 2022-2027.

La implementación de proyectos y estrategias encaminadas hacia la descarbonización en INADET/CENALTEC posiciona a la institución como líder de los Institutos de Capacitación para el Trabajo (ICAT) en adoptar medidas contra el cambio climático al reducir su huella de carbono e impacto ambiental.



Hidroponía

■ hortalizas sin suelo | en Chihuahua ■

P R E F A C I O

La agricultura en Chihuahua se encuentra en una encrucijada única, enfrentando desafíos significativos en un entorno árido y semiárido donde el agua es un recurso precioso y escaso. Históricamente, esta región ha dependido intensamente de los acuíferos y las fuentes superficiales para sostener sus actividades agrícolas, lo cual ha llevado al agotamiento de recursos naturales y a la desertificación de vastas áreas. Este uso insostenible del agua no solo compromete la disponibilidad futura de recursos hídricos, sino que también impacta negativamente en la calidad del agua y en la salud de los ecosistemas locales.

En este contexto, la introducción de la hidroponía emerge como una solución innovadora y prometedora. Al cultivar sin suelo y emplear soluciones nutritivas controladas, la hidroponía no solo optimiza el uso del agua, reduciendo su consumo hasta en un 95%, sino que también minimiza la contaminación ambiental al eliminar la necesidad de químicos agrícolas. Esto representa un avance significativo hacia una agricultura más sostenible y resiliente, especialmente en un contexto de cambio climático y escasez de recursos.

Este prefacio explora cómo la implementación de la hidroponía en Chihuahua no solo puede revitalizar la producción agrícola local, mejorando la seguridad alimentaria y reduciendo la dependencia de importaciones, sino que también podría establecer un precedente crucial para otras regiones enfrentando desafíos similares en todo el mundo. Al adoptar prácticas agrícolas más eficientes y amigables con el medio ambiente, Chihuahua no solo protege sus recursos naturales, sino que también se posiciona como un líder en la búsqueda de soluciones innovadoras para la agricultura del siglo XXI.

Este artículo invita a reflexionar sobre el papel transformador que la hidroponía puede desempeñar en la agricultura de Chihuahua, abriendo nuevas oportunidades para el desarrollo sostenible y la conservación de recursos en una región que enfrenta desafíos únicos pero también posee un potencial inigualable para la innovación agrícola.



La agricultura representa una de las principales actividades humanas que demanda gran cantidad de agua, aproximadamente el 75.7% del agua disponible (CNA, 2020). En regiones áridas y semiáridas la agricultura tiene impacto negativo mucho mayor sobre los recursos naturales, principalmente en el agua y suelo, causando el agotamiento de los acuíferos y la desertificación (Granados-Sánchez, et al., 2013). Asimismo, la agricultura tiene un efecto importante en la calidad del agua, provoca la acumulación de residuos tóxicos provenientes de plaguicidas, acumulación de fertilizantes en ecosistemas acuáticos y su contaminación con patógenos (hongos, bacterias y virus), lo que ocasiona disfunciones en los ecosistemas naturales y repercuten negativamente en la salud humana (Lin, Yang, & Xu, 2022).

A pesar de que el planeta está conformado en su mayoría por agua (71%), solo el 0.007% se encuentra disponible para su uso (García y Martínez, 2015). En el caso específico de México, si bien se considera un país con una gran cantidad de renovable, su distribución es irregular debido a la geografía (CNA 2020). En el ámbito nacional, la precipitación anual se sitúa en 747.6 mm (CNA, 2023). De este total, luego de la evapotranspiración, el currimiento forma cuerpos de agua superficiales (25%), y únicamente el 3% se infiltra al subsuelo (González et al., 2022). En Chihuahua, la precipitación promedio anual alcanza los 459 mm, recargando mantos freáticos, presas, ríos y arroyos. Del total de agua en Chihuahua, el 87% se destina a la agricultura: el 42.6% proviene de aguas superficiales (ríos, represas, arroyos, etc.) y el 57.3% de aguas subterráneas (CNA,

Aldo Gutiérrez-Chávez 1, Jared Hernández-Huerta 1*
1Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Av. Pascual Orozco s/n, Campus 1, Santo Niño, C.P. 31200 Chihuahua, Chih.



