

Modelo de aptitud agroecológica como herramienta de manejo sustentable del predio agrícola

A model of agroecological aptitude as a sustainable management tool of agricultural predio

Ricardo J. Orellana^{1*}, Luis A. Jiménez Flores², Ciolys B. Colmenares² y Jorge Ortega Alcalá²

¹Universidad Nacional Experimental Ezequiel Zamora, Guanare estado Portuguesa. ²Universidad del Zulia, Maracaibo, estado Zulia.

Resumen

El manejo sustentable de un predio agrícola requiere del conocimiento de gran cantidad de parámetros del suelo y ambientales. El objetivo de este trabajo fue crear un modelo de aptitud agroecológica que permita establecer un manejo sustentable de los suelos a nivel de predio agrícola, para lo cual se efectuó un trabajo en la finca Héctor, municipio Guanare, estado Portuguesa. Para evitar que la gran cantidad de parámetros originara un modelo de bajo poder de predicción, alto sobreajuste y existencia de multicolinealidad, los mismos se integraron en índices de productividad (IP), erosión (IRE), fragilidad (IFS) y resiliencia (IRS). Los resultados permitieron obtener el modelo lineal aditivo: $MAAT = IP + IFS + IRS - IRE$ con $R^2=0,973$ y los modelos predictivos $COAAT_1 = 0,31991 + 1,66878 (MAAT)$ con $R^2=0,6703$ y $COAAT_2 = 0,12462 + 1,73377(IFS) + 2,29413(IP) + 1,60098(IRS) - 0,1820(IRE)$ con $R^2=0,6687$. Se encontró que en el sector alto la variación de esta condición pasó desde 0,99 (moderada) a 0,45 (muy baja) con una disminución de 0,54 en su condición de aptitud agroecológica. Por otra parte, de acuerdo al ACP, materia orgánica, potencial de escurrimiento, drenaje, efecto de la pendiente, porcentajes de arena, arcilla y textura del horizonte subsuperficial son los parámetros a manejar para lograr la aptitud agroecológica del predio agrícola.

Palabras clave: aptitud de la tierra, modelización agroecológica, manejo sostenible del suelo

Abstract

The sustainable management of an agricultural property requires knowledge of a large number of soil and environmental parameters. The objective of this work was to create a model of agroecological aptitude that allows to establish a

Recibido el 06-02-2017 • Aceptado el 02-05-2018

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: rj1961ore@hotmail.com

sustainable management of the soils at agricultural level, for which a work was carried out in the Héctor farm, Guanare municipality, Portuguesa state. To avoid that the large number of parameters originate a model of low predictive power, high overfitting and existence of multicollinearity, they were integrated into productivity indexes (IP), erosion (IRE), fragility (IFS) and resilience (IRS). The results allowed obtaining the additive linear model: $MAAT = IP + IFS + IRS - IRE$ with $R^2 = 0.973$ and the predictive models $COAT1 = 0.31991 + 1.66878 (MAAT)$ with $R^2 = 0.6703$ and $COAT2 = 0.12462 + 1.73377 (IFS) + 2.29413 (IP) + 1,60098 (IRS) - 0.1820 (IRE)$ with $R^2 = 0.6687$. It was found that in the high sector the variation of this condition went from 0.99 (moderate) to 0.45 (very low) with a decrease of 0.54 in its condition of agroecological aptitude. On the other hand, according to the ACP, organic matter, drainage potential, drainage, slope effect, percentages of sand, clay and texture of the subsurface horizon are the parameters to be managed to achieve the agroecological aptitude of the agricultural land.

Keywords: land fitness, agroecological modeling, sustainable land management

Introducción

El objetivo principal de un modelo es cuantificar la probabilidad de ocurrencia de un criterio de valoración, dadas las condiciones o factores incluidos en el modelo, e idealmente reproducir estos resultados en poblaciones diferentes de la usada para su creación (Núñez *et al.*, 2011). Por lo tanto, la creación de modelos para determinar el grado de aptitud agroecológica de la tierra, implica generar instrumentos confiables que permitan predecir la respuesta del suelo a la acción antrópica y climática. Sin embargo, los modelos de simulación o predictivos deben ser debidamente evaluados y validados a fin de extrapolar los resultados a otras localidades con similares características y obtener posibles escenarios del funcionamiento del sistema con la innovación sugerida, que permita de cierta forma, hacer una

evaluación antes de implementarla en el sistema real, con el fin de hacer eficiente el uso y manejo de los recursos naturales, humanos y económicos (Candelaria *et al.*, 2011).

Ahora bien, al disponer de gran cantidad de datos básicos de una zona, tanto de las características de la tierra, climáticos, como de la respuesta del suelo a la acción antrópica y disponer de análisis estadísticos de correlación, regresión múltiple, análisis de componentes principales, categóricos, entre otros, surgen los modelos estadísticos como una opción para generar modelos predictivos. En este sentido González y Hernández (2016) hicieron un trabajo con el objetivo de realizar una zonificación agroecológica aplicable al cultivo de café, encontrando que los potenciales del relieve, en función de la hipsometría y de la inclinación de las laderas; del régimen hidrotérmico y de claves de suelos permitieron

identificar las zonas agroecológicas según sus condiciones de potenciales óptimos, medios, bajos y muy bajos.

