

Tipo de artículo: Artículo original

# Análisis computacional de las caracterizaciones físico química de los suelos cafetaleros del Sur de Manabí – Ecuador

## *Computational analysis of the physical chemical characterization of the coffee soils of the South of Manabí - Ecuador*

Alfredo Valverde Lucio <sup>1\*</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-9792-9400>

Fernando Ayon Villao <sup>1</sup> , <https://orcid.org/0000-0003-4772-9344>

Juan García Cabrera <sup>1</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-6334-7744>

Julio Gabriel Ortega <sup>1</sup> , <http://orcid.org/0000-0001-9776-9235>

Raquel Vera Velázquez <sup>1</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-5071-7523>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencia Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Campus Los Ángeles, s/n km 1,5 vía Noboa, Manabí, Ecuador.

\* Autor para correspondencia: [yhonny.valverde@unesum.edu.ec](mailto:yhonny.valverde@unesum.edu.ec)

### Resumen

El estudio tuvo como objetivo caracterizar física y químicamente los suelos cafetaleros del sur de Manabí. La investigación se realizó en 7 parroquias de los 4 cantones productores de café de la provincia: Jipijapa, Paján, 24 de Mayo y Santa Ana; se tomaron 181 muestras, se siguió el procedimiento en zigzag, y se tomaron 15 sub muestras por finca. Para el análisis estadístico, se aplicó el análisis de varianza y diseños multivariantes (Clúster jerárquico y componentes principales). Las variables estudiadas fueron: pH, materia orgánica M.O, micro y macro nutrientes, y a nivel físico: textura, Capacidad de Campo (CC), y el Punto de Marchitez Permanente (PMP) y Agua Disponible en el suelo (AD). Los resultados obtenidos determinaron que los suelos sur manabitas son actos para la caficultura. El nivel de pH, cuyo rango fue de 5,5 a 6,5, catalogándolos entre medio ácido y líder ácido; El análisis multivariante definió 3 componentes; el componente uno presentó mejores características a nivel de pH, M.O, Macro y micro nutrientes, de textura franco arcillosa, con mejor retención de agua; representó el 31,5 % de los suelos analizados, y lo conforman las parroquias La América, El Anegado y la comunidad el Matal, los componentes 2 y 3 presentaron una estrecha correlación y representan el 68,5 % restantes, son de suelos francos, con deficiencias de M.O, así como de macro nutrientes, con excepción del P y K, que alcanzan niveles medios y altos niveles de Mg y Ca, y con contenido medio a nivel de los micronutrientes.

**Palabras clave:** Análisis multivariante, textura, caficultura.

### Abstract

*The objective of this study was to physically and chemically characterize the coffee soils of southern Manabí. The research was carried out in 7 parishes of the 4 coffee producing cantons of the province: Jipijapa, Paján, 24 de Mayo and Santa Ana; 181 samples were taken, following the zigzag procedure, and 15 sub-samples were taken per farm. For the statistical analysis, analysis of variance and multivariate designs (hierarchical cluster and principal components) were applied. The variables studied were: pH, organic matter M.O, micro and macro nutrients, and at the physical level: texture, Field Capacity (CC), and the Permanent Wilt Point (PMP) and Available Water in the soil (AD). The results obtained determined that the soils of southern*



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

*Manabí are suitable for coffee growing. The multivariate analysis defined 3 components; component 1 presented better characteristics in terms of pH, OM, macro and micro nutrients, clay loam texture, with better water retention; it represented 31.5% of the soils analyzed, and it is located in the parishes of La América, El Anegado and the community of El Matal. Components 2 and 3 showed a close correlation and represent the remaining 68.5 %. They are loam soils, with deficiencies of OM and macro nutrients, except for P and K, which reach medium and high levels of Mg and Ca, and with medium micronutrient content.*

**Keywords:** *Multivariate analysis, texture, coffee cultivation.*

**Recibido:** 22/07/2022

**Aceptado:** 28/10/2022

**En línea:** 01/11/2022

## Introducción

El cultivo de café se encuentra caracterizado como una de las principales actividades agrícolas que se realiza en el Ecuador, debido a su importancia económica y social en la generación de divisas y empleo. (Monteros, 2016) indica que el café se encuentra entre los diez cultivos con mayor superficie, además, de estar sembrado en 21 provincias del país.

La encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria realizada en Ecuador (ESPAC, 2016), establece que, el café es un producto primordial en el ámbito económico por la generación de divisas e ingresos que su exportación implica (6 468 toneladas al 2015). En el ámbito social, su producción genera empleo e ingresos a las familias y otros actores de la cadena; beneficiando a 34.000 productores a nivel nacional. Adicionalmente, durante los últimos quince años se ha ubicado entre los primeros ocho cultivos con mayor superficie cosechada, generando empleo en toda la cadena productiva (Patiño, 2002).

La producción mundial de café en el año 2014 disminuyó 5,34% con respecto al año 2013. Este comportamiento no incidió directamente en el nivel de exportaciones e importaciones, las cuales también aumentaron. Los precios se vieron influenciados por el descenso de la producción (MAGAP, 2014). La provincia de Manabí es una de las provincias de a nivel del Ecuador con mayor producción cafetalera del país, con alrededor del 40% del total de sacos de 60 kg producidos a nivel nacional, 70.000 hectáreas están distribuidas en los cantones Jipijapa, Paján, 24 de Mayo y Santa Ana, todos del Sur Manabita ([www.manabi.gob.ec](http://www.manabi.gob.ec), 2017). Las fincas cafetaleras manabitas cuentan con diversificación productiva, consideradas auto sustentables para los pequeños productores de café de la provincia (Vera, 2008).

(Burbano, 2016) expresa que el suelo es un recurso natural no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos, destacando lo relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como son: el carbono, nitrógeno, fósforo, etc., no obstante, lo más conocido, es que el suelo es el asiento natural para la



producción agropecuaria. En este sentido (Cotler, et al., 2007) cita que la evolución del suelo es constante bajo condiciones propicias, pero con lapsos que fluctúan de cientos a miles de años requeridos para la formación de algunos centímetros. (Rivera , 2010), indica que la formación de un centímetro de suelo en condiciones naturales, puede tardar entre 100 a 400 años aproximadamente; de igual manera cita a Suárez y Rodríguez (1962) quienes mencionan que se pueden perder hasta cinco centímetros de suelo en un año mediante desyerbas de los cultivos con azadón. Por tanto, se pueden tener pérdidas tolerables de suelo por erosión, que garanticen una agricultura productiva y sostenible.

En investigación realizada por (Quiroz & Hincapié, 2017) sobre el manejo de arvenses, demuestran que dicha práctica puede favorecer o prevenir las pérdidas de suelo por erosión, en cafetales, cuando se controlaron las arvenses continua y reiteradamente con herbicidas, y se dejó el suelo totalmente desnudo, las pérdidas de suelo por erosión alcanzaron niveles de 7.6 t.ha -1.año -1, cuando las desyerbas se realizaron con el machete y sin desnudar el suelo, las pérdidas por erosión fueron de 0.043 t.ha -1.año -1.

