

Facultad



6 créditos

2025/2026

Biología

Vespertino

20

Semestre 7° y 9°



SEMESTRAL

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN POBLACIONES Y ECOSISTEMAS

DR. CUAUHTÉMOC SAÉNZ ROMERO

HORARIO

TEORIA: Miércoles 16-20 horas

LUGAR: Edificio R

PRÁCTICA:

LUGAR: Edificio R

CAMPO ACUMULATIVAS: Por definirse con el grupo

LUGAR: INIRENA, San Juanito Itzicuaró

Comprender los efectos del cambio climático en los ecosistemas, comunidades y poblaciones, y aprender opciones de manejo que faciliten la adaptación al cambio climático.

REQUISITOS: Ecología I y II, lectura de textos en inglés

Conocer las evidencias del cambio climático en curso, y proyecciones a futuro. Comprender los mecanismos de adaptación de las especies a los gradientes ambientales. Adquirir herramientas metodológicas para diseñar lineamientos de planes de manejo que faciliten la adaptación al cambio climático.



U.M.S.N.H

Facultad

Obtuvo la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco,

Maestría en Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma Chapingo,

Doctorado en Forestería en la Universidad de Wisconsin-Madison, USA

Realizó estancias sabáticas en el Servicio Forestal Canadiense en la ciudad de Quebec, y en el Instituto Nacional de Investigación Agronómica y del Ambiente (INRAE) en Cestas-Bordeaux y en Orleans, Francia.

Profesor-investigador en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán, desde 1999 a la fecha.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel III,

Miembro del Grupo de Trabajo sobre Recursos Genéticos Forestales, Comisión Forestal de América del Norte, FAO

Miembro fundador del Laboratorio Nacional CONAHCyT de Biología del Cambio Climático, y del Consejo Consultivo de Cambio Climático del Estado de Michoacán.

Línea de investigación: Manejo de recursos genéticos forestales considerando el cambio climático.

Ha impulsado la propuesta de realizar migración asistida de poblaciones de especies forestales, como medida adaptativa ante el cambio climático.

U.M.S.N.H



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO FACULTAD DE BIOLOGÍA

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN POBLACIONES Y ECOSISTEMAS

Datos generales:

Semestre: Séptimo y Noveno

Área académica: Ecología

Carga horaria: 4 horas por semana (Teoría 4, Practicas 2)

Número de semanas del semestre: 16

Número de créditos: 6

Fecha de elaboración: abril de 2016

Participantes en la elaboración: Dr. Cuauhtémoc Sanz Romero, Dr. Leonel López Toledo, Dr. Arnulfo Blanco García

Fecha de la última revisión: agosto de 2022

Participantes en la última revisión: Dr. Cuauhtémoc Sanz Romero, Dr. Leonel López Toledo, Dr. Arnulfo Blanco García

Correlación directa con otras materias: Ecología I y II

Perfil profesional del profesor: Doctorado en Ciencias Forestales

Introducción (máximo media cuartilla)

La conservación y el uso sustentable de los recursos vegetales y de fauna, requiere un adecuado acoplamiento entre especies, poblaciones e individuos a los ambientes para los cuales están adaptados. Sin embargo, el cambio climático creará un desfase adaptativo entre poblaciones y los ambientes que le son propicios. Por esto es indispensable generar estrategias de manejo que aminoren los efectos del cambio climático, favoreciendo la adaptación de las poblaciones a los nuevos ambientes.

Objetivo general

Comprender los efectos del cambio climático en los ecosistemas, comunidades y poblaciones, y proveer de herramientas metodológicas para diseñar planes de manejo que faciliten la adaptación al cambio climático.

Contenidos

Presentación del curso (tiempo dedicado en horas):

Teoría: 60 horas. Prácticas de campo: 40 horas.

Unidad 1. Evidencias del cambio climático en curso, y proyecciones a futuro (CSR).

Objetivo: Adquirir conocimientos sobre las evidencias del cambio climático en curso, y proyecciones a futuro.

