



# GACETA Posgrado



**CentroGeo**

Centro de Investigación en  
Ciencias de Información Geoespacial, A.C.

VOL. 4 NÚMERO 1 • ABRIL 2025



# Directorio de Posgrado.

## COORDINADORES

**Dra. Helena Cotler Ávalos**  
Coordinadora del Posgrado de CentroGeo  
[hcotler@centrogeo.edu.mx](mailto:hcotler@centrogeo.edu.mx)  
Tel. 55 2615 2508 (Ext. 3119)

**Dr. Jorge Paredes Tavares**  
Coordinador del Doctorado en Ciencias de Información Geoespacial  
[jparedes@centrogeo.edu.mx](mailto:jparedes@centrogeo.edu.mx)  
Tel. 55 2615 2508 (Ext. 3104)

**Dra. María Elena Méndez López**  
Coordinadora de la Maestría en Ciencias de Información Geoespacial  
[emendez@centrogeo.edu.mx](mailto:emendez@centrogeo.edu.mx)  
Tel. 999 688 53 00 (Ext. 1003)

**Dra. Elvia Martínez Viveros**  
Coordinadora de la Maestría en Planeación Espacial  
[emartinez@centrogeo.edu.mx](mailto:emartinez@centrogeo.edu.mx)  
Tel. 55 2615 2508 (Ext. 1120)

**Mtra. Karime González Zuccolotto**  
Coordinadora de la Especialidad en Geomática  
[karime.gonzalez@centrogeo.edu.mx](mailto:karime.gonzalez@centrogeo.edu.mx)  
Tel. 55 2615 2508 (Ext. 1122)

## SERVICIOS ESCOLARES

**Mtra. Guadalupe Borja César**  
Secretaria de Posgrado  
[gborja@centrogeo.edu.mx](mailto:gborja@centrogeo.edu.mx)  
Tel. 55 2615 2508 (Ext. 2125)

# Contenido.

|  |    |
|--|----|
| Jornadas del Conocimiento                              | 3  |
| Seminario Multidisciplinario                           | 14 |
| MAPAS - Día de Muertos                                 | 24 |
| III Coloquio de Avances de Investigación               | 30 |
| ARTÍCULO TUTORIAL - Transformaciones Espectrales       | 31 |
| Alumnos de Posgrado                                    |    |
| ENSAYO - Sociedad y Territorio                         | 46 |
| MAPA - Comunicación Visual del Espacio Geográfico      | 51 |
| PÓSTERS - Introducción al Monitoreo Espacio - Temporal | 52 |
| PODCAST - Territorios Agroecológicos en México         | 55 |
| Proyectos de Tesis                                     | 56 |
| Posgrado   | 66 |
| Formando a Distancia [PODCAST]                         | 71 |



# JORNADAS

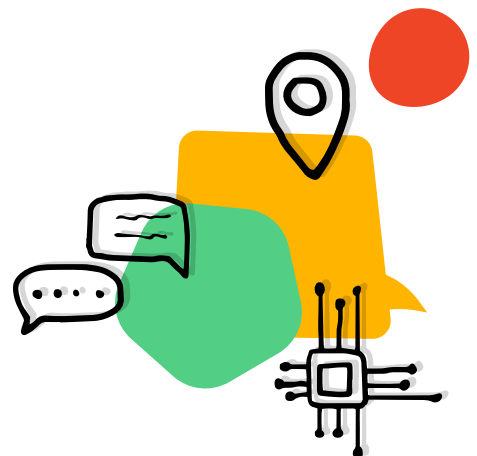
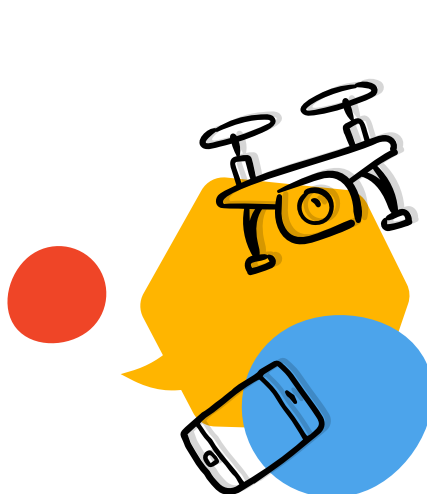

## del conocimiento

S I N P O W E R P O I N T

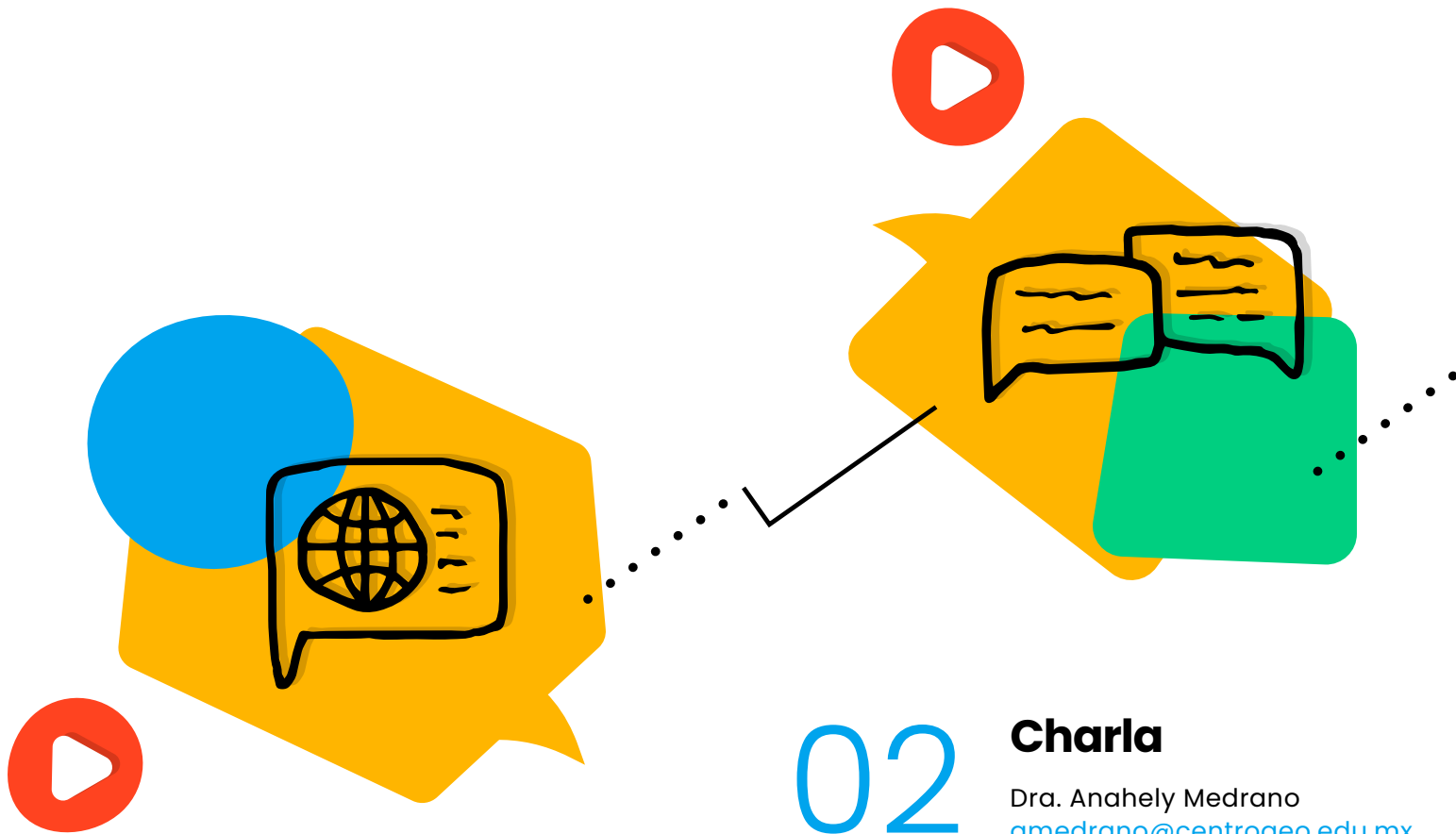


**Bienvenida**

Dr. Pablo López Ramírez  
Dr. Jorge Montejano Escamilla



# Día 1.



01

## Charla

Mtro. Daniel López  
[dlopez@centrogeo.edu.mx](mailto:dlopez@centrogeo.edu.mx)

Ing. Aristides Saavedra  
[asaavedra@centrogeo.edu.mx](mailto:asaavedra@centrogeo.edu.mx)

02

## Charla

Dra. Anahely Medrano  
[amedrano@centrogeo.edu.mx](mailto:amedrano@centrogeo.edu.mx)



03

## Video

Dra. Alejandra López  
[alopez@centrogeo.edu.mx](mailto:alopez@centrogeo.edu.mx)

Jubal López Amaya  
Uriel de Jesús Mendoza Castillo  
Cristopher Enrique Foster Velázquez  
Edgar Eduardo Díaz López  
Carolina Medina López  
Jorge Paredes Tavares  
Alejandro Monsivais Huertero  
Carlos Anzaldo López  
Carmen Reyes Guerrero  
Mario Chirinos Colunga



04

## Taller

Dr. Mauricio Cervantes  
[mcervantes@centrogeo.edu.mx](mailto:mcervantes@centrogeo.edu.mx)

Dra. Noelia Ávila  
[navila@centrogeo.edu.mx](mailto:navila@centrogeo.edu.mx)

Dra. Adriana Aguilar  
[aaguilar@centrogeo.edu.mx](mailto:aaguilar@centrogeo.edu.mx)

Mtro. Daniel López  
[dlopez@centrogeo.edu.mx](mailto:dlopez@centrogeo.edu.mx)

Ing. Aristides Saavedra  
[asaavedra@centrogeo.edu.mx](mailto:asaavedra@centrogeo.edu.mx)

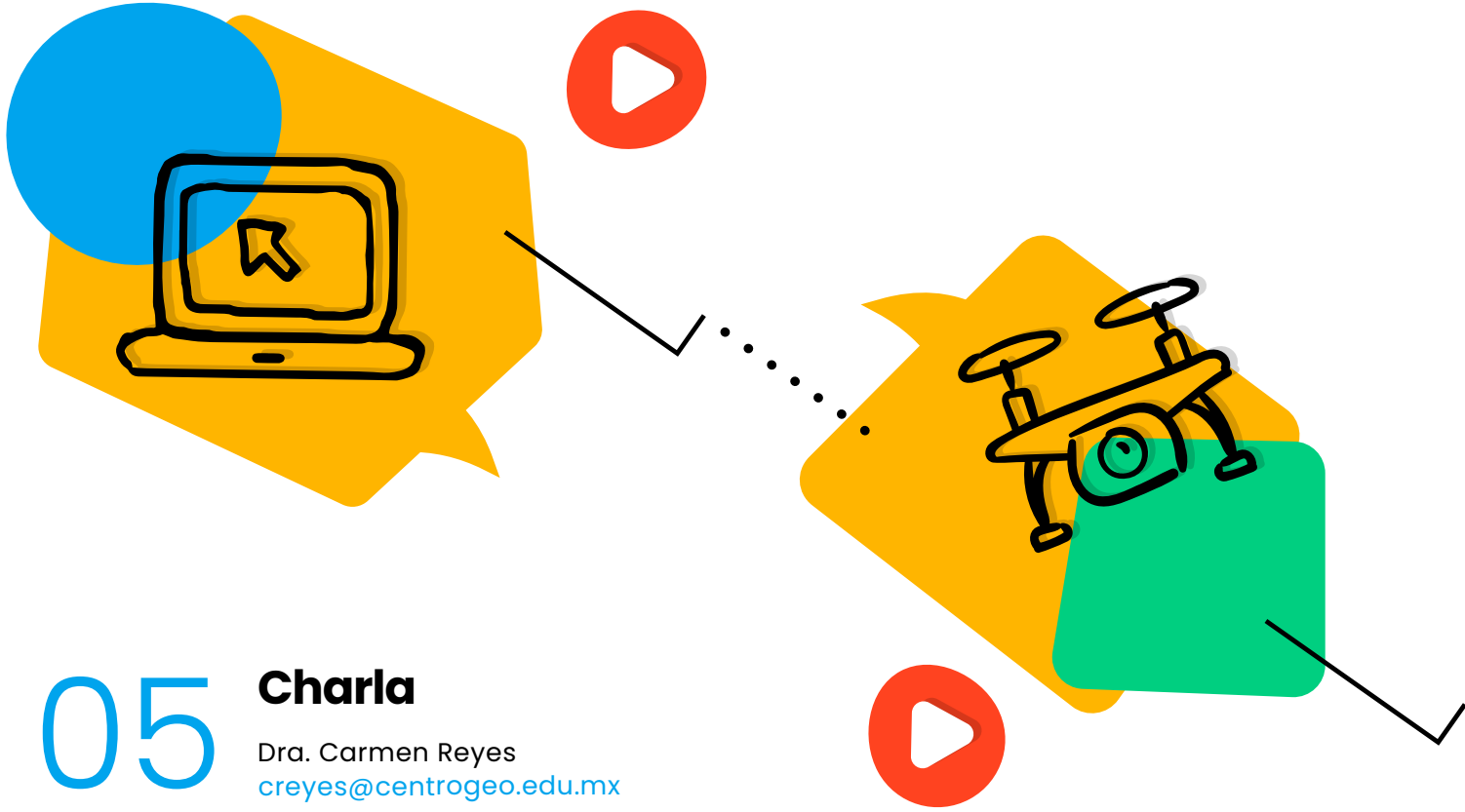
Dra. Armelle Gouritin  
[agouritin@centrogeo.edu.mx](mailto:agouritin@centrogeo.edu.mx)

Dra. Adriana Luna  
[aluna@centrogeo.edu.mx](mailto:aluna@centrogeo.edu.mx)

Dr. Fabricio Espinosa  
[fespinosa@centrogeo.edu.mx](mailto:fespinosa@centrogeo.edu.mx)



# Día 2.



05

## Charla

Dra. Carmen Reyes  
[creyes@centrogeo.edu.mx](mailto:creyes@centrogeo.edu.mx)

Mtro. Jesús Trujillo  
[jtrujillo@centrogeo.edu.mx](mailto:jtrujillo@centrogeo.edu.mx)

06

## Charla

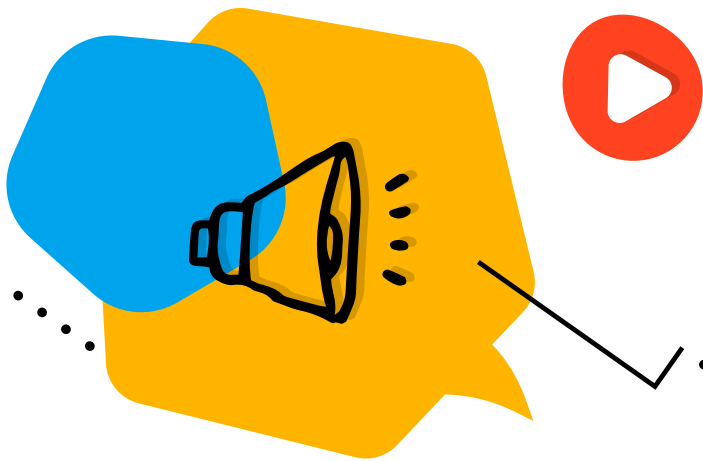
Mtra. Ana Alegre  
[jalegre@centrogeo.edu.mx](mailto:jalegre@centrogeo.edu.mx)

Dr. José Luis Silván  
[jsilvan@centrogeo.edu.mx](mailto:jsilvan@centrogeo.edu.mx)

Lic. Cristian Silva  
[csilva@centrogeo.edu.mx](mailto:csilva@centrogeo.edu.mx)

Mtro. José M. Madrigal  
[jmadrigal@centrogeo.edu.mx](mailto:jmadrigal@centrogeo.edu.mx)





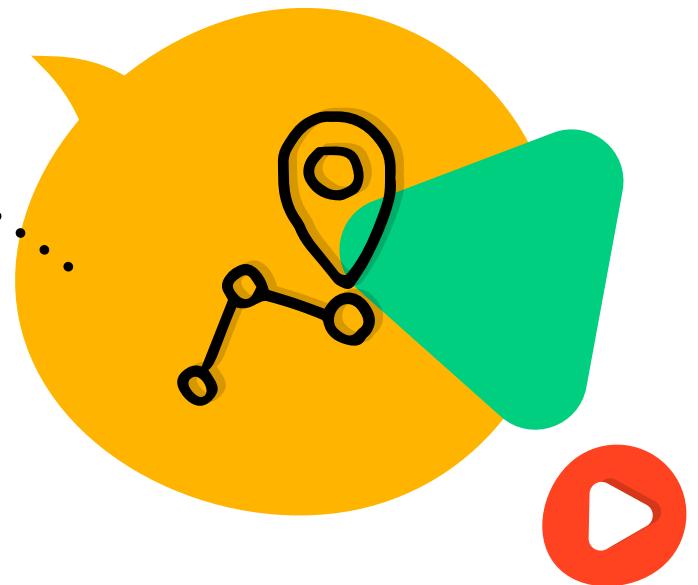
07

## Charla

Dra. Silvia Fernández  
[sfernandez@centrogeo.edu.mx](mailto:sfernandez@centrogeo.edu.mx)

Dr. Alejandro Molina  
[amolina@centrogeo.edu.mx](mailto:amolina@centrogeo.edu.mx)

Jaziel Carballo Tadeo  
Reinaldo Cobo Martín  
Eduardo Mendoza Vargas  
Fátima Miranda Pestaña



08

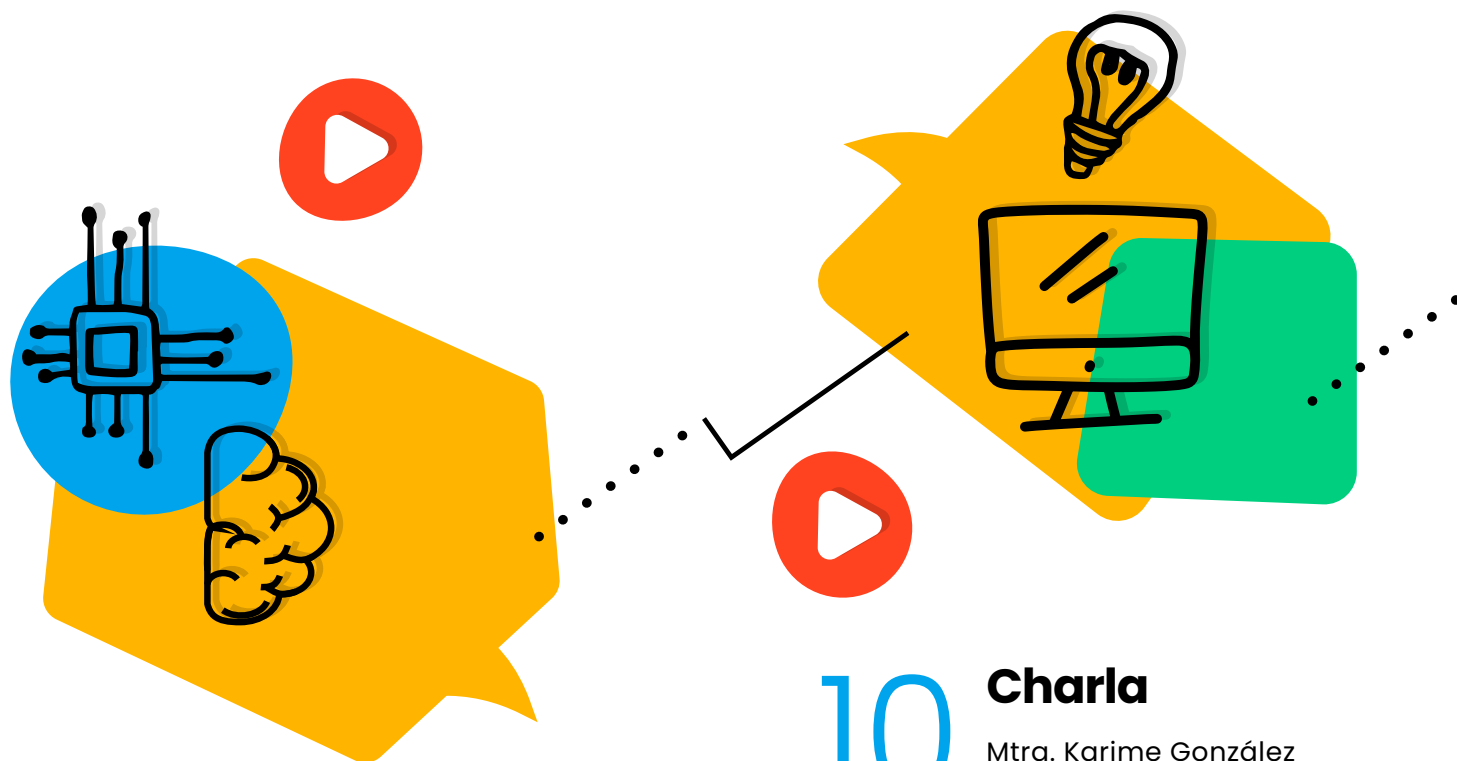
## Podcast

Dra. Claudia Tello  
[ctello@centrogeo.edu.mx](mailto:ctello@centrogeo.edu.mx)

Mtro. Amilcar Morales  
[amilcar@centrogeo.edu.mx](mailto:amilcar@centrogeo.edu.mx)

Lic. Mario Ledesma  
[mledesma@centrogeo.edu.mx](mailto:mledesma@centrogeo.edu.mx)

# Día 2.



09

## Charla

Dra. Angelina Espejel  
[aespejel@centrogeo.edu.mx](mailto:aespejel@centrogeo.edu.mx)

Dr. José Piña  
[jpina@centrogeo.edu.mx](mailto:jpina@centrogeo.edu.mx)

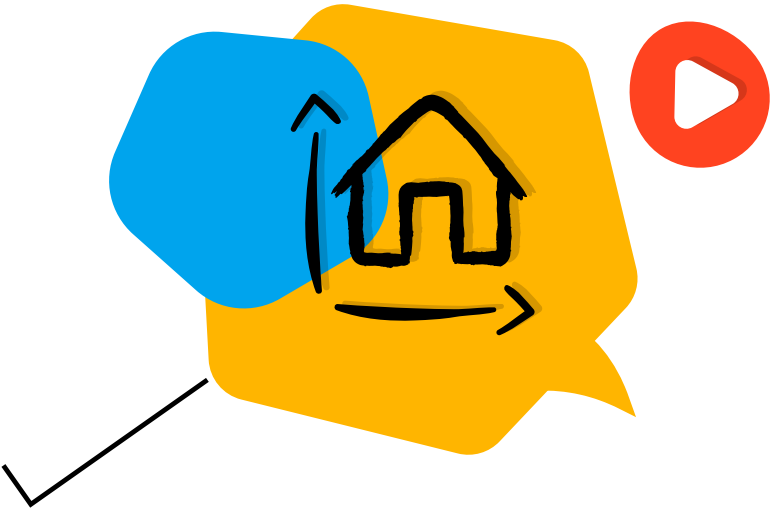
10

## Charla

Mtra. Karime González  
[karime.gonzalez@centrogeo.edu.mx](mailto:karime.gonzalez@centrogeo.edu.mx)

Dr. Oscar Sánchez  
[osanchez@centrogeo.edu.mx](mailto:osanchez@centrogeo.edu.mx)





