

**LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS EN CUENCAS
TRANSFRONTERIZAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS
UNIDOS: EL PASO DEL NORTE Y LA GOBERNANZA
BINACIONAL DEL AGUA**



**HYDROLOGICAL RESOURCES IN TRANSBOUNDARY
BASINS BETWEEN MEXICO AND THE UNITED
STATES: EL PASO DEL NORTE AND THE BINATIONAL
WATER GOVERNANCE**

Alfredo Granados Olivas
Coordinador





Los recursos hidrológicos en cuencas
transfronterizas entre México y
Estados Unidos: El Paso del Norte y la
gobernanza binacional del agua

Hydrological Resources in
Transboundary Basins between Mexico
and the United States: El Paso del Norte
and the Binational Water Governance



Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Juan Ignacio Camargo Nassar

Rector

Daniel Constandse Cortez

Secretario General

René Soto Cavazos

Abogado General

Jesús Meza Vega

Director General de Comunicación Universitaria

Beatriz Araceli Díaz Torres

Coordinadora General de Investigación y Posgrado

Juan Francisco Hernández Paz

Director del Instituto de Ingeniería y Tecnología



Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Jesús Villalobos Jión

Rector

Dr. Sergio Rafael Facio Guzmán

Secretario General

Lic. Gustavo Macedo Pérez

Director de Extensión y Difusión Cultural

M.A. Herik Germán Valles Baca

Director Académico

Dr. Myrna Isela García Bencomo

Directora de Investigación y Posgrado

M.I. Ricardo Ramón Torres Knight

Director de Planeación y Desarrollo Institucional

M.C. Francisco Márquez Salcido

Director Administrativo

This material is based upon work that is supported by the National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture, under award number 2015-68007-23130.

Los recursos hidrológicos en cuencas
transfronterizas entre México y
Estados Unidos: El Paso del Norte y la
gobernanza binacional del agua

Hydrological Resources in
Transboundary Basins between Mexico
and the United States: El Paso del
Norte and the Binational Water
Governance

Alfredo Granados Olivas
Coordinador

Universidad Autónoma de Chihuahua
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Chihuahua, México, 2022

Primera edición, 2022

Granado Olivas, Alfredo

Los recursos hidrológicos en cuencas transfronterizas entre México y Estados Unidos: El Paso del Norte y la gobernanza binacional del agua / Alfredo Granados Olivas. — México: Universidad Autónoma de Chihuahua: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2022
324 pp.

ISBN 978-607-536

1. Geología. hidrología. meteorología

This material is based upon work that is supported by the National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture, under award number 2015-68007-23130.

Los recursos hidrológicos en cuencas transfronterizas entre México y Estados Unidos: El Paso del Norte y la gobernanza binacional del agua.

Edición: Dirección de Extensión y Difusión Cultural

Director: Gustavo Macedo Pérez

Jefe editorial: Berenice León Galindo

Producción: Susana Cristina Perea Ochoa

Diseño de maquetación y portada: Ángel Javier Machado Favela

Coordinación editorial: Alfredo Granados Olivas

Prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de esta obra por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, en cualquier forma, sin permiso previo por escrito del autor y de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez o de la Universidad Autónoma de Chihuahua

Derechos reservados para esta edición, 2022

D. R. © 2022 Alfredo Granados Olivas, por la coordinación

D. R. © 2022 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Av. Plutarco Elías Calles 1210

Fovissste Chamizal, C. P. 32310

Ciudad Juárez, Chih., México

D. R. © 2022 Universidad Autónoma de Chihuahua

Campus Universitario I s/núm.

Chihuahua, Chih., México. C. P. 31178

Correo: editoria@uach.mx

Tel. (614) 439-1853

ISBN 978-607-536

Tabla de contenido

Agradecimientos	9
Acknowledgements	10
Reconocimientos	11
Mensaje del rector de la UACJ	12
Mensaje del rector de la UACH	13
Prefacio	14
Prólogo	16
I. Geoinformatics, LULC, and Physical Geography	19
I.1 Vulnerability of Irrigated Agriculture to a Drier Future in New Mexico's Mesilla and Rincon Valleys	20
Introduction	20
Methods	21
Results and discussion	23
Conclusion	25
I.2 Impacto del cambio climático en el índice de áreas verdes para un futuro cercano 2030 en Ciudad Juárez, Chihuahua	27
Introducción	28
Metodología	35
Resultados y discusión	37
Conclusiones	43
I.3 Cambios de coberturas y uso de suelo del río Bravo (1990-2015): temporal y espacial vs. NDVI 54	48
Introducción	48
Resultados	52
Discusión	58
Conclusiones	58
I.4 Análisis de evolución piezométrica del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria (0812) en la cuenca baja del río Casas Grandes, Ascensión, Chihuahua	60
Introducción	61
Materiales y métodos	62
Resultados y discusión	66
Conclusiones	70
II. Geopolítica y la colaboración binacional para la sustentabilidad hídrica	72
II.1 Transboundary Scientific Collaboration in Water Security Research: A Case Study on the U.S.-Mexico Border in the Paso del Norte Region	73
Introduction	74
Water Supplies and Use in the Transboundary Paso Del Norte	74
Transboundary Water Research Challenges	75
Modes of Collaboration	77
Discussion	81
Conclusions	82
II.2 Gobernanza en la cuenca transfronteriza del río Bravo y el tratado de 1944. Análisis de la situación en el río Conchos: datos, hidrometría y estrategias	84
Introducción	85
Diagnóstico	90
Discusión	92
Conclusiones	95
II.3 Advancing Transboundary Groundwater Resiliency Research through Systems Science	97
Introduction	97
Methodology	98
Results	100
Conclusion	101

