

Protected Natural Area or Region of Sugarcane Production? Multitemporal Analysis for the Huasteca Potosina Region (Mexico) from satellite imagery.

Noyola Medrano Cristina¹
Ramos-Leal José Alfredo²
López-Álvarez Briseida²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Facultad de Ingeniería / Ingeniería Geomática.
Dr. Manuel Nava 8, Zona Universitaria poniente, C.P. 78290, San Luis Potosí, S.L.P, México.
cristina.noyola@uaslp.mx

² Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, AC. / Geociencias Aplicadas.
Camino a la Presa San José 2055, Lomas 4ª sección, CP 78216, San Luis Potosí, S.L.P., Mex.
jalfredo@ipicyt.edu.mx

ABSTRACT. The last 10 years, the area located at south to Maitines (San Luis Potosi, Mexico; 22 °15'N and 99 °15'W) have had flooding problems in growing sugarcane areas during maximum floods of El Salto river. The periods of flooding are a great problem, since the plant growth ranges from 10 to 24 months, so, after the loss of production, sugarcane producer must wait over a year for the next harvest. The plant of sugarcane normally can resist up to 5 days completely covered by water, nevertheless, in the last floods, the plant died after 4 days. For this reason, in this work, analysis was performed from multitemporal Landsat images to specify the beginning of farming and to determine if the global climate change has affected the area. In addition, we have defined the current legal status of the region, with respect to closed and protection areas, through analysis of laws and decrees published in the Official Journal of the Federation (DOF). The methodology includes radiometric and geometric corrections, supervised classification, the extraction of surface temperature from thermal band and the implementation of a GIS. The results of this work support the creation of small hydraulic infrastructure to protect this region from future flooding, without affecting the landscape. Therefore, the recommendation is to conduct the Environmental Impact Statement and support the project with base in Articles 83 and 84 of the National Water Act.

Keywords: Land use change, Global climatic change, Flooding, Sugarcane, Landsat

RESUMEN. En los últimos 10 años, el área ubicada al sur de Maitines (San Luis Potosi, Mexico; 22 ° 15'N y 99 ° 15'W), ha presentado problemas de inundaciones en áreas de cultivo de caña de azúcar, durante las crecidas máximas del río El Salto. Los períodos de inundaciones son un problema importante, ya que el proceso de crecimiento de la caña varía de 10 a 24 meses, así que, después de la pérdida de producción, el productor debe esperar más de un año para la próxima cosecha. La planta de caña de azúcar normalmente puede resistir hasta 5 días totalmente cubierta por el agua, sin embargo, en las últimas inundaciones, la planta murió en menos de 4 días. Por tal motivo, se realizó un análisis multitemporal a partir de imágenes Landsat para precisar el inicio de la actividad agrícola y determinar si la zona presenta afectación por cambio climático global. Se define el estado actual de las zonas de veda y de protección, mediante el análisis de leyes y decretos publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF). La metodología de este trabajo incluye correcciones radiométricas y geométricas, clasificación supervisada, extracción de temperatura superficial a partir de la banda térmica y la implementación de un SIG. Los resultados de este trabajo sustentan la necesidad de crear pequeñas obras hidráulicas para proteger a la región de futuras inundaciones. Por tanto, la recomendación es realizar una Manifestación de Impacto Ambiental y sujetarse a los artículos 83 y 84 de la Ley de Aguas Nacionales.

Palabras clave: Cambio de uso de suelo, Cambio Climático Global, Inundación, Caña de Azúcar, Landsat

