

# TERRA

# Latinoamericana



Órgano Oficial de Divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

Volumen 41 • 2023 • ISSN 2395-8030



# Publicaciones

## 2023

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., lanzará su

**Revista de DIVULGACIÓN**

***Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente***

El primer número se presentará en el marco del 47 CNCS. Participa y mantente informado.





## Contenido

|   |    |
|---|----|
| Artículos Científicos .....   | 4  |
| Optimización de la dosis de oligogalacturónidos en la propagación vegetativa de dos clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.), bajo condiciones controladas en vivero.....           | 4  |
| Physiological and genetic analysis of a mapping population responsiveness to plant growth-promoting <i>Azospirillum</i> in wheat.....   | 5  |
| Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) variedad INIA 415-Pasankalla ..... | 6  |
| Evaluación de la calidad de suelo de Tabasco, México, con métodos convencionales, espectroscopia de infrarrojo cercano y quimiometría.....  | 7  |
| Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....                 | 8  |
| Modelación hidrológica con el modelo SWAT empleando diferentes distribuciones espaciales del tipo suelo en la cuenca del Río Mixteco.....   | 9  |
| Nitrógeno total en maíz forrajero ( <i>Zea mays</i> L.) estimado mediante índices espectrales con el satélite Sentinel-2Total.....  | 10 |
| Caracterización edafológica con cultivo de agave azul ( <i>Agave tequilana</i> Weber) en Tonaya y Tuxcacuesco, Jalisco, México .....  | 11 |
| Estudio bibliométrico sobre biofertilizantes en México durante el período 2015-2020.....  | 12 |
| Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México .....                                    | 13 |
| Efecto de la granulometría del tezontle en tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.) y lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) en acuaponía .....       | 14 |
| Cartografía digital de suelos con regresión-Kriging y datos de sensores remotos.....  | 15 |
| Cambio de uso de suelo por la construcción del NAICM en Texcoco, Estado de México .....   | 16 |





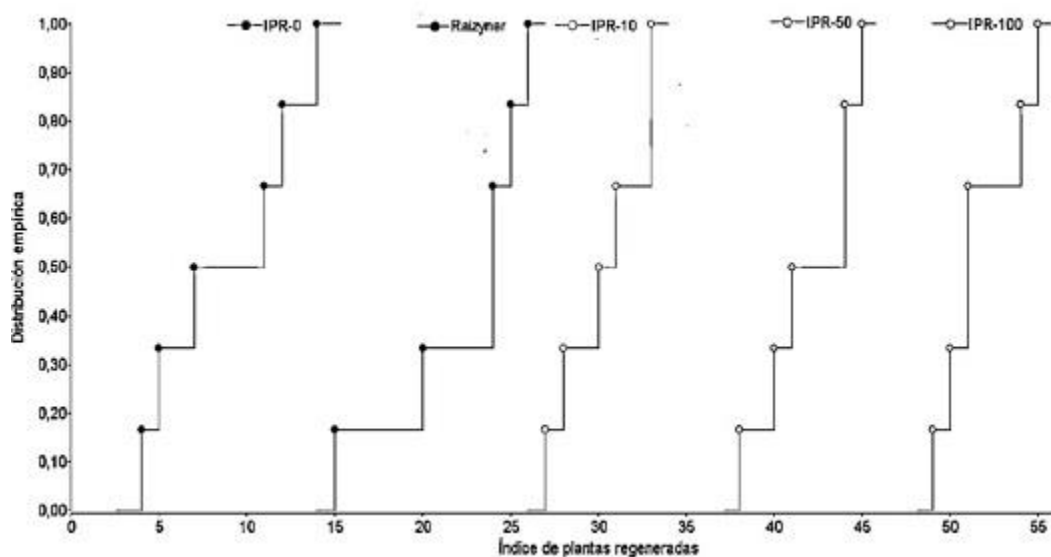
### Artículos Científicos

Optimización de la dosis de oligogalacturónidos en la propagación vegetativa de dos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), bajo condiciones controladas en vivero  
Oligogalacturonide dose optimization on the vegetative propagation of two cocoa clones (*Theobroma cacao* L.) under controlled conditions in the nursery

Juan José Reyes-Pérez, Luis Tarquino Llerena-Ramos, Juan Antonio Torres-Rodríguez y Luis Guillermo Hernández-Montiel

#### Resumen

La baja eficiencia de la propagación vegetativa del cacao a partir de esquejes obliga al uso de enraizantes. Esto motivó un estudio cuyo objetivo fue: optimizar la dosis de oligogalacturónidos en la propagación vegetativa de dos clones de cacao en condiciones controladas en vivero. Se aplicaron oligogalacturónidos en dosis: 0, 10, 50 y 100 mg L<sup>-1</sup> y un enraizante químico (compuesto de: nitrógeno 7%, fósforo 45%, potasio 5%, boro 0.1%, activadores metabólicos 3% y algas marinas 10%) por inmersión en la base del esqueje. Los clones probados fueron CCN-51 y EET-801. Se evaluaron las variables: número de hojas, número de raíces, fracción radical, biomasa fresca de hojas, biomasa fresca de raíces, biomasa seca de hojas, biomasa seca de raíces, biomasa seca del tallo e índice de plantas regeneradas.



