

Anexo

**VIII JORNADAS ACADÉMICAS DE LA REDVITEC:
TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y TECNOLOGÍAS
EMERGENTES**

Aportes de soluciones y estrategias para el abordaje en el ámbito universitario y los sectores sociales y productivos .

**Presentación de las actividades de vinculación tecnológica
Formulario de presentación de casos. (Completar uno por cada caso presentado)**

UNIVERSIDAD	Universidad Nacional de Córdoba
-------------	---------------------------------

AUTORES	
Campos, José Manuel	jose.manuel.campos@unc.edu.ar
Duarte, Marcos	marcos.duarte@mi.unc.edu.ar
Gallego, María	galmaria@gmail.com

PRESENTACIÓN NÚMERO	1
------------------------	---

TÍTULO	Metodología Geoespacial Integrada para la Planificación Estratégica de la Secretaría de Extensión Universitaria UNC: Tecnología SIG y Detección de Vulnerabilidad Territorial
--------	---

SUBTÍTULO	
-----------	--

SECTOR VINCULADO (marcar la opción que corresponda):

Empresas	
Productivas o industriales	
De servicios	

Instituciones Privadas sin Fines de Lucro	
--	--

Administración Pública	X
Nacional	X
Provincial	
Municipal o comunal	

TIPO DE SERVICIO (marcar la opción que corresponda):

Servicios Altamente Especializados	
Investigación aplicada	
Desarrollo tecnológico	X
Transferencia tecnológica	X
Asistencia técnica	X
Estudios de factibilidad	

Servicios Sistematizados	
Ensayos	
Calibración	

Certificación	
---------------	--

Servicios de Capacitación	
Calidad y seguridad alimentaria	
Desarrollo tecnológico	
Transferencia tecnológica	
Asistencia técnica	
Estudios de factibilidad	

DESCRIPCIÓN DEL CASO (máximo 3000 caracteres con espacios)

TÍTULO

Metodología Geoespacial Integrada para la Planificación Estratégica de la Secretaría de Extensión Universitaria UNC: Tecnología SIG y Detección de Vulnerabilidad Territorial

PALABRAS CLAVE

Planificación Estratégica, Análisis Geoespacial, Índice de Vulnerabilidad Territorial (IVT), Extensión Universitaria, Impacto Social.

INTRODUCCIÓN

La extensión universitaria, como función esencial de las instituciones de educación superior, requiere de herramientas de planificación estratégica que aseguren la pertinencia y el impacto social de sus programas. En un contexto de rápida transformación digital, la adopción de tecnologías geoespaciales se presenta como un imperativo para optimizar la toma de decisiones basada en evidencia. Este trabajo describe el desarrollo e implementación de una **Metodología Geoespacial Integrada** para la Secretaría de Extensión Universitaria (SEU) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), con el objetivo de analizar la distribución territorial de la vulnerabilidad socioeconómica, la dinámica del crecimiento urbano, y la cobertura de sus programas de extensión, como las Universidades Populares (UUPP), Escuela de Oficios y Apoyo Escolar. La metodología se apoya en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) avanzados, análisis de imágenes satelitales a través de plataformas de computación en la nube como Google Earth Engine (GEE), y técnicas de estadística espacial como el Indicador Local de Asociación Espacial (LISA). Este enfoque tecnológicamente intensivo ha permitido a la SEU transitar hacia una gestión de la extensión más informada, eficiente y equitativa, alineada con los desafíos de la transformación digital.

OBJETIVOS

- **Objetivo General:** Desarrollar y aplicar una metodología geoespacial integrada, basada en tecnologías SIG y estadística espacial avanzada, para la planificación estratégica de programas de extensión universitaria, permitiendo analizar el impacto territorial, identificar áreas prioritarias y optimizar la asignación de recursos en función de las necesidades socioeconómicas y la dinámica territorial de la población.
- **Objetivos Específicos:**
 - **Construcción del IVT:** Construir un Índice de Vulnerabilidad Territorial (IVT) multidimensional y desagregado a nivel de radio censal, utilizando datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022.
 - **Análisis de Dinámica Urbana:** Analizar la dinámica de crecimiento urbano en la ciudad de Córdoba mediante el procesamiento de imágenes satelitales multitemporales y la aplicación del índice Delta NDBI.
 - **Detección de Clusters:** Identificar patrones de autocorrelación espacial y la formación de clusters de vulnerabilidad (hotspots y coldspots) a través del análisis LISA (Local Moran's I).
 - **Evaluación de Cobertura:** Evaluar la cobertura y pertinencia territorial de los programas de extensión de la SEU-UNC (UUPP, Escuela de Oficios, Apoyo Escolar) en relación con los patrones de vulnerabilidad y crecimiento urbano identificados.
 - **Transferencia Tecnológica:** Generar evidencia geoespacial y transferir las herramientas tecnológicas desarrolladas para la toma de decisiones estratégicas en la planificación de la extensión universitaria.