1.- INTRODUCTION

La siembra de caña de azúcar comenzó en la Huasteca Potosina (México) a partir de los años 70. En esta región, la producción de caña de azúcar es un activador económico importante y se ha mantenido constante. Sin embargo, en los últimos 10 años, el área ubicada al sur de Maitines (22 ° 15'N y 99 ° 15'W) presenta problemas de inundación debido a las crecidas máximas del río El Salto, provocando a veces, la pérdida total de la producción. Asimismo, en las últimas inundaciones, los cultivos resistieron menos de 4 días cubiertos

totalmente por agua y anteriormente podían resistir poco más de 5 días. Para resolver el problema, se plantea la realización de una obra hidráulica sobre la sección del río El Salto que pasa por el área de cañaverales. Sin embargo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) indica que en la zona no es posible realizar infraestructura hidráulica por considerarla un humedal. Por las razones antes expuestas, el objetivo de este trabajo es corroborar si en la zona existe algún decreto de protección anterior o posterior al establecimiento de los cañaverales, así como, determinar si el cambio climático afecta a la zona. Por lo tanto, se realizó un análisis de cambio de uso de suelo (CUS) y de cambio de temperatura superficial (CTS) a partir de imágenes Landsat con fechas de 1973 a 2011. La información cartográfica y bibliográfica se obtuvo de los sitios web del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (INE), SEMARNAT, el Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)..

2.- ZONA DE ESTUDIO

2.1 Localización.

La zona se encuentra ubicada en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, entre los paralelos $22^{\circ}13'05''$ y $22^{\circ}21'05''$ de latitud Norte y entre los meridianos $99^{\circ}12'30''$ y $99^{\circ}18'15''$ de longitud Oeste (figura 1). La población más cercana a la zona de estudio es Maitines.

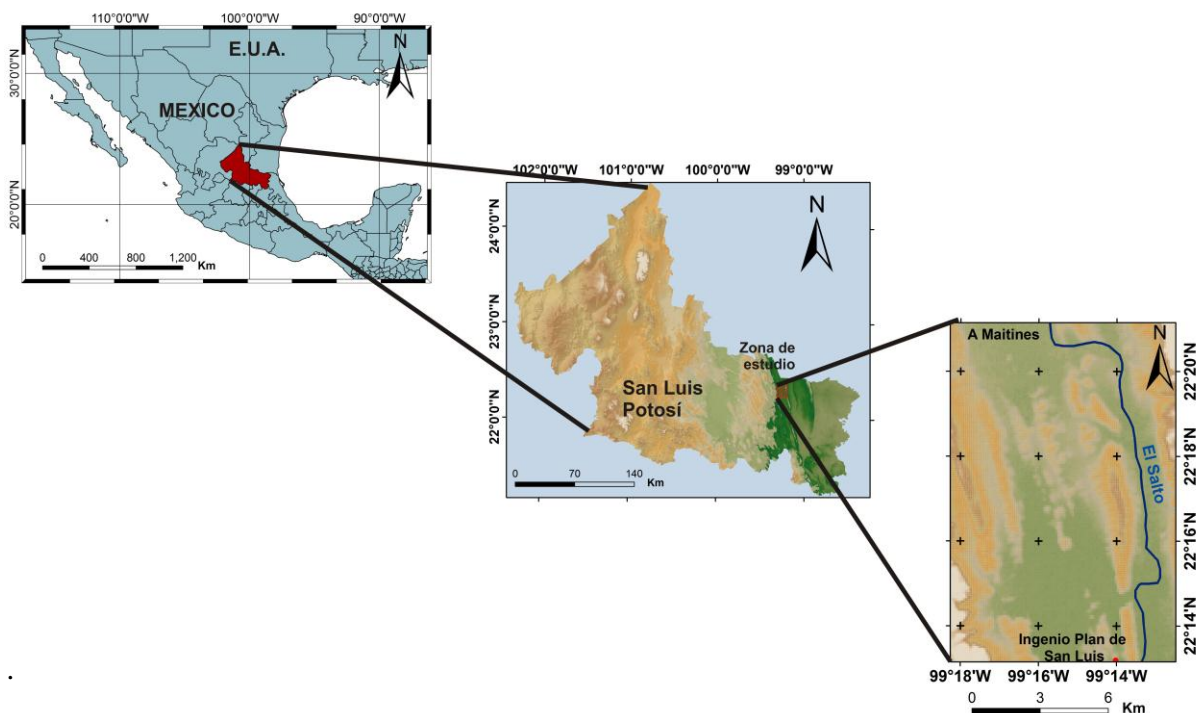


Figura 1. Mapa de localización de la zona de cañaverales

2.2 Hidrología.

El río El Salto es el principal afluente que atraviesa a la zona de estudio (Figura 2a). Sin embargo es posible observar una serie de arroyos que atraviesa a la zona. Los arroyos son principalmente de tipo dendrítico y paralelo (Figura 2a). Ferney-Leonel (2011) reporta para la subcuenca del río El Salto un volumen teórico disponible de $710 \text{ mm}^3/\text{año}$, siendo uno de los arroyos con mayor disponibilidad dentro de la cuenca del río Valles. Esta disponibilidad es probablemente debida a una mayor capacidad de captación pluvial y a que conserva bosques mixtos de predominancia en Quercus (Figura 2b).

