Recursos Naturales y Ambiente

Variabilidad temporal de parámetros físicos y químicos en suelos Andisoles con plantaciones de teca *Tectona grandis* L. f.

Temporal variability of physical and chemical parameters in Andisols with *Tectona grandis* L. f plantations

Mariann José Espinoza Acuña 1
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
mareacuna11@gmail.com

Frankling Alexander Calero Montano 2
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
frankling.calero@ci.una.edu.ni

Joost Alexanco Cordonero Hernández 3
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
joostalexanco86@gmail.com

Juana María Soza Mejía 4
Universidad Nacional Agraria (, Nicaragua
sozamejia11@gmail.com

La Calera
vol. 25, núm. 44, 2025
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
ISSN: 1998-7846
ISSN-E: 1998-8850
Periodicidad: Semestral
donald.juarez@ci.una.edu.ni

Recepción: 07 junio 2024
Aprobación: 08 abril 2025

DOI: https://doi.org/10.5377/calera.v25i44.20443

URL: https://portal.amelica.org/ameli/journal/306/3065225008/

PREVIEW VERSION

Resumen: La composición del suelo es variable en diferentes direcciones del espacio y tiempo, influenciado por factores naturales y de manejo; las plantaciones forestales pueden tener un efecto benéfico en los parámetros físicos y químicos del suelo. El objetivo de este estudio es verificar la variabilidad temporal de los suelos Andisoles con plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis* L. f.) mediante comparación de parámetros físicos y químicos medidos en dos momentos. Se tomó como base la caracterización de suelos realizado en el año 2012 en fincas forestales ubicadas en el municipio de El Viejo, Chinandega, Nicaragua, de ésta, se seleccionaron 10 calicatas. En el año 2023 se tomó una muestra de suelo del horizonte superficial de cada calicata para realizar análisis de laboratorio de sus parámetros físicos y químicos, y compararlo con los datos registrados en el 2012. La comparación de medias se hizo mediante la prueba t-Student y Wilcoxon para muestras pareadas con el software R. Se determinó que los parámetros potasio, calcio, zinc, manganeso, azufre, densidad aparente y porcentaje de limo, no presentaron diferencias significativas; no así para el potencial de hidrogeno, materia orgánica, nitrógeno, cobre y porcentaje de arcilla, que presentaron incrementos; el hierro y porcentaje de arena mostraron una disminución. Se concluye que la variabilidad temporal se expresa principalmente en los contenidos de macronutrientes y textura del suelo; y que las plantaciones de teca contribuyen positivamente a la mejora de la fertilidad del suelo, reflejando una evolución favorable en los contenidos de nutrientes y textura a lo largo del tiempo.

Palabras clave: fertilidad física, fertilidad química, materia orgánica, macronutrientes, micronutrientes.

Notas de autor

1	Ingeniera forestal
2	Licenciado en Química
3	Ingeniero en Recursos Naturales con mención en Gestión Ambiental, graduado UNA
4	Ingeniera en Recursos Naturales con mención en Gestión Ambiental, graduada UNA

AmeliCA
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Abstract: Soil composition varies across spatial and temporal scales, influenced by both natural factors and management practices. Forest plantations can have beneficial effects on the physical and chemical properties of soil. The objective of this study was to evaluate the temporal variability of Andisol soils under teak (*Tectona grandis* L. f.) plantations by comparing selected physical and chemical parameters measured at two points in time. The baseline data were obtained from a soil characterization conducted in 2012 on forest farms located in the municipality of El Viejo, Chinandega, Nicaragua, from which ten soil pits were selected. In 2023, a sample from the surface horizon of each pit was collected for laboratory analysis of physical and chemical properties, and the results were compared with the 2012 data. Statistical comparisons of means were conducted using paired sample *t*-tests and Wilcoxon signed-rank tests in the R statistical software. The analysis revealed that potassium, calcium, zinc, manganese, sulfur, bulk density, and silt content did not show statistically significant differences over time. In contrast, pH, organic matter, nitrogen, copper, and clay content increased significantly, while iron content and sand percentage decreased. It is concluded that temporal variability is mainly reflected in macronutrient levels and soil texture. Furthermore, teak plantations positively contribute to improving soil fertility, showing favorable trends in nutrient availability and texture over time.

Keywords: Physical fertility, chemical fertility, organic matter, macronutrients, micronutrients.

PREVIEW VERSION

AmeliCA Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

El suelo es variable a nivel espacial y temporal, "las parámetros del suelo varían conforme ocurren los cambios del paisaje y del relieve, y por este motivo un muestreo de suelo eficaz es aquel capaz de detectar tales variaciones de las parámetros del suelo" (Siqueira *et al*., 2007). Jenny (1994) afirma que todos los suelos son anisotrópicos (propiedades diferentes según la dirección de medición), es decir la distribución espacial de las características del suelo no es aleatoria, sino distinta en diferentes direcciones del espacio. Por tal razón se expresa que "el suelo tiene un perfil" el cual debe ser estudiado.