III. Modelación hidrológica (aguas superficiales y subterráneas)	105
III.1 Simulación del flujo del agua subterránea de la porción mexicana del acuífero Valle de Juárez-Bolsón del Hueco	106
Introducción	106
Materiales y métodos.	109
Resultados y discusión.	110
Conclusiones y recomendaciones	124
III.2 New Conceptual Models of Groundwater Flow and Salinity in the Eastern Hueco Bolson Aquifer	126
Introduction	127
Discussion	137
Conclusions.	140
III.3 Estimación de la transmisividad de un acuífero en un solo pozo	143
Introducción	143
Metodología	144
Resultados	145
Conclusión y discusión	146
III.4 Assessment of water availability and water scarcity in an irrigated watershed using SWAT	146
Introduction	147
Methodology.	148
Results.	153
Summary and Recommendations	158
III.5 Aspectos de modelación del balance hídrico y recarga para el acuífero Valle de Juárez, incorporando escenarios de eficiencias de riego, cultivos agrícolas y escenarios de recarga inducida.	161
Introducción	162
Metodología	165
Conclusiones y trabajo futuro de investigación	180
IV. Datos en red y mapas digitales.	183
IV.1 Monitoring crops water use with unmanned aerial vehicle (UAV)	184
Introduction	184
Evapotranspiration (ET).	184
Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Method	185
IV.2 Una plataforma bilingüe basada en web para el modelado y la visualización de datos para la sustentabilidad de recursos hídricos.	188
Introducción	188
Resultados	193
Conclusiones	198
V. Special chapter: Conservation of shared groundwater resources in the binational Mesilla Basin-El Paso del Norte region – A hydrogeological perspective.	202
Conservation of shared groundwater resources in the binational Mesilla Basin-El Paso del Norte region — A hydrogeological perspective	203

- Agency. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NERL&dirEntryId=81590.
- USEPA. 2012. Identifying and Protecting Healthy Watersheds: Concepts, Assessments, and Management Approaches. Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Office of Research and Development. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/hwi-watersheds-foreword.pdf>.
- Versini, P.A., L. Pouget, S. McEnnis, E. Custodio, and I. Escaler. 2016. "Climate Change Impact on Water Resources Availability: Case Study of the Llobregat River Basin (Spain)." *Hydrological Sciences Journal* 61 (14): 2496–508. <https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1154556>.
- Vilsack, T., and J.T. Reilly. 2013. Farm and Ranch Irrigation Survey 2013. Volume 3, Special Studies, Part 1. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture and National Agricultural Statistics Service. https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2012/Online_Resources/Farm_and_Ranch_Irrigation_Survey/.
- Wu, Y., S. Giri, and Z. Qi. 2016. "Understanding the Spatial Distribution of hydrologic sensitive Areas in the Landscape Using Soil Topographic Index Approach." *International Soil and Water Conservation Research* 4: 278–83. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.10.002>.
- Zektser, S.H., H.A. Loaiciga, and J.T. Wolf. 2004. "Environmental Impacts of Groundwater Overdraft: Selected Case Studies in the Southwestern United States." *Environmental Geology* 47 (3): 396–404. <https://doi.org/10.1007/s00254-004-1164-3>.

III.5 Aspectos de modelación del balance hídrico y recarga para el acuífero Valle de Juárez, incorporando escenarios de eficiencias de riego, cultivos agrícolas y escenarios de recarga inducida

Modeling aspects of the water balance and recharge for the Juárez Valley aquifer, incorporating irrigation efficiency scenarios, agricultural crops, and induced recharge scenarios

Sergio Saúl Solís¹, Alfredo Granados Olivas¹, Arturo Soto Ontiveros¹, William L. Hargrove², Josiah M. Heyman², Edith Flores Tavizon¹, Marisela Soto Padilla¹, Katya Esquivel Herrera¹, Carolina Salazar Gonzalez¹, Miguel Duran Rangel¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, ²Universidad de Texas en El Paso

Abstract

El acuífero Valle de Juárez abarca la mancha urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, así como sus zonas aledañas. La sobreexplotación de este acuífero, aunado a los cambios en su sistema de recarga natural, ha llevado a una disponibilidad hídrica limitada. La cuantificación de las variables hídricas del sistema representa una herramienta para lograr un manejo sustentable. Con este objetivo y con el uso del paquete computacional ArcGIS, se aplicó la herramienta Soil and Water Assessment Tool (SWAT), la cual consiste en una secuencia metodológica que permite modelar a escala cuencas hidrográficas para series de tiempo continuas, y por la cual es posible calcular el balance hídrico de las cuencas. En el presente trabajo se desarrollaron dos aproximaciones de modelación. En la primera, se crearon y analizaron 15 modelos para cuatro diferentes cultivos con el fin de evaluar de manera conceptual los efectos de cambios hipotéticos en la eficiencia de riego, los cuales se ven reflejados en la evapotranspiración de dichos cultivos y el consumo de agua. Los cultivos ordenados de mayor a menor consumo de agua fueron el algodón, el nogal, la alfalfa y la vid. La segunda tuvo como objetivo simular los efectos en el balance hídrico cuando se consideran condiciones de recarga inducida, para lo cual se establecieron seis escenarios de manejo de