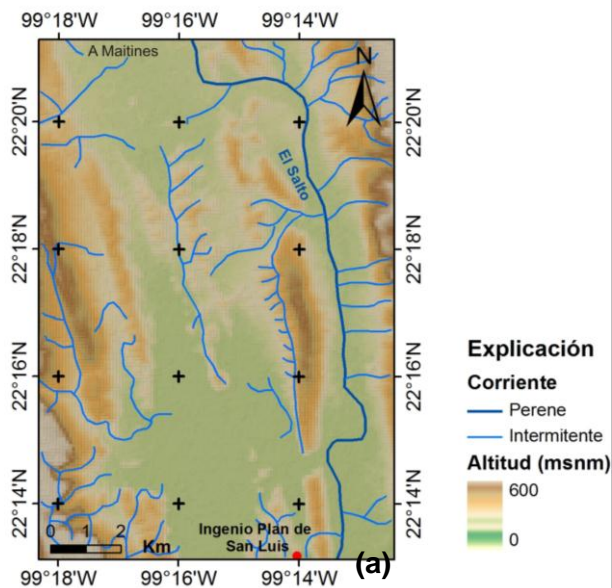


Figura 2. a) Hidrología superficial de la zona de estudio; b) Toma de un tramo del río El Salto, mostrando el principal tipo de vegetación en la región

2.3 Suelos

Como se observa en la figura 3a, la mayor parte de la zona está ocupada por vertisol y leptosol lítico (SAGARPA, 2009). Los leptosoles líticos por lo general se encuentran hacia las laderas de las sierras. Los vertisoles son suelos arcillosos y pegajosos que se saturan e inundan en la temporada de lluvias y en tiempos de sequía es común que presenten cuarteaduras y que inviertan sus horizontes.

2.4 Climatología

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reporta un clima cálido húmedo para la zona de estudio. Según la gráfica de la figura 3, la temperatura máxima en los últimos 50 años fue alcanzada en el mes de mayo (33.1°C), mientras que el mes que presenta la temperatura más baja entre 1971 y 2011 es diciembre con un registro de temperatura mínima de 9.8°C.

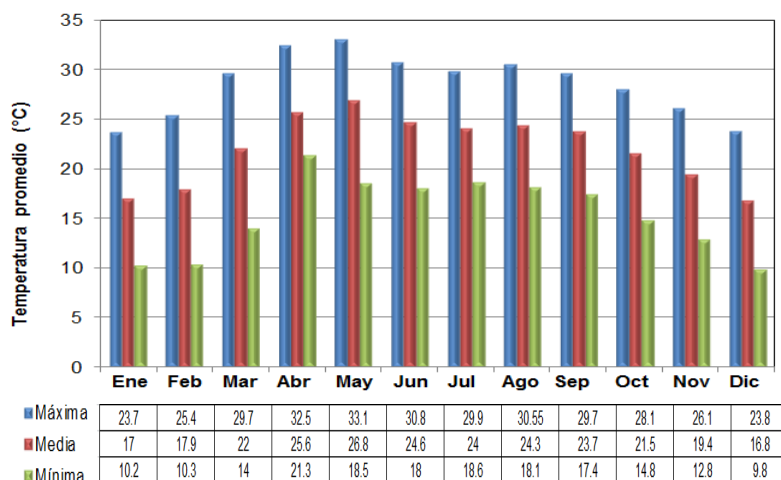


Figura 3. Gráfica de la temperatura promedio mensual 1971-2011 (Elaborada por C. Noyola-Medrano con base a los valores reportados por el SMN).

