

Tipo de artículo: Artículo original

# Inteligencia computacional para la implementar las medidas de conservación y mejoramiento de suelo ante el cambio climático

## Computational intelligence to implement soil conservation and improvement measures in the face of climate change

Alianna Martínez Sánchez<sup>1\*</sup> , <https://orcid.org/0000-0003-2457-4677>

Neily González Benítez<sup>2</sup> , <https://orcid.org/0000-0001-8691-445X>

<sup>1</sup> Especialista en Meteorología. Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río. Mail de contacto: [alianna@pri.insmet.cu](mailto:alianna@pri.insmet.cu)

<sup>2</sup> Investigadora Titular. Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río. Mail de contacto: [neilysgonzalezbenitez@gmial.com](mailto:neilysgonzalezbenitez@gmial.com)

\* Autor para correspondencia: [alianna@pri.insmet.cu](mailto:alianna@pri.insmet.cu)

### Resumen

El presente trabajo se realizó en la finca "El Dagame" perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios José María Pérez, en el periodo comprendido entre septiembre de 2018 y mayo de 2019 con el objetivo de proponer la implementación de medidas de conservación de suelo. La misma se encuentra ubicada en el Km 4 de la carretera a Viñales, camino Cuajani, municipio Pinar del Río. El diagnóstico de selección del área fue realizado a través de métodos empíricos, se empleó la inteligencia computacional para el análisis y procesamiento de los datos. La finca cuenta con un área de 10.12 ha con un suelo Ferralítico Amarillento Lixiviado con fuerte degradación por erosión hídrica, erosión eólica, deshumidificación, alcalinización, encostramiento, compactación, contaminación, baja fertilidad natural, monocultivo, relieve, presentando pendientes que van desde el 2 al 5%. Después de la realización de un análisis de suelos teniendo en cuenta los factores limitantes: baja fertilidad natural, erosión, y la acidificación; se obtuvo como resultado que el suelo de la finca no es el óptimo para el desarrollo de cultivos como tabaco, maíz, boniato, y frijol por lo que se propone la implementación de medidas de conservación y mejoramiento de suelo como son la rotación de cultivo, la siembra de abonos verdes, el trazado de las curvas de nivel para el establecimiento de las barreras vivas, la siembra transversal al sentido de la mayor pendiente, el cercado del área de los cultivos varios con postes vivos entre otras.

**Palabras clave:** Suelo; inteligencia computacional; conservación; degradación; erosión; monocultivo.

### Abstract

*This work was carried out at the "El Dagame" farm belonging to the José María Pérez Credit and Services Cooperative, in the period between September 2018 and May 2019 with the aim of proposing the implementation of soil conservation measures. It is located at Km 4 of the road to Viñales, Cuajani road, Pinar del Río municipality. The diagnosis of selection of the area was carried out through empirical methods, computational intelligence was used for the analysis and processing of the data. The farm has an area of 10.12 ha with a leached Yellowish Ferralitic soil with strong degradation by water erosion, wind erosion, dehumidification, alkalization, crusting, compaction, contamination, low natural fertility, monoculture, relief, presenting slopes ranging from 2 at 5%. After conducting a soil analysis taking into account the limiting factors: low natural fertility, erosion, and acidification; It was obtained as a result that the soil of the farm is not optimal for the development of crops such as tobacco, corn, sweet potato, and beans, so it is proposed to implement soil conservation and improvement measures such as crop rotation, sowing of green manures, the drawing of the contour lines for the establishment of the living barriers, the sowing transversely to the direction of the steepest slope, the fencing of the area of the various crops with live posts, among others.*



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

**Keywords:** *Ground; computational intelligence; conservation; degradation; erosion; monoculture.*

**Recibido:** 14/02/2021  
**Aceptado:** 22/07/2021

## Introducción

La naturaleza social del hombre y de sus actividades, ha influido notablemente en los ecosistemas, aunque no siempre, pues durante el periodo zoológico de su historia apenas fue más importante que la influencia de otros animales. Sin embargo, a partir del Paleolítico, y con más fuerza en el Neolítico, comenzó el hombre a influir progresivamente en la superficie del suelo. Con el advenimiento de la civilización moderna se iniciaron de la mano del hombre las acciones más destructivas, alterando y distorsionando el reciclado biológico de los compuestos químicos del suelo

Nuestra civilización actual proporciona al hombre medios mucho más poderosos que en el pasado para influir tanto en la misma humanidad como en el medio ambiente natural - y tan poderosos son que incluso permiten modificar totalmente la naturaleza - que pueden o bien acelerar la degradación del suelo hasta un punto nunca visto o bien destruirlo en absoluto.