- 1.1 Derretimiento de glaciares, eventos meteorológicos extremos (olas de calor, sequía y heladas).
- 1.2. Modelos de Circulación Global. Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (escenarios A y B; RCP 4.5, 6.0 y 8.5 w/m²).
- 1.3. Proyecciones para Norteamérica, México y Michoacán. Uso de modelos climáticos en sitios web para estimaciones puntuales.

Unidad 2. Adaptación de especies y poblaciones a sus ambientes y efectos potenciales del cambio climático

Objetivo: Comprender mecanismos de adaptación de especies y poblaciones a sus ambientes y efectos potenciales del cambio climático

- 2.1. (CSR) Desfasamiento adaptativo; hábitat climático contemporáneo y futuro.
- 2.2. (CSR) Diferenciación genética entre poblaciones. Plasticidad fenotípica. Límites de la variación genética y la plasticidad.
- 2.3. (LLT) Declinación de poblaciones, colapso de poblaciones por reducción del tamaño mínimo viable.

Unidad 3. Efectos del cambio climático en las comunidades vegetales de México

Objetivo: Comprender los efectos del cambio climático en las comunidades vegetales de México

- 3.1. Efectos a distintas escalas y enfoques: poblaciones, especies, comunidades y ecosistemas.
- 3.2 Efectos en ecosistemas tropicales secos y húmedos
- 3.3 Efectos en ecosistemas templados
- 3.4 Efectos en ecosistemas áridos y semiáridos
- 3.5 Efecto en ecosistemas de alta montaña
- 3.6 Efectos en ecosistemas acuáticos

Unidad 4. Manejo adaptativo de especies y poblaciones

Objetivo: Aprender opciones de manejo adaptativo de especies y poblaciones

- 4.1. Opciones de manejo activo: Cuantificación del desfasamiento adaptativo. (CSR)
- 4.2. (ABG) Restauración ecológica y cambio climático
- 4.3 Incremento de la resiliencia de los ecosistemas
- 4.4 (CSR) la diversidad genética de poblaciones.
- 4.5. (CSR) Migración asistida, ensamble de especies
- 4.6. (ABG) interacciones positivas (nodricismo).

Metodología y desarrollo general del curso (Redactar la forma general cómo se va a desarrollar el curso)

PRÁCTICAS DE LABORATORIO: NO APLICA

SALIDAS DE CAMPO

Sección	Lugar de salida de campo	Fecha de la salida
	San Juanito Itzicuaró	Por definirse

CONFERENCIAS: NO APLICA

EVALUACIÓN

- 50 % Dos exámenes (25 % c/u).
- 25 % Tareas y exposición de lecturas.
- 20 % Trabajos semestrales (15 % escritos, 5 % exposición).
- 5 % Asistencia y participación en clase.

Se requiere del 80 % de las asistencias y de tareas entregadas para tener derecho a calificación.

BIBLIOGRAFÍA (en orden alfabético por apellido del primer autor)

