

PLANICIE DE INUNDACIÓN USANDO PATRONES ESPACIALES PARA DEFINIR EL COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO DEL RÍO SAN PEDRO Y SU PLANICIE DE INUNDACIONES

JUDITH RAMOS, JESÚS GRACIA, LILIANA MARRUFO,
JAVIER OSNAYA Y VÍCTOR ORTIZ

En la última década, se ha venido insistiendo en que el análisis del río debe incluir a su planicie, de lo contrario, esa conectividad pasará desapercibida llegando a conclusiones erróneas. Para lograr esta conectividad, en el estudio del río y su planicie básicamente se tienen tres aspectos fundamentales a considerar: cambio hidrológico, cambio del canal fluvial y cambio por contaminación, los cuales proporcionarán información del estado de pérdida o grado de resiliencia del ecosistema. Así, lograr el manejo integral de una cuenca implica reconocer su importancia y los cambios que han venido sufriendo asociados al manejo en el uso del suelo (cambios de cobertura y uso), desarrollo de recursos acuáticos, y expansión del sector industrial. Estos cambios, entre otros aspectos, han alterado el patrón de escurrimiento, la calidad de las descargas al río, la distribución de tamaño y carga de los sedimentos transportados, así como cambios en la estructura de los micro-hábitats fluviales y riparianos. Por ejemplo, el cambio de uso de suelo y su cobertura (LUCC por sus siglas en inglés Land Use and Land Cover), aunque ligero, afecta los flujos de energía resultantes alterando el cambio de precipitación y temperatura; además, la evapotranspiración (ET), la recarga de aguas subterráneas, el escurrimiento y almacenamiento en cuerpos de agua (Chase *et al.*, 2020; Garg *et al.*, 2019). Esto implica que la relación causa/efecto de los cambios LUCC tendrá implicaciones ambientales significativas, como la pérdida de biodiversidad, alteraciones en los procesos hidrológicos y la degradación de la tierra, entre otros. Cuando se trata de embalses naturales o artificiales, el escurrimiento puede ser atenuado o restringido (Kusumastuti *et al.*, 2006).

Zona de manglares

La zona de estudio, Marismas Nacionales (MaNas), se ubica en el estado de Nayarit, y los ríos que drenan al sistema son: Cañas,

Acaponeta, Rosamorada, Bejuco, San Pedro y Santiago, con una superficie total de las cuencas de 161,515 km². El Río San Pedro está ubicado en la cuenca baja del sistema San Pedro-Mezquital y nace al noroeste del río La Sauceda en la ciudad de Durango, cambiando abruptamente de sur a oeste en la ciudad de San Pedro Ixcatán y Tuxpan, hasta su desembocadura en la laguna Mexcaltitán en MaNas, para finalmente terminar en el Océano Pacífico (DOF, 2014) (ver Fig. 1).

En la zona de MaNas se encuentra principalmente manglar, vegetación halófila y tular, donde sus distribuciones responden claramente a un régimen hidráulico de inundación, siendo, por tanto, las formaciones vegetales más importantes. En particular, las poblaciones vegetativas son altamente afectadas como la vegetación ribereña o costera (por ejemplo manglares), que muestran una estructura determinada por la disponibilidad de agua dulce, reciclaje de nutrientes, flujos de mareas, frecuencia de periodos de inundación así como características físicas del sedimento y química del agua.

Es importante considerar que aunque en la cuenca hidrográfica de MaNas, el aporte de agua ocurre sólo por la lluvia y los escurrimientos del Río San Pedro, el comportamiento hidráulico de la zona es diferente al del resto de la cuenca, pues el movimiento del agua sub-superficial es determinante (puede moverse desde zonas vecinas laterales hacia dentro y hacia afuera de las zonas acotadas por el parteaguas natural). Otro aspecto importante a considerar, es que las cuencas vecinas a las del río San Pedro-Mezquital en la zona de MaNas (Acaponeta y Río Santiago), presentan problemas ecológicos muy importantes.

Aunque no se reportan afectaciones por las actividades agrícolas en el área costera de la zona correspondiente al delta del Río San Pedro, los ecosistemas de manglar presentan explotación y cambios de uso del suelo, por lo que es importante regular las obras de rehabilitación de infraestructura de riego y el uso de agroquímicos en los cultivos (fertilizantes y plaguicidas).

Análisis de cambios geomorfológicos

Dado que los cambios geomorfológicos de un río y su planicie están asociados a una alta variabilidad espacial y temporal, se lleva a cabo el análisis mediante el uso de técnicas de percepción remota de cambios en la cobertura y uso de suelo, cambios morfodinámicos de ríos y planicies, transporte de sedimentos, cambios en comunidades vegetativas, etc. Para ello, se realizó una búsqueda de imágenes satelitales, fenómenos meteorológicos e información relevante de la zona de estudio para un periodo de 1973 a 2015 y 2019. Las imágenes correspondieron a aquellos años en que la zona de estudio fue afectada directamente por algún huracán.