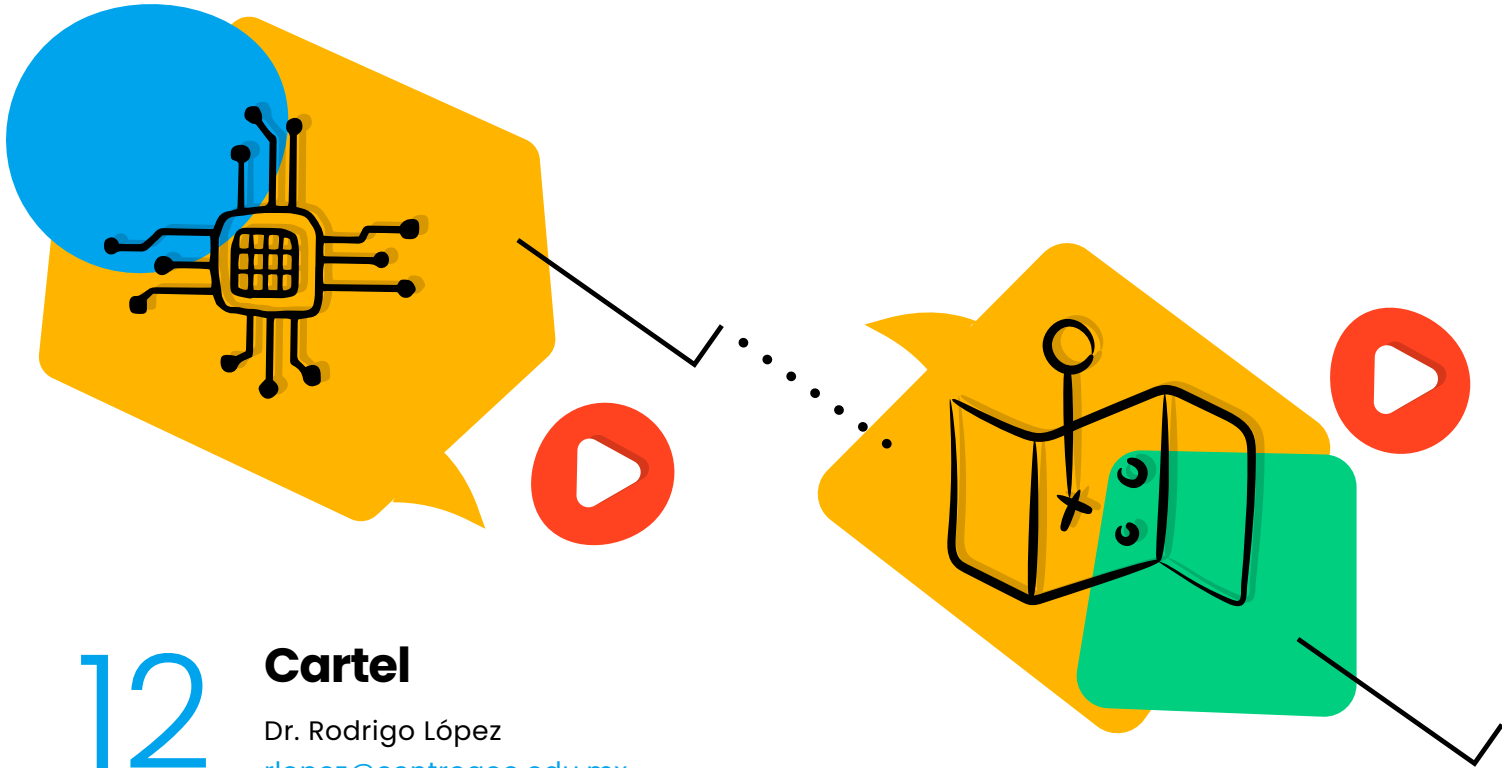
11

## Charla

Dra. Elvia Martínez  
[emartinez@centrogeo.edu.mx](mailto:emartinez@centrogeo.edu.mx)



# Día 3.



## 12

### Cartel

Dr. Rodrigo López  
[rlopez@centrogeo.edu.mx](mailto:rlopez@centrogeo.edu.mx)

## 13

### Charla

Dra. Elena Méndez  
[emendez@centrogeo.edu.mx](mailto:emendez@centrogeo.edu.mx)

Mtra. Nirani Corona  
[ncorona@centrogeo.edu.mx](mailto:ncorona@centrogeo.edu.mx)

Dr. José María León  
[jleon@centrogeo.edu.mx](mailto:jleon@centrogeo.edu.mx)

Mtro. José M. Madrigal  
[jmadrigal@centrogeo.edu.mx](mailto:jmadrigal@centrogeo.edu.mx)

Alejandro Rivera Flórez  
Uriel de Jesús Mendoza Castillo





14

## Charla

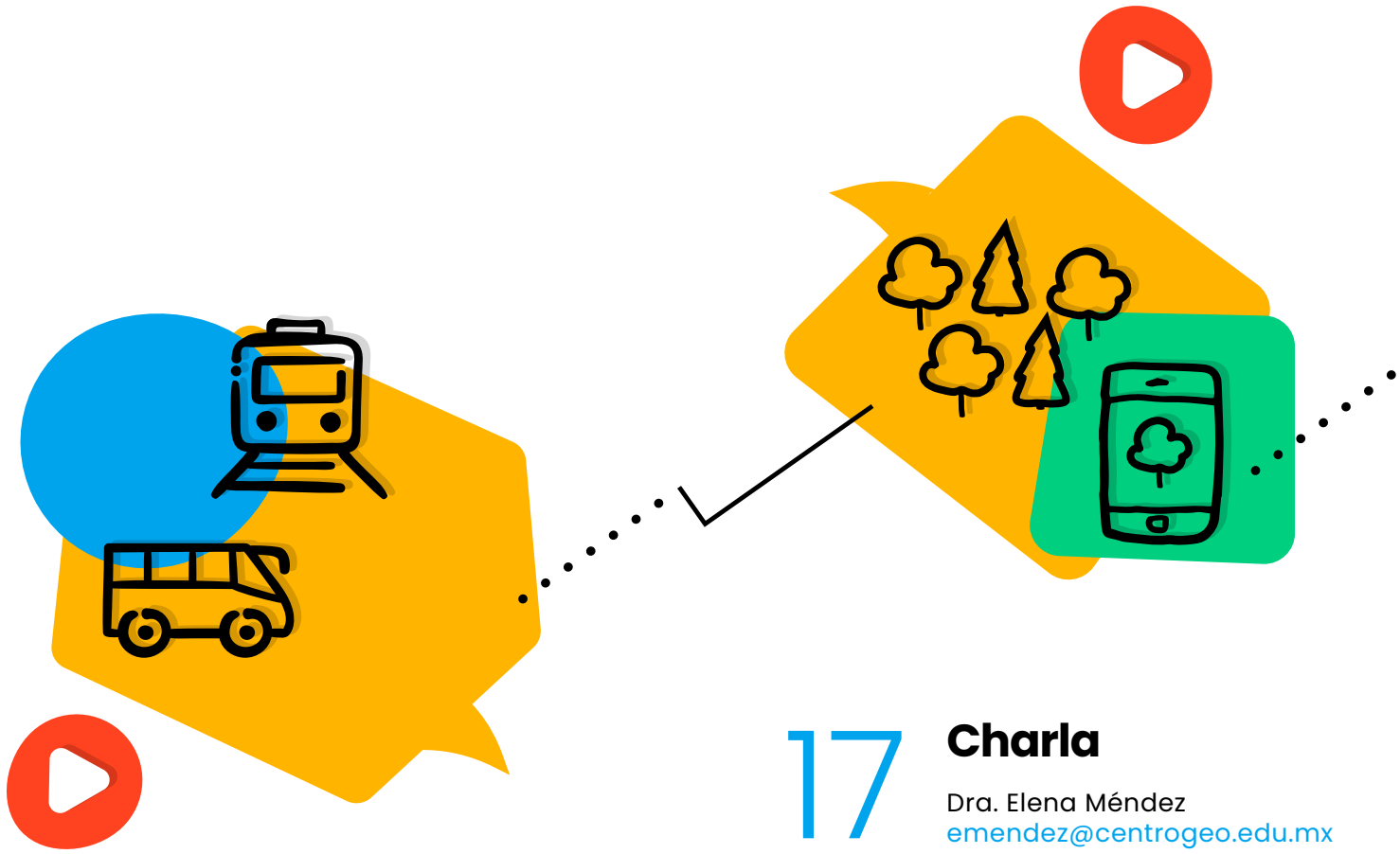
Dr. Mauricio Galeana  
[mgaleana@centrogeo.edu.mx](mailto:mgaleana@centrogeo.edu.mx)

15

## Juego

Dra. Joyce Valdovinos  
[jvaldovinos@centrogeo.edu.mx](mailto:jvaldovinos@centrogeo.edu.mx)  
Dr. Jorge Paredes  
[jparedes@centrogeo.edu.mx](mailto:jparedes@centrogeo.edu.mx)  
Dr. Alberto García  
[agarcia@centrogeo.edu.mx](mailto:agarcia@centrogeo.edu.mx)  
Dr. Ivvan Valdez  
[svaldez@centrogeo.edu.mx](mailto:svaldez@centrogeo.edu.mx)

# Día 3.



16

## Charla

Dr. Carlos Clemente Martínez  
[cmartinez@centrogeo.edu.mx](mailto:cmartinez@centrogeo.edu.mx)



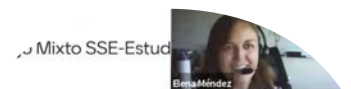
17

## Charla

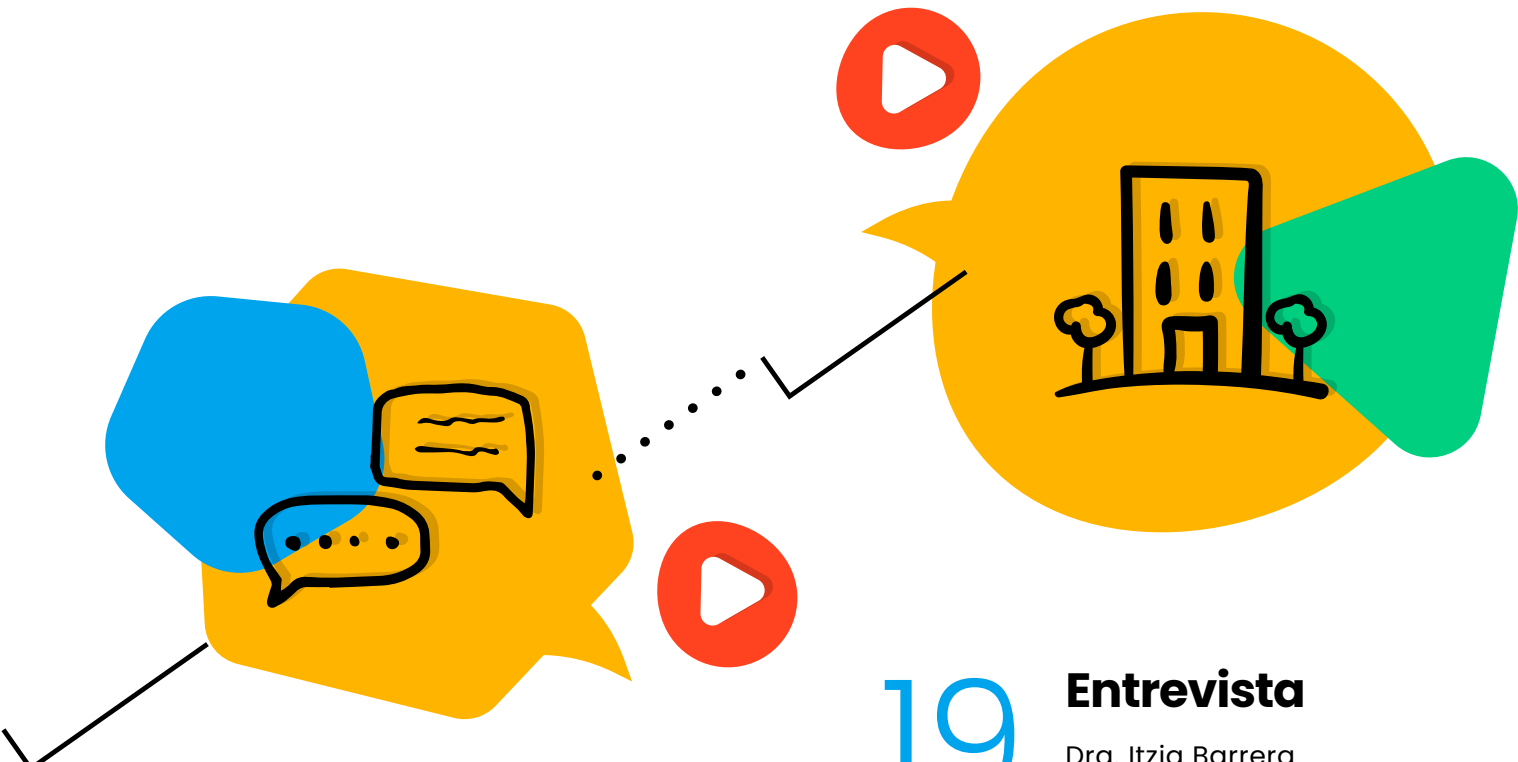
Dra. Elena Méndez  
[emendez@centrogeo.edu.mx](mailto:emendez@centrogeo.edu.mx)

Dra. Karol Yáñez  
[kyanez@centrogeo.edu.mx](mailto:kyanez@centrogeo.edu.mx)

Dr. Hector Becerril  
[hbecerril@centrogeo.edu.mx](mailto:hbecerril@centrogeo.edu.mx)



transdisciplina utopía  
era digital ética urbano  
percepciones ciencia geointeligencia saberes  
rural contexto co-producción mundo sociedad  
justicia desafíos desigualdad colaboración  
naturaleza



18

## Charla

Dr. Héctor Solano  
[hsolano@centrogeo.edu.mx](mailto:hsolano@centrogeo.edu.mx)



19

## Entrevista

Dra. Itzia Barrera  
[ibarrera@centrogeo.edu.mx](mailto:ibarrera@centrogeo.edu.mx)

Dr. Camilo Caudillo  
[ccaudillo@centrogeo.edu.mx](mailto:ccaudillo@centrogeo.edu.mx)

Dr. Rodrigo Tapia  
[rtapia@centrogeo.edu.mx](mailto:rtapia@centrogeo.edu.mx)

Dr. Carlos Anzaldo  
[canzaldo@centrogeo.edu.mx](mailto:canzaldo@centrogeo.edu.mx)

Dr. Jorge Montejano  
[jmontejano@centrogeo.edu.mx](mailto:jmontejano@centrogeo.edu.mx)





## Fotografía de la salud mental en la población Yucateca

Dr. Gandhi Samuel Hernández Chan  
Investigador IxM – Secihti

[gghernandez@centrogeo.edu.mx](mailto:gghernandez@centrogeo.edu.mx)

Este trabajo aborda la **salud mental** desde la perspectiva de las Ciencias de Información Geoespacial, analizando cómo se manifiesta entre distintos grupos de edad y género. En México, las tasas de suicidio han aumentado de manera constante desde 2013, afectando especialmente a jóvenes de entre 15 y 29 años. Este grupo enfrenta **altos niveles de ansiedad y estrés**, derivados de presiones académicas, decisiones importantes de vida y los propios desafíos de la adolescencia.

El suicidio está vinculado a **múltiples factores**, como trastornos mentales (depresión, ansiedad), consumo de sustancias, y experiencias de violencia, incluyendo el acoso escolar y traumas infantiles. Incluso formas de violencia no física, como el abandono emocional

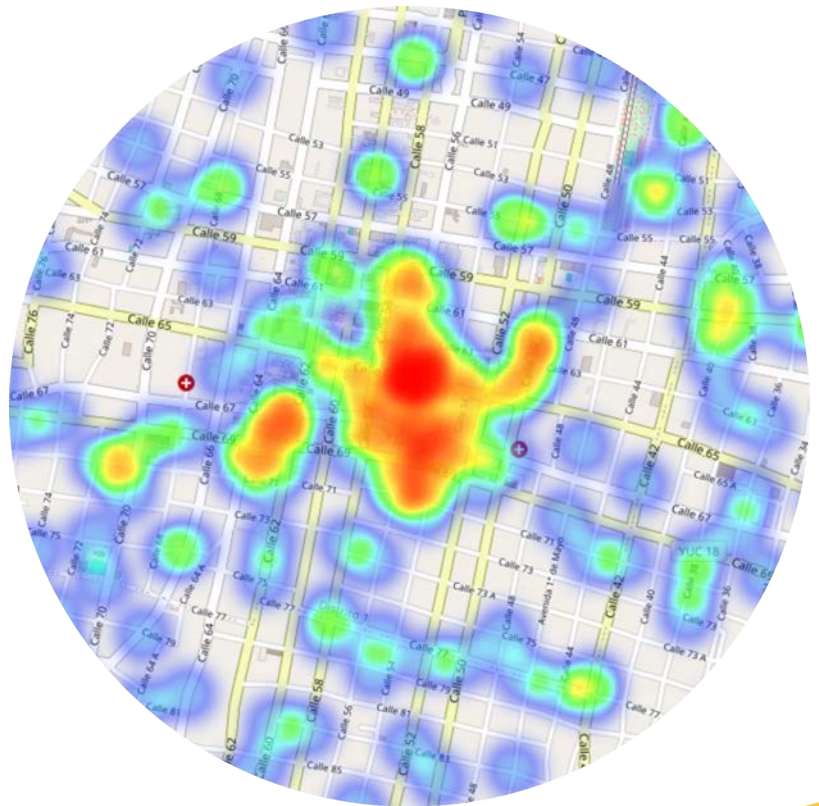
por parte de figuras parentales, pueden impactar gravemente la **estabilidad mental**. Estas experiencias, en conjunto, incrementan el riesgo de suicidio.

**Yucatán**, a pesar de ser considerado uno de los mejores estados para vivir por su calidad de vida, seguridad y riqueza cultural, presenta una de las **tasas de suicidio más altas del país**, ocupando el segundo lugar a nivel nacional en 2023. Esta paradoja evidencia la existencia de tensiones y problemáticas emocionales que no siempre son visibles, pero que requieren atención urgente. El contraste entre el entorno favorable y el incremento de casos de violencia y malestar psicológico sugiere la presencia de **estrés latente y afecciones mentales no atendidas**.

# Seminario Multidisciplinario

Ante esta realidad, el **Laboratorio Nacional de Inteligencia** ha desarrollado una **plataforma tecnológica** para recopilar, analizar y visualizar datos sobre ansiedad, depresión y estrés en Yucatán. A través de cuestionarios con geolocalización, esta herramienta ofrece retroalimentación inmediata y acceso a recursos de apoyo en situaciones de crisis.

El **Instituto Estatal de Salud Mental**, en colaboración, ha subrayado la gravedad del suicidio en el estado, y la necesidad de **diseñar estrategias de prevención** que integren factores socioculturales, el entorno familiar y aspectos psicológicos. También destaca la importancia de **reconocer a tiempo los signos de ideación suicida** y entender el papel que las prácticas culturales pueden tener en torno a este fenómeno.



Para conocer más visita





## El uso de la Curva Característica Operativa Total (TOC) en la evaluación de modelos de cambio en cobertura de suelo

Dr. Rodrigo López Farías  
Investigador IxM – Secihti

[rlopez@centrogeo.edu.mx](mailto:rlopez@centrogeo.edu.mx)

La Curva Característica Operativa Total (TOC), desarrollada por Gilmore Pontius, es una **herramienta de evaluación de clasificadores binarios** que permite visualizar su capacidad predictiva a través de distintos umbrales de decisión. A diferencia de la curva ROC, la TOC **asigna un valor vertical único a cada valor horizontal**, lo que facilita una interpretación más precisa mediante su correspondencia directa con la matriz de contingencia.

La matriz de contingencia es fundamental para **evaluar el rendimiento de un clasificador**, ya que organiza los resultados en términos de Verdaderos Positivos, Verdaderos Negativos, Falsos Positivos y Falsos Negativos, en función de un umbral específico. Esta comparación entre los valores predichos y los resulta-

dos reales permite **cuantificar la precisión del modelo**, además de calcular el total de Predicciones Positivas y Negativas, proporcionando un resumen general de su desempeño.

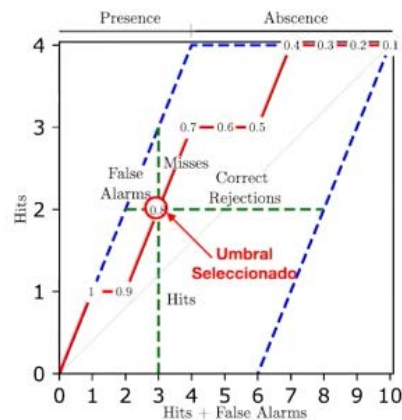
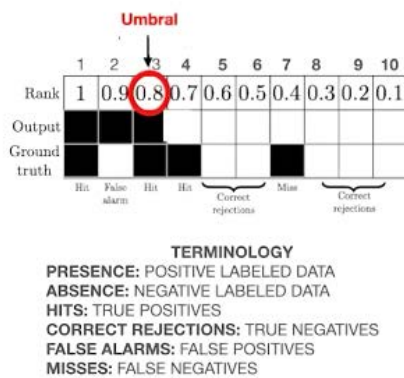
Los conceptos de Falsos Positivos y Falsos Negativos son esenciales para construir la curva TOC, que se representa dentro de un cuadrilátero cuyos ejes indican la cantidad de etiquetas positivas y el total de observaciones. Esta representación **revela los límites del rendimiento del clasificador** y permite **visualizar el equilibrio entre clases**, destacando la relación entre la presencia y ausencia de las etiquetas en el conjunto de datos.

Aplicada al análisis de procesos como la urbanización, la curva TOC permite diferenciar entre

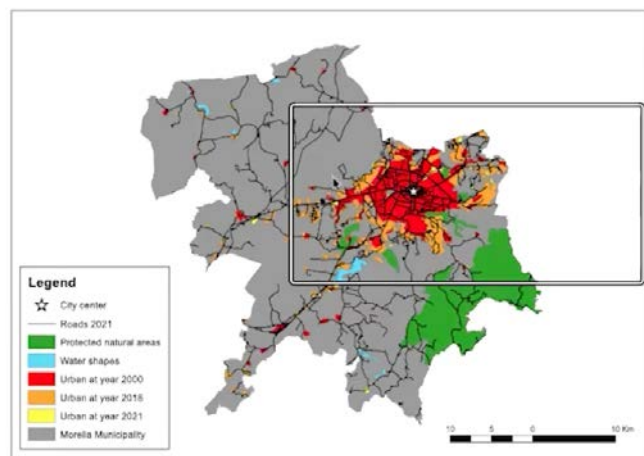
# Seminario Multidisciplinario

variables predictoras y determinar cuáles **maximizan la probabilidad de observar cambios** en el uso del suelo urbano. Al calcular probabilidades para cada coordenada en un conjunto de datos espaciales, es posible **identificar las variables más relevantes para anticipar** el desarrollo urbano. El

análisis espacial revela que estas variables no predicen de forma uniforme el cambio en el uso del suelo, subrayando la importancia de ciertos factores —como la distancia al centro urbano y los costos de transporte— en la predicción del crecimiento urbano.



13



Para conocer más visita





## De la Biomasa a la Mesa: Conectando ciencia y cocina para fomentar el turismo gastronómico sustentable en Calakmul

Dr. José Alberto Gallardo Cruz  
Académico de Tiempo Completo - IBERO

[jose.gallardo@ibero.mx](mailto:jose.gallardo@ibero.mx)

La producción de alimentos tiene un impacto significativo en los ecosistemas, especialmente en las selvas tropicales, dado que casi un tercio de la superficie terrestre del planeta se destina a la agricultura. La **expansión de tierras agrícolas** ha contribuido a la **pérdida de ecosistemas** valiosos y al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Frente a estos desafíos, se planteó un proyecto enfocado en mejorar la cocina local y los hábitos de cocción, con el objetivo de ofrecer soluciones sostenibles que también fortalezcan las condiciones socioeconómicas de la región.

Este proyecto culinario aborda cuatro problemáticas relevantes vinculadas con la alimentación y la juventud en una región reconocida por su riqueza gastronómica. Uno de los problemas más críticos es la falta de oportunidades laborales

dignas, situación agravada por desarrollos de infraestructura como el Tren Maya, que han alterado la economía local y encarecido el costo de vida, afectando particularmente a la población estudiantil.