La formación de un par de centímetro de la capa superficial del suelo puede tardar más de 1000 años. Sin embargo, esa misma cantidad de tierra puede ser erosionada por un solo aguacero. Por acción natural y sobretodo antropogénicos en los suelos se desarrollan una serie de procesos degradativos que disminuyen la capacidad productiva del mismo y fundamentalmente su fertilidad natural (Avalos et al., 2007).

El problema de la conservación de suelos está muy lejos de haber sido descubierto recientemente. No hace mucho, una revista americana <sup>(1)</sup> citó un pasaje de Platón en el que deploraba la ruina de los bosques y pastizales áticos. Los agricultores, desde que la agricultura se convirtió en un medio de vida, y los especialistas, desde que la agricultura se convirtió en una ciencia, han tratado de conservar la fertilidad de sus suelos y de descubrir los métodos más económicos para lograr este resultado (Fregoso Tirado, 2008).

Todos los tratados de conservación de suelos terminan con uno o más capítulos sobre la necesidad del aprovechamiento coordinado de la tierra, y señalan claramente el papel esencial que desempeñan los montes y pastizales en la conservación de suelos, y la regulación del régimen hidrológico, si bien no siempre queda explicado detalladamente.

Tal vez porque hasta ahora se ha pasado por alto el aspecto humano del problema. Tratándose de un problema humano, es imposible resolverlo solamente mediante la técnica; sino que es preciso contar con una política basada en

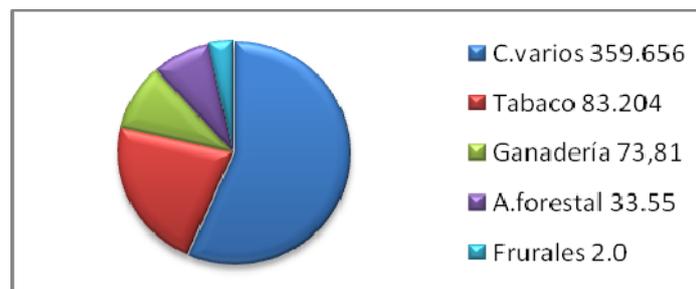


Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)



## Resultados y discusión

La Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “José María Pérez Capote”, creada en el año 1961, está ubicada en el municipio de Pinar del Río, en el Km 4 de la carretera a Viñales, camino Cuajani. Esta limita al norte con: CCS “Juanito Casanueva”, al sur con: Reparto Celso Maragoto, al este con: Carretera Central y al oeste con: Concejo Popular la Guabina, abarca un área de 551.88 ha, cuenta con un total de 178 socios de los cuales 23 son mujeres.



**Figura 1.** Distribución del área de la CCS en hectáreas.

Esta investigación se realizó específicamente en la finca EL Dagame perteneciente a la CCS antes mencionada. La finca “El Dagame” perteneciente al productor José Toledo Alvares presenta una extensión de 10.12 a su cultivo principal es el tabaco *Nicotiana tabacum* con un plan de 150 mil posturas al año, aunque también se dedican a la producción de otros cultivos como *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (frijol) y *Imopoea batata* (boniato). El tipo de suelo es Ferralítico Amarillento Lixiviado (Martínez-González et al., 2017), (Blanco et al., 2017).

Límites de la entidad:

Sur: Camino Cuajani.

Norte: Finca de Elpidia Soza Pérez.

Oeste: Caserío.

Este: Finca de Elpidia Soza Pérez.





**Figura 2.** Croquis del área.  
**Fuente:** Elaboración propia

Es un suelo Ferralítico Amarillento Lixiviado, subtipo concrecionario, sobre materiales transportados y corteza de meteorización ferralitizada o caolinitizadas, saturado en más del 75% por bases, con una profundidad pedológica entre 51-100 cm (profundo), poco humificado con menos del 2% por tanto con bajo contenido de materia orgánica, de textura loam arenoso, con muy poco contenido de gravas, profundidad efectiva de 42 cm catalogado de poco profundo pues está antes de pasar al horizonte B ya que las concreciones están limitando, y con pendientes predominantes entre 2,1-5,0% (ligeramente ondulado), con una categoría agro productiva en general de II.