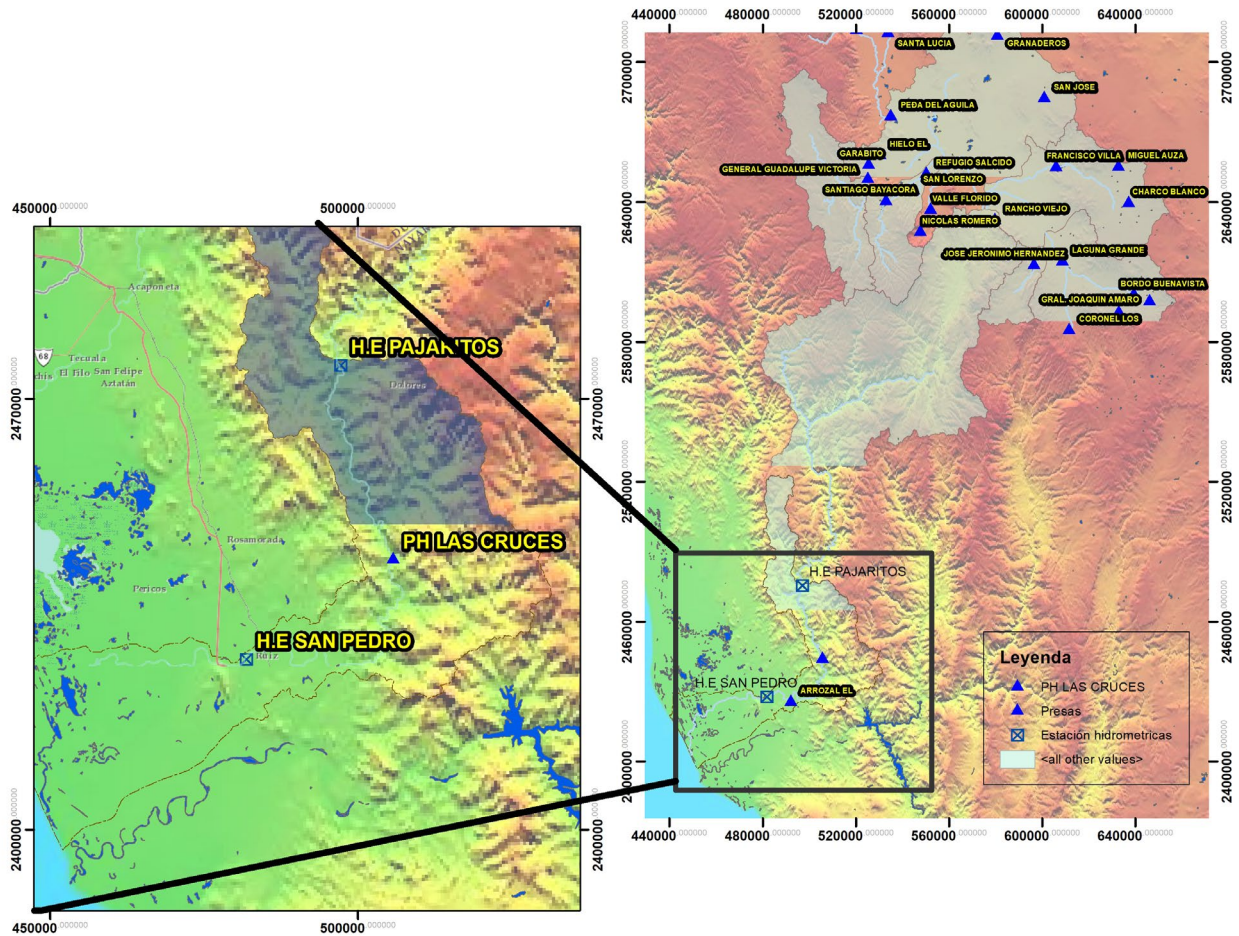


Figura 1. Plano general del embalse y la cuenca de aporte al PHL Fuente: CFE, 2014

El pre-tratamiento de las imágenes satelitales incluyó la corrección atmosférica ante la presencia de nubes o neblinas, así como la corrección radiométrica que se realizó mediante el mismo proceso de enmascaramiento de nubes, obteniendo valores de radiancia, posteriormente, de reflectancia (σ) y temperatura de superficie (t_s) empleando los metadatos de cada imagen. Una vez que se tienen valores de σ y t_s se realizaron diversas mejoras como combinaciones de pseudocolor. Asimismo, se realizó un mejoramiento aplicando un filtrado espacial, mediante el proceso de convolución, a fin de destacar los diversos elementos que permitieran definir el flujo, cauce y planicie del río: el filtro aplicado fue de paso bajo de 5X5 y la sustracción de imágenes suavizadas (Fig. 2). Este realce tiene como objetivo eliminar las frecuencias bajas presentes en la escena

dejando únicamente las frecuencias altas que son las que representan los bordes y líneas.