TIPO DE VINCULACIÓN

El presente caso se enmarca en una vinculación de **asistencia técnica, transferencia de conocimiento y desarrollo tecnológico** entre el equipo del Proyecto de Fortalecimiento Institucional y los programas con impacto territorial de la Secretaría de Extensión Universitaria de la UNC.

- **Naturaleza de la Vinculación:** La colaboración se centró en la aplicación de metodologías de análisis espacial y tecnologías SIG (QGIS) para resolver una problemática de gestión y planificación institucional. Se trata de una transferencia de conocimiento especializado en el ámbito de la geomática y la estadística espacial, con el objetivo de fortalecer las capacidades internas de la SEU para la toma de decisiones basada en datos.
- **Impacto y Alcance:** La vinculación resultó en la creación de un sistema de información geoespacial que opera como un insumo estratégico para la gestión de las políticas de extensión. El impacto directo se observa en la reorientación y optimización de la asignación de recursos de programas como Universidades Populares, Escuela de Oficios y Apoyo Escolar, asegurando que las intervenciones se focalicen en las áreas de mayor necesidad territorial. Este modelo de colaboración es un ejemplo de cómo la investigación aplicada en el ámbito de la transformación digital puede ser transferida para mejorar la gestión pública universitaria.

MARCO TEÓRICO

La universidad se concibe como un actor fundamental en el desarrollo social, no solo a través de la docencia y la investigación, sino también mediante la extensión universitaria. Esta última función, entendida como la interacción dialógica y transformadora entre la institución académica y la sociedad, adquiere una relevancia particular en contextos de alta complejidad socio-territorial. La capacidad de las universidades para responder eficazmente a las demandas y problemáticas de sus entornos depende, en gran medida, de una planificación estratégica que permita identificar las necesidades más apremiantes y focalizar los recursos de manera óptima.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las plataformas de procesamiento de datos geoespaciales en la nube, como Google Earth Engine (GEE), han revolucionado la capacidad de análisis territorial. Estas herramientas permiten integrar y analizar grandes volúmenes de información espacial, desde datos censales hasta imágenes satelitales, facilitando la identificación de patrones, la modelización de fenómenos y la toma de decisiones basada en evidencia. En este contexto, la aplicación de metodologías geoespaciales se presenta como una oportunidad estratégica para potenciar la función de extensión universitaria, asegurando que las intervenciones sean pertinentes, eficientes y equitativas.

La vulnerabilidad territorial se entiende como la susceptibilidad de una población o un territorio a sufrir daños o impactos negativos debido a factores socioeconómicos, ambientales o de infraestructura. La identificación y caracterización de estas áreas vulnerables es fundamental para el diseño de políticas públicas y programas de intervención que busquen reducir las desigualdades y promover el desarrollo sostenible. El crecimiento urbano, por su parte, es un proceso dinámico que puede generar nuevas demandas de servicios e infraestructura, así como exacerbar condiciones de vulnerabilidad si no se gestiona de manera planificada. La integración de estos conceptos a través de herramientas geoespaciales permite una comprensión holística de las realidades territoriales y una planificación más informada y efectiva.

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada se fundamenta en la integración de datos geoespaciales provenientes de diversas fuentes, procesados y analizados mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de código abierto (QGIS) y plataformas de computación en la nube (GEE). El área de estudio comprende la provincia de Córdoba, con un enfoque particular en la ciudad de Córdoba para análisis detallados de crecimiento urbano y vulnerabilidad.