- Allen CD, Macalady AK, Chenchouni H, Bachelet D, McDowell N, Vennetier M, Kizberger T, Rigling A, Breshears DD, Hogg EH, Gonzalez P, Fensham R, Zhang Z, Castro J, Demidova N, Lim JH, Allard G, Running SW, Semerci A, Cobb N (2010) A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259:660–684.
- Balog, James. 2015. **Extreme Ice Survey (EIS)** <http://extremeicesurvey.org/>.
- Balog, James. 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=5UcLYikmCbo>
- Blanco-García, A., Sáenz-Romero, C., Martorell, C., Alvarado-Sosa, P. and Lindig-Cisneros, R. 2011. Nurse plant and mulching effects on three conifer species in a Mexican temperate forest. *Ecological Engineering* 37(6):994-998.
- Breshears, DD, Cobb, NS, Rich, PM, Price KP, Allen CD, Balice RG, Romme WH, Kastens JH, Floyd ML, Belnap J, Anderson JJ, Myers OB, Meyer CW. 2005. Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 102: 15144-15148.
- Butt, N., Chauvenet, A.L., Adams, V.M., Beger, M., Gallagher, R.V., Shanahan, D.F., Ward, M., Watson, J.E. and Possingham, H.P. (2020), Importance of species translocations under rapid climate change. *Conservation Biology*. doi:[10.1111/cobi.13643](https://doi.org/10.1111/cobi.13643)
- Carbajal-Navarro A, Navarro-Miranda E, Blanco-García A, Cruzado-Vargas AL, Gómez-Pineda E, Zamora-Sánchez C, Pineda-García F, O'Neill G, Gómez-Romero M, Lindig-Cisneros R, Johnsen KH, Lobit P, Lopez-Toledo L, Herreras-Diego Y and Sáenz-Romero C (2019) Ecological Restoration of *Abies religiosa* Forests Using Nurse Plants and Assisted Migration in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Front. Ecol. Evol.* 7:421. doi: <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00421>
- Castellanos-Acuña D, Lindig-Cisneros RA, Sáenz-Romero C. 2015. Altitudinal assisted migration of Mexican pines as an adaptation to climate change. *Ecosphere* 6(1):Article 2:1-16. ISSN: 2150-8925
- Castellanos-Acuña D, Vance-Borland KW, St. Clair JB, Hamann A, López-Upton J, Gómez-Pineda E, Ortega-Rodríguez JM, Sáenz-Romero C. 2018. Climate-based seed zones for Mexico: guiding reforestation under observed and projected climate change. *New Forests* 49:297-309 <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9620-6>
- Cheng, L J., and Coauthors, 2019: 2018 continues record global ocean warming. *Adv. Atmos. Sci.*, 36(3), 249–252, <https://doi.org/10.1007/s00376-019-8276-x>.
- Cruzado-Vargas, A.L.; Blanco-García, A.; Lindig-Cisneros, R.; Gómez-Romero, M.; Lopez-Toledo, L.; de la Barrera, E.; Sáenz-Romero, C. 2021. Reciprocal common garden altitudinal transplants reveal potential negative impacts of climate change on *Abies*

- religiosa* populations in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve overwintering sites. *Forests*, 12(1):69-86. <https://doi.org/10.3390/f12010069>
- Fettig, Christopher J.; Reid, Mary L.; Bentz, Barbara J.; et al. 2013. Changing climates, changing forests: A Western North American perspective. *Journal of Forestry* 111(3):214-228
- Fischer, Melissa J. 2019. Western Redcedar East of the Cascades: A Species in Decline? Small Forest Landowner News. <https://sflonews.wordpress.com/2019/12/04/western-redcedar-east-of-the-cascades-a-species-in-decline/>
- Flockhart, D. T. T., Pichancourt, JB, Norris, D. R, Martin, TG. 2015. Unravelling the annual cycle in a migratory animal: breeding-season habitat loss drives population declines of monarch butterflies. *Journal of Animal Ecology* 84(1):1365-2656
- Flores Nieves P, M A López López, G Ángeles Pérez, M L de la Isla Serrano, G Calva-Vásquez (2011) Modelos para la estimación y distribución de biomasa de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. Et. Cham. en proceso de declinación. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 8:9-20
- Gómez-Pineda, E., Sáenz-Romero, C., Ortega-Rodríguez, J. M., Blanco-García, A., Madrigal-Sánchez, X., Lindig-Cisneros, R., Lopez-Toledo, L., Pedraza-Santos, M. E., and Rehfeldt, G. E. 2020. Suitable climatic habitat changes for Mexican conifers along altitudinal gradients under climatic change scenarios. *Ecological Applications* 30(2):e02041. <https://doi.org/10.1002/eap.2041>
- Gómez-Pineda E., W. M. Hammond, O. Trejo-Ramírez, M. Gil-Fernández, C. D. Allen, A. Blanco-García, C. Sáenz-Romero. 2022. Drought years promote bark beetle outbreaks in Mexican forests of *Abies religiosa* and *Pinus pseudostrobus*. *Forest Ecology and Management* 505: article 119944:1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119944>
- Hammond, W.M., Williams, A.P., Abatzoglou, J.T., Adams, H.D., Klein, T., Rodríguez, R., Sáenz-Romero, C., Hartmann, H., Breshears, D.D., and Allen, C.D.. 2022. Global field observations of tree die-off reveal hotter-drought fingerprint for Earth's forests. *Nature Communications* 13, 176. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29289-2>
- Hansen, J. 2008. Tipping Point. In: Fearn, E (ed.) *State of the Wild 2008–2009; a global portrait of wildlife, wildlands and oceans*. Islands Press, Washington DC. pp.7-15.
- Hansen J, Sato M, Ruedy R. 2012. Perception of Climate Change. *PNAS* 109 (37): E2415-E2423.
- Herridge, V. 2021. Before making a mammoth, ask the public. *Nature* 598 (21 October 2021):387. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02844-5>
- Hofer, S., Lang, C., Amory, C. et al. Greater Greenland Ice Sheet contribution to global sea level rise in CMIP6. *Nat Commun* 11, 6289 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20011-8>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2000) Emissions Scenarios; Summary for Policymakers. Special Report of IPCC Working Group III. USA, IPCC, 21 p. (<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>).
- Ipinza C., R. y Müller-Using W., S. Migración asistida: el nuevo paradigma de la conservación de recursos genéticos forestales para la adaptación al cambio climático. En: Ipinza, R. y Müller-Using, S. 2021. Migración asistida de *Araucaria araucana*. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI. Pp. 1- 26. <https://doi.org/10.4060/cb2901es>
- Kopp RK, Kemp AC, Bittermann K, Horton BP, Donnelly JB, Gehrels WR, Hay CC, Mitrovica JX, Morrow ED, and Rahmstorf S. 2016. Temperature-driven global sea-level variability in the Common Era. *PNAS* doi: 10.1073/pnas.1517056113
- Ledig FT. 2012. Climate Change and Conservation. *Acta Silv. Lign. Hung.* 8:57–74