**Figura 3.** Suelos de la finca El Dagame.



Las fuentes de aguas superficiales y subterráneas son suficientes para cubrir las necesidades de los cultivos, como fuente principal de abasto de agua tiene un embalse ubicado dentro de los límites de la finca el cual abastece las necesidades de riego de los cultivos pertenecientes a la misma, mediante un sistema de riego por surco permitiendo hacer un uso más racional de este recurso.

### **Características edafoclimáticas**

El suelo se corresponde con el tipo genético Ferralítico Amarillento Lixiviado, según los criterios de y con la clasificación Ferralítico Amarillento Lixiviado (Meléndez-Jácome et al., 2021).

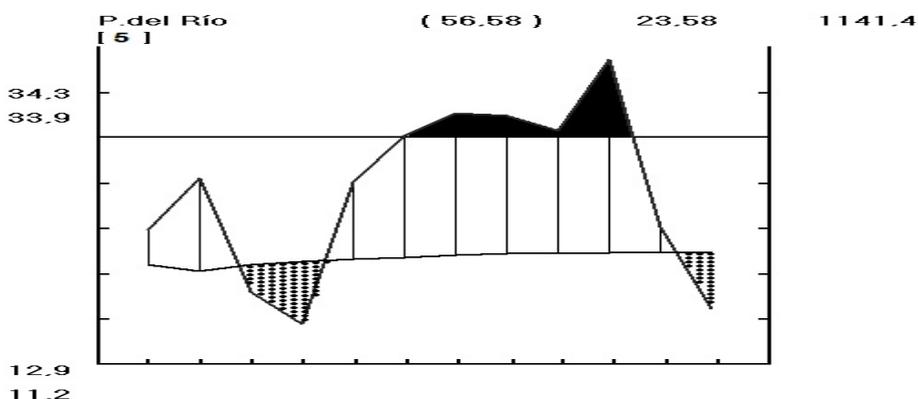
De acuerdo con los análisis químicos iniciales del suelo en la profundidad de 0 a 20 cm en cada muestra, y las tablas de interpretación agroquímica, el suelo presenta un pH ácido, los valores de K y Na intercambiable eran bajos, lo que resulta típico de los suelos ferralíticos y las concentraciones de Mg intercambiable eran altas (Araújo et al., 2019).

### **Caracterización climática de la CCS “José María Pérez Capote”.**

En la figura 4 se muestra una gráfica que refleja el comportamiento de las variables temperatura y precipitación en el municipio Pinar del Río para un periodo de la investigación. En la variable de temperatura podemos observar el comportamiento típico para nuestra provincia, en específico Municipio de Pinar del Río, con un periodo de máximas comprendido entre los meses de julio y septiembre con valores que oscilan entre los 29.8-30.6 °C como promedio, por otra parte, las mínimas están comprendidas entre los meses de febrero con valores entre los 19.9 – 20.7°C como promedio (Gil-Guirado & Pérez-Morales, 2019).

La variable precipitación se enmarca en un periodo seco que incluye los meses de (marzo, abril y diciembre), un periodo lluvioso con los meses de (enero, febrero, mayo y noviembre) y un amplio periodo de exceso de lluvia que va desde (junio- octubre) con lluvias que sobrepasan los 100 mm por lo general, lo que indica que en este periodo en el suelo se producen encharcamientos por exceso de agua y los cultivos fisiológicamente no están aptos para soportar grandes cantidades o sea afronta dificultades en esta etapa, en el periodo seco van a afrontar las mismas dificultades fisiológicas pero por estrés hídrico (falta de agua) el cual afecta el rendimiento de las plantas, no siendo así en el periodo lluvioso donde se satisfacen necesidades hídricas de los cultivos sin causar pérdidas en los rendimientos.





**Figura 4.** Comportamiento de las variables temperatura y precipitación en el municipio de Pinar del Río (2014-2018).

**Tabla 1.** Valores medios de temperatura, humedad, y horas luz (2014-2018)

Mes	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Humedad relativa (%)	Horas Luz
Enero	26,9	16,8	79,0	6,8
Febrero	26,9	16,7	85,3	6,8
Marzo	28,5	18,2	77	8,4
Abril	29,8	19,4	74	8,5
Mayo	30,8	21,5	79	7,5
Junio	31,9	22,7	83	6,5
Julio	31,8	22,6	82	7,1
Agosto	32,3	22,8	83	7,0
Septiembre	31,5	22,6	84	6,2
Octubre	30,6	21,4	82	6,8
Noviembre	30,1	19,7	79,0	7,2
Diciembre	27,4	17,9	80,0	6,4