Construcción del Índice de Vulnerabilidad Territorial (IVT)

El IVT es un índice compuesto multidimensional diseñado para cuantificar la vulnerabilidad socioeconómica y de infraestructura a nivel de radio censal. La construcción del índice se realizó en tres fases clave:

1. Selección y Procesamiento de Variables: Se seleccionaron seis variables (V_i) del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022, desagregadas a nivel de radio censal, que reflejan distintas dimensiones de la vulnerabilidad:

- (CV): Condición de Viviendas

Subvariables y pesos: Rancho (CV1) ($P1 = 0,2$), Casilla (CV2) ($P2 = 0,3$), Pieza en inquilinato, hotel familiar o pensión (CV3) ($P3 = 0,2$), Local no construido para habitación ocupado (CV4) ($P4 = 0,2$) y Vivienda móvil ocupada (CV5) ($P5 = 0,1$)

- (AI): Acceso a Internet

Subvariables y pesos: Internet en la vivienda No (AI1) (P1 = 0,5) y Celular con Internet No (AI2) (P2 = 0,5)

- (NEA): Nivel Educativo Alcanzado

Subvariables y pesos: Primario incompleto (NEA1) (P1 = 0,5), Primario completo (NEA2) (P2 = 0,3) y Secundario incompleto (NEA3) (P3 = 0,2)

- (CS): Cobertura de Salud

Subvariables y pesos: Programas o planes estatales de salud (CS1) (P1 = 0,4) y No tiene obra social, prepaga ni plan estatal (CS2) (P2 = 0,6)

- (CL): Condición Laboral

Subvariables y pesos: Desocupado (CL1) (P1 = 0,7) y Inactivo (CL2) (P2 = 0,3)

- (TCL): Tipo de Condición Laboral

Subvariables y pesos: Servicio doméstico (TCL1) (P1 = 0,4), Cuenta propia (TCL2) (P2 = 0,3) y Trabajador(a) familiar (TCL3) (P3 = 0,3)

$$V_i = \sum_{i=1}^m p_i \left(\frac{SubV_i}{TP} \right)$$

$$p_i = peso$$

$$SubV_i = subvariable de V_i$$

$$TP = \text{total de personas por radio censal}$$

2. Normalización de Datos: Para asegurar la comparabilidad entre variables con diferentes rangos y unidades de medida, se aplicó una normalización Min-Max, transformando los valores originales a una escala común de 0 a 1. La fórmula de normalización utilizada es:

$$V_{normalizada} = \frac{(V_{observado} - V_{mínimo})}{(V_{máximo} - V_{mínimo})}$$

3. Cálculo del IVT: El IVT se calculó como un promedio simple de las seis variables normalizadas, asignando un peso equitativo a cada dimensión para reflejar una vulnerabilidad integral:

$$IVT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{i,normalizada}$$

donde n es el número de variables consideradas (n=6). Un valor de IVT más cercano a 1 indica una mayor vulnerabilidad territorial, mientras que un valor cercano a 0 indica una menor vulnerabilidad. Este índice constituyó la capa base para todos los análisis espaciales posteriores.

Análisis de la Dinámica Urbana: Delta NDBI y Teledetección

Para capturar la dinámica de la expansión urbana, un factor crítico en la generación de nuevas vulnerabilidades, se empleó el Índice Normalizado de Diferencia de Construcción (NDBI) a partir de imágenes satelitales Landsat 8 y Sentinel-2.

1. Cálculo del NDBI: El NDBI es un índice de teledetección que utiliza las bandas del infrarrojo de onda corta (SWIR) y del infrarrojo cercano (NIR) para realzar las áreas construidas. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)}$$

Los valores de NDBI son positivos para áreas construidas y negativos para cuerpos de agua y vegetación. El procesamiento de las imágenes y el cálculo del NDBI se realizaron eficientemente en la plataforma de computación en la nube **Google Earth Engine (GEE)**, lo que permitió procesar grandes volúmenes de datos multitemporales sin requerir infraestructura local.

2. Cálculo del Delta NDBI: El Delta NDBI se calculó como la diferencia entre el NDBI para un período reciente (2022) y un período anterior (2014) en la provincia de Córdoba.

$$\Delta NDBI = NDBI_{2022} - NDBI_{2014}$$

Un $\Delta NDBI$ positivo indica un aumento en la intensidad de la cobertura construida (crecimiento urbano o densificación), mientras que un valor negativo indica una disminución (pérdida de áreas construidas o, más comúnmente, aumento de vegetación). Este mapa de cambio dinámico fue esencial para identificar las fronteras de expansión urbana y correlacionarlas con la ubicación de los programas de extensión.

Análisis de Autocorrelación Espacial Local (LISA)

Para ir más allá de la simple visualización del IVT y detectar patrones espaciales estadísticamente significativos, se aplicó el análisis LISA (Local Indicator of Spatial Association), específicamente el **Local Moran's I**. Este análisis es crucial en geomática para identificar la existencia de clusters (agrupamientos de valores similares) y outliers (valores atípicos rodeados de valores disímiles) en la distribución del IVT.

1. La Fórmula del Local Moran's I: El Local Moran's I para cada unidad espacial i se calcula como:

$$I_i = \frac{z_i}{S_0^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} z_j$$

Donde:

- z_i : Es la desviación del valor de la variable en la ubicación i respecto a la media
 $z_i = x_i - \bar{x}$

- x_i : Es el valor de la variable (IVT) para una unidad espacial específica (radio censal) i .
- \bar{x} : Es la media aritmética de la variable (IVT) para todas las unidades espaciales (todos los radios censales) del área de estudio.
- W_{ij} : Es el elemento de la matriz de pesos espaciales que define la relación entre la ubicación i y la ubicación j .
- S_0^2 : Es la varianza de la variable.
- n : Es el número total de observaciones.

2. Interpretación de Clusters: El resultado del análisis LISA, realizado en el software QGIS, se visualiza en un mapa de clusters de significancia que clasifica cada radio censal en cuatro categorías principales, todas ellas estadísticamente significativas:

- **High-High (HH):** Clusters de alta vulnerabilidad. Un radio censal con IVT alto rodeado de radios censales con IVT alto. Representan los "hotspots" de vulnerabilidad, áreas de intervención prioritaria.
- **Low-Low (LL):** Clusters de baja vulnerabilidad. Un radio censal con IVT bajo rodeado de radios censales con IVT bajo. Representan los "coldspots".
- **High-Low (HL):** Outliers espaciales. Un radio censal con IVT alto rodeado de radios censales con IVT bajo.
- **Low-High (LH):** Outliers espaciales. Un radio censal con IVT bajo rodeado de radios censales con IVT alto.

La identificación de estos clusters HH fue fundamental para validar la ubicación estratégica de las UUPP y para guiar futuras decisiones de expansión.

Integración Geoespacial y Análisis de Cobertura

La fase final de la metodología se centró en la integración de todas las capas de análisis (IVT, Delta NDBI, Clusters LISA) con la información de geolocalización de los programas de extensión (UUPP, Escuela de Oficios, Puntos de Apoyo Escolar).

1. Herramienta SIG: Toda la integración y el análisis de cobertura se realizaron en el software **QGIS 3.40**, una herramienta SIG de código abierto robusta y accesible.

2. Análisis de Proximidad (Buffers): Se generaron áreas de influencia (buffers) de 2 km alrededor de cada UUPP y de 1.5 km alrededor de los Puntos de Apoyo Escolar. Posteriormente, se realizó una unión espacial para calcular el IVT promedio y la cantidad de establecimientos educativos dentro de cada buffer.

3. Correlación Espacial: Se combinaron las capas de vulnerabilidad, crecimiento urbano y demanda (preinscriptos a la Escuela de Oficios) para generar mapas de correlación que identificaron áreas de alta necesidad y alta dinámica de cambio.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PROGRAMAS

Universidades Populares (UUPP)

El análisis geoespacial aplicado a la red de 298 UUPP en toda la provincia reveló que el **75% de las UUPP se localizan en zonas de vulnerabilidad media a muy alta** (IVT promedio de su radio de influencia). Este hallazgo no solo valida la pertinencia social de la extensión universitaria de la UNC, sino que también demuestra la capacidad de la metodología para cuantificar y justificar la orientación territorial de la política.

El análisis LISA del IVT fue particularmente revelador. La identificación precisa de los **clusters High-High (HH)** de vulnerabilidad permitió confirmar que las UUPP están estratégicamente ubicadas para intervenir en los "hotspots" territoriales. La presencia de UUPP en o cerca de estos clusters HH es un indicador de la efectividad de la política de extensión en su misión de equidad social.

Escuela de Oficios

La metodología permitió un análisis detallado de la demanda de formación profesional en la ciudad de Córdoba. Se determinó que aproximadamente el 30% de los preinscriptos a la Escuela de Oficios, entre los años 2022-2025 aproximadamente 30.000 usuarios, provienen de radios censales clasificados en los cuartiles de más alta vulnerabilidad (IVT alto). Este hallazgo valida la orientación social del programa y su capacidad para atraer a poblaciones con mayores necesidades socioeconómicas. La georreferenciación de los preinscriptos, combinada con las capas de IVT y Delta NDBI, generó un mapa de correlación tridimensional (Vulnerabilidad vs. Crecimiento vs. Demanda). Este mapa identificó radios censales con la triple condición de: 1) Alta Vulnerabilidad (IVT alto), 2) Alto Crecimiento Urbano (Δ NDBI positivo), y 3) Alta Concentración de Preinscriptos. Estas zonas fueron catalogadas como áreas de máxima prioridad estratégica para la expansión o el fortalecimiento de la oferta de la Escuela de Oficios.

Puntos de Apoyo Escolar

El análisis de los Puntos de Apoyo Escolar reveló una correlación espacial inversa entre la vulnerabilidad y la infraestructura educativa. Se encontró una correlación negativa entre la cantidad de establecimientos educativos en el área de influencia (buffer de 1.5 km) de los puntos de apoyo y el IVT numérico. Este resultado es crucial porque cuantifica la brecha de infraestructura educativa en las zonas más vulnerables. Adicionalmente, el análisis de proximidad demostró que más del 60% de los Puntos de Apoyo Escolar se ubican en radios censales clasificados como clusters High-High (HH) o adyacentes a ellos, según el análisis LISA. Esto confirma que el programa está operando en los "hotspots" de vulnerabilidad, actuando como un recurso compensatorio y de fortalecimiento comunitario en las áreas donde la infraestructura educativa formal es más escasa.

IMPACTO Y DISCUSIÓN

La implementación de esta metodología geoespacial ha tenido un impacto transformador en la gestión de la SEU-UNC, marcando un hito en la **digitalización y la toma de decisiones basada en datos** de la extensión universitaria.

- **Validación y Pertinencia:** La metodología ha proporcionado la evidencia cuantitativa necesaria para validar la orientación social de los programas, transformando la percepción de la extensión de una actividad asistencial a una política pública universitaria con fundamentos científicos y tecnológicos.
- **Planificación Proactiva:** La detección de "hotspots" (clusters HH) y las áreas de alto crecimiento urbano (Delta NDBI positivo) permite a la SEU pasar de una planificación reactiva a una **planificación proactiva**, anticipando las necesidades territoriales y las brechas de cobertura.
- **Transferencia Tecnológica:** El uso de herramientas de código abierto (QGIS) y plataformas en la nube (GEE) asegura la sostenibilidad y replicabilidad de la metodología, facilitando la transferencia de la capacidad de análisis al personal de la SEU.
- **Alineación con la Transformación Digital:** El proyecto se alinea perfectamente con los principios de la transformación digital, utilizando el análisis de grandes

volúmenes de datos geospaciales (Big Data) y técnicas avanzadas de estadística espacial para optimizar la gestión.

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La aplicación exitosa de la Metodología Geoespacial Integrada, combinando el IVT, el Delta NDBI y el análisis LISA, ha dotado a la Secretaría de Extensión de la UNC de una herramienta poderosa para la planificación estratégica. La capacidad de identificar con precisión los clusters de vulnerabilidad y las dinámicas de crecimiento urbano ha permitido una toma de decisiones más informada y efectiva, maximizando el impacto social de la universidad.

Como futuras líneas de investigación, se plantea el desarrollo de un **modelo predictivo geoespacial** que, utilizando las variables del IVT y el Delta NDBI como insumos, pueda anticipar la evolución de la vulnerabilidad territorial y la demanda de programas de extensión. Además, se explorará la integración de nuevas fuentes de datos en tiempo real (datos de movilidad, por ejemplo) para enriquecer la comprensión de la dinámica socio-territorial.

REFERENCIAS

- Datos del Indicador de Vulnerabilidad Territorial (IVT). Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Córdoba. 2024.
- QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- U.S. Geological Survey. Landsat 8 Data Users Handbook. 2019. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>
- European Space Agency. Sentinel-2 User Handbook. 2015. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

DATOS DE LA UNIDAD EJECUTORA:

Denominación:	Secretaría de Extensión de la UNC
Responsable institucional:	Dr. Conrado Storani
Teléfono:	(0351) 5353786
Web:	https://www.unc.edu.ar/extension
Correo electrónico:	cstorani@unc.edu.ar