2020). Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP; 2022) Chihuahua cuenta con 1,023,767.90 hectareas de cultivos, de las cuales el 60.57% (620,119.05 ha) utiliza algún tipo de riego, mientras que el 39.42% (403,648.85 ha) son de temporal. Además, la superficie de riego agrícola ha aumentado en un 21.85% entre 2010 y 2020 (Quintana & Solis, 2023).

Esta situación un problema grave debido al desequilibrio hídrico entre la extracción de agua de los acuíferos y su capacidad de recarga. Mientras la recarga natural de los mantos acuíferos es de 656.32 millones de m³, la extracción alcanza los 2,406.5 millones de m³ a través de 20,943 pozos (Quintana, 2012). Según la CNA en 2020, 40 de 60 acuíferos presentan un deficit de 3,312,30 hm³ de agua. Es importante tomar acciones que coadyuven a mitigar el impacto de la agricultura sobre el agua y los otros recursos naturales. La agricultura protegida, en particular el uso de técnicas hidropónicas, puede ser una acción viable para reducir el impacto de la agricultura y uso ineficiente del agua en Chihuahua. La hidroponía implica un método de cultivo en el que las hortalizas se cultivan sin tierra, utilizando soluciones nutritivas (Sharma et al., 2018).

Se estima que el mercado hidropónico crecerá de USD 4.69 mil millones en 2023 a 6.83 mil millones en 2028, una tasa anual de 7.8%, según Mordor Intelligence. Brasil y México son los principales países en América Latina que han adoptado sistemas de cultivo hidropónicos para contribuir en la producción agrícola (Pomoni et al., 2023). En México, aproximadamente el 50% de los cultivos establecidos bajo cubierta se

llevan a cabo mediante hidroponía (INTAGRI, 2017).

La hidroponía prescinde del suelo y ofrece varias ventajas significativas (Pomoni et al., 2023). Reduce la necesidad productos químicos como fertilizantes, insecticidas y herbicidas, lo que hace más limpia y sostenible. Además, permite un uso eficiente del suelo, logrando una mayor producción en un espacio menor, con un crecimiento de entre un 30% y un 50% más rápido (Joshi et al., 2018). También optimiza el uso del agua, reduciendolo a un rango de 70% a 95%, lo que es crucial en un mundo de escasez de agua (Engler & Krarti, 2021). El cultivo hidropónico muestra menores emisiones de gases, con hasta un 52,2% menos CO₂ que el cultivo convencional (Martinez-Mate et al., 2018). Todo esto resulta en un impacto ambiental reducido y convirtiendo la hidroponía en una técnica más ecológica para el cultivo de hortalizas.

Un sistema hidropónico consta de varios componentes fundamentales para el cultivo de plantas. En primer lugar, un contenedor o estructura de cultivo es esencial, pudiendo ser una bandeja, un recipiente o sistema de tuberías (Figura 1; Savvas & Gruda, 2018). El medio de soporte, que puede ser algún sustrato como perlita, fibra de coco, lana de roca o vermiculita, sirve para sostener las raíces de las plantas. La solución nutritiva, compuesta por agua y nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Los sistemas de riego, que pueden ser por goteo, inundación y drenaje o recirculación en tubos. Además, el sistema debe contar con instrumentos para controlar y monitorear factores como el pH, la conductividad eléctrica y temperatura de la solución nutritiva, asegurando condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas. Estos componentes, combinados y administrados correctamente, permiten un cultivo eficiente y controlado.