- Lemoine NP (2015) Climate Change May Alter Breeding Ground Distributions of Eastern Migratory Monarchs (*Danaus plexippus*) via Range Expansion of *Asclepias* Host Plants. PLoS ONE 10(2): e0118614. doi:10.1371/journal.pone.0118614
- Lenoir, J. Gégout, J.C., Marquet, P.A, de Ruffray, P., Brisse, H. 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th Century. Science 320, 1768 – 1770.
- López-Toledo L, Heredia-Hernandez M, Castellanos-Acuña D, Blanco-García A, Sáenz-Romero C. 2017. Reproductive investment of *Pinus pseudostrobus* along an altitudinal gradient in Western Mexico: implications of climate change. New Forests 48(6):867–881. DOI 10.1007/s11056-017-9602-8.
- Marris E. 2009. Planting the forest of the future. Nature 459:906-908
- Mátyás C. 2010. Forecasts needed for retreating forests. Nature 464:1271.
- Mátyás C, Berki I, Czúcz, Gálos B, Mórícz N, Rasztoivits E. 2010. Future of beech in Southern Europe from the perspective of evolutionary ecology. Acta Silv.Lign.Hung 6:91-110
- Melillo, Jerry M., Terese (T.C.) Richmond, and Gary W. Yohe, Eds., 2014: *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program, 841 pp. doi:10.7930/J0Z31WJ2.
- Mendoza-Maya E, Gómez-Pineda E, Sáenz-Romero C, Hernández-Díaz JC, López-Sánchez CA, Vargas-Hernández JJ, Prieto-Ruiz JÁ, Wehenkel C. 2022. Assisted migration and the rare endemic plant species: the case of two endangered Mexican spruces. PeerJ 10:e13812 DOI: <https://peerj.com/articles/13812/>
- Mitchell, N. 2021. Assisted colonisation trials for the western swamp turtle to cooler southern wetlands. Science for Saving Species, Research findings factsheet, Project 4.1.4.1. Threatened Species Recovery Hub. 4p.
- Monterrubio-Rico TC, Charre-Medellin JF, Saenz-Romero C. 2015. Current and future habitat availability for Thick-billed and Maroon-fronted parrots in northern Mexican forests. J. Field Ornithol. 86(1):1–16. ISSN: 1557-9263.
- Ortiz-Bibian, M. A., Blanco-García, A., Lindig-Cisneros, R. A., Gómez-Romero, M. Castellanos-Acuña, D., Herrerías-Diego, Y., Sánchez-Vargas, N. M., Sáenz-Romero, C. 2017. Genetic variation in *Abies religiosa* for quantitative traits and delineation of elevational and climatic zoning for maintaining Monarch Butterfly overwintering sites in Mexico, considering climatic change. Silvae Genetica 66(1):14-23. DOI:10.1515/sg-2017-0003
- Peñuelas J, Oyaga R, Boada M, Jump AS. 2007. Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain). Ecography 30:830-838.
- Rehfeldt, GE, NL Crookston, C Sáenz-Romero, E Campbell. 2012. North American vegetation model for land use planning in a changing climate: A statistical solution to large classification problems. Ecological Applications 22(1):119-141.
- Ripple W J, Wolf C, Newsome T M, Barnard P, Moomaw W R. 2019. World Scientists' Warning of a Climate Emergency. Bioscience, biz088, <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>.
- Ruiz-Talonia LF, Sánchez-Vargas NM, Bayuelo-Jiménez JS, Lara-Cabrera SI, Sáenz-Romero C. 2014. Altitudinal genetic variation among native *Pinus patula* provenances: performance in two locations, seed zone delineation and adaptation to climate change. Silvae Genetica 63(4):139–149. ISSN: 0037-5349.

- Sáenz-Romero, C., Snively, A. and Lindig-Cisneros, R. 2003. Conservation and restoration of pine forest genetic resources in México. *Silvae Genetica* 52 (5-6):233-237.
- Sáenz-Romero, C. y Lindig-Cisneros, R. 2004. Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaíta* 37:107-122.
- Sáenz-Romero, C. 2004. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. *En: Vargas-Hernández, J.J., Bermejo-Velázquez, B. y Ledig, F.T. (Eds.). Manejo de Recursos Genéticos Forestales. México, CONAFOR-Comisión Forestal de América del Norte. pp 72-86.*
- Sáenz-Romero C, Rehfeldt GE, Crookston NL, Pierre D, St-Amant R, Beaulieu J, Richardson B (2010). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-plant impacts on vegetation. *Climatic Change* 102: 595-623.
- Sáenz-Romero C, Rehfeldt GE, Crookston NL, Duval P and Beaulieu J. 2012a. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México; impacts on the vegetation. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(4):333-345
- Sáenz-Romero C, Rehfeldt GE, Duval P, Lindig-Cisneros P. 2012b. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management* 275:98-106.
- Sáenz-Romero, C., Rehfeldt, G.E., Soto-Correa, J.C., Aguilar-Aguilar, S., Zamarripa-Morales, V., López-Upton, J., 2012c. Altitudinal genetic variation among *Pinus psedostrobus* populations from Michoacán, México. Two location shadehouse test results. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35 (2): 111 –120
- Sáenz-Romero, C. 2014. Guía técnica para la planeación de la reforestación adaptada al cambio climático. Comisión Nacional Forestal, Guadalajara, México. 72 p.
- Sáenz Romero C. 2015. Efectos potenciales del cambio climático en los recursos forestales. La sabanización de las regiones continentales de México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 15(30):91-110.
- Sáenz-Romero C; Lindig-Cisneros RA; Joyce DG; Beaulieu J; St-Clair JB; Jaquish BC. 2016. Assisted migration of forest populations for adapting trees to climate change (Migración asistida de las poblaciones forestales para la adaptación de árboles ante el cambio climático). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 22(3): 303 - 323. doi: 10.5154/r.rchscfa.2014.10.052
- Sáenz-Romero C, Lamy JB, Ducousso A, Musch B, Ehrenmann F, Delzon S, Cavers S, Chalupka W, Dağdaş S, Hansen JK, Lee SJ, Liesebach M, Rau HM, Psomas A, Schneck V, Steiner W, Zimmermann NE, Kremer A (2017) Adaptive and plastic responses of *Quercus petraea* populations to climate across Europe. *Global Change Biology*. 23(7):2831–2847, doi:10.1111/gcb.13576. Online ISSN: 1365-2486.
- Sáenz-Romero C, 2018. Migración asistida de ensamblajes de especies forestales maderables y no maderables para realinearlas el clima futuro: ¿Cuál es la biodiversidad mínima a translocar? *En: De La Torre Sánchez JF y Urbán Duarte D (Comp.) XI Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las Américas y el Caribe (SIRGEAC). 1: 806-814. ISSN 2594-2042. INIFAP, Guadalajara, Jal., 15-18 Octubre 2017.*
- Sáenz-Romero C, Kremer A, Nagy L, Újvári-Jármay É, Ducousso A, Kóczán-Horváth A, Hansen JK, Mátyás C. 2019. Common garden comparisons confirm inherited differences in sensitivity to climate change between forest tree species. *PeerJ* 7:e6213 ISSN: 2167-8359 <https://doi.org/10.7717/peerj.6213>

- Sáenz-Romero C, E Mendoza-Maya, E Gómez-Pineda, A Blanco-García, A R Endara-Agramont, R Lindig-Cisneros, J López-Upton, O Trejo-Ramírez, C Wehenkel, D Cibrián-Tovar, A Plascencia-González, C Flores-López, J J Vargas-Hernández. 2020a. Recent evidence of Mexican temperate forest decline, need for ex situ conservation, assisted migration and translocation of species ensembles as an adaptive management to face projected climatic change impacts in a megabiodiverse country. *Canadian Journal of Forest Research* 50: 843–854. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0329>
- Sáenz-Romero C, J F Charre-Medellín, T Monterrubio-Rico, M Alvarez-Jara y N. L. Crookston. 2020b. Proyecciones de hábitat climático para biomas de Michoacán en escenarios de cambio climático. *Ciencia Nicolaíta* 79:57-74. <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/465/394>
- Sáenz-Romero C, Cambrón-Sandoval VH, Hammond W, Méndez-González J, Luna-Soria H, Macías-Sámano JE, Gómez-Romero M, Trejo-Ramírez O, Allen C D, Gómez-Pineda E, del-Val E (2023) Abundance of *Dendroctonus frontalis* and *D. mexicanus* (Coleoptera: Scolytinae) along altitudinal transects in Mexico: Implications of climatic change for forest conservation. *PLoS ONE* 18(7): e0288067. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288067>
- Sáenz-Romero, C. 2024. Arriving at a tipping point for worldwide forest decline due to accelerating climatic change. *The Forestry Chronicle* 100(1):1-3 <https://doi.org/10.5558/tfc2024-003>
- Sáenz-Romero C, Osuna-Vallejo V, Herrejón-Calderón P, Pérez-Cruz LA, Joaquín-Juan MG, Cruzado-Vargas AL, O'Neill GA, Zacarías-Correa AG, Manzanilla-Quijada GE, Lindig-Cisneros R, Blanco-García A, Endara-Agramont ÁR and Lopez-Toledo L (2024) Establishing monarch butterfly overwintering sites for future climates: *Abies religiosa* upper altitudinal limit expansion by assisted migration. *Frontiers in Forests and Global Change* 7:1440517. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1440517>
- Shao, Elena. 2023. Mapping California's "Zombie" forest. *New York Times*. 08 March 2023. <https://www.nytimes.com/interactive/2023/03/06/climate/california-zombie-forests.html>
- Téllez-Valdés O, Dávila-Aranda P (2003) Protected areas and climate change: a case study of the cacti in the Tehuacán-Cuicatlán biosphere reserve, México. *Conservation Biology* 17(3):846-853.
- World Meteorological Organization. 2013. The global climate 2001-2010; a decade of climate extremes; summary report. World Meteorological Organization, Génova, Suiza. 15 p.
- World Meteorological Organization. 2018. WMO statement on the state of the global climate in 2017. WMO-No. 1212. World Meteorological Organization, Génova, Suiza. 40 p.
- World Meteorological Organization. 2019. WMO statement on the state of the global climate in 2018. WMO-No. 1233. World Meteorological Organization, Génova, Suiza. 44 p.
- World Meteorological Organization. 2020. WMO Provisional Statement on the State of the Global Climate in 2019. WMO. 34 p.

Otras fuentes de información

Aristegui Noticias 14/08/2019. Se seca laguna Metzabok en la Selva Lacandona.
<https://aristeginoticias.com/1408/mexico/se-seca-laguna-metzabok-en-la-selva-lacandona-fotos/>

Balog, James. 2014. Extreme Ice Survey project. <http://extremeicesurvey.org/>
<https://www.documentarymania.com/player.php?title=Chasing%20Ice> (versión en inglés)
<https://www.area-documental.com/player.php?titulo=Persiguiendo%20el%20Hielo>
(Subtitulado en español).

CNN. 28/06/2019. France endures its hottest day ever as Europe swelters in heat wave
<https://www.cnn.com/2019/06/28/europe/france-record-temperature-heatwave-intl/index.html>

Conte, N. 2021. Mapped: 30 Years of Deforestation and Forest Growth, by Country. 29 December 2021. <https://www.visualcapitalist.com/mapped-30-years-of-deforestation-and-forest-growth-by-country/>

Crookstone N & Rehfeldt GE. 2018. Research on Forest Climate Change: Potential Effects of Global Warming on Forests and Plant Climate Relationships in Western North America and Mexico. <http://charcoal.cnre.vt.edu/climate/>

Curso de capacitación para la producción de plantas nodriza. Video YouTube. Martel Blanco, Oscar Gonzáles, Sergio Valencia. Agosto 2023.
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=wy8JFWw6F1Q&feature=youtu.be>

FranceInfo. Hawaï : la ville de Lahaina a été réduite en cendres par les incendies. 11/08/2023. https://www.francetvinfo.fr/monde/usa/hawai-la-ville-de-lahaina-a-ete-reduite-en-cendres-par-les-incendies_6001988.html#xtor=CS2-765-%5Bautres%5D-

FranceInfo. Canada : les mégafeux de forêt ont émis cette année l'équivalent de plus d'un milliard de tonnes de CO₂. 11/08/2023.
https://www.francetvinfo.fr/monde/canada/canada-les-megafeux-de-foret-ont-emis-cette-annee-l-equivalent-de-plus-d-un-milliard-de-tonnes-de-co2_6002057.html#xtor=CS2-765-%5Bautres%5D-

FranceInfo. Canada : face aux incendies incontrôlables, des familles prennent la fuite 17/08/2023. https://www.francetvinfo.fr/faits-divers/incendie/canada-face-aux-incendies-incontrolables-des-familles-prennent-la-fuite_6011069.html#xtor=CS2-765-%5Bautres%5D-

EuroNews. Olas de calor marinas, una amenaza muy real para los salmones de Escocia. 24/09/2023 <https://es.euronews.com/2023/09/24/olas-de-calor-marinas-una-amenaza-muy-real-para-los-salmones-de-escocia>

Gil-Fernandez, Margarita. 2020. La sanidad Forestal en Michoacán.
<https://www.youtube.com/watch?v=D90TVSKYogY&feature=youtu.be>

Incendios forestales British Columbia 2017/08. [http://www.francetvinfo.fr/faits-divers/incendie/canada-des-feux-de-foret-fusionnent-pour-former-un-gigantesque-incendie-de-pres-de-500-000-hectares_2339009.html#xtor=CS2-765-\[email\]-](http://www.francetvinfo.fr/faits-divers/incendie/canada-des-feux-de-foret-fusionnent-pour-former-un-gigantesque-incendie-de-pres-de-500-000-hectares_2339009.html#xtor=CS2-765-[email]-)

Migración asistida de *Abies religiosa* (oyamel) en el Nevado de Toluca, como medida de adaptación al cambio climático. Martel Blanco, Marco Tulio Sánchez y Sergio Valencia. 22 Septiembre 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=6UKYqAoIpnE>

Mitchell, Nicki. Testing a new place for Western Swamp Tortoises in a changing climate. <https://www.youtube.com/watch?v=vrnoh3rrPHQ> 29 July 2019

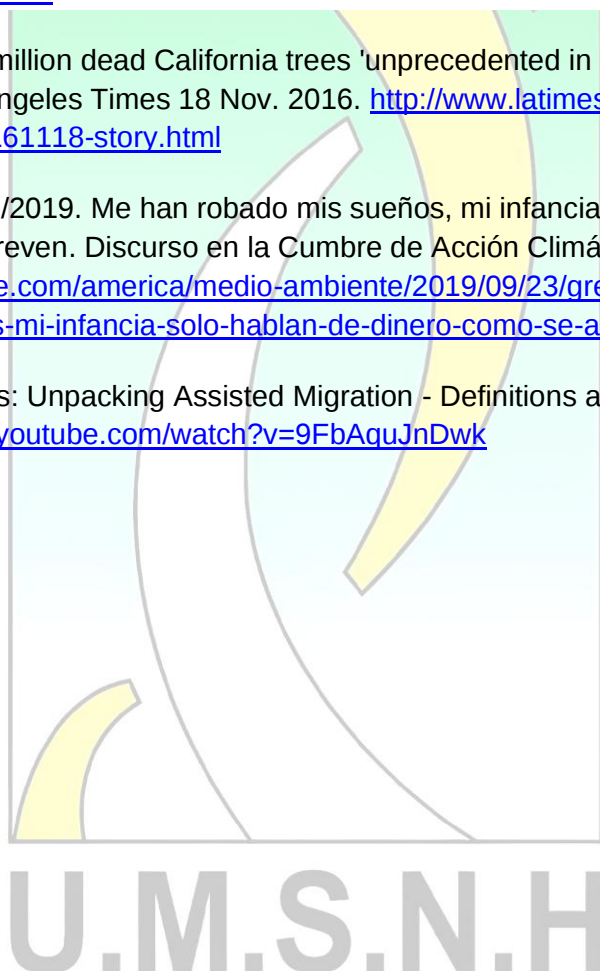
Producción en vivero de plantas nodriza para la reforestación con *Abies religiosa* en la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca. Martel Blanco, Marco Tulio Sánchez y Sergio Valencia. 22 Septiembre 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=NkCqE5FeaP8>

Rigendinger, Balz. 2017. Swiss forests in a race against time. SwissInfo.ch. https://www.swissinfo.ch/eng/climate-change_swiss-forests-in-a-race-against-time/43477022

Stevens M. 2016. 102 million dead California trees 'unprecedented in our modern history,' officials say. Los Angeles Times 18 Nov. 2016. <http://www.latimes.com/local/lanow/la-me-dead-trees-20161118-story.html>

Thunberg, Greta. 23/09/2019. Me han robado mis sueños, mi infancia; sólo hablan de dinero, cómo se atreven. Discurso en la Cumbre de Acción Climática, ONU. New York. <https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2019/09/23/greta-thunberg-me-han-robado-mis-suenos-mi-infancia-solo-hablan-de-dinero-como-se-atreven/>

Treeline Webinar Series: Unpacking Assisted Migration - Definitions and Ethics. 19 julio 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=9FbAquJnDwk>



PROPUESTA DE CALENDARIO DE ACTIVIDADES

Programación de clases y Lecturas (se indican sólo las más relevantes)

Tema	Biblio	Semana
Evidencias del cambio climático en curso, y proyecciones a futuro	Balog 2015. Ripple et al 2019; Hansen 2008. World Meteorological Organization 2013, 2018, 2019, 2020. Hansen et al 2012. Cheng et al 2019. IPCC 2000; Saénz-Romero et al 2010, 2012a, 2020b. Gómez-Pineda et al 2020; Rehfeldt et al 2012.	1-4
Adaptación de especies y poblaciones a sus ambientes y efectos potenciales del cambio climático	Saénz-Romero et al 2012b, 2012c, 2017. Lenoir et al 2008. Peñuelas et al 2007. Mátyás et al 2010. Por definirse LLT	5-8
Efectos del cambio climático en las comunidades vegetales de México	Sáenz Romero 2015. Sáenz-Romero et al 2020a. López-Toledo et al 2019. Flores-Nieves et al 2011. Allen et al 2010. Breshears et al 2005. Mátyás 2010. Cruzado-Vargas et al 2021. Mendoza-Maya 2023. Gómez-Pineda et al 2022. Sáenz-Romero et al 2023. Por definirse ABG	9-12
Manejo adaptativo de especies y poblaciones	Monterrubio-Rico et al 2015. Mitchel et al., 2020. Sáenz-Romero et al 2016. Sáenz-Romero 2014. Sáenz-Romero 2018. Ortiz-Bibian et al 2017. Castellanos-Acuña et al 2015, 2018. Carbajal-Moreno et al 2019. Blanco-García et al 2011. Por definirse ABG	13-16