



# XXV Congreso SELPER

Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023

OCTUBRE 2023





**XXXV CONGRESO NACIONAL SELPER  
XXV PLENARIA PRESENCIAL SELPER**

**Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de  
Información Espacial**

*Programa de Resúmenes*

**La Paz, Baja California Sur, México  
23 al 27 de octubre 2023**



**XXXV Congreso SELPER**

Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023**

---

## **INSTITUCIONES ORGANIZADORAS**

### **Apoyo institucional**

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)  
Facultad de Ingeniería Civil (FIC)  
Sociedad Latinoamericanas de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (SELPER) –  
Capítulo México  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)  
Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)  
Earth Observation College (EOC)  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)  
Universidad de Guanajuato (UG)  
Instituto Europeo de Investigación Espacial de la Agencia Espacial Europea (ESA/ESRIN)  
Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)  
Committe on Earth Observation Satellites (CEOS)  
Consejo Nacional de Biodiversidad (CONABIO)  
Agencia Espacial Italiana (AEI)  
National Aeronautics and Space Administration (NASA)  
Agencia Espacial Europea(ESA)  
Wildlife conservation society (WCS)

### **Mensaje de bienvenida**

Dra. Fabiola Doracely Yépez Rincón (Presidente SELPER, UANL)  
Dra. Georgina Brabata Domínguez (Ciencias Marinas y Costeras UABCS)  
Dra. Alba Eritrea Gámez (UABCS)  
Ing. Andrea Nathaly Escobedo Tamez (UANL)

### **Miembros del Comité Organizador**

Dra. Fabiola Doracely Yépez Rincón (Presidente SELPER, UANL)  
Ing. Andrea Nathaly Escobedo Tamez (UANL)  
Dr. Roberto Emmanuel Huerta García (UANL)  
Ing. Ivone Guadalupe Zapata Wah (UANL)  
Ing. Barbara González Mendez (UANL)  
Jose Alixen Carranza Farias (UANL)  
Dra. Gabriela Cruz Peña (UABCS)  
Dra. Georgina Brabata Dominguez (UABCS)  
Dra. Monica Georgina Rivera (UABCS)  
M.C. Alejandro Barrón Duarte (UABCS)

### **Miembros del Comité Científico Técnico**

Dra. Judith Ley García (UABC)  
Dra. Fabiola Doracely Yépez Rincón (Presidente SELPER, UANL)  
Dr. Luis Carlos Alatorre Cejudo (UACJ)  
Dr. Fabián Lozano García (Tec de Monterrey)  
Dr. Sergio Camacho Lara (INAOE)

### **Ponente Magistral**

Dr. José Alejandro Ramos Rodríguez

### **Moderadores**

Dr. Roberto Emmanuel Huerta García (UANL)

M.C. Kevin David Rodríguez González (UANL)

M.C. Aylet Vega Aguilar (UANL)

Ing. Ivone Guadalupe Zapata Wah (UANL)

M.C. Alejandro Barrón (UABCS)

M.C. Liliana Paredes Lozano (UABCS)

Dra. Abril Karim Romo Piñera (UABCS)

### **Curso precongreso**

SELPER-CEOS-WGCapD Training Course on Remote-sensing applications to floods, droughts, fires and landslides

### **Instructores del curso precongreso**

Dr. Sergio Camacho Lara (INAOE)

Dr. Maurizio Fea (ESA/ESRIN)

Dra. Laura Candela (AEI)

Dra. Isabel Cruz (CONABIO)

Dra. Azucena Pérez Vega (UG)

M.C. Jonathan V. Solórzano (CIGA UNAM)

Lic. Gabriel Alejandro Perilla Suárez (WCS)

M.Sc. Martin Phillipsen (ESA)

Dr. Eric Fielding (NASA)

Dr. Inder Tecuapetla (CONABIO)

Ing. Álvaro Soldano (CONAE)

Dra. Fabiola Doracely Yépez Rincón (Presidente SELPER, UANL)

### **Diseño editorial**

Ing. Tomás Eduardo Navarro González (UANL)

Dra. Fabiola Doracely Yépez Rincón (Presidente SELPER, UANL)

Ing. Andrea Nathaly Escobedo Tamez (UANL)

Jose Alixen Carranza Farias (UANL)

### **Apoyo financiero**

Universidad Autónoma de Nuevo León

Grupo Trego

---

## MESA DIRECTIVA SELPER MÉXICO 2022-2024

Dra. Fabiola D. Yépez Rincón

**Presidente**

Dra. Nelly Lucero Ramírez Serrato

**Secretaria**

Ing. Andrea Nathaly Escobedo Tamez

**Tesorera**

Ing. Andrea Nathaly Escobedo Tamez (México)

**Responsable de la página**

---

## MENSAJE DE LA PRESIDENCIA SELPER INTERNACIONAL 2022-2024

Estimada comunidad,

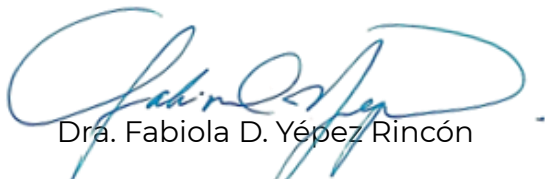
SELPER Capítulo México tiene sus inicios en el año **1992** como parte de SELPER internacional. A través de los Capítulos Nacionales, SELPER organiza distintas actividades como cursos de entrenamientos, participación a eventos nacionales e internacionales y más reuniones de interés.

SELPER Capítulo México Realiza el Congreso Nacional. La presente memoria esta formada de los productos obtenidos del XXV Congreso Nacional SEPELPER, "Innovación Espacial y Resiliencia ante el Cambio Climático". La editorial de esta Memoria tiene como objetivo difundir la investigación realizada de 38 documentos presentados por los miembros de la comunidad SELPER. Las temáticas representadas en el congreso fueron: Adaptación y resiliencia al cambio climático; Biodiversidad y ecosistemas marinos/costeros; Biodiversidad, cobertura y uso de suelo; Gestión de recursos hídricos; Gestión de riesgo de desastres; Gestión del territorio (municipios, migración, economía) e Innovación y tecnologías emergentes.

A nombre de la mesa directiva y del comité del XXV Congreso Nacional SELPER agradecemos infinitamente el apoyo de las instituciones que han respaldado y echo posible este producto. Agradecemos especialmente a nuestros conferencistas, magistrales y capacitadores del curso de entrenamiento.

¡Queridos miembros SELPER, agradecidos por el apoyo, esperamos verlos en el XXVI Congreso Nacional 2025!

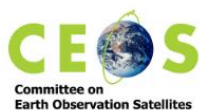
Sinceramente,



Dra. Fabiola D. Yépez Rincón

Presidente SELPER México (Comité organizador)

Presidente SELPER Internacional (2022-2024)



**01** **DÍA 23**  
Octubre 2023

**02** **DÍA 24**  
Octubre 2023



**XXV Congreso SELPER**  
Innovación geoespacial y resiliencia ante el cambio climático  
LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023

## PROGRAMA TÉCNICO

26 y 27 de Octubre 2023

8:30 hr

Registros y entregas de Kit

Recepción

9:00 hr

Conferencia Magistral

Auditorio

### SALA 1

### SALA 2

I. BIODIVERSIDAD Y ECOSISTEMAS MARINOS/COSTEROS  
MODERADOR:

II. GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
MODERADOR: M.C. KEVIN RODRÍGUEZ

10:00 hr Caracterización de la cobertura y biomasa del Lirio acuático (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms, 1883) en la Laguna del Tule mediante fotogrametría con dron

Análisis espacio temporal para el estudio de la interacción agua-roca en ambientes salinos

10:30 hr Detección y dinámica del *Sargassum* spp. en el Atlántico Ecuatorial y Mar Caribe

Distribución de Potenciales Humedales en Entornos de Reservas de la Biosfera

11:00 hr Evaluación geoespacial y pronóstico de la erosión en costas del Golfo de California

Monitoreo de la Calidad del agua en ríos urbanos basado en Machine Learning y herramientas geoespaciales

11:30 hr Coffee Break

III. INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES  
MODERADOR: ING. ANDREA ESCOBEDO

IV. ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO  
MODERADOR: DR. ROBERTO HUERTA

11:40 hr

Efecto del cambio climático en el balance hídrico de la microcuenca Río Salado de área Natural Protegida, La Primavera, Estado de Jalisco, México.

12:10 hr Propuesta metodológica para el análisis de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero

Importancia de los ríos urbanos como infraestructura verde/azul para la mitigación de las islas de calor urbanas.

12:40 hr Tendencias actuales en percepción remota. ¿cómo podría adaptarse la educación?

Tendencias y distribución de olas de calor en México utilizando CLIMEX y datos auxiliares.

13:10 hr Receso Comida

V. BIODIVERSIDAD, COBERTURA Y USO DE SUELO  
MODERADOR:

VI. GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
MODERADOR: M.C. KEVIN RODRÍGUEZ

15:10 hr Caracterización de la cobertura y biomasa del Lirio acuático (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms, 1883) en la Laguna del Tule mediante fotogrametría con dron

15:40 hr Detección y dinámica del *Sargassum* spp. en el Atlántico Ecuatorial y Mar Caribe

16:10 hr Análisis de series de tiempo de NDVI, para evaluar el proceso de fragmentación del paisaje en Yucatán

Masa de agua en la convergencia tropical-subtropical frente a México, utilizando un flotador autónomo.

16:30 hr CIERRE

### SALA 1

### SALA 2

VII. GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES  
MODERADOR: DR. ROBERTO HUERTA

VIII. BIODIVERSIDAD, COBERTURA Y USO DE SUELO  
MODERADOR:

10:00 hr Análisis espaciotemporal de la dispersión de contaminantes atmosféricos en el municipio de La Paz, B.C.S.

Evaluación del algoritmo de aprendizaje profundo para detectar la degradación forestal en un bosque tropical seco

10:30 hr Propuesta de análisis del índice de peligro a inundación a partir de un modelo hidrológico-hidráulico integrado en un ambiente geoespacial de la depresión tropical 19-E del 2018

Influencia del arbolado público sobre las condiciones del microclima urbano de la Ciudad de Jiquilpan de Juárez, Michoacán. Un propuesta metodológica

11:00 hr Fluctuación del SPI (1981-2022) e identificación de áreas inundadas en la cuenca Bajo Grijalva mediante imágenes Sentinel-1 (2017-2020).

Variaciones estacionales del vendador de vegetación y su relación climática sobre la sección oriental de la cuenca Guadalupe, Baja California.

11:30 hr Coffee Break

11:40 hr Mapa de densidad acumulada de registros de quemas e incendios en vegetación natural en México para el periodo 2013-2022

Variación temporal y espacial del NDVI en 30 años en la subcuenca urbana del río Pesquería (Nuevo León, México)

12:10 hr

Análisis Espacio-Temporal de la Agricultura en México: Datos Relevantes del SIAP 1980-2020

12:40 hr Mapeo multicriterio y drones para la evaluación de socavones y subsidencia en la ciudad de México: Avances de Estudios Regionales y Locales.

Cambio de uso de suelo por acuicultura de camarón en Marismas Nacionales

13:10 hr Receso Comida

15:10 hr

Escenarios futuros de los cambios de la cubierta del suelo y reservas de biomasa forestal en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México

15:40 hr

Análisis e integración de variables geoespaciales para el estudio de zonas áridas

16:10 hr

Asamblea SELPER

Auditorio

17:00 hr

CLAUSURA DE CONGRESO

Auditorio

# CONFERENCISTA MAGISTRAL

JOSÉ ALEJANDRO RAMOS RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR



*Calentamiento global desde los sensores remotos: Qué nos dice la geomática marina y el uso de drones.*

Biólogo general con Maestría en Uso, Manejo y Preservación de Recursos Naturales y Doctorado en Ciencias Marinas y Costeras. Especializado en Oceanografía satelital, manejo de modelos a escala aéreos y drones para toma de fotografía aérea, así como sus aplicaciones a cuestiones biológicas y costeras; manejo de información derivada de sensores remotos aplicados a la biología poblacional, oceanografía biológica; manejo de series de tiempo y cambio climático; manejo de modelos biológicos y poblaciones.

*Global warming from remote sensing: What marine geomatics and the use of drones tell us*

General biologist with a master's degree in Use, Management and Preservation of Natural Resources and a Doctorate in Marine and Coastal Sciences. Specialized in satellite oceanography, management of aerial scale models and drones for aerial photography, as well as their applications to biological and coastal issues; management of information derived from remote sensors applied to population biology, biological oceanography; management of time series and climate change; Management of biological models and populations.



## Contenido

1	. Adaptación y resiliencia al cambio climático .....	12
1.1	Efecto del cambio climático en el balance hídrico de la microcuenca Río Salado del Área natural protegida La Primavera, estado de Jalisco, México.....	13
1.2	Importancia de los ríos urbanos como infraestructura verde/azul para la mitigación de las islas de calor urbanas.....	15
1.3	Masa de agua en la convergencia tropical-subtropical frente a México, utilizando un flotador autónomo.....	17
1.4	Tendencias y distribución de olas de calor en México utilizando CLIMEX y datos auxiliares.....	19
2	. Biodiversidad y ecosistemas marinos/costeros.....	21
2.1	Caracterización de la cobertura y biomasa del Lirio acuático ( <i>Eichhornia crassipes</i> [Mart.] Solms, 1883) en la Laguna del Tule mediante fotogrametría con dron.....	22
2.2	Detección y dinámica del <i>Sargassum</i> spp. en el Atlántico Ecuatorial y Mar Caribe.....	24
2.3	Evaluación geoespacial y pronóstico de la erosión en costas del Golfo de California.....	26
3	. Biodiversidad, cobertura y uso de suelo .....	28
3.1	Análisis de series de tiempo de NDVI, para evaluar el proceso de fragmentación del paisaje en Yucatán. ....	29
3.2	Análisis e integración de variables geoespaciales para el estudio de zonas áridas .....	31
3.3	Análisis Espacio-Temporal de la Agricultura en México: Datos Relevantes del SIAP 1980-2020. ....	33
3.4	Cambio de uso de suelo por acuicultura de camarón en Marismas Nacionales.....	35
3.5	Cambios en la cobertura de suelo/uso en la cuenca transfronteriza del Río Grande .....	37

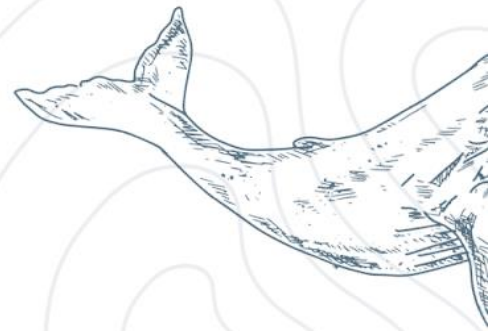
3.6	Ecotress en la descripción del estrés hídrico en la vegetación. Casos en el Altiplano Mexicano.....	39
3.7	Escenarios futuros de los cambios de la cubierta del suelo y reservas de Biomasa Forestal en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. ....	41
3.8	Evaluación de algoritmos de aprendizaje profundo para detectar la degradación forestal en un bosque tropical seco.....	43
3.9	Evaluación del cambio de cubierta y uso del suelo en la Reserva Cuxtal (2011-2021): Una perspectiva temporal y espacial.....	45
3.10	Influencia del arbolado público sobre las condiciones del microclima urbano de la ciudad de Jiquilpan de Juárez, Michoacán. Una propuesta metodológica .....	47
3.11	Variables geoespaciales causantes de la aridez. ....	49
3.12	Variaciones estacionales del vendedor de vegetación y su relación climática sobre la sección oriental de la cuenca Guadalupe, Baja California.....	50
4	. Gestión de recursos hídricos .....	52
4.1	Análisis espacio temporal para el estudio de la interacción agua-roca en ambientes salinos.....	53
4.2	Caracterización de las interacciones agua subterránea-agua superficial de un sistema lacustre efímero en contacto con un acuífero basáltico de la cuenca alta Comondú, baja California Sur.....	55
4.3	Distribución de Potenciales Humedales en Entornos de Reservas de la Biosfera .....	57
4.4	Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Victoria – Güémez, Tamaulipas a través de un SIG. ....	59
4.5	Monitoreo de la Calidad del agua en ríos urbanos basado en Machine Learning y herramientas geoespaciales .....	61
5	. Gestión de riesgo de desastres.....	63
5.1	Análisis espaciotemporal de la dispersión de contaminantes atmosféricos en el municipio de La Paz, B.C.S.....	64

5.2	Estimación de la temperatura superficial, área quemada y precipitación del riesgo al incendio en el tiradero a cielo abierto de basura en el municipio de Guanajuato, Gto., México.....	66
5.3	Fluctuación del SPI (1981-2022) e identificación de áreas inundadas en la cuenca Bajo Grijalva mediante imágenes Sentinel-1 (2017-2020). ....	68
5.4	Mapa de densidad acumulada de registros de quemas e incendios en vegetación natural en México para el periodo 2013-2022.....	70
5.5	Mapa de rayos en el Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México.....	72
5.6	Mapeo multicriterio y drones para la evaluación de socavones y subsidencia en la ciudad de México: Avances de Estudios Regionales y Locales. ....	74
5.7	Propuesta de análisis del índice de peligro a inundación a partir de un modelo hidrológico-hidráulico integrado en un ambiente geoespacial de la depresión tropical 19-E del 2018.....	76
5.8	Susceptibilidad de deslizamiento de laderas en la región montañosa del estado de Chihuahua mediante evaluación multicriterio.....	78
6	. Gestión del territorio (municipios, migración, economía).....	80
6.1	Métodos semiautomáticos para la delimitación de los paisajes antropogénicos del municipio Morelia .....	81
7	. Innovación y tecnologías emergentes.....	83
7.1	Grupos Termohalinos del océano.....	84
7.2	Propuesta metodológica para el análisis de Isla de Calor Urbana en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero. ....	86
7.3	Repositorio de datos interactivo de eventos meteorológicos del Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra. ....	88
7.4	Tendencias actuales en percepción remota. ¿cómo podría adaptarse la educación? .....	90
7.5	Uso del índice de precipitación estandarizado para la evaluación de la intensidad de la sequía en la cuenca del río Papagayo .....	91



# 1 . ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO

ADAPTATION AND RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE



**XXV** Congreso **SELPER**

Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023

## 1.1 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL BALANCE HÍDRICO DE LA MICROCUENCA RÍO SALADO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA LA PRIMAVERA, ESTADO DE JALISCO, MÉXICO.