La zona cuenta con un régimen de lluvia que incluye a los meses de junio a septiembre. Durante el periodo de lluvias, existe una disminución de precipitación en el mes de agosto y coincide el periodo de canícula, llegándose a alcanzar temperaturas de hasta 50°C, lo que puede llegar a causar problemas de salud, pérdidas en ganado y vegetación.

2.5 Cultivo de caña de azúcar.

En la zona de estudio, el cultivo de caña de azúcar comenzó en los 70's. Biswas (1986) indica un ciclo vegetativo de 10 a 24 meses y Benacchio (1982) reporta altitudes máximas de 1600 m para este cultivo. En general, las necesidades de agua para la caña de azúcar son de 1500 a 2500 mm (Doorembos y Kassam, 1979). Los cultivos de caña sometidos a periodos de inundación, presentan hojas con coloración rosada (Biswas, 1986). Para un crecimiento óptimo, la temperatura del suelo debe ser de 26 a 27°C pues las altas temperaturas del suelo reducen su crecimiento (Blackburn, 1984).

3.- METODOLOGÍA

La metodología incluye el uso de imágenes Landsat MSS y Landsat TM5 para cubrir un periodo de 1973 a 2011. Las escenas fueron obtenidas gratuitamente sobre el sitio web USGS Global Visualization Viewer (GloVis). La primera fecha (1973) fue trabajada con una imagen Landsat MSS, y las fechas de 1986, 2000 y 2011 fueron cubiertas con imágenes Landsat TM5. Todas las escenas fueron obtenidas entre los meses de marzo y mayo. Las imágenes tienen una georreferencia WGS84 UTM 14 Norte. Las imágenes fueron corregidas radiométricamente para finalmente realizar la clasificación supervisada para cada fecha, tomando como información de referencia los mapas de uso de suelo y vegetación editados por INEGI. Como post-clasificación se aplicó filtro de majority de 7 x 7 para suavizar la salida de la clasificación. Con los diferentes mapas de uso de suelo se estableció una comparación cualitativa y cuantitativa, tomando como fecha inicial 1973 y como fecha final 2011.

Para el análisis de cambio de temperatura superficial se trabajó con la banda 6 de las imágenes Landsat TM5, la cual fue corregida radiométricamente y después se aplicó algoritmo de extracción de temperatura en grados kelvin (°K) con base al trabajo de Chander y Markham (2003). Se hizo conversión a grados centígrados (°C) restando 273.15 a los °K..

Se utilizó un MDT para obtener la geomorfología y delimitar la zona de inundación.

Las áreas de protección natural más cercanas a la región y con decreto vigente se obtuvieron por recopilación de información tomada de las páginas web de CONAGUA, SEMARNAT, INE, CONANP y del DOF.

El equipo utilizado en campo fue un GPS marca garmin, las imágenes de satélite fueron tratadas con ENVI 4.5 y la integración de la información se hizo con ArcGIS 9.3.