La propuesta de este proyecto contempla la creación de un **restaurante en Calakmul** que promueva la conservación del patrimonio biocultural, **genere empleos** adecuados **para jóvenes** y funcione como **un espacio de aprendizaje**. Las primeras etapas incluyeron la colaboración entre estudiantes de la Universidad Iberoamericana y jóvenes locales para concebir el diseño del restaurante, integrando saberes de distintas cocinas regionales. A pesar de contar con recursos financieros limitados, los talleres iniciales y una presentación exitosa del proyecto han sentado una base sólida para su futuro desarrollo.

# Seminario Multidisciplinario

El proyecto también resalta el papel de la cocina como un espacio históricamente feminizado de socialización, al tiempo que busca **cuestionar los roles de género tradicionales**. Haciendo hincapié en la necesidad de no perpetuar divisiones sociales, especialmente en lo relacionado con los derechos de

propiedad y el acceso a espacios comunales para el involucramiento de las juventudes. Además, se **promueve el uso de ingredientes locales**, reforzando el vínculo entre las prácticas alimentarias, la sostenibilidad ambiental y la preservación del patrimonio cultural.

## Impactos en el ambiente de la producción de alimentos

- Alrededor de 1/3 de la superficie terrestre destinada a la agricultura.
- Incrementa 13 millones de hectáreas al año (equivalente a Durango)
- Pérdida de ecosistemas – Deforestación.
- Emisiones de metano (arroz 15 %) y CO<sub>2</sub> (20 % del total).
- Fertilizantes (N y P).
- Pesticidas.
- Pérdida de biodiversidad (genética y de especies).
- Agua dulce y océanos.

Sin considerar el desperdicio



Para conocer más visita





## Grupo Agua, Territorio y Gobernanza

Dra. Noelia Ávila  
Profesor Investigador – CentroGeo

[navila@centrogeo.edu.mx](mailto:navila@centrogeo.edu.mx)

Dra. Citlalli Becerril  
Investigador IxM – Secihti

[cbecerril@centrogeo.edu.mx](mailto:cbecerril@centrogeo.edu.mx)

Dra. Helena Cotler  
Profesor Investigador – CentroGeo

[hcotler@centrogeo.edu.mx](mailto:hcotler@centrogeo.edu.mx)

Dr. José María León  
Profesor Investigador – CentroGeo

[jleon@centrogeo.edu.mx](mailto:jleon@centrogeo.edu.mx)

Dra. Alejandra López  
Profesor Investigador – CentroGeo

[alopez@centrogeo.edu.mx](mailto:alopez@centrogeo.edu.mx)

Dr. Jorge Paredes  
Investigador IxM – Secihti

[jparedes@centrogeo.edu.mx](mailto:jparedes@centrogeo.edu.mx)

Dra. Joyce Valdovinos  
Investigador IxM – Secihti

[jvaldovinos@centrogeo.edu.mx](mailto:jvaldovinos@centrogeo.edu.mx)

Este grupo de trabajo interdisciplinario considera **el agua como elemento unificador y sistémico** para abordar problemáticas clave —soberanía alimentaria, urbanización, sostenibilidad, desigualdad, cambio climático, extractivismo, resiliencia—. Comprende que **agua y territorio** son dos **categorías indisolubles**, y busca abordarlos desde una mirada interdisciplinaria, aplicando una diversidad de

métodos, instrumentos y técnicas para su investigación. A través de **múltiples escalas de análisis** territoriales y niveles político-administrativos, que tocan diferentes actores y espacios de investigación diferenciados.

El análisis de cuencas y acuíferos, como la conexión entre el Valle de México y el Valle del Mezquital, es clave para entender la disponibili-

# Seminario Multidisciplinario

dad hídrica. El uso de **teledetección** y la colaboración local permiten mejorar la gestión del agua y **actualizar modelos** en regiones como el sur del Nevado de Toluca.

La gestión de cuencas en México exige una **gobernanza colaborativa** que aborde problemáticas socioambientales integrando visiones urbanas y rurales. Iniciativas ciudadanas, como los **comités ciudadanos de cuencas**, y debates sobre planificación ecológica y soluciones basadas en la naturaleza, destacan la necesidad de indicadores e instrumentos adaptados a los contextos locales.

La gestión del **agua en las ciudades** se aborda desde la sostenibilidad, la resiliencia y la justicia hídrica, integrando enfoques como la **gobernanza adaptativa, la economía circular y la infraestructura azul-verde**. Buscando explorar la relación entre **acceso al agua, género y urbanización**, frente a las crecientes transformaciones socioecológicas.

Desde la **participación comunitaria** se abordan desafíos territoriales mediante la **co-creación de conocimientos**. Con un enfoque transdisciplinario, busca fortalecer capacidades locales y generar utilidad social. Entre sus proyectos destacan el monitoreo participativo de la salud de la vegetación en la CDMX, el uso de drones para defensa territorial en Puebla y la gestión comunitaria del riesgo posdesastre en Guerrero.

Abordar el agua como un recurso vital ligado a **conflictos socioambientales y dinámicas de poder** desde la **justicia espacial**, permitirá analizar y atender las desigualdades en el acceso, considerando su dimensión simbólica y estratégica. Aplicando métodos mixtos, que permitan fortalecer la gobernanza y la participación ciudadana a partir del análisis de contextos locales.



Para conocer más visita





## Políticas públicas y territorio en México

Dra. Adriana Luna  
Profesor Investigador – CentroGeo

[aluna@centrogeo.edu.mx](mailto:aluna@centrogeo.edu.mx)

Dra. Anahely Medrano  
Investigador IxM – Secihti

[amedrano@centrogeo.edu.mx](mailto:amedrano@centrogeo.edu.mx)

Dra. Citlalli Becerril  
Investigador IxM – Secihti

[cbecerril@centrogeo.edu.mx](mailto:cbecerril@centrogeo.edu.mx)

Dr. Iván Vilchis Mata  
Profesor Investigador – CMQ

[ivilchis@cmq.edu.mx](mailto:ivilchis@cmq.edu.mx)

Dra. Diana Belmont  
Profesor Investigador – UPN

[dbelmontmalfavon@yahoo.com.mx](mailto:dbelmontmalfavon@yahoo.com.mx)

Dra. Elvia Martínez  
Profesor Investigador – CentroGeo

[emartinez@centrogeo.edu.mx](mailto:emartinez@centrogeo.edu.mx)

Dr. Federico Morales  
Profesor Investigador – CEIICH UNAM

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

Dr. Juan F. Islas Aguirre  
Profesor Investigador – UNAM

[juanfia@economia.unam.mx](mailto:juanfia@economia.unam.mx)

Dr. Mauricio Cervantes  
Profesor Investigador – CentroGeo

[mcervantes@centrogeo.edu.mx](mailto:mcervantes@centrogeo.edu.mx)

Ing. Yosú Rodríguez  
Profesor Investigador – CentroGeo

[yosu@centrogeo.edu.mx](mailto:yosu@centrogeo.edu.mx)

Este seminario reúne un grupo de colegas interesados en el territorio y en las políticas públicas que afectan la construcción territorial, ofreciendo una diversidad de enfoques y abordando problemáticas complejas.

Actualmente se encuentra en marcha un proyecto de **libro colaborativo sobre políticas y territorios**, coordinado por las doctoras Anahely Medrano y Elvia Martínez, con la participación de investigadores de

# Seminario Multidisciplinario

CentroGeo, la Universidad Pedagógica, el Centro de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias y Humanidades de la UNAM, y el Instituto Politécnico de Nacional. A continuación, se presentan brevemente algunos de los trabajos, e invitamos a consultar el seminario completo para conocer más.

Una de las reflexiones se centra en las políticas públicas para la **provisión de servicio de agua potable** en México, resaltando las complejidades de su implementación, influenciadas por perspectivas culturales y variaciones geográficas. Destacando la disparidad entre el éxito de la infraestructura en los centros urbanos frente a los desafíos enfrentados en áreas periféricas, donde a menudo deben adoptarse **métodos alternativos de suministro de agua**.

Otro estudio examina la relación entre las **transferencias económicas a productores** de granos bási-

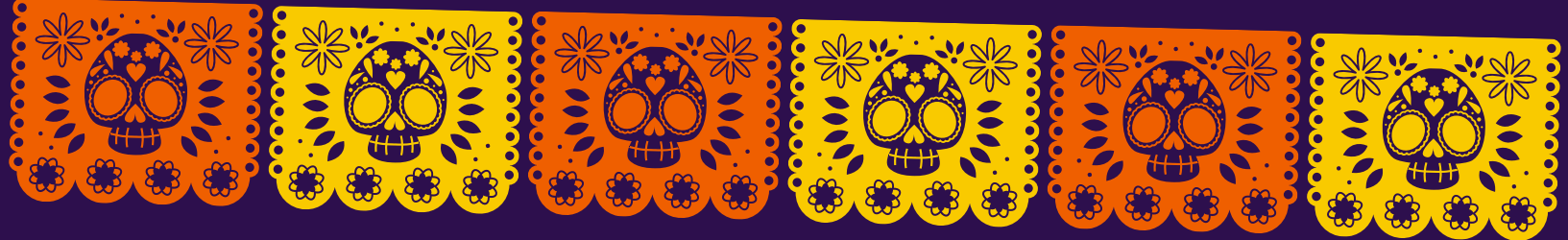
cos y los **niveles de pobreza** a escala municipal. La investigación sugiere una relación espacial influenciada por cambios históricos en el programa de apoyo, y busca aportar elementos para **rediseñar políticas** que orienten mejor los recursos hacia la reducción de la pobreza rural.

Finalmente, se aborda el problema de los asentamientos informales en suelo de conservación, que afecta tanto la **integridad ecológica** como los derechos fundamentales de **quienes habitan** esos territorios. Las políticas actuales han sido lentas en ofrecer respuestas integrales y, con frecuencia, criminalizan a los residentes sin **proponer soluciones de gestión sostenible**. Comprender estas dinámicas sociales exige un enfoque multiescalar de gobernanza, con participación activa de distintos actores y con recursos suficientes que promuevan una urbanización más justa y sostenible.



Para conocer más visita





# CONCURSO MAPAS DÍA DE MUERTOS

Edición 2024

Alumnos de Posgrado

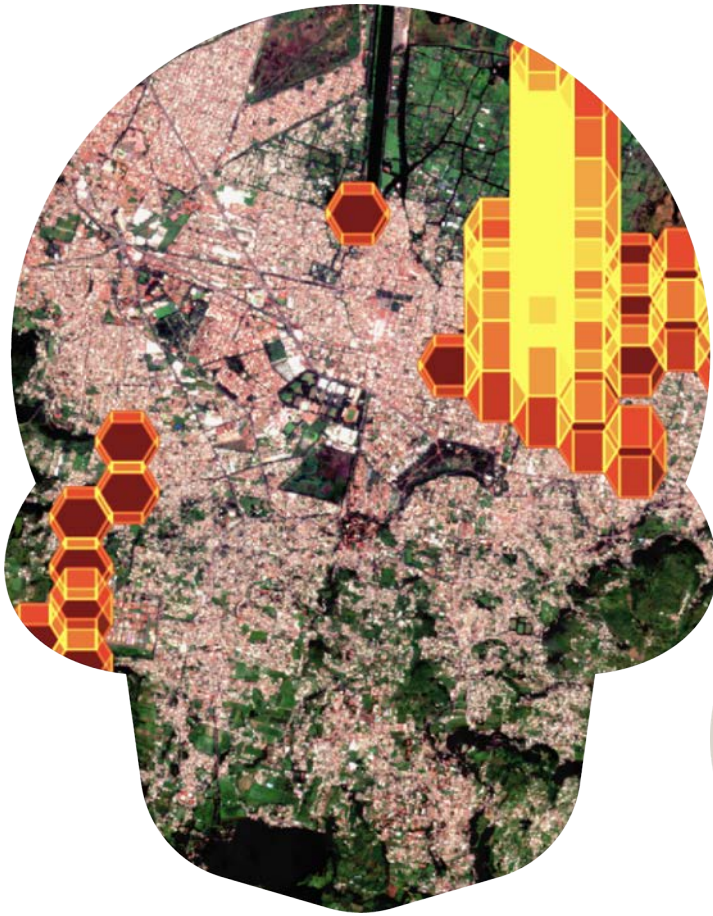


**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



**CentroGeo**  
Centro de Investigación en  
Ciencias de Información Geoespacial, A.C.  
Aniversario





PRIMER LUGAR

**¿Dónde se produce la flor de cempasúchil?**

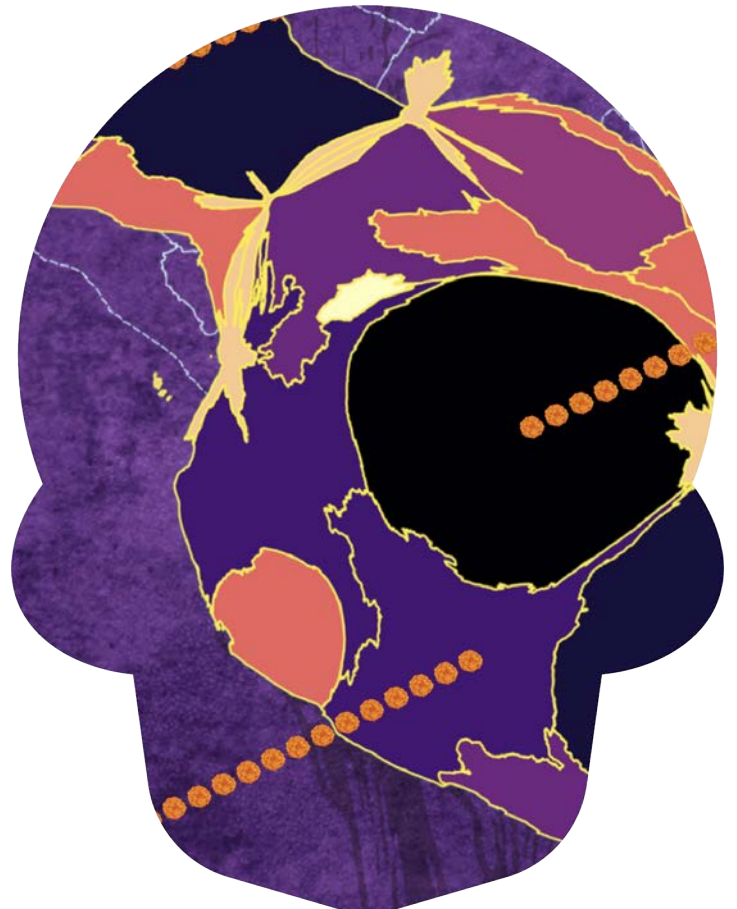
Autor: Uriel Mendoza

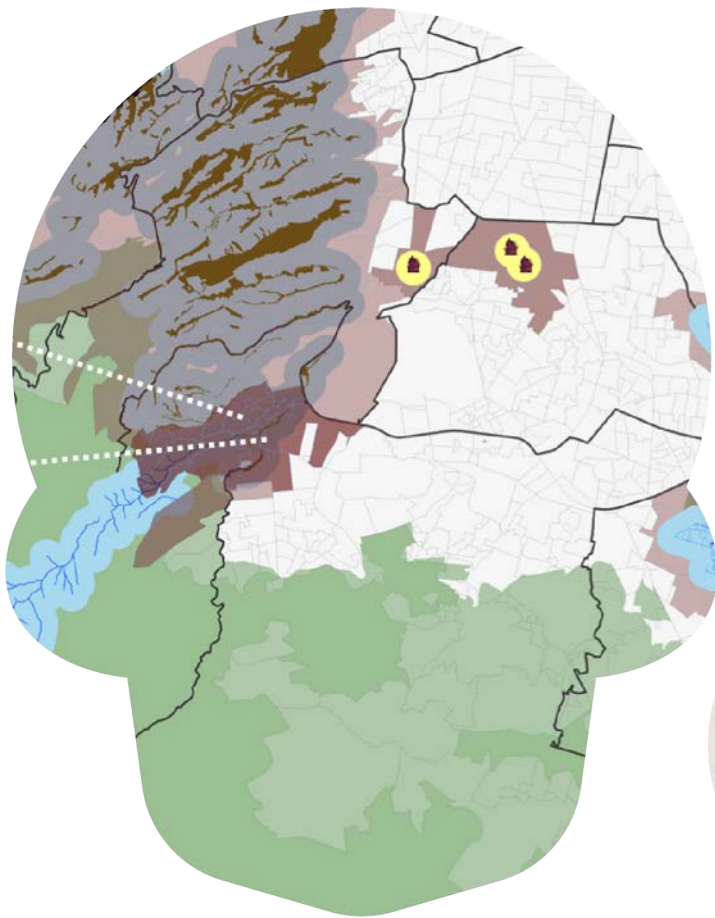


PRIMER LUGAR

**Cartograma de territorios de muerte: Homicidios violentos en México (2020-2023)**

Autor: Edgar Díaz





## SEGUNDO LUGAR

### ¿Dónde puede aparecer La Llorona en CDMX?

Autor: Rodrigo Zumaya



## TERCER LUGAR

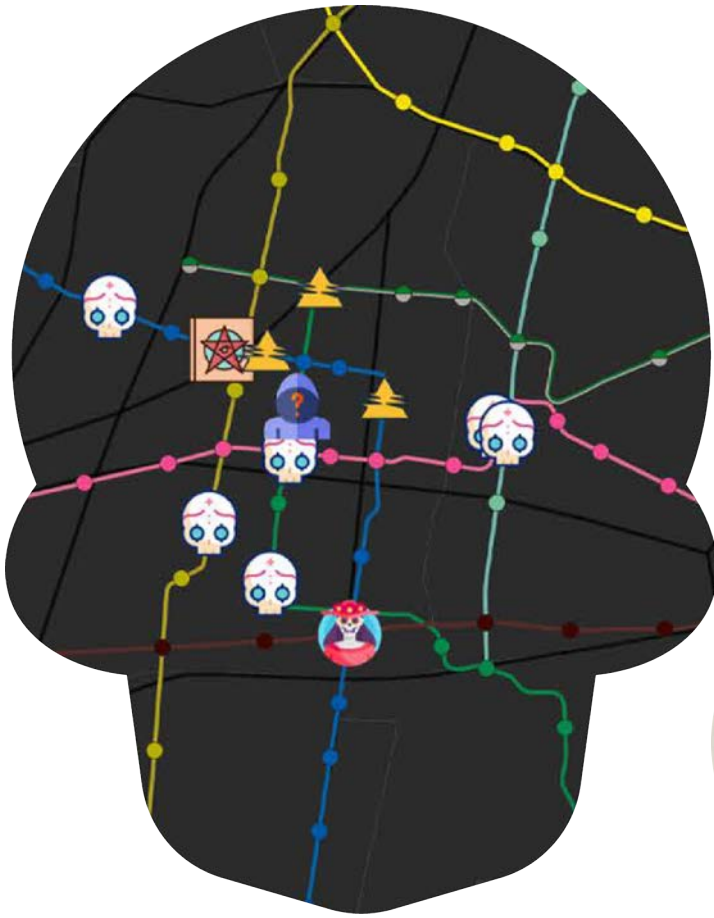
### Cartografía participativa mítica

Autores: Julián Fonseca

Bolívar Morales

Lucio Morales





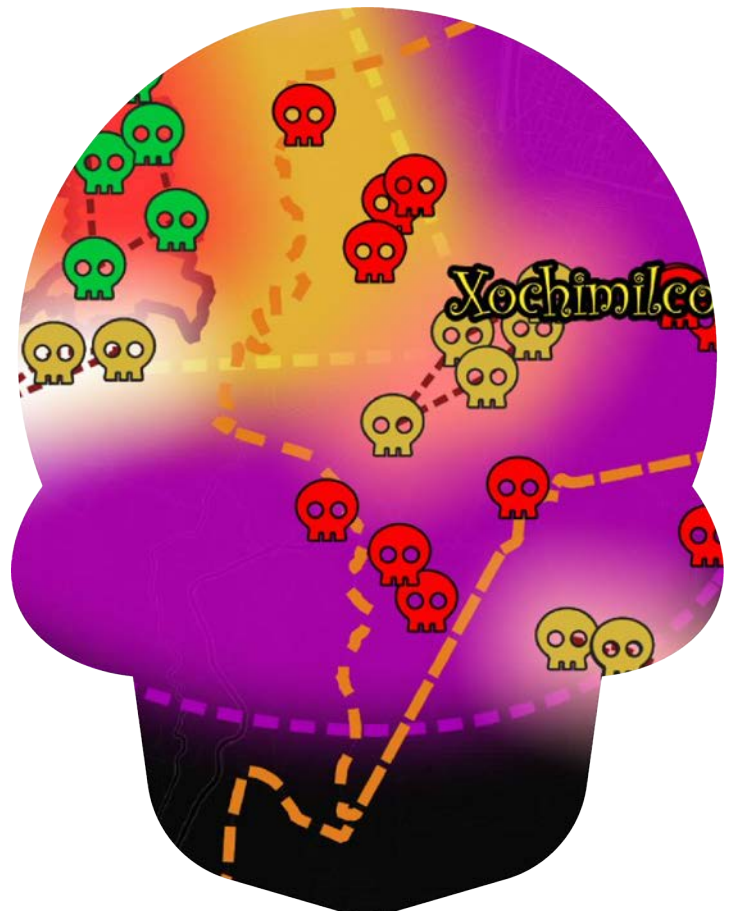
## Fenómenos paranormales en el Metro

Autor: Emiliano Jiménez



## Distribución espacial de cementerios y panteones en la CDMX

Autor: Luis Alejandro Rivera





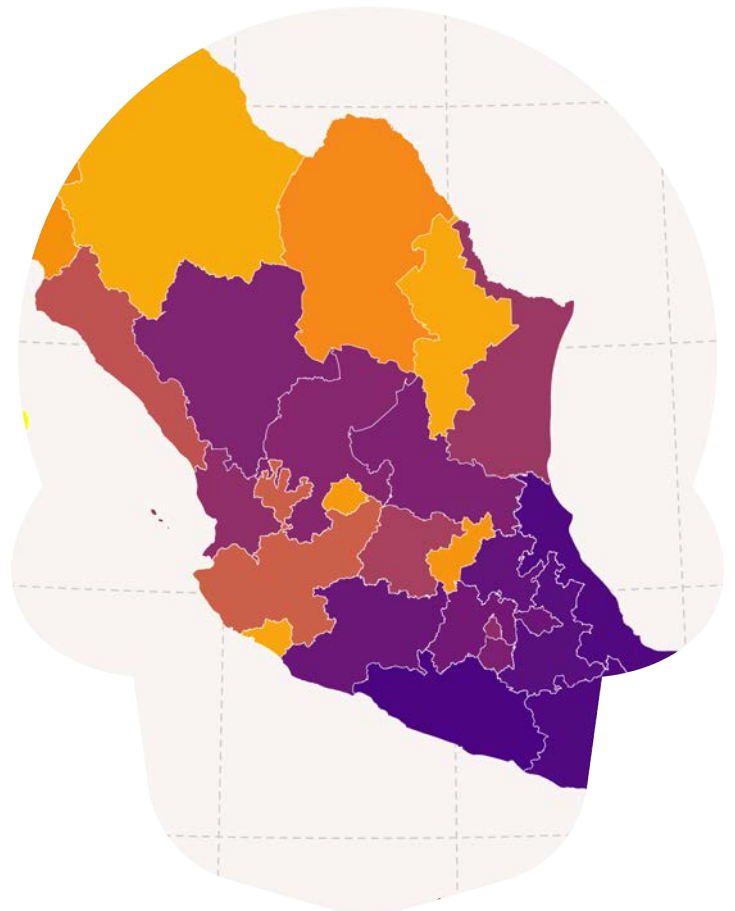
## Población de hablantes de lenguas originarias en CDMX