Existe un amplio rango de tasa de crecimiento de las especies forestales debido a las diferencias de los suelos. El crecimiento de *Tectona grandis* (Teca) es mucho más rápido en suelos profundos, fértiles y bien drenados a lo largo de las orillas de los arroyos, que en las colinas, donde el suelo es menos fértil, menos profundo y seco, mientras que su en suelos derivados de piedras calizas, es casi tan rápido como en suelos sedimentarios (Tanaka *et al*., 1998). Alvarado (2006) expresa que la Teca puede remover apreciables cantidades de nutrientes, no obstante, puede crecer en suelos relativamente poco fértiles con buena estructura, drenaje, enmiendas y fertilizantes. En ciertas ocasiones, el crecimiento de esta especie se ve afectado por factores edáficos adversos en el subsuelo.

> El uso histórico del suelo tiene grandes efectos sobre la variabilidad de sus parámetros. Diferencias en el manejo del agua, de los fertilizantes y de los abonos orgánicos, tanto en el tipo como en la forma de aplicarlos, generan diferencias en la variabilidad de los contenidos de nutrientes en el suelo. Los cambios en el laboreo también producen efectos similares. (Cambardella *et al*., 1994; Cambardella y Karlen, 1999; Amador *et al*., 2000; Castrignanò *et al*., 2000; Paz-González *et al*., 2000; Mallarino *et al*., 2001; Jaramillo, 2008a; Jaramillo *et al*., 2008, citados en Jaramillo (2012), p. 74)

Raison (1984) y de Camino y Budowski (1998) indican que las plantaciones forestales podrían ejercer un efecto en las características de los suelos. El establecimiento de una plantación puede generar problemas relacionados a erosión por preparación del suelo, desarrollo y cuidados de la plantación, cosecha y aprovechamiento final; y durante el crecimiento de la plantación, el exceso de densidad y la falta de luz impide el desarrollo de un sotobosque suficientemente denso, incrementando la escorrentía y la erosión de suelo que conlleva a la pérdida de su fertilidad.

Con base en lo expuesto, se plantea analizar la variabilidad temporal de las características de los suelos en plantaciones forestales mediante un enfoque cualitativo y cuantitativo de los parámetros fisicoquímicos, utilizando como punto de partida los datos recolectados en 2012 por EQUIFOREST. Este análisis busca responder si se producen cambios en los parámetros físicos y químicos de los suelos Andisoles en un periodo de diez años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se realizó en 10 fincas forestales con Teca localizadas en el municipio El Viejo, Chinandega, Nicaragua (Figura 1). El clima del área de estudio es caliente sub húmedo según la clasificación de Köppen, con una precipitación media de 1 400 mm al año y una temperatura media de 28 °C (Instituto Nacional de Estudios Territoriales [INETER], s. f.)