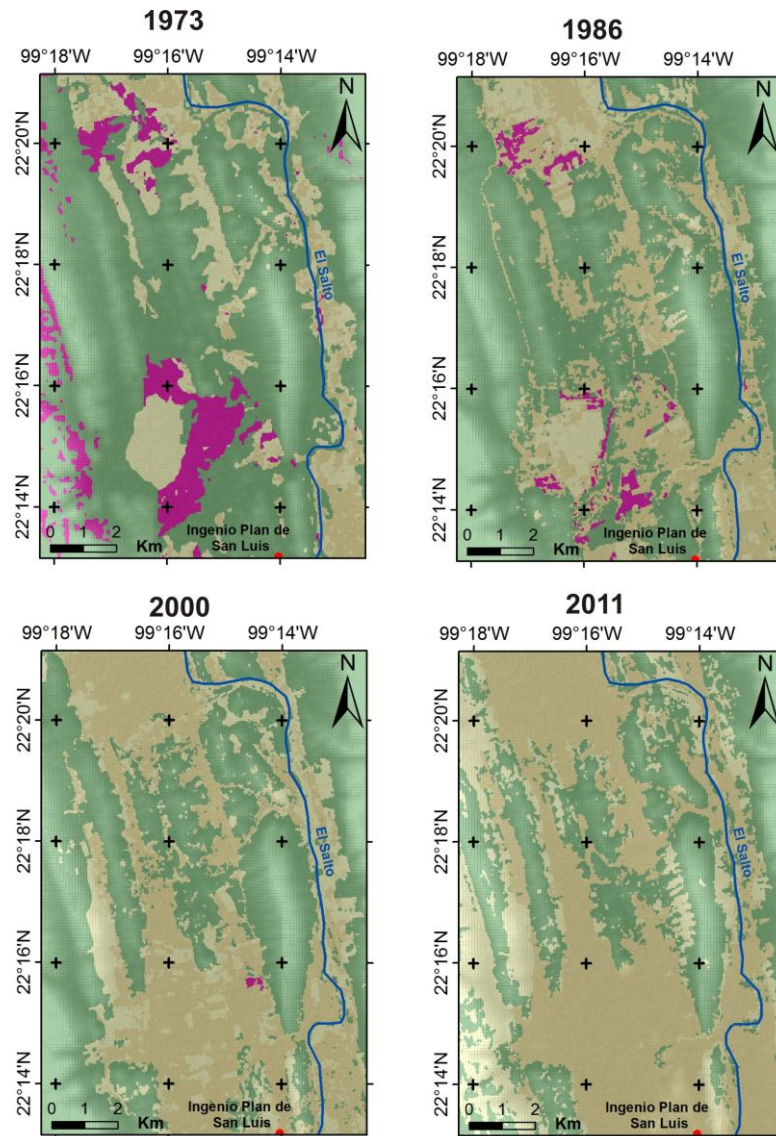
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cambio de uso de suelo y Vegetación

Los resultados arrojados del análisis de imágenes de satélite muestran que para 1973 se tenía una extensión de palmar de 8.3% respecto a la superficie total, y la selva baja ocupaba el 68.1%. Estas coberturas disminuyeron en 1986 a 9.9% de palmar y 63.5 % de selva baja. El comportamiento de estas dos coberturas para los años 2000 y 2011 es de continua disminución, de esta forma que en 2011 el palmar ha desaparecido y el cubrimiento de la selva baja corresponde al 36.9% del total de la superficie (Figura 4).

En cuanto a las zonas de pastizales y de cultivo se observa un incremento en ambas coberturas partiendo en 1973 con un 14.2% de pastizal y 9.3% de zonas agrícolas. Para el 2000 se

observa un incremento de 16% en pastizal y de 23.3% de área agrícola. Para el 2011 estas dos coberturas ocupan la mayor extensión de la zona de estudio. Este cambio agrava en gran medida las zonas de inundación en la región, pues la cobertura vegetal original ha sido sustituida por zonas de cultivo y áreas de pastizales inducidos (Figura 4). Con la imagen de 1973 se constata que la zona de estudio tiene presencia de cultivos desde esta fecha.



Explicación

Cultivo
 Palmar
 Pastizal
 Selva baja
 Corriente perene

Figura 4. Mapas de uso de suelo de la región de estudio para los años 1973, 1986, 2000 y 2011. La información fue obtenida mediante el análisis de imágenes de satélite Landsat MSS y Landsat TM5.

4.2 Cambio de Temperatura Superficial

Utilizando la banda térmica de las imágenes Landsat TM5 se obtuvieron mapas de temperatura superficial para los años 1986, 2000 y 2011 (Figura 5). En el año de 1986 la mayor parte de la zona tenía la temperatura superficial óptima para el buen desarrollo de la planta de caña y la superficie con temperaturas mayores a 30°C era el 1% del total de la zona.

Para el 2000 el 7.5% de la superficie presenta temperaturas superiores a los 30°C y para el 2011 se incrementó al 12% y se concentró en la zona del valle.

Los resultados de este análisis muestran que las temperaturas superficiales de la región se han elevado en promedio 2.8°C. Este resultado puede ser corroborado con los datos de las estaciones meteorológicas. Los mayores incrementos de temperatura se presentan en la zona del valle, donde se ubican la mayor parte de los cultivos de caña. Este fenómeno podría explicar en parte el fenómeno de pérdida de la producción en un menor tiempo bajo circunstancias similares de cubrimiento de agua con respecto a inundaciones de años anteriores

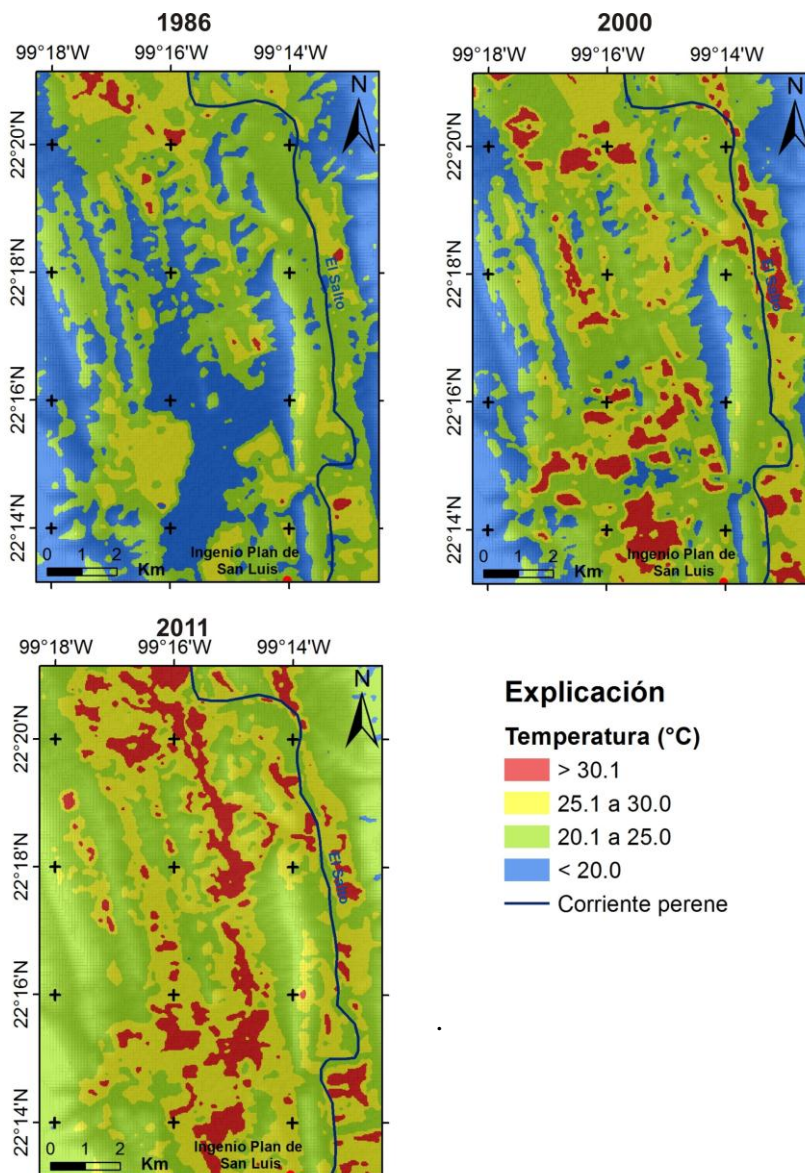


Figura 5. Mapas de temperatura superficial para los años 1986, 2000 y 2011. Los resultados son producto del procesamiento de las bandas térmicas de las imágenes Landsat TM5.

4.3 Geomorfología

Con base al análisis geomorfológico realizado a partir de los MDT, se puede constatar que las principales toposformas en la región son el valle que está limitado por sierra y hacia la parte central de la región se observan lomeríos (Figura 6a). Es importante puntualizar que en la zona de valle es donde se presentan los principales problemas de inundación y también es la región de mayor productividad cañera (Figura 6b).

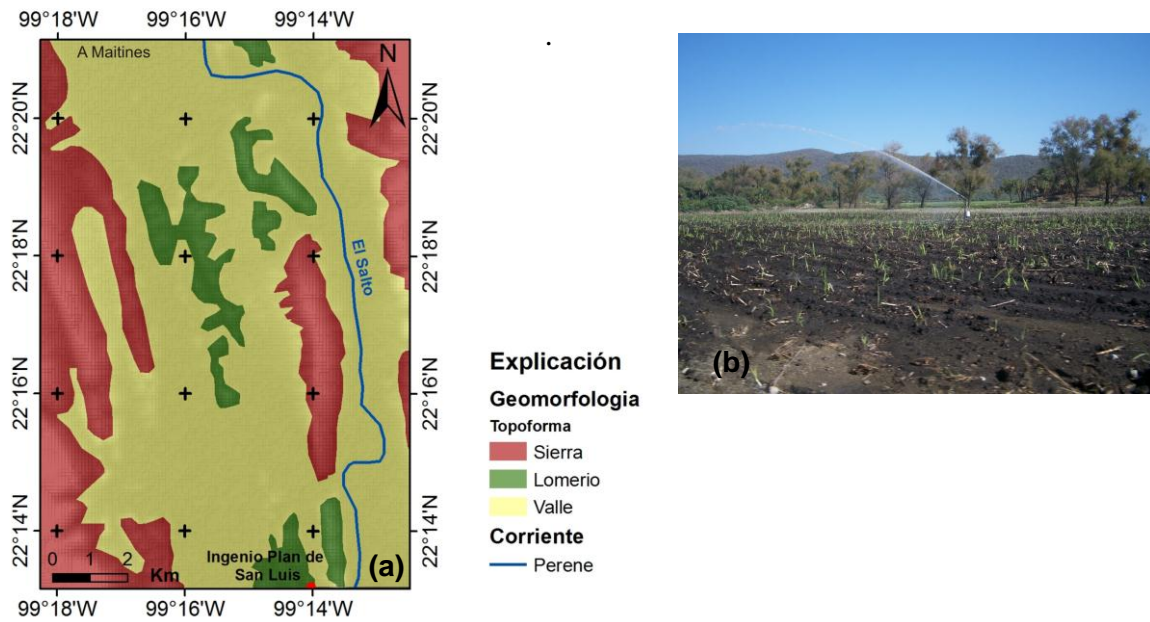


Figura 6. a) Mapa de geomorfología de la zona de estudio presentando como topoforma principal al valle; b) Fotografía mostrando aspecto del valle limitado por lomeríos y sierra

4.4 Decretos y posibles restricciones en la zona de estudio

El único decreto sobre la zona de estudio emitido y publicado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en el DOF en 1956, fue revocado en el 2000. Por otra parte, SEMARNAT y CONANP, no han decretado y publicado en el DOF áreas de protección natural o sitios RAMSAR sobre la zona de estudio. Las áreas naturales protegidas están al Norte y al Este de la zona de estudio (Figura 7). Por la razón antes expuesta, legalmente no debería haber impedimento para realizar una obra hidráulica pequeña. Con la finalidad de no perjudicar al paisaje, se sugiere realizar la Manifestación de Impacto Ambiental y sujetarse a los artículos 83 y 84 de la Ley de Aguas Nacionales que evocan la necesidad de prevenir inundaciones y avenidas máximas que sean perjudiciales para la población.

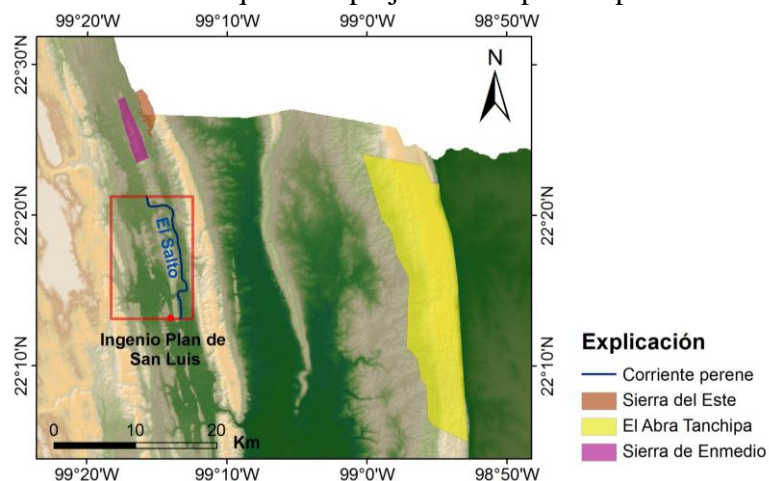


Figura 7. Zonas de protección con decreto nacional y estatal.