La presente investigación planteó como objetivo caracterizar física y químicamente los suelos cafetaleros de cuatro cantones del sur de la provincia de Manabí, con lo que se espera dotar de información que en lo posterior permita tomar acciones a favor de la conservación del suelo y mejoras en la calidad del café como producto final.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en cuatro cantones de la provincia de Manabí (Tabla 1), siendo ellos Jipijapa, Paján, 24 de Mayo y Santa Ana, todos productores de café. Jipijapa hasta ahora conocido como la Sultana del Café. Destacó por su producción cafetalera, aunque en los últimos años se ha venido a menos (Luciano et al., 2018).

El sur de la provincia de Manabí es por excelencia cafetalero, sin embargo, no existen estudios que caractericen el contenido de macro y micro nutrientes de sus suelos. Los estudios hasta ahora realizados se limitan a fincas o un sector en particular, donde definen al suelo (fincas cafetaleras del Anegado), en este sentido (Palma, et al., 2019) identifico suelos con bajos contenido de nitrógeno y azufre; contenido medio de fósforo y altos potasio, y con relación a los microelementos se presentan nivel adecuados a excepción del zinc que se presenta en niveles medios y el boro niveles bajos, con un pH (5,5 – 6,5), que afirma se encuentra en el rango óptimo para el desarrollo adecuado del café; de textura que oscila entre franco arcilloso y franco limoso (Rodríguez, 2018).

A continuación, se presenta en la Tabla 1, la ubicación geográfica de cada uno de los cantones que formaron parte del estudio.



**Tabla 1.** Ubicación geográfica de los cantones de donde se tomaron muestras.

Cantón	Muestras	Latitud	Longitud	Altitud
Jipijapa	100	-1,479444	-80,538611	398,000000
Santa Ana	18	-1,100000	-80,116667	200,000000
24 de Mayo	36	-1,278889	-80,418333	115,000000
Paján	27	-1,643611	-80,486944	149,000000

Fuente: INAMHI

Se tomaron 181 muestras del mismo número de fincas cafetaleras de los cantones señalados en la Tabla 1, de; jipijapa se tomaron muestras de las parroquias rurales: La Unión, El América, El Anegado y de la cabecera cantonal en la comunidad El Matal; de Paján las muestras fueron tomadas de la Parroquia Campozano, del cantón 24 de Mayo se consideró la parroquia Noboa, y del cantón Santa Ana las Parroquias Ayacucho y Honorato Vázquez.

Para la toma de muestra se aplicó el método no probabilístico bola de nieve (Baltar & Gorjup, 2012), el cual consiste en preguntar al encuestado sobre otros finqueros cercanos y estos a la vez nos conducían a otro, esta acción se tomó debido a que se desconocía quienes disponían de cultivares de café; una vez identificadas las fincas se procedía a tomar las muestras, se siguió el procedimiento en zigzag, y se tomaron 15 sub muestras por finca. Se profundizó entre 20-30 cm, considerando que el 86% de las raíces absorbentes se encuentran en este rango (López , et al., 2016). Las muestras se tomaron en la época seca, y se empleó calicatas, la mezcla se realizó de manera manual empleando guantes, el peso por muestra fue de 1 kilo, y se almacenaron en fundas de papel, previa entrega en el laboratorio.

**Análisis de las muestras**

Una vez registradas y codificadas, las muestras fueron enviadas a los laboratorios del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, los cuales están autorizados para la realización de los análisis físicos – químicos requeridos, la Tabla 2 señala los métodos implementados, así como los niveles de medición de cada parámetro.

**Tabla 2.** Métodos y niveles de interpretación de resultados

Parámetro	Unidad de medida	Niveles	Método aplicado	Cuantificación
pH		5 - 5,5 Ácido 5,5- 5,9 Medio ácido 6 - 6,5 Líder ácido 6,5 - 7,5 Neutro 7,5 - 9 Medio alcalino	Potenciométrico en pasta saturada	Potenciometría
NH <sub>4</sub>	ppm	<21 Bajo 21- 40 Medio >40 Alto	Olsen modificado pH 8.5	Foto colorimétrico- Azul Indofenol en extracto
P	ppm	<8 Bajo 8- 14 Medio	Olsen modificado	Espectrofotometría de luz visible (UV)



>14 Alto				
K	meq/100 ml	<0,2 Bajo 0,2- 0,38 Medio >0,38 Alto	Olsen modificado	Espectrofotometría de absorción atómica (AA).
Ca	meq/100 ml	<5,1 Bajo 5,1- 8,9 Medio >8,9 Alto	Olsen modificado	Espectrofotometría de absorción atómica (AA).
Mg	meq/100 ml	<1,7 Bajo 1,7- 2,3 Medio >2,3 Alto	Olsen modificado	Espectrofotometría de absorción atómica (AA).
S	ppm	<4 Bajo 4- 19 Medio >19 Alto	Fosfato mono cálcico 0.008M	Turbidimétrica Ba Cl2
Zn	ppm	<3,1 Bajo 3,1- 7 Medio >7 Alto	Olsen modificado	Espectrofotometría de luz visible (UV)
Mn	ppm	<5,1 Bajo 5,1-15 Medio >15 Alto	Olsen modificado	Espectrofotometría de luz visible (UV)
Fe	ppm	<20 Bajo 20- 40 Medio >40 Alto	Olsen modificado	Espectrofotometría de luz visible (UV)
Cu	ppm	<1,1 Bajo 1,1- 4 Medio >4 Alto	Olsen modificado	Espectrofotometría de luz visible (UV)
B	ppm	<0,2 Bajo 0,2- 0,49 Medio >0,49 Alto	CaH4(PO4)2.2H2O	Espectrofotometría de luz visible (UV)
Materia orgánica	%	<3 Bajo 3- 5 Medio >5 Alto	WalkleyBlack	Volumetría
Textura	%		Bouyouocus	Hidrómetro

Fuente: INIAP

Se analizó a nivel de laboratorio, el pH, materia orgánica (MO), los macro nutrientes N, P, K, S, Ca, Mg; y entre los micro elementos, Zn, Cu, Fe, Mn, B, (Tabla 2). Como parte del análisis físico del suelo se consideró el contenido porcentual de arena, arcilla y limo, pautando a partir de esta información la clase textural, la Capacidad de Campo (CC), y el Punto de Marchitez Permanente (PMP), se efectuaron aplicando las fórmulas descritas por (Silva *et al.*, 1988), para la Capacidad de campo se aplicó: (%CC) = 21,977 - 0,186(% Arena) + 2,601(% Materia Orgánica) + 0,127(% Arcilla); y para la obtención del Punto de marchitez permanente, se siguió el siguiente esquema (% PMP) = - 5 + 0,74 (% CC); en lo que respecta al cálculo de Agua Disponible en el suelo, se siguió la recomendación de (García *et al.*, 2013), quien aplicó la siguiente formula: (AD) = CC – PMP.