PREVIEW VERSION

AmeliCA Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

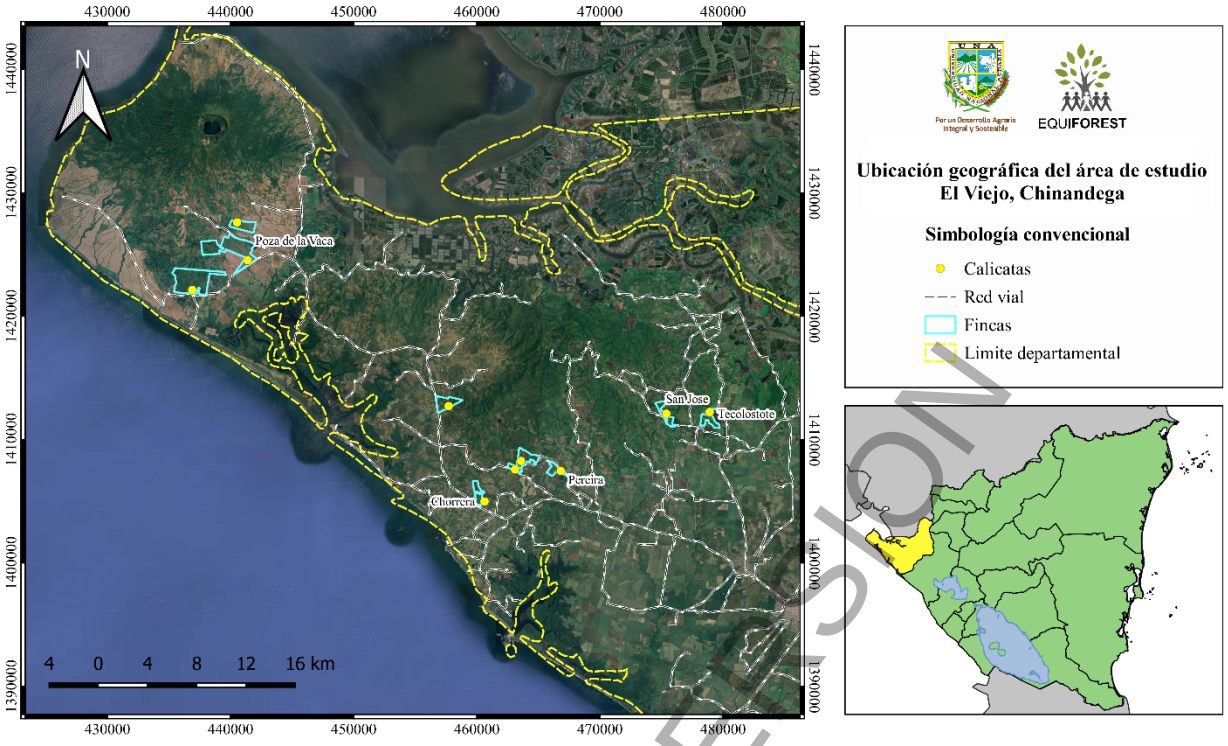


Figura 1.
Ubicación del área de estudio, fincas localizadas en el municipio de El Viejo, Chinandega.

PREVIEW VERSION

Muestreo

Se tomó como punto de partida, una base de datos del año 2012, de 56 calicatas muestreadas por EQUIFOREST en plantaciones de Teca con al menos dos años de haber sido establecidas en fincas forestales en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega. Se seleccionaron de manera aleatoria 10 calicatas para ser analizadas en el año 2023. Las calicatas fueron descritas detalladamente y clasificadas a nivel de subgrupo taxonómico mediante la guía para la descripción de suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2006) y la clave para la taxonomía de suelos del Soil Survey Staff (2022). En cada calicata, se tomó una muestra de aproximadamente un kilogramo de suelo del primer horizonte, que fueron enviadas al Laboratorio Químico, S.A. (LAQUISA), laboratorio en el que también se efectuaron los análisis fisicoquímico de las muestras del 2012.

Variables evaluadas

Las variables analizadas corresponden a parámetros físicos y químicos de los suelos (Cuadro 1), junto con la unidad de medida, y el método analítico utilizados por el Laboratorio LAQUISA.

AmeliCA
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Cuadro 1.
Parámetros fisicoquímicos del suelo

Parámetros	Método analítico	Unidad
pH	NTC 5264:2018	-
Materia orgánica (MO)	NOM-021-RECNAT-2000/ AS-07	%
Nitrógeno (N)	Calculado según materia orgánica	%
Fósforo (P)	NTC 5350	$mg\ kg^{-1}$
Potasio (K)	NTC 5349: 2008	$Cmol^{+}\ kg^{-1}$
Calcio (Ca)	NTC 5349: 2008	$Cmol^{+}\ kg^{-1}$
Magnesio (Mg)	NTC 5349: 2008	$Cmol^{+}\ kg^{-1}$
Hierro (Fe)	NTC 5526	$mg\ kg^{-1}$
Cobre (Cu)	NTC 5526	$mg\ kg^{-1}$
Zinc (Zn)	NTC 5526	$mg\ kg^{-1}$
Manganeso (Mn)	NTC 5526	$mg\ kg^{-1}$
Boro (Bo)	NTC 5526	$mg\ kg^{-1}$
Azufre (S)	NTC 5402- 2006	$mg\ kg^{-1}$
Densidad aparente (Da)	ASTM D 7263-09 (Modificado)	$g\ ml^{-1}$
Arcilla	NTC 6299: 2018	%
Limo	NTC 6299: 2018	%
Arena	NTC 6299: 2018	%

PREVIEW VERSION

Análisis

Los parámetros fisicoquímicos de los suelos fueron analizados mediante una valoración cualitativa-cuantitativa. Se utilizó el programa estadístico R para determinar la existencia de diferencias en los parámetros entre los años 2012 y 2023 mediante la prueba paramétrica t-Student para dos muestras dependientes. Además, se calculó el intervalo de confianza al 95% de la diferencia de las medias para evaluar la magnitud de los cambios observados. Las muestras que no cumplieron el supuesto de normalidad, pese a su transformación mediante estandarización, fueron sometidas a la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras dependientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Taxonomía de los suelos

AmeliCA Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Los suelos del área en estudio son Andisoles, caracterizados por desarrollarse sobre materiales piroclásticos depositados por erupciones volcánicas cuya principal característica es la variedad de material parental debido a la naturaleza de los materiales expulsados en las erupciones. El origen de estos suelos se debe al rápido enfriamiento de los materiales expulsados, que no permite la cristalización de los minerales con un alto grado de ordenación, resultando así un material vítreo o vidrio volcánico amorfo (Moreno Ramón *et al*., s.f.). Estos suelos presentan un epipedón ándico con alto contenido de materia orgánica (2.10 % - 8.57 %) y pH de ligeramente acido a neutro (6.45 - 7.05).

En la Figura 2 se presenta la proporción de suelos según subgrupo taxonómico, se puede observar que los cuatros subgrupos taxonómicos corresponden a Alfic haplustands, Humic haplustands, Lithic haplustands y Typic haplustands. En la Figura 3 se muestra un registro fotográfico del año 2012 y 2023 de las calicatas seleccionadas para este estudio.