5.- CONCLUSIONES

En la zona cañera ubicada al norte del Ingenio Plan de San Luis, se advierte la problemática de inundación y mayor pérdida económica en un lapso de tiempo menor. El análisis de cambio de uso de suelo muestra que para el 2011, las zonas de cultivo ocupan una

superficie mayor a 23% del total de la superficie contra 9.3% observado en 1973. También se observa decremento y desaparición de palmar y selva baja en los últimos 38 años. En cuanto a las temperaturas superficiales, el análisis muestra que existe un aumento promedio de 2.8°C que afecta al 12% de la superficie de esta región y se concentra principalmente en el valle donde se presentan temperaturas superficiales superiores a 30°C y corresponde a la zona donde se desarrolla el cultivo de la caña de azúcar. Este comportamiento en temperatura aunado a los eventos de inundación acelera la pérdida del cultivo de caña. El análisis realizado con el MDT permite constatar que la geomorfología de la zona facilita los eventos de inundación en el área destinada a cultivos de caña. Finalmente, en la zona de estudio no existen áreas naturales protegidas ni sitios RAMSAR. Por lo tanto, se sugiere realizar la Manifestación de Impacto Ambiental para realizar infraestructura hidráulica apegándose a los artículos 83 y 84 de la Ley de Aguas Nacionales para prevenir futuras inundaciones que perjudiquen a la región social y económicamente.

6.- AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las facilidades otorgadas por IPICYT y la UASLP para la realización de la investigación y el escrito final.

REFERENCIAS

Benacchio, S.S. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. En: Chuvieco, E. (ed) **Fundamentos de teledetección espacial**. Ed. Rialp. Madrid, España. 1982, 419 p.

Biswas, A. Screening of sugar cane varieties against red rot disease in West Bangal. **Bharatiya sugar** v. 11, p. 15-16, 1986.

Blackburn, F. **Sugarcane**. Longman, Harlow. 1984, 441 p.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. **Ley de Aguas Nacionales con la última reforma DOF 08-06-2012**. México, D.F. Disponible en: <<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf>> Acceso el: 20 de julio del 2012.

Chander, G and Markham B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 11, p. 2674-2677. 2003.

Comisión Nacional del Agua. **Plan de Gestión Integral de la Cuenca del Río Valles**. Disponible en <ftp://ftp.consejosdecuenca.org.mx/pub/downloads/CCRP/Planes/PGIC_RV.pdf> Consultado el: 28 de abril del 2012.

Diario Oficial de la Federación. **Acuerdo emitido por la Secretaría de Recursos Hidráulicos sobre veda en uso y aprovechamiento de las aguas de la cuenca del Río Pánuco**. 29 de septiembre de 1956.

Doorembos, J.A. y Kassam, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. **Estudios FAO: Riego y Drenaje No. 33**. FAO. Roma, Italia, 1979, 212 p.

Falkenmark, M. and Widstrand, C. Population and water resources: A delicate balance. **Population Bulletin** v. 47, n.3, p. 1-36, 1992.

Ferney-Leonel, H. **Gestión participativa de cuencas hidrográficas: El caso de la Cuenca del Río Valles, Oriente de México**. Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Tesis de Doctorado, 376 p. 2011

Jiménez, B. **Disponibilidad del Agua en México en función de la cantidad, calidad y usos**. Instituto de Ingeniería – UNAM. México. 1996

SAGARPA. **Desarrollo de un modelo integral de sistema de información geográfica y edáfica como fundamento de la agricultura de precisión en la caña de azúcar en México, etapa I**. Ingenio Plan Ayala S.A. de C.V., enero 2009.