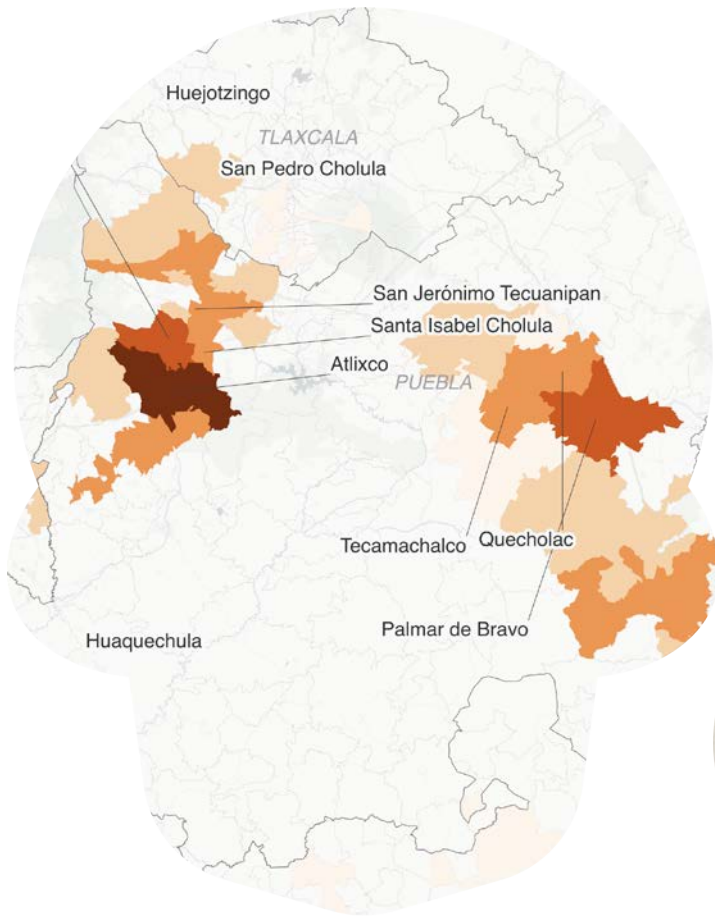
Autor: Christopher Foster



## Tasa de suicidios de personas en pobreza extrema

Autor: Rubén Núñez





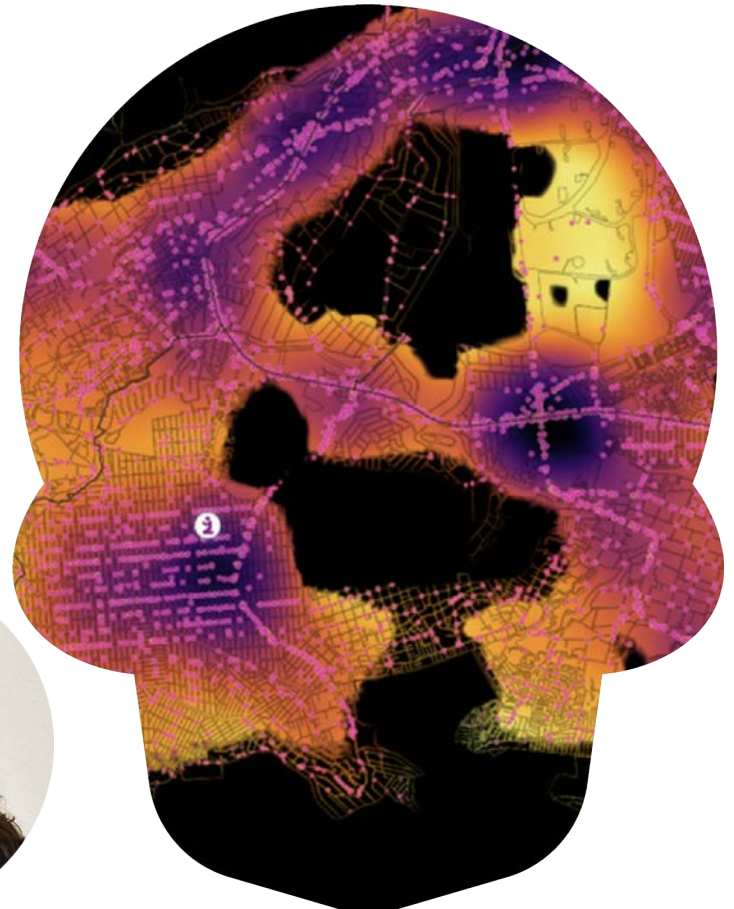
## ¿De dónde viene la flor de zempoalxóchitl?

Autor: Cristian Silva



## Noticias de ultratumba

Autoras: Mariana Jiménez  
Lizbeth Camacho  
Karen Miranda



# III Coloquio de Avances de Investigación

## Posgrado Integrado en Ciencias de Información Geoespacial

Alumnos de Maestría

### FEBRERO - MARZO

Del 19 de febrero al 05 de marzo se llevó a cabo el tercer Coloquio de Avances de Investigación, de los alumnos del **5º cuatrimestre** de la Maestría en Ciencias de Información Geoespacial, del CentroGeo. Como cada año, los alumnos presentaron sus avances y resultados preliminares de investigación con la participación de sus directores y codirectores ante la comunidad científica de la Institución en una dinámica participativa de retroalimentación y mutuo aprendizaje.

Durante estos **tres años** se han presentado más de **30 alumnos** de las orientaciones terminales del Programa de maestría que corresponden a Observación de la Tierra, Inteligencia Computacional y Estudios Territoriales, lo que implica una diversidad de temas relacionadas con las **Ciencias de Información Geoespacial** vinculando y fomentando la colaboración tanto a investigadores del CentroGeo como investigadores de distintas instituciones y disciplinas.

La presentación de avances brinda a los estudiantes un **espacio formal** para exponer el desarrollo, metodología, resultados preliminares o conclusiones de su trabajo de investigación, así como recibir retroalimentaciones de la comunidad e insumos que les permita fortalecer sus investigaciones. Como parte del proceso formativo de los estudiantes de maestría, los objetivos centrales radican en **fomentar el diálogo académico, intercambiar ideas entre investigadores, docentes y estudiantes** construyendo **espacios que retroalimentan de forma propositiva los trabajos de los estudiantes** y contribuyan a mejorar la calidad de los mismos.

Por otra parte, esta actividad continua ha contribuido no solo a la difusión del conocimiento sino también ha sido un ejercicio de apertura e integración hacia la comunidad del CentroGeo que busca **estimular el interés por la investigación científica, humanística o tecnológica en estudiantes y nuevos investigadores.**

Dadas las características del CentroGeo, se ha logrado promover la interacción entre distintas áreas del conocimiento para enriquecer las perspectivas de análisis y métodos de investigación. Así, a través de este ejercicio de divulgación y vinculación en la institución los alumnos **mejoran sus capacidades de presentación, argumentación, síntesis y análisis crítico** que se refleja en la conclusión y obtención del grado académico correspondiente.

Dra. Claudia Tello y Dr. Carlos C. Martínez  
Coordinadores

# ARTÍCULO TUTORIAL

## Percepción Remota.

POSGRADO - Ciencias de Información Geográfica



Las **transformaciones espectrales** son una herramienta básica de procesamiento de imágenes de percepción remota en la que **los píxeles** de la imagen son tratados como **vectores** y **las transformaciones** como **matrices**.

Dichas transformaciones se basan en la estadística de la imagen, emplean el álgebra lineal y la descomposición en eigenvectores y eigenvalores. **SPEC** es un módulo que fue **desarrollado en CentroGeo** para la transformación de imágenes multiespectrales en Google Earth Engine (GEE).

Este manual describe su **filosofía, implementación y uso en códigos de GEE**. El módulo implementa transformaciones para **reducir redundancia y el ruido** en las bandas, pero también para **realzar los cambios entre dos imágenes y reducir el espacio** de características de una clasificación **para aumentar la separabilidad** entre clases.

Dr. José Luis Silván Cárdenas  
Profesor Investigador Tecnólogo Titular "C"  
[jsilvan@centrogeo.edu.mx](mailto:jsilvan@centrogeo.edu.mx)

# SPEC: Un Módulo para Transformaciones Espectrales de Imágenes en Google Earth Engine

José Luis Silván Cárdenas

Enero 2025

## Abstract

Las transformaciones espectrales son una herramienta básica de procesamiento de imágenes de percepción remota en la que los píxeles de la imagen son tratados como vectores y las transformaciones como matrices. Dichas transformaciones se basan en la estadística de la imagen, emplean el álgebra lineal y la descomposición en eigenvalores y eigenvectores. SPEC es un módulo que fue desarrollado en el CentroGeo para la transformación de imágenes multispectrales en Google Earth Engine (GEE). Este manual describe su filosofía, implementación y uso en códigos de GEE. El módulo implementa transformaciones para reducir redundancia y el ruido en las bandas, pero también para realzar los cambios entre dos imágenes y reducir el espacio de características de una clasificación para aumentar la separabilidad entre clases.

## 1 Introducción

A diferencia de la transformada de Fourier o la transformada Wavelets, que operan sobre las coordenadas espaciales, las transformaciones espectrales operan a lo largo de la coordenada espectral de las imágenes (bandas espectrales). En ese sentido, los píxeles de una imagen multispectral se consideran como vectores multidimensionales, los cuales pueden ser transformados por traslación, rotación y escalamiento en el espacio multidimensional. Dichas transformaciones se denominan transformaciones espectrales lineales porque son representadas por matrices, donde para estimar sus coeficientes se emplea la optimización y el muestreo estadístico.

El objetivo del módulo SPEC es precisamente la aplicación de este tipo de transformaciones en el procesamiento de imágenes de percepción remota en la nube. Fue desarrollado con propósitos de enseñanza y, como tal, se pone a disposición de alumnos y académicos interesados en el procesamiento de datos de percepción remota disponibles en GEE.

SPEC incluye actualmente las transformaciones de Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis [10]), Mínima Fracción de Ruido (Minimum Noise Fraction [5]), Detección de Alteración Multivariada (Multivariate Alteration Detection [8]), tanto en su versión original, como la versión reponderada iterativamente [9], y el Análisis de Discriminantes Lineales (Linear Discriminant Analysis [3]). También se hacen disponibles una serie de funciones básicas que permiten complementar el análisis, incluyendo la reconstrucción de imágenes a partir de los componentes seleccionados para aplicaciones de realce, filtrado y calibración relativa de imágenes, entre otros.

### 1.1 Uso del Módulo

Para usar SPEC es necesario contar con una cuenta de GEE y acceder al editor de códigos en <https://code.earthengine.google.com/>. En su programa de GEE incluya la siguiente línea al principio<sup>1</sup>:

```
1 var spec = require("users/jsilvan/modules/spec");
```

Lo siguiente es establecer la muestra aleatoria para el cálculo de las estadísticas de primer y segundo orden en la que se basan las transformaciones. Para ello se usa la función `.SetSample(region, numPixels, scale)`, como en el siguiente ejemplo<sup>2</sup>:

```
1 spec.SetSample(aoi, 1000);
```

En este ejemplo `aoi` es una geometría que define la región de interés dentro de la cual se seleccionan aleatoriamente 1000 píxeles para el cálculo del vector de medias y la matriz de covarianza.

En general, la geometría se puede especificar como objetos tipo `Geometry`, `ee.Geometry` o `ee.FeatureCollection` que intersectan la imagen a procesar. En el caso de LDA, que usa regiones clasificadas para indicar la muestra de entrenamiento, el parámetro `region` debe ser un `ee.FeatureCollection`. Para los otros casos, la región es opcional, ya que por defecto se considera la cobertura de la imagen de entrada como

<sup>1</sup>Aquí el nombre de la variable `spec` es arbitrario, pero conviene usar un nombre que recuerde a qué módulo hace referencia la variable.

<sup>2</sup>En todos los ejemplos del documento se resaltan las funciones del módulo en tono café.

| Función   | Descripción                              |
|---|--|
| <code>.SetSample(region, numPixels, scale)</code>                       | Define el muestreo de la imagen          |
| <i>region</i>   | región de muestreo                       |
| <i>numPixels</i>  | tamaño de la muestra                     |
| <i>scale</i>  | tamaño de la unidad de muestreo          |
| <code>.CenterBands()</code>   | Centra las bandas en media nula          |
| <code>.PCA(image, minCPV)</code>  | Análisis de Componentes Principales      |
| <i>image</i>  | imagen de entrada                        |
| <i>minCPV</i>   | porcentaje de varianza acumulada         |
| <code>.MNF(image, minSNR, Nregion)</code>                               | Fracción de Ruido Mínima                 |
| <i>image</i>  | imagen de entrada                        |
| <i>minSNR</i>   | relación señal a ruido mínima            |
| <i>Nregion</i>  | región de muestreo del ruido             |
| <code>.MAD(xImage, yImage, term, minCorr)</code>                        | Detección de Alteración Multivariada     |
| <i>xImage</i>   | imagen de entrada X                      |
| <i>yImage</i>   | imagen de entrada Y                      |
| <i>term</i>   | término a calcular "U", "V", "M" o "Cal" |
| <i>minCorr</i>  | correlación mínima entre componentes     |
| <code>.WMAD(xImage, yImage, wImage, ...<br/>    term, minCorr)</code>   | MAD ponderada                            |
| <i>wImage</i>   | probabilidad de no cambio                |
| <code>.IRMAD(numIter, xImage, yImage, ...<br/>    term, minCorr)</code> | MAD iterativamente reponderada           |
| <i>numIter</i>  | número de iteraciones                    |
| <code>.LDA(image, minSep)</code>  | Análisis de Discriminantes Lineales      |
| <i>image</i>  | imagen de entrada                        |
| <i>minSep</i>   | separabilidad mínima de clases           |

Table 1: Lista de funciones públicas con argumentos (formato de *italicas* significa opcional)

región de muestreo, y un tamaño de muestra de 1000 píxeles de 100 metros de resolución. En la práctica se recomienda usar la resolución nativa de la imagen en lugar de la resolución por defecto. Para determinar la resolución nativa use la siguiente línea:

```
1 var scale = band.projection().nominalScale();
```

## 1.2 Filosofía

La filosofía del módulo se basa en el encadenamiento de resultados mediante el operador "." de Java y a partir de unas cuantas funciones públicas. Las funciones que se acceden como `spec.func` se denominan funciones públicas y se listan en la Tabla 1. Éstas incluyen las transformaciones espectrales y un par de funciones inicializadoras.

Por otro lado, las funciones básicas sólo se hacen disponibles a través del resultado de una función pública y siguiendo ciertos pasos lógicos de procesamiento. El listado completo de las funciones básicas se presenta en la Tabla 2.

Por ejemplo, para poder calcular los eigenvalores y eigenvectores, antes es necesario calcular la matriz de covarianza, lo que a su vez requiere centrar las bandas en media nula, de tal manera que resulta necesario encadenar las llamadas de funciones como sigue:

```
1 var centeredImage = spec.CenterBands(image);
2 var imageWithCov = centeredImage.setCovMatrix();
3 var imageWithEigs = ImageWithCov.setEigens();
```

Si los resultados intermedios no son necesarios, podemos emplear la forma compacta:

```
1 var imageWithEigs = spec.CenterBands(image)
2 .setCovMatrix().setEigens();
```

Así, las funciones básicas proporcionan un mecanismo flexible para explorar resultados intermedios o para implementar otras transformaciones. En el resto del documento se describen brevemente la teoría detrás de cada transformación espectral, su implementación y ejemplos de aplicación en procesamiento de imágenes multiespectrales.

| Función                      | Descripción   |
|------------------------------|---|
| <code>.setCovMatrix</code>   | agrega la matriz de covarianza                                |
| <code>.setCovMatrixN</code>  | agrega la matriz de covarianza del ruido                      |
| <code>.setCovMatrixC</code>  | agrega la matriz de covarianza de clases                      |
| <code>.setMADMatrices</code> | agrega las matrices de bloque para MAD                        |
| <code>.setEigens</code>      | agrega eigenvalores y eigenvectores                           |
| <code>.setCPV</code>         | agrega vector de porcentaje de varianza acumulada             |
| <code>.setSNR</code>         | agrega vector de relación señal a ruido                       |
| <code>.setCorr</code>        | agrega vector de correlación                                  |
| <code>.setSep</code>         | agrega vector de separabilidad                                |
| <code>.getSep</code>         | obtiene separabilidad de clases en componentes LDA            |
| <code>.getImSep</code>       | obtiene separabilidad en bandas de la imagen                  |
| <code>.getMD</code>          | obtiene la matriz de distancia de Mahalanobis                 |
| <code>.getBD</code>          | obtiene la matriz de distancia de Bhattacharyya               |
| <code>.getJD</code>          | obtiene la matriz de distancia de Jeffries-Matusita           |
| <code>.getInvMatrix</code>   | obtiene la matriz de reconstrucción                           |
| <code>.rotateBands</code>    | aplica la matriz de transformación                            |
| <code>.rotateBandsMAD</code> | aplica la transformación MAD                                  |
| <code>.iterateMAD</code>     | recalcula los componentes MAD normalizados                    |
| <code>.asCentered</code>     | considera como imagen centrada                                |
| <code>.normalizePCs</code>   | componentes con varianzas unitarias                           |
| <code>.denormalizePCs</code> | restaura las varianzas originales                             |
| <code>.addChiSqrBand</code>  | agrega bandas <code>ChiSqr</code> y <code>noChangeProb</code> |
| <code>.replacePC</code>      | reemplaza componente normalizada                              |
| <code>.restoreIm</code>      | reconstruye imagen a partir de los componentes                |

Table 2: Lista de funciones básicas

## 2 Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales, o PCA por sus siglas en inglés, se puede formular desde el punto de vista estadístico como sigue [10, 6]:

Dada  $k$  variables aleatorias correlacionadas  $\mathbf{X} = [X_1, X_2, \dots, X_k]^T$  (e.g., las bandas de una imagen multiespectral) tales que:

$$E\{\mathbf{X}\} = \mathbf{0} \quad (1)$$

$$Cov\{\mathbf{X}\} = \Sigma_{\mathbf{x}} \quad (2)$$

Se requiere encontrar la matriz  $\mathbf{A}$  de la transformación  $\mathbf{Z} = \mathbf{A}^T \mathbf{X}$ , tal que las variables  $\mathbf{Z} = [Z_1, Z_2, \dots, Z_k]^T$  no estén correlacionadas entre sí. En otras palabras, que  $Cov\{\mathbf{Z}\} = \mathbf{D}$  sea una matriz diagonal, cuyos elementos diagonales correspondan a las varianzas de las componentes transformadas.

El problema de PCA equivale a encontrar los eigenvalores ( $\text{diag}(\mathbf{D})$ ) y eigenvectores ( $\mathbf{A}$ ) de la matriz de covarianza  $\Sigma_{\mathbf{x}}$ , o en términos matemáticos, resolver la ecuación característica:

$$\Sigma_{\mathbf{x}} \mathbf{A} = \mathbf{A} \mathbf{D} \quad (3)$$

La solución de dicha ecuación en GEE se realiza mediante la función `.eigen()`.

### 2.1 Implementación en SPEC

Para calcular PCA en SPEC se emplea la función `.PCA(image, minCPV)` que acepta opcionalmente un umbral de porcentaje de varianza acumulada mínima. La imagen de entrada es primero convertida a una imagen de array centrada respecto a su media y luego se rota aplicando la matriz de eigenvectores. El umbral de varianza determinará el número de componentes (bandas) que tendrá la imagen de salida, de tal forma que el porcentaje de varianza acumulada será al menos el valor indicado por `minCPV`.

Por ejemplo:

```
1 var PC90 = spec.PCA(image, 90);
```

retiene las componentes que explican al menos el 90% de la varianza en la imagen de entrada. Para retener todos los componentes se puede omitir el segundo argumento, ya que su valor por defecto es 100%.

Para visualizar un compuesto RGB de componentes, es recomendable reescalarlos. Una opción es normalizarlos mediante la función `.normalizePCs`, como en el siguiente ejemplo:

```
1 var PC90normalized = PC90.normalizePCs();
2 var visParams = {min:-5,max:5,bands:["PC1","PC2","PC3"]};
3 Map.addLayer(PC90normalized,visParams,"PC1,PC2,PC3");
```

| Atributo      | Descripción                        | Función         |
|---------------|------------------------------------|-----------------|
| meanVector    | vector de medias                   | .CenterBands()  |
| covMatrix     | matriz de covarianza               | .setCovMatrix() |
| eigenValues   | eigen valores                      | .setEigens()    |
| eigenVectors  | eigen vectores                     | .setEigens()    |
| compStdVector | desviación estandar de componentes | .setEigens()    |
| CPV           | porcentaje de variance acumulada   | .setCPV         |
| numBands      | número de bandas de entrada        | .rotateBands    |
| numComps      | número de componentes de salida    | .rotateBands    |

Table 3: Lista de propiedades que se agregan a la imagen PCA

Una representación de la imagen en términos de las componentes principales se obtiene con la función `.restoreIm(bandNames)`. Por ejemplo, la siguiente línea de código genera una aproximación con los componentes del ejemplo previo:

```
1 var img90 = PC90.restoreIm();
```

La imagen PC cuenta con toda la información requerida para recuperar la imagen original, salvo los nombres de las bandas originales, lo cual se puede especificar como argumento de `.restoreIm`.

La Tabla 3 describe las propiedades que se acumulan en la imagen de componentes de PCA y que pueden consultarse con la función `.get` de GEE. También se indica la función que genera dicha propiedad (vea la Tabla 2 para el listado de funciones), mismas que pueden emplearse para calcular la descomposición paso a paso.

Por ejemplo, para obtener todas las componentes normalizadas<sup>3</sup> uno puede ejecutar los siguientes pasos:

```
1 var PC = spec.CenterBands(image) // imagen con media nula
2   .setCovMatrix() // calcula CovMatrix
3   .setEigens() // calcula los eigens de covMatrix
4   .rotateBands() // aplica matrix de rotacion
5   .normalizePCs(); // varianzas unitarias
```

Las funciones básicas también se pueden usar para calcular directamente alguno de los parámetros de la Tabla 3. Por ejemplo, para calcular los CPV directamente sin calcular la transformación, usamos:

```
1 var CPV = spec.CenterBands(image) // imagen con media nula
2   .setCovMatrix() // calcula covMatrix
3   .setEigens() // calcula los eigens de covMatrix
4   .setCPV() // calcula CPV
5   .get('CPV'); // extrae CPV
```

## 2.2 Aplicación en Fusión Pansharpening

Una aplicación típica de PCA es la fusión de una imagen multispectral con una banda pancromática de mayor resolución espacial. El resultado es una imagen multispectral a la misma resolución que la pancromática.

El siguiente código implementa la fusión *pansharpen* entre la imagen multispectral `image_ms` y la pancromática `image_pan`:

```
1 var image_fused = spec.PCA(image_ms) // componentes ms
2   .normalizePCs() // varianzas unitarias
3   .replacePC(1, image_pan, true) // reemplaza componente PC1
4   .denormalizePCs() // restaura varianzas
5   .restoreIm(bandNames); // reconstruye la imagen
```

Para reemplazar el componente 1 con la banda pancromática normalizada se emplea la función `.replacePC(numPC, band, normalize)`. El tercer argumento indica si la banda debe normalizarse, lo cual en este caso es `true`. La normalización de la banda consiste, no solo en sustraer su media y dividir entre su varianza, sino además multiplicar por el signo de la correlación con el componente reemplazado. Esto último es necesario ya que la orientación de los componentes puede estar invertida.

La figura 1 muestra las imágenes relevantes del ejemplo anterior. Es notable que el componente PC1 está invertido respecto a la banda pancromática, lo cual, como ya se dijo, es tomado en cuenta durante el reemplazamiento de la banda. Es visible también la mayor nitidez de la imagen fusionada respecto a la imagen multispectral.

<sup>3</sup>Las funciones de transformación (incluyendo `.PCA`) entregan los componentes sin normalizar.