Los resultados indicaron que las dosis de 50 y 100 mg L<sup>-1</sup> mostraron los mayores efectos sobre número de hojas (NH), fracción radical (FR), biomasa seca de la hoja (BSH) y biomasa seca del tallo (BST). El clon CCN-521 mostro el mayor NH, FR, BSH y BST que EET-801 (P < 0.05). En número de raíces (NR), biomasa fresca de la raíz (BFR), biomasa seca de la raíz (BSR), biomasa fresca de la hoja (BFH) y el índice de plantas regeneradas (IPR), los clones fueron los mismos. El IPR tuvo correlación positiva con las demás variables (P < 0.05). Usando 85 mg L<sup>-1</sup> del enraizante químico se puede lograr una IPR de 49.1%. El IPR se puede predecir en base a las variables BFR y BFH con R<sup>2</sup>=0.96

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1648>



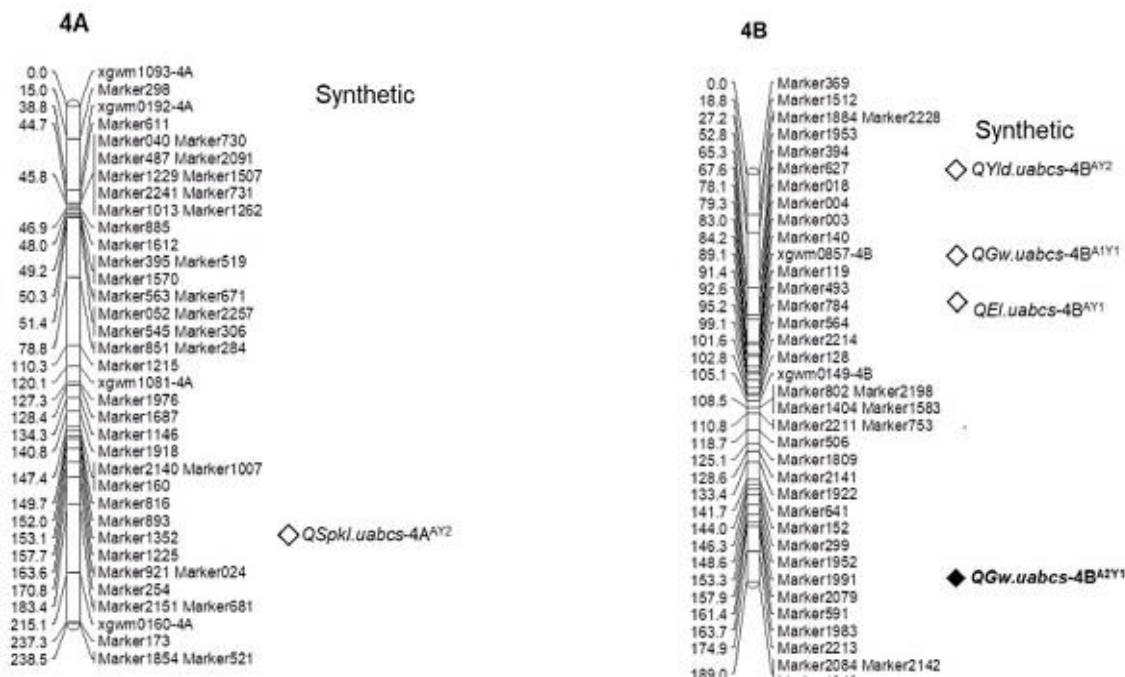
## Physiological and genetic analysis of a mapping population responsiveness to plant growth-promoting *Azospirillum* in wheat

Análisis fisiológico y genético de una población de mapeo que responde a *Azospirillum* promotor del crecimiento vegetal en el trigo

Thelma Castellanos-Cervantes, José Luis Díaz De León, Jien Ling and Marion Röder

### Summary

*Azospirillum brasilense* is a plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) with the potential of being employed as an inoculant to decrease the use of chemical fertilizers. We investigated the effect of *A. brasilense* inoculation on a doubled haploid population derived from Opata / WSHD67.2(257) cross and detected Quantitative Trait Loci (QTL) for seven agronomic traits.



The population was segregated, concerning their response to inoculation, into three subgroups: neutral, positive, and negative in a proportion of 60:25:15. A total of 18 major QTL and 83 minor QTL controlled the expression of measured traits. Nineteen QTL showed pleiotropic characteristics; chromosomes 5A, 7A, 7B, and 7D were distinguished as those with QTL controlling four of the seven phenotypes measured. The sequences of nearest markers to major QTL detected synteny to rice sequences that codified for at least 38 candidate genes described and discussed as a first step to understanding the interaction of wheat with *A. brasilense*.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1589>



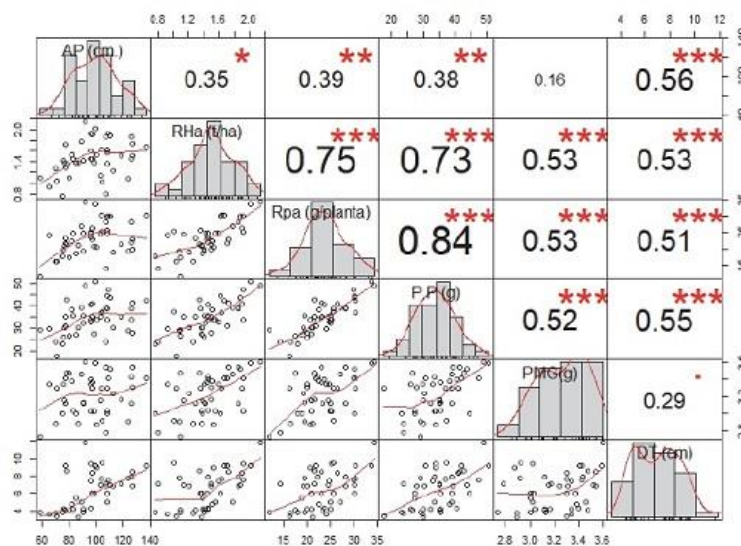
## Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415-Pasankalla

Effect of native microorganism efficacy and compost in three altitudinal zones on quinoa crop (*Chenopodium quinoa*) variety INIA 415-Pasankalla

Miguel Galecio-Julca, María Neira-Ojeda, Roger Chanduvi-García, Ricardo Peña-Castillo, Luis Armando Álvarez-Bernaola, Carlos Granda-Wong, David Lindo-Seminario, Elizabeth Saavedra-Alberca, Javier Javier-Alva y Arturo Morales-Pizarro

### Resumen

Los abonos orgánicos son una alternativa sostenible con el agroecosistema frente a los fertilizantes convencionales causantes de la contaminación de los recursos naturales. El objetivo fue determinar la eficacia de los microorganismos eficientes nativos (MEN) y de compost sobre el rendimiento y rentabilidad en el cultivo de quinua variedad INIA 415-Pasankalla en tres pisos altitudinales (Faical 1935 m de altitud, Lagunas Amarillas 2328 m de altitud. y Cascapampa 2995 m de altitud). Se evaluaron cinco tratamientos: T0 (testigo), T1 (MEN 2.5%), T2 (MEN 5.0%), T3 (MEN 2.5%+0.9 kg compost m<sup>-1</sup>) y T4 (MEN 5.0%+1.8 kg compost m<sup>-1</sup>), evaluando: AP (altura de planta), RHa (rendimiento hectárea<sup>-1</sup>), RPa (rendimiento planta<sup>-1</sup>), PP (peso de panoja), PMG (peso de mil granos) y DT (diámetro de tallo). Además, se analizó el beneficio/costo por tratamiento.