---

Raymundo Villavicencio-García<sup>1\*</sup>, Andrea Álvarez-Pérez<sup>2</sup>, José Ariel Ruiz-Corral<sup>1</sup>, Rosaura Ávila-Coria<sup>1</sup>, Alejandro Quintana-Juárez<sup>2</sup>

1. Universidad de Guadalajara – CUCBA
2. Reforestamos México, A. C

[\\*raymundo.villavicencio@academicos.udg.mx](mailto:raymundo.villavicencio@academicos.udg.mx)

### Resumen

Los efectos de origen debido al efecto del cambio climático sobre los recursos naturales se consideran adversos, ya que, al alterarse los regímenes de temperatura y precipitación, se prevé una modificación de la disponibilidad hídrica. Con el objetivo de determinar la capacidad de infiltración potencial actual y en condiciones de cambio climático bajo dos escenarios RCP (representative concentration pathways, por sus siglas en inglés) para el año 2050 de la microcuenca Río Salado; se calculó el escurrimiento y la infiltración potencial mediante el método indirecto “Precipitación-escurrimiento” según la NOM-011-CONAGUA-2015. Por lo que para la modelación se interpretaron imágenes satelitales para determinar el tipo de cobertura y uso del suelo, y en conjunto con la permeabilidad y los datos climáticos, se calculó el balance hídrico, en el que se observa, mediante una prueba de hipótesis con significancia de  $\alpha = 0.05$ , que el valor medio de infiltración disminuye en los dos escenarios, a su vez que el escurrimiento aumenta. Además, para la caracterización morfométrica e hidrológica, se calcularon: área, longitud de cauce principal, órdenes y longitud total de corrientes, elevación media, curvas hipsométricas, captación neta de agua de lluvia, factor de forma, coeficiente de compacidad, tiempo de concentración, densidad de corrientes, densidad de drenaje y volumen medio anual de escurrimiento natural. El modelaje de la infiltración permitió identificar tanto zonas potenciales de recarga, como aquellas opuestas, es decir, donde los escurrimientos presentan un mayor intervalo; para ambos casos, se sugiere valorar in situ los recursos naturales y establecer acciones de manejo.

## Abstract

The origin effects because of climate change on natural resources are considered adverse, since, by altering the temperature and precipitation controllers, a change in water availability is expected. With the objective of determining the real potential infiltration capacity and in conditions of climate change under two RCP scenarios (representative concentration paths, by its acronym in English) for the year 2050 of the RÃo Salado micro-watershed; Runoff and potential infiltration were calculated using the indirect "Rainfall-runoff" method according to NOM-011-CONAGUA-2015. Therefore, for the modeling, satellite images were interpreted to determine the type of cover and land use, and together with the permeability and climatic data, the water balance was calculated, in which it is observed, through a hypothesis test with significance of  $\hat{\alpha} = 0.05$ , that the average value of infiltration decreases in the two scenarios, while the runoff increases. In addition, for the morphometric and hydrological characterization, the following are calculated: area, length of main channel, orders and total length of streams, mean elevation, hypsometric curves, net rainwater collection, shape factor, compactness coefficient, concentration time, current density, drainage density and mean annual volume of natural runoff. The modeling of the infiltration was able to identify both potential recharge zones, as well as those opposite, that is, where the runoffs present a greater interval; for both cases, it is suggested to value the natural resources in situ and establish management actions.

## 1.2 IMPORTANCIA DE LOS RÍOS URBANOS COMO INFRAESTRUCTURA VERDE/AZUL PARA LA MITIGACIÓN DE LAS ISLAS DE CALOR URBANAS.

---

Ivone Guadalupe Zapata Wah, Fabiola D. Yépez Rincón\*, Roberto Emmanuel Huerta García, Ricardo Alberto Cavazos González

Universidad Autónoma de Nuevo León

[\\*fabiola.yepezrn@uanl.edu.mx](mailto:fabiola.yepezrn@uanl.edu.mx)

### Resumen

El crecimiento desmedido de los procesos de urbanización y la presencia de la industria son causantes del aumento en las temperaturas superficiales en las ciudades. Este fenómeno ha alterado la superficie de la tierra al reemplazar las cubiertas naturales por zonas impermeables que reflejan el calor, lo cual ha afectado los servicios ecológicos de enfriamiento en las ciudades. En los últimos 20 años, las áreas verdes y los cuerpos de agua del Área Metropolitana de Monterrey han sufrido consecuencias negativas debido a los procesos constructivos y a las altas temperaturas, por lo que los efectos de enfriamiento de los ríos urbanos se han visto comprometidos al igual que la salud de la población, afectando directamente a la resiliencia al cambio climático de la zona. Por medio del esquema de zonas climáticas locales WUDAPT LCZ GENERATOR y utilizando Google Earth Engine se ubicó la infraestructura verde/azul y los distintos tipos de desarrollo del Área Metropolitana y se obtuvieron las temperaturas superficiales para 3 años representativos, encontrándose así una relación entre el aumento de temperaturas y el tipo de urbanización, ya que las temperaturas superficiales del suelo en las zonas construidas e industriales son mayores por al menos 4°C a comparación de las presentes en cubiertas naturales o cuerpos de agua. Este modelo de estudio puede ser aplicado para la solución de problemáticas similares en los ríos urbanos del país, desde la planeación urbana y el cuidado de los sistemas ecológicos.

## **Abstract**

The excessive growth of urbanization processes and the presence of industry are causing the increase in surface temperatures in cities. This phenomenon has altered the earth's surface by replacing natural land covers with impermeable areas that reflect heat, which has affected the ecological cooling services in cities. In the last 20 years, green areas and water bodies in the Monterrey Metropolitan Area have suffered negative consequences due to construction processes and high temperatures, so the cooling effects of urban rivers have been compromised as well as the populations' health, directly affecting the area's resilience to climate change. By using the WUDAPT LCZ GENERATOR local climate zone scheme and Google Earth Engine, the green/blue infrastructure and the different types of development in the Metropolitan Area were located and the surface temperatures for 3 representative years were obtained, thus finding a relationship between the increase in temperatures and the type of urbanization, since the surface temperatures of the soil in the built-up and industrial areas are higher by at least 4°C compared to those present in natural canopies or bodies of water. This study model can be applied to the solution of similar problems in the country's urban rivers, from urban planning and the care of the environment.



### 1.3 MASA DE AGUA EN LA CONVERGENCIA TROPICAL-SUBTROPICAL FRENTE A MÉXICO, UTILIZANDO UN FLOTADOR AUTÓNOMO.

---

Elvia D. Sánchez-Pérez <sup>1\*</sup>, Erick D. Ruvalcaba-Aroche <sup>2</sup>, Laura Sánchez-Velasco <sup>3\*</sup>, Des Barton <sup>4</sup>, y Emilio Beier <sup>2</sup>

1. CONAHCYT-Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN-CICIMAR)
2. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Unidad La Paz
3. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN-CICIMAR)
4. Departamento de Oceanografía, Instituto Investigaciones Marinas (CSIC).

[\\*ocdenisse@gmail.com](mailto:*ocdenisse@gmail.com)

#### Resumen

Los datos de un flotador ARGO autónomo lanzado el 26 de diciembre de 2016, al sur de la entrada del Golfo de California, indicaron variaciones en la distribución de las masas de agua. El flotador se desplazó en tres áreas: sur del Golfo de California, sur de Cabo San Lucas y frente a Cabo Corrientes. La distribución vertical de la salinidad mostró por primera vez con datos “in situ” una variabilidad semestral como respuesta a la onda Kelvin que se propaga hacia el polo. Las masas de agua superficiales tuvieron densidades potenciales  $< 26 \text{ kg m}^{-3}$ . Un mínimo de salinidad Subsuperficial ( $< 34.6 \text{ g kg}^{-1}$ ) a 70 m al sur de Cabo San Lucas indicó como proxy la distribución de la Corriente de California, que tuvo su máxima extensión hacia el sur durante invierno. El Agua Superficial Tropical se observó frente a Cabo Corrientes por encima de los 50 m y tuvo una extensión máxima hacia el norte durante verano. El agua del Golfo de California fue apenas evidente en la trayectoria del flotador al sur del Golfo. El Agua de Transición estuvo ubicada por encima de los 50 m y dominó al suroeste de Cabo San Lucas durante el invierno y primavera, cuando el Agua de la Corriente de California se extendía más hacia el sur. El Agua Subsuperficial Subtropical, a pesar de su alta densidad ( $> 25 \text{ kg m}^{-3}$ ) en ocasiones se presentó a los 20 m durante verano en las tres áreas. La presencia intermitente de esta agua

deficiente en oxígeno cerca de la superficie fue consistente con la expansión en curso de la zona de mínimo de oxígeno superficial. El análisis Wavelet resaltó una frecuencia espectral bimestral en el límite inferior de esta agua cuando el flotador cruzó un remolino al sur de Cabo San Lucas.

## **Abstract**

Data from an autonomous ARGO float launched on December 26, 2016, south of the entrance of the Gulf of California, reveal variations in the distribution of water masses. The float drifted through three areas: southern Gulf of California, south of Cabo San Lucas and off Cabo Corrientes. The vertical distribution showed for the first time with “in situ” data a semiannual variability in the salinity as response to poleward propagating semiannual Kelvin wave. The surface water masses had potential densities  $< 26 \text{ kg m}^{-3}$ . A shallow salinity minimum ( $< 34.6 \text{ g kg}^{-1}$ ) observed at 70 m south of Cabo San Lucas provided a proxy for the California Current Water distribution, which had its maximum southern extension during winter. The Tropical Surface Water was observed off Cabo Corrientes mainly above 50 m and had maximum northern extension during summer. The Gulf of California Water was scarcely evident in the float trajectory in the southern Gulf. The Transitional Water was located above 50 m depth and was dominant southwest of Cabo San Lucas during winter and spring, when the California Current Water extended furthest south. The Subtropical Subsurface Water, in spite of its high density ( $> 25 \text{ kg m}^{-3}$ ) at times extended up to only 20 m below surface in the three areas around the summer as part of a semiannual cycle. The intermittent presence of this oxygen-deficient water close to the surface (20 m) is consistent with the on-going expansion of the shallow oxygen minimum zone. Wavelet analysis highlighted a bimonthly spectral frequency in the lower limit of this water when the float crossed the eddy in the south of Cabo San Lucas, showing the influence of the mesoscale features of the area.

## 1.4 TENDENCIAS Y DISTRIBUCIÓN DE OLAS DE CALOR EN MÉXICO UTILIZANDO CLIMEX Y DATOS AUXILIARES.

---

Azucena Pérez Vega<sup>1\*</sup>, Jean François Mas<sup>2</sup>, Ángel Marqués Mateu<sup>3</sup>, Yann Rene Ramos Arroyo<sup>1</sup> y José Miguel Soria Ugalde<sup>1</sup>

1. Departamento de Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato.
2. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
3. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodesia, Cartográfica y Topográfica. Universidad de Valencia, España.

[\\*azu\\_pvega@hotmail.com](mailto:azu_pvega@hotmail.com)

### Resumen

Las olas de calor son fenómenos climáticos extremos cuya frecuencia aumento por el cambio climático y la conjunción del fenómeno del Niño que produce veranos más cálidos y secos. Las olas de calor son anomalías con duración entre 4 a 10 días, especialmente intensas en áreas urbanas. El presente trabajo pretende analizar las tendencias y distribución de la Olas de Calor en México a través de la base de datos diarios del Servicio Meteorológico Nacional e insumos auxiliares como imágenes de percepción remota. La información la temperatura máxima diaria fue descargada de forma automatizada por medio del código CLIMEX de 2, 927 estaciones meteorológicas en operación y 2,539 suspendidas para un periodo de 1960 a 2023 realizando una selección de estaciones climatológicas sin considerar las que presentaron más de un 50% de datos faltantes. A través de CLIMEX se calculó el índice de días de verano determinando la sumatoria de los días con temperaturas mayores a 25° para todo el periodo. Los datos auxiliares fueron productos MODIS (temperatura de superficie) donde se calculó las desviaciones al promedio de temperatura para el periodo de 2000 a 2023. Los resultados mostraron un 60% de las estaciones climatológicas con una tendencia al incremento de la temperatura y 30% de las estaciones con valor significativo, sin embargo, existen importantes superficies del norte y noroeste del país que no cuenta con estaciones climatológicas.

Estamos analizando la distribución espacial de los cambios en los patrones de temperatura desde las imágenes MODIS.

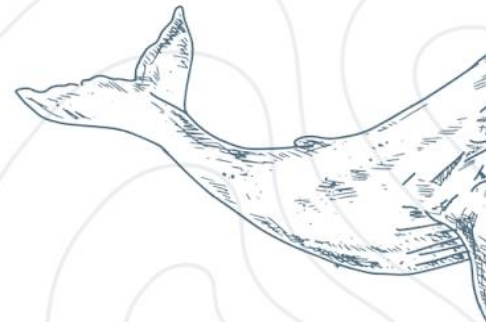
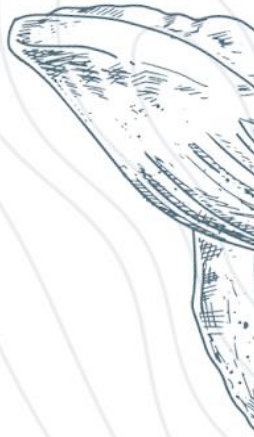
## **Abstract**

Heat waves are extreme climatic phenomena whose frequency has increased due to climate change and the conjunction of the El Niño phenomenon that produces hotter and drier summers. Heat waves are anomalies that last between 4 to 10 days, especially intense in urban areas. The present work intends to analyze the trends and distribution of Heat Waves in Mexico through the daily database of the National Meteorological Service and auxiliary inputs such as remote sensing images. The information on the maximum daily temperature was downloaded automatically through the CLIMEX code of 2,927 weather stations in operation and 2,539 suspended for a period from 1960 to 2023, making a selection of weather stations without considering those that presented more than 50% of missing data. Through CLIMEX, the index of summer days was calculated, determining the sum of the days with temperatures higher than 25° for the entire period. The auxiliary data were MODIS products (surface temperature) where the deviations to the temperature average were calculated for the period from 2000 to 2023. The results showed 60% of the weather stations with a tendency to increase the temperature and 30% of the stations with significant value, however, there are important areas in the north and northwest of the country that do not have weather stations. We are analyzing the spatial distribution of changes in temperature patterns from the MODIS images.



# 2 . BIODIVERSIDAD Y ECOSISTEMAS MARINOS/COSTEROS

BIODIVERSITY AND MARINE/COASTAL ECOSYSTEMS



**XXV** Congreso **SELP ER**  
Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023**

## 2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA Y BIOMASA DEL LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES* [MART.] SOLMS, 1883) EN LA LAGUNA DEL TULE MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA CON DRON.

---

Alexis A. Serratos<sup>1\*</sup>, Israel Ambriz<sup>1</sup>, Aramis Olivos<sup>2</sup>, Salvador Hernández<sup>1</sup>, Joaquín R. Garza<sup>3</sup>, Enrique Godínez<sup>1</sup> y José A. Hinojosa<sup>1</sup>.

1. Universidad de Guadalajara
2. Universidad de Colima
3. Universidad Nacional Autónoma de México

[\\*alexis.serratos3949@alumnos.udg.mx](mailto:alexis.serratos3949@alumnos.udg.mx)

### Resumen

En el presente estudio, se analizó por primera vez, la variabilidad espacial y temporal de los parámetros físico-químicos (pH, TDS, temperatura, salinidad, y concentración de oxígeno disuelto), nutrientes (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, y SiO<sub>2</sub>) y la cobertura y biomasa del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en la Laguna del Tule, Jalisco. Se colectaron muestras mensuales (agosto 2021 a julio 2022) de agua en seis sitios de muestreo establecidos en la laguna. Se realizaron 120 vuelos fotogramétricos con un dron (DJI Mavic 2 Pro) para generar ortomosaicos y estimar la variación mensual y temporal (lluvias vs secas) de la cobertura y biomasa del lirio dentro de la laguna. Para generar el modelo batimétrico, se realizaron barridos cruzados mediante un ecosonda Deeper pro+. 1,748 muestras biológicas in situ de lirio fueron utilizadas para determinar la densidad y biomasa (peso húmedo, seco y cenizas). El modelo de batimetría mostró que la laguna es somera (profundidad media de 1.86 m). Los análisis multivariantes (Permanova, AC de dos vías y ACP) revelaron una clara variación espacial y temporal de los sitios de muestreo con base en la calidad del agua y parámetros físico-químicos. Durante la temporada de lluvias (principalmente julio-septiembre), el incremento en la disponibilidad de nutrientes promueve una mayor cobertura y biomasa espacial y temporal de lirio y consecuentemente provocan condiciones anóxicas que generan la asfixia de peces. En conclusión, los principales moduladores de las fuertes alteraciones en la estructura y funcionamiento de este ecosistema son la descarga de aguas negras, rellenos

sanitarios para propósitos de urbanización y perturbaciones meteorológicas (Huracán Nora) que prevalieron durante el periodo de estudio.

## **Abstract**

In the present study, the spatial and temporal variability of physicochemical parameters (pH, TDS, temperature, salinity, and dissolved oxygen concentration), nutrients (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, and SiO<sub>2</sub>) were analyzed for the first time.) and the cover and biomass of the water lily (*Eichhornia crassipes*) in Laguna del Tule, Jalisco. Monthly samples (August 2021 to July 2022) of water were collected at six sampling sites established in the lagoon. 120 photogrammetric flights were carried out with a drone (DJI Mavic 2 Pro) to generate orthomosaics and estimate the monthly and temporal variation (rainy vs. dry) of the cover and biomass of the lily within the lagoon. To generate the bathymetric model, cross-scans were performed using a Deeper pro+ echosounder. 1,748 in situ biological samples of lily were used to determine density and biomass (wet, dry and ash weight). The bathymetry model showed that the lagoon is shallow (mean depth of 1.86 m). Multivariate analyzes (Permanova, two-way CA, and ACP) revealed clear spatial and temporal variation of sampling sites based on water quality and physicochemical parameters. During the rainy season (mainly July-September), the increase in nutrient availability promotes greater cover and spatial and temporal biomass of lily and consequently causes anoxic conditions that cause fish suffocation. In conclusion, the main modulators of the strong alterations in the structure and functioning of this ecosystem are the discharge of sewage, sanitary landfills for urbanization purposes and meteorological disturbances (Hurricane Nora) that prevailed during the study period.

## 2.2 DETECCIÓN Y DINÁMICA DEL SARGASSUM SPP. EN EL ATLÁNTICO ECUATORIAL Y MAR CARIBE.

---

José Manuel Echevarría Rubio <sup>1</sup>, Guillermo Martínez Flores <sup>1</sup> y Rubén Antelmo Morales Pérez <sup>2</sup>

1. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional
2. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

[\\*jechevarriar2000@alumno.ipn.mx](mailto:*jechevarriar2000@alumno.ipn.mx)

### Resumen

El Sargassum spp. es un género de algas marinas que habita en aguas tropicales y subtropicales. Desde el año 2011 se han reportado afloramientos masivos de sargazo pelágico en el Atlántico Ecuatorial. Estas algas son transportadas por las corrientes oceánicas superficiales hasta las costas del Mar Caribe, ocurriendo los mayores volúmenes de arribo durante el verano y representando un problema ecológico, social y económico para la región. Esta situación hace necesario realizar un estudio con el propósito de detectar la ubicación del sargazo, calcular su cobertura y realizar un seguimiento de su trayectoria mediante el procesamiento de imágenes satelitales. En este trabajo, se utilizó el análisis espectral de la reflectancia superficial en las bandas del espectro electromagnético visible e infrarrojo cercano proporcionados por el sensor remoto MODIS-Aqua para clasificar el sargazo suspendido en el Atlántico Ecuatorial y el Mar Caribe, empleando diferentes técnicas de aprendizaje automático, comparando su exactitud en la clasificación. Dado el carácter multifactorial de estos eventos recurrentes, también se analizaron diversas variables ambientales que favorecen su crecimiento y reproducción, como la temperatura superficial, la salinidad, los nutrientes, las corrientes y los vientos, con el fin de determinar su contribución a la proliferación del sargazo. Posteriormente, se modeló el transporte lagrangiano del sargazo empleando técnicas de simulación numérica que combinan la información de la teledetección con modelos hidrodinámicos del océano, mediante el software OpenDrift junto con datos de corrientes oceánicas (HYCOM) y viento (ERA5). Esto permitió obtener información sobre la dinámica del transporte desde su origen hasta las costas del Mar Caribe, así



como determinar la probabilidad de acumulación en zonas específicas de la línea de costa.

## **Abstract**

Sargassum spp. is a marine algae that inhabits tropical and subtropical waters. Since 2011, massive upwelling of pelagic sargassum has been reported in the Equatorial Atlantic. These algae are transported by surface ocean currents to the coasts of the Caribbean Sea, with the largest arrivals occurring during the summer and representing an ecological, social and economic problem for the region. This situation makes it necessary to carry out a study with the purpose of detecting the location of the sargassum, calculating its coverage and tracking its trajectory by processing satellite images. In this work, the spectral analysis of surface reflectance in the visible and near infrared electromagnetic spectrum bands provided by the MODIS-Aqua remote sensor was used to classify sargassum suspended in the Equatorial Atlantic and the Caribbean Sea, using different machine learning techniques, comparing their classification accuracy. Given the multifactorial nature of these recurrent events, several environmental variables that favor their growth and reproduction, such as surface temperature, salinity, nutrients, currents and winds, were also analyzed to determine their contribution to sargassum proliferation. Subsequently, the lagrangian transport of sargassum was modeled using numerical simulation techniques that combine remote sensing information with hydrodynamic models of the ocean, using OpenDrift software together with ocean current (HYCOM) and wind (ERA5) data. This allowed obtaining information on the dynamics of the transport from its origin to the coasts of the Caribbean Sea, as well as determining the probability of accumulation in specific areas of the coastline.

## 2.3 EVALUACIÓN GEOESPACIAL Y PRONÓSTICO DE LA EROSIÓN EN COSTAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

---

Yedid Guadalupe Zambrano-Medina<sup>1\*</sup>, Wenseslao Plata-Rocha<sup>1</sup>, Cuauhtémoc Franco-Ochoa<sup>2</sup>, Sergio Alberto Monjardin-Armenta<sup>1</sup>, Evangelina Avila-Aceves<sup>1</sup>, Lidia Perez-Aguilar<sup>3</sup>

1. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio.
2. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Culiacán.
3. Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Mochis.

[\\*yedidzambrano@uas.edu.mx](mailto:yedidzambrano@uas.edu.mx)

### Resumen

La erosión en la costa afecta diversos ecosistemas a lo largo del Golfo de California. Para conocer su impacto es necesario analizar la variabilidad de la línea de costa, pues esta experimenta cambios dinámicos en escalas espaciales y temporales producto del cambio climático, influencias naturales, y antrópicas. Este estudio tiene como objetivo analizar las tasas de cambio (erosión y acreción) de la costa en el Golfo de California mediante imágenes satelitales de la constelación Landsat para los años 1981 al 2022, y pronosticar la posición futura de la línea de costa para los años 2030 y 2050 para evaluar el margen costero a futuro. Los resultados indican que aproximadamente el 70% de la costa del Golfo de California se encuentra en erosión, mientras que la costa restante se encuentra estable o con mínimas acreciones. La línea de costa para los años pronosticados seguirá en retroceso principalmente para la costa en el alto Golfo en el estado de Sonora la cual presentó la mayor tasa de cambio con 4 m/año, mientras que el estado que mostro mayor estabilidad fue Baja California Sur con una tasa menor a 1 m/año.

### Abstract

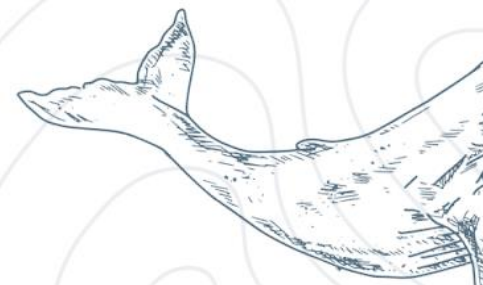
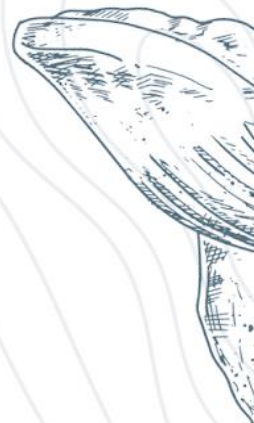
Coastal erosion affects diverse ecosystems throughout the Gulf of California. To understand its impact, it is necessary to analyze the variability of the coastline, as it

undergoes dynamic changes on spatial and temporal scales as a result of climate change, natural and anthropogenic influences. This study aims to analyze the rates of change (erosion and accretion) of the coastline in the Gulf of California using satellite images from the Landsat constellation for the years 1981 to 2022 and to forecast the future position of the coastline for the years 2030 and 2050 to evaluate the future coastal margin. The results indicate that approximately 70% of the Gulf of California coastline is eroding, while the remaining coastline is stable or with minimal accretion. The coastline for the forecast years will continue to recede, mainly for the upper Gulf coast in the state of Sonora, which presented the highest rate of change with 4 m/year, while the state that showed the greatest stability was Baja California Sur with a rate of less than 1 m/year.



# 3 . BIODIVERSIDAD, COBERTURA Y USO DE SUELO

BIODIVERSITY, COVER AND LAND USE



**XXV** Congreso **SELP ER**  
Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR**  
**MÉXICO 2023**

### 3.1 ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO DE NDVI, PARA EVALUAR EL PROCESO DE FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE EN YUCATÁN.

---

Gutiérrez-López Dalia<sup>1\*</sup> y Zúñiga Emmanuel<sup>2</sup>

1. Posgrado en Geografía de la UNAM
2. CONAHCYT-Instituto de Geografía de la UNAM

[\\*gtz.daliam@gmail.com](mailto:gtz.daliam@gmail.com)

#### Resumen

El cambio de cobertura de suelo y la fragmentación del paisaje natural, representan uno de los principales generadores de impactos negativos en distintos procesos y ciclos ambientales. A nivel mundial, este fenómeno se considera un grave problema debido a los efectos que genera en diferentes sectores de la población, medio ambiente y clima. En México, la pérdida del paisaje natural se ha concentrado principalmente en las regiones del sur-sureste de país, afectando principalmente bosques y selvas. Por ello, el objetivo principal del presente estudio fue identificar la principal causa de la fragmentación del paisaje natural en dos zonas ubicadas al suroeste y noreste del estado de Yucatán, a través del análisis de series de tiempo de NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada), para un periodo de 20 años. Se utilizaron imágenes del sensor MODIS con resolución de 250\*250 metros y resolución temporal de 16 días para generar cubos de información y series de tiempo de NDVI. La información se procesó en lenguaje de programación R para identificar los procesos asociados con la fragmentación del paisaje en diferentes puntos de muestreo, a través de la descomposición de la información digital de NDVI. Los resultados muestran que la pérdida de salud vegetal y su recuperación, están asociados con el nivel de fragmentación del paisaje. También se pudo determinar que, a través del análisis de tendencia y estacionalidad del NDVI, es posible identificar cambios en la intensidad (valores de NDVI) y duración de los fenómenos que contribuyen con la fragmentación, el cambio de cobertura de suelo y la recuperación del paisaje. Concluimos, que cambios menores en valores de NDVI caracterizan la fragmentación por

agricultura, mientras que la urbanización se relaciona con niveles muy bajos de NDVI, debido a la pérdida de la cobertura de suelo natural.

## **Abstract**

The change in land cover and the fragmentation of the natural landscape represent one of the main generators of negative impacts in different environmental processes and cycles. Worldwide, this phenomenon is considered a serious problem due to the effects it generates in different sectors of the population, environment and climate. In Mexico, the loss of the natural landscape has been concentrated mainly in the south-southeast regions of the country, mainly affecting forests and jungles. Therefore, the main objective of this study was to identify the main cause of the fragmentation of the natural landscape in two areas located to the southwest and northeast of the state of Yucatan, through the analysis of NDVI time series (difference vegetation index normalized), for a period of 20 years. Images from the MODIS sensor with a resolution of 250\*250 meters and a temporal resolution of 16 days were used to generate information cubes and NDVI time series. The information was processed in the R programming language to identify the processes associated with the fragmentation of the landscape at different sampling points, through the decomposition of the NDVI digital information. The results show that the loss of plant health and its recovery are associated with the level of fragmentation of the landscape. It was also possible to determine that, through the analysis of the NDVI trend and seasonality, it is possible to identify changes in the intensity (NDVI values) and duration of the phenomena that contribute to fragmentation, land cover change, and soil recovery. landscape. We conclude that minor changes in NDVI values characterize agricultural fragmentation, while urbanization is related to very low NDVI levels, due to loss of natural land cover.

### 3.2 ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE VARIABLES GEOESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE ZONAS ÁRIDAS

---

Lidia Y. Perez\*<sup>1</sup>, R. Fernando López<sup>2</sup>, Sergio A. Monjardin<sup>3</sup>, Edgar R. Montiel<sup>1</sup>, Wenseslao Plata<sup>3</sup>, Evangelina Avila<sup>3</sup> y Yedid G. Zambrano<sup>3</sup>

1. Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa
2. Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa
3. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa

\*[lidiaperez@uas.edu.mx](mailto:lidiaperez@uas.edu.mx)

#### Resumen

Las zonas áridas y semiáridas son regiones que mundialmente ocupan grandes extensiones de la superficie, las cuales se caracterizan por presentar condiciones de sequedad extrema y cobertura vegetal reducida. En México, la zona más afectada por esta condición se encuentra en la región Noroeste, las cuales requieren de manejo cuidadoso, puesto que sus suelos son altamente propensos a la salinización, alcalización, y erosión por la acción del viento y el agua. Es por ello, que se considera de suma importancia realizar un análisis de aspectos atmosféricos y ambientales mediante la aplicación técnicas geoespaciales para obtener factores y adecuarlos como estimadores de vulnerabilidad a aridez en escenarios tendenciales y sostenible de cambio climático. La presente investigación está enfocada en la integración en un modelo geoespacial de variables que intervienen en el proceso de aridez las cuales fueron: temperatura superficial, humedad del suelo, precipitación, pendientes, orientaciones, índice de vegetación de diferencia normalizada y Evapotranspiración. Se empleó la técnica de evaluación multicriterio, el método de sumatoria lineal ponderada y sistemas de información geográfica, para la región Noroeste de México, año 2022. Para la selección de variables se realizó una exhaustiva revisión de la literatura y consulta a expertos en el tema. Se generó un mapa de aridez, mismo que se recategorizó para obtener un mapa de regiones áridas en el cual los resultados muestran una correlación importante entre cada una de las variables siendo consideradas como factores importantes en el proceso de aridez, esto da la pauta

para realizar estudios pasados y futuros para conocer más a fondo sobre esta condición y proponer medidas de adaptación y mitigación.

## **Abstract**

Arid and semi-arid zones are regions that occupy large areas of the world's surface, characterized by extreme dryness and reduced vegetation cover. In Mexico, the area most affected by this condition is located in the Northwest region, which requires careful management, since its soils are highly prone to salinization, alkalization, and erosion by wind and water. Therefore, it is considered of utmost importance to analyze atmospheric and environmental aspects through the application of geospatial techniques to obtain factors and adapt them as estimators of vulnerability to aridity in trend and sustainable climate change scenarios. This research is focused on the integration in a geospatial model of variables involved in the aridity process, which were: surface temperature, soil moisture, precipitation, slopes, orientations, normalized difference vegetation index, and evapotranspiration, using the multicriteria evaluation method, the weighted linear summation technique and geographic information systems, for the Northwest region of Mexico, for the year 2022. For the selection of variables, an exhaustive review of the literature and consultation with experts on the subject was carried out. An aridity map was generated, which was recategorized to obtain a map of arid regions in which the results show an important correlation between each of the variables being considered as important factors in the aridity process, this gives the guideline to carry out past and future studies to learn more about this condition and propose adaptation and mitigation measures.



### 3.3 ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO: DATOS RELEVANTES DEL SIAP 1980-2020.

---

Azucena Pérez Vega <sup>1</sup> y Jean F. Mas <sup>2\*</sup>

1. Universidad de Guanajuato
2. Universidad Nacional Autónoma de México

[jfmas@ciga.unam.mx](mailto:jfmas@ciga.unam.mx)

#### Resumen

Los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) proveen información valiosa sobre la agricultura en México. Estos datos se presentan en forma de tablas y ofrecen detalles sobre las áreas cultivadas, cosechadas y afectadas por desastres naturales por ciclo de cultivo, modalidad de producción (temporal/riego) y se agrupan según unidades espaciales como estados, municipios y distritos de riego (estos últimos a partir de 2003). La información proporcionada por el SIAP ofrece una visión detallada de la agricultura en México durante las últimas décadas, lo que facilita la toma de decisiones en el sector agrícola. En este estudio, hemos llevado a cabo una espacialización de los datos para identificar patrones espacio-temporales de las actividades agrícolas y los cambios ocurridos entre 1980 y 2020. Se observó un aumento significativo en las áreas destinadas a la siembra en los últimos años. Además de los cultivos tradicionales como el maíz y el frijol, se observó un incremento en la producción de cultivos especializados como berries y aguacates. Estos cambios están relacionados principalmente con la globalización de la agricultura y presentan marcadas diferencias en todo el territorio nacional. La elaboración de gráficas y mapas animados permite una lectura más amena, sintética y completa de los datos.

#### Abstract

The data from the Agri-Food and Fisheries Information Service (SIAP) provides valuable information about agriculture in Mexico. This data is presented in the form of tables and offers details on cultivated, harvested, and disaster-affected areas by

crop cycle, production method (rain-fed/irrigated), and is grouped by spatial units such as states, municipalities, and irrigation districts (the latter starting from 2003). The information provided by SIAP offers a detailed overview of agriculture in Mexico over the past decades, facilitating decision-making in the agricultural sector. In this study, we carried out the data spatialization to identify spatial-temporal patterns of agricultural activities and changes that occurred between 1980 and 2020. A significant increase in the areas dedicated to cultivation has been observed in recent years. In addition to traditional crops such as corn and beans, there has been an increase in the production of specialized crops like berries and avocados. These changes are primarily related to the globalization of agriculture and exhibit marked differences throughout the national territory. The creation of animated graphs and maps allows for a more engaging, concise, and comprehensive interpretation of the data.

### 3.4 CAMBIO DE USO DE SUELO POR ACUICULTURA DE CAMARÓN EN MARISMAS NACIONALES

---

Carlos Iván Salinas Espinosa\*<sup>1,2</sup>, Jushiro Cepeda Morales<sup>2</sup>, Juan Pablo Rivera Caicedo<sup>4</sup>, Bernardino Ricardo Eaton gonzález<sup>3</sup>

1. Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias en el Área de Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Nayarit
2. Unidad Especializada en Percepción Remota Satelital de Ecosistemas Continentales y Oceánicos. Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología. Universidad Autónoma de Nayarit.
3. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California
4. Conahcyt-UAN, Secretaria de investigación y posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit

\* [cise0407@gmail.com](mailto:cise0407@gmail.com)

#### Resumen

La acuicultura de camarón en el Pacífico Oriental Mexicano (POM) se desarrolla en grandes estanques excavados en las zonas costeras, actividad que causa la modificación de la cubierta de vegetación y del territorio, generando impactos ambientales, la construcción de granjas camaroneras es considerada una de las principales causas de cambio de uso del suelo en las costas del POM. Una de las principales zonas donde se desarrolla la acuicultura de camarón es la región de Marismas Nacionales, que se ubica en el norte del estado Nayarit y sur de Sinaloa, representa alrededor del 7% de la producción camaronera del país y el 5% de la extensión total de granjas camaroneras, lo cual obliga a que se destinen grandes extensiones de terreno para esta actividad. El objetivo de este trabajo es evaluar el cambio de uso del suelo causado por el desarrollo de granjas camaroneras, de 1986 a 2022. Para esto se utilizaron imágenes satelitales Landsat 4, 5 y 8 que fueron clasificadas mediante interpretación visual en compuestos RGB de manera interdependiente, los cambios entre periodos fueron evaluados con las imágenes satelitales clasificadas mediante herramientas de cruce y sobreposición. Los resultados indican que en el periodo de 1986 a 2022 hubo un incremento de la superficie de granjas camaroneras de más de 3,000%, el cual ha causado la pérdida

de más de 9,700 ha de humedales estuarinos, 6,156 ha de agricultura, 397 ha de manglar y 365 ha de selva baja. Los resultados difieren de lo mencionado en la literatura donde se menciona que las granjas camaroneras en el POM se han construido principalmente sobre manglares, lo cual para la zona de Marismas Nacionales no es así. Sin embargo, su construcción ha afectado grandes extensiones de humedales estuarinos perjudicando los servicios ecosistémicos que provee la vegetación.

### **Abstract**

Shrimp aquaculture in the Mexican Eastern Pacific (MEP) is carried out in large ponds dug in coastal areas, an activity that causes the modification of the vegetation cover and the territory, that generate environmental impacts, the construction of shrimp farms is considered one the main causes of land use change on the coastal zone of the MEP. Marismas Nacionales region in one the main aquacultures areas, this is located in the north of the state of Nayarit and south of Sinaloa, around 7% of the country's shrimp production and 5% of the total extension of shrimp farms doing here, which forces large tracts of land to be changed for this activity. The objective of this work is to evaluate the land use change caused by the development of shrimp farms, from 1986 to 2022. For this, we use Landsat 4, 5 and 8 satellite images, which were classified by visual interpretation in RGB composites in an interdependent process, the changes between periods were evaluated with the satellite images classified using crossing and overlap tools. The results indicate that in the period from 1986 to 2022 there was an increase in the area of shrimp farms of more than 3,000%, which has caused the loss of more than 9,700 ha of estuarine wetlands, 6,156 ha of agriculture, 397 ha of mangrove and 365 ha of lowland forest. The results differ from what is mentioned in the literature where it is mentioned that shrimp farms in the MEP have been built mainly on mangroves, which is not the case for the Marismas Nacionales area. However, its construction has affected large extensions of estuarine wetlands, harming the ecosystem services provided by the vegetation.

### 3.5 CAMBIOS EN LA COBERTURA DE SUELO/USO EN LA CUENCA TRANSFRONTERIZA DEL RÍO GRANDE

Jesús A. Prieto-Amparan\*, Alfredo Pinedo-Alvarez, Federico Villarreal-Guerrero, Karen Meraz-Molina, Alan Alvarez-Holguin

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Chihuahua, Chihuahua, 31453, México

[\\*jamparan@uach.mx](mailto:*jamparan@uach.mx)

#### Resumen

El monitoreo del cambio en la cobertura de suelo/uso de suelo (CSUS), su distribución espacio-temporal, en ambientes áridos y semiáridos, es de gran importancia para la gestión de los recursos, hídricos, entre ellos. El cambio en la CSUS es uno de los principales factores que afectan a los ecosistemas y sus servicios. En el presente estudio, se analizó el CSUS en el periodo 2005-2020, en la cuenca transfronteriza de Río Grande, entre Estados Unidos y México. Se utilizó el mapa de CSUS del North American Land Change Monitoring System (NALCMS), que incluye una cobertura para Canadá, Estados Unidos y México. Recientemente, el NALCMS lanzó la CSUS a 2020. Se utilizaron estadísticos del cambio (cambio absoluto, cambio relativo y tasa de cambio), así como las matrices de área y matriz de transición-permanencia de Markov. Los cambios, fueron catalogados y mapeados acorde a la Sexta Comunicación Nacional en el sector Uso de Suelo y Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS), bajo el marco Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). A partir de los estadísticos del cambios y matrices, los resultados mostraron que las CSUS con mayores transiciones fueron matorral, pastizal y áreas de agricultura. Las áreas de pastizal fueron la cobertura que mayor pérdida de superficie tuvo. También, existieron diferencias en los cambios de CSUS en las áreas cercanas a las fronteras y las zonas más alejadas. Los hallazgos, proveen información importante de la región y revelan la urgente necesidad de reforzar o implementar estrategias en la CSUS, así como el diseño de potenciales políticas transfronterizas de preservación, para amortiguar el impacto de la degradación en

los recursos. La implementación del mapa de CSUS del NALCMS, permitió identificar los cambios más recientes en la CSUS a nivel cuenca-trasfronteriza

## **Abstract**

Monitoring land use/land cover (LULC) change and its spatial-temporal distribution in arid and semi-arid environments is of great importance for managing water resources, among others. LULC change is one of the main factors affecting ecosystems and their services. In this study, LULC was analyzed for the period 2005-2020 in the transboundary Rio Grande basin between the United States and Mexico. The North American Land Change Monitoring System (NALCMS) LULC map, which covers Canada, the United States, and Mexico, was used. Recently, NALCMS released the LULC data up to 2020. Statistics of change were used (absolute change, relative change, and rate of change), as well as area matrices and Markov transition-persistence matrix. Changes were classified and mapped according to the Sixth National Communication on Land Use and Land Cover Change and Forestry (LULCCF) under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Based on the change statistics and matrices, the results indicated that shrubland, grassland, and agricultural areas experienced the greatest LULC transitions. Grassland areas suffered the most significant loss in surface coverage. Furthermore, there were variations in LULC changes between areas near the borders and more distant zones. These findings provide essential information about the region and highlight the urgent need to strengthen or implement strategies in LULC management, as well as design potential cross-border preservation policies to mitigate the impact of resource degradation. Implementing the NALCMS LULC map facilitated identifying the most recent changes in LULC at the transboundary basin level.

### 3.6 ECOSTRESS EN LA DESCRIPCIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO EN LA VEGETACIÓN. CASOS EN EL ALTIPLANO MEXICANO

---

Maricarmen Jasso Miranda\* y Xanat Antonio Némiga

Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx)

[\\*mjassomiranda@gmail.com](mailto:mjassomiranda@gmail.com)

#### **Resumen**

El estrés hídrico por evapotranspiración es un mecanismo propio de la fisiología vegetal, que le permite regular la cantidad de agua en los tejidos para evitar el daño por condiciones de sequía. Es un importante indicador del estado de la vegetación; ya que se puede relacionar con la productividad de los cultivos, y con la peligrosidad ante incendios, por mencionar algunos. Para documentar las condiciones de la vegetación en parques y áreas naturales protegidas cercanas a la zona metropolitana del Valle de Toluca, se hizo uso del sensor ECOSTRESS de la NASA, el cual se encuentra a bordo de la estación espacial internacional, particularmente del producto Índice de Estrés Evaporativo (ESI) a nivel mundial, el cual capta la tasa evapotranspiración del agua en el suelo y las plantas. Se evaluaron los sitios: reserva de la mariposa monarca, nevado de Toluca, Ciudad Universitaria de Toluca, Ciénegas de Lerma y Valle de Bravo. En estos, se contrastó el valor promedio del indicador ESI durante la temporada de sequía contra la temporada de lluvias. Como resultados, se encontraron diferencias significativas entre los valores del ESI para ambos periodos del año cuyos valores promedio en temporada de seca son de 0.3 y en temporada de lluvias de 0.8, siendo estas diferencias más marcadas en el Nevado de Toluca y en las ciénegas de Lerma.

#### **Abstract**

Water stress by evapotranspiration is a mechanism of plant physiology, which allows it to regulate the amount of water in tissues to avoid damage from drought conditions. It is an important indicator of the state of the vegetation; since it can be related to the productivity of the crops, and with the danger of fires, to name a few.

To document the conditions of the vegetation in parks and natural protected areas near the metropolitan area of Valle de Toluca, the NASA ECOSTRESS sensor was used, which is on board the international space station, particularly the product Index of Evaporative Stress (ESI) worldwide, which captures the rate of evapotranspiration of water in the soil and plants. The sites were evaluated: Monarch Butterfly Reserve, Nevado de Toluca, Ciudad Universitaria de Toluca, Ciénegas de Lerma and Valle de Bravo. In these, the average value of the ESI indicator was compared during the dry season against the rainy season. As results, significant differences were found between the ESI values for both periods of the year whose average values in the dry season are 0.3 and in the rainy season 0.8, these differences being more marked in the Nevado de Toluca and in the Ciénegas de Lerma.



### 3.7 ESCENARIOS FUTUROS DE LOS CAMBIOS DE LA CUBIERTA DEL SUELO Y RESERVAS DE BIOMASA FORESTAL EN LA SIERRA DE SANTA ROSA, GUANAJUATO, MÉXICO.

---

Leticia Hernández Sánchez<sup>1\*</sup>, Azucena Pérez-Vega<sup>2</sup>, Yan Rene Ramos Arroyo<sup>2</sup>, Jean François Mas<sup>3</sup>, Israel Cabrera Landeros<sup>4</sup> y José Soria Ugalde<sup>2</sup>

1. Instituto Municipal de Planeación de San Francisco del Rincón
2. Departamento de Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato.
3. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Sección Guanajuato de Profesionales Forestales AC

[m.leticia.hs@gmail.com](mailto:m.leticia.hs@gmail.com); [azu\\_pvega@hotmail.com](mailto:azu_pvega@hotmail.com)

#### Resumen

La Sierra de Santa Rosa es la zona con mayor diversidad de especies de encinos en el estado de Guanajuato. Representa una estructura fundamental para la seguridad hídrica en el abastecimiento superficial de agua a la ciudad capital y subterráneamente como recarga para las actividades agroindustriales en el bajío. El estudio generó modelos de deforestación, degradación forestal e incremento de pastizales para escenarios a futuro del 2050 con base en los cambios de uso y cubierta del suelo. Además de determinar la biomasa forestal para el año 2014. La cartografía del uso y cubierta del suelo realizada mediante fotointerpretación a escala 1:10,000, obtuvo 22 categorías con tres niveles de arbolado abierto de 10%-40%, medio de 40%-70% y cerrado >70%, utilizando imágenes satelitales SPOT 5 y Sentinel 2 para 2010 y 2020, respectivamente. Se realizó en Dinamica Ego la simulación para el 2050 mediante métodos de probabilidad condicional con 13 variables explicativas socioambiental. La determinación de la biomasa forestal consideró 1,730 sitios de muestreo dasométrico del año 2014 y su correlación con variables ambientales: elevación, pendiente, insolación y las 7 bandas de imagen Landsat 8 (2014) más el NDVI. Los resultados arrojaron un cambio severo en la porción noreste de la Sierra debido a la degradación forestal del 38% del bosque de encino medio a abierto con una tasa de -6.32%, el escenario para 2050 calcula una

pérdida de 157 ha. Un importante aumento del pastizal inducido sobre los tres niveles de arbolado del bosque, con una tasa de pérdida de -0.116%. La geomorfología de piedemonte y laderas bajas favorecieron la degradación forestal. Mientras al incremento de pastizales se sumaron las planicies, cercanía a localidades y el manejo de aprovechamientos forestales. El escenario de 2050 predice un aumento de 849 ha de pastizales. La correlación entre los muestreos dasométricos las variables explicativas obtuvo un R2 de 0.41.

## **Abstract**

The Sierra de Santa Rosa is the area with the greatest diversity of oak species in the state of Guanajuato. It represents a fundamental structure for water security in the surface water supply to the capital city and underground as recharge for agro-industrial activities in the lowlands. The study completed models of deforestation, forest degradation and increase in pastures for future scenarios of 2050 based on changes in land use and land cover. In addition to determining the forest biomass for the year 2014. The cartography of land use and cover carried out by photointerpretation at a scale of 1:10,000, obtained 22 categories with three levels of open trees of 10%-40%, medium of 40%-70% and closed >70%, using SPOT satellite images. 5 and Sentinel 2 for 2010 and 2020, respectively. The simulation for 2050 was carried out in Dinamica Ego using conditional probability methods with 13 socio-environmental explanatory variables. The determination of forest biomass resulted in 1,730 dasometric imaging sites for the year 2014 and its consequences with environmental variables: elevation, slope, insolation and the 7 Landsat 8 (2014) image bands plus NDVI. The results showed a severe change in the northeast of the Sierra due to forest degradation of 38% of the medium to open oak forest with a rate of -6.32%, the scenario for 2050 calculates a loss of 157 ha. An important increase in grassland induced on the three levels of forest trees, with a loss rate of -0.116%. The geomorphology of the foothills and lower slopes favored forest degradation. While the increase in grasslands was added to the plains, proximity to towns and the management of forestry. The 2050 scenario predicts an increase of 849 ha of pasture. The conclusions between the dasometric tested and the explanatory variables obtained an R2 of 0.41.

### 3.8 EVALUACIÓN DE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE PROFUNDO PARA DETECTAR LA DEGRADACIÓN FORESTAL EN UN BOSQUE TROPICAL SECO.

---

Jonathan V. Solórzano<sup>1\*</sup>, Jean-François Mas<sup>2</sup>, Yan Gao<sup>2</sup>, J. Alberto Gallardo-Cruz<sup>3</sup>

1. Posgrado en Geografía, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
2. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
3. Centro Transdisciplinario Universitario para la Sustentabilidad, Universidad Iberoamericana.

[\\*jonathanvsv@gmail.com](mailto:*jonathanvsv@gmail.com)

#### Resumen

La degradación forestal es un proceso que contribuye a las emisiones de carbono a la atmósfera, el cual ha sido monitoreado mediante imágenes satelitales. Ya que este proceso implica un cambio en la biomasa del bosque, su monitoreo ha resultado más complicado que procesos que conllevan un cambio de cubierta (e.g., deforestación). En este contexto, el uso de algoritmos de aprendizaje ofrece una alternativa para mejorar las capacidades de monitoreo de la degradación forestal. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de dos algoritmos, uno de aprendizaje profundo espacio temporal (U-Net 3D con fusión tardía; U-Net 3D LF) y uno de aprendizaje automatizado (random forest), con imágenes multiespectrales y radar de apertura sintética para detectar la degradación forestal en un bosque tropical seco en el occidente de México, entre 2019 y 2022. Los datos utilizados constaron de: 1) 63 parcelas de 500 m<sup>2</sup> donde se obtuvo su biomasa aérea (AGB) mediante un muestreo en campo, 2) cuatro compuestos de Sentinel-2 (Ene-Mar, Abr-Jun, Jul-Sep, Oct-Dic) para los dos años de muestreo (2019 y 2022) y doce compuestos Sentinel-1 (1 por mes) para 2019 y 2022 cada uno. De estos, el 60 % se usaron como datos de entrenamiento, 20 % de validación y 20 % de prueba. Los resultados mostraron que random forest obtuvo el menor error sobre los datos de prueba (RMSE = 14.10 Mg / ha; rRMSE = 64.4 %) en comparación con U-Net 3D LF (RMSE = 18.10 Mg / ha; rRMSE = 82.5 %). Ante un conjunto de datos tan pequeño, en conjunto con una baja relación

señal / ruido entre el AGB y las variables predictoras, random forest es capaz de obtener mejores resultados que la U-Net 3D LF.

## **Abstract**

Forest degradation is a process that contributes to carbon emissions, which has been monitored using satellite images. Since this process consists of a change in the forest biomass, its monitoring has been more difficult than other ones that involve a land cover change (e.g. deforestation). In this context, the use of deep learning algorithms represents an alternative to improve the capabilities to monitor this process. The objective of this study was to evaluate the potential of two algorithms: a deep learning one (U-Net 3D with late fusion; U-Net 3D LF) and a machine learning one (random forest), along with multispectral and synthetic aperture radar images to detect forest degradation in a tropical dry forest in Western Mexico, between 2019 and 2022. The data consisted of: 1) sixty-three 500-m<sup>2</sup> plots, where aboveground biomass (AGB) was registered through a field sample, 2) four cloudless Sentinel-2 composites for each of the two sampling years (2019 and 2022) and twelve Sentinel-1 composites for each of the two same years. Of these data, 60 % were used as training, 20 % as validation and 20 % as test sets. The results show that random forest obtained the lowest error on the test set (RMSE = 14.10 Mg / ha; rRMSE = 64.4 %), in comparison with the U-Net 3D LF (RMSE = 18.10 Mg / ha; rRMSE = 82.5 %). Using such a small dataset, along with a low signal / noise ratio between the AGB and the predictive variables, random forest was capable of obtaining better results than U-Net 3D LF.

### 3.9 EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE CUBIERTA Y USO DEL SUELO EN LA RESERVA CUXTAL (2011-2021): UNA PERSPECTIVA TEMPORAL Y ESPACIAL

---

Gustavo Martín Morales\*, Rodolfo Riojas Nieto, Ayesa Martínez Serrano, David Romero

Escuela Nacional de Estudios Superiores ENES - UNAM, Unidad Mérida

\*[gmartinmorales@gmail.com](mailto:gmartinmorales@gmail.com)

#### Resumen

El monitoreo del cambio de cubierta y uso del suelo proporciona información valiosa para la planificación territorial a largo plazo, especialmente si se trata de una zona a la conservación. La Reserva Cuxtal, es una Zona Sujeta a Conservación Ecológica de vital importancia para el municipio de Mérida en Yucatán, está experimentó un cambio significativo en su cubierta y uso del suelo durante el periodo de 2011 a 2021. En el presente estudio, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva del cambio temporal y espacial de la cubierta vegetal y la transformación del uso del suelo en la reserva. Utilizando imágenes de satélite de alta resolución y técnicas de análisis geoespacial, se mapearon y cuantificaron los cambios en la cobertura vegetal y las categorías de uso del suelo en diferentes fechas. Se examinaron patrones de cambio y se identificaron las áreas más afectadas por la transformación del paisaje. Este tipo de estudio ayudó a identificar áreas de alta sensibilidad ambiental que requerían protección adicional y a establecer zonas adecuadas para el manejo de los objetos de conservación, evitando conflictos entre la conservación y las actividades humanas. Los resultados revelaron que, a pesar de los cambios por la presión de la expansión urbana desde el norte y la degradación de la selva baja caducifolia a estados sucesionales inferiores, se evidencia la existencia de una política de protección favorable hacia la reserva durante el periodo analizado.

#### Abstract

The monitoring of land cover and land use change provides valuable information for long-term territorial planning, especially in conservation areas. The Cuxtal Reserve is

of vital importance for the municipality of Mérida in Yucatán, as it has experienced significant changes in its land cover and land use from 2011 to 2021. In this study, we conducted a comprehensive assessment of the temporal and spatial changes in vegetation cover and land use within the reserve. High-resolution satellite imagery and geospatial analysis techniques were used to map and quantify these changes at different time points. We examined patterns of change and identified areas that were most affected by landscape transformation. This study helped identify environmentally sensitive areas in need of additional protection and establish suitable management zones for conservation purposes, while also mitigating conflicts between conservation and human activities. Despite the pressures of urban expansion from the north and the degradation of the low deciduous forest to lower succession stages, our results indicate the presence of a favorable protection policy for the reserve during the analyzed period.

### **3.10 INFLUENCIA DEL ARBOLADO PÚBLICO SOBRE LAS CONDICIONES DEL MICROCLIMA URBANO DE LA CIUDAD DE JIQUILPAN DE JUÁREZ, MICHOACÁN. UNA PROPUESTA METODOLÓGICA**

---

Carlos Arredondo León

Universidad Nacional Autónoma de México

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

#### **Resumen**

En los últimos años, el gobierno, la comunidad científica y organizaciones no gubernamentales ha puesto especial atención en las arboledas urbanas, no solo por sus funciones estética-higienitas, sino como indicador que favorece la generación de microclimas y confort térmico en espacios urbanos –vialidades, plazas, jardines, parques, etc. Al tiempo que se habla y discute la relevancia ecológica que estas arboladas tienen como espacios generadores de oxígeno, captadores de bióxido de carbono y de agua, zonas de refugio de flora y fauna silvestre, en Jiquilpan, los espacios frescos debajo de los frondosos árboles se han convertido en áreas de esparcimiento y recreación, debido a las condiciones favorables de los distintos parámetros microclimáticos -viento, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar e iluminación natural- que favorecen la interacción y convivencia social. El objetivo del trabajo fue establecer, en una primera etapa, un procedimiento a través de cual se pudiera inferir sobre la influencia que tiene, por ejemplo, la densidad y cobertura arbórea y el tipo de árbol sobre algunos parámetros microclimáticos. Para ello, se procede, por un lado, a censar el arbolado, por otro, a conocer su distribución urbana. Se opta por un sistema de soporte –Sistema de Información del Inventario (SII)-, que incluye recursos tecnológicos y humanos, acompañados de otros insumos de información, de tal suerte que se genere un producto cartográfico del inventario. Desarrollado éste último, se procede a determinar el grado de influencia que tiene el arbolado público urbano, por ejemplo, sobre la distribución de las temperaturas superficiales y la humedad relativa, derivadas de algún sensor remoto y/u obtenidas directamente en campo. Se espera que la presente metodología genere resultados que conlleven a un plan efectivo a

largo plazo para programas de forestación y reforestación, con mejoras a las condiciones microclimáticas y el confort térmico urbano.

## **Abstract**

In recent years, the government, the scientific community and non-governmental organizations have paid special attention to urban groves, not only for their aesthetic-hygienic functions, but also as an indicator that favors the generation of microclimates and thermal comfort in urban spaces -roads, squares, gardens, parks, etc. While the ecological relevance of these wooded areas is discussed and discussed as spaces that generate oxygen, capture carbon dioxide and water, and are refuge areas for wild flora and fauna, in Jiquilpan, the cool spaces under the leafy trees that become leisure and recreation areas, due to the favorable conditions of the different microclimatic parameters -wind, air temperature, relative humidity, solar radiation and natural lighting- that favor interaction and social coexistence. The objective of the work was to establish, in a first stage, a procedure through which it could be inferred about the influence that, for example, the density and tree cover and the type of tree have on some microclimatic parameters. For this, it proceeded, on the one hand, to take a census of the trees, and on the other, to know their urban distribution. A support system was chosen –Inventory Information System (SII)-, which includes technological and human resources, accompanied by other information inputs, in order to generate a mapping product of the inventory. Once the latter has been developed, it proceeded to determine the degree of influence that urban public trees have, for example, on the distribution of surface temperatures and relative humidity, derived from some remote sensor and/or obtained directly in the field. It is expected that the present methodology will generate results that lead to an effective long-term plan for afforestation and reforestation programs, with improvements to microclimatic conditions and urban thermal comfort.



### 3.11 VARIABLES GEOESPACIALES CAUSANTES DE LA ARIDEZ.

---

Lidia Y. Perez\*<sup>1</sup>, R. Fernando López<sup>2</sup>, Edgar R. Montiel<sup>1</sup>

1. Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa.
2. Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa.

[\\*lidiaperez@uas.edu.mx](mailto:*lidiaperez@uas.edu.mx)

#### **Resumen**

Las zonas áridas son regiones que a nivel mundial ocupan grandes extensiones de la superficie terrestre, mismas que se caracterizan por presentar condiciones de sequía extrema y cobertura vegetal reducida. En esta investigación se realizó una exhaustiva revisión de la literatura y consulta a expertos en el tema de aridez, sequía y desertificación con el objetivo de identificar los principales factores que causan la aridez. Se realizó la integración de las mismas mediante técnicas de análisis geoespacial para obtener un mapa de aridez, observando una excelente correlación entre sí, mostrando regiones desde hiperáridas hasta sub-húmedas secas. La zona de estudio fue la región Noroeste de México y el año de evaluación fue el 2022.

#### **Abstract**

Arid zones are regions that occupy large areas of the earth's surface worldwide, characterized by extreme drought conditions and reduced vegetation cover. In this research, an exhaustive literature review and consultation with experts on the subject of aridity, drought, and desertification were carried out in order to identify the main factors that cause aridity. These were integrated by means of geospatial analysis techniques to obtain an aridity map, showing an excellent correlation between them, showing regions ranging from hyper-arid to dry sub-humid. The study area was the northwestern region of Mexico and the year of evaluation was 2022.

### 3.12 VARIACIONES ESTACIONALES DEL VENDEDOR DE VEGETACIÓN Y SU RELACIÓN CLIMÁTICA SOBRE LA SECCIÓN ORIENTAL DE LA CUENCA GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA.

---

Ricardo A. Hidalgo-Rodríguez<sup>1\*</sup>, Thomas Kretzschmar<sup>1</sup>, Efraín Gómez-Arias<sup>1</sup>, M. Tereza Cavazos-Pérez<sup>2</sup>

1. Departamento de Geología - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
2. Departamento de Oceanografía Física - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

\*[ahidalgo@cicese.edu.mx](mailto:ahidalgo@cicese.edu.mx)

#### Resumen

Este trabajo se llevó a cabo en la sección de la subcuenca Ojos Negros posicionada sobre el bloque de montaña de la Sierra de Juárez, en el estado de Baja California, México. La zona de estudio está caracterizada por presentar una zona de transición de clima mediterráneo de tipo semiárido a templado, implicando un cambio del tipo de vegetación. Se emplearon los datos de la constelación Landsat en el periodo 1986-2020 mediante la librería Google Earth Engine para R (RGEE), con el fin de visualizar los cambios en el comportamiento de la vegetación dispuesta sobre laderas. En cumplimiento de lo anterior, se delimitaron las zonas de laderas orientadas hacia el norte y el sur. Por cada año, se segmentaron dos conjuntos de escenas representativas de las temporadas húmeda (diciembre-marzo) y seca (junio-septiembre). Se calcularon los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) e índice multitemporal de diferencia de deforestación (MDDI). La estadística zonal se comparó entre sí y con respecto a las variables climáticas a escala anual y estacional. La vegetación ubicada en laderas orientadas hacia el norte mostró mayor verdor en comparación a las laderas orientadas hacia el sur. Se identificó un comportamiento casi cíclico del verdor de vegetación con periodos de ganancia y pérdida forestal mayores a 5 años. Se observó un mejor ajuste entre el MDDI y el resto de las variables durante la temporada seca, contrastando con la temporada húmeda. El MDDI muestra una buena capacidad en la detección de los cambios forestales en ambas temporadas, infiriendo entre deforestación e incendios

forestales. Se debe profundizar en el análisis de la duración y frecuencia de los incendios forestales en la zona de estudio, y su relación con los cambios en los parámetros climáticos.

## **Abstract**

This work was carried out in the section of the Ojos Negros sub-basin positioned on the Sierra de Juárez mountain block, in the state of Baja California, Mexico. The study area is characterized by presenting a transition zone from semiarid to temperate Mediterranean climate. The data of the Landsat constellation in the period 1986-2020 was worked through the Google Earth Engine library for R (RGEE) to visualize the changes in the behavior of the arranged vegetation on slopes. In compliance with the above, the slope areas with north and south facing were delimited. For each year, two sets of representative scenes of wet (December-March) and dry (June-September) seasons were segmented. The normalized difference vegetation index (NDVI) and multitemporal deforestation difference index (MDDI) were calculated. The zonal statistics were compared with each other concerning climatic variations on a seasonal scale. The vegetation located on north-facing slopes showed greater greenness compared to the south-facing slopes. An almost cyclical behavior of the greenness of vegetation was identified with periods of forest gain and loss greater than 5 years. A better fit between the MDDI and the rest of the variables was observed during the dry season, contrasting with the wet season. The MDDI shows a good ability to detect forest changes in both seasons, inferring between deforestation and wildfires. It is necessary to deepen the analysis of duration and frequency of wildfires in the study area, and their relationship with changes in climatic parameters.



# 4 . GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

---

WATER RESOURCES MANAGEMENT



**XXV** Congreso **SELPER**  
Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

---

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023**

#### 4.1 ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL PARA EL ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN AGUA-ROCA EN AMBIENTES SALINOS

---

Erika Loyola\*, José A. Ramos, Janete Morán

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

[\\*erika.loyola@ipicyt.edu.mx](mailto:*erika.loyola@ipicyt.edu.mx)

##### Resumen

En las últimas décadas la población ha aumentado el consumo de diferentes elementos (orgánicos e inorgánicos), esto se ve reflejado en las temperaturas, incremento de fertilizantes y plaguicidas con diferentes compuestos químicos que no solo incrementan la salinidad del suelo con repercusiones a futuro a una desertificación de la zona. El presente trabajo se realizó en el municipio de Tierra Nueva, San Luis Potosí. El objetivo es generar un balance hídrico por medio de diferentes mapas en una temporalidad del 1995 al 2015 permitiendo una perspectiva de análisis en la modificación del terreno. Se realizaron diferentes campañas (lluvias y estiaje) y técnicas: análisis hidrogeoquímico e isotópico, petrográfico e interpretación de mapas con imágenes Landsat 8. Resultados previos: se detectaron incrementos considerables de Na, Ca, Natrita o Natrón visiblemente presente en la capilaridad de las plantas a lo que lleva a incidir en una contaminación por interacción agua-roca y antropogénica como consecuencia una sodicidad o salinidad. El problema es la salinidad de suelos es un fenómeno creciente. Se determinó el tipo de familias de agua con ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{So}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ ) ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ) expresado conforme a la norma NOM-127-SSA1-2021 y los límites permisibles EPA, analizados en el laboratorio de IPICYT.

##### Abstract

In the last decades the population has increased the consumption of different elements (organic and inorganic), this is reflected in the temperatures, increase of fertilizers and pesticides with different chemical compounds that not only increase the salinity of the soil with future repercussions to a desertification of the area. The

present study was carried out in the municipality of Tierra Nueva, San Luis Potosí. The objective is to generate a water balance by means of different maps in a temporality from 1995 to 2015 allowing a perspective of analysis in the modification of the land. Different campaigns (rainfall and low water) and techniques were carried out: hydrogeochemical and isotopic analysis, petrography and interpretation of maps with Landsat 8 images. Previous results: considerable increases of Na, Ca, Natrite or Natron visibly present in the capillarity of the plants were detected, which leads to a contamination due to water-rock interaction and anthropogenic contamination as a consequence of sodicity or salinity. The problem of soil salinity is a growing phenomenon. The type of water families with (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, F, Cl<sup>-</sup>, So<sub>4</sub><sup>2-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ( $\delta^{18}O$ ,  $\delta^2H$ ) expressed according to NOM-127-SSA1-2021 and EPA permissible limits, analysed in the IPICYT laboratory, was determined.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS INTERACCIONES AGUA SUBTERRÁNEA-AGUA SUPERFICIAL DE UN SISTEMA LACUSTRE EFÍMERO EN CONTACTO CON UN ACUÍFERO BASÁLTICO DE LA CUENCA ALTA COMONDÚ, BAJA CALIFORNIA SUR.

---

Wurl, J.\*; Luis Eduardo García Cedillo, L.E.; Imaz-Lamadrid, M.A.; Ramos-Velázquez, E.

Universidad Autónoma de Baja California Sur

[jwurl@uabcs.mx](mailto:jwurl@uabcs.mx)

### Resumen

Mediante la interpretación de imágenes satelitales, se analizó la permanencia del agua retenida en siete lagunas efímeras no aforadas de la cuenca semiárida de Comondú (BCS) después de eventos de lluvias extremas en 2006 y 2009. El balance hidrológico resultante permitió analizar la interacción con un acuífero fracturado de composición basáltica que interconecta los lagos efímeros y alimenta varios manantiales del Oasis Los Comondú. Las imágenes de satélite (LANDSAT 5 con una resolución de 30 m) se procesaron en ENVI 5.3, uniendo las bandas 4, 5 y 3 para diferenciar más fácilmente cuerpos de agua, vegetación, suelos y rocas. La morfología del terreno (y base de los lagos) se obtuvo combinando dos modelos de elevación (INEGI y PALSAR) con una precisión de 15 m y 12,5 m respectivamente. Las cuencas hidrográficas, correspondientes a cada lago, se calcularon con el programa TOPAZ. La evapotranspiración de los lagos y su vegetación circundante se calculó mediante el método de Hargreaves, interpretando datos de la estación meteorológica de San José de Comondú. El balance incluyó los volúmenes de siete lagos efímeros entre 2007 y 2010. Como resultado, se reconoce que la evapotranspiración es el factor dominante en la pérdida de agua de los lagos efímeros. Las lagunas San Pablo, La Mojonera, San Julio y San Casimiro infiltran y/o reciben agua del acuífero basáltico. La duración del agua en estos lagos depende de su nivel relativo del suelo, siendo el lago más alto el primero en vaciarse (después de 256 días) y el más bajo el último (después de 576 días). La corta duración de estos lagos efímeros también se atribuye a que el acuífero basáltico alimenta con

escurrimientos a los manantiales del Oasis Los Comondú durante el año. Los otros tres lagos son independientes.

### **Abstract**

The permanence of water, retained in seven ungauged ephemeral lakes of the semi-arid Comondú watershed (BCS) after extreme rain events in 2006 and 2009, was analyzed by interpreting satellite images. The resulting hydrological balance allowed us to analyze the interaction with a fractured basaltic aquifer that interconnects the ephemeral lakes and feeds several springs of Los Comondú Oasis. Satellite images (LANDSAT 5 with a resolution of 30 m) were processed in ENVI 5.3, joining bands 4, 5, and 3 to differentiate water bodies, vegetation, soils, and lithology more easily. The morphology of the terrain (and bottom of the lakes) was obtained by combining two elevation models (INEGI and PALSAR) with a precision of 15 m and 12.5 m respectively. The watersheds, corresponding to each lake, were calculated with the program TOPAZ. Evapotranspiration from the lakes and their surrounding vegetation was calculated using the Hargreaves method, interpreting data from the meteorological station in San José de Comondú. The balance included the volumes of seven ephemeral lakes between 2007 and 2010. As a result, evapotranspiration is recognized as the dominant factor in the loss of water from the ephemeral lakes. The San Pablo, La Mojonera, San Julio, and San Casimiro lakes infiltrate and/or receive water from the basaltic aquifer. The duration of water in these lakes depends on their relative ground level, with the highest lake emptying first (after 256 days), and the lowest last (after 576 days). The short duration of these ephemeral lakes is also attributed to the fact that the basaltic aquifer feeds the springs of Los Comondú Oasis with runoffs during the year. The other three lakes are independent.



### 4.3 DISTRIBUCIÓN DE POTENCIALES HUMEDALES EN ENTORNOS DE RESERVAS DE LA BIOSFERA

---

Pamela Z. García, Clemencia Santos-Cerquera\*

Universidad Nacional Autónoma de México

[\\*csantos@liur-unam.com](mailto:csantos@liur-unam.com)

#### Resumen

La reserva de la Biósfera Complejo Lagunar Ojo de Liebre se ubica al sur de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, en el Litoral del Océano Pacífico, en los municipios de Mulege y Ensenada estado de Baja California Sur y fue decretada en 1972 como zona de refugio para ballenas y ballenatos, por tal motivo el conocimiento del entorno para la conservación y gestión de la biósfera son importantes. El objetivo de la investigación fue el modelar la distribución de humedales potenciales en los alrededores de la Reserva de la Biósfera Complejo Lagunar Ojo de Liebre, y proporcionar información que permita el correcto manejo de los recursos hídricos. Se realizó la investigación con imágenes del satélite Landsat en temporadas de lluvia y secas porque la zona comprendía una gran extensión; se incluyó en el SIG variables físicas y bióticas que son determinantes para la existencia de un humedal. Por medio de la modelación de variables climáticas se determinan los meses de mayor y menor precipitación, con análisis multitemporal y usando diferentes índices y la clasificación supervisada se alimenta el SIG. Además, se incursionó con el software MaxEnt de forma novedosa para la localización y distribución potencial de humedales. Los resultados dieron la oportunidad identificar la eficacia de los índices que se aplicaron para el análisis de humedales. Se generaron ráster para las épocas de lluvia y secas, en ambos casos el índice Soil Background Information y la Pendiente son las variables de mayor contribución al modelo. Definiendo alrededor de 900 hectáreas que son susceptibles para que se establezcan humedales. Finalmente, la metodología puede ser replicada y mejorada; al comprobar que se obtiene notables resultados con la clasificación supervisada en área extensas, empleando variables a priori de ocurrencia y el software MaxEnt, donde los trabajos de muestreo son imposibles y poco costeables, logrando una efectiva con porcentaje de confiabilidad arriba del 80%.

## **Abstract**

The Biosphere Reserve “Ojo de Liebre Lagoon Complex” is located south of Sebastián Vizcaíno Bay, on the Pacific Ocean coast, in the municipalities of Mulege and Ensenada state of Baja California Sur and was decreed in 1972 as a refuge area for whales and calves, for this reason the knowledge of the environment for the conservation and management of the biosphere are important. The objective of the research was to model the distribution of potential wetlands in the surroundings of the Ojo de Liebre Lagoon Complex Biosphere Reserve, and to provide information that allows the correct management of water resources. The research used imagery from the Landsat satellite in rainy and dry seasons because the area covered a large expanse. The GIS worked with climatic variables, multi temporal analysis, different indices, and the supervised classification. Also, was used the MaxEnt software in a novel way for the location and potential distribution of wetlands. The results gave the opportunity to identify the effectiveness of indices for wetland analysis. The Rasters imagen were generated for the rainy and dry seasons; in both cases the Soil Background Information index and the Slope were the variables with the greatest contribution to the model. Defining around nine hundred hectares that are susceptible to the establishment of wetlands. Finally, the methodology can be replicated and improved; to verify that remarkable results are obtained with the supervised classification in large areas, using a priori variables of occurrence and the MaxEnt software, where sampling works are impossible and unaffordable, achieving an effective with a percentage of reliability above 80%.

#### 4.4 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO VICTORIA – GÜÉMEZ, TAMAULIPAS A TRAVÉS DE UN SIG.

---

Vázquez-Guevara, Luis Gerardo 1; Ventura-Houle, René 1; Morales-Pacheco, Juan Francisco 1; Requena-Lara, Glenda Nelly 1\*

Universidad Autónoma de Tamaulipas

[\\*grequena@uat.edu.mx](mailto:*grequena@uat.edu.mx)

##### **Resumen**

El acuífero Victoria-Güémez se sitúa en el centro del estado de Tamaulipas, dentro de la cuenca hidrológica "Golfo Norte". Abarca poco más de dos mil kilómetros cuadrados y es fuente de abastecimiento para Ciudad Victoria, capital del estado y residencia de casi 350 mil personas.

El crecimiento poblacional ha sido acelerado, provocando con ello el aumento de servicios urbanos, la industria y la agricultura, lo que ha elevado la competencia por el uso del agua subterránea, generando un incremento en la extracción del recurso. Por ello, la CONAGUA lo reporta como un acuífero con déficit, ya que tiene un déficit de casi 28 millones de metros cúbicos anuales, que se extraen de su "almacenamiento no renovable".

Se utilizó el método DRASTIC y el algoritmo WaterYield de InVEST 3.7, considerando factores geológicos e hidro-geológicos (profundidad del agua, recarga neta, medios acuíferos, medios del suelo, topografía, impacto en los medios de la zona vadosa y conductividad hidráulica) para una evaluación relativa de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación. La vulnerabilidad más alta se presenta en y alrededor de las manchas urbanas de mayor superficie, mientras que la más baja se da en las zonas con alta profundidad del nivel freático y baja permeabilidad en la zona vadosa. Este estudio es el primer paso para generar una herramienta de gestión del agua subterránea en la que se establezcan las líneas de acción para administrar el agua del acuífero que se encuentra con déficit.

## **Abstract**

The Victoria-Güémez aquifer is located in the center of the state of Tamaulipas, within the "Golfo Norte" hydrological basin. It covers just over two thousand square kilometers and is a source of supply for Ciudad Victoria, the state capital and residence of almost 350,000 people.

Population growth has been accelerated, thereby causing an increase in urban services, industry and agriculture, which has increased competition for the use of groundwater, generating an increase in the extraction of the resource. For this reason, CONAGUA reports it as an aquifer with a deficit, since it has a deficit of almost 28 million cubic meters per year, which are extracted from its "non-renewable storage".

The DRASTIC method and the WaterYield algorithm from InVEST 3.7 were used, considering geological and hydrogeological factors (water depth, net recharge, aquifer media, soil media, topography, impact on the vadose zone media, and hydraulic conductivity) to a relative assessment of the vulnerability of the aquifer to contamination. The highest vulnerability occurs in and around the larger urban areas, while the lowest occurs in areas with a high depth of the water table and low permeability in the vadose zone. This study is the first step to generate a groundwater management tool in which the lines of action are established to manage the water from the aquifer that is in deficit.

## 4.5 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN RÍOS URBANOS BASADO EN MACHINE LEARNING Y HERRAMIENTAS GEOESPACIALES

---

Fabiola D. Yopez, Kevin D. Rodríguez\*

Universidad Autónoma de Nuevo León

[\\*kev.1067@outlook.com](mailto:*kev.1067@outlook.com)

### Resumen

Los ríos urbanos son ecosistemas cruciales para el bienestar de las personas, que a su vez proporcionan una serie de servicios y beneficios esenciales incluyendo agua potable, alimentos, energía, recreación y transporte (Wan L & Wang H., 2021). Es por esto la necesidad de cuidar este recurso vital por medio estudios avanzados de calidad de agua . En este proyecto se implementó un monitoreo de la calidad del agua en el río pesquería aplicando herramientas geoespaciales y tecnologías basadas en la inteligencia artificial (Machine Learning). Se realizó en el rio pesquería un procesamiento de datos teniendo en cuenta los índices espectrales NDCI, NDWI y NDVI por medio de la plataforma de Google Earth Engine (GEE) y programación. Por consiguiente, se desarrolló un modelo machine learning con la finalidad de obtener una buena predicción de los datos y a su vez para presentar un enfoque de gestión general que de muestre las problemáticas ambientales que presenta el río pesquería y así mismo evidenciar las principales fuentes contaminantes que alteran las condiciones naturales de este rio. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para tomar medidas preventivas, reducir los impactos negativos, establecer medidas de control y reducir la emisión de contaminantes siendo una pieza clave para abordar los desafíos que contempla la gestión ambiental en los cuerpos receptores de agua y a su vez el cumplimiento de los ODS.

### Abstract

Urban rivers are crucial ecosystems for the well-being of people, providing a range of essential services and benefits, including drinking water, food, energy, recreation, and transportation. Hence, there is a need to safeguard this vital resource through

advanced studies of water quality. In this project, water quality monitoring was implemented in the Pesquería River using geospatial tools and technologies based on artificial intelligence (Machine Learning). Data processing in the Pesquería River was carried out, taking into account the spectral indices NDCI, NDWI, and NDVI, through the Google Earth Engine (GEE) platform and programming. Consequently, a machine learning model was developed to achieve accurate data prediction and to present a comprehensive management approach, highlighting the environmental issues facing the Pesquería River and identifying the main sources of pollution that disrupt its natural conditions. The obtained results can be utilized for preventive measures, mitigating negative impacts, establishing control measures, and reducing pollutant emissions. They play a crucial role in addressing the environmental challenges faced by water bodies and, in turn, contributing to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs).



# 5 . GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES

---

DISASTER RISK MANAGEMENT



**XXV** Congreso **SELP ER**  
Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

---

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR**  
**MÉXICO 2023**

## 5.1 ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ, B.C.S.

---

Arisleidis Ferrer-González\*, Guillermo Martínez-Flores y Janette Magalli Murillo-Jiménez

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

[\\*aferrerg2200@alumno.ipn.mx](mailto:aferrerg2200@alumno.ipn.mx)

### Resumen

La calidad ambiental en el municipio de La Paz, B.C.S., se encuentra comprometida debido al aporte de gases y partículas provenientes de la quema de combustóleo, gasolinas y residuos sólidos. Estas emisiones contienen elementos potencialmente tóxicos, que ponen en riesgo la salud humana y al ecosistema. Este trabajo tiene como objetivo analizar la dispersión espaciotemporal de NO<sub>2</sub>, CO y PM<sub>10</sub> en el municipio de La Paz, así como identificar las zonas con mayor vulnerabilidad. Se utilizaron imágenes Sentinel-5P y Landsat 8 para el periodo 2018-2022. Se caracterizaron patrones de viento en el área de estudio, utilizando los datos ERA5 de Copernicus. Se utilizó Google Earth Engine para el análisis y generación de series de tiempo de NO<sub>2</sub> y CO en el área de estudio. Los datos de PM<sub>10</sub> in situ (obtenidos de las estaciones de CERCA), así como los de reflectancia (bandas 1-4 del sensor OLI, Landsat 8), se procesaron en Python para obtener su correlación espacial. Los resultados preliminares indican que las mayores concentraciones de NO<sub>2</sub> y CO ( $8$  a  $9.5 \times 10^{-5}$  y  $3.4$  a  $3.7 \times 10^{-2}$  moléculas/cm<sup>2</sup>, respectivamente) se observaron en la ciudad de La Paz en los meses de verano. El análisis de los datos de viento mostró que la dirección del viento predominante fue del noreste, con velocidades de 4 a 6 m s<sup>-1</sup> y frecuencia de ~23%, siendo más intensos los vientos del norte con velocidades de 6 a 12 m s<sup>-1</sup> y frecuencia de ~24%.

### Abstract

The environmental quality in the municipality of La Paz, B.C.S., is compromised due to the contribution of gases and particles from the burning of fuel oil, gasoline, and



solid waste. These emissions contain potentially toxic elements, putting human health and the ecosystem at risk. This work aims to analyze the spatiotemporal dispersion of NO<sub>2</sub>, CO and PM 10 in the municipality of La Paz, as well as identify the areas with greatest vulnerability. Sentinel-5P and Landsat 8 images were used for the period 2018-2022. Wind patterns in the study area were characterized, using the Copernicus ERA5 data. Google Earth Engine was used for the analysis and generation of time series of NO<sub>2</sub> and CO in the study area. PM10 data in situ (obtained from the CERCA stations), as well as the reflectance (bands 1-4 of the OLI sensor, Landsat 8), were processed in Python to obtain their spatial correlation. The monthly NO<sub>2</sub> data were processed in MATLAB and R to generate spatiotemporal series. Preliminary results indicate that the highest concentrations of NO<sub>2</sub> and CO ( $8$  to  $9.5 \times 10^{-5}$  and  $3.4$  to  $3.7 \times 10^{-2}$  molecules/cm<sup>2</sup>, respectively) were observed in the city of La Paz in the summer months. The analysis of the wind data showed that the predominant wind direction was from the northeast, with speeds of 4 to 6 m s<sup>-1</sup> and frequency of ~23%, with northerly winds being more intense with speeds of 6 to 12 m s<sup>-1</sup> and frequency of ~24%.

## 5.2 ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL, ÁREA QUEMADA Y PRECIPITACIÓN DEL RIESGO AL INCENDIO EN EL TIRADERO A CIELO ABIERTO DE BASURA EN EL MUNICIPIO DE GUANAJUATO, GTO., MÉXICO.

---

Michelle Farfán\*<sup>1</sup>, Yann Godbert<sup>1</sup>, Mariana Ayala<sup>2</sup>, Carolina Navarro <sup>1</sup> y Luis Á. Macías<sup>1</sup>

1. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Geomática, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato.
2. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México

[\\*michelle.farfan@ugto.mx](mailto:michelle.farfan@ugto.mx)

### Resumen

El primero de mayo inició un incendio en el tiradero a cielo abierto de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el municipio de Guanajuato, el cual duró aproximadamente 15 días de manera superficial y posteriormente de manera subterránea. El presente estudio estimó la temperatura superficial, así como estimación del área quemada, empleando imágenes del sensor Sentinel 3 y Sentinel 2. También se realizó una encuesta con 284 respuestas para conocer la percepción de los habitantes de diferentes colonias de la ciudad en torno a los riesgos asociados al tiradero en general y al de un incendio en particular. Se encontró que la temperatura superficial promedio en los seis días previos y durante los dos primeros días del incendio de 54.97 °C, mientras que durante los 15 días de duración del incendio fue de 40.81 °C, cuando ya había labores de sofocación. La superficie de área quemada fue 13 ha, equivalente a la superficie total del tiradero. Se determinó que hubo afectación a la vegetación nativa perimetral, debido a que carece de una brecha que lo delimite. La percepción de la población en torno al riesgo antes del siniestro es baja en comparación con la percepción registrada después del incendio, la cual aumentó. Después del incendio, las personas consideran que su vivienda está expuesta a daños por culpa del tiradero, incluso en aquellas colonias que no se encuentran próximas. En cuanto a la información sobre los peligros y la forma de actuar de la población ante una contingencia se reporta que ni antes ni después del

incendio la población estuvo lo suficientemente informada, independientemente de su ubicación en la ciudad.

### **Abstract**

On May 1, a fire started in the open dump of urban solid waste and special management in the municipality of Guanajuato, which lasted approximately 15 days on the surface and then subway. The present study estimated the surface temperature and the burned area using Sentinel 3 and Sentinel 2 sensor images. A survey with 284 responses was also conducted to determine the perception of the inhabitants of different neighborhoods of the city regarding the risks associated with the landfill in general and with a fire in particular. It was found that the average surface temperature during the six days prior to and during the first two days of the fire was 54.97 °C, while during the 15 days of the fire it was 40.81 °C, when suffocation work was already underway. The area burned was 13 ha, equivalent to the total area of the landfill. It was determined that the perimeter native vegetation was affected because there was no boundary gap. The population's perception of risk before the fire is low compared to the increased perception recorded after the fire. After the fire, people consider that their homes are exposed to damage because of the landfill, even in neighborhoods that are not close to it. Regarding information on the dangers and how the population should act in the event of a contingency, it is reported that neither before nor after the fire was the population sufficiently informed, regardless of their location in the city.

### 5.3 FLUCTUACIÓN DEL SPI (1981-2022) E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDADAS EN LA CUENCA BAJO GRIJALVA MEDIANTE IMÁGENES SENTINEL-1 (2017-2020).

---

Zenia Pérez-Falls\* y Guillermo Martínez-Flores

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

\* [zperef1600@alumno.ipn.mx](mailto:zperef1600@alumno.ipn.mx)

#### Resumen

Las inundaciones son fenómenos naturales que ocasionan grandes pérdidas económicas y afectaciones a la población, sobre todo a las ubicadas en las zonas cercanas a los causes fluviales. La Cuenca del Bajo Grijalva (CBG) es una de las zonas más vulnerables a inundaciones en México por sus condiciones físico-geográficas y por las grandes afectaciones que ocasionan en la población. El objetivo de este trabajo es identificar y cartografiar las áreas inundadas en la CBG utilizando imágenes Sentinel-1 GRD para el periodo 2017-2020. Se calculó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para estimar la severidad de los ciclos húmedos (1981-2022) en distintas escalas temporales (3, 6, 12 y 24 meses), así como su implementación como criterio de selección temporal de las imágenes Sentinel-1 (2017-2020). Se utilizaron datos globales de precipitación acumulada anual CHIRPS para obtener la regionalización de la precipitación mediante el algoritmo K-means, así como los acumulados mensuales para obtener el SPI. Para identificar las áreas inundadas se aplicó el método de Otsu utilizando el software SNAP. Con K-means se obtuvieron 4 regiones de precipitación. Los mayores valores del SPI dentro de los ciclos de inundación se obtuvieron para octubre de 2017, febrero de 2018, noviembre de 2019 y noviembre de 2020. Las áreas inundadas se localizaron en la región 1 (K-means), ubicadas al sur-sureste de Villahermosa y en localidades aledañas como Playa del Rosario, Colonia San Vicente, La Huasteca, entre otras. Las áreas inundadas para los años 2017-2020 fueron de 475, 811, 533 y 1,545 km<sup>2</sup>, respectivamente.

## **Abstract**

Floods are natural phenomena that cause great economic losses and affect the population, especially those located in areas near riverbeds. The Bajo Grijalva Basin (BGB) is one of the most vulnerable areas to flooding in Mexico due to its physical-geographical conditions and the great effects it causes on the population. The objective of this work is to identify and map the flooded areas in the BGB using Sentinel-1 GRD images for the period 2017-2020. The Standardized Precipitation Index (SPI) was calculated to estimate the severity of the wet cycles (1981-2022) at different time scales (3, 6, 12, and 24 months), as well as its implementation as a temporal selection criterion for the images. Sentinel-1 (2017-2020). Global CHIRPS annual accumulated precipitation data were used to obtain the precipitation regionalization using the K-means algorithm, as well as monthly accumulated data to obtain the SPI. To identify the flooded areas, the Otsu method was applied using the SNAP software. With K-means, 4 precipitation regions were obtained. The highest SPI values within the flood cycles were obtained for October 2017, February 2018, November 2019, and November 2020. The flooded areas were located in region 1 (K-means), located to the south-southeast from Villahermosa and in nearby towns such as Playa del Rosario, Colonia San Vicente, La Huasteca, among others. The flooded areas for the years 2017-2020 were 475, 811, 533 and 1,545 km<sup>2</sup>, respectively.

## 5.4 MAPA DE DENSIDAD ACUMULADA DE REGISTROS DE QUEMAS E INCENDIOS EN VEGETACIÓN NATURAL EN MÉXICO PARA EL PERIODO 2013-2022

---

Gabriel Origel-Gutiérrez\* <sup>1</sup>, Vicente Torres Rodríguez <sup>2</sup>, Aurora Martínez Ponce <sup>3</sup>, Miguel Blancas Reza <sup>2</sup>.

1. Hábitat Desarrollo del Territorio y la Sociedad A.C.
2. Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A.C.
3. Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México

[\\*gabriel.origel@gmail.com](mailto:gabriel.origel@gmail.com)

### Resumen

Los incendios representan una amenaza para las áreas con vegetación natural, particularmente por los daños en los ecosistemas debidos a la perturbación ecológica, así como por su transformación paisajística y afectaciones a la biodiversidad. Asimismo, generan emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, que contribuyen al calentamiento global. Para el monitoreo constante de estos eventos se han desarrollado sistemas que operan casi en tiempo real (globales, nacionales y regionales). Sin embargo, existen pocas referencias o antecedentes, particularmente en México que presenten en forma de mapas el registro de estos datos depurados, como potenciales generadores de indicadores asociados a procesos de degradación paisajística y ambiental. El objetivo de este estudio fue elaborar el Mapa de densidad acumulada de registros de quemados e incendios en vegetación natural en México para el periodo 2013-2022 a partir de la base de datos global: Fire Information for Resource Management System (FIRMS). El registro FIRMS se extiende por más de 22 años y fue generado con imágenes del sensor MODIS (1 km). Sin embargo, en este análisis se realizó el procesamiento exclusivo de datos vectoriales derivados del sensor Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), instalado en el satélite Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP) con imágenes a 375 metros de resolución. La metodología consistió en eliminar duplicados, generar y mapear dos indicadores: el índice de incidencia absoluta de fuegos por unidad administrativa, y el índice de incidencia normalizada de fuegos con respecto a la vegetación natural, este último fue calculado con la Serie VII de uso de suelo y vegetación del INEGI (2018). Los resultados se compararon con respecto a los derivados con MODIS en trabajos previos. También se analizaron los impactos recientes usando cartografía del Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS) (2022). Finalmente, se concluyó que, por consistencia, resolución, disponibilidad, y facilidad de implementación, la cartografía elaborada permitió identificar las áreas más afectadas, así mismo la metodología se puede replicar para cualquier otro país o territorio.

## **Abstract**

Fires represent a threat to areas with natural vegetation, particularly because of the damage to ecosystems due to ecological disturbance, as well as their landscape transformation and impact on biodiversity. They also generate carbon dioxide emissions into the atmosphere, which contribute to global warming. For the constant monitoring of these events, systems have been developed that operate almost in real time (global, national and regional). However, there are few references or antecedents, particularly in Mexico, that present in the form of maps the registry of this cleaned data, as potential generators of indicators associated with landscape and environmental degradation processes. The objective of this study was to elaborate the Map of accumulated density of burn and fire records in natural vegetation in Mexico for the period 2013-2022 from the global database: Fire Information for Resource Management System (FIRMS). The FIRMS record spans over 22 years and was generated with MODIS sensor images (1 km). However, in this analysis, only vector data derived from the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) sensor, installed on the Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP) satellite with images at 375 meters resolution, were processed. The methodology consisted of eliminating duplicates, generating and mapping two indicators: the absolute fire incidence index per administrative unit, and the normalized fire incidence index with respect to natural vegetation, the latter was calculated with the Series VII of land use and vegetation of INEGI (2018). The results were compared with respect to those derived with MODIS in previous work. Recent impacts were also analyzed using mapping from the North American Land Cover Change Monitoring System (NALCMS) (2022). Finally, it was concluded that, due to its consistency, resolution, availability, and ease of implementation, the cartography developed allowed the identification of the most affected areas, and that the methodology can be replicated for any other country or territory.

## 5.5 MAPA DE RAYOS EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL BENITO JUÁREZ DE LA CIUDAD DE MÉXICO

---

Lemay Entenza Tilman 1\*, Dra Naxhelli Ruiz Rivera 2, Dr Luis Chias Becerri 3, Dr José Francisco León-Cruz 4

1. Posgrado de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México
2. Departamento de Geografía Social, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México
3. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México  
Coordinador General de GITS
4. Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

\*[lemay081976@gmail.com](mailto:lemay081976@gmail.com)

### Resumen

Los rayos son un tipo de amenaza que conforman las tormentas eléctricas. Son factores importantes de conciencia situacional para la emisión de perspectivas, alertas y advertencias convectivas relacionadas con tormentas eléctricas severas y están relacionados con la intensidad de la tormenta a través de corrientes ascendentes convectivas más fuertes y profundas. La investigación realizó mapas de rayos en el periodo del 2018 al 2022 en las tormentas eléctricas que se observan en el aeropuerto y su vecindad para proporcionar una verificación preliminar de las posibles consecuencias que tienen para las operaciones aéreas. Actualmente no existe un método para la representación cartográfica de esta amenaza, en el contexto aeronáutico. A través de las observaciones meteorológicas aeronáuticas y la información georreferenciada por el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) por el Geoestacionario Lightning Mapper (GLM), colocado en el satélite GOES-16 se observó imágenes continuas que son capaces de proporcionar detección de rayos. Resulto como relevancia como se concentran la densidad de rayos en ambos lados de la pista donde se realizan los procedimientos de aterrizaje mediante método de Kernel Density Estimation.



## **Abstract**

Lightning is a type of threat that makes up thunderstorms. They are important situational awareness factors for the issuance of convective outlooks, warnings and warnings related to severe thunderstorms and are related to storm intensity through stronger and deeper convective updrafts. The research made lightning maps in the period from 2018 to 2022 in the thunderstorms observed at the airport and its vicinity to provide a preliminary verification of the possible consequences they have for air operations. There is currently no method for mapping this threat in the aeronautical context. Through aeronautical meteorological observations and georeferenced information by the National Earth Observation Laboratory by the Geostationary Lightning Mapper, placed on the GOES-16 satellite it observed continuous images that are capable of providing lightning detection. It turned out as relevance as the density of rays are concentrated on both sides of the runway where the landing procedures are performed by method of Kernel Density Estimation.

## 5.6 MAPEO MULTICRITERIO Y DRONES PARA LA EVALUACIÓN DE SOCAVONES Y SUBSIDENCIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO: AVANCES DE ESTUDIOS REGIONALES Y LOCALES.

---

Nelly L. Ramírez Serrato <sup>1\*</sup>, Sergio A. García Cruzado <sup>1</sup>, Nestor Lopez Valdes <sup>2</sup>, Mariana P. Jacome Paz <sup>1</sup>, Graciela S. Herrera Zamarrón <sup>1</sup>, Fabiola D, Yépez-Rincón <sup>3</sup> y Samuel Villarreal <sup>4</sup>

1. Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México
2. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional autónoma de México
3. Dpartamento de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León
4. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Departamento de ingeniería Sustentable, Subsede Durango.

\* [nellyrmz@igeofisica.unam.mx](mailto:nellyrmz@igeofisica.unam.mx)

### Resumen

En el ámbito de la geomática aplicada, se han llevado a cabo dos proyectos clave para enfrentar desafíos urbanos en la Ciudad de México. El primer proyecto se centra en el peligro geológico de los socavones, avanzando en la comprensión de su formación y susceptibilidad a nivel regional. Buscando correlaciones entre factores teóricos y ocurrencias reales, se creó un modelo SIG completo con 13 capas de influencia. Variables como el espesor de arcilla, distancias a fallas, densidad de pozos y velocidad de subsidencia emergieron como importantes. Esto resultó en un mapa de susceptibilidad a socavones que zonifica sitios propensos en la ciudad a nivel regional. Simultáneamente, el segundo proyecto aborda los retos locales de subsidencia. Se han realizado 10 estudios en sitios de deformación por subsidencia, destacando "Calzada del Hueso" en Tlalpan, CDMX. Aquí, la innovación se encuentra en la combinación de tecnologías como LiDAR de corto alcance, UAV y fotogrametría basada en smartphones. Esto permite un monitoreo preciso de los movimientos del terreno, especialmente post-terremotos e inundaciones. Se reveló la dinámica de subsidencia tras terremotos y un fenómeno intrigante de subsidencia coincidente con el levantamiento del sistema de alcantarillado. Una precisión de 1 cm en las

mediciones subraya la efectividad del enfoque a nivel local. Ambos proyectos destacan la importancia de las técnicas geomáticas avanzadas para enfrentar desafíos urbanos. No solo mejoran la comprensión de la subsidencia y susceptibilidad a socavones, sino que también impactan la planificación urbana, la preparación ante desastres y la gestión de infraestructura a nivel regional y local.

## **Abstract**

In the field of applied geomatics at the Institute of Geophysics, two significant projects have been undertaken to address critical urban challenges in Mexico City. The first project focuses on the geological hazard of sinkholes, advancing the understanding of their formation and regional susceptibility. Seeking correlations between theoretical factors and actual occurrences, a comprehensive GIS model was developed with 13 layers of influence. Variables such as clay thickness, distances to faults, well density, and subsidence velocity emerged as crucial. This culminated in a sinkhole susceptibility map zoning susceptible sites in the city at a regional level. Concurrently, the second project tackles local subsidence challenges. Ten surveys have been conducted at subsidence-deformed sites, with "Calzada del Hueso" in Tlalpan, CDMX, standing out. The innovation lies in the combination of technologies like short-range LiDAR, UAVs, and smartphone-based photogrammetry. This enables precise monitoring of ground movements, particularly after earthquakes and floods. Dynamics of subsidence post-earthquakes and a fascinating phenomenon of ground subsidence coinciding with sewer system uplift were unveiled. Achieving a 1 cm precision in measurements underscores the effectiveness of the local approach. Both projects underscore the significance of advanced geomatics techniques in addressing urban challenges. They not only enhance understanding of subsidence and sinkhole susceptibility but also impact urban planning, disaster preparedness, and infrastructure management at both regional and local levels.

## 5.7 PROPUESTA DE ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE PELIGRO A INUNDACIÓN A PARTIR DE UN MODELO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO INTEGRADO EN UN AMBIENTE GEOESPACIAL DE LA DEPRESIÓN TROPICAL 19-E DEL 2018

---

Evangelina Avila-Aceves<sup>1\*</sup>, Wenseslao Plata-Rocha<sup>1</sup>, Sergio Alberto Monjardin-Armenta<sup>1</sup>, Lidia Perez-Aguilar<sup>2</sup>, Cuauhtémoc Franco-Ochoa<sup>3</sup>, Yedid Guadalupe Zambrano-Medina<sup>1</sup>

1. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 80013, México.
2. Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Los Mochis 81200, México.
3. Facultad de Ingeniería Culiacán, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 80013, México

\*[evangelinaaaa@ms.uas.edu.mx](mailto:evangelinaaaa@ms.uas.edu.mx)

### Resumen

El cambio climático ha provocado un aumento en frecuencia e intensidad de las inundaciones que, a su vez, incrementan los daños y pérdidas en la población. La simulación de inundaciones por medio de modelos hidrológicos y modelos hidráulicos resultan cruciales en la mitigación de daños futuros de inundaciones. Los modelos hidrológicos espacialmente distribuidos permiten la representación explícita de las variaciones espaciales, así como la heterogeneidad de los datos de entrada. El objetivo de este trabajo consistió en estimar el índice de peligro de inundación a través de la simulación de un evento de inundación ocurrido entre el 17 y el 20 de septiembre de 2018, por efectos de la depresión tropical 19-E, la cual produjo una inundación de carácter histórica para la ciudad de Los Mochis, Sinaloa. La simulación se realizó por medio de un modelo hidrológico-hidráulico integrado en Hec-Ras 2D. Se emplearon los productos IMERG del satélite GPM con resolución espacial de 11 km como datos de precipitación y MDE LiDAR tipo superficie obtenido desde el portar de INEGI con resolución espacial de 5 m como la representación topográfica de la ciudad. La malla de simulación se realizó sobre una cuadrícula cartesiana de 20 m, y la simulación se resolvió por medio de las ecuaciones de onda

difusa. El índice de peligro se calculó a partir de la altura de profundidad del agua y velocidad en un ambiente gis. Los resultados muestran que el 39.87% de la ciudad se encuentra en índice bajo de peligro, la mayoría de la ciudad se encuentra en peligro moderado, es decir un 53.9% mientras que el 6.21% se encuentra en peligro significativo y sólo un 0.02% en peligro extremo, el cual se localiza en los drenes de drenaje pluvial con los que cuenta la ciudad.

## **Abstract**

Climate change has led to an increase in the frequency and intensity of floods, which increase damages and losses to the population. Flood simulation by hydrological and hydraulic models is crucial in the mitigation of future flood damages. Spatially distributed hydrological models allow the explicit representation of spatial variations and the heterogeneity of the input data. The objective of this work comprised estimating the flood hazard index through the simulation of a flood event that occurred between September 17-20, 2018. Under the effects of tropical depression 19-E, which produced a flood of historical character for the city of Los Mochis, Sinaloa. The simulation was performed through a hydrologic-hydraulic model integrated in Hec-Ras 2D. IMERG data from GPM satellite (11 km resolution) and INEGI LiDAR DEMs (5m resolution) were used as precipitation and topographic data, respectively. The simulation grid was performed on a 20 m Cartesian grid, and the simulation was solved with the diffuse wave equations. Hazard index was calculated from the water depth height and velocity in a GIS environment. The results show that 39.87% of the city is in low hazard index, the majority of the city is in moderate hazard, i.e. 53.9%, while 6.21% is in significant hazard and only 0.02% is in extreme hazard, which is in the city's storm drainage drains.

## 5.8 SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO DE LADERAS EN LA REGIÓN MONTAÑOSA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA MEDIANTE EVALUACIÓN MULTICRITERIO.

---

Karen Meraz-Molina\*, Jesús A. Prieto- Amparán, Federico Villarreal-Guerrero, Alfredo Pinedo-Alvarez, Guadalupe Nelson Aguilar-Palma

Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua

[\\*merazm.karen@gmail.com](mailto:merazm.karen@gmail.com)

### Resumen

**OBJETIVO** El objetivo de la presente investigación es determinar la susceptibilidad de deslizamiento de laderas en la región montañosa del estado de Chihuahua, México, basado en Evaluación Multicriterio. **MATERIALES Y MÉTODOS:** Localización: El área de estudio comprende las ecorregiones de las sierras templadas y selvas cálido-secas. El área cuenta con una superficie de aproximada de 73,635 km<sup>2</sup> ubicadas en la región montañosa del estado de Chihuahua. Su orografía se destaca por la presencia de montañas que alcanzan altitudes de 3,300 metros sobre el nivel del mar. La topografía se caracteriza por ser accidentada y montañosa, con una sucesión de crestas, valles profundos, cañones y barrancas. **Evaluación Multicriterio (EMC):** 1. Selección de criterios (requirió de la participación de expertos, revisión de literatura, entre otros), 2. Estandarización de criterios (homogeneización de criterios, clasificación en escala de valores de 1 a 5, en cuanto a niveles de susceptibilidad), 3. Ponderación de criterios (Se asignaron pesos o importancias a los criterios mediante el Proceso de Jerarquía Analítica, con el método comparación por pares de Saaty), 4. Superposición ponderada (función de análisis geoespacial Weighted Overlay en el software ArcMap), 5. Validación-Resultados (mediante el índice Kappa para evaluar la precisión y fiabilidad del mapa de susceptibilidad de deslizamiento de ladera final). **CONCLUSIONES** La presente investigación nos da una perspectiva de cuáles son los principales factores que influyen con gran relevancia en el análisis de la susceptibilidad dando como resultado mapas de decisión final los cuales permitieron identificar las zonas con mayor vulnerabilidad ante el riesgo de deslizamiento de laderas en la región. Los resultados muestran la importancia de implementar

estrategias de planificación del territorio efectivas que salvaguarden la integridad humana y los recursos naturales.

### **Abstract**

En los últimos años se han producido cambios en las relaciones entre el medio ambiente y la actividad humana, los cuales han provocado una aceleración en el deterioro de los recursos naturales y en el aumento del proceso del desarrollo económico, por actividades antropogénicas como el cambio de uso de suelo, minería, ganadería, entre otros, dando como resultado el aumento a la vulnerabilidad ante el riesgo de desastres. Bajo estas condiciones ambientales, los deslizamientos o la inestabilidad de laderas constituyen un peligro, (Almaguer Carmenates , 2005) su ocurrencia es el resultado de la combinación de factores climáticos, geológicos, hidrológicos, geomorfológicos y actividades antropogénicas. La prevención, evaluación de la susceptibilidad y riesgos constituyen la herramienta útil para la identificación de áreas vulnerables al deslizamiento de laderas. Recientemente, una de las formas de monitorear el deslizamiento de laderas es a través del mapeo de la susceptibilidad por de laderas. La cartografía o el mapeo de la susceptibilidad a los deslizamientos de laderas se basa en un conocimiento bastante complejo de los movimientos de las laderas y de los factores que los controlan. Para mitigar esta complejidad, se emplea la evaluación multicriterio (EMC) (Hasekioğulları y Ercanoğlu, 2012). La EMC es un procedimiento de soporte en la toma de decisiones para obtener una respuesta compuesta única utilizando un conjunto de factores. La EMC combina estos criterios para construir una única respuesta. La opinión de los expertos, la variabilidad local y el patrón de ocupación del suelo adquieren importancia en este método (Basharat et al., 2016).



# 6 . GESTIÓN DEL TERRITORIO (MUNICIPIOS, MIGRACIÓN, ECONOMÍA)

---

TERRITORY MANAGEMENT (MUNICIPALITIES, MIGRATION, ECONOMY)



**XXV** Congreso **SELP ER**  
Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

---

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR**  
**MÉXICO 2023**



## 6.1 MÉTODOS SEMIAUTOMÁTICOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LOS PAISAJES ANTROPOGÉNICOS DEL MUNICIPIO MORELIA

---

Ayesa Martínez Serrano<sup>1\*</sup> y Manuel Bollo Manent<sup>2</sup>

1. Escuela Nacional de Estudios Superiores. Unidad Mérida. Universidad Nacional Autónoma de México Mérida. Yucatán. México
2. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Morelia. México

[\\*ayesa.martinez@enesmerida.unam.mx](mailto:ayesa.martinez@enesmerida.unam.mx)

### Resumen

Los procesos de ordenación territorial y ecológica en el municipio de Morelia necesitan la definición de unidades territoriales que permitan realizar diagnósticos que integren la problemática social y de la naturaleza de este. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo mostrar los métodos de las tecnologías de la información geográfica para la obtención semiautomática de unidades territoriales, con carácter sistémico, que sirvan de base a la planificación en la gestión del territorio, a partir del estudio de las interrelaciones entre los sistemas sociales y naturales. Se utilizan metodologías del Manejo Integrado del Paisaje desde la Geoecología del Paisaje. En el municipio, clasificado como urbano, se establecieron las unidades geoecológicas que permitieron definir la zonificación funcional de la ciudad de Morelia, sus zonas urbana, periurbana y rural e identificar las unidades geoecológicas y los paisajes antropogénicos que muestran la diferenciación de los procesos y niveles de modificación originados por la apropiación histórica del espacio por la sociedad. Se presenta un método de clasificación y cartografía de estas unidades que permitirán, con el uso de indicadores naturales, antropogénicos, económicos, sociales y demográficos, evaluados en cada unidad, realizar el diagnóstico integrado, el pronóstico y las propuestas de utilización del territorio.

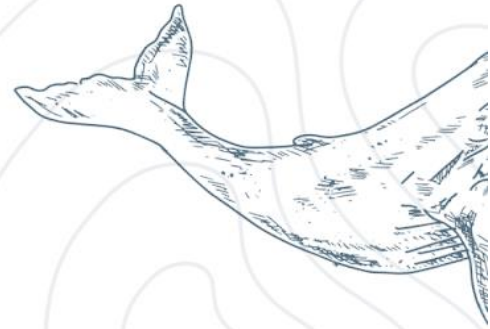
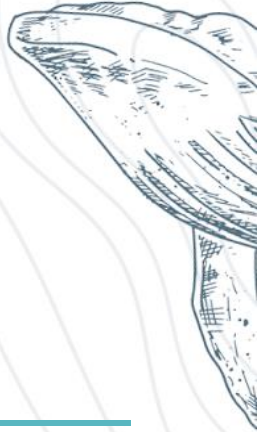
## **Abstract**

There is a need in the landscape planning of Morelia's municipality to trace the territorial units that allow to establish a diagnosis which integrate the problematic of its social and natural environments. For this reason, the present work aims to show the methods of geographic information technologies for the semi-automatic obtaining of territorial units, with a systemic nature, which serve as the basis for planning in land management, based on the study of the interrelationships between social and natural systems. For assessing this, methodologies regarding to landscape integrated management from the Landscape Geoecology approach are used. In the municipality, classified as urban, geoecological units were defined which allowed to have a functional classification of the area in urban, peri-urban and rural zones and also identify the anthropogenic landscapes that show the different processes and degrees of modification originated by the historical appropriation of space by society. A classification and cartographic method are presented to classify and evaluate the natural, anthropogenic, economic, social and demographic indicators in each unit and represent it in order to carry out an integrated diagnosis, a forecast and the land use proposals.



# 7 . INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES

INNOVATION AND EMERGING TECHNOLOGIES



**XXV** Congreso **SELPER**  
Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023**

## 7.1 GRUPOS TERMOHALINOS DEL OCÉANO

---

Emmanuel Romero <sup>1\*</sup>, Leonardo Tenorio-Fernandez <sup>1,2</sup>, Esther Portela <sup>3,4,5</sup> y Laura Sánchez-Velasco <sup>1</sup>

1. Departamento de Oceanología, Instituto Politécnico Nacional–Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (IPN–CICIMAR), Av. IPN s/n, La Paz, B.C.S., 23096, Mexico
2. CONAHCyT, Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03940, Mexico City, Mexico
3. School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK
4. Univ. Brest, Laboratoire d’Océanographie Physique et Spatiale, CNRS, IRD, Ifremer, Plouzané, France
5. Institute for Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania, Hobart 7001, Australia

[\\*romeroqe.93@gmail.com](mailto:*romeroqe.93@gmail.com)

### Resumen

Los perfiladores hidrográficos pertenecientes al programa Argo, son instrumentos oceanográficos autónomos, que han medido temperatura, presión y estimado la salinidad, en los primeros 2,000 m de la columna de agua en todos los océanos del planeta por más de 25 años. Debido a la gran cantidad de perfiles hidrográficos existentes a nivel global, en este estudio se tiene como objetivo clasificar a la columna de agua de los océanos mediante sus características hidrográficas. Esta clasificación se realiza por medio de aprendizaje automático no supervisado y lo hace en relación a sus variaciones termohalinas. Para esto, se interpolaron linealmente datos de perfiles de temperatura conservativa ( $\theta$ ) y salinidad absoluta (SA), desde los 10 m de profundidad hasta los 1,500 m. Estos perfiles fueron evaluados por la técnica de análisis de grupos K-medias, desde  $k=2$  hasta  $k=50$ , utilizando únicamente sus variaciones dentro de la columna de agua. Una vez, los perfiles fueron etiquetados, se obtuvieron las combinaciones únicas entre estos pares de perfiles (i.e.  $\theta$  y SA) a los que se llamaron grupos termohalinos (GTH). Los resultados mostraron que los GTH proporcionan propiedades analíticas coherentes y permiten una proyección en la que se puede mostrar la estructura termohalina de los océanos de forma global. A mayor cantidad de grupos de  $\theta$  y SA ( $k$ ), es posible identificar estructuras termohalinas de menor escala. Por ejemplo, en el océano Antártico, variando  $k$ , fue posible identificar los límites de la Corriente Circumpolar Antártica, así como sus frentes. A pesar de no utilizar localización o el día en el que se midieron los

perfiles para el entrenamiento, es posible identificar diferencias estacionales dentro de las localizaciones de los GTH. Además, las clases resultantes de esta clasificación no supervisada, son fácilmente aplicables en nuevos perfiles de  $\theta$  y SA, lo que permite asociar patrones entre regiones oceánicas.

## **Abstract**

The hydrographic profilers belonging to the Argo program, are autonomous oceanographic instruments, which have measured temperature, pressure and estimated salinity, in the first 2,000 m of the water column in all the oceans of the planet for more than 25 years. Due to the large number of hydrographic profiles existing globally, this study aims to classify the water column of the oceans by its hydrographic characteristics. This classification is done by means of unsupervised machine learning and does so in relation to its thermohaline variations. For this, data from conservative temperature ( $\theta$ ) and absolute salinity (SA) profiles were linearly interpolated, from 10 m depth to 1,500 m. These profiles were evaluated by the technique of clustering K-mean, from  $k = 2$  to  $k = 50$ , using only their variations within the water column. Once the profiles were labeled, unique combinations were obtained between these pairs of profiles (i.e.  $\theta$  and SA) which were called thermohaline groups (GTH). The results showed that GTH provide consistent analytical properties and allow a projection in which the thermohaline structure of the oceans can be shown globally. The greater the number of  $\theta$  and SA ( $k$ ) groups, the smaller the scale thermohaline structures can be identified. For example, in the Southern Ocean, varying  $k$ , it was possible to identify the boundaries of the Antarctic Circumpolar Current as well as its fronts. Despite not using location or the day on which the profiles were measured for training, it is possible to identify seasonal differences within the locations of the GTH. In addition, the classes resulting from this unsupervised classification are easily applicable in new  $\theta$  and SA profiles, allowing patterns to be associated between ocean regions.

## 7.2 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE ISLA DE CALOR URBANA EN LA CIUDAD DE CHILPANCINGO, GUERRERO.

---

Víctor Manuel González Parra<sup>1</sup>, Ángel Emmanuel Zúñiga Tovar<sup>2</sup>, Alma Villaseñor Franco<sup>1\*</sup>

1. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero
2. Instituto de Geografía, UNAM

\*[almafranco@uagro.mx](mailto:almafranco@uagro.mx)

### Resumen

La isla de calor urbana (ICU), es un fenómeno asociado al crecimiento de las ciudades, donde el proceso de calentamiento del suelo es resultado de la cantidad de energía radiada por los materiales que son utilizados para la construcción de infraestructura urbana. Aunque, la ICU está presente todo el año, son los meses de invierno por lo general, donde el calentamiento de la ciudad es más importante, debido a las condiciones atmosféricas, con limitada presencia de nubes. En este trabajo, se analiza la dinámica de la ICU en la ciudad de Chilpancingo Guerrero utilizando técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica (SIG), con el objetivo de evaluar y comparar en qué medida los cambios en la textura urbana y la proximidad a zonas con vegetación y cuerpos de agua, influyen en el incremento de la temperatura de superficie, durante la temporada fría y cálida en la ciudad. Se utiliza, la banda del infrarrojo térmico (10), la banda del infrarrojo cercano (5) y la banda roja (4), del satélite Landsat 8 para obtener valores de temperatura de brillo, utilizando el algoritmo Split-Window para los meses de abril y diciembre, correspondientes a los años 2020, 2021, 2022 y 2023. La información se procesó en un software especializado en imágenes satelitales. Otros cálculos y el despliegue de la información, se realizó en un SIG. Los resultados muestran que en promedio la zona urbana alcanza temperaturas de 28.4°C y 40.1°C y las áreas con vegetación de 17.9°C y 27.1°C, durante abril y diciembre del periodo analizado. Podemos concluir que, los cambios en la temperatura de superficie, están relacionados con el tipo de material de construcción y la densidad urbana (temperatura máxima) y por la

combinación de la cobertura urbana con vegetación (temperatura mínima) independientemente de la temporalidad.

## **Abstract**

The urban heat island (UHI) is a phenomenon associated with the growth of cities, where the process of ground heating is the result of the amount of energy radiated by the materials used for the construction of urban infrastructure. Although the ICU is present all year round, it is usually during the winter months where the heating of the city is more important, due to the atmospheric conditions, with limited presence of clouds. In this work, the dynamics of the ICU in the city of Chilpancingo Guerrero is analyzed using remote sensing techniques and geographic information systems (GIS), in order to evaluate and compare to what extent changes in urban texture and proximity to areas with vegetation and bodies of water, influence the increase in surface temperature during the cold and warm season in the city. The thermal infrared band (10), the near infrared band (5) and the red band (4) of the Landsat 8 satellite were used to obtain brightness temperature values, using the Split-Window algorithm for the months of April and December, corresponding to the years 2020, 2021, 2022 and 2023. The information was processed in a software specialized in satellite images. Other calculations and the display of the information were performed in a GIS. The results show that on average the urban zone reached temperatures of 28.4°C and 40.1°C and the vegetated areas 17.9°C and 27.1°C, during April and December of the analyzed period. We can conclude that changes in surface temperature are related to the type of construction material and urban density (maximum temperature) and by the combination of urban cover with vegetation (minimum temperature) regardless of seasonality.

### 7.3 REPOSITORIO DE DATOS INTERACTIVO DE EVENTOS METEOROLÓGICOS DEL LABORATORIO NACIONAL DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA.

---

\*Uriel M. Castillo y Jorge P. Molina

Universidad Nacional Autónoma de México

[\\*urielmendozacastillo@gmail.com](mailto:urielmendozacastillo@gmail.com)

#### Resumen

Por medio del apoyo de la DGRU (Dirección General de Repositorio Universitarios) y del LANOT (Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra), se realizó un repositorio abierto de datos satelitales a partir de 2017, de los principales eventos meteorológicos ocurridos en el país, incluyendo ciclones tropicales y extra tropicales, puntos de calor, tormentas eléctricas y actividad volcánica. El repositorio cuenta con diversos productos de variables meteorológicas, como son, nubosidad, temperatura, precipitación, presión y aerosoles, también se tienen otro tipo de datos de apoyo, como videos de los eventos en diferentes composiciones RGB y mapas. Estos productos, son generados a partir de datos satelitales provenientes principalmente del satélite GOES-16, cuyos datos son recibidos y procesados en tiempo real en el LANOT. El repositorio cuenta con un catálogo de metadatos interactivo para búsqueda y descarga de datos, basado en estándares de la OGC (Open Geospatial Consortium) y la OSGeo (Open Source Geospatial Foundation). El catálogo cuenta con un geo visualizador web interactivo, el cual permite el análisis e interacción con los datos de manera dinámica.

#### Abstract

Through the support of the DGRU (General Directorate of University Repositories) and LANOT (National Laboratory for Earth Observation), an open repository of satellite data was created starting from 2017, containing information about the main meteorological events that occurred in the country. These events include tropical and extratropical cyclones, hotspots, thunderstorms, and volcanic activity. The repository comprises various products of meteorological variables such as cloud



cover, temperature, precipitation, pressure, and aerosols. Additionally, there are other supporting data types available, such as videos of the events in different RGB compositions and maps. These products are generated from satellite data primarily obtained from the GOES-16 satellite, whose data is received and processed in real-time at LANOT. The repository features an interactive metadata catalog for searching and downloading data, based on standards from the OGC (Open Geospatial Consortium) and OSGeo (Open Source Geospatial Foundation). Moreover, the catalog includes an interactive web geo-visualizer, enabling dynamic analysis and interaction with the data.

## 7.4 TENDENCIAS ACTUALES EN PERCEPCIÓN REMOTA. ¿CÓMO PODRÍA ADAPTARSE LA EDUCACIÓN?

---

Xanat Antonio Némiga1\*, Adan Salazar Garibay2

1. Universidad Autónoma del Estado de México

2. Agencia Espacial Mexicana

[\\*xantonion@uaemex.mx](mailto:*xantonion@uaemex.mx)

### Resumen

La percepción remota es una de las áreas de mayor innovación; mucho de lo que conocemos ahora dejará de operar en pocos años y existe una importante cantidad de adecuaciones, innovaciones y ajustes tanto en el proceso de adquisición de señal; como en su procesamiento, y en la forma de adquirir y compartir los datos. En esta exposición se presentan algunas de las tendencias que ya están figurando en el escenario de los procesos asistidos con percepción remota; como un punto de partida para cuestionar, ¿Cómo la educación podría adaptarse a estos cambios?

### Abstract

Remote sensing is one of the most suitable disciplines for innovation; much of what we currently know will be gone in a few years, conversely, there is an important amount of adequations, new technologies and adjustments, from the data acquisition to its processing, and into the ways to acquire and share the data. In this presentation will address some of the current innovations and trends in order to pose the question: How should education adapt?

## 7.5 USO DEL ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO PARA LA EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LA SEQUÍA EN LA CUENCA DEL RÍO PAPAGAYO

---

Melina Pavón Méndez, Melissa Pavón Méndez, Alma Villaseñor Franco\*

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero

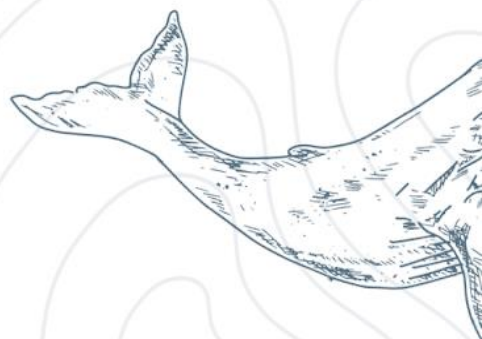
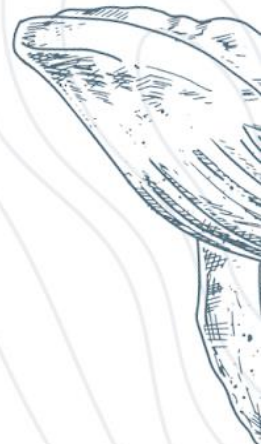
[\\*almafranco@uagro.mx](mailto:almafranco@uagro.mx)

### Resumen

La sequía es uno de los fenómenos meteorológicos que causan más estragos a nivel ecológico, social y económico a partir de sus impactos directos e indirectos. Pueden ser monitoreadas y caracterizadas mediante la utilización de diferentes índices, entre los que se encuentra el índice estandarizado de precipitación (SPI) que es uno de los índices más usados en Norteamérica. El trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la intensidad de la sequía en la cuenca del río Papagayo mediante el uso del índice de precipitación estandarizado. Fueron utilizados los registros de precipitaciones mensuales, entre los años 1990 y 2019, de las estaciones meteorológicas de El Ocotito, Petaquillas, Omiltemi, Acapulco, Escalerilla y Juan R. Escudero. Se determinó el índice estandarizado de precipitación para 24 meses. En las estaciones meteorológicas mencionadas ocurrieron tres, dos, cuatro, uno, cuatro y cuatro eventos de sequía significativos, respectivamente. En las localidades ubicadas al norte, centro y este de la cuenca fue mayor la cantidad de eventos de sequía. En los años 2000, 2006, 2009 y 2011 se reportaron eventos de sequía en la estación de Omiltemi, en los años 1993, 2000, 2003 y 2007 reportaron eventos de sequía en la estación de Escalerilla y en los años 2010, 2011, 2017 y 2019 se reportaron eventos de sequía en la estación de Juan R. Escudero, estos eventos de sequía fueron comparados con los datos del Índice Oceánico del Niño (ONI) y coinciden que se reportaron eventos de sequía cuando se presentó anomalías climáticas del fenómeno de La Niña.

## **Abstract**

Drought is one of the meteorological phenomena that causes the most ecological, social, and economic damage through its direct and indirect impacts. They can be monitored and characterized for the use of different indices, among which is the Standardized Precipitation Index (SPI), which is one of the most widely used indices in North America. The aim of the study was to evaluate the intensity of drought in the Papagayo River basin using the standardized precipitation index. Monthly rainfall records were used, between 1990 and 2019, from the weather stations of El Ocotito, Petaquillas, Omiltemi, Acapulco, Escalerilla and Juan R. Escudero. The standardized precipitation index was determined for 24 months. Three, two, four, one, four and four significant drought events occurred in the aforementioned weather stations, respectively. In the northern, central, and eastern areas of the basin, the number of drought events was higher. In the years 2000, 2006, 2009 and 2011 drought events occurred were reported at the Omiltemi station, in the years 1993, 2000, 2003 and 2007 drought events were reported at the Escalerilla station and in the years 2010, 2011, 2017 and 2019 drought events were reported at the Juan R. Escudero station. These drought events were compared with the data of the Oceanic Children's Index (ONI) and coincide that drought events were reported when climatic anomalies of the La Niña phenomenon occurred.



# REDES SOCIALES

**Contacto:** <https://selper.info/>

**Facebook:** [facebook.com/selperinternacionaloficial](https://facebook.com/selperinternacionaloficial)

✉ [Info@selper.info](mailto:Info@selper.info)

✉ [contacto@selper.org.mx](mailto:contacto@selper.org.mx)

**Contacto:** <https://www.selper.org.mx/>

**Facebook:** @SELPERMEX

✉ [selper.mx@gmail.com](mailto:selper.mx@gmail.com)

✉ [selpermexico.fic@uanl.mx](mailto:selpermexico.fic@uanl.mx)

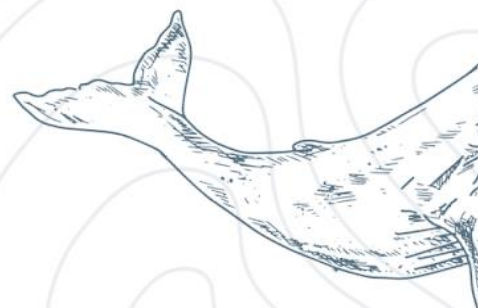
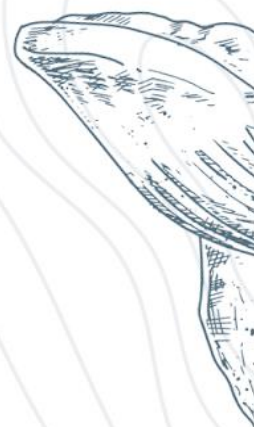


**XXV Congreso SELPER**

Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

---

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023



**XXV** Congreso **SELP ER**  
Innovación geoespacial y resiliencia  
ante el cambio climático

---

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR  
MÉXICO 2023**