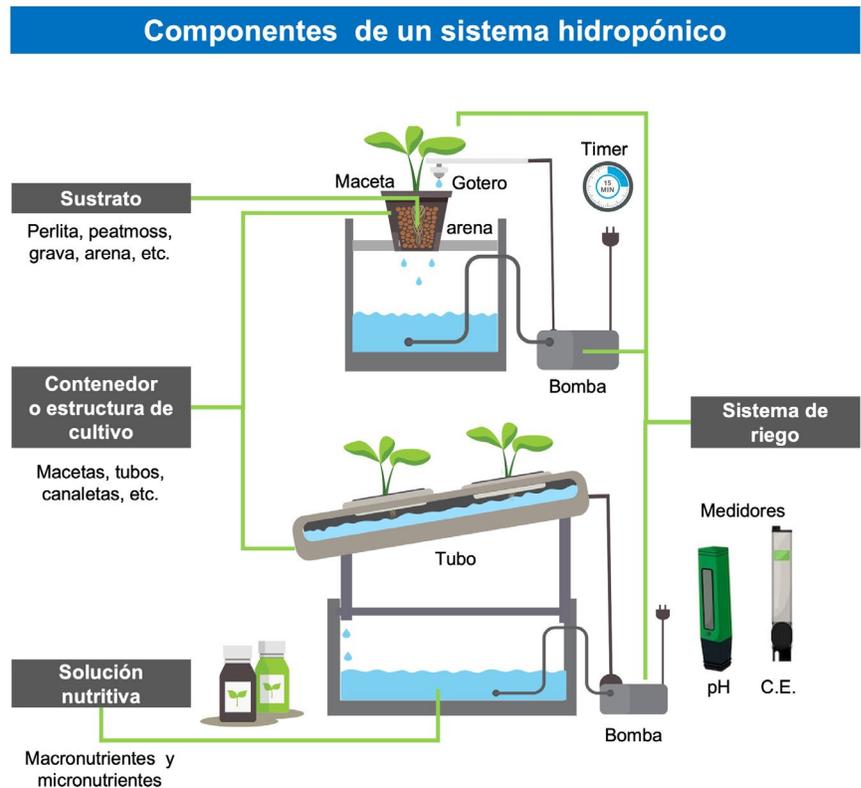


Figura 1. Componentes principales de un sistema hidropónico.

Los sistemas hidropónicos abarcan una amplia gama de técnicas de cultivo sin suelo, desde estacionarios, hasta recirculantes y aeropónicos (Figura 2; Velazquez-Gonzalez et al., 2022). Dentro de los sistemas estacionarios, se encuentran la técnica de mecha y raíz flotante. En la técnica de mecha, las plantas se sitúan en un sustrato como arena, grava, perlita u otro material de soporte y una mecha, que trasporta la solución nutritiva desde un depósito hasta las raíces (Figura 2a). Por otro lado, la técnica de raíz flotante implica que las plantas se coloquen en una placa flotante donde solo las raíces están en contacto con la solución nutritiva (Figura 2b). Estos sistemas estacionarios ofrecen un suministro constante de nutrientes pero tienen la limitante del suministro de oxigenación a las raíces.

En contraste, los sistemas recircu-

lantes incluyen técnicas como el riego por goteo, de flujo y reflujo y de lámina nutritiva recirculante (NFT). El riego por goteo suministra gotas regulares de solución nutritiva directa a las raíces, permitiendo un control preciso de la alimentación de la planta (Figura 2c). El sistema de flujo y reflujo, sumerge temporalmente las raíces en la solución nutritiva y luego la drena, promoviendo la oxigenación intermitente (Figura 2d). Mientras tanto, el sistema NFT suministra una delgada película de solución nutritiva a las raíces que se desplaza a través de una canal inclinada, proporcionando oxigenación adecuada (Figura 2e). Estas técnicas recirculantes permiten una mayor eficiencia en el uso de recursos al recircular la solución nutritiva, pero requieren un monitoreo cuidadoso para evitar problemas de saturación o desequilibrios de nutrientes.