Se realizó un análisis de componentes principales ACP, una comparación triple de ANOVA y un análisis de correlación. Con el ACP se obtuvo dos componentes (C1 y C2) explicando el 97.20% de la variabilidad del estudio. El Componente 1 (78.46%) explica la mayor variabilidad y agrupó variables: G-I (AP, DT), G-II (RHa, Rpa, PP). Los tratamientos T4 y T3 presentaron los mejores resultados en relación a la altitud: Lagunas Amarillas-T4 con G-I y Cascapampa-T4 con G-II presentaron los mayores valores del estudio. No obstante, Cascapampa-T2 fue el más rentable (b/c= 5.68). La mezcla combinada de los insumos orgánicos elaborados a partir de materias primas locales y aplicados en forma foliar y suelos presentes en T4, mejoró los rendimientos y la rentabilidad del cultivo de quinua en relación a la altitud.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1622>



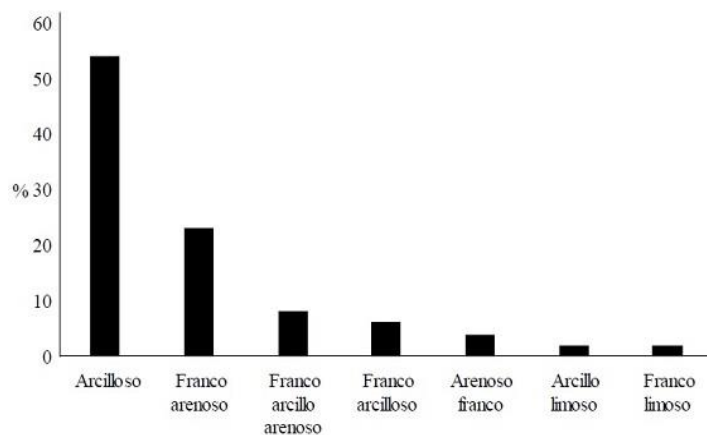
## Evaluación de la calidad de suelo de Tabasco, México, con métodos convencionales, espectroscopia de infrarrojo cercano y quimiometría

Assessment of the soil quality of Tabasco, Mexico using conventional methods, near-infrared spectroscopy, and chemometrics

Alex Ricardo Ramírez-García<sup>1</sup>, Armando Guerrero-Peña, Joel Zavala-Cruz, Eustolia García-López, Rufo Sánchez-Hernández y Joaquín Alberto Rincón-Ramírez

### Resumen

Se realizó una investigación retrospectiva – prospectiva, para establecer un índice de calidad de los suelos (ICS) de la región de los Ríos (RR) en Tabasco, México y su modelación con la tecnología de infrarrojo cercano (NIR) y la quimiometría. Con la relación MO / (arcilla + limo) se estableció el ICS para evaluar los suelos Cambisoles de la RR. El porcentaje de MO y el ICS fueron comparados para definir el mejor calificador de la calidad de los suelos. Con base en el ICS, el 58% de los suelos de la RR presentan degradación, mientras que, solo el 14% de los suelos indican que presentan baja concentración de MO. Por lo que se concluye que el ICS es más sensible para cuantificar la degradación de los suelos cuando se comparó con la evaluación basada en la MO.



Se recomienda un programa de manejo sostenible del suelo y prácticas edafológicas adaptadas a las condiciones locales, ambientales, sociales y económicas, para incrementar la MO y mejorar el ICS. Con el ICS se estableció un modelo de clasificación mediante espectroscopia de infrarrojo cercano y quimiometría. Se registraron los espectros de cada muestra de suelo y mediante interpretación quimiométrica se demostró que es posible establecer un modelo de análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para predecir el ICS. El modelo cumple con todos los calificadores estadísticos y predice correctamente el ICS en el 100% de los casos. Se concluye que la tecnología NIR genera información suficiente para predecir el ICS; con la ventaja de, eliminar el consumo de reactivos, no se generan residuos de laboratorio, se reduce el tiempo de análisis a minutos y no se destruye la muestra en estudio. Y solo se necesita secar, moler y tamizar las muestras de suelos para evaluar la calidad estructural de suelos.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1616>



## Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Influence of four concentrations of Steiner solution on nutrients in soil solution and productivity in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Felicitó Ausencio Díaz-Vázquez, Marcelino Cabrera-De la Fuente, Adalberto Benavides-Mendoza, Valentín Robledo-Torres, Antonio Juárez-Maldonado, Álvaro García-León y Alberto Sandoval-Rangel

### Resumen

El desarrollo y productividad de los cultivos agrícolas está directamente relacionado con el suministro nutricional que estos reciben. La hipótesis de esta investigación es que la concentración de iones medidos en la solución del suelo permite evaluar la eficiencia del manejo nutricional y su efecto sobre el cultivo, así, la concentración de iones está condicionada por el aporte mineral y los procesos de intercambio iónico del suelo. El objetivo de ésta investigación, fue medir el efecto de la aplicación continua de cuatro concentraciones de solución nutritiva sobre la concentración de iones en la solución del suelo y la respuesta en el cultivo de tomate bajo invernadero. El ensayo se estableció en suelo calcáreo bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, con plantas de tomate indeterminado.

| Tratamiento      | Variables fisiológicas               |                   |                             |                    |             |              |
|------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|-------------|--------------|
|                  | CEst <sup>1</sup>                    | CEst <sup>2</sup> | CEst <sup>3</sup>           | CIA                | CIB         | CIT          |
|                  | mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> |                   |                             | mg g <sup>-1</sup> |             |              |
| SF50%            | 391.52±29.60 c                       | 432.04±12.00 c    | 336.1±16.15 d               | 0.73±0.05 c        | 0.14±0.02 c | 0.88±0.08 c  |
| SF75%            | 443.24±34.37 b                       | 509.56±17.71 b    | 377.73±26.37 c              | 0.82±0.01 b        | 0.18±0.01 b | 1.01±0.02 ab |
| SF100%           | 477.26±41.88 b                       | 556.13±20.10 b    | 418.97±19.87 b              | 0.86±0.02 ab       | 0.2±0.01 b  | 1.05±0.02 b  |
| SF125%           | 524.74±63.59 a                       | 624.16±19.00 a    | 483.31±25.31 a <sup>1</sup> | 0.89±0.01 a        | 0.22±0.01 a | 1.11±0.02 a  |
| Media            | 459.19                               | 530.47            | 404.03                      | 0.83               | 0.19        | 1.01         |
| Tukey (P ≤ 0.05) | 45.85                                | 47.91             | 32.71                       | 0.06               | 0.03        | 0.09         |

Los tratamientos fueron cuatro concentraciones con diferente proporción de la solución Steiner modificada para el cultivo de tomate: 1) 50, 2) 75, 3) 100 y 4) 125%, que fueron aplicadas de forma continua por fertirriego. En cada tratamiento se extrajo la solución del suelo y se midió la concentración de los iones NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>, el pH y la conductividad eléctrica durante 18 semanas. Al mismo tiempo, se midió la respuesta en el cultivo. La concentración de la solución nutritiva, aplicada de forma constante al cultivo de tomate, presenta una relación directa con la disponibilidad de nutrientes. La solución nutritiva al 125% generó mejor crecimiento, fisiología, calidad comercial y rendimiento agronómico. El calcio fue el único elemento que se detectó en niveles suficientes en la solución del suelo a partir de una concentración de 50% en la solución nutritiva, debido a su alta disponibilidad original del suelo.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1646>





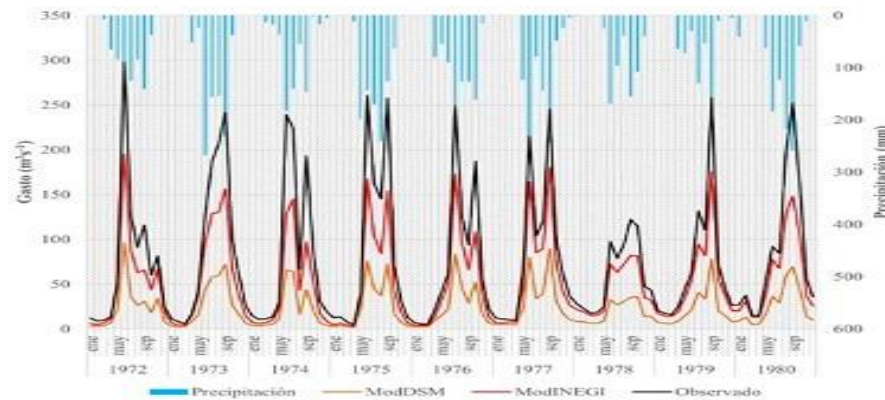
## Modelación hidrológica con el modelo SWAT empleando diferentes distribuciones espaciales del tipo suelo en la cuenca del Río Mixteco

Hydrological modeling with the SWAT model using different spatial distributions of soil type in the Mixteco River Basin

Gerardo Colín-García, Enrique Palacios-Vélez, Demetrio S. Fernández-Reynoso, Adolfo López-Pérez, Héctor Flores-Magdaleno, Roberto Ascencio-Hernández y Enrique I. Canales-Islas

### Resumen

La cuenca del río Mixteco se ubica en el estado de Oaxaca, México y comprende una superficie total de 6 559.20 km<sup>2</sup>; esta presenta fuerte degradación de sus recursos naturales, derivado principalmente de las acciones antrópicas asociadas a una mala administración de sus recursos naturales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento del escurrimiento superficial mediante el modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) en la cuenca del río Mixteco utilizando tanto la distribución espacial de suelo del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) como la obtenida a través de la técnica de DSM (Mapeo Digital de Suelos).



La modelación con INEGI (ModINEGI) correspondió al mapa edafológico de la Serie II escala 1:250,000 y la modelación con DSM (ModDSM) se obtuvo a partir de covariables ambientales. Los indicadores de evaluación del desempeño del modelo SWAT durante la fase de calibración fueron  $R^2 = 0.88$  y  $NSE = 0.87$  para ModDSM y  $R^2 = 0.85$  y  $NSE = 0.85$  para ModINEGI; sin embargo, durante el periodo de validación, los resultados de ModDSM ( $R^2 = 0.83$  y  $NSE = 0.81$ ) fueron mejores que los de ModINEGI ( $R^2 = 0.83$  y  $NSE = 0.61$ ). Por lo tanto, los resultados indican que la variación espacial de los tipos de suelo obtenida a través de la técnica de DSM, en combinación con la cobertura vegetal y la distribución de las pendientes a nivel cuenca, permiten al modelo SWAT simular de forma adecuada el comportamiento del escurrimiento superficial.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1566>



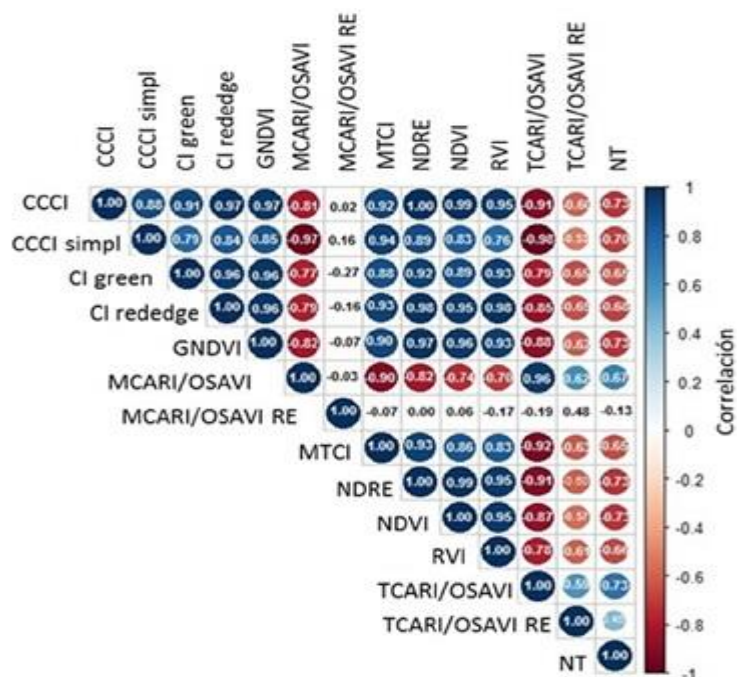
## Nitrógeno total en maíz forrajero (*Zea mays* L.) estimado mediante índices espectrales con el satélite Sentinel-2Total

Nitrogen in forage corn (*Zea mays* L.) estimated by satellite Sentinel-2 spectral indices

Magali J. López-Calderón, Juan Estrada-Ávalos, Aldo R. Martínez-Sifuentes, Ramón Trucíos-Caciano y Enrique Miguel-Valle

### Resumen

El nitrógeno es el nutriente más importante en cultivos forrajeros, debido a su participación en diversas reacciones bioquímicas en las diferentes etapas fenológicas de la planta. El objetivo del presente estudio fue desarrollar un modelo de regresión lineal múltiple para estimar el nitrógeno total (Nt) en planta de maíz a partir de imágenes satelitales. El porcentaje de Nt se determinó mediante tres muestreos de planta en cuatro parcelas experimentales. El modelo de estimación se obtuvo al procesar las imágenes satelitales Sentinel-2 de acuerdo a las fechas de muestreo, se calcularon 13 índices espectrales y se analizó la asociación entre los valores del contenido de nitrógeno y la reflectancia a través de: análisis de componentes principales (ACP), matriz de correlación y dendrograma.



Los índices con mayor relación fueron MCARI/OSAVI, TCARI/OSAVI, MCARI/OSAVI RE y TCARI/OSAVI RE, esto permitió explicar más de 50% de la variabilidad del modelo propuesto y un EMC de 0.12. El presente estudio indicó que el cálculo de índices espectrales derivados de Sentinel-2 tiene gran potencial para conocer el estado nitrogenado del cultivo de maíz, sin embargo, para futuras investigaciones se sugiere obtener modelos de estimación de Nt por etapa fenológica del cultivo.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1628>



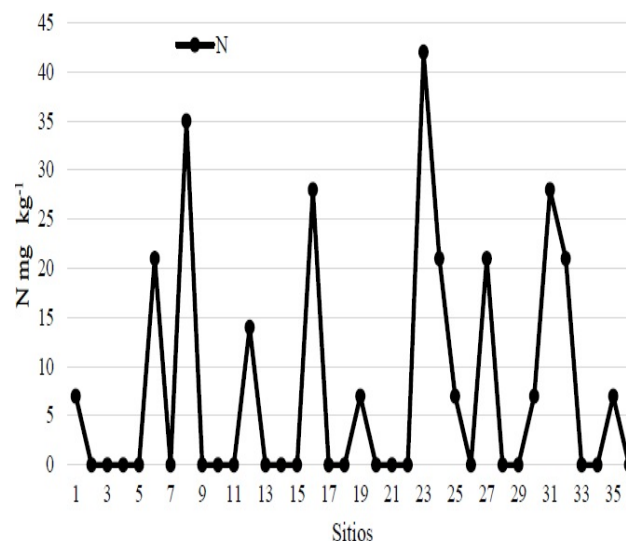
## Caracterización edafológica con cultivo de agave azul (*Agave tequilana* Weber) en Tonaya y Tuxcacuesco, Jalisco, México

Edaphological characterization in a blue agave (*Agave tequilana* Weber) cultivation in Tonaya and Tuxcacuesco, Jalisco, Mexico

Blanca Elizabeth Fregoso-Zamorano, Oscar Raúl Mancilla-Villa, Rubén, Darío Guevara-Gutiérrez, Arturo Moreno-Hernández, Pedro Figueroa-Bautista, Álvaro Can-Chulim, Omar Hernández-Vargas, Elia Cruz-Crespo, Héctor Manuel Ortega-Escobar, Abdul Khalil Gardezi y Víctor Manuel Villalvazo-López

### Resumen

El cultivo del agave azul es de importancia económica en el estado de Jalisco, genera gran cantidad de empleos y es la principal fuente económica de varios municipios como es el caso de Tonaya y Tuxcacuesco. No obstante, en la actualidad se desconoce el estado edafológico de los suelos, se exhibe un limitado conocimiento de los factores que regulan el crecimiento del cultivo, lo que propicia que los rendimientos en el cultivo no se consideren óptimos. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar el estado de la fertilidad de los suelos cultivados con agave azul en parcelas con distintas características (vírgenes y con varios ciclos de siembra) y diagnosticar su estado, en los municipios de Tonaya y Tuxcacuesco, con el fin de proponer prácticas de manejo y nutrición eficientes.



Se analizaron los suelos en laboratorio, encontrándose las siguientes características; los resultados obtenidos evidencian que en promedio los suelos presentaron valores de pH de 7.7, la concentración de materia orgánica con promedio de 2.19%, en la mayoría de los sitios se encontraron deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio, clasificando a los suelos en la categoría de bajos a pobres en cuanto al contenido nutricional. Con base en los análisis estadísticos se demostró que no existen diferencias significativas entre los tipos de parcelas evaluadas, su contenido de materia orgánica y nutrientes. En cuanto a las prácticas de manejo se recomienda utilizar abonos orgánicos y el sistema de policultivo frijol, maíz y agave cuando el contexto agrícola y económico lo permitan.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1592>



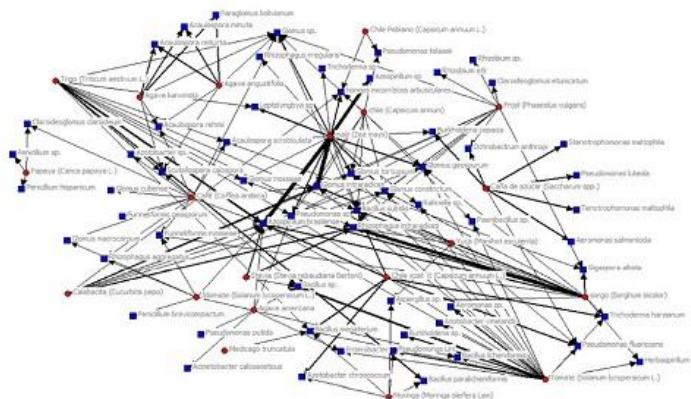
## Estudio bibliométrico sobre biofertilizantes en México durante el período 2015-2020

Bibliometric study on biofertilizers in Mexico during the period 2015-2020

Andrés Eduardo Coutiño-Puchuli, Maida Daylin Peña-Borrego y Zoe Tamar Infante-Jiménez

### Resumen

Se caracteriza el comportamiento de la investigación científica sobre biofertilizantes en México, según publicaciones en revistas científicas nacionales y extranjeras, durante el período 2015-2020. La investigación se centró en la interpretación de estos artículos, en idioma inglés y en español, publicados en bases de datos científicas: Ebsco, Elsevier, Springer, Scielo, Willey y Redalyc, para el análisis de indicadores bibliométricos. Se determina la productividad por año, autores, revistas, instituciones, colaboraciones entre países y estados mexicanos, en temáticas relacionadas con el empleo de microorganismos por cultivo agrícola, marcas de biofertilizantes y variables e indicadores econométricos. Dentro del período se publicaron un total de 115 artículos, para un promedio anual de 19 artículos; destacándose el año 2020 como el más productivo con 40 artículos. Los autores con mayor liderazgo en las publicaciones fueron, Arturo Díaz Franco Santacruz y Cid Aguilar Carpio.



Las revistas científicas, reservorio del mayor número de estos artículos, son Terra Latinoamericana y Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Las principales instituciones mexicanas que desarrollan estas investigaciones son el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Colegio de Posgraduados. Estados Unidos de América, es el país que más colabora estando representado en cinco estados mexicanos. Primaron las investigaciones en maíz, variedades de ají, tomate, trigo y sorgo, estando presentes en más de seis artículos. De 33 marcas de biofertilizantes analizadas durante el período, la marca Micorriza INIFAP® fue aplicada en más del 27% de los cultivos donde se emplearon biofertilizantes comerciales. Los microorganismos más empleados, pertenecieron a los géneros *Glomus*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Azospirillum* sp. La mayoría de los trabajos de investigación sobre biofertilizantes, se desarrollan en áreas de la agronomía, la biología y ciencias ambientales, específicamente sobre estudios de casos en algún cultivo agrícola, encontrándose escasos trabajos en el área de la administración o comercialización.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1449>



## Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México

Population density and fertilization effect on water productivity and yield of corn hybrids in the Mexico Valley Homero

Alonso-Sánchez, Margarita Tadeo-Robledo, Alejandro Espinosa-Calderón, Job Zaragoza-Esparza, Consuelo López-López, Benjamín Zamudio-González, Alan Monter-Santillán, Antonio Turrent-Fernández, Israel Arteaga-Escamilla y Karina Mora-García

### Resumen

La insuficiencia alimentaria en maíz, la crisis de agua y fertilizantes a nivel mundial, demandan incrementar la eficiencia en el uso de recursos incrementando o conservando la producción. El objetivo del trabajo fue definir la respuesta de cuatro híbridos de maíz blanco (Tlaoli Puma, Atziri Puma, H-49 AE y H-47 AE) en dos ambientes con dos densidades de población y dos dosis de fertilización y testigo sin fertilizar. Como arreglo factorial, en los ambientes Cuautitlán (FESC-UNAM) y Texcoco (CEVAMEX), Estado de México, se evaluaron los híbridos con dos densidades de siembra (D1=75 000; D2=90 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y tres tratamientos de fertilización (F1=160-80-00, F2=120-40-00, F3=00-00-00). El experimento en bloques completos al azar se conformó con los tratamientos y la combinación de los factores 2×4×2×3 establecidos en tres repeticiones.

| Fuentes de variación | Variables respuesta |         |        |       |        |         |      |                     |                     |                    |        |
|----------------------|---------------------|---------|--------|-------|--------|---------|------|---------------------|---------------------|--------------------|--------|
|                      | FM                  | FF      | ALP    | ALM   | LM     | HM      | GH   | G/M                 | PH                  | RG                 | PAT    |
|                      | días                |         | cm     |       | núm.   |         |      | kg hL <sup>-1</sup> | Mg ha <sup>-1</sup> | kg m <sup>-3</sup> |        |
| <b>AMBIENTE</b>      |                     |         |        |       |        |         |      |                     |                     |                    |        |
| FESC-UNAM            | 75.3 b              | 78.6 b  | 181 b  | 108 b | 14.1 a | 15.8 a  | 28 a | 436 a               | 77.3 a              | 5.96 a             | 1.29 a |
| CEVAMEX              | 77.4 a              | 79.4 a  | 243 b  | 113 a | 13.9 a | 15.3 b  | 28 a | 429 a               | 75.7 b              | 4.76 b             | 0.5 b  |
| DSH                  | 0.5                 | 0.6     | 3.9    | 2.8   | 0.4    | 0.4     | 0.9  | 17                  | 0.8                 | 0.26               | 0.04   |
| <b>HÍBRIDO</b>       |                     |         |        |       |        |         |      |                     |                     |                    |        |
| Tlaoli Puma          | 76.8 a              | 79.3 ab | 214 ab | 111 b | 13.9 b | 15.5 ab | 27 b | 423 b               | 76.6 a              | 5.12 b             | 0.85 b |
| Atziri Puma          | 75.7 b              | 78.3 b  | 216 a  | 104 c | 14.7 a | 15.9 a  | 30 a | 476 a               | 77.9 a              | 6.52 a             | 1.09 a |
| H-49 AE              | 76.6 a              | 79.5 a  | 208 b  | 103 c | 13.5 b | 15.2 b  | 26 b | 401 b               | 77.9 a              | 4.74 b             | 0.79 b |
| H-47 AE              | 76 ab               | 78.9 ab | 210 ab | 123 a | 13.9 b | 15.5 ab | 28 b | 431 b               | 73.5 b              | 5.04 b             | 0.86 b |
| DSH                  | 0.9                 | 1.1     | 7.3    | 5.3   | 0.7    | 0.6     | 1.8  | 32                  | 1.4                 | 0.49               | 0.08   |

Las medias se compararon con el método Tukey (P < 0.05). Para el rendimiento de grano y productividad del agua, en la FESC-UNAM con menor agua total, resultaron de 5.96 Mg ha<sup>-1</sup> y 1.29 kg m<sup>-3</sup> en CEVAMEX 4.76 Mg ha<sup>-1</sup> y 0.5 kg m<sup>-3</sup>; el híbrido Atziri Puma sobresalió con 6.52 Mg ha<sup>-1</sup> y 1.09 kg m<sup>-3</sup>. No se observó efecto significativo de la densidad de siembra y D1 resultó con 5.32 Mg ha<sup>-1</sup> y 0.9 kg m<sup>-3</sup> contra D2 con 5.4 Mg ha<sup>-1</sup> y 0.9 kg m<sup>-3</sup>. En la fertilización, F1 fue superior estadísticamente con 5.64 Mg ha<sup>-1</sup> y 0.94 kg m<sup>-3</sup>, pero no hubo diferencia entre F2 (5.24 Mg ha<sup>-1</sup> y 0.88 kg m<sup>-3</sup>) y el control F3 (5.19 Mg ha<sup>-1</sup> y 0.87 kg m<sup>-3</sup>). Se presentó interacción de los ambientes con los híbridos y destacó el híbrido Atziri Puma en la FESC-UNAM (7.3 Mg ha<sup>-1</sup> y 1.58 kg m<sup>-3</sup>). El sitio FESC-UNAM tiene potencial productivo en condiciones de temporal con los híbridos Puma e INIFAP.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577>

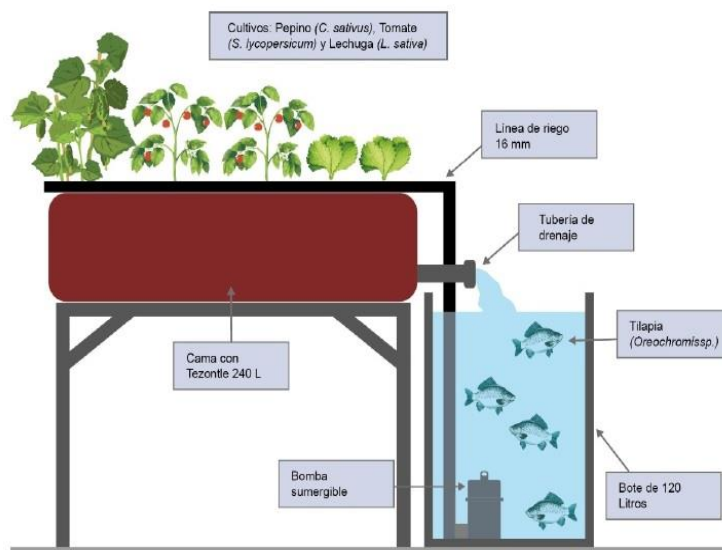
### Efecto de la granulometría del tezontle en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en acuaponía

Effect of tezontle particle diameter in tomato (*Solanum lycopersicum* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.) in aquaponics

Andrés Valenzuela-Antelo, Manuel Sandoval-Villa, Juan J. Almaraz-Suárez, Gabriel Alcántar-González y Rafael Bórquez-López

#### Resumen

En la acuaponía el uso de sustrato permite la colonización de bacterias nitrificantes y actúa como biofiltro. El diámetro de partículas del sustrato puede ser determinante en la colonización del sustrato por las bacterias y puede afectar el desarrollo y rendimiento de las plantas; razón por la que en esta investigación se planteó la hipótesis de que tamaño de partícula del tezontle afecta la colonización de bacterias y el desarrollo y crecimiento de las plantas. El experimento consistió de recipientes de 120 L como estanques para los peces, y de 12 tinas de 240 L para el sustrato y una bomba para oxigenación auxiliar a los estanques de los peces. Se establecieron 3 cultivos en cada tina: tomate, pepino y lechuga. Estos cultivos fueron trasplantados en 3 granulometrías de tezontle: diámetro menor a 1 cm, mayor a 5 cm y mezcla 50:50% de ambos tamaños con tres repeticiones por tratamiento.



Se realizó un análisis de la varianza y prueba de Tukey. No hubo efecto del diámetro de partícula del sustrato en la altura, diámetro de tallo y lecturas SPAD en las plantas de tomate, pepino y lechuga. El diámetro de partícula del sustrato no afectó el rendimiento ni firmeza, acidez titulable y grados Brix en los frutos de tomate. Tampoco hubo efecto sobre rendimiento y de calidad de frutos de pepino. En lechuga el peso fresco correspondiente al sustrato con partículas menores a 1 cm fue 55% mayor al de partículas mayores a 5 cm: 89.87 y 50.12 g por planta, respectivamente. El diámetro de partícula no afecta el rendimiento ni la calidad de los cultivos establecidos, sin embargo, en términos prácticos el tezontle fino menor a un cm es recomendable porque tiene mayor capacidad retención de humedad y mayor superficie para que las bacterias colonicen el medio.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1598>

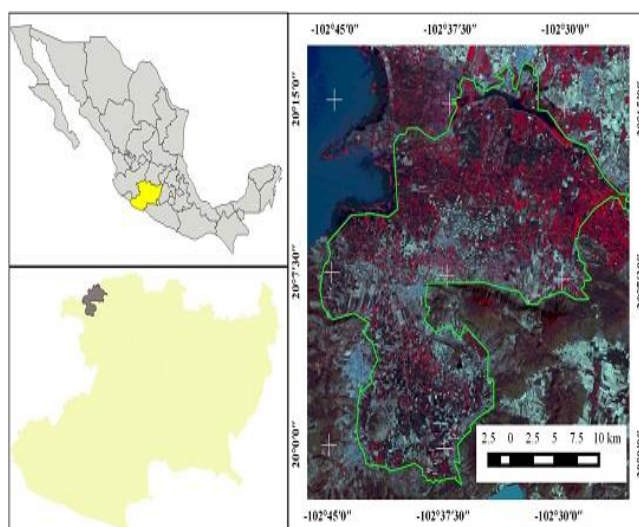


## Cartografía digital de suelos con regresión-Kriging y datos de sensores remotos Digital soil mapping with regression-Kriging and data from remote sensing

Francisco Estrada-Godoy, Gustavo Cruz-Cárdenas, Salvador Ochoa-Estrada y José Teodoro Silva

### Resumen

El empleo de cartografía digital de suelos permite obtener información cuantitativa sobre la distribución y funcionamiento de los suelos, para proponer alternativas de manejo sobre dicho recurso. El objetivo de este trabajo fue realizar la predicción espacial de propiedades de suelo a través de regresión-kriging y que sirva de base para tomar las medidas necesarias de un uso sostenible del recurso. El área de estudio se encuentra en la ciénaga de Chapala porción Michoacán, México. El muestreo de suelo fue sistemático. En laboratorio se determinó, a cada muestra de suelo, la conductividad eléctrica, carbono orgánico, los cationes solubles (Ca, K, Mg, Na), nitrógeno total y pH. Las variables dependientes fueron nitrógeno total, conductividad eléctrica, carbono orgánico y pH. Las variables independientes las bandas del satélite Landsat 8.



Se aplicó regresión-kriging para la predicción espacial. El ajuste de semivariograma experimental con modelos teóricos fue consistente para las cuatro propiedades de suelos, porque fue un diseño de muestreo sistemático y el tamaño de muestra de 297 puntos. El error cuadrático medio de la predicción espacial de conductividad eléctrica fue de 4, por presentar un coeficiente de variación de 355. Los suelos se consideraron con contenido de nitrógeno total de bajo a muy bajo ( $< 0.15\%$ ). Al menos 30% de los suelos presenta problemas de salinidad debido a que su conductividad eléctrica es mayor de  $1.1 \text{ dS m}^{-1}$ . Los contenidos de carbono orgánico se consideran de medios a altos ( $> 0.6\%$ ). El pH de los suelos es medianamente alcalino.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1617>



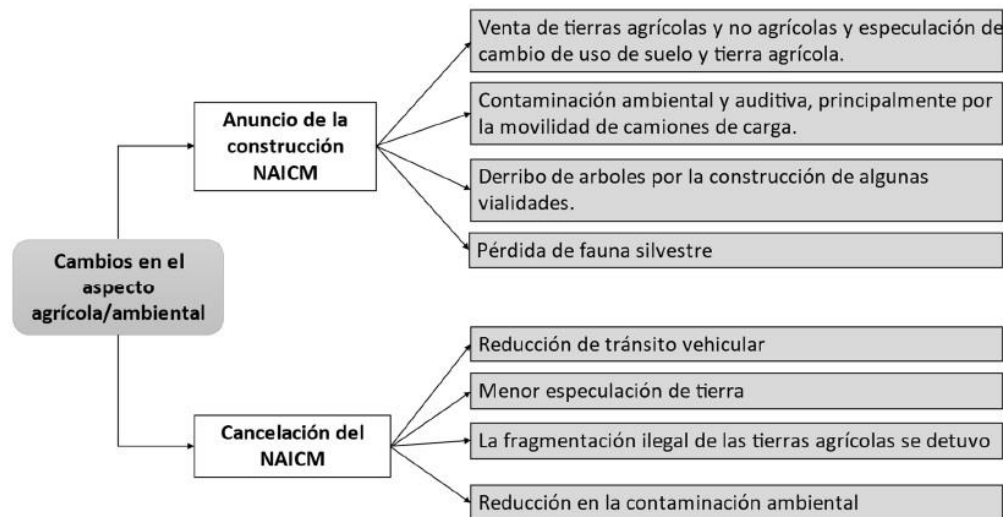
### Cambio de uso de suelo por la construcción del NAICM en Texcoco, Estado de México

Land use change by the NAICM construction in Texcoco, Mexico State

Arely Romero-Padilla y Martín Hernández-Juárez

#### Resumen

El megaproyecto del nuevo aeropuerto de la Ciudad de México fue anunciado por primera vez en 2001 y cancelado en 2019; sin embargo, tuvo su mayor avance en construcción en el sexenio 2012-2018. Con el anuncio y cancelación existió cambio de uso de suelo y especulación respecto al valor de la tierra. Este estudio evalúa el impacto que la construcción y posterior cancelación del aeropuerto generó en el cambio de uso de suelo en el municipio de Texcoco y municipios aledaños en el Estado de México y la percepción de actores clave sobre los efectos que esto ocasionó. Se procesaron imágenes de alta resolución del satélite Sentinel-2 de la zona colindante a la construcción del aeropuerto para los años 2016 a 2021. Se utilizaron los sistemas de información geográfica para realizar una clasificación supervisada con índices espectrales y generar mapas temáticos de uso de suelo con cuatro clases: suelo desnudo, suelo con vegetación, suelo urbano y cuerpos de agua. Se aplicaron entrevistas a actores clave que permitieron, con un análisis cualitativo, obtener la apreciación de los cambios y afectaciones derivadas del proyecto aeroportuario.



Los resultados muestran una tasa de crecimiento mayor de suelo urbano de 2016 a 2017, superficie que se encuentra principalmente cerca de la construcción del aeropuerto y que reemplazó mayormente al suelo desnudo. Este proceso de construcción del aeropuerto provocó disgustos en la población por las afectaciones al ambiente y consecuencias sociales como un crecimiento urbano descontrolado y perturbación por el tránsito de vehículos de carga. Como resultado de la cancelación del aeropuerto queda suelo desnudo por la explotación de minas e inseguridad vehicular ocasionada por las vialidades inconclusas.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1608>