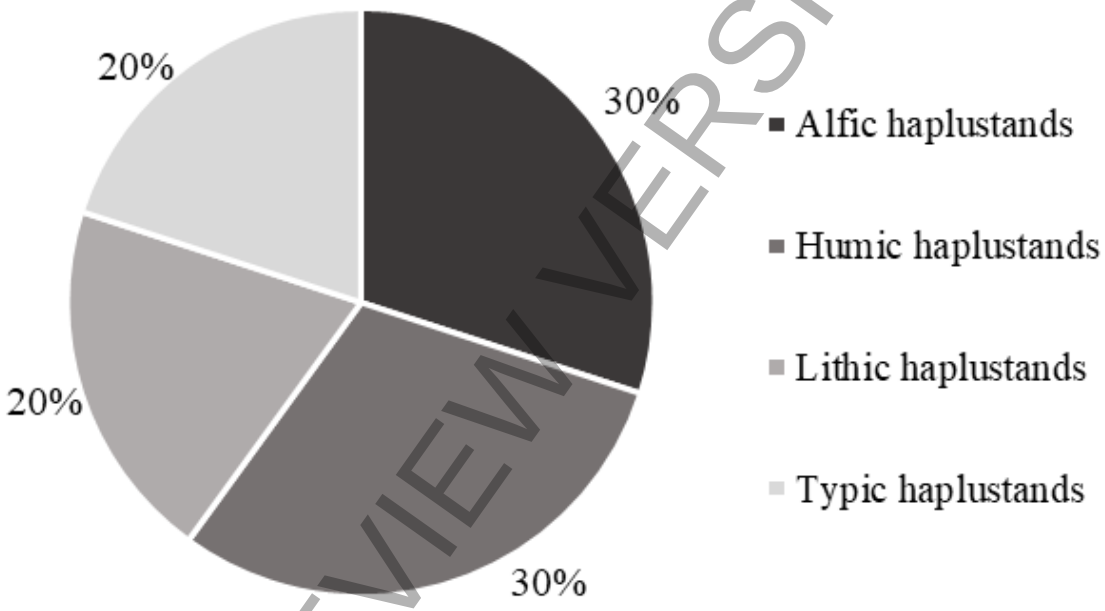
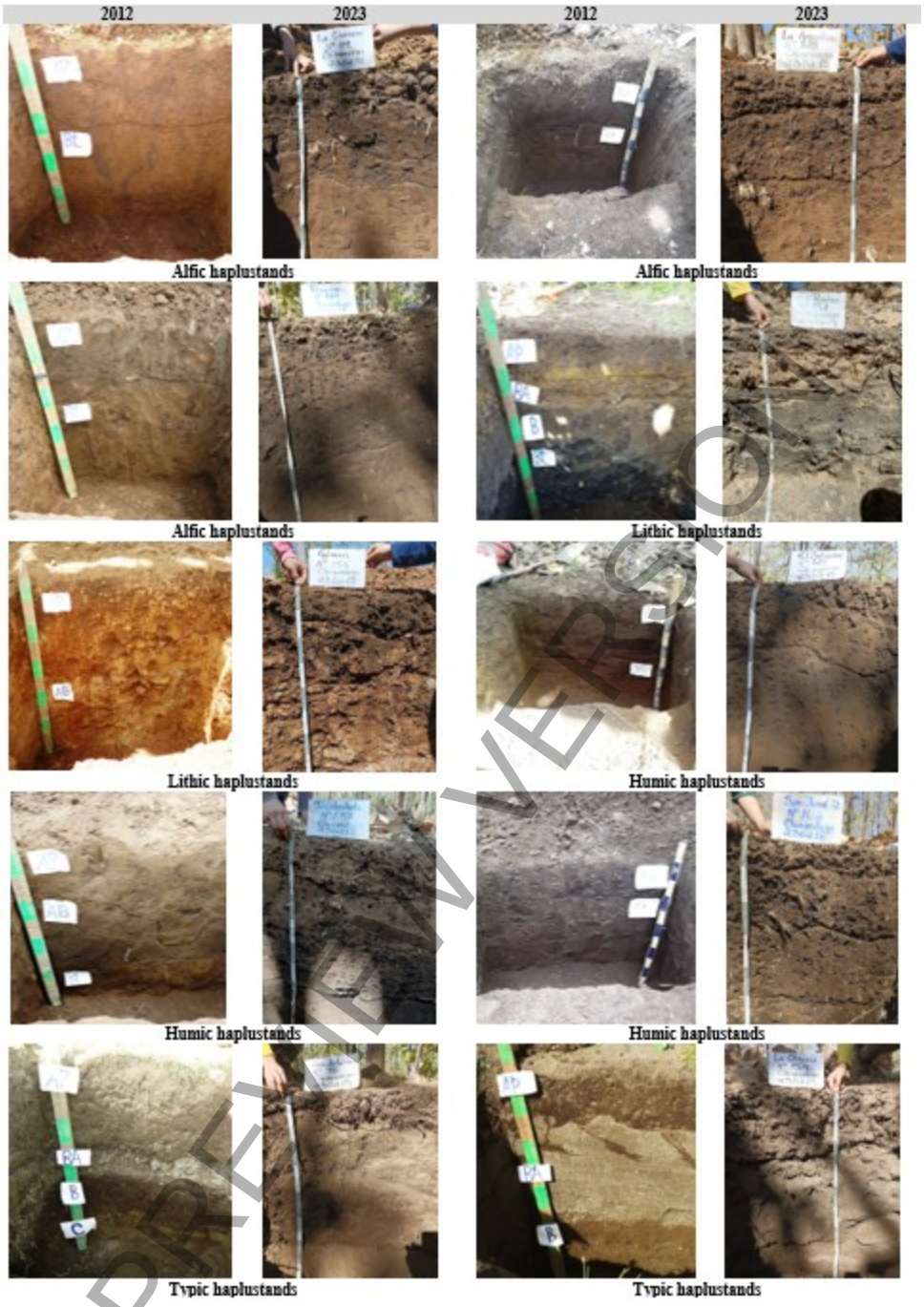


Figura 2.
Subgrupos taxonómicos de los suelos de las 10 fincas.

PREVIEW VERSION



PREVIEW VERSION

Figura 3.
Perfiles de suelo según subgrupos taxonómicos.

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros medidos en 2012 y 2023 (Cuadro 2) presentan altos coeficientes de variación, a excepción del potencial de hidrogeno (pH), cuyo coeficiente de variación fue el más bajo en los dos momentos de muestreo (3.21 % en 2012; y 2.65 % en 2023). En cambio, el fósforo (P), mostró alta variabilidad especialmente en 2023 (97.59 %). El pH tiende a ser más estable que otros parámetros como nutrientes o metales, puesto que este no varía drásticamente por el manejo del suelo o fertilización.

El pH osciló entre 6.20 a 7.05 pasando de ligeramente ácido a neutro. La diferencia fue estadísticamente significativa (p<0.011), lo que expresa una reducción de la acidez del suelo, manteniéndose en un rango óptimo para Teca. Según Fallas-Zuñiga (2014), la teca prospera bien en suelos con un pH entre 6.50 y 7.50. La acidez del suelo afecta de manera negativa el crecimiento y productividad de la Teca, lo que no ocurre en estas plantaciones debido al valor cercano a la neutralidad. El aumento del pH del suelo puede atribuirse al origen volcánico de los suelos, puesto que la meteorización de materiales ricos en bases puede contribuir a mantener un pH más neutro.

PREVIEW VERSION

AmeliCA Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Cuadro 2.
Resumen de las parámetros físicos y químicos de las diez fincas

Parámetro	2012					2023					Prueba para muestras dependientes		
		s	CV	Mín.	Máx.		s	CV	Mín	Máx	Diferencia de medias	IC (95 %)	Valor *p*
pH	6.45	0.21	3.21	6.20	6.80	6.76	0.18	2.65	6.45	7.05	0.31	[0.09; 0.53]	0.011*
MO	1.96	1.33	68.13	0.34	4.34	4.13	2.01	48.68	2.10	8.57	2.17	[1.37; 2.98]	<0.001**
N	0.10	0.07	67.68	0.02	0.22	0.21	0.10	48.31	0.11	0.43	0.11	[0.07; 0.15]	<0.001**
P	8.32	6.08	73.10	1.30	18.10	9.15	8.93	97.59	1.67	30.74	0.83	[-0.48; 0.53]	0.920
K	0.57	0.42	74.39	0.10	1.30	0.48	0.35	71.78	0.19	1.12	-0.08	[-0.45; 0.30]	0.652
Ca	11.95	5.34	44.69	2.40	18.30	13.08	4.74	36.26	4.99	18.47	1.13	[-19.35; 64.89]	0.252
Mg	4.27	2.13	49.91	0.40	6.60	3.56	1.88	52.71	0.57	6.49	-0.71	[-13.40; 0.49]	0.065
Fe	139.21	55.59	39.93	30.70	210.60	73.37	13.69	18.66	43.98	90.80	-65.84	[-104.90; -26.79]	0.004**
Cu	8.56	5.44	63.59	0.20	13.80	14.81	7.17	48.38	1.25	24.70	6.25	[1.12; 11.38]	0.006**
Zn	2.98	2.05	68.76	0.80	7.30	3.35	2.00	59.82	0.73	6.92	0.37	[-0.27; 1.01]	0.227
Mn	5.08	2.57	50.63	0.70	7.70	4.93	4.21	85.46	0.31	12.01	-0.15	-	(!)0.770
S	4.50	2.38	52.87	1.50	9.60	4.28	1.87	43.74	1.88	7.45	-0.22	[-2.06; 1.63]	0.797
Arcilla	12.17	8.61	70.76	3.12	26.84	19.70	10.87	55.15	6.10	44.10	7.53	[3.58; 11.48]	0.002**
Limo	23.96	12.16	50.75	1.00	34.72	24.70	7.90	31.98	9.90	33.90	0.74	[-4.91; 6.39]	0.666
Arena	63.88	19.23	30.10	39.16	95.88	55.60	15.69	28.21	34.00	84.00	-8.28	[-13.71; -2.84]	0.007**
Da	1.25	0.10	7.99	1.11	1.49	1.29	0.14	11.13	1.07	1.54	0.03	[-0.05; 0.12]	0.388

x: Media, s: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo, (!): Parámetro analizado con la prueba Wilcoxon para muestras pareadas.

PREVIEW VERSION

La materia orgánica es una fuente importante de nitrógeno (N) por lo que es razonable esperar que, si esta incrementa, también incremente el nitrógeno y mejora la capacidad del suelo para retener nutrientes y humedad. La materia orgánica (MO) presentó un incremento muy significativo (p<0.001**). Esto podría estar asociado a procesos de intercambio iónico lento pese a las condiciones de baja humedad y alta evapotranspiración característico de la zona, asociado al valor del pH.

Mórtola y Heredia (2015) indican que el contenido de carbono orgánico total, el que está asociado al porcentaje de MO, es variable en dependencia del manejo que se le brinde al suelo, siendo más alto en suelos donde se mantienen los residuos postcosecha sobre su superficie, tal como ocurre en las plantaciones de Teca en las que se incorporan ramas, hojarasca y troncos producto del raleo o aprovechamiento.

El incremento de materia orgánica conjugado con la reducción de la acidez del suelo favorece el aumento del cobre (Cu), no así su disponibilidad; la cantidad de cobre en el suelo presentó un incremento significativo (p=0.006*). En estas condiciones las arcillas húmicas orgánicas son más estables y forman ligandos con este metal. Por otro lado, la concentración de macronutrientes en el suelo puede variar espacialmente debido a factores climáticos, cambios estacionales, ciclos de descomposición de materia orgánica; así mismo, parámetros edáficos como la textura, estructura y el pH.

En cuanto al contenido de fosforo (P), los suelos presentaron valores máximos de 18.10 mg kg^{-1} (CV=73.10 %) en 2012 y 30.74 mg kg^{-1} (CV=97.59 %) en 2023, siendo este el parámetro que presentó mayor variación en ambos años; seguido del potasio (K) con valores máximos de 1.30 Cmol+ kg^{-1} (CV=74.39 %) en el 2012 y 1.12 Cmol+ kg^{-1} (CV=71.78 %) en 2023. Sin embargo, ninguno de estos macronutrientes mostró diferencias estadísticas entre los dos periodos analizados (P: p=0.920; K: p=0.652).

Los valores de coeficientes de variación indican que los datos están altamente dispersos en relación con sus medias, lo que sugiere una gran heterogeneidad espacial en la distribución de estos nutrientes. Esta variabilidad puede estar relacionada con la influencia del vulcanismo en la región, ya que los suelos derivados de cenizas volcánicas suelen presentar acumulaciones superficiales de fósforo inorgánico, principalmente en forma de fosfatos de hierro, aluminio o calcio, cuya disponibilidad puede variar considerablemente según las condiciones fisicoquímicas del suelo.

Por los valores de pH y las altas concentraciones de fósforo se pueden formar compuestos insolubles de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) (Kass, 1998), sin embargo, las concentraciones de Ca y Mg no presentaron diferencias significativas (Ca: p=0.252; Mg: 0.065) con intervalos de confianza del 95 % para la diferencia de las medias de Ca, entre -0.36 Cmol+ kg^{-1} y 2.62 Cmol+ kg^{-1}; y en Mg, de -1.39 Cmol+ kg^{-1} y -0.02 Cmol+ kg^{-1}.

En cuanto a los microelementos, el hierro (Fe) presenta un descenso significativo (p=0.004), con diferencia de medias entre -104.90 y -26.79 mg kg^{-1}. Esto puede estar asociado a las interacciones con el fósforo, formando complejos que precipitan al Fe. En algunos casos el descenso de Fe causa alcalinización, lo que explica el ligero incremento del pH (Kass, 1998).

El contenido de Manganeso (Mn) no presenta diferencias notables (p=0.770); el zinc (Zn) presenta un ligero incremento y el azufre (S) una ligera disminución; sin embargo, por lo que no existe diferencia significativa en sus contenidos (Zn: p=0.227; S: p=0.797).

Con respecto a la textura del suelo, se revelan cambios significativos (Figura 4); la fracción arcilla presenta un incremento (p=0.002**); la fracción arena una disminución (p<0.007**) y manteniéndose sin variaciones la fracción de limo (p=0.666). Esto sugieren un cambio de las clases texturales de los suelos, pasando de texturas areno-franco o franco a texturas franco-arenosas (Figura 4). Los procesos de meteorización es una condición permanente que modifica las clases texturales de los suelos.