### Análisis estadístico



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

Para el análisis de los datos se empleó estadística univariada y multivariada. Los descriptivos de tendencia central como la media y de dispersión como desviación estándar, coeficiente de variación, además de pruebas de distribución de datos como asimetría y curtosis, así como la aplicación de la prueba homogeneidad de varianza de Kolmogorov-Smirnov; cuyos resultados motivaron la aplicación de una transformación logarítmica en algunas variables, y el ajuste dio pautas para la aplicación del ANOVA completamente aleatorio, cuyo modelo matemático es  $Y_{ij} = \mu + t_j + e_{ij}$ ;  $i = 1, \dots, 3$ ,  $b =$  Tratamientos;  $j = 1, \dots, 14$ ,  $c =$  Repeticiones; este análisis permite determinar la variabilidad debida al material experimental y también la ocasionada por los tratamientos. Estas variaciones son importantes para estimar cuál es el efecto de los tratamientos y cuál es la diferencia entre ellos (Gabriel, et al., 2021). Con el ANOVA se pudo establecer diferencias estadísticas sobre el contenido mineral del suelo cafetalero de las comunidades.

Para una caracterización global del área de estudio se aplicó: Clúster jerárquico, técnica que agrupa a las variables de acuerdo a su afinidad (Fernandez, 2011), prueba que se correlaciono con el análisis multivariante de componentes principales (ACP), el cual es oportuno dentro de las experimentaciones agropecuarias (Restrepo, et al., 2012), en las que se correlacionaron las variables, su aplicación redujo las combinaciones de las variables originales (Sánchez, 2019), a tres dimensiones, cubriendo el 62,4 % del total de la varianza. Los análisis se realizaron en el software estadístico SPSS Statistics 25.

## Resultados y discusión

### Análisis de varianza

El resultado obtenido del análisis de varianza aleatorio (Tabla 3), demostró diferencias estadísticas altamente significativas ( $p$  valor  $< 0,01$ ), las que se evidenciaron con la aplicación de Tukey al 5 %, la Tabla 3 presenta los resultados del pH, cuyas características se expresan en un rango de 5,5 a 6,5, catalogándolos entre medio ácido y líder ácido; a nivel del pH en todas las parroquias y comunidades del cantón Jipijapa se presentan mejores resultados, aunque estadísticamente no son diferentes; en lo que respecta a la M.O, la Parroquia La América cuenta con niveles altos, el Anegado cuenta con un nivel medio, y el resto de comunidades tiene deficiencias, en lo que a macronutrientes se refiere, solo el Matal tiene un nivel medio de  $NH_4$ , las demás comunidades tienen deficiencias; en lo que respecta al contenido de P y K, las fincas cafetaleras del Cantón Santa Ana, demuestran ser medias en estos minerales, las demás cuentan con cantidades consideradas altas; en cuanto al Ca y Mg los suelos cafetaleros de esta zona cuentan con altas cantidades, y en lo que respecta al S, solo La América dispone de altos contenidos, las demás comunidades tienen un contenido medio.



En lo que respecta a los micronutrientes, con excepción del Mn, la Tabla 5 establece diferencias altamente significativas entre comunidades (p valor < 0,01); a nivel de Zn y Cu, las comunidades de La América, El Anegado y el Matal cuentan con un contenido medio y alto respectivamente.

**Tabla 3.** ANOVA de variables analizadas

Variables		gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Sig.
pH	Entre grupos	7	5,201	0,743	2,851	0,008
NH <sub>4</sub>	Entre grupos	7	11949,203	1707,029	25,756	0,000
P	Entre grupos	7	60403,291	8629,042	8,178	0,000
K	Entre grupos	7	27,446	3,921	23,263	0,000
Ca	Entre grupos	7	2263,371	323,339	70,538	0,000
Mg	Entre grupos	7	124,029	17,718	16,709	0,000
S	Entre grupos	7	12643,211	1806,173	3,590	0,001
Zn	Entre grupos	7	151,440	21,634	6,410	0,000
Cu	Entre grupos	7	114,638	16,377	11,406	0,000
Fe	Entre grupos	7	60692,191	8670,313	9,315	0,000
Mn	Entre grupos	7	54882,926	7840,418	2,812	0,008
Boro	Entre grupos	7	28,469	4,067	3,086	0,004
M.O. %	Entre grupos	7	594,260	84,894	28,143	0,000
Ca/Mg	Entre grupos	7	1972,662	281,809	15,682	0,000
Mg/K	Entre grupos	7	1706,154	243,736	11,857	0,000
Ca+Mg/K	Entre grupos	7	74201,661	10600,237	12,667	0,000
Σ BASES-meq/100ml	Entre grupos	7	2372,996	338,999	57,064	0,000
Arena	Entre grupos	7	9556,151	1365,164	9,688	0,000
Limo	Entre grupos	7	2060,189	294,313	4,767	0,000
Arcilla	Entre grupos	7	3258,418	465,488	5,903	0,000
CP	Entre grupos	7	4674,751	667,822	20,832	0,000
PMP	Entre grupos	7	2559,965	365,709	20,833	0,000
ADS	Entre grupos	7	315,976	45,139	20,816	0,000

En cuanto al Fe, con excepción de las comunidades del cantón Santa Ana que tienen un contenido medio, el restante dispone de un alto contenido de este nutriente; en lo referente al Mn, las comunidades de La América, El Anegado y la Unión cuentan con alto niveles, el restante de comunidades tiene un nivel medio. El contenido de B es alto en La



América y El Anegado, La comunidad de Ayacucho presenta deficiencias, mientras que en restante de sectores cuentan con un contenido medio.