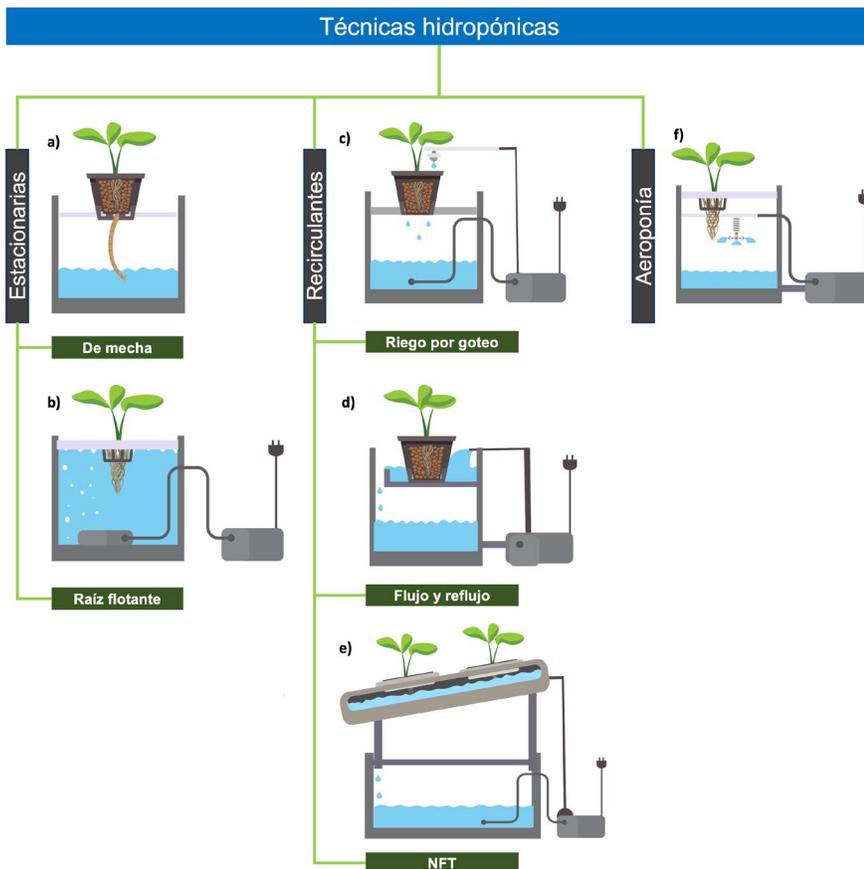
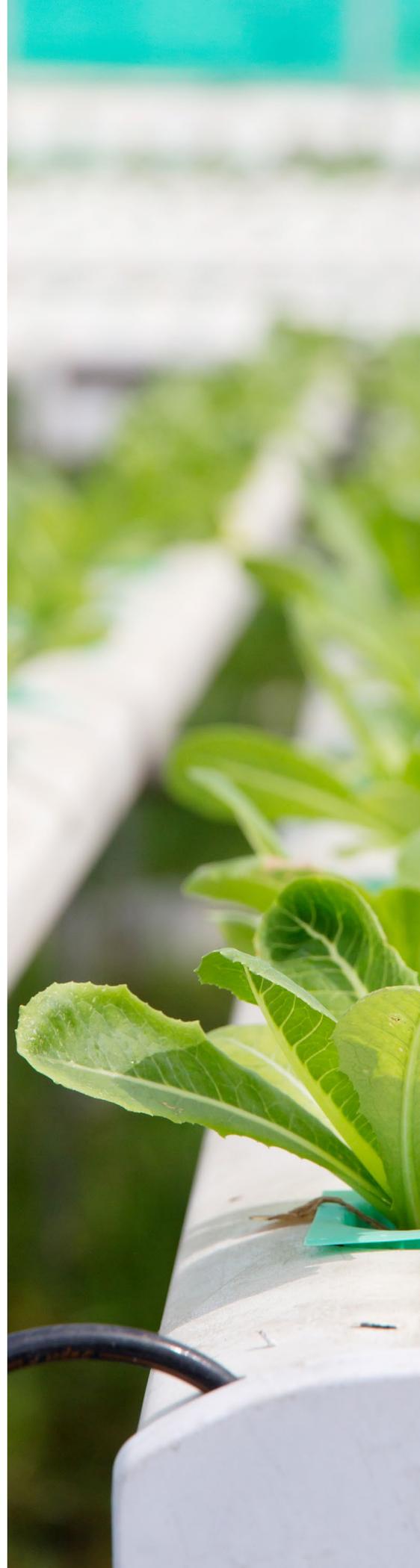


Figura 2. Diferentes tipos de sistemas hidropónicos. a) de mecha, b) raíz flotante, c) riego por goteo, d) flujo y reflujo, e) lámina nutritiva recirculante (NFT), f) aeroponía.



Por último, los sistemas aeropónicos son una variante avanzada donde las raíces de las plantas cuelgan en el aire y se rocían con una fina niebla de solución nutritiva (Figura 2f). Esta técnica maximiza la oxigenación de las raíces y facilita el acceso a nutrientes y agua, lo que puede acelerar el crecimiento de las plantas, junto con un menor consumo de agua en comparación de los otros sistemas hidropónicos.

La hidroponía es apropiada para cultivar una gran variedad de hortalizas, aunque de forma comercial las principales hortalizas cultivadas son pimientos, tomates, pepinos y lechugas (Cuadro 1). Además, permite el cultivo de algunas frutas, plantas ornamentales y medicinales. No obstante, es fundamental evaluar su implementación en los diferentes sistemas de cultivo hidropónico (Zárate, 2014).

La adopción de la hidroponía en Chihuahua no sólo podría contribuir a la conservación del agua, sino también aumentar la producción de alimentos locales, reducir la dependencia de importaciones y mejorar la seguridad alimentaria en la región. Al permitir un uso más eficiente de los recursos hídricos y un mayor control sobre las condiciones de crecimiento de las plantas, la hidroponía se convierte en una herramienta valiosa para enfrentar los desafíos de la agricultura en un entorno de recursos limitados. La implementación de esta tecnología no sólo puede ayudar a Chihuahua mantener la sostenibilidad en su agricultura, sino que también podría servir como un ejemplo inspirador para otras regiones áridas y semiáridas que buscan soluciones innovadoras para preservar el agua y garantizar el suministro de alimentos en un mundo cada vez más afectado por el cambio climático.

TIPO DE HORTALIZA	NOMBRE
Bulbos	Ajo (<i>Allium sativum</i>), cebolla (<i>Allium cepa</i>), puerro (<i>Allium porrum</i>)
Hortalizas de hoja	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), repollo (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>), col de Bruselas (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>), mostaza (<i>Brassica nigra</i>), espinacas (<i>Spinacea oleracea</i>), acelgas (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>), berro (<i>Nasturtium officinale</i>), apio (<i>Apium graveolens</i>), perejil (<i>Petroselinum crispum</i>), cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>), verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>).
Hortalizas de raíz	Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>), jícama (<i>Pachyrrhizus erosus</i>), nabo (<i>Brassica rapa</i>), rábano (<i>Raphanus sativus</i>), yuca (<i>Manihot esculenta</i>), zanahoria (<i>Daucus carota</i>).
Tubérculos	Boniato (<i>Ipomoea batatas</i>), papa (<i>Solanum tuberosum</i>)
Tallos	Espárragos (<i>Asparagus officinalis</i>)
Inflorescencias	Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>), brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>cursiva</i>), coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botritis</i>), huauzontle (<i>Chenopodium</i> sp.)
Frutos	Calabacita (<i>Cucurbita pepo</i>), pepino (<i>Cucumis sativus</i>), melón (<i>Cucumis melo</i>), sandía (<i>Citrullus vulgaris</i>), judía verde (<i>Phaseolus vulgaris</i>), chayote (<i>Sechium edule</i>), chile (<i>Capsicum annuum</i>), berenjena (<i>Solanum melongena</i>), tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>), tomatillo (<i>Physalis ixocarpa</i>).
Legumbres	Guisante (<i>Pisum sativum</i>), haba (<i>Vicia faba</i>), maíz dulce (<i>Zea mays</i>).

Cuadro 1. Hortalizas cultivadas en hidroponía. Modificado de: Velazquez-Gonzalez et al., 2022.



REFERENCIAS

- Comisión Nacional del Agua, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. (2023). Reporte del clima en México Junio 2023. <https://n9.cl/qkzkg>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2020) [en línea] <https://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php>.
- Engler, N.; Krarti, M. Review of Energy Efficiency in Controlled Environment Agriculture. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2021, 141, 110786.
- García, G. M., & Martínez, P. C. C. (2015). Escenario del agua en México. *CULCyT*, (30).
- González V. F. J., Vázquez H. E., Aguilar A. E., Arriga M. J. A. (2022). Perspectivas del agua en México, propuestas hacia la seguridad hídrica. Universidad Nacional Autónoma de México Red del Agua UNAM. http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/Perspectivas_AguainMexico2022.pdf
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., Vázquez-Alarcón, A., & Ruiz-Puga, P. (2013). Los procesos de desertificación y las regiones áridas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1), 45-66.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI), 2017. La industria de los cultivos hidropónicos. Serie horticultura protegida. Número 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Joshi, N.; Joshi, A. *Green Spaces: Create Your Own*, 1st ed.; Notion Press Inc.: Chennai, India, 2018.
- Lin, L., Yang, H., & Xu, X. (2022). Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: a review. *Frontiers in environmental science*, 10, 880246.
- Market research company - mordor Intelligence™. (s/f). *Mordorintelligence.com*. Recuperado el 2 de octubre de 2023, de <https://www.mordorintelligence.com/>
- Martínez-Mate, M.A.; Martín-Gorri, B.; Martínez-Alvarez, V.; Soto-García, M.; Maestre-Valero, J.F. Hydroponic System and Desalinated Seawater as an Alternative Farm-Productive Proposal in Water Scarcity Areas: Energy and Greenhouse Gas Emissions Analysis of Lettuce Production in Southeast Spain. *J. Clean. Prod.* 2018, 172, 1298–1310.
- Pomoni, D. I., Koukou, M. K., Vrachopoulos, M. G., & Vasiliadis, L. (2023). A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact, and Land Use. *Energies*, 16(4), 1690.
- Quintana S., V. M. (2012). El agua en Chihuahua: Un presente que se bebe al futuro. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 24 (24), 233-258.
- Sharma, N.; Acharya, S.; Kumar, K.; Singh, N.; Chaurasia, O.P. Hydroponics as an Advanced Technique for Vegetable Production: An Overview. *J. Soil Water Conserv.* 2018, 17, 364.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2022), Datos sobre producción agrícola de los años a 2023 [en línea] <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricol>
- V. M. Quintana y M. Solís, "Análisis de diferentes tipos de agricultura para la conceptualización de una nueva ruralidad en el norte de México: el caso de Chihuahua", Documentos de Proyectos (LC/TS.2023/68-LC/MEX/TS.2023/12), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023.
- Velazquez-Gonzalez, R. S., Garcia-Garcia, A. L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J. D. O., & Sosa-Savedra, J. C. (2022). A review on hydroponics and the technologies associated for medium-and small-scale operations. *Agriculture*, 12(5), 646.
- Zárate, M.A. *Manual de Hidroponía*. 2014. Available online: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf (accessed on 30 September 2023).
- Savvas, D., Gruda, N. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry—A review. *Eur. J. Hortic. Sci.* 2018, 83, 280–293.





25 años impulsando la innovación y el crecimiento de Chihuahua



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

Juntos Si podemos



CENALTEC

El Instituto de Apoyo al Desarrollo Tecnológico (INADET) celebra sus 25 años de historia como un referente clave en la formación y capacitación tecnológica en el estado de Chihuahua. Desde su fundación, INADET ha reconocido el potencial de la región y la necesidad de desarrollar el talento local para potenciar su impacto en el crecimiento económico de las empresas y las familias. A lo largo de estos años, el instituto ha proporcionado herramientas de formación innovadoras, capacitando a hombres y mujeres para que se conviertan en motores de cambio tanto en sus ámbitos laborales como en sus comunidades.

INADET es un organismo público descentralizado adscrito a la Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT) de la Secretaría de Educación Pública (SEP) a nivel federal, lo que garantiza que sus programas cumplan con los estándares educativos nacionales. A nivel estatal, INADET está sectorizado a la Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico (SIDE) del Gobierno del Estado de Chihuahua, reafirmando su compromiso con el desarrollo económico y la competitividad de la región a través de la capacitación especializada y el impulso de la tecnología.

En el marco de su 25° aniversario, INADET continúa siendo un pilar esencial en la promoción y desarrollo de la tecnología en Chihuahua, impulsando la innovación, la investigación y la transferencia tecnológica. Este compromiso ha fortalecido el ecosistema empresarial de la región y ha contribuido directamente al bienestar de la sociedad. En un mundo cada vez más cambiante, el conocimiento y las habilidades son fundamentales para el éxito, y en INADET se cree firmemente que la capacitación es el motor de la transformación profesional.

Durante estos 25 años, INADET ha desempeñado un papel crucial en la capacitación y fortalecimiento de habilidades técnicas, preparando a la fuerza laboral para adaptarse a los cambios tecnológicos. A través de una educación técnica de vanguardia, el instituto ha permitido que sus egresados se adapten a los nuevos

paradigmas laborales y contribuyan al desarrollo económico de la entidad.

La tecnología ha sido un motor de crecimiento económico, transformando vidas y abriendo nuevas oportunidades laborales. Adaptarse rápidamente al cambio y actualizar las habilidades es esencial para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que estas tecnologías traen consigo. Los programas de INADET están diseñados para ofrecer un entorno de aprendizaje dinámico y colaborativo, con formación especializada en áreas técnicas de alta demanda. En colaboración con la comunidad industrial, se desarrollan competencias que optimizan las operaciones empresariales y maximizan los resultados, respondiendo a las necesidades de educación y formación técnica requeridas por la industria, el gobierno, la academia y la sociedad.



Centros de Entrenamiento en Alta Tecnología: El futuro del aprendizaje

El éxito de INADET se refleja en sus cinco Centros de Entrenamiento en Alta Tecnología (CENALTEC), ubicados en Juárez, Chihuahua, Cuauhtémoc, Parral y Delicias. Estos centros fomentan la innovación y mejoran la competitividad de diversos sectores industriales. Además de impulsar proyectos de vanguardia, están diseñados para preparar a los profesionales del futuro, contribuyendo a la calidad de los procesos productivos con personal altamente capacitado.

Los esfuerzos de INADET no se limitan a los sectores aeroespaciales, automotrices e industria de chapa metálica y manufactura avanzada. También abordan una amplia gama de necesidades industriales, desde Greenskills, Seguridad Industrial, Idiomas, HUB Digital y Habilidades Administrativas, hasta habilidades blandas, Certificaciones SAP, lenguajes de programación como JAVA

y Python, y habilidades S.T.E.M., bajo un amplio esquema de conocimientos educativos.

INADET garantiza el acceso equitativo e inclusivo a la educación tecnológica, respaldado por su certificación en la Norma Mexicana NMX-R-025-SCFI-2015 en Igualdad Laboral y No Discriminación, así como por la Norma ISO 9001:2015, que asegura que sus procesos de gestión de calidad cumplen con los más altos estándares internacionales. INADET es el único ICAT en México en contar con esta certificación, lo que lo posiciona como un líder nacional en capacitación técnica.

Alianzas que impulsan y transforman

INADET ha consolidado importantes alianzas estratégicas con la iniciativa privada, gobiernos, fundaciones y la academia para fomentar el desarrollo integral en Chihuahua. Una de las colaboraciones más destacadas es con el Grupo Hi-Tec, empresa especializada en maquinaria y solu-

ciones tecnológicas avanzadas. Esta alianza ha permitido la creación del programa Sheet Metal & Machining Academy, diseñado para capacitar a ingenieros y técnicos en tecnologías avanzadas de lámina metálica y mecanizado asistido por computadora.

Este programa utiliza equipos y software de última generación, como RADAN y EDGE CAM, para desarrollar las habilidades necesarias para enfrentar los retos del sector metalmeccánico. La colaboración con Hi-Tec no solo proporciona acceso a maquinaria de vanguardia, sino que también fomenta la inversión extranjera en manufactura avanzada, impulsando el desarrollo industrial de la región y ofreciendo oportunidades de crecimiento a los profesionales locales.

Con un equipo de más de 300 instructores altamente capacitados en industrias clave, y con instalaciones equipadas con tecnología de vanguardia, INADET ofrece un entorno de formación real y dinámico. Esto



garantiza que los estudiantes se preparen para enfrentar los desafíos y demandas de la industria moderna con confianza y competitividad.

Un modelo de capacitación reconocido internacionalmente

Gracias a su innovador modelo de capacitación, INADET ha trascendido fronteras. Recientemente, firmó un convenio con Honduras para replicar el exitoso modelo CENALTEC, promoviendo el intercambio de buenas prácticas y garantizando un impacto global en la formación técnica. Esta expansión internacional es un testimonio del valor y la eficacia de los programas de INADET, que continúan formando líderes en manufactura avanzada, logística inteligente, electromovilidad y energías renovables.

Certificación oficial que potencia el futuro de los jóvenes en Chihuahua

Una de las grandes ventajas que ofrece INADET es la entrega de una constancia oficial avalada por la Secretaría de Educación Pública (SEP) al concluir las capacitaciones. Esto asegura que los egresados cuenten con una certificación reconocida que respalda su formación, proporcionando un mayor valor en el mercado laboral y garantizando que las competencias adquiridas cumplan con los más altos estándares de calidad educativa.

Con el respaldo de la SEP, INADET trabaja incansablemente para consolidar alianzas estratégicas que fortalezcan la cooperación entre actores clave del sector industrial, académico y gubernamental. A través de programas sociales como “Desafío” y “Lidera”, INADET ha beneficiado a más de 8,200 jóvenes, dándoles una segunda oportunidad para reintegrarse

al sistema educativo de nivel medio superior y al ámbito laboral.

Con una visión clara hacia el futuro, INADET sigue apostando por la capacitación como el camino hacia el éxito. Sus programas no solo forman, sino que empoderan, inspirando a los estudiantes a aprovechar las oportunidades y construir un futuro próspero para Chihuahua. Hoy, 25 años después, INADET sigue siendo el motor que impulsa la innovación y el progreso en la región, construyendo un legado de crecimiento, competitividad y desarrollo para todos.



Cada uno de los centros de entrenamiento del Instituto de Apoyo al Desarrollo Tecnológico (INADET) está estratégicamente ubicado para asegurar el acceso a capacitación especializada en áreas industriales clave. A continuación, se detallan las ubicaciones de los centros:

1. CENALTEC Chihuahua

Av. Central No. 8901, Parque Industrial Chihuahua Sur
C.P. 31385
Teléfono: (614) 429 8500

2. CENALTEC Ciudad Juárez

Av. Barranco Azul No. 5961, Parque Industrial Aeropuerto
C.P. 32695
Teléfono: (656) 633 2165

3. CENALTEC Ciudad Cuauhtémoc

Av. Ingeniería No. 5270, Blvd. Gómez Morín, Col. Ex Agrícola San Antonio
C.P. 31510
Teléfono: (625) 591 0723

4. CENALTEC Ciudad Parral

Av. Niños Héroes Km 4, Colonia Solidaridad
C.P. 33826, Hidalgo del Parral
Teléfono: (627) 527 0503

5. CENALTEC Ciudad Delicias

Calle 44 Sur No. 1432, Col. Lindavista
C.P. 33086
Teléfono: (639) 688 1076

Para obtener más información sobre los programas y servicios ofrecidos por INADET, se invita a visitar su página web oficial:

www.inadet.com.mx.

Descubra cómo INADET está impulsando el futuro tecnológico de Chihuahua a través de sus programas de capacitación.



PRÓXIMAMENTE

CONVOCATORIA 2025

Infraestructura Ciencia y Tecnología

Innovación y Emprendimiento

Ciencia de Frontera

Fondo de Capital de Riesgo

Desarrollo de Talento



SECRETARÍA
DE INNOVACIÓN
Y DESARROLLO ECONÓMICO

IPC
INSTITUTO DE INNOVACIÓN
Y COMPETITIVIDAD

	 <p>Ciencia Tecnología Innovación</p>
<p>Raké, investigación, desarrollo científico e innovación. Revista de difusión y divulgación del estado de Chihuahua.</p>	
<p>  @i2c.mx / T. +52 (656) 629 3300 / CJS, MEX. © 2022</p>	



**GOBIERNO
DEL ESTADO
DE CHIHUAHUA**

Juntos
Sí podemos