PREVIEW VERSION

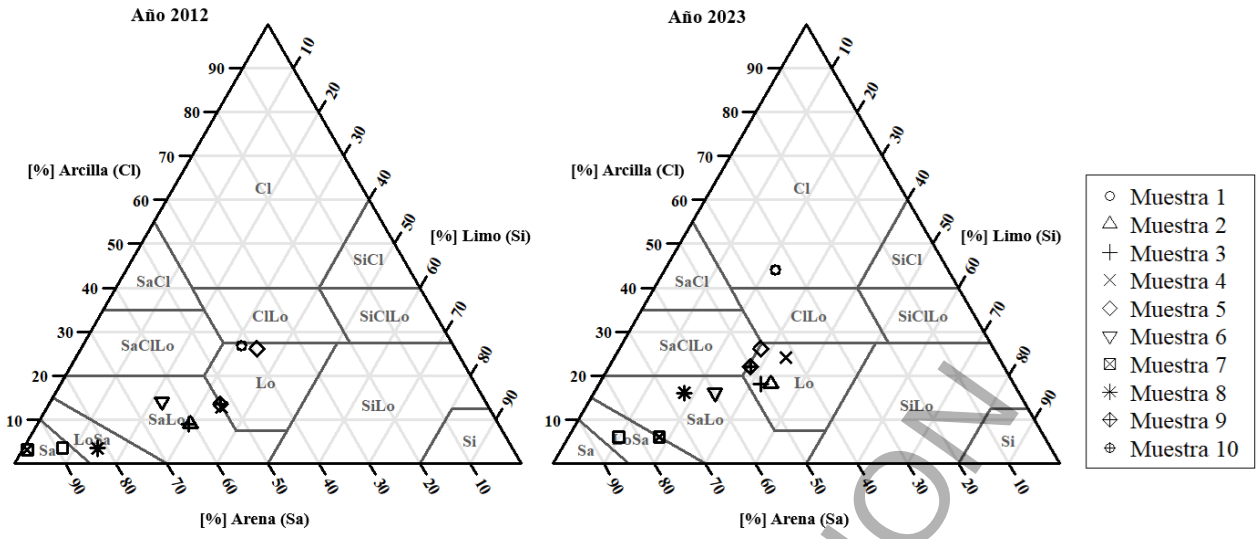


Figura 4.
Clases texturales en 2012 y 2023. Cl: Arcilla; Si: Limo; Sa: Arena; Lo: Franco

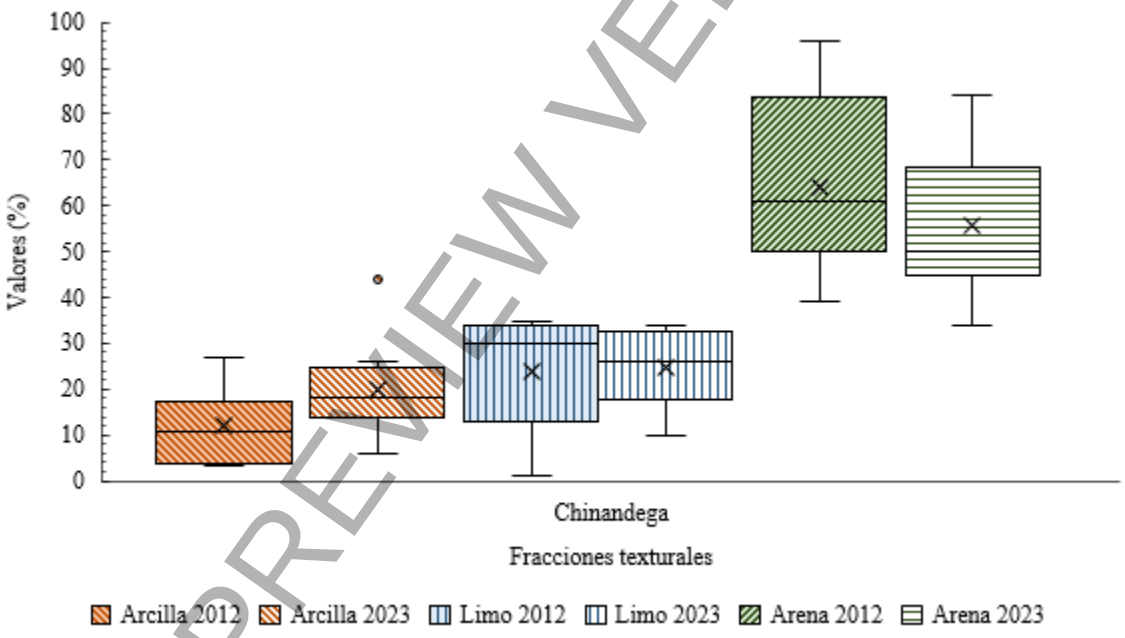


Figura 5.
Proporción textural del suelo 2012 y 2023.

PREVIEW VERSION

Estos cambios texturales no solo reflejan procesos naturales como la meteorización, sino que también tienen implicaciones prácticas en la dinámica del suelo. Un aumento en la fracción arcilla puede mejorar la retención de nutrientes, pero también puede afectar negativamente la aireación y el drenaje. Además, la evolución hacia texturas más finas podría estar influenciada por procesos de erosión o sedimentación, lo que sugiere la necesidad de estrategias de manejo diferenciadas según la clase textural predominante.

La densidad aparente (Da) está influenciada por el contenido de las diferentes fracciones orgánicas (materia orgánica) y minerales del suelo (Gallardo y González, 1983;Gallardo y Prause, 2000). Aunque hubo cambios en la textura del suelo (más arcilla, menos arena), estos no fueron suficientes para modificar de manera significativa la Da (p=0.388).

PREVIEW VERSION

Agradecimientos

Los autores agradecen a EQUIFOREST por hacer posible esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, A. (2006). *Nutrición y fertilización de la Teca*. http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/31A0615834C27F92852579A3006D8237/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Teca.pdf

de Camino, R. y Budowski, G. (1998). Impactos ambientales de las plantaciones forestales y medidas correctivas de carácter silvicultural. *Revista Forestal Centroamericana*, *7*(22), 6-12. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6368

Fallas-Zúñiga, J. L. (2014). *Respuesta a la fertilización de la teca (Tectona grandis L.f) con NPK en ultisoles de la zona norte de Costa Rica* [Tesis de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. RepositorioTEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3286

Gallardo, J. F. y González Hernández, M. I. M. (1983). *Suelos Forestales De El Rebollar (salamanca): Y III. Nuevas aportaciones*. CSIC - Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca (CEBA). https://digital.csic.es/bitstream/10261/57323/1/Suelos%20forestales%20de%20el%20rebollar%20%28Salamanca%29.%20y%20III%20Nuevas%20aportaciones.pdf

Gallardo Lancho, J. F. y Prause, J. (2000). *Influencia de cuatro especies nativas sobre las parámetros físicas de un suelo forestal del Parque Chaqueño Húmedo (Argentina)*.https://www.academia.edu/21764455/Influencia_de_cuatro_especies_nativas_sobre_las_parámetros_f%C3%ADsicas_de_un_suelo_forestal_del_Parque_Chaque%C3%B1o_H%C3%BAmedo_Argentina_

Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER). (s. f.). *INETER - Mapa Interactivo Climático (1971-2010)*. https://www.ineter.gob.ni/geoportales/variabilidadclimatica/index.html

Jaramillo J., D. F. (2012). Variabilidad espacial del suelo: Bases para su estudio. *Revista de la Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia*, *1*(1), 73-87. https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/download/49004/50077

Jenny, H. (1994). *Factors of Soil Formation: A system of Quantitative Pedology*. Dover Publications.

Kass, D. C. L. (1998). *Fertilidad de suelos*. EUNED.

Moreno Ramón, R., Ibañez Asensio, S. y Gisbert Blanquer, J. M. (s. f.). *Andisoles*. https://docplayer.es/52849909-Andisoles-moreno-ramon-hector-ibanez-asensio-sara-gisbert-blanquer-juan-manuel.html

Mórtola, N. A. y Heredia, O. S. (2015). Comportamiento del Carbono orgánico y las fracciones de fósforo en un Kandiudult con distintos manejos de residuos forestales. *Ciencia del suelo*, *33*(1), 89-96. https://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v33n1/v33n1a09.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). *Guia para la descripcion de suelo*. https://www.fao.org/documents/card/en?details=0f070cdd-1b6d-53fa-add1-5c972fb299d2/

PREVIEW VERSION

Raison, R. J. (1984). Potential adverse effects of forest operations on the fertility of soils supporting fast-growing plantations. En *Proceedings of the IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations* (Vol. 1, pp. 457–471). South Africa.

Siqueira, G. M., Rosa Vieira, S., Souza, Z. M., Dafonte, J. y Paz, A. (2007). Utilización de herramientas estadísticas y geoestadísticas para optimización del muestreo de parámetros físicos del suelo. En *Estudios de la zona no saturada del suelo*. VIII Jornadas de Investigación de la Zona No Saturada del Suelo, Córdoba, España. https://zonanosaturada.com/zns07/publications_files//area_2/16.pdf

Tanaka, N., Hamazaki, T., & Vacharangkura, T. (1998). Distribution, Growth and Site Requirements of Teak. *Japan Agricultural Research Quarterly*, *32*, 65-77.

PREVIEW VERSION

PREVIEW VERSION

AmeliCA

Disponible en:
https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/306/3065225008/3065225008.pdf

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en portal.amelica.org

AmeliCA
Ciencia Abierta para el Bien Común

Mariann José Espinoza Acuña,
Frankling Alexander Calero Montano,
Joost Alexanco Cordonero Hernández,
Juana María Soza Mejía

Variabilidad temporal de parámetros físicos y químicos en suelos Andisoles con plantaciones de teca *Tectona grandis* L. f.
Temporal variability of physical and chemical parameters in Andisols with *Tectona grandis* L. f plantations

La Calera
vol. 25, núm. 44, 2025
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
donald.juarez@ci.una.edu.ni

ISSN: 1998-7846
ISSN-E: 1998-8850

DOI: https://doi.org/10.5377/calera.v25i44.20443

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. © copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA)

CC BY-NC-SA 4.0 LEGAL CODE
Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.