**Tabla 4.** Comparación de medias de macro nutrientes mediante prueba de Tukey al 5 %

Cantón	Comunidad	N	pH	M.O %	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S
Jipijapa	La América	15	6,286	7,040 <sup>a</sup>	18,666 <sup>b</sup>	81,133 <sup>a</sup>	1,1033 <sup>b</sup>	20,800 <sup>c</sup>	2,753 <sup>d</sup>	37,60 <sup>a</sup>
	El Anegado	42	6,216	4,971 <sup>b</sup>	19,071 <sup>b</sup>	45,190 <sup>bc</sup>	0,8571 <sup>bc</sup>	18,571	4,307 <sup>ab</sup>	11,476 <sup>b</sup>
	El Matal	20	6,260	1,570 <sup>c</sup>	35,600 <sup>a</sup>	67,450 <sup>ab</sup>	1,753 <sup>a</sup>	27,50 <sup>a</sup>	5,390 <sup>a</sup>	6,800 <sup>b</sup>
Santa Ana	La Unión	23	6,034	1,739 <sup>c</sup>	14,173 <sup>bc</sup>	30,130 <sup>cd</sup>	0,538 <sup>cd</sup>	15,782 <sup>d</sup>	4,447 <sup>8ab</sup>	5,782 <sup>b</sup>
	Ayacucho	9	5,900	2,00 <sup>c</sup>	8,333 <sup>c</sup>	10,333 <sup>d</sup>	0,363 <sup>de</sup>	23,444 <sup>b</sup>	3,422 <sup>bc</sup>	9,111 <sup>b</sup>
Paján	Honorato Vázquez	9	5,933	1,74 <sup>c</sup>	6,111 <sup>c</sup>	8,777 <sup>d</sup>	0,312 <sup>e</sup>	20,111 <sup>c</sup>	4,100 <sup>bc</sup>	8,000 <sup>b</sup>
	Campozano	27	5,918	1,970 <sup>c</sup>	11,037 <sup>bc</sup>	44,518 <sup>bc</sup>	0,511 <sup>cd</sup>	24,222 <sup>b</sup>	3,055 <sup>cd</sup>	6,333 <sup>b</sup>
24 de Mayo	Noboa	36	5,844	1,73 <sup>c</sup>	9,305 <sup>c</sup>	34,805 <sup>cd</sup>	0,747 <sup>bcd</sup>	23,694 <sup>b</sup>	3,061 <sup>cd</sup>	7,805 <sup>b</sup>
<b>Total</b>		<b>181</b>	<b>6,055</b>	<b>2,957</b>	<b>15,922</b>	<b>43,0055</b>	<b>0,810</b>	<b>21,569</b>	<b>3,827</b>	<b>10,613</b>

Elaborado por investigadores

**Tabla 5.** Comparación de medias de micro nutrientes mediante prueba de Tukey al 5 %

Cantón	Comunidades	N	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases-meq/100ml
Jipijapa	La América	15	5,006 <sup>a</sup>	4,193 <sup>ab</sup>	83,066 <sup>a</sup>	19,89	0,914 <sup>ab</sup>	16,220 <sup>a</sup>	2,901 <sup>d</sup>	29,708 <sup>c</sup>	24,656 <sup>c</sup>
	El Anegado	42	4,102 <sup>ab</sup>	4,078 <sup>ab</sup>	93,142 <sup>a</sup>	47,76	0,476 <sup>b</sup>	4,576 <sup>bc</sup>	6,209 <sup>cd</sup>	31,368 <sup>c</sup>	23,733 <sup>c</sup>
	El Matal	20	3,240 <sup>ab</sup>	5,270 <sup>a</sup>	73,100 <sup>a</sup>	9,675	0,333 <sup>b</sup>	5,315 <sup>bc</sup>	3,6690 <sup>cd</sup>	21,060 <sup>c</sup>	34,144 <sup>a</sup>
Santa Ana	La Unión	23	2,752 <sup>bc</sup>	3,734 <sup>b</sup>	96,043 <sup>a</sup>	44,24	0,331 <sup>b</sup>	3,613 <sup>c</sup>	11,133 <sup>ab</sup>	49,560 <sup>bc</sup>	20,871 <sup>d</sup>
	Ayacucho	9	2,366 <sup>bc</sup>	2,344 <sup>cd</sup>	36,000 <sup>b</sup>	11,58	0,173 <sup>b</sup>	6,933 <sup>bc</sup>	11,621 <sup>ab</sup>	89,008 <sup>a</sup>	27,230 <sup>b</sup>
Paján	Honorato Vázquez	9	1,977 <sup>c</sup>	1,811 <sup>d</sup>	24,000 <sup>b</sup>	11,08	1,974 <sup>a</sup>	4,944 <sup>bc</sup>	14,913 <sup>a</sup>	87,397 <sup>a</sup>	24,523 <sup>c</sup>
	Campozano	27	2,366 <sup>bc</sup>	3,233 <sup>bc</sup>	73,888 <sup>a</sup>	8,06	0,224 <sup>b</sup>	8,496 <sup>b</sup>	7,869 <sup>bc</sup>	70,386 <sup>ab</sup>	27,786 <sup>b</sup>
24 de Mayo	Noboa	36	2,338 <sup>bc</sup>	3,505 <sup>bc</sup>	80,666 <sup>a</sup>	9,41	0,237 <sup>b</sup>	7,966 <sup>bc</sup>	5,917 <sup>cd</sup>	51,178 <sup>bc</sup>	27,530 <sup>b</sup>
<b>TOTAL</b>		<b>181</b>	<b>3,108</b>	<b>3,737</b>	<b>78,828</b>	<b>23,62</b>	<b>0,452</b>	<b>6,895</b>	<b>7,171</b>	<b>47,816</b>	<b>26,169</b>

Elaborado por investigadores

Las características físicas determinan suelos francos en comunidades como Ayacucho, Santa Ana, Noboa, Campozano y El Anegado, por su parte las comunidades de La América, La Unión y el Matal que presenta suelos franco arcillosos. En lo que respecta a CC, PMP, AD, el ANOVA determino diferencias altamente significativas (p valor <0,01), determinando en estas instancias mejores comportamientos en su orden, en La América, El Anegado y el Matal, todos sectores del cantón Jipijapa.



**Tabla 6.** Comparación de medias de características físicas del suelo, mediante Tukey al 5%

Cantón	Comunidades	N	Arena	Limo	Arcilla	CC	PMP	AD
Jipijapa	La América	15	38,3333 <sup>ab</sup>	32,9333 <sup>ab</sup>	28,7333 <sup>ab</sup>	36,8080 <sup>a</sup>	22,2380 <sup>a</sup>	14,5693 <sup>a</sup>
	El Anegado	42	40,3571 <sup>ab</sup>	31,4524 <sup>b</sup>	27,5476 <sup>b</sup>	30,9000 <sup>ab</sup>	17,8657 <sup>ab</sup>	13,0338 <sup>ab</sup>
	El Matal	20	22,0000 <sup>c</sup>	40,7000 <sup>a</sup>	37,3000 <sup>a</sup>	26,7055 <sup>bc</sup>	14,7635 <sup>bc</sup>	11,9435 <sup>bc</sup>
	La Unión	23	37,2174 <sup>b</sup>	33,8261 <sup>ab</sup>	28,9565 <sup>ab</sup>	23,2557 <sup>cd</sup>	12,2087 <sup>cd</sup>	11,0465 <sup>cd</sup>
Santa Ana	Ayacucho	9	43,7778 <sup>ab</sup>	30,6667 <sup>b</sup>	25,5556 <sup>b</sup>	22,2822 <sup>cd</sup>	11,4889 <sup>cd</sup>	10,7933 <sup>cd</sup>
	Honorato Vázquez	9	50,6667 <sup>a</sup>	28,4444 <sup>b</sup>	20,8889 <sup>b</sup>	19,7422 <sup>d</sup>	9,6111 <sup>d</sup>	10,1311 <sup>d</sup>
Paján 24 de Mayo	Campozano	27	47,5556 <sup>ab</sup>	28,6667 <sup>b</sup>	23,7778 <sup>b</sup>	21,2770 <sup>cd</sup>	10,7441 <sup>cd</sup>	10,5315 <sup>cd</sup>
	Noboa	36	42,1111 <sup>ab</sup>	33,8333 <sup>ab</sup>	23,8333 <sup>b</sup>	21,6936 <sup>cd</sup>	11,0531 <sup>cd</sup>	10,6408 <sup>cd</sup>
<b>Total</b>		<b>181</b>	<b>39,8674</b>	<b>32,7680</b>	<b>27,1713</b>	<b>25,7049</b>	<b>14,0215</b>	<b>11,6831</b>