Por otra parte, Lugo-Morin y Rey (2009) realizaron un trabajo para evaluar la vulnerabilidad a la degradación ambiental con el uso del sistema microLEIS® (Empresa matriz) en suelos de los llanos centrales de Venezuela, encontrando que la vulnerabilidad actual a la erosión hídrica bajo los usos de maíz y sorgo, fueron altas y muy altas en 30% del área de estudio debido a la confluencia de suelos con alta erosionabilidad y el uso de prácticas de manejo convencionales.

Vista la diversidad de modelos utilizados en Venezuela se planteó el objetivo de crear un modelo de aptitud agroecológica de la tierra (MAAT) adaptado a las condiciones venezolanas utilizando los indicadores: productividad (IP), erosión (IRE), fragilidad (IFS) y resiliencia (IRS) del suelo para generar estrategias de manejo sustentable a nivel de predio agrícola.

Materiales y metodos

El estudio se realizó en la finca Héctor, sector Puente Avispero, municipio Guanare, estado Portuguesa (Coordenadas UTM 1007100 - 1007250N y 430800 - 431100E). Las condiciones de precipitación, humedad y evaporación en la zona se obtuvieron de la estación climatológica ubicada en la UNELLEZ-Guanare. Los indicadores Índice de Riesgo de Erosión (IRE) e Índice de Productividad (IP) se obtuvieron siguiendo la metodología

utilizada por Delgado (1997) y Riquier *et al.*, (1970). El índice de fragilidad (IFs) determinando los parámetros profundidad (Ps), pendiente (p), densidad aparente (Da), relación índice de arcilla (RIA), porosidad (n), índice de separabilidad de las partículas (ISP), estructura (E), porcentaje de estabilidad estructural de los agregados al agua (%EA) y materia orgánica (MO). Obtenidos los valores se utilizaron tablas interpretativas y de clasificación de los parámetros para medir su posible efecto en la condición de fragilidad del suelo, dando valores positivos (+) a las condiciones favorables y negativos (-) a las que afectan la vulnerabilidad o fragilidad potencial del suelo. El IFS se determinó mediante la expresión:

$$IFS = \frac{\text{Parámetros de signo positivo}}{\text{Parámetros de signo negativo}}$$

Para determinar el índice de resiliencia (IRS) se determinaron pH, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio de cationes (CIC), densidad aparente (Da) y porosidad (n). Se empleó la expresión de Westman (1986):

$$IRsxpp = \frac{C1 - C2}{T1 - T2} = \frac{C1 - C2}{\Delta T}$$

dónde: IRsxpp: Índice de Resiliencia del suelo por punto y parámetro; C1: Valores obtenidos en junio 2014; C2: Valores obtenidos en abril 2015; T1: Fecha de muestreo en Junio 2014; T2: Fecha de muestreo en Abril 2015; ΔT : Diferencia en días entre las fechas de muestreo.

Una vez obtenida la diferencia entre C1-C2/ ΔT , se procedió a darle una calificación de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Los valores positivos, indican que no hay resiliencia (+)
- Los valores negativos, indican que si hubo resiliencia (-)
- Los valores que arrojaron cero, indican que no ocurrió ningún cambio.

$$IRS = \frac{\text{Número parámetros resilientes}}{\text{Número total parámetros}}$$

El modelo se obtuvo por la expresión: MAAT = IFS + IRS + IP + (-IRE)

Para medir el grado de asociación entre los indicadores y MAAT con la condición de aptitud agroecológica de la tierra se determinó el coeficiente de correlación lineal de Pearson. La relación entre las variables se determinó mediante un análisis de regresión y se hizo un análisis de componentes principales entre las variables y MAAT.

Resultados y discusión

Se encontró que en todos los puntos, tanto del modelo por adición como los obtenidos por regresión, proporcionaban la misma condición de aptitud agroecológica (COAT). El análisis de regresión lineal múltiple permitió obtener los modelos predictivos: $COAT_1 = 0,31991 + 1,66878(MAAT)$ ($R^2=0,6703$) y $COAT_2 = 0,12462 + 1,73377(IFS) + 2,29413(IP) + 1,60098(IRS) - 0,1820(IRE)$ ($R^2=0,6687$). Por su

parte el análisis de correlación de Pearson mostró asociación altamente significativa entre COAT, los índices IFS, IRS, MAAT, M1 y M2 (cuadro 1).

El análisis de componentes principales (ACP) encontró que el número de variables del suelo que están fuertemente correlacionadas con COAT, son potencial de escurrimiento, porcentaje de arena, arcilla y drenaje, ubicadas en el CP1 que por sí solo explica 28,645% de la varianza. Por su parte en CP2 con 17,798% de la varianza mostró que textura del horizonte sub-superficial y pendiente son las variables incluyentes (cuadro 2).

Conclusiones

Los resultados obtenidos mostraron alta correlación entre los indicadores IFS, IRS, el modelo aritmético (MAAT), los de regresión M1, M2 con COAT.M1 y M2 presentaron un coeficiente de determinación R^2 de 0,6703 y 0,6687 respectivamente por lo cual se puede afirmar que el modelo predictivo es aceptable dado que explica en más de 66% la COAT. Por otra parte, el análisis de los componentes principales (ACP) permitió establecer que las variables potenciales de escurrimiento, porcentaje de arena, arcilla, drenaje, textura del horizonte sub-superficial y pendiente poseen la mejor correlación con el modelo predictivo y deben ser consideradas en el manejo sostenible del predio agrícola.

Literatura citada

Candelaria, B., O. Ruiz, F. Gallardo, P. Pérez, Á. Martínez, y L. Vargas.

Cuadro 1. Determinación de la correlación entre COAT, los indicadores, MAAT, M1 y M2.

| Variable o Indicador | Correlación | P |
|----------------------|-------------|-----------|
| IFs | 0,6420 | 0,0004 ** |
| IP | 0,0419 | 0,8388 ns |
| IRE | -0,1861 | 0,3627 ns |
| IRs | 0,5756 | 0,0021 ** |
| MAAT | 0,8187 | 0,0000 ** |
| COA1 | 0,9230 | 0,0000 ** |
| COA2 | 0,9230 | 0,0000 ** |

Cuadro 2. Matriz de componentes principales entre COAT y los parámetros del suelo.

| | Componentes | | | | | |
|-------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Po. Escurrimiento | 0,819 | 0,144 | 0,233 | 0,175 | 0,109 | 0,067 |
| Imp. Pendiente | -0,219 | 0,718 | -0,276 | 0,260 | 0,341 | 0,100 |
| Prof. Efectiva | 0,505 | -0,543 | 0,194 | -0,205 | 0,560 | -0,009 |
| Textura H superf | 0,582 | 0,233 | 0,272 | 0,213 | 0,277 | -0,507 |
| Textura H subs. | 0,384 | -0,708 | 0,140 | -0,230 | 0,377 | -0,028 |
| %a | -0,710 | -0,298 | -0,334 | -0,455 | 0,023 | 0,220 |
| %A | 0,731 | 0,596 | 0,135 | -0,228 | -0,079 | -0,108 |
| %L | 0,141 | -0,272 | 0,283 | 0,867 | 0,084 | -0,171 |
| Da | 0,553 | 0,023 | -0,587 | 0,266 | 0,192 | 0,365 |
| Relación RIA | -0,430 | -0,446 | 0,128 | 0,701 | 0,201 | -0,086 |
| Cont. humedad | -0,492 | 0,072 | 0,350 | -0,178 | 0,535 | 0,035 |
| Porosidad (n) | -0,566 | -0,014 | 0,599 | -0,244 | -0,154 | -0,330 |
| Estructura (E) | 0,699 | 0,389 | 0,385 | -0,001 | 0,086 | 0,188 |
| Porc. Est. Agreg. | -0,416 | 0,434 | 0,036 | 0,487 | -0,212 | 0,283 |
| Materia O. | -0,055 | -0,049 | 0,833 | 0,057 | -0,228 | 0,431 |
| pH | 0,410 | -0,202 | -0,028 | -0,158 | -0,221 | -0,072 |
| CIC | -0,516 | 0,501 | 0,239 | -0,311 | 0,334 | -0,071 |
| Pendiente | -0,217 | 0,717 | -0,277 | 0,260 | 0,341 | 0,099 |
| Drenaje | -0,722 | -0,251 | 0,024 | 0,265 | 0,157 | -0,164 |
| Prof. Suelo | 0,656 | -0,445 | -0,061 | -0,091 | 0,254 | 0,423 |

- (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3): 999-1010. Recuperado en 19 de abril de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300004&lng=es&tlng=es.
- Delgado, F. 1997. Sistema para la evaluación de tierras agrícolas y prioridades de conservación de suelos en áreas montañosas tropicales. Un enfoque metodológico. Serie de Suelos y Clima N° SC-73. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- González, H. y J. Hernández. (2016). Agroecological zoning of coffee arabica in the Atoyac de Álvarez municipality, Guerrero state, México. *Investigaciones Geográficas*. 90(8): 105-118.
- Lugo-Morin, D. y J. Rey. (2009). Evaluación de la vulnerabilidad a la degradación agroambiental a través del uso del sistema microLEIS en los suelos de los llanos centrales de Venezuela. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25(1): 43-60.
- Núñez, E., E. Steyerberg y J. Núñez (2011). Estrategias para la elaboración de modelos estadísticos de regresión. *Revista Española de Cardiología*. 64(6): 51-57.
- Riquier, J., D. L. Bramao, y I. L. Cornet. 1970. A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity. *FAO AGLTERS* 70: 6.
- Westman, W. E. 1986. Resilience: concepts and measures. En *Resilience of Mediterranean-type ecosystem*. (Dell, B., A. J. M, Hopkins & B.B. Lamont Eds). Junk Publishers, Dordrecht: 5-19