**Tabla 2.** Valores medios de las lluvias (2014-2018)

Mes	Media mensual (mm)	Máxima en 24 h(mm)	I <sub>10</sub> (cm/h)	I <sub>30</sub> (cm/h)
Enero	43.5	28.5	4.6	2.3
Febrero	40.2	26.7	3.9	2.2
Marzo	50.9	26.2	5.4	3.5
Abril	64.8	46.8	5.3	4.4
Mayo	171.6	42.9	6.2	3.8
Junio	240.3	87.7	6.2	4.1
Julio	154.2	50.1	7.6	4.6



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

Agosto	192.3	47.3	7.7	5.3
Septiembre	226.8	70.2	5.8	3.7
Octubre	144.9	55.6	7.7	6.2
Noviembre	67.2	51.5	5.2	3.3
Diciembre	33.9	31.4	1.2	2.6
Anual	1424.6	47.1	5.56	3.83

### Metodología empleada

Para la realización del diagnóstico se utilizaron métodos empíricos tanto entrevistas realizadas al productor de la finca como a sus trabajadores, cuyos resultados dieron lugar a escoger la finca "El Dagame" como lugar de referencia para la implementación de medidas de conservación y mejoramiento de suelos.

Se emplearon materiales como: coa, pico pala, bolsas plásticas o de nailon instrumentos de laboratorio entre otros.

Se delimitaron las áreas lo más homogénea posible. Definidas las áreas de la finca se realizó al muestreo, evitando los sectores con influencias de caminos, alambrados, construcciones, deyecciones, aguadas, manchones, sendas etc.

El muestreo consiste en realizar un recorrido en zig-zag tomando en cada punto una muestra simple (submuestra).

Posteriormente se mezclará con las muestras de los puntos sucesivos a cada profundidad, formando una muestra compuesta.



Figura 5. Recorrido en zig-zag durante la toma de muestras de suelo.

Para la extracción de cada submuestra se debe comenzar eliminando la cobertura vegetal u hojarasca de cada punto elegido evitando eliminar la capa superficial de suelo.

En caso de cada muestra simple se obtendrá cavando y vaciando un pozo de profundidad definida, procediendo a sacar una rebanada de 3 cm de espesor aproximadamente y de esta rebanada seleccionar el tercio medio colocándola en una bolsa.



Nunca deberá tomarse la muestra de un solo lugar, pues sería representativa de dicho lugar, pero no podría considerarse como muestra media representativa de la totalidad de la parcela.

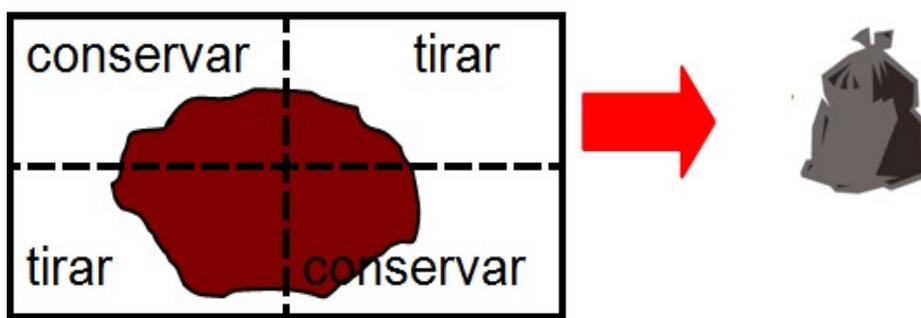
Como muestra media se considera la obtenida al mezclar 20 o 25 muestras individuales extraídas en varios lugares de la finca y que habrán de tomarse recorriendo el campo.

Cada muestra compuesta está constituida por un número de submuestra según el siguiente criterio.

- Cultivo extensivo: se tomará 1 submuestra cada 2-3 ha. Entre 10-30 submuestras por cada muestra
- Cultivo intensivo: 10-30 submuestra por ha con un peso de 40 a 50 g de peso.

El peso total de suelo a enviar al laboratorio debe ser de 1-2 kg.

Cuando la cantidad muestreada supera la cantidad solicitada por el laboratorio (2 kg), se procederá al cuarteo lo que ocurre con frecuencia cuando el muestreo es con pala. Éste consiste en mezclar la muestra compuesta, luego se divide en cruz, eliminando dos partes opuestas.



**Figura6.** Procedimiento para el cuarteo.

La muestra se remitirá en bolsa de plástico grueso, que no haya contenido abonos ni productos fitosanitarios. Tampoco son convenientes las bolsas de papel.

El envío de una muestra irá imprescindiblemente acompañado del boletín de información cumplimentado con el máximo de datos. Solamente podrá darse una interpretación correcta a los resultados obtenidos en el análisis cuando se disponga de dicha información. En este mismo boletín se indicarán a ser posible, las determinaciones que hayan de realizarse



Cada bolsa deberá llevar fuera una identificación clara. Puede ser una etiqueta de cartulina fuerte en la que se haga constar el nombre del remitente, campo al que pertenece la muestra y localidad o un número y el nombre del propietario, además de las coordenadas geográficas en cada una de ellas.

Este número debe estar registrado en una nota adjunta donde se explique de dónde procede exactamente (parcela, punto, horizonte o profundidad, etc.) según. No se debe introducir etiquetas solo en el interior de la bolsa, ya que con la humedad pueden llegar deterioradas

## Conclusiones

La fundamentación de las bases teórico metodológicas permitió realizar la propuesta de medidas para el mejoramiento y conservación de los suelos en la finca “Dagame” perteneciente a la CCS “José María Pérez Capote”.

A partir del diagnóstico se determinaron los factores limitantes y procesos degradantes y en función de estos se proponen las medidas de mejoramiento y conservación de los suelos de la finca “Dagame”.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflicto de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Alianna Martínez Sánchez, Neilys González Benítez.
2. Curación de datos: Alianna Martínez Sánchez.
3. Investigación: Alianna Martínez Sánchez.
4. Metodología: Neilys González Benítez.
5. Administración del proyecto: Neilys González Benítez.
6. Recursos: Alianna Martínez Sánchez.
7. Software: Alianna Martínez Sánchez.
8. Supervisión: Alianna Martínez Sánchez.
9. Validación: Alianna Martínez Sánchez, Neilys González Benítez.
10. Visualización: Neilys González Benítez.
11. Redacción – borrador original: Alianna Martínez Sánchez, Neilys González Benítez.
12. Redacción – revisión y edición: Alianna Martínez Sánchez, Neilys González Benítez.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

## Referencias

- Araújo, E. C. E., de Sousa, V. F., & Ferreira, J. D. M. (2019). Características edafoclimáticas da Baixada Maranhense. *Embrapa Meio-Norte-Capítulo em livro científico (ALICE)*.  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1120390/1/Caracteristicasedafoclimaticas2226.pdf>
- Avalos, H. C., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta ecológica*(83), 5-71.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2875596.pdf>
- Blanco, W. A. Q., Sandoval, E. H. P., & Torres, D. F. (2017). Efecto de un fosfato térmico sobre el crecimiento y producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Ica Cerinza. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 51-59. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/62/32>
- Cordero, F. E. T., Benítez, N. G., & Cornelio, O. M. (2021). Empleo de las redes bayesianas para apoyar la toma de decisiones sobre la propagación de la Covid-19. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(5), 154-167.
- Fregoso Tirado, L. E. (2008). Cambios en las características químicas y microbiológicas de un vertisol inducidos por sistemas de labranza de conservación. *Terra Latinoamericana*, 26(2), 161-170.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792008000200009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792008000200009&script=sci_arttext)
- Gil-Guirado, S., & Pérez-Morales, A. (2019). Variabilidad climática y patrones termopluviométricos en Murcia (1863-2017). Técnicas de análisis climático en un contexto de cambio global. *Investigaciones Geográficas (Esp)*(71), 27-54. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/176/17664420002/17664420002.pdf>
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solorzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177.  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822018000100167](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000100167)
- Martínez-González, L., Maqueira-López, L., Nápoles-García, M. C., & Núñez-Vázquez, M. (2017). Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 113-118. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193252701017/movil/>



Meléndez-Jácome, M. R., Flor-Romero, L. E., Sandoval-Pacheco, M. E., Vasquez-Castillo, W. A., & Racines-Oliva, M. A. (2021). Vaccinium spp.: Características cariotípicas y filogenéticas, composición nutricional, condiciones edafoclimáticas, factores bióticos y microorganismos benéficos en la rizosfera. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 109-120. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172021000100109&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172021000100109&script=sci_arttext)



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)