Elaborado por investigadores

**Análisis multivariado.**

El análisis multivariado permitió definir 5 clúster y 3 componentes (Figura 2). En este sentido es oportuno mencionar que los clústeres fueron validados, el análisis de varianza de las medias determinó diferencias estadísticas altamente significativas (p valor < 0,01).

Los clústeres establecieron similitudes territoriales, así tenemos que las Parroquias de la Unión y Noboa comparten el clúster 1 y 5, expresando marcadas similitudes a nivel físico, ambas cuentan con suelos francos y le corresponden las características medias a nivel de CC, PMP y AD; estas similitudes también se reflejan a nivel de MO y de macro nutrientes cuyos contenidos son medios, y de pH medio ácido (5.5 a 6).

Los Clústeres 2 y 3 están representados por la parroquia la América y El Anegado que disponen según análisis de varianza las mejores características tanto físicas como de contenido nutricional, con alto contenido de S, MO, B, Zn, Mn, nivel medio de Cu, y de pH líder ácido (6 a 6.5).



**Figura 1.** Demograma, combinación de Clúster



Clúster 4 se encuentra representado por la comunidad del Matal, que se caracteriza por liderar contenido de importantes macro nutrientes como son el NH<sub>4</sub>, K, S y Mg, y de suelos franco arcilloso y de pH líder ácido.

El Clúster 5 está representado por las parroquias Campozano del cantón Paján y Ayacucho y Honorato Vázquez del cantón Santa Ana; tienen deficiencias tanto de macro como de micronutrientes, de suelos francos y con niveles medios pero aceptables de CC, PMP y AD, y con un pH medio ácido.

La aplicación del ACP determinó 3 componentes, que representan el 62,48 % de la varianza total. El componente 1 se caracteriza por contar con las variables físicas, M.O., y el contenido de NH<sub>4</sub> y K, representa el 32,89 % de la varianza.

**Tabla 7.** Análisis de componentes principales.

	Componente		
	1	2	3
pH	<b>0,482</b>	-0,205	-0,393
NH <sub>4</sub>	<b>0,592</b>	-0,085	-0,109
K	<b>0,684</b>	-0,102	-0,564
Zn	<b>0,623</b>	0,161	-0,122
Cu	<b>0,676</b>	-0,203	-0,306
M.O. %	<b>0,631</b>	0,532	0,470
Ca+Mg/K	<b>-0,667</b>	-0,023	0,495
Arena	<b>-0,625</b>	0,609	-0,144
Limo	<b>0,433</b>	-0,426	-0,129
CC	<b>0,836</b>	0,166	0,503
PMP	<b>0,836</b>	0,166	0,503
ADS	<b>0,836</b>	0,166	0,503
Fe	0,096	<b>0,365</b>	0,253
P	0,403	<b>0,493</b>	-0,325
Mg	0,201	<b>-0,770</b>	0,145
Ca/Mg	0,064	<b>0,766</b>	-0,151
Arcilla	0,499	<b>-0,521</b>	0,310
Mg/K	-0,591	-0,314	<b>0,597</b>
Ca	0,148	0,005	<b>-0,359</b>
<b>Varianza total</b>	<b>32,896</b>	<b>15,635</b>	<b>13,951</b>

Elaborado por investigadores

El componente 2 con el 15,63 % de varianza está representada el alto contenido de P, Mg, Fe y arcilla.

El componente 3 representado por el alto contenido de Ca y la combinación de Mg/K, es representado por el 13,95 % de la varianza total.

La Figura 2 contrasta las dimensiones del ACP con los 5 clústeres identificados. El componente 1 se relacionan con los clústeres 2, 3 y 4, y está representado por las mejores características físicas, además de niveles altos y medios de M.O, niveles medio de NH<sub>4</sub>, y niveles altos de macro nutrientes como el P y K, S y Mg, de igual manera poseen altos niveles de Zn, B, Cu, Mn, demostrando homogeneidad entre ellos; las comunidades que cuentan con este tipo de suelo



son La América, El Anegado y el Matal, todas del cantón Jipijapa (Representan el 31,5 % del total de suelos analizados), sus suelos son francos y franco arcillosos. Los componentes 2 y 3 se correlaciona con el clúster 5; contienen niveles medios P, Mg, y altos niveles de Ca y Fe y cuenta con un suelo arcilloso a nivel físico son los de menor contenido de agua, están representados por las parroquias de Ayacucho y Honorato Vázquez del cantón Santa Ana y por la parroquia Campozano del cantón Paján; de manera general presentan deficiencias de macro nutrientes y son los de menor valor incluso en micro nutrientes aunque no tiene deficiencias. Las parroquias de Noboa del cantón 24 de Mayo y la parroquia la Unión del cantón jipijapa, también son parte de los componentes 2 y 3, se diferencian del anterior componente porque en este grupo la correlación es con los clústeres 1 y 5, y se caracterizan por tener suelos ricos en Ca, y de contenido medios a nivel de macro y micro nutrientes, así como de niveles físicos CC, PMP, AD (Los componentes 2 y 3 correlacionados con los clústeres 1 y 5 representan el 68,5 % de los suelos analizados).