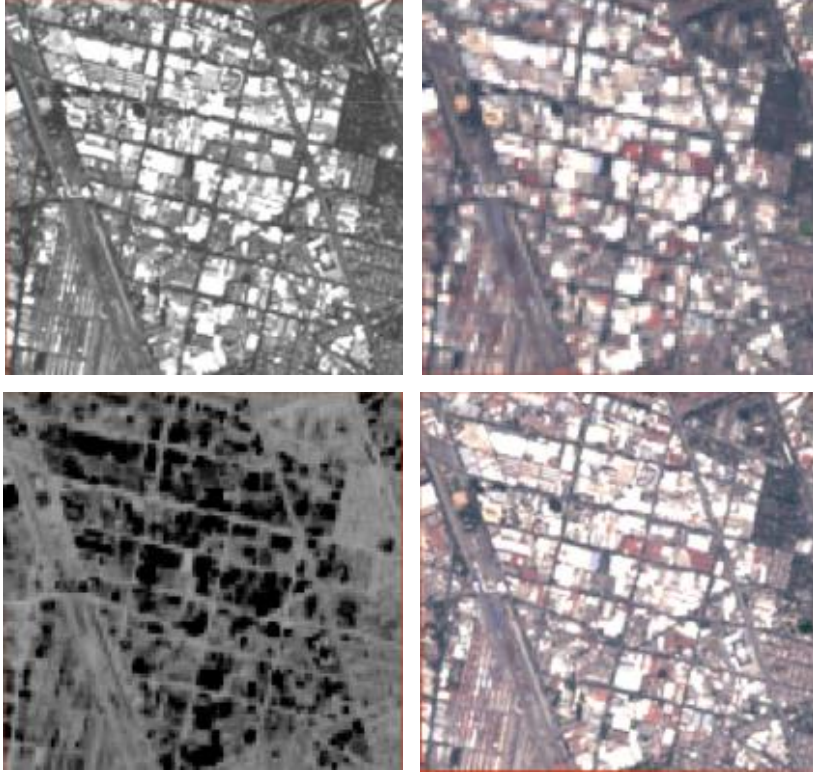


Figure 1: En orden lexicográfico se muestra: imagen pancromática, imagen multiespectral, componente PC1 e imagen fusionada.

### 3 Mínima Fracción de Ruido

La transformada de mínima fracción de ruido o MNF, por sus siglas en inglés, es similar a PCA pero ahora los componentes se ordenan por mínima fracción de ruido [5].

Los píxeles de la imagen multiespectral se modelan como  $\mathbf{X} = \mathbf{S} + \mathbf{N}$ , donde  $\mathbf{S} = [S_1, S_2, \dots, S_k]^T$  y  $\mathbf{N} = [N_1, N_2, \dots, N_k]^T$  son las componentes de señal y ruido respectivamente, tales que:

$$E\{\mathbf{S}\} = \mathbf{0}, \quad Cov\{\mathbf{S}\} = \Sigma_{\mathbf{S}}, \quad (4)$$

$$E\{\mathbf{N}\} = \mathbf{0}, \quad Cov\{\mathbf{N}\} = \Sigma_{\mathbf{N}}, \quad (5)$$

$$E\{\mathbf{X}\} = \mathbf{0}, \quad Cov\{\mathbf{X}\} = \Sigma, \quad (6)$$

MNF consiste en la transformación  $\mathbf{Z} = \mathbf{A}^T \mathbf{X}$  que maximiza la relación señal a ruido:

$$SNR = \frac{Var\{\mathbf{a}^T \mathbf{S}\}}{Var\{\mathbf{a}^T \mathbf{N}\}} = \frac{\mathbf{a}^T \Sigma_{\mathbf{S}} \mathbf{a}}{\mathbf{a}^T \Sigma_{\mathbf{N}} \mathbf{a}} - 1 \quad (7)$$

lo que equivale a resolver el eigenproblema generalizado:

$$\Sigma_{\mathbf{N}} \mathbf{A} = \Sigma \mathbf{A} \mathbf{D} \quad (8)$$

donde la matriz diagonal  $\mathbf{D}$  corresponde a los valores de  $1 + SNR$  cuando se consideran 1,2,3,... componentes.

Para poder calcular la transformación MNF se requiere estimar la covarianza del ruido. La implementación de SPEC considera una aproximación que emplea una imagen de ruido construida a partir del laplaciano de la imagen como en [2], es decir:

$$N \sim X * \begin{bmatrix} 0 & -0.25 & 0 \\ -0.25 & 1 & -0.25 \\ 0 & -0.25 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

#### 3.1 Implementación en SPEC

Dado que GEE no cuenta con una solución explícita para el eigenproblema generalizado, la implementación en SPEC resuelve dos veces el problema clásico empleando la función `.eigen()`.

El algoritmo de MNF se basa en [2] y se puede resumir en los siguientes pasos:

| Atributo          | Descripción                             | Función       |
|-------------------|---|---------------|
| meanVector        | vector de medias                        | .CenterBands  |
| covMatrix         | matriz de covarianza                    | .setCovMatrix |
| eigenValues       | eigen valores                           | .setEigens    |
| eigenVectors      | eigen vectores                          | .setEigens    |
| compStdVector     | vector de desviación estandar           | .setEigens    |
| noiseCovMatrix    | matriz de covarianza del ruido          | .MNF          |
| noiseEigenValues  | eigen valores del ruido                 | .MNF          |
| noiseEigenVectors | eigen vectores del ruido                | .MNF          |
| noiseStdVector    | vector de desviación estandar del ruido | .MNF          |
| noiseKernel       | kernel que genera la imagen de ruido    | .setCovMatrix |
| SNR               | relación señal a ruido por componente   | .setSNR       |
| numBands          | número de bandas de entrada             | .rotateBands  |
| numComps          | número de componentes de salida         | .rotateBands  |

Table 4: Lista de propiedades que se agregan a la imagen MNF

1. Calcular la imagen de ruido
2. Calcular la matriz de transformación a partir de la imagen de ruido
3. Aplicar la transformación obtenida a la imagen original
4. Normalizar los componentes
5. Calcular PCA de la imagen del paso anterior

Esto se hace mediante la función `.MNF(image, minSNR, Nregion)`, la cual acepta opcionalmente dos argumentos adicionales a la imagen de entrada. El primero (`minSNR`) determina el número de componentes a retener en términos de su contribución a la relación señal a ruido, y el segundo (`Nregion`) es una geometría que define el área a muestrear en la imagen de ruido. Por defecto, el primer argumento se asume<sup>4</sup> 0, y para el segundo se toma la misma geometría de muestreo de la imagen original (indicada a través de `.SetSamp`).

Por ejemplo, para calcular las componentes MNF usando los valores por defecto, escribimos:

```
1 var MNFcomp = spec.MNF(image);
```

La imagen MNF incluye las propiedades que se muestran en la Tabla 4. Como es de suponerse, los atributos que tienen el prefijo `noise` se basan en la imagen de ruido.

Adicionalmente a las funciones que emplea PCA (Tabla 3), la implementación de MNF usa una función `.setCovMatrixN(Nregion)` para definir la matriz de covarianza del ruido y el kernel. Sin embargo, el resultado se almacena en la propiedad `covMatrix` para poder reusar la función `.setEigens`, como en la siguiente implementación:

```
1 var MNFcomp = spec.CenterBands(image)
2   .setCovMatrixN() // calcula covMatrix del ruido
3   .setEigens() // calcula eigenValues y eigenVectors
4   .rotateBands() // aplica la rotacion
5   .normalizePCs() // normaliza
6   .asCentered() // reinicia para segunda vuelta
7   .setCovMatrix() // recalcula covMatrix
8   .setEigens() // recalcula eigenValues y eigenVectors
9   .rotateBands(numComps, "MNF"); // rotacion final
```

Es importante notar que aunque este código entregará una imagen de los componentes como los que se calculan con la función `.MNF`, ésta no contendrá todos los parámetros de la Tabla 4 debido a que algunos de estos (como `covMatrix`) se reemplazan en la segunda llamada de la misma función. Esto no pasa con la implementación `.MNF` ya que se hacen copias renombradas con el prefijo 'noise' después de la primera llamada de la función, además de que emplea `.setSNR` para determinar el número de componentes de salida.

La imagen de componentes generada mediante `.MNF` habilita además la función `.getInvMatrix()` que calcula la matriz de transformación inversa ( $\mathbf{A}^{-1}$ ) empleada por la función `.restoreIm(bandNames)`. Por lo tanto, no es recomendable la implementación paso a paso, a menos que se esté interesado en los resultados intermedios.

### 3.2 Reducción de ruido

La aplicación obvia del análisis-síntesis MNF es la reducción de ruido en las imágenes multispectrales, como en el siguiente ejemplo:

```
1 var MNFcomps = spec.MNF(image, 0)
2 var denoised = MNFcomps.restoreIm();
```

<sup>4</sup>Es posible obtener valores de SNR negativos en casos cuando la varianza del ruido es mucho mayor que la de la señal.

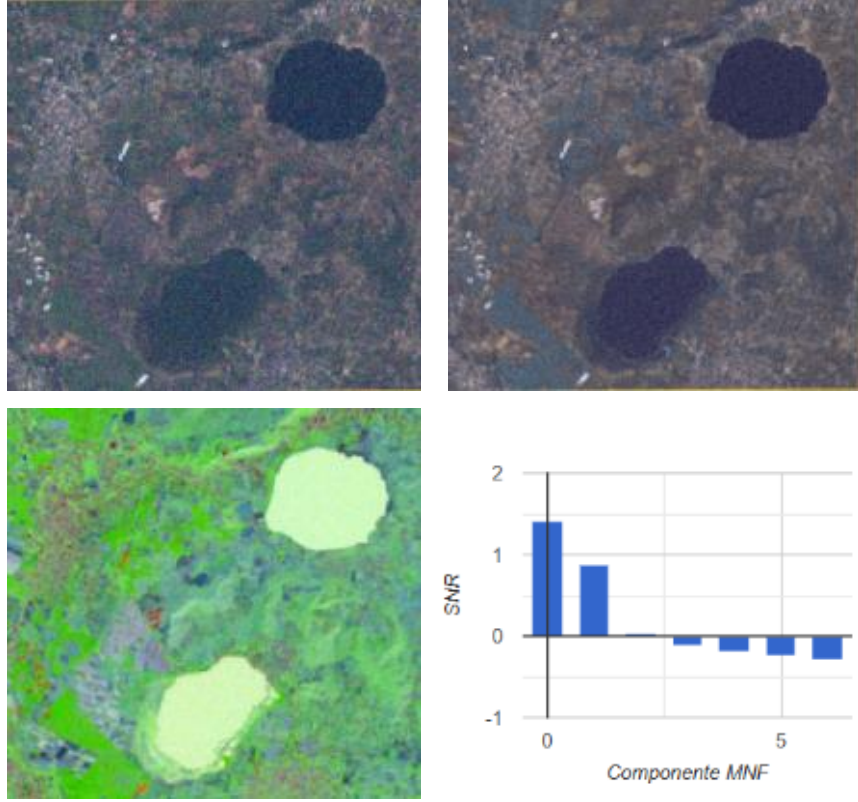


Figure 2: En orden lexicográfico se muestra: imagen original, imagen reconstruida, componentes MNF 1-3 y grafica de SNR por componente.

Para graficar el SNR de los componentes se puede emplear `ui.Chart` como el siguiente ejemplo:

```

1 var SNR = ee.Array(MNFcomps.get('SNR'));
2 var chart = ui.Chart.array.values(SNR,0)
3   .setChartType('ColumnChart')
4   .setOptions({
5     vAxis: {title: 'SNR'},
6     hAxis: {title: 'Componente MNF'},
7   });
8 print(chart);

```

La Figura 2 muestra el ejemplo de reducción de ruido con la gráfica y una visualización de los componentes MNF de mayor SNR. El cambio más notable entre la imagen original y la reconstruida se puede observar en los cuerpos de agua y zonas de suelo homogéneas.

## 4 Detección de Alteración Multivariada

La detección de alteración multivariada, o MAD por sus siglas en inglés, es un método de detección de cambios a partir de dos imágenes multispectrales [8]. Como tal, es insensible a transformaciones lineales de las imágenes de entrada, por lo que compensa algunos de los efectos atmosféricos o de estiramiento de histograma que hayan sido aplicado previamente. También se usa para calibración espectral relativa de una imagen respecto a otra, esto es, para simular las condiciones espectrales de una adquisición en otra [1]. Su formulación es como sigue.

Dadas dos imágenes multispectrales  $\mathbf{X} = [X_1, X_2, \dots, X_k]^T$  y  $\mathbf{Y} = [Y_1, Y_2, \dots, Y_k]^T$ , tales que:

$$E\left\{\begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}\right\} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$Cov\left\{\begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ \mathbf{Y} \end{bmatrix}\right\} = \begin{bmatrix} \Sigma_{\mathbf{X}} & \Sigma_{\mathbf{X}\mathbf{Y}} \\ \Sigma_{\mathbf{Y}\mathbf{X}} & \Sigma_{\mathbf{Y}} \end{bmatrix} \quad (11)$$

la transformación MAD consiste en determinar las matrices  $\mathbf{A}$  y  $\mathbf{B}$  tales que las componentes  $\mathbf{U} = \mathbf{A}^T \mathbf{X}$  y  $\mathbf{V} = \mathbf{B}^T \mathbf{Y}$  tienen correlación máxima entre bandas coincidentes y nula entre bandas disímiles, es decir:

$$Corr(\mathbf{U}, \mathbf{V}) = \mathbf{D} \quad (12)$$

es una matriz diagonal que contiene los valores de correlación de las componentes ( $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ ).

El problema equivale al problema de eigenvalores y eigenvectores generalizados acoplados mediante la matriz diagonal  $\mathbf{D}$  y se formula mediante el sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}\Sigma_{\mathbf{X}\mathbf{Y}}\mathbf{B} &= \Sigma_{\mathbf{X}}\mathbf{A}\mathbf{D} \\ \Sigma_{\mathbf{Y}\mathbf{X}}\mathbf{A} &= \Sigma_{\mathbf{Y}}\mathbf{B}\mathbf{D}\end{aligned}$$

Alternativamente, empleando matrices en bloques, el mismo se puede escribir como:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{0} & \Sigma_{\mathbf{X}\mathbf{Y}} \\ \Sigma_{\mathbf{Y}\mathbf{X}} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma_{\mathbf{X}} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \Sigma_{\mathbf{Y}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{B} \end{bmatrix} \mathbf{D} \quad (13)$$

Mas aún, las componentes MAD para el análisis de cambios consisten en las diferencias

$$\mathbf{M} = \mathbf{U} - \mathbf{V} \quad (14)$$

donde los cambios se detectan mediante el  $z$ -score

$$z = \sum_{i=1}^k \left( \frac{M_i}{\sigma_{M_i}} \right)^2 \quad (15)$$

y las varianzas de las diferencias  $\sigma_{M_i}$  corresponden a los elementos de la matriz  $2(\mathbf{I} - \mathbf{D})$ . El  $z$ -score sigue una distribución chi-cuadrada de tal forma que la probabilidad de no cambio se expresa como:

$$\Pr(\text{no cambio}) = 1 - P_{\chi^2, k}(z) \quad (16)$$

Como tal, no es posible reconstruir ambas imágenes a partir de las diferencias  $\mathbf{M}$ , sólo de los componentes  $\mathbf{U}$  y  $\mathbf{V}$ , es decir,  $\mathbf{X} = \mathbf{A}^{-1T}\mathbf{U}$  y  $\mathbf{Y} = \mathbf{B}^{-1T}\mathbf{V}$ . También es posible recalibrar una imagen (digamos  $\mathbf{X}$ ) en términos de otra de referencia ( $\mathbf{Y}$ ) intercambiando la matriz de reconstrucción. Específicamente:

$$\mathbf{X}_{cal} = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{D}\mathbf{U} \quad (17)$$

es la versión calibrada de  $\mathbf{X}$  relativa a  $\mathbf{Y}$ . Esto es así porque la matriz  $\mathbf{C}$  que minimiza el valor esperado del error  $\varepsilon = \mathbf{Y} - \mathbf{C}^T\mathbf{X}$  resulta ser:

$$\mathbf{C}^T = \Sigma_{\mathbf{X}\mathbf{Y}}^T \Sigma_{\mathbf{X}}^{-1} = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{D}\mathbf{A}^T \quad (18)$$

Finalmente, hay que considerar que mientras que para el problema de detección de cambios se deben priorizar los componentes de menor correlación (mayores cambios), para el problema de calibración relativa se priorizan los de mayor correlación (menores cambios). En cualquier caso, la correlación es el criterio para determinar los componentes retenidos.

## 4.1 Versión reponderada iterativamente

La versión reponderada iterativamente de MAD, o IR-MAD por sus siglas en inglés, es una versión que mejora iterativamente la estimación estadística [9]. Inicialmente, las medias y covarianzas de las imágenes se estiman a partir de un muestreo uniforme sobre la región de interés; sin embargo, una mejor estimación debería ponderar las observaciones en función de las probabilidades de no cambio, ya que los componentes MAD de las observaciones de no cambio siguen una distribución normal, lo que a su vez asegura que el  $z$ -score tenga una distribución chi-cuadrada. Por lo tanto, IR-MAD consiste en recalculer los componentes MAD con estadísticas reponderadas por la probabilidad de no cambio de la iteración previa (Ec. 16).

## 4.2 Implementación en SPEC

A diferencia de MNF, la solución del problema generalizado se implementa en SPEC calculando explícitamente la matriz de transformación por el método descrito en [4], el cual emplea la descomposición del problema generalizado en dos problemas clásicos de eigenvalores y eigenvectores.

La función `.MAD(xImage, yImage, term, minCorr)` permite calcular las componentes  $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{V}$  o  $\mathbf{M}$ , dependiendo del valor de `term`, el cual es por defecto "M", donde las componentes retenidas cumplen con un valor de correlación mínima `minCorr`. El valor por defecto es 0. La implementación usa la función `.setMADMatrices()` para calcular las matrices de bloque del problema de eigenvalores y eigenvectores generalizado acoplado (Ec. 13), el cual se resuelve mediante el método descrito en [4]. Adicionalmente, calcula las correlaciones de las componentes MAD empleando la función `.setCorr()`. La imagen MAD incluye las propiedades listadas en la Tabla 5.

La implementación por partes de MAD se puede hacer empleando la función `.rotateBandsMAD(numComps, term)`, la cual permite calcular cualquiera de los tres términos. El siguiente ejemplo ilustra el cálculo de los componentes  $\mathbf{U}$ , paso a paso:

| Atributo      | Descripción                      | Función         |
|---------------|----------------------------------|-----------------|
| meanVector    | vector de medias                 | .CenterBands    |
| covMatrix     | matrices de covarianza XY        | .setCovMatrix   |
| covMatrixA    | covarianzas cruzadas             | .setMADMatrices |
| covMatrixB    | covarianzas no cruzadas          | .setMADMatrices |
| eigenValues   | eigen valores                    | .setEigens      |
| eigenVectors  | eigen vectores                   | .setEigens      |
| compStdVector | vector de desviación estandar    | .setEigens      |
| Corr          | correlación de las componentes   | .setCorr        |
| numBands      | número de bandas de entrada      | .rotateBandsMAD |
| numComps      | número de componentes de entrada | .rotateBandsMAD |

Table 5: Lista de propiedades que se agregan a la imagen MAD

```

1 var images = xImage.addBands(yImage); // apila
2 var Ucomp = spec.CenterBands(images) // centra en media nula
3 .setCovMatrix() // calcula covMatrix de ambas
4 .setMADMatrices() // construye las matrices de bloques
5 .setEigens() // eigens generalizados
6 .rotateBandsMAD(numComps, "U"); // rota solo xImage

```

La versión reponderada iterativamente se calcula empleando la función `.IRMAD(numIter, xImage, yImage, term, minCorr)`, la cual requiere establecer un número de iteraciones `numIter`  $\geq 1$ . En cada iteración, IRMAD calcula la probabilidad de no cambio y la emplea para remuestrear las imágenes en función del valor de la probabilidad, es decir, que la probabilidad de que un píxel sea seleccionado para calcular el vector de medias o la matriz de covarianza es precisamente el valor de `noChangeProb` en ese píxel<sup>5</sup>. Los parámetros `term` y `minCorr` sólo se aplican en la última iteración, es decir, que en las previas siempre se calculan todos los componentes `M`. La imagen de salida contendrá los mismos parámetros que MAD, salvo un parámetro adicional `Corrs` que corresponde al historial de correlaciones en cada iteración.

El siguiente ejemplo calcula los componentes IRMAD en 10 iteraciones y grafica la evolución de las correlaciones estimadas (vea la Fig. 4):

```

1 var MADcomps = spec.IRMAD(10, xImage, yImage);
2 var Corrs = ee.Array(MADcomps.get('Corrs'));
3 var CorrsPlot = ui.Chart.array.values(Corrs, 0)
4 .setChartType('LineChart');
5 print(CorrsPlot);

```

### 4.3 Detección de cambios y calibración relativa

Para agregar las bandas `ChiSqr` y `noChangeProb` que se emplean en detección de cambio, se usa la función `.addChiSqrBand`, la cual requiere que los componentes hayan sido normalizados, como en el siguiente código:

```

1 var MADComps = spec.MAD(xImage, yImage)
2 .normalizePCs() // normaliza
3 .addChiSqrBand(); // agrega ChiSqr y noChangeProb

```

La Figura 3 muestra un ejemplo de detección de cambios ocurridos en la zona de la pista olímpica de Cuernanaco entre 1990 y 2010 usando imágenes Landsat TM. La banda `noChangeProb` se muestra con una rampa rojo-blanco para resaltar las áreas de cambio en tonos rosa-rojo, las cuales corresponden a zonas de urbanización, reforestación e inundación de los cuerpos de agua.

Otra aplicación de la función `.MAD` o `.IRMAD` es en la calibración relativa de una imagen `X` a partir de una imagen de referencia `Y`. Esto se logra haciendo `term = "Cal"`, el cual es como "U" para el cálculo de los componentes, pero emplea la Ec. (17) para la reconstrucción.

El siguiente código ilustra la calibración de `X` relativa a `Y`:

```

1 var Xcal = spec.IRMAD(20, X, Y, 'Cal') // Componentes U
2 .restoreIm(X.bandNames()) // Calibracion MAD

```

Para poder generar un diagrama de dispersión entre el antes y el después de la normalización en la zona de no cambio, se requiere la banda `noChangeProb`, la cual solo puede agregarse a partir de los variantes `M` normalizados. Una alternativa al código previo es implementar IRMAD por pasos usando `.iterateMAD(numIters)` para actualizar la probabilidad de no cambio en forma iterativa seguido de `.WMAD` para generar los componentes `U` finales, como se muestra a continuación:

```

1 var MADComps = spec.MAD(X, Y) // primera aproximacion
2 .normalizePCs() // normaliza
3 .addChiSqrBand() // agrega bandas

```

<sup>5</sup>Para acelerar la convergencia, ningún píxel con probabilidad menor a 0.75 es seleccionado.

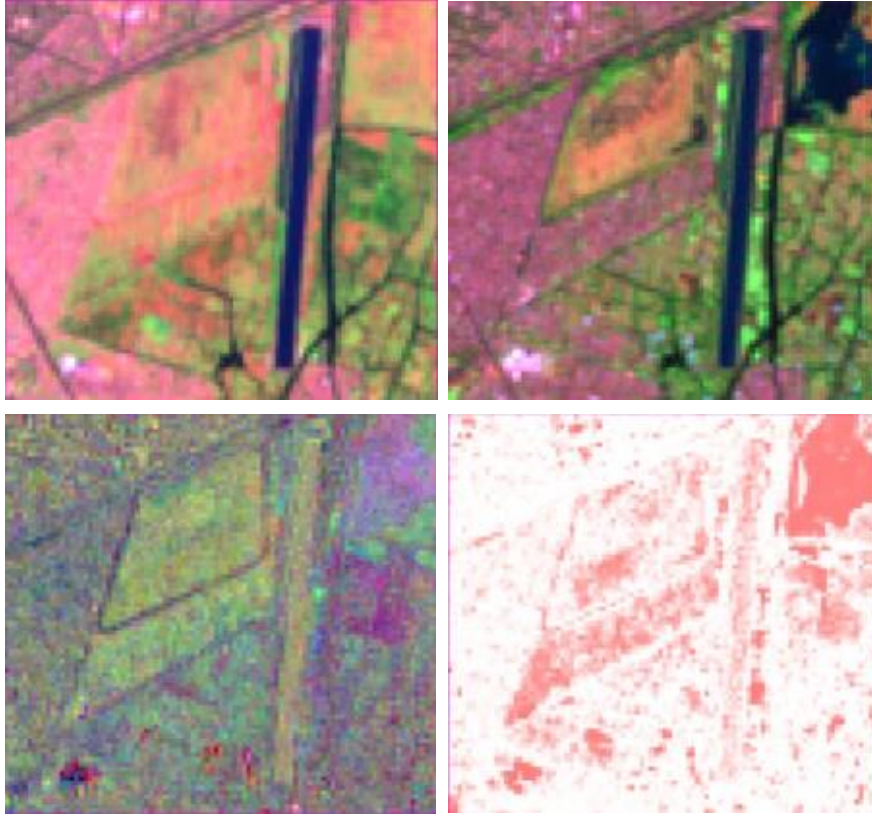


Figure 3: En orden lexicográfico se muestra: imagen de 1990, imagen de 2010, componente MAD4-6 e imagen de probabilidad de cambios.

```

4  .iterateMAD(10); // recalcula 10 veces
5  var noChangeProb = MADComps
6  .select('noChangeBands'); // para reponderacion
7  var XCal = spec.WMAD(X,Y,noChangeProb,'Cal') // U's
8  .restoreIm(X.bandNames()); // X calibrada

```

La banda `noChangeProb` se pasa a `.WMAD` para el cálculo de la estadística ponderada por la probabilidad de no cambio. También se puede emplear para seleccionar una muestra de comparación entre  $X$  y  $XCal$  respecto a  $Y$  en la región de no cambio. La Figura 4 muestra un ejemplo de calibración relativa. La calibración IRMAD hace que la imagen original se transforme en una más parecida globalmente a la imagen de referencia. De hecho, la comparación de las bandas en la zona de no cambio se hace prácticamente 1:1 como lo ilustra el diagrama de dispersión de la banda roja. También se incluye el gráfico de las correlaciones en cada iteración, revelando pocos cambios a partir de la iteración 6. Que el algoritmo converja en unas cuantas iteraciones es deseable ya que IRMAD es un algoritmo muy demandante desde el punto de vista computacional.

## 5 Análisis de Discriminates Lineales

El análisis de discriminantes lineales, o LDA por sus siglas en inglés, se puede ver como un PCA supervisado en el cual los ejes de rotación se orientan en la dirección de máxima separabilidad entre dos o más clases [3, 7]. LDA es útil para reducir la dimensionalidad del espacio de características y aumentar la separabilidad de las clases. El problema se formula como sigue.

Se desea clasificar los píxeles  $\mathbf{X} = [X_1, X_2, \dots, X_k]^T$  de una imagen multispectral en  $J$  clases, de las cuales se conocen sus muestras de entrenamiento. Sean las variables  $\mathbf{X}_j$ , para  $j = 1, 2, \dots, J$ , las muestras de entrenamiento de las  $J$  clases con media y covarianzas:

$$E\{\mathbf{X}_j\} = \mu_j, \quad Cov\{\mathbf{X}_j\} = \Sigma_j$$

Se define la medida de separabilidad de las clases como:

$$S = \frac{tr\{\Sigma_B\}}{tr\{\Sigma_W\}} \quad (19)$$

donde las matrices:

$$\Sigma_B = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^J (\mu_j - \mu)(\mu_j - \mu)^T$$

$$\Sigma_W = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^J \Sigma_j$$

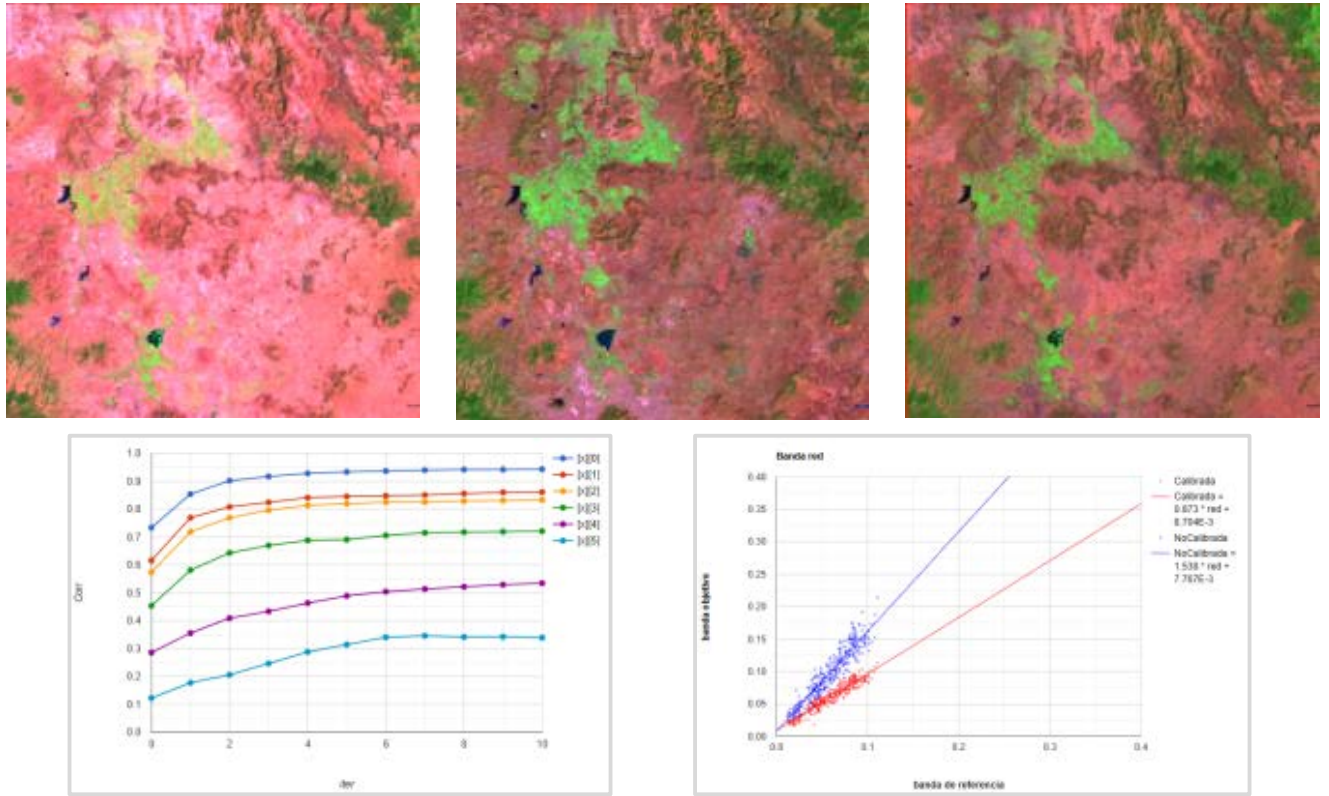


Figure 4: En orden lexicográfico: Imagen objetivo, imagen de referencia, imagen calibrada, correlaciones, y diagramas de dispersión antes y después de la calibración.

son las covarianzas interclase (*between class*) e intraclase (*within class*), respectivamente. La Ecuación (19) no es otra cosa que la distancia entre la media de los elementos de distintas clases a la media global,  $\mu$ , dividida por el promedio de la distancia de elementos a la media de su clase.

La transformación LDA consiste en encontrar la transformación  $\mathbf{Z} = \mathbf{A}^T \mathbf{X}$  que maximiza la separabilidad en el espacio transformado:

$$S(\mathbf{a}) = \frac{\mathbf{a}^T \Sigma_B \mathbf{a}}{\mathbf{a}^T \Sigma_W \mathbf{a}} \quad (20)$$

Encontrar la matriz de transformación LDA equivale a resolver el eigenproblema generalizado:

$$\Sigma_B \mathbf{A} = \Sigma_W \mathbf{A} \mathbf{D} \quad (21)$$

donde los eigenvalores  $\mathbf{D} = \text{diag}\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$  definen la contribución a la separabilidad de clases en el subespacio de las componentes principales. Específicamente, la separabilidad en el espacio de los  $n$  componentes de mayor separabilidad está dada por:

$$S_n = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{n} \quad (22)$$

## 5.1 Implementación en SPEC

La transformación LDA se realiza en SPEC mediante la función `.LDA(image, minSep)` la cual acepta como segundo argumento opcional el umbral de separabilidad mínima para determinar el número de componentes a retener. Los parámetros agregados a la imagen de componentes se muestran en la Tabla 6.

En la práctica, no se conoce el nivel de separabilidad que retiene un número de componentes deseados. Para calcular un número de componentes previamente determinado, se puede aplicar la implementación paso a paso. El siguiente ejemplo ilustra el cálculo de las primeras tres componentes normalizadas:

```

1 spec.SetSamp(training, 1e6, scale); // define muestras de entrenamiento
2 var LDAComps = spec.CenterBands(image); // centra bandas en media nula
3 .setCovMatrixC() // calcula covarianzas CB y CW
4 .setEigens() // calcula eigen valores y vectores
5 .rotateBands(3) // transformacion de 3 componentes
6 .normalizePCs(); // normalizacion

```

| Atributo      | Descripción                        | Función        |
|---------------|------------------------------------|----------------|
| meanVector    | vector de medias                   | .CenterBands   |
| classMeans    | número de bandas de entrada        | .setCovMatrixC |
| classCovs     | bandas de la imagen X              | .setCovMatrixC |
| covMatrixA    | covarianza de medias               | .setCovMatrixC |
| covMatrixB    | media de covarianzas               | .setCovMatrixC |
| eigenValues   | eigen valores                      | .setEigens     |
| eigenVectors  | eigen vectores                     | .setEigens     |
| compStdVector | desviación estandar de componentes | .setEigens     |
| Sep           | separabilidad por componente       | .setSep        |
| numBands      | número de bandas de entrada        | .rotateBands   |
| numComps      | número de componentes de salida    | .rotateBands   |

Table 6: Lista de propiedades que se agregan a la imagen LDA

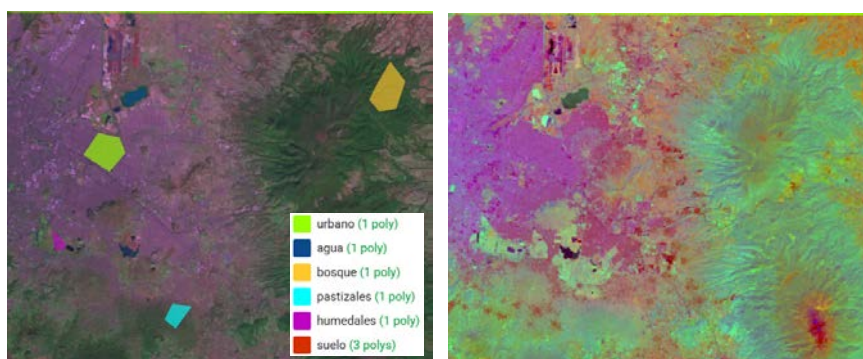


Figure 5: Imagen de entrada con muestras de entrenamiento y compuesto de componentes LDA1-3-2.

La función `.setCovMatrixC()` se usa aquí para calcular las matrices de covarianza intraclase e interclases, las cuales se emplean para resolver el eigenproblema generalizado por `.setEigens()`. Posteriormente, `.rotateBands(3)` aplica toma sólo tres eigenvectores para calcular tres componentes LDA, los cuales se normalizan por su desviación estándar en el último paso. Este último paso no se incluye en la implementación `.LDA()`, pero se emplea `.setSep()` para agregar el vector de separabilidad `Sep`, el cual se usa para determinar el número de componentes que garantizan el nivel de separabilidad solicitado. La ventaja de emplear la función `.LDA()` es que ésta habilita la reconstrucción a partir de los componentes retenidos mediante `.restoreIm(bandNames)`, así como el cálculo de distancias estadísticas entre las clases y la separabilidad global antes (Ec. 19) y después de la rotación (Ec. 22), como se ilustra en la siguiente aplicación.

## 5.2 Análisis de separabilidad

El siguiente ejemplo calcula los componentes LDA con separabilidad mayor a 6 y muestra la separabilidad de clases para las bandas originales y las componentes LDA:

```

1 var LDAComps = spec.LDA(image,6); // Componentes LDA
2 // Muestra separabilidad antes y despues de la rotacion
3 print("Separabilidad Original", LDAComps.getImSep());
4 print("Separabilidad LDA", LDAComps.getSep());

```

El resultado del ejemplo anterior se ilustra en la Fig. 5, donde la separabilidad aumenta de 3.18 en las bandas originales a 7.32 en las 3 componentes seleccionadas. Esta mayor separabilidad se manifiesta como un aumento de contraste entre los píxeles de las distintas clases en el compuesto RGB de las componentes (Fig. 5-der).

Finalmente, hay que considerar que la separabilidad global no permite predecir qué clases presentarán una mayor confiabilidad en el producto clasificado. Para ello, es necesario emplear otras métricas de separabilidad por clase, tales como la distancia de Mahalanobis, distancia de Bhattacharya o distancia de Jeffries-Matusita. Todas estas métricas se basan en las matrices de covarianza generadas con `.setCovMatrixC` y pueden ser generadas en SPEC para realizar un análisis de separabilidad más detallado (vea la Tabla 2 para las funciones correspondientes).

## 6 Comentarios finales

Debe notarse que las transformaciones implementadas en SPEC no restringen su uso a imágenes multi/híperespectrales, y que su aplicación podría extenderse a capas de datos de distinta naturaleza, como elevaciones, temperaturas, humedad del suelo, etc. Incluso, es posible realizar operaciones espaciales, por ejemplo, apilando píxeles de un vecindario en una imagen multibanda y aplicando una transformación espectral a dichos datos. De tal forma que el potencial del módulo no se limita a los ejemplos citados en este documento.

El desarrollo de SPEC ha sido producto del trabajo de enseñanza del curso de Percepción Remota en el CentroGeo que por años ha desempeñado el autor. Está pensado para ser reusable y simple de comprender. No tiene garantía de encontrarse libre de errores, aunque continuamente se actualiza, amplía y mejora. Si lo encuentras útil en tus investigaciones o proyectos académicos, será un placer conocer tu trabajo y recibir cualquier sugerencia de mejoras a través del correo institucional del autor, [jsilvan@centrogeo.edu.mx](mailto:jsilvan@centrogeo.edu.mx).

## References

- [1] Morton J Canty and Allan A Nielsen. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery with the iteratively re-weighted mad transformation. *Remote Sensing of Environment*, 112(3):1025–1036, 2008.
- [2] Morton John Canty. *Image analysis, classification and change detection in remote sensing: with algorithms for Python*. Crc Press, 2019.
- [3] Ronald A Fisher. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of eugenics*, 7(2):179–188, 1936.
- [4] Benyamin Ghojogh, Fakhri Karray, and Mark Crowley. Eigenvalue and generalized eigenvalue problems: Tutorial. *arXiv preprint arXiv:1903.11240*, 2019.
- [5] Andrew A Green, Mark Berman, Paul Switzer, and Maurice D Craig. A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 26(1):65–74, 1988.
- [6] Trevor Hastie. *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*, 2009.
- [7] Cheng Li and Bingyu Wang. Fisher linear discriminant analysis. *CCIS Northeastern University*, 6, 2014.
- [8] Allan A Nielsen, Knut Conradsen, and James J Simpson. Multivariate alteration detection (mad) and maf postprocessing in multispectral, bitemporal image data: New approaches to change detection studies. *Remote Sensing of Environment*, 64(1):1–19, 1998.
- [9] Allan Aasbjerg Nielsen. The regularized iteratively reweighted mad method for change detection in multi-and hyperspectral data. *IEEE Transactions on Image processing*, 16(2):463–478, 2007.
- [10] Karl Pearson. Liii. on lines and planes of closest fit to systems of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin philosophical magazine and journal of science*, 2(11):559–572, 1901.

# ALUMNOS DE POSGRADO

## Trabajos.

Desarrollar **habilidades de comunicación** en los alumnos de posgrado de CentroGeo es fundamental para fortalecer su **formación académica y profesional**. En un entorno donde el conocimiento se construye de manera interdisciplinaria y los problemas territoriales requieren enfoques integrales, saber **comunicar de forma clara y creativa** se vuelve una herramienta fundamental. Una comunicación efectiva, además de transmitir resultados de investigación, también busca explorar diversas **formas de representación que permitan conectar** con públicos académicos, institucionales y sociales.

Ejercitar estas habilidades promueve la creatividad, ya que invita a los estudiantes a **experimentar** con diferentes **lenguajes, formatos y plataformas** para dar sentido a los datos, narrar procesos complejos o visibilizar problemáticas territoriales. A través de mapas interactivos, documentos argumentativos o cápsulas audiovisuales, por mencionar sólo algunos, los alumnos desarrollan competencias clave para el análisis, la síntesis y la divulgación crítica del **conocimiento geoespacial**.

Te invitamos a conocer algunos de los trabajos desarrollados por los alumnos del posgrado, quienes han puesto en práctica distintas herramientas comunicativas para explorar, analizar y representar el espacio geográfico y lo que en él sucede.

# ENSAYO DE SOCIEDAD Y TERRITORIO –

Quintín Hernández Gómez <sup>1</sup>

## ¿Es acaso la “severa sequía” el factor principal en el desabasto de agua en Huejutla, Hgo?

### Introducción

Huejutla de Reyes (Lugar de sauces), es uno de los 84 municipios que conforman el estado de Hidalgo, se ubica en la huasteca hidalguense, al noreste del estado. El pueblo nahua es el predominante del municipio. Huejutla pertenece a “la franja Costera del Golfo de México, manteniendo los límites con la Sierra Madre Oriental”<sup>2</sup>. En cuanto al clima es cálido-húmedo con una temperatura media anual de 31.1°C y una precipitación pluvial de 1,500 milímetros<sup>3</sup> por año siendo los meses de junio a octubre<sup>4</sup> en los que hay más precipitación. Huejutla colinda al norte con el estado de Veracruz, al sur con Atlapexco, al oeste con Orizatlán y al este con pequeños poblados como Chapopote Chico o Ixcanelco.

En la época prehispánica esta región fue ocupada por grupos huastecos (teenek) que son un grupo cultural cuya lengua es una variante de las lenguas mayenses que llegaron a estas regiones huastecas hacia el 1500 antes de Cristo (a.C.) aproximadamente. Durante esta época tuvo diversos momentos en los que grupos teenek (huastecos) dominaron la región, y durante el final del siglo XV (aprox. 1480 después de Cristo) e inicios del XVI (1500 d.C.), en momentos de expansión Mexica (de la Cruz Morales, 2008) éstos, instalaron bases militares en distintos lugares para la conquista de esta área cultural, siendo Huejutla uno de estos lugares; es así que los teenek (huastecos) fueron desplazados hacia el norte (San Luis Potosí y Tamaulipas) por los nahuas (mexicas), razón por la cual hoy en día esta es la etnia más predominante de la huasteca hidalguense, aunque aún hay pequeños grupos de habla teenek (Ariel de Vidas, 2009).

Históricamente ha sido un área campesina y la agricultura continúa siendo uno de los principales trabajos de la región. Por su posición geográfica es un lugar con abundantes recursos hídricos: ríos y manantiales han sido característicos de la huasteca, no obstante, en las últimas décadas ha experimentado un deterioro en la abundancia hídrica, ya que ríos y manantiales han estado perdiendo agua. Así mismo, esto ha afectado en el suministro del agua hacia la comunidad y colonias, pudiendo ser debido a distintos factores (falta de infraestructura, distribución desigual o acaparamiento de agua por parte de otras personas u o poblados).

Este año de 2024 fue un momento histórico en el municipio de Huejutla ya que la sequía que se vivió en el país afectó fuertemente sus dos ríos principales (Candelaria y Hules), los cuales sufrieron una desecación histórica, y con ello afectaron el suministro del vital líquido, lo cual conllevó al cierre de comercios, afectación en la atención hospitalaria, y al desabasto de muchas colonias, entre otras. Para poder solucionar este embate, las autoridades municipales utilizaron pipas de agua con capacidad de entre 20 mil y 10 mil litros para abastecer al municipio<sup>5</sup>, sin embargo, la escasez de agua originó que no haya lugares donde se puedan abastecer las pipas<sup>6</sup>.

El caso que nos interesa abordar es la llamada “sequía” sufrida en Huejutla este 2024, desde un enfoque de cuenca, intentamos observar las diferentes fuentes de abastecimiento, zonas de recarga y lugares de abastecimiento, para posteriormente identificar las consecuencias, afectaciones y respuestas de los pobladores de Huejutla, pertenecientes a la subcuenca del río Moctezuma que a su vez pertenece a la región hídrica del Pánuco. Para este ensayo haremos uso del Enfoque de Cuenca (Cotler Ávalos, 2020),

---

<sup>1</sup> Estudiante de la Maestría en Ciencias de Información Geoespacial. Ensayo realizado para el curso Sociedad y Territorio

<sup>2</sup> <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/huejutla/n10/a1.html#:~:text=La%20Huasteca%20hidalguense%20se%20ocaliza,con%20la%20Sierra%20Madre%20Oriental>

<sup>3</sup> [Municipio de Huejutla](#)

<sup>4</sup> [El clima en Huejutla de Reyes, el tiempo por mes, temperatura promedio \(México\) - Weather Spark](#)

<sup>5</sup> [La Jornada - Anuncian acciones de emergencia para combatir sequía en Huejutla, Hgo](#)

<sup>6</sup> [Sequía en Hidalgo: Declaran emergencia en Huejutla por escasez de agua – El Financiero](#)

en el cual intentaremos identificar las problemáticas y específicamente las afectaciones que han golpeado este municipio de la huasteca hidalguense y ver si realmente existe una sequía.

### **Justificación**

La huasteca en general es una región muy abundante en cuanto a recursos hídricos, nuestra región de interés es, además “un paisaje escarpado en el que la presencia humana es muy discreta está frecuentemente cubierto por capas de neblina que se deshacen a medida que se baja hacia las tierras calientes [...]. La vegetación silvestre cede su lugar a las milpas de maíz, naranjales y platanales colgados de las laderas, que aún son muy abruptas.” (Ariel de Vidas, 2009: 21).

Pareciera una paradoja que estando en una región con abundancia en humedad y agua, se haya presentado un tema de falta/escasez de agua, pues muchas comunidades alrededor de Huejutla resintieron la sequía, generando el cierre de comercios, afectaciones a las colonias y a hospitales. Asimismo, Huejutla fue el primer municipio de los 53 que forman el estado de Hidalgo en ser declarado de emergencia por la escasez de agua<sup>7</sup>.

Lo que se pretende abordar desde el Enfoque de Cuenca, es identificar cuáles son los factores que han llevado a que esta situación ocurriese y ver si realmente los discursos sobre la sequía tienen relación con lo observado. Para realizar este ejercicio haré uso de muchas fuentes secundarias como videos de personas de la comunidad, notas periodísticas e información de redes sociales; mientras que también haré uso de los enlaces del DOF y autoridades municipales.

### **Objetivos del análisis**

El objetivo de este ensayo es entender desde el enfoque de cuenca y el estudio de los pozos subterráneos, como es el abastecimiento de agua hacia el municipio de Huejutla y observar los posibles factores que pudieron llevar a la situación tan adversa que enfrentó el municipio en la sequía de 2024 que afectó además a ríos muy importantes dentro de la región.

Así mismo, otro de los objetivos, por el momento, es ver las causas y afectaciones principales del desabasto de agua y ver las respuestas de la comunidad en aras de enfrentar esta crisis.

### **Desarrollo del tema**

Como antecedente, tenemos que en el año 2007 el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología de Agua), llevó a cabo un diagnóstico socio-hídrico con enfoque de cuenca, a través de talleres participativos con líderes locales, entrevistas y encuestas en tres municipios: Huejutla (cuenca baja), Atlapexco (cuenca media) y Calnali (cuenca alta). Todos los municipios coincidieron en la falta de agua y la mala calidad de esta (Soares Moraes y Camacho González, 2007). En resumen, las causas no fueron percibidas iguales, pero generalizaron que la deforestación fue el factor principal (Ídem).

Durante la sequía del 2024, muchos de los encabezados periodísticos señalaban lo siguiente:

- *Sequía en Hidalgo: Declaran emergencia en Huejutla por escasez de agua – Periódico El Financiero*
- *Piden declarar estado de emergencia en Huejutla por sequía - Periódico El Sol de Hidalgo*
- *Autoridades atienden situación de emergencia por sequía en Huejutla – Periódico El Universal Hidalgo*

---

<sup>7</sup> [La Jornada: Exigen declaratoria de emergencia en Huejutla, Hidalgo, por falta de agua](#)

- *Activan plan emergente por sequía en Huejutla; 60 colonias afectadas – Periódico Excelsior*
- *Anuncian acciones de emergencia para combatir sequía en Huejutla, Hgo – Periódico La Jornada*
- *Por escasez de agua, autoridades municipales declaran estado de emergencia en Huejutla – Periódico Milenio*

Como podemos observar, la gran mayoría de los encabezados hacen referencia a la sequía que atravesó este municipio, pero ¿es realmente está la causa en la disponibilidad de agua?

Hago énfasis en que se explora someramente este problema ya que un trabajo mayor supera el alcance del mismo. Para tratar el tema, habrá que remitirnos primero hacia quién o cómo se distribuye el agua en este municipio, por lo que citaremos y parafrasearemos la “*DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO XOCHITLÁN – HUEJUTLA (1304), ESTADO DE HIDALGO*” 2010 y sus respectivas actualizaciones 2015 y 2024 publicados en el DOF (Diario Oficial de la Federación) (2015)

Empezaremos diciendo que el municipio de Huejutla tiene una asignación/concesión para obtener el recurso hídrico a través del acuífero Xochitlán-Huejutla, clave 1304, que tiene una extensión de aproximadamente 258 km<sup>2</sup>, y que geopolíticamente abarca los municipios de Tlanchinol y Huejutla de Reyes. Esta asignación parece haberse dado desde el año 2001<sup>8</sup>, mientras que en el año 2008 fue realizado el primer “Estudio Hidrogeológico del acuífero Xochitlán-Huejutla, Hidalgo”, el cual fue elaborado por la empresa Lesser y Asociados S.A. de C.V., para la Comisión Estatal de Aguas (CEA) y Alcantarillado del estado de Hidalgo (DOF, 2015: 3). Dentro de los objetivos estaba “actualizar el conocimiento hidrogeológico del acuífero, hacer un balance del agua subterránea y determinar la disponibilidad del agua subterránea” (DOF, 2015: 3-4) entre otros.

Considerando el censo de hidrometría realizado en el año de 2008, se observó que hay 77 aprovechamientos de agua subterránea, 44 son norias, 30 manantiales donde 6 incluyen cárcamo de captación y 3 pozos. Mientras que el volumen de extracción es de 0.94 hm<sup>3</sup> anuales, utilizando el 95.2% para uso público urbano, 2.7 % a uso doméstico y lo demás a uso agrícola e industrial. Por otro lado, con los manantiales se descarga un volumen anual de 7.8 hm<sup>3</sup>, que son destinados a uso doméstico y público urbano (DOF, 2015: 14)

Si bien nuestro caso de estudio se limita al municipio de Huejutla, no encontramos información acerca de los pozos de extracción ni ubicación. La CAPASHH (Comisión de agua potable, alcantarillado y saneamiento de Huejutla de Reyes, Hgo)<sup>9</sup>, es la encargada de suministrar de agua potable a la población, y mediante videos en YouTube, pudimos ver que tanto en el río Candelaria como en el río Hules existen dos bombas de extracción que se encargan de la extracción del agua<sup>10</sup>, Considerando lo anterior, nos interesa cuáles pueden ser las causas.

Este 2024 fue uno de los años que más afectó a los huejutlenses con relación a la falta de agua, sin embargo, esto ya viene ocurriendo de mucho tiempo atrás, siendo algunos factores los que pondremos a continuación. Muchos de los drenajes de las casas y colonias de Huejutla y alrededores se descargan a los ríos. Además, una fuerte cantidad de basura es tirada sobre el terreno y con las lluvias esta recae en los ríos contaminándolos aún más. Así también, algunas imágenes que pudimos observar a las orillas del río los Hules, se encuentran casi sin árboles debido a la deforestación que ha hecho la gente para tener campos de cultivo cercano a este río, destruyendo por completo los sistemas riparos que son fundamentales para el buen funcionamiento de los ríos.

<sup>8</sup> [DOF - Diario Oficial de la Federación](#)

<sup>9</sup> Al meternos al revisar la página, las pestañas de licitación no arroja ninguna información. [CAPASHH](#)

<sup>10</sup> [Sin lluvia prevén suspensión de agua en Huejutla, anuncia CAPASHH | El Universal Hidalgo](#)

Por otro lado, es patente la sobreexplotación del acuífero, el robo de agua por parte de otras comunidades en Veracruz<sup>11</sup> y la falta de mantenimiento que hay en las bombas de extracción. Igualmente es notorio la inoperancia de instituciones federales en el mantenimiento de estos equipos, sumado a las altas temperaturas, y la falta de lluvias. Todos estos factores podrían estar explicando el déficit en la disponibilidad de agua potable para la gente.

### **Discusión**

Como respuesta ante estos embates, la población empezó a difundir videos en las plataformas digitales sobre la falta de agua en los ríos, su preocupación porque no podían continuar con la dinámica de siempre, sumado a las fuertes temperaturas. La CAPASHH invitó a la comunidad a realizar denuncias ante el robo de agua en pozos, el cobro excesivo por las pipas de agua, y también iniciaron una demanda con la CFE debido a que no han atendido la solicitud para reparación de bombas que fueron afectadas por la energía eléctrica.

Otra de las respuestas por parte de la comunidad nahua del poblado de Cuapaxtitla, fueron las dedicatorias ceremoniales que le hicieron a un río para implorar por las lluvias. Para entender esto, hay que recordar que se trata de una comunidad con una raíz cosmogónica ancestral, pues desde la ontología huasteca, el agua, las cuevas, árboles y demás aspectos del territorio, son entes vivos; por lo tanto, hay que dedicarles ofrendas, en este caso se ofrendaron tamales (zacahuiles), flores, veladoras, refrescos y se bañaron esculturas católicas para la petición de las lluvias que alivianen este momento de estrés.

### **Reflexiones**

En este somero ensayo, observamos que el enfoque de cuenca es muy importante a la hora de abordar este tipo de temas complejos, ya que nos da un panorama más abierto y a la vez más particular sobre las diferentes causas que conllevan a discursos que justifican la problemática, en este caso el de la falta de agua, el cual como vimos, tiene varios factores que se concatenan para generar una negativa en el suministro y disponibilidad del agua. En este eje, tanto sociedad, como autoridades y también, considero, que entra al tema nuestra cultura cívica, tienen que ponerse al tanto de la situación para poder atender esta problemática que, en vez de revertirse, parece que se hará cada vez más y más compleja.

Por otro lado, la respuesta de las ofrendas ceremoniales por parte de la comunidad hacia los ríos, nos habla mucho sobre el pensamiento mesoamericano tan marcado que sigue vigente dentro de nuestras comunidades ancestrales, dentro de esto parece insertarse el “paradigma de ciclos vitales” (Moctezuma Barragán, 2023: 53-58) en donde la ontología con la que se concibe al agua es totalmente diferente al paradigma extractivista y por lo mismo se le da mayor importancia al agua y su entorno ya que todo cobra vida, es parte de nuestro mundo y justifican nuestra existencia.

### **Conclusiones**

La sequía de Huejutla parece aumentarse más por temas de índole antrópico, es decir, si bien sí ha habido una falta de lluvias y altas temperaturas, esto se agrava más por el tema de deforestación de bosques, la contaminación del agua por las cañerías que descargan a los ríos, la basura arrojada al río, la sobre explotación y también se agrega la falta de mantenimiento al equipo de bombeo o también que estas máquinas se encuentran obsoletas.

---

<sup>11</sup> <https://www.eluniversalhidalgo.com.mx/municipios/colapsa-sistema-de-agua-potable-en-huejutla/>

Ante lo anterior, se abren un espacio para generar alternativas que puedan ayudar a coadyuvar acciones atacando los factores particulares observados en el enfoque de cuenca y que no permitan que este problema se vaya agravando, pues todas las afectaciones y graves consecuencias de la temporada de estiaje en tiempos actuales, han quedado en el colectivo social de la huasteca hidalguense.

### Bibliografía

Ariel de Vidas, Anath

2009 *Huastecos a pesar de todo. Breve historia del origen de las comunidades teenek (huastecas) de Tantoyuca, norte de Veracruz* (Cecilia Pacheco y Joëlle Gaillac). CEMCA.

Cotler Ávalos, Helena

2020 La sustentabilidad del agua: Entre la integridad y la gobernanza de las cuencas. *Argumentos Estudios críticos de la sociedad. El agua de la nación entre los derechos humanos y el mercado*, 2(93), 41-55. <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202093-02>

de la Cruz Morales, Gildardo

2008 *Huejutla. Su origen, historia y geografía*. Impresora Múltiple. DOF.

2015 *ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Xochitlán-Huejutla, clave 1304, en el Estado de Hidalgo, Región Hidrológico-Administrativa Golfo Norte*. DOF (Diario Oficial de la Federación).

Moctezuma Barragán, Pedro

2023 *El agua en nuestras manos*. FCE.

Soares Moraes, Denise y Héctor Camacho González

2007 El agua en la huasteca hidalguense. Problemáticas y perspectivas para su manejo sustentable. *Gaceta del IMTA*, 8.

### Referencias

DOF - Diario Oficial de la Federación

La Jornada: Exigen declaratoria de emergencia en Huejutla, Hidalgo, por falta de agua

Nuestros Ríos De Secan !! Declararán A #Huejutla Estado De Emergencia Ante Falta De #Agua. 🙏🏻🙏🏻☀️📢

Sequía en Hidalgo: Declaran emergencia en Huejutla por escasez de agua – El Financiero

La Jornada - Anuncian acciones de emergencia para combatir sequía en Huejutla, Hgo

Piden limpieza para tres principales ríos de Huejutla, tienen basura - El Sol de Hidalgo | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Hidalgo y el Mundo

<https://www.eluniversalhidalgo.com.mx/municipios/colapsa-sistema-de-agua-potable-en-huejutla/>

<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/huejutla/n10/a1.html#:~:text=La%20Huasteca%20hidalguense%20se%20ocaliza,con%20la%20Sierra%20Madre%20Oriental>

# ESPECIALIDAD en Geomática.

## Comunicación Visual del Espacio Geográfico

La imaginación geográfica es un proceso cognitivo y creativo que se activa de forma natural en nuestra interacción con el entorno. Sin embargo, existen otras formas de interacción que detonan este tipo de imaginación como el leer un libro o escuchar un relato, generando imágenes mentales de los espacios descritos. A través del lenguaje escrito, un lector puede interpretar referencias espaciales, relaciones sociales, elementos del paisaje y dinámicas territoriales, construyendo su propia imagen mental de un lugar.

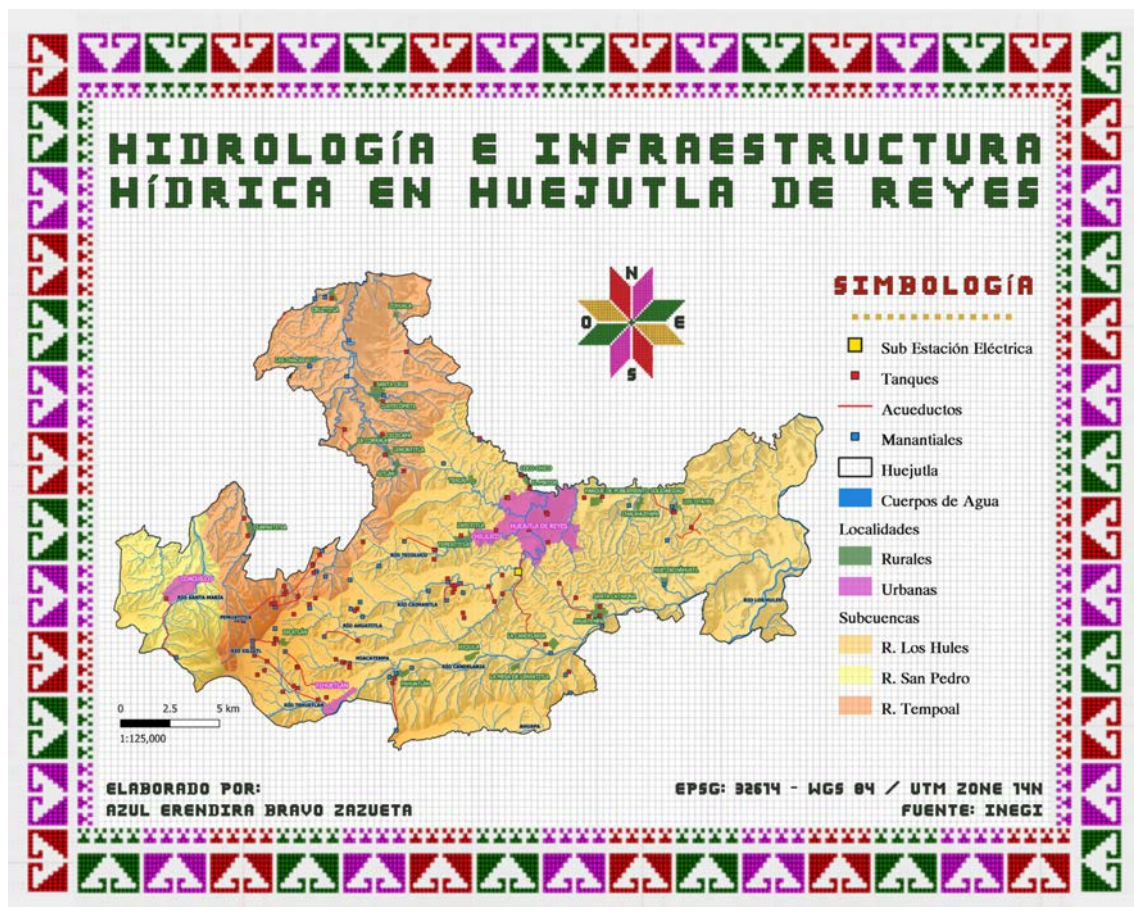
Este ejercicio interpretativo y representacional se enriquece con conocimientos previos, emociones y contextos culturales, permitiendo una comprensión más cercana del territorio narrado.

Diseñar y representar ese espacio geográfico implica traducir la información textual en formas visuales —como mapas, esquemas o modelos— que integran dimensiones físicas, simbólicas y sociales. Así, la representación no sólo es técnica, también es interpretativa y, sobre todo, creativa.

Este trabajo es resultado de un ejercicio práctico de imaginación geográfica en la materia de *Comunicación Visual del Espacio Geográfico* de la Especialidad en Geomática de la alumna **Azul Bravo**, a partir del ensayo de *Sociedad y Territorio* del alumno **Quintín Hernández**.

M. en G. Gabriela Quiroz - Cázares  
[gquiroz@centrogeo.edu.mx](mailto:gquiroz@centrogeo.edu.mx)

M. en G. Yezmín Calvillo Saldaña  
[ycalvillo@centrogeo.edu.mx](mailto:ycalvillo@centrogeo.edu.mx)



# MAESTRÍA

# Ciencias de Información

# Geoespacial.

## Introducción al Monitoreo Espacio - Temporal

Los siguientes proyectos fueron realizados por los alumnos de **Introducción al Monitoreo Espacio-Temporal** de la **Maestría en Ciencias de Información Geoespacial** (2024 - 2026).

Estos trabajos finales consideran que la **temperatura** de la superficie terrestre es una de las variables más importantes en el planeta para entender el **cambio climático**. Donde la observación de la Tierra desde satélites permite la medición remota de esta variable. Contar con datos de temperatura con **buena cobertura espacial y temporal** es clave para abordar una amplia variedad de aplicaciones, como el seguimiento de incendios, el análisis de la dinámica térmica del macroclima urbano, los efectos de la isla de calor, entre otros.

Los resultados de cada trabajo son aproximaciones que requieren mayor tiempo de investigación para confirmar su aplicabilidad.

Dra. Alejandra López Caloca  
Profesor Investigador Tecnólogo Titular "C"  
[alopez@centrogeo.edu.mx](mailto:alopez@centrogeo.edu.mx)

Dr. Juan Carlos Valdiviezo Navarro  
Investigador por México  
[jvaldiviezo@centrogeo.edu.mx](mailto:jvaldiviezo@centrogeo.edu.mx)

# Análisis del fenómeno de islas de calor urbana, Mérida, Yucatán (2000 y 2023)

Emiliano Jiménez Arévalo  
Luis Donald Martínez Torres  
Erick Eduardo Mendoza Ruíz

**[Estudiantes] - Maestría en Ciencias de Información Geoespacial**

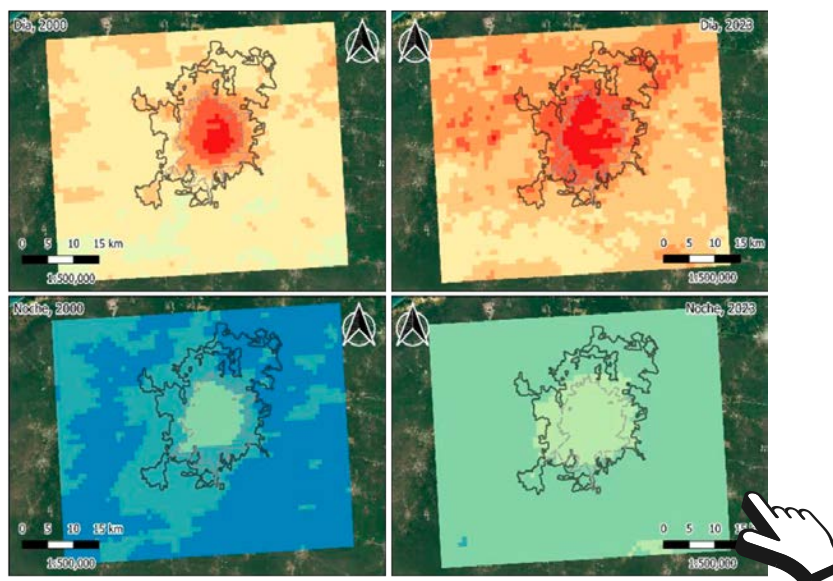
El objetivo de este trabajo es analizar las diferencias en la intensidad y distribución del fenómeno de Islas de Calor Urbanas (ICUS) de Mérida entre los años de 2000 y 2023, utilizando datos de temperatura de superficie terrestre (LST) a partir de imágenes MODIS, y relacionar resultados con la superficie urbana y verificar la correlación entre ICUS y el aumento de la urbanización.

El análisis muestra que las ICUS en Mérida son un fenómeno recurrente tanto en 2000 como en 2023. Donde las temperaturas rurales han aumentado más que las urbanas, especialmente durante la noche, reduciendo la diferencia entre ambas. El calentamiento más pronunciado en zonas rurales se debe a la deforestación y el crecimiento urbano en áreas periféricas.

La hipótesis de un aumento generalizado de ICUS fue rechazada, ya que el aumento paralelo de temperaturas en zonas rurales y urbanas afecta la interpretación de la in-

tensidad del fenómeno. Con el método de Rahman, las periferias urbanas muestran un incremento en la formación de ICUS debido a la expansión urbana. Contrario al método de Hidalgo, la hipótesis planteada en el análisis de Rahman sí se cumple debido al enfoque diferencial de su metodología, que considera tanto los incrementos absolutos como las dinámicas específicas de transformación del paisaje urbano y rural.

Esto pone en evidencia que la interacción entre el calentamiento global, la urbanización y los cambios de uso de suelo requieren estudios más detallados y metodologías adaptadas al contexto espacial local. Ante ello, podemos concluir que son necesarios trabajos donde deberán priorizar enfoques multidisciplinarios y la integración de variables socioeconómicas y ambientales para entender de manera más completa las implicaciones de las islas de calor urbana.



# Comparación de la temperatura terrestre superficial con Landsat 8 y ECOSTRESS en el incendio de San Juanito, Chihuahua

Cristina Alejandra Mendoza Rodríguez  
Iván Jacob Celestino Olivares  
Adrián Israel Silva Cardoza

**[Estudiantes] - Maestría en Ciencias de Información Geoespacial**

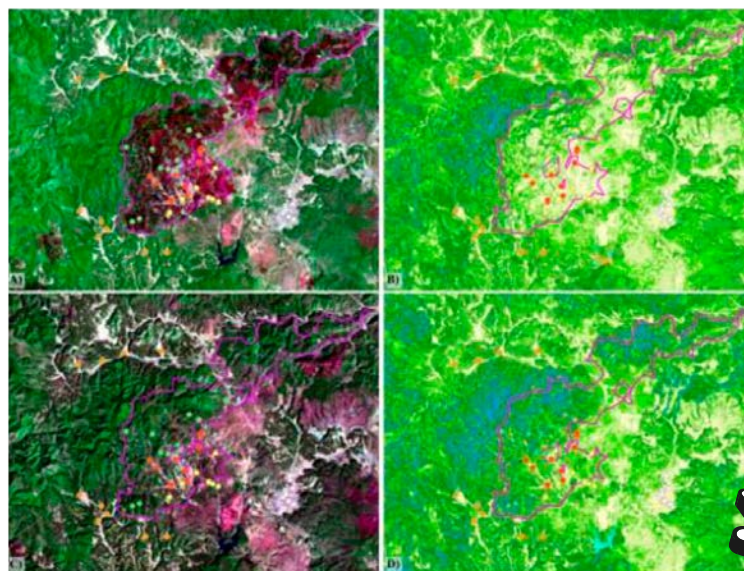
La temperatura de la superficie terrestre (LST) es un parámetro esencial para comprender las dinámicas de intercambio de energía entre la superficie terrestre y la atmósfera.

Eventos como los incendios forestales alteran significativamente la LST y sus patrones espaciales y temporales, lo que puede proporcionar información valiosa sobre la magnitud de un incendio, el proceso de recuperación del ecosistema y los riesgos asociados en términos de manejo del suelo y planificación ambiental.

El objetivo de este trabajo es comparar la LST antes, durante y después de un incendio forestal cercano a la localidad de San Juanito, correspondiente al municipio de Bo-

coyna, Estado de Chihuahua, utilizando datos provenientes de los instrumentos ECOSTRESS y Landsat 8.

Existen diferencias entre ambos insumos evaluados, Landsat arroja mayores temperaturas y mayor cobertura de píxeles libres de nubes a diferencia de ECOSTRESS. El mapeo de la temperatura de superficie, combinado con índices espectrales e imágenes en falso color, mejora la comprensión de cómo las características físicas del terreno influyen en su comportamiento térmico. Resulta crucial calibrar los datos de sensores remotos para obtener estimaciones precisas y considerar los efectos atmosféricos y la rugosidad de la superficie para realizar análisis precisos.



# POSGRADO INTEGRADO

## Ciencias de Información Geoespacial.

### Territorios Agroecológicos en México

En el episodio inaugural del podcast, estudiantes del Posgrado Integrado en Ciencias de Información Geoespacial comparten sus perspectivas sobre los territorios agroecológicos en México, destacando las **prácticas comunitarias sostenibles** que buscan **equilibrar la producción agrícola** con la **conservación de la biodiversidad**.

Estos territorios ponen de relieve el papel fundamental de las zonas rurales en la promoción de formas de vida sostenibles, a través de prácticas agropecuarias tradicionales y adaptadas que contribuyen al cuidado de los recursos naturales. La conversación se enriquece con la presentación de **dos estudios de caso** que ilustran estos enfoques en contextos concretos.

Dr. José María León Villalobos  
Profesor Investigador Tecnólogo Titular "A"  
[jleon@centrogeo.edu.mx](mailto:jleon@centrogeo.edu.mx)



# Un proyecto de tesis ideal para ti

CentroGeo cuenta con un equipo de **investigadores** altamente calificados y especializados en diversas áreas de las **Ciencias de Información Geoespacial**, con líneas de investigación que abarcan temas como Ciencia de Datos Geoespaciales y Geointeligencia, Estudios Territoriales y Urbanos, Sistemas Socio-ecológicos, Percepción Remota, Geopolítica y Territorio, entre muchas otras.

Te invitamos a explorar los **proyectos de investigación y temas de tesis** que puedes desarrollar en los diferentes posgrados. Seguramente podrás encontrar un proyecto que se adapte a tus intereses académicos y necesidades profesionales.

Visita: <https://www.centrogeo.org.mx/posgrado>



# Red Neuronal Convolutacional Recurrente para la predicción del almacenamiento de agua subterránea en áreas de sistemas acuíferos de México, en función de variables climáticas



Aura Ramos Lora

**Doctora en Ciencias de Información Geoespacial**

El objetivo de esta investigación es predecir el almacenamiento de agua subterránea (GWS) en sistemas hidrogeológicos mediante el uso de datos de teledetección y Redes Neuronales Convolutacionales Recurrentes (CRNN). Esta metodología busca facilitar el monitoreo, la estimación y la predicción del GWS, adaptándose a distintas regiones acuíferas de México.

La gestión de agua subterránea enfrenta obstáculos por la escasez de datos accesibles y homogéneos. En México, la obtención de datos por métodos físicos es costosa y compleja. Ante esto, se propone una alternativa basada en sensores remotos y técnicas de inteligencia artificial. Usando datos del satélite GRACE y variables climáticas como temperatura, evaporación y precipitación, el modelo logró predecir eficazmente el almacenamiento subterráneo.

Los resultados destacan una fuerte correlación entre las variables climáticas y el GWS, coincidiendo con la literatura científica. Además, la precisión del modelo, a pesar de utilizar datos heterogéneos provenientes de diferentes satélites, demuestra su robustez.

Finalmente, la investigación confirma que la procedencia diversa de los datos no limita el aprendizaje del modelo, siempre que sean consistentes en origen y resolución. Este enfoque representa una herramienta valiosa para la gestión sostenible del recurso hídrico subterráneo.

Si deseas conocer más sobre la integración de datos de sensores remotos con técnicas avanzadas de IA y sus aplicaciones actuales no dudes en ponerte en contacto con la autora o con sus directores.

Dra. Daniela Alejandra Moctezuma Ochoa

Directora de Tesis

[dmoctezuma@centrogeo.edu.mx](mailto:dmoctezuma@centrogeo.edu.mx)

Dr. Cesaré Moisés Ovando Vázquez

Codirector de Tesis

[cesare.ovando@ipicyt.edu.mx](mailto:cesare.ovando@ipicyt.edu.mx)

# Monitoreo espaciotemporal del grado de afectación causado por Huanglongbing en cultivos de naranjo (*Citrus sinensis*)



Brenda Soto Rivera

**Maestra en Ciencias de Información Geoespacial**

Este proyecto de investigación desarrolla un sistema de monitoreo y pronóstico espaciotemporal del impacto del Huanglongbing (HLB) en cultivos de naranjo, utilizando imágenes satelitales Sentinel-2 y ortomosaicos generados con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs). Se aplican técnicas de teledetección, aprendizaje automático (K-Vecinos más Cercanos, KNN) y modelos estadísticos (SARIMA) para clasificar el grado de afectación y predecir su evolución en el tiempo.

A partir del índice de vegetación NDVI, se identifica el estrés de los árboles en tres niveles (leve, moderado y severo), lo cual mejora la comprensión espacial de la enfermedad. La combinación de series de tiempo y clasificación espacial permite detectar áreas críticas y programar intervenciones oportunas.

El modelo SARIMA identifica periodos de mayor vulnerabilidad, mientras que KNN ofrece mapas detallados de la severidad del HLB. La visualización de resultados en plataformas SIG como QGIS permite validar y comunicar los hallazgos visualmente de manera intuitiva.

La integración de datos geoespaciales y modelos predictivos demuestra ser más eficiente y precisa que los métodos tradicionales. Este enfoque representa una herramienta clave para mejorar la gestión citrícola, reducir costos de monitoreo y promover estrategias agrícolas sostenibles basadas en información precisa y oportuna.

Si deseas conocer más sobre el monitoreo efectivo del Huanglongbing (HLB) y el uso de tecnologías de teledetección no dudes en ponerte en contacto con la autora o con su directora.

Dra. Daniela Alejandra Moctezuma Ochoa

Directora de Tesis

[dmoctezuma@centrogeo.edu.mx](mailto:dmoctezuma@centrogeo.edu.mx)

# DetECCIÓN DE SARGAZO UTILIZANDO IMÁGENES DE UNA ESTACIÓN DE VIDEO MONITOREO COSTERO EN PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO, MÉXICO



Mitsui Myrna Salgado Saito  
**Maestra en Ciencias de Información Geoespacial**

El sargazo pelágico, conformado principalmente por *Sargassum natans* y *S. fluitans*, es una macroalga marina beneficiosa en mar abierto, pero perjudicial al acumularse en costas. Desde 2014, el Caribe mexicano ha sufrido arribazones masivas, afectando ecosistemas, salud pública y turismo.

Esta investigación propone una metodología para detectar sargazo mediante imágenes de una estación de video monitoreo costero y técnicas de Aprendizaje Automático. Evaluando tres modelos: Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), Bosques Aleatorios (Random Forest) y una Red Neuronal Artificial (MLP), aplicados a dos entornos: arena y agua. El modelo MLP fue el más preciso en arena ( $\geq 0.86$ ), mientras que Random Forest destacó en agua ( $\geq 0.72$ ), pese a los desafíos que representa distinguir sargazo del agua y los reflejos solares.

Los resultados se compararon con imágenes satelitales Sentinel-2 usando los índices FAI y NDVI, encontrando correlaciones positivas. El NDVI mostró mayor concordancia con las detecciones fotográficas, posiblemente por su mejor desempeño en aguas turbias y poco profundas.

El estudio concluye que combinar imágenes de monitoreo costero y datos satelitales mejora la precisión del monitoreo del sargazo. Esta integración permite una gestión más eficaz del fenómeno, facilitando la toma de decisiones para su recolección, mitigando impactos ecológicos y económicos en zonas costeras.

Si deseas conocer más sobre técnicas de Aprendizaje Automático en teledetección y sus aplicaciones no dudes en ponerte en contacto con la autora o con sus directores.

Dr. Oscar Gerardo Sánchez Siordia  
Director de Tesis  
[osanchez@centrogeo.edu.mx](mailto:osanchez@centrogeo.edu.mx)

Dra. Betsabé de la Barreda Bautista  
Codirectora de Tesis  
[betsabe.delabarreda@nottingham.ac.uk](mailto:betsabe.delabarreda@nottingham.ac.uk)

# Potencial de enfriamiento de las áreas verdes y arbolado urbano ante las islas de calor en la Ciudad de México: Estudio de caso de Región de Áreas Verdes Urbanas Centro Poniente 2016-2024



Gustavo Daniel Cruz Gutiérrez  
**Maestro en Ciencias de Información Geoespacial**

Las islas de calor han captado la atención de organismos como la ONU, WWF y gobiernos como el de México y EE.UU., debido a sus efectos en la salud y el ambiente urbano. Las soluciones propuestas incluyen aumentar áreas verdes, emplear materiales reflectantes y promover movilidad sustentable. En la Ciudad de México, se han implementado políticas como el Plan Verde (2007) y el Programa Ambiental y de Cambio Climático 2019–2024, que integra el eje de revegetación urbana a través de proyectos como Sembrando Parques.

Desde 2019, se han ejecutado más de 300 proyectos enfocados en la recuperación de parques, cuerpos de agua y arbolado urbano. Sin embargo, persiste la necesidad de evaluar con mayor precisión su impacto real en la mitigación del efecto de isla de calor.

Esta investigación evalúa los cambios en el potencial de enfriamiento de áreas verdes y arbolado urbano en el poniente de la CDMX (2016–2024) utilizando el modelo Urban Cooling de InVEST. Los resultados muestran que la vegetación urbana reduce significativamente la temperatura, dependiendo de su densidad, tipo y ubicación. Se recomienda fortalecer políticas de revegetación y focalizar zonas prioritarias para maximizar la capacidad de enfriamiento y mejorar la calidad ambiental urbana.

Si deseas conocer más sobre el efecto de las islas de calor y el impacto real en las acciones locales de mitigación no dudes en ponerte en contacto con el autor o con su director.

Dr. José Mauricio Galeana Pizaña  
Director de Tesis  
[mgaleana@centrogeo.edu.mx](mailto:mgaleana@centrogeo.edu.mx)

# Georreferenciación automática de solicitudes de atención ciudadana mediante técnicas de procesamiento de lenguaje natural



Ulises Morales Ramírez

**Maestro en Ciencias de Información Geoespacial**

Este trabajo de tesis explora el uso de técnicas de procesamiento de lenguaje natural (PLN) para la georreferenciación automática de solicitudes ciudadanas, enfocándose en reportes de Locatel en la Ciudad de México. Se implementaron y compararon dos modelos de clasificación de texto: Multi Layer Perceptron (MLP) y Convolutional Neural Network (CNN), evaluando su desempeño en la identificación de entidades nombradas (NER). La propuesta incluyó un exhaustivo preprocesamiento de datos y optimización de hiperparámetros.

Los resultados mostraron que el modelo MLP, combinado con una estrategia de preprocesamiento, superó en precisión y recall a los demás enfoques, evidenciando su mayor capacidad de generalización. Aunque el modelo CNN presentó limitaciones, se identificaron áreas de mejora, como la incorporación de técnicas de regularización y el desarrollo de enfoques híbridos.

La investigación subraya la relevancia del preprocesamiento y la calidad de los datos para mejorar el rendimiento de los modelos de PLN. Además, destaca el impacto práctico de estas tecnologías en la mejora de los sistemas de atención ciudadana, permitiendo clasificaciones más precisas y rápidas, lo que se traduce en una gestión urbana más eficiente.

Sin duda, este estudio ofrece una base sólida para futuras investigaciones en PLN, georreferenciación y aplicaciones en políticas públicas digitales.

Si deseas conocer más sobre técnicas de procesamiento de lenguaje natural y sus aplicaciones no dudes en ponerte en contacto con el autor o con su director.

Dr. Alejandro Molina Villegas

Director de Tesis

[amolina@centrogeo.edu.mx](mailto:amolina@centrogeo.edu.mx)

# La protección del patrimonio cultural y los movimientos civiles. Un análisis de redes sociales sobre el caso de la defensa del cerro del Xicuco en Tezontepec de Aldama, Hidalgo



Lilian Nallely Velázquez Cervantes  
**Maestra en Geomática**

Esta investigación analiza la protesta surgida en 2010 en el ejido de Tezontepec, Hidalgo, por la defensa del cerro del Xicuco ante su deforestación. El objetivo es entender cómo esta protesta se relaciona con la protección del patrimonio cultural local, así como identificar los componentes culturales valorados por la comunidad a través del diálogo directo.

El patrimonio cultural refleja la identidad y memoria de los pueblos, pero es vulnerable, sobre todo cuando carece de protección institucional. En México, la defensa del patrimonio ha sido una constante histórica, aunque pocas investigaciones se enfocan en los movimientos sociales ligados a esta causa. Para ello, esta investigación propone un análisis de redes sociales que permita comprender cómo se organizó la protesta, quiénes participaron y qué motivaciones los unieron.

En Tezontepec, la protesta surgió cuando el comisariado ejidal autorizó lotificar y construir en el cerro, lo que provocó movilizaciones por parte de ejidatarios y avecindados que lo consideran parte esencial de su entorno cultural y natural.

El estudio permite reconstruir la estructura social de la protesta y obtener una visión del patrimonio cultural que la comunidad reconoce y protege, en un contexto marcado por luchas históricas por la tierra, el agua y la identidad local.

Si deseas conocer más sobre las redes sociales como herramienta para comprender los fenómenos de organización social no dudes en ponerte en contacto con la autora o con su directora.

Dra. Adriana Aguilar Rodríguez  
Directora de Tesis  
[aaguilar@centrogeo.edu.mx](mailto:aaguilar@centrogeo.edu.mx)

# El derecho a la vivienda como resistencia: perspectivas territoriales de la vivienda irregular en la Ciudad de México



Analy Mendoza Rosales  
**Maestra en Planeación Espacial**

La vivienda es un derecho humano reconocido constitucionalmente en México desde 1983. Sin embargo, en la Ciudad de México este derecho se ha vuelto inaccesible para gran parte de la población debido al aumento en los precios del suelo, la especulación inmobiliaria y la limitada efectividad de la política pública. Esta situación ha llevado a que muchas personas de bajos ingresos busquen alternativas en la vivienda informal, localizada en zonas periurbanas, a menudo catalogadas como asentamientos humanos “irregulares”.

Pese a su estatus legal, más del 60% de las viviendas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se desarrollan bajo esquemas informales, convirtiéndose en la principal vía para ejercer el derecho a la vivienda. Este fenómeno revela contradicciones entre los derechos reconocidos y las normas jurídicas vigentes, lo cual puede entenderse como un “derecho de resistencia”.

Este proyecto de investigación analiza los marcos jurídicos en los niveles federal, estatal y local para responder si realmente garantizan el acceso a vivienda asequible. A través de enfoques de política pública, territorialidad e informalidad urbana, se argumenta que la informalidad no es marginal, sino una lógica dominante de urbanización. Invitando a repensar políticas más inclusivas, basadas en las prácticas reales de los habitantes y sus territorios.

Si deseas conocer más sobre el acceso a vivienda asequible como derecho humano no dudes en ponerte en contacto con la autora o con su directora.

Dra. Elvia Martínez Viveros  
Directora de Tesis  
[emartinez@centrogeo.edu.mx](mailto:emartinez@centrogeo.edu.mx)

# Dinámica de la cobertura del bosque templado en el municipio de Huixquilucan de Degollado, Estado de México, durante el periodo 1988-2023



Ulysses Gerardo Ramírez Espinosa  
**Maestro en Planeación Espacial**

Este proyecto de investigación analiza los cambios en la cobertura forestal del municipio de Huixquilucan de Degollado, Estado de México, entre 1988 y 2023, vinculados al crecimiento urbano. A través de imágenes satelitales y cartografía detallada, se identificaron siete clases de uso de suelo, lo que permitió observar procesos de deforestación, degradación, recuperación y permanencia del bosque.

Entre 1988 y 2006 predominó la deforestación, asociada al crecimiento urbano y expansión agrícola, especialmente en la zona oriente del municipio. De 2006 a 2023, debido al desaceleramiento urbano, se observaron mayores procesos de recuperación y permanencia forestal.

Se propone frenar la pérdida de cobertura mediante enfoques de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) y en Comunidades (AbC), involucrando a comuneros y ejidatarios en la restauración de bosques para garantizar beneficios ecológicos y económicos. También se sugiere implementar sistemas agroforestales en tierras degradadas como alternativa sostenible al uso agrícola.

Aunque existen áreas naturales protegidas, su eficacia ha sido limitada, evidenciada por la reducción del bosque primario. Este estudio demuestra que la cartografía y el análisis espacial son herramientas clave para planificar la conservación y que la participación local es fundamental para garantizar la sostenibilidad del territorio y el bienestar comunitario a largo plazo.

Si deseas conocer más sobre alternativas sostenibles y sistemas agroforestales para la recuperación de tierras degradadas no dudes en ponerte en contacto con el autor o con su director.

Dr. José Mauricio Galeana Pizaña  
Director de Tesis  
[mgaleana@centrogeo.edu.mx](mailto:mgaleana@centrogeo.edu.mx)

Dr. Arturo García Romero  
Codirector de Tesis  
[agromero@geografia.unam.mx](mailto:agromero@geografia.unam.mx)

# Vivienda deshabitada en el Arco Nororiente del Valle de México: determinantes, análisis espacial y propuestas de política pública desde la planeación espacial



Javier Martínez Domínguez  
**Maestro en Planeación Espacial**

La vivienda deshabitada se ha convertido en un problema urbano crítico en las periferias mexicanas, particularmente en el Arco Nororiente de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), que incluye municipios como Tecámac, Zumpango y Huehuetoca. Esta región se caracteriza por un crecimiento acelerado, alta vacancia habitacional y la presencia del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA).

Este trabajo de investigación analiza las causas, impactos y posibles soluciones a este fenómeno, proponiendo instrumentos de política pública con enfoque de planeación espacial. A través del análisis espacial de variables como densidad poblacional, marginación, acceso a servicios y cercanía a empleos, se identifican patrones de concentración de vivienda vacía utilizando herramientas como la autocorrelación espacial (I de Moran) y modelos de regresión.

Además, se evalúan las capacidades institucionales de los gobiernos municipales, detectando fuertes desigualdades que limitan su respuesta al problema. Con base en estos hallazgos, se proponen seis ejes de política pública que incluyen el desarrollo intraurbano, la rehabilitación de viviendas vacantes y el fortalecimiento institucional.

La consolidación del AIFA representa una oportunidad para planificar de forma sostenible. Esperando que los instrumentos propuestos contribuyan a reducir la vacancia habitacional y mejorar el desarrollo urbano en el Arco Nororiente de la ZMVM.

Si deseas conocer más sobre el fenómeno urbano de la vivienda deshabitada no dudes en ponerte en contacto con el autor o con sus directores.

Dr. Rodrigo Tapia McClung  
Director de Tesis  
[rtapia@centrogeo.edu.mx](mailto:rtapia@centrogeo.edu.mx)

Dr. Jorge Alberto Montejano Escamilla  
Codirector de Tesis  
[jmontejano@centrogeo.edu.mx](mailto:jmontejano@centrogeo.edu.mx)

# POSGRADO.

## Protocolos y lineamientos

### DOCTORADO - Ciencias de Información Geoespacial

- ➔ Protocolo para el **Examen de Candidatura** del Doctorado en CIG
- ➔ Protocolo para la **Conformación del Jurado** del Examen de Candidatura del Doctorado en CIG
- ➔ Procedimiento para solicitar la conformación del **Comité Supervisor** del Doctorado en CIG
- ➔ Criterios para la evaluación del **trabajo de investigación** del alumnado del Doctorado en CIG
- ➔ Modificaciones en **el tema o la dirección de tesis** del Doctorado en CIG

### Protocolos para la evaluación

- ➔ Lineamientos de evaluación del **examen de candidatura** del Doctorado en CIG

### MAESTRÍA - Ciencias de Información Geoespacial

- ➔ Procedimiento para solicitar la conformación del **Comité Supervisor** de estudiantes de la Maestría en CIG (*infografía*)
- ➔ Procedimiento para solicitar la conformación del **Comité Supervisor** de estudiantes de la Maestría en CIG
- ➔ Criterios para la evaluación del **trabajo de investigación** del alumnado de la Maestría en CIG
- ➔ Formato de **Evaluación del Comité** de la Maestría en CIG

## Protocolos Generales

- ➔ Protocolo para conformación de **Comités de Jurados** de Tesis - Maestría y Doctorado
- ➔ Guía para la conducción de **Exámenes de Grado** - Maestría y Doctorado

## Retribución Social - Actividades

- ➔ Actividades de **Retribución Social** - CONAHCYT CentroGeo
- ➔ Lineamientos de **registro y liberación** de actividades de retribución social
- ➔ **Informe de actividades** de retribución social

| ACTIVIDADES DE RETRIBUCIÓN SOCIAL   | ESPECIALIDAD | MAESTRÍA | DOCTORADO |
|---|--------------|----------|-----------|
| Colaborar como adjuntos de los docentes en programas de posgrado  | X            | X        | X         |
| Asesorar a estudiantes de maestría en su formación  |              |          | X         |
| Crear material multimedia y de comunicación social con resultados de investigación                          | X            | X        | X         |
| Presentar resultados de su investigación a grupos sociales y productivos e instituciones                    | X            | X        | X         |
| Impartir cursos o talleres de formación e innovación social   | X            | X        | X         |
| Realizar servicio social en instituciones y organizaciones de la sociedad civil                             | X            | X        | X         |
| Elaborar notas y artículos de difusión  | X            | X        | X         |
| Colaborar en procesos de innovación social y tecnológica  | X            | X        | X         |
| Desarrollar actividades para la restauración ecológica en sistemas afectados                                | X            | X        | X         |
| Organizar eventos de formación y promoción de vocaciones científicas  | X            | X        | X         |
| Participar en foros de intercambio de experiencias sociales o institucionales                               | X            | X        | X         |
| Colaborar con CentroGeo en eventos o presentaciones, como participantes o apoyo                             | X            | X        | X         |
| Participar como evaluador o revisor de los procesos de asignación de beca o apoyos dentro del Conahcyt      |              |          | X         |
| Apoyar los programas de posgrado registrados en el SNP para dar cursos, talleres, conferencias, entre otros | X            | X        | X         |
| Divulgar la ciencia y tecnología a niños y jóvenes a través de cursos y pláticas                            | X            | X        | X         |



# Reglamento de Posgrado.

Te invitamos a conocer el **Reglamento de Posgrado** de CentroGeo, el cual establece las **normas y condiciones** académicas y administrativas en los Programas de Especialidad, Maestría y Doctorado, incluyendo lo relacionado con la **admisión, permanencia, egreso y titulación** de todas las alumnas y alumnos.

## CAPÍTULO VIII DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y ASISTENCIA DE LAS ALUMNAS Y ALUMNOS

**Artículo 52.-** La asistencia de las alumnas y alumnos se registrará por las siguientes normas:

- I. Cumplir las normas de asistencia que determine cada profesora o profesor en la asignatura que imparta;
- II. Las alumnas y alumnos deberán asistir a las reuniones o seminarios que convoquen sus asesoras o asesores de trabajo terminal, en el caso de Especialidad; y para Maestría y Doctorado, conforme lo indique su Directora o Director de Tesis;
- III. Cuando estas alumnas y alumnos no cumplan con las normas de asistencia, la Directora o Director de Tesis deberá notificarlo al Comité, y
- IV. Para los Programas de Posgrado de investigación los permisos de ausencia no serán parte del cómputo de la asistencia o del tiempo límite para concluir sus estudios.

## CAPÍTULO XII DE LA CONDUCTA ACADÉMICA

**Artículo 81.-** Serán sujetos a una sanción las alumnas y alumnos que incurran en alguna de las siguientes conductas:

- I. Presentar dolosamente como propio el trabajo ajeno;
- II. Copiar durante cualquier tipo o proceso de evaluación;
- III. Usar información y/o herramientas no permitidas durante una evaluación;
- IV. Copiar total o parcialmente tareas, proyectos u otras actividades;
- V. Plagiar textos provenientes de origen diverso, incluyendo los publicados en medios electrónicos;
- VI. Presentar como propios, trabajos o proyectos elaborados por terceros, omitir el reconocer mediante cita expresa frases, oraciones o ideas de un autor de materiales publicados o no, que se incorporen en un ensayo u otra tarea asignada;
- VII. Falsificar documentos o datos;
- VIII. Apropiarse de manera indebida de instrumentos de evaluación o de uso restringido;
- IX. Presentarse como otra persona o hacerse suplantar en un examen;
- X. Usar tecnología para obtener o modificar información oficial de uso restringido, y
- XI. Todos aquellos señalados en el [Código de Conducta](#) del CentroGeo.

**CONOCE TU REGLAMENTO**

# Evaluación docente.

Al finalizar cada módulo, recibirás una **invitación** para realizar la evaluación docente para cada uno de tus profesores.

Este mecanismo de evaluación forma parte de un proceso continuo y de colaboración con académicos, profesores y estudiantes que busca **mejorar las actividades pedagógicas**, identificando fortalezas y áreas de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

**¡PARTICIPA!**

**Es completamente anónima y confidencial**

**Dra. Helena Cotler**



Planeación participativa para  
el manejo sostenible  
de cuencas

**Dr. José María Villalobos**



**FORMANDO  
A DISTANCIA  
PODCAST**  
POR CENTROGEO



Dra. Carmen Reyes



CentroGeo:  
Primeros pasos

Ing. Yosú Rodríguez



**FORMANDO  
A DISTANCIA  
PODCAST**  
POR CENTROGEO