También se aplicaron transformaciones como los índices vegetativos (IV) y de agua (IW), además del Tasseled Cap (TTC). El TTC contiene tres bandas: a) brillo, b) verdor y c) humedad. Con estos índices TTC se aislaron los valores de humedad altos pues estos valores son propios de cuerpos de agua, además, se asignó que los patrones espaciales corresponden a zonas húmedas asociándolas con vegetación vigorosa y suelos húmedos. Así, las zonas de inundación se trazaron a partir de las imágenes de Humedad producto del TTC y los resultados ráster, se convirtieron en información vectorial, de esta manera, se obtienen únicamente los patrones espaciales de humedad de interés. La Figura 3 muestra algunos trazos del cauce principal identificado para algunos de los años bajo estudio.

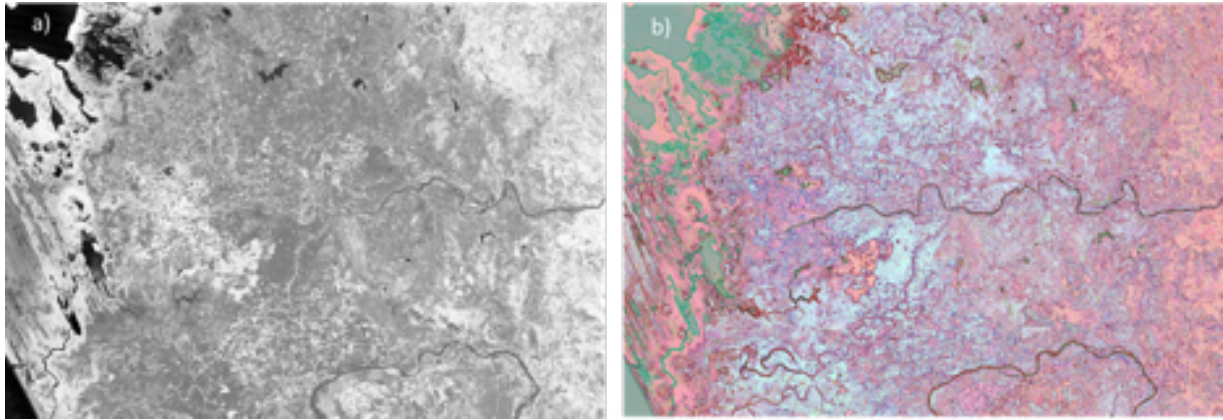


Figura 2. Transformaciones del mosaico 88-97_1993: a) NDVI y b) capa bordes

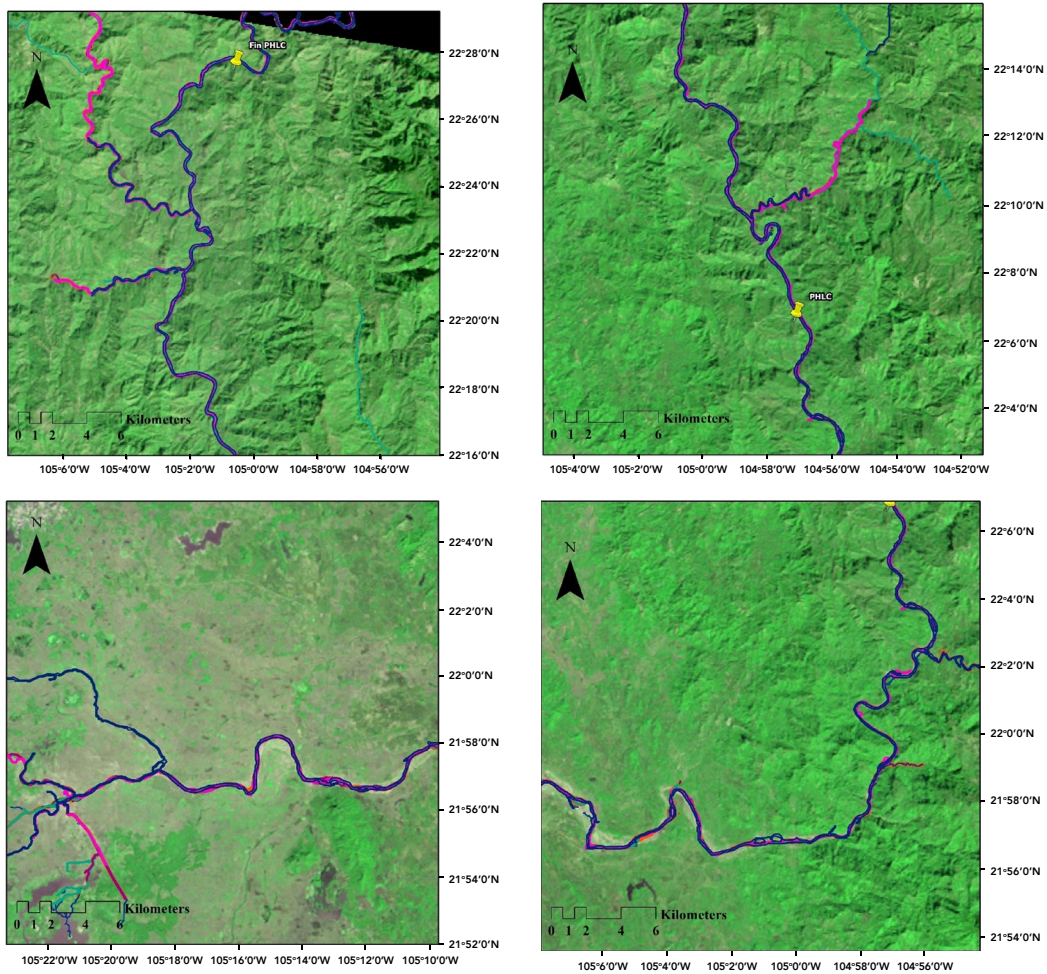


Figura 3. Patrones espaciales del cauce principal para los años 1973, 1980, 1993 y 2003

COORDINACIÓN DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

El río en las ilustraciones I y II no ha presentado grandes variaciones en su cauce principal, lo cual confirma lo obtenido por la sinuosidad apegándose al relieve por lo que se tendrá un transporte incluso alto de sedimentos dadas las altas pendientes del río y su erosibilidad. Esto contrasta con lo observado aguas abajo cerca de la confluencia del río El Naranjo (IV) y posterior a esta, donde la sinuosidad es alta al igual que la sinuosidad observada en el mismo Río El Naranjo. Es por ello que en estas zonas se observa un aumento gradual de la planicie formada por acreción del sedimento. Algunos de estos lugares se han transformado en zonas agrícolas ya que se trata de un sedimento que crea una zona muy fértil, incrementado a lo largo de los años la actividad agrícola y acuícola de la zona. Los grandes cambios se han dado en la zona III justo antes de los manglares. Finalmente, se creó una zona de inundación máxima, la cual representa la mayor extensión posible que se puede llegar a tener en caso de un evento extraordinario.

Comentarios finales

El análisis de los patrones espaciales es una importante herramienta para analizar fenómenos a partir de características que parecen no tener relación alguna, pero al juntarlas muestran relación y coherencia.