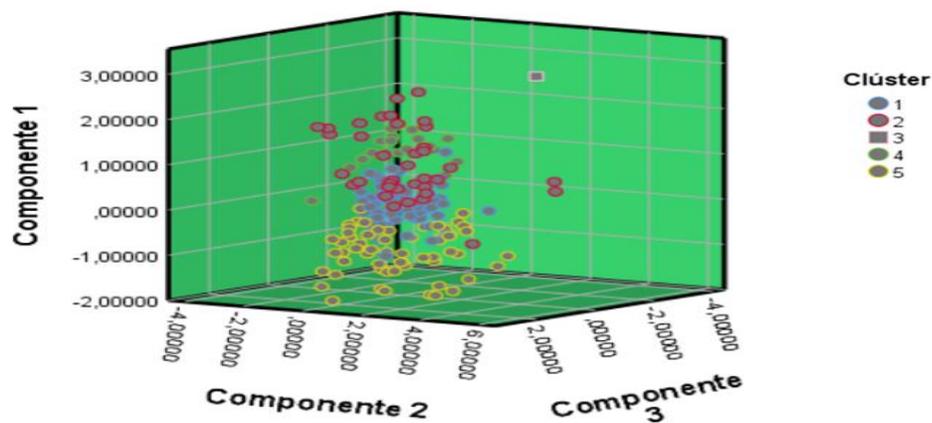


Figura 2. Interacción Clúster y ACP

Los suelos de fincas cafetaleras de los 5 cantones manabitas estudiados, presentan diferentes características tanto químicas como físicas, dividiéndose en 3 grupos: 1) los de alto contenidos de macro y micronutrientes, así como de mejores niveles físicos en cuanto a CC, PMP, AD; 2) los intermedios y 3) los suelos deficientes, estos dos últimos grupos representan con el 68,5 % a la mayoría de los suelos de la zona.

### Características químicas

La propiedad química del suelo por excelencia para valorar la acidez es el pH (potencial de iones hidrógeno o hidrogeniones). Los suelos sur manabitas presentan un pH medio ácido 5,5 a 5,9 y líder ácido 6 a 6,5, y de acuerdo a (Sadeghian Khalajabadi, 2016), estos suelos son aptos para el crecimiento de los cafetales, indicando que cuando el



pH es mayor de 5,5 se neutraliza el aluminio intercambiable- $Al^{3+}$  en el suelo y con esto se evita intoxicaciones para las plantas, en este sentido (Aguilar-Orea, et al., 2019) indica que en suelos cafetaleros pueden tolerar un pH de 5,0 y que cuando este es inferior debe encalarse,

La materia orgánica es una fijación de carbono en el suelo (Burbano, 2016), y permite la restauración de la biología del suelo, así como su remineralización, incorporando minerales secundarios no metálicos, como zeolitas, dolomitas y roca fosfórica; permite además la inoculación de microorganismos tales como: *Azotobacter* y micorrizas (Noriega *et al.*, 2014; Valverde *et al.*, 2019; Murillo et al., 2020). Los suelos cafetaleros del sur manabita presentan niveles bajos de materia orgánica (2,95 %), y las localidades que bajan el promedio son precisamente las que tienen niveles de acidez inferiores a 6,0 y en este sentido (Noriega *et al.*, 2014) indica, que las condiciones de acidez frenan el desarrollo de las bacterias y se abate el proceso de mineralización, pudiendo generar alta proliferación de hongos.

### **Macronutrientes.**

En lo que respecta a macronutrientes, la comunidad el Matal con un 38,6 ppm es la única que alcanza el nivel medio de  $NH_4$ , las demás comunidades tienen niveles bajos e inferiores a 20 ppm. (Sadeghian, 2008), indica que la presencia de nitrógeno en el suelo está relacionado al contenido de materia orgánica, lo que coincide con los resultados alcanzados; cita además que el café es una planta exigente en el consumo de este elemento, tanto en el crecimiento como la producción, recomendando su uso, aunque se debe considerar el contenido del suelo, la materia orgánica y el pH, especialmente si no se utiliza urea 46 % de N, sino sulfato de amonio (21% de N y 24 % S); (Perez, et al., 2005), coincide con lo expuesto y ratifica que un suelo con deficiencias de nitrógeno, afecta productividad del cultivo, y en un ensayo realizado, determina que en etapa de crecimiento se podría aplicar 135 kg/ha, y en época de cosecha 150 kg/ha, sin que este afecte la actividad microbiana del suelo.

El P es uno de los macroelementos de importancia productiva en la caficultura, el estudio de caracterización de los macronutrientes, determina que, con excepción de las Parroquias del Cantón Santa Ana, que tiene niveles medios de P, puesto que las demás localidades tienen niveles altos, (Noriega *et al.*, 2014) recomienda el uso de micorrizas, asevera que estas mejoran la absorción de agua, del ión fosfato y nutrimentos otros nutrientes como N, K, Ca, Mg, B y Fe; además, en los lugares de niveles de medio a bajos recomienda la incorporación de 50 kg/ha de roca fosfórica, una fuente mineral permitida en la agricultura orgánica certificada, que bien se puede mezclar con humus.

El nivel del K es alto, excepto en las fincas cafetaleras del Cantón Santa Ana, que tiene niveles medio, (Calero, 2021), indica que la fertilización potásica es vital en la producción del café, favoreciendo el crecimiento vegetativo, la estimulación enzimática e induce a la resistencia de las plantas sobre el ataque de plagas u otras condiciones adversas, señala además, que una correcta fertilización potásica durante la etapa reproductiva del cultivo del café, favorece la



floración, retención de frutos e incremento de la producción por planta. El potasio contribuye directamente a la calidad del café como bebida, al estimular la actividad enzimática de la polifenoloxidasa, la cual favorece en la calidad en aroma y sabor de la bebida.

En lo que respecta al Calcio, (Estrada, et al., 2017), indican que es oportuno que los suelos cafetaleros dispongan de una cantidad adecuada de calcio para mantener la fertilidad del suelo, y el estudio realizado en Mixteca Ala – México, concluyen que los suelos degradados son precisamente los que tienen cantidades bajas de calcio. Además, indican que la disponibilidad potencial del calcio está limitada por la formación de carbonatos de calcio, y este a su vez guarda relación con el pH de los suelos. Sin embargo, (López, et al., 2016), indica que el exceso de calcio genera antagonismo con el K, Mg y Na.

En lo que respecta al suministro de Mg, (Sadeghian, 2003), señala que existe una correlación entre el N y Mg, y que su aplicación en forma de óxido favorece al aumento del pH, no así cuando solo se aplica N en forma de urea, esta va a propiciar que el suelo se acidifique. Por su parte el azufre es importante en el control de hongos y es empleado incluso en controles para enfermedades como la Roya (Bermúdez 2021 citando a Colonia, 2012), en suelos con niveles bajos o no se han efectuado análisis de suelo, Bedoya y Salazar (2014), recomiendan aplicar 50 Kg/ha, siempre y cuando haya una alta densidad de plantas (7500-10000 plantas/ha).

Los macronutrientes cumplen un papel importante en el desarrollo y producción del café, de tal manera que el fósforo tiene mayor demanda cuando el cafeto se encuentra en crecimiento, por su influencia en la formación de raíces. Cuando la planta está en producción, la adición de este elemento tiene importancia en la etapa de formación de frutos, sobre todo cuando la carga es alta. Una alta correlación entre el nivel de potasio en las hojas y el contenido de almidón; con la cosecha desciende el nivel de éste nutriente y en condiciones de deficiencia, el calcio en los cafetos tiene una alta influencia en el sistema radical; su deficiencia, que aumenta a pH menores de 5,0, provoca la muerte de la yema apical de las raíces y la planta se vuelve más sensible a la sequía. El azufre es un elemento que contribuye a la síntesis de clorofila y proteínas; es demandado moderadamente por el cafeto (Cooperativa Tosepan Titataniske, 2014).

