

## **GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO CON IMÁGENES SATELITALES**

**Dr. Inder Rafael Tecuapetla Gómez**

**Jueves, 17-20 hrs.**

### **Justificación**

**El crecimiento sostenido de portales informáticos que distribuyen gratuitamente acervos de imágenes satelitales ha permitido el desarrollo de múltiples estudios multi-temporales de la dinámica espacio-temporal de diversas variables biofísicas. Este seminario provee de herramientas teóricas y prácticas sobre la adquisición, análisis de calidad, tratamiento de datos faltantes, y diversos métodos estadísticos de series de tiempo de imágenes satelitales. A través de la presentación de diversos casos de estudio, la comunidad estudiantil interesada está expuesta al trabajo multidisciplinario, necesario para resolver algunos de los problemas emergentes en la geomática, y al concluir el seminario estará equipada con los requerimientos suficientes para realizar investigación científica en la interconexión entre la Estadística y la Percepción Remota.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Programa de POSGRADO  
Plan de estudios de **Especialización o Maestría en Geografía**  
Modalidad **Modalidad Mixta**

*SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN I (Generación y análisis de series de tiempo con imágenes satelitales)*

<b>Clave</b> <i>Dejar en blanco.</i>	<b>Semestre</b> 2º	<b>Créditos</b> <i>DESCONOCIDO</i>	<b>Campo de conocimiento y/o algún otro tipo de agrupación</b> <i>Geomática, Estadística, GeoComputación.</i>	
<b>Modalidad</b>	Curso/seminario		<b>Tipo</b>	Teórico-práctica
<b>Carácter</b>	Optativa de elección		<b>Horas:</b>	
<b>Duración</b>	16 semanas al semestre		<b>Semana</b> 4	<b>Semestre</b> 64.
			<b>Teóricas: 2</b>	<b>Teóricas: 32</b>
			<b>Prácticas: 2</b>	<b>Prácticas:32</b>
			<b>Total:4</b>	<b>Total:64</b>

**Seriación**

*Marcar la que corresponde.*

*Anotar la denominación de la actividad en caso de que sea necesario.*

Actividad(es) académica(s) antecedente(s)	Obligatoria ( )	Indicativa (X )	Ninguna ( )
		SEMINARIO DE INVESTIGACION II – GEOMÁTICA: INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN CON R	
Actividad(es) académica(s) subsecuente(s)	Obligatoria ( )	Indicativa ( )	Ninguna ( )

**Objetivo general:** Presentación de herramientas para el análisis estadístico de series de tiempo de imágenes satelitales con software libre. Por alguna razón administrativa, el Seminario de Investigación II – Geomática se oferta antes del Seminario de Investigación I – Geomática.

**Objetivos particulares:**

- Discutir aspectos teóricos y prácticos de técnicas de análisis de datos geo referenciados
- Proveer herramientas para el manejo, análisis y visualización de grandes cantidad de datos geo referenciados
- Inmersión al paradigma multidisciplinario de atención a problemas complejos

**Contenido temático**

Unidad	Temas y Subtemas <i>Anotar la denominación de los temas y subtemas.</i>	Horas semestre/año	
		Teóricas <i>Anotar el número horas por unidad.</i>	Prácticas <i>Anotar el número horas por unidad.</i>
1	<b>Introducción:</b> Ejemplos del uso del análisis de series de tiempo en estructuras geo referenciadas	1	1
2	<b>Introducción al lenguaje de programación R</b>	1	1
	2.1 <b>Instalación de R, Rstudio y Git</b>		
	2.2 <b>Objetos: vectores, matrices, data frame, lista, etc.</b> 2.3 <b>Funciones y paquetes</b>		
3	<b>Elementos de Estadística</b>	6	2
	3.1 <b>Aleatoriedad</b>		
	3.2 <b>Ley de grandes números</b>		
	3.3 <b>Teorema de Límite Central</b>		
	3.4 <b>Prueba de hipótesis</b>		
4	<b>Lectura de datos y análisis de calidad: TATSSI</b>	4	4
	4.1 <b>Instalación de Tools for Analyzing Time Series of Satellite Imagery (TATSSI)</b>		
	4.2 <b>Descarga y Generación de Series de Tiempo de Imágenes Satelitales</b> 4.3 <b>Análisis de Calidad</b>		
5	<b>Tratamiento de datos faltantes</b>	2	2
	5.1 <b>Criterios cuantitativos para comparar métodos</b>		
	5.2 <b>Métodos temporales: vecinos cercanos, interpolación lineal y splines, etc.</b>		
	5.3 <b>Métodos espacio-temporales: gapfill, STINET, etc.</b>		
6	<b>Análisis de anomalías</b>	2	2
	6.1 <b>Anomalías estandarizadas</b>		
	6.2 <b>Vínculo con métodos de identificación de cambios abruptos</b>		
7	<b>Análisis de tendencias</b>	4	4
	7.1 <b>Descomposición tendencia, estacionalidad, error de medición</b>		
	7.2 <b>Pruebas de Mann-Kendall y Theil-Sen</b>		
8	<b>Análisis armónico aplicado a estudios de medio ambiente</b>	4	4
	8.1 <b>Teorema de Fourier de representación de funciones periódicas</b>		

	<b>8.2 haRmonics: una función del paquete geoTS de R</b>		
	<b>8.3 viSTA: visualization of Seasonal Trend Analysis</b>		
<b>9</b>	<b>Suavización de series de tiempo y estimación de parámetros fenológicos</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	<b>9.1 Suavizadores por kernel</b>		
	<b>9.2 Curso corto de análisis funcional de datos</b>		
	<b>9.3 Aplicaciones: caracterización de NDVI a partir de observaciones interanuales</b>		
<b>10</b>	<b>Estimación de cambios abruptos</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	<b>10.1 Problema del punto de cambio: pruebas estadísticas, estrategias computacionales</b>		
	<b>10.2 BFAST: Breaks For Additive Seasonal Trends</b>		
	<b>10.3 Aplicaciones: estimación automática de áreas quemadas</b>		
<b>11</b>	<b>Temas varios de visualización de datos</b>		<b>4</b>
	<b>Subtotales</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
	<b>Total</b>	<b>64</b>	

<b>Estrategias didácticas</b>
Aprendizaje basado en problemas, trabajos de investigación, exposición, aprendizaje colaborativo o cooperativo.
<b>Evaluación del aprendizaje</b>
Exposiciones y participación en clase (80% de nota final) y presentación oral de resultados de un proyecto (20% de nota final)
<b>Perfil profesiográfico</b>
<p>LOS ESTUDIANTES DEBEN CONTAR CON Licenciatura en Geografía, Ciencias de la Computación, Matemáticas Aplicadas, o áreas afines. De preferencia haber cursado el Seminario: Introducción a la Geocomputación con R. En su defecto, tener conocimiento básico en R o avanzado en algún otro lenguaje de programación.</p> <p>EL INSTRUCTOR ES <b>Miembro del SNI, Nivel I, desde 2020. Catedrático CONACyT comisionado a la Dirección de Geomática de la CONABIO desde 2016. Experiencia Posdoctoral en el Institute for Mathematical Statistics de la Georg-August Universitaet Goettingen, Alemania de 2013 a 2016. Doctorado en Estadística por Cornell University en 2013. Maestría en Ciencias con Especialidad en Probabilidad y Estadística por el CIMAT A.C. (2006). Licenciatura en Matemáticas por la Universidad de Guanajuato (2004).</b></p>

<b>Bibliografía básica</b>
<p>Boschetti, L., Roy, D. P., Justice, C. O., and Humber, M. L. (2015). Modis-landsat fusion for large area 30m burned area mapping. <i>Remote Sensing of Environment</i>, 161:27–42.</p> <p>Chen, B., Xiao, X., Li, X., Pan, L., Dougherty, R., Ma, J., Dong, J., Qin, Y., Zhao, B., Wu, Z., et al. (2017). A mangrove forest map of china in 2015: Analysis of time series landsat 7/8 and sentinel-1a imagery in google earth engine cloud computing platform. <i>ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing</i>, 131:104–120.</p> <p>Colditz, R. R., Conrad, C., Wehrmann, T., Schmidt, M., and Dech, S. (2008). TiSeG: A flexible software tool for time-series generation of MODIS data utilizing the quality assessment science data set. <i>IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.</i>, 46(10):3296–3308.</p> <p>Eastman, J. R., Sangermano, F., Ghimire, B., Zhu, H., Chen, H., Neeti, N., Cai, Y., Machado, E. A., and Crema, S. C. (2009). Seasonal trend analysis of image time series. <i>International Journal of Remote Sensing</i>, 30(10):2721–2726.</p>

Gerber, F., de Jong, R., Schaepman, M. E., Schaepman-Strub, G., and Furrer, R. (2018). Predicting missing values in spatio-temporal remote sensing data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(5):2841–2853.

Gu, Z., Chen, J., Chen, Y., Qiu, Y., Zhu, X., and Chen, X. (2023). Agri-fuse: A novel spatiotemporal fusion method designed for agricultural scenarios with diverse phenological changes. *Remote Sensing of Environment*, 299:113874.

Lhermitte, S., Verbesselt, J., Verstraeten, W., and Coppin, P. (2011). A comparison of time series similarity measures for classification and change detection of ecosystem dynamics. *Remote Sens. Environ.*, 115(12):3129 – 3152.

Roy, D. P., Huang, H., Boschetti, L., Giglio, L., Yan, L., Zhang, H. H., and Li, Z. (2019). Landsat-8 and sentinel-2 burned area mapping—a combined sensor multi-temporal change detection approach. *Remote Sensing of Environment*, 231:111254.

Shao, Z., Cai, J., Fu, P., Hu, L., and Liu, T. (2019). Deep learning-based fusion of landsat-8 and sentinel-2 images for a harmonized surface reflectance product. *Remote Sensing of Environment*, 235:111425.

Tecuapetla-Gómez, I., Carbajal-Domínguez, A., and Montesinos-Chica, V. (2022). Clasificación de tendencias de NDVI en la península de Yucatán, México de 2014 a 2020. *Investigaciones Geográficas*, 109.

Tecuapetla-Gómez, I., López-Saldaña, G., Cruz-López, M. I., and Ressler, R. (2021a). TATSSI: A free and open-source platform for analyzing Earth observation products with quality data assessment. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(4):267.

Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, G., and Culvenor, D. (2010). Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. *Remote Sens. Environ.*, 114(1):106 – 115.

### Bibliografía complementaria

Bence, J. R. (1995). Analysis of short time series: Correcting for autocorrelation. *Ecology*, 76(2):628–639.

Bradley, B. A., Jacob, R. W., Hermance, J. F., and Mustard, J. F. (2007). A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data. *Remote Sens. Environ.*, 106(2):137 – 145.

Brown, M. E., Pinzon, J. E., Didan, K., Morisette, J. T., and Tucker, C. J. (2006). Evaluation of the consistency of long-term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ sensors. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 44(7):1787–1793.

Busetto, L. and Ranghetti, L. (2016). MODISrsp: An R package for automatic preprocessing of MODIS land products time series. *Computers & geosciences*, 97:40–48.

Colditz, R., Schmidt, M., Conrad, C., Hansen, M., and Dech, S. (2011). Land cover classification with coarse spatial resolution data to derive continuous and discrete maps for complex regions. *Remote Sensing of Environment*, 115(12):3264–3275.

Dong, C., Loy, C. C., He, K., and Tang, X. (2014). Learning a deep convolutional network for image super-resolution. In *Computer Vision—ECCV 2014: 13th European Conference, Zurich, Switzerland, September 6-12, 2014, Proceedings, Part IV 13*, pages 184–199. Springer.

Eerens, H., Haesen, D., Rembold, F., Urbano, F., Tote, C., and Bydekerke, L. (2014). Image time series processing for agriculture monitoring. *Environmental Modelling & Software*, 53:154–162.

Eklundh, L. and Olsson, L. (2003). Vegetation index trends for the African Sahel 1982 – 1999. *Geophysical Research Letters*, 30(8):n/a–n/a. 1430.

Fensholt, R., Langanke, T., Rasmussen, K., Reenberg, A., Prince, S. D., Tucker, C., Scholes, R. J., Le,

Q. B., Bondeau, A., Eastman, R., et al. (2012). Greenness in semi-arid areas across the globe 1981–2007—an Earth Observing Satellite based analysis of trends and drivers. *Remote sensing of environment*, 121:144–158.

Fisher, J. I., Mustard, J. F., and Vadeboncoeur, M. A. (2006). Green leaf phenology at Landsat resolution: Scaling from the field to the satellite. *Remote Sens. Environ.*, 100(2):265 – 279.

Flores-de Santiago, F., Kovacs, J. M., and Flores-Verdugo, F. (2012). Seasonal changes in leaf chlorophyll a content and morphology in a sub-tropical mangrove forest of the Mexican Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 444:57–68.

Gao, F., Morisette, J. T., Wolfe, R. E., Ederer, G., Pedelty, J., Masuoka, E., Myneni, R., Tan, B., and Nightingale, J. (2008). An algorithm to produce temporally and spatially continuous MODIS-LAI time series. *IEEE Trans. Geosci. Remote Lett.*, 5(1):60–64.

Garcia, D. (2010). Robust smoothing of gridded data in one and higher dimensions with missing values. *Computational statistics & data analysis*, 54(4):1167–1178.

Gebhardt, S., Wehrmann, T., Ruiz, M. A. M., Maeda, P., Bishop, J., Schramm, M., Kopeinig, R., Cartus, O.,

Kellndorfer, J., Ressl, R., et al. (2014) Mad-mex: automatic wall-to-wall land cover monitoring for the mexican redd-mrv program using all landsat data. *Remote Sensing*, 6(5):3923–3943.

Hird, J. N. and McDermid, G. J. (2009). Noise reduction of NDVI time series: An empirical comparison of selected techniques. *Remote Sens. Environ.*, 113(1):248–258.

Jakubauskas, M. E. et al. (2001). Harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 67(4):461–470.

Kennedy, R. E., Yang, Z., and Cohen, W. B. (2010). Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly landsat time series: 1. LandTrendr— Temporal segmentation algorithms. *Remote Sens. Environ.*, 114(12):2897–2910.

Killick, R. and Eckley, I. (2014). changepoint: An R package for changepoint analysis. *Journal of statistical software*, 58(3):1–19.

Lu, M., Pebesma, E., Sanchez, A., and Verbesselt, J. (2016). Spatio-temporal change detection from multi-dimensional arrays: Detecting deforestation from MODIS time series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 117:227–236.

Melaas, E. K., Friedl, M. A., and Zhu, Z. (2013). Detecting interannual variation in deciduous broadleaf forest phenology using landsat tm/etm+ data. *Remote Sensing of Environment*, 132:176–185.

Moody, A. and Johnson, D. M. (2001). Land-surface phenologies from AVHRR using the discrete Fourier transform. *Remote Sens. Environ.*, 75(3):305–323.

Moreno, A., Garc'ia-Haro, F. J., Mart'inez, B., and Gilabert, M. A. (2014). Noise reduction and gap filling of fAPAR time series using an adapted local regression filter. *Remote Sensing*, 6(9):8238–8260.

Myneni, R. B., Los, S. O., and Tucker, C. J. (1996). Satellite-based identification of linked vegetation index and sea surface temperature anomaly areas from 1982–1990 for Africa, Australia and South America. *Geophysical Research Letters*, 23(7):729–732.

Reeves, J., Chen, J., Wang, X. L., Lund, R., and Lu, Q. Q. (2007). A review and comparison of changepoint detection techniques for climate data. *Journal of applied meteorology and climatology*, 46(6):900–915.

Roerink, G. J., Menenti, M., and Verhoef, W. (2000). Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series. *International Journal of Remote Sensing*, 21(9):1911–1917.

Tecuapetla-G'omez, I., Villamil-Cortez, G., and Cruz-L'opez, M. I. (2021b). Estimaci' on estad'istica de 'areas quemadas en La Primavera (M' exico) de 2003 a 2016 utilizando series de tiempo de im'agenes Landsat-7. *Investigaciones Geogr'aficas*, 106.

Vicario, S., Adamo, M., Alcaraz-Segura, D., and Tarantino, C. (2020). Bayesian harmonic modelling of sparse and irregular satellite remote sensing time series of vegetation indexes: A story of clouds and fires. *Remote Sensing*, 12(1):83.

Viovy, N., Arino, O., and Belward, A. (1992). The best index slope extraction (BISE): A method for reducing noise in NDVI time-series. *International Journal of Remote Sensing*, 13(8):1585–1590.

Zhang, X., Friedl, M. A., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Hodges, J. C., Gao, F., Reed, B. C., and Huete, A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote sensing of environment*, 84(3):471–475.

Zhu, X., Cai, F., Tian, J., and Williams, T. K.-A. (2018). Spatiotemporal fusion of multisource remote sensing data: Literature survey, taxonomy, principles, applications, and future directions. *Remote Sensing*, 10(4):527.