En el caso de la delimitación de zonas de inundación, se dio énfasis en implementar una capa que permita detectar la humedad presente en la superficie terrestre, considerando como zonas inundables aquellas que presenten un alto contenido de humedad descartando cuerpos de agua: humedad en suelo desnudo y suelo con vegetación. De esta manera, se observó que la capa TTC-humedad hace una mejor distinción entre las zonas húmedas y las secas, la cual junto con el

realce de bordes obtenido y con modelos digitales de elevación permitieron el trazo de las zonas de inundación para cada año analizado, partiendo del hecho de que cada evento se manifestó con intensidad, condiciones del suelo y temperatura diferentes.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el “Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT)”, UNAM. Proyecto núm. IN106818. |

Referencias

- CFE (2014b). “Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces, Capítulo II, Descripción de las obras”, Manifestación de impacto ambiental, CFE.
- Chase T. N.; Pielke Sr R. A.; Kittel T. G. F.; Nemani R. R. y Running S. W. (2000). Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. *Climate Dynamics*, 16:93-105. doi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s003820050007>.
- DOF (2014). Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas superficiales en las Cuencas Hidrológicas Laguna de Santiaguillo, La Tapona, Río La Saucedá, Río El Tunal, Río Santiago Bayacora, Río Durango, Río Poanas, Río Súchil, Río Graseros, Río San Pedro-Mezquitil y Río San Pedro-Desembocadura de la Subregión Hidrológica Río San Pedro de la Región Hidrológica número 11 Presidio San Pedro. *Diario Oficial de la Federación* 09/07/2014. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5351765&fecha=09/07/2014.
- Garg V; Nikama B. R.; Thakur P. K.; Aggarwal S. P.; Gupta P. K. y Srivastav S. K. (2019). Human-induced land use land cover change and its impact on hydrology, *HydroResearch*, 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.hydr.2019.06.001>
- Kusumastuti DI (2006). Effects of threshold nonlinearities on the transformation of rainfall to runoff to flood in a lake dominated catchment system. Ph. D. Dissertation, University of Western Australia.