### **Micronutrientes**

Los niveles de Zn son medios en las comunidades La América, El Anegado y el Matal, todas parroquias del cantón Jipijapa, en el resto de parroquias el nivel de Zn es insuficiente. Los niveles de Cu, son altos en las parroquias La América, El Anegado y Matal, en el resto se Parroquias los niveles son medios. El contenido de B es alto en La América y El Anegado, La comunidad de Ayacucho presenta deficiencias, mientras que en restante de sectores cuentan con un contenido medio. En lo referente al Mn, las comunidades de La América, El Anegado y la Unión



cuentan con altos niveles, el restante de comunidades tiene un nivel medio. En cuanto al Fe, con excepción de las comunidades del cantón Santa Ana que tienen un contenido medio, el restante dispone de un alto contenido de este nutriente. (Rosas *et al.*, 2008), en estudio realizado en el que establece la relación mineral – características organolépticas, señala que el Zinc mostró una gran influencia sobre la calidad física y sensorial, el Cu en la intensidad de acidez de la bebida, el boro (B) en resabio y el Mn sobre la forma normal del grano (plano–convexa, similar a la mitad de un elipsoide); y el Fe en la fragancia, indica además que el Ca, Mg; P inciden en el aroma; y la MO y el N total en nariz.

### **Características físicas**

La textura de acuerdo con (Gisbert *et al.*, 2010), es la granulometría obtenida en porcentaje de peso, de las partículas menores a 2 mm de diámetro, siendo esta arena, arcilla y limo), las cuales existen en los horizontes del suelo; y estas se clasifican en: Arena  $2\text{ mm} > \varnothing > 0,05\text{ mm}$ , Limo  $0,05\text{ mm} > \varnothing > 0,002\text{ mm}$  y Arcilla  $\varnothing < 0,002\text{ mm}$ . La textura permite definir el tipo de suelo con el que se cuenta para el manejo integral de un determinado cultivo, en el tema cafetalero es considerado un factor importante en el desarrollo productivo de la planta. En este sentido, (Rosas, et al., 2008) indica que la textura adecuada, y en la que mejor se desarrolla el cafeto es del tamaño de partícula medio del tipo franco, que son suelos con mucha arcilla, pero que disponen también de limo y arena. Coincidiendo con los resultados adquiridos en las Parroquias estudiadas, donde se encontró suelos francos en las comunidades: Ayacucho y Honorato Vázquez, Noboa, Campozano y El Anegado, por su parte las comunidades de La América, La Unión y el Matal presentaron suelos franco arcillosos.

Sobre este efecto de la textura y su relación con el fraccionamiento de los nutrientes, (Sadeghian, 2008) coincide, y señala es de mucha importancia tomar en cuenta que las pérdidas de fósforo por lixiviación son muy bajas (menor del 10%), especialmente en suelos derivados de cenizas volcánicas, mientras que las de potasio son elevadas en suelos poco selectivos por este elemento, comportamiento que en muchas ocasiones depende más de la mineralogía del suelo que de su textura. El nitrógeno puede perderse tanto por volatilización como por lixiviación, en ambos casos las pérdidas pueden resultar muy altas, en suelos con textura arenosa. (Flores, et al., 2013); también concuerda con la relación entre la textura y el comportamiento de nutrientes; en estudio realizado, se pudo evidenciar que el tipo de suelo y la aplicación de estiércol afectan en la disponibilidad de fósforo. Los suelos estudiados fueron: arcilloso, franco y franco-arenoso, encontrando diferencias significativas entre tratamientos, siendo los de mejor comportamiento para su caso los suelos francos.

Aunque los suelos francos arcillosos demostraron tener mejor comportamiento físico y químico, estos solo representan el 31,5 % de los suelos sur manabitas, y son precisamente los suelos Francos con un 68,5 % los que



representan mayoritariamente los suelos cafetaleros del sur manabita; si bien es ciertos estos no abundan en contenido de M.O., así como de macro y micro nutrientes, son considerados por Flores, citado anteriormente, y (Legorreta, 2011) como los mejores, este último indica que el cultivo del café requiere contar suelos de buena textura; preferentemente, suelos francos o migajosos, ya que la aireación que son capaces de generar son fundamentales para el buen desarrollo de las raíces. Se ha indicado que el suelo ideal para este cultivo debe tener entre un 50 y 60% de espacios porosos del cual el 50% de esos espacios porosos, deben estar ocupados por el aire del suelo cuando se encuentra en estado húmedo es decir el otro 50% de los poros deberá estar contenido de agua.

## Conclusiones

Se efectuó un análisis de varianza completamente aleatorio, se encontró diferencias estadísticas en todas las variables excepto el pH, el cual se expresó en un rango de 5,5 a 6,5, catalogándolos entre medio ácido y líder ácido; las parroquias del cantón Jipijapa presentaron mejores resultados, de manera general el pH encontrado es aceptable para el cultivo de café; en lo que respecta a la materia orgánica existente en el suelo, la Parroquia La América contó con niveles altos, El Anegado cuenta con un nivel medio, y el resto de comunidades presentó deficiencias, en lo que a macronutrientes se refiere, solo el Matal tiene un nivel medio de  $NH_4$ , las demás comunidades tienen deficiencias; en lo que respecta al contenido de P y K, las fincas cafetaleras del Cantón Santa Ana, demuestran ser medias en estos minerales, las demás cuentan con cantidades consideradas altas; en cuanto al Ca y Mg los suelos cafetaleros de esta zona cuentan con altas cantidades, y en lo que respecta al S, solo La América dispone de altos contenidos, las demás comunidades tienen un contenido medio.

En cuanto a los micronutrientes, con excepción del Mn, la tabla 4 establece diferencias altamente significativas entre parroquias, a nivel de Zn las comunidades de La América, El Anegado y el Matal cuentan con un contenido medio, el nivel de Cu estos mismas parroquias cuentan con niveles altos, en cuanto al Fe, con excepción de las comunidades del cantón Santa Ana que tienen un contenido medio, el restante disponen de un alto contenido de este nutriente; El contenido de B es alto en La América y El Anegado, La comunidad de Ayacucho presenta deficiencias, mientras que en restante de sectores cuentan con un contenido medio.

El análisis multivariante, en el que se correlacionó Clúster con componentes principales, definió 3 componentes, aunque los componentes 2 y 3 presentaron una estrecha correlación, no así el componente uno, que expreso diferencias, este último con mejores características a nivel de pH, M.O., Macro y micro nutrientes, de textura franco arcillosa, así como mejor retención de agua; sin embargo, este grupo solo representó el 31,5 % del análisis. El restante 68,5 % está representado por suelos cuya textura es franco, con deficiencias de M.O., así como de macro nutrientes,



con excepción del P y K, que alcanzan niveles medios y altos niveles de Mg y Ca, situación que es similar en los micronutrientes, donde en su mayoría alcanzan niveles medios.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Alfredo Valverde Lucio, Fernando Ayon Villao, Juan García Cabrera, Julio Gabriel Oertega, Raquel Vera Velázquez
2. Curación de datos: Alfredo Valverde Lucio, Fernando Ayon Villao
3. Análisis formal: Alfredo Valverde Lucio, Fernando Ayon Villao
4. Investigación: Alfredo Valverde Lucio, Fernando Ayon Villao, Juan García Cabrera
5. Metodología: Alfredo Valverde Lucio, Fernando Ayon Villao, Juan García Cabrera
6. Administración del proyecto: Juan García Cabrera
7. Software: Juan García Cabrera, Julio Gabriel Oertega, Raquel Vera Velázquez
8. Supervisión: Alfredo Valverde Lucio, Juan García Cabrera
9. Validación: Juan García Cabrera, Julio Gabriel Oertega, Raquel Vera Velázquez
10. Visualización: Juan García Cabrera, Julio Gabriel Oertega, Raquel Vera Velázquez
11. Redacción – borrador original: Alfredo Valverde Lucio, Fernando Ayon Villao, Juan García Cabrera, Julio Gabriel Oertega, Raquel Vera Velázquez
12. Redacción – revisión y edición: Alfredo Valverde Lucio, Fernando Ayon Villao, Juan García Cabrera, Julio Gabriel Oertega, Raquel Vera Velázquez

## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento

## Referencias



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

- Aguilar-Orea, G., Ruiz Rosado, S. C., Ortiz Solorio, C. & Armida, L., 2019. L aetnoedafología como instrumento para la caracterización de agroecosistemas a nivel local, el caso de un ejido cafetalero del centro de Veracruz.. *Investigaciones Geográficas*, 14 07.
- Baltar, F. & Gorjup, M. T., 2012. Una aplicación en poblaciones ocultas Intangible Capital. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 8(1), pp. 123-149.
- Bedoya Cardoso, M. & Salazar Moreno, R., 2014. Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. *Ciencias Agrícolas*, pp. 1433-1439.
- Bermudez Serrano, M., 2021. *Incidencia de tres enfermedades foliares en 5 cultivares de café arábigo evaluado en Finca Andil de la UNESUM.* [En línea] Available at: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3215/1/Maria%20Bermudez-TESIS..pdf>
- Burbano, H., 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Ciencias Agrícolas*.
- Calero, A., 2021. *Efecto del potasio en la producción y calidad del fruto en el cultivo de café en la región litoral del Ecuador.* [En línea]
- Cooperativa Tosepan Titataniske, 2004. Procesamiento habitual del café en Cuatzalan, Puebla. *Vinculado*.
- Cotler, H. y otros, 2007. La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, Issue 83, pp. 5-71.
- ESPAC, 2016. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria. Continua.* [En línea].
- Estrada, I. y otros, 2017. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencias*, pp. 813-831.
- Fernandez, S., 2011. *Análisis Conglomerados.* [En línea] Available at: [https://www.estadistica.net/Master-Econometria/Analisis\\_Cluster.pdf](https://www.estadistica.net/Master-Econometria/Analisis_Cluster.pdf).
- Flores, J., Valero, C., Osuna, P. & Corral, B., 2013. Textura del suelo y tipo de agua de riego en la disponibilidad de fósforo de estiércol bovino. *Terra Latinoamericana*, 31(3), pp. 211-220.
- Gabriel, J. y otros, 2021. *DISEÑOS EXPERIMENTALES: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios.* Segunda ed. Guayaquil(Guayas): Grupo Compás.
- García, M., Puppo, L., Hayashi, R. & Morales, P., 2013. *Metodología para determinar parámetros hídricos de un suelo a campo.* [En línea]
- Legorreta, J., 2011. *Caracterización de suelos cafetaleros en el Municipio de Xilitla, S.L.P. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.* [En línea] Available at: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3369>



- López , W. y otros, 2016. Propiedades de los suelos cafetaleros en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. *Mexicana de Ciencias*, Volumen 7.
- MAGAP, 2014. *Boletín Situacional Café*. [En línea].
- Monteros Guerrero, 2016. *Rendimientos de café grano seco en el Ecuador*. [En línea].
- Murillo , S., Mendoza, A. & Fadul, C., 2020. La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y producción agrícola. *Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), pp. 58-68.
- Noriega Altamirano, Gerardo et al . Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café. *Rev. Mex. Cienc. Agríc, Texcoco* , v. 5, n. 1, p. 163-169, feb. 2014 . Disponible en <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000100014&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000100014&lng=es&nrm=iso)>. accedido en 26 feb. 2022.
- Palma, P. y otros, 2019. Perfil del suelo en la esperanza en la parroquia el Anegado del cantón Jipijapa. *Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 3(1), pp. 1496-1506.
- Patiño , M., 2002. Café en Ecuador. En: *ANECAFE, A sociación Nacional de Exportadores de Café*. s.l.:Coordinación.
- Perez, A., Bustamante, C., Rodriguez, P. & Viñals, R., 2005. INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA MICROFLORA EDÁFICA Y ALGUNOS INDICADORES DEL CRECIMIENTO Y EL RENDIMIENTO DE *Coffea canephora* Pierre CULTIVADO EN SUELO PARDO ÓCRICO SIN CARBONATOS. *Cultivos Tropicales. Instituto de Ciencias Agrícolas. La Habana, cuba*, 26(2), pp. 65-71.
- Quiroz, T. & Hincapié, E., 2017. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados. *CENICAFÉ*, pp. 227 - 235.
- Restrepo, L., Posada, S. & Noguera, R., 2012. Aplicación del análisis por componentes principales en la evaluación de tres variedades de pasto. *Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(2), pp. 258-266.
- Rivera , J., 2010. Prevencion y control de la erosion de los suelos de ladera en la zona cafetera colombiana orientados a lograr un desarrollo sostenible. [En línea].
- Rodríguez, A., 2018. *Calidad del suelo empleado con fines agrícolas en el Valle de Joa, cantón Jipijapa*, s.l.: s.n.
- Rosas, J., Escamilla, E. & Ruiz, O., 2008. Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico.. *Terra latinoamericana*, 26(4), pp. 375-384.
- Sadeghian , S., 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. *CENICAFE*, pp. 5-22.
- Sadeghian , S., 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. *CENICAFE*, pp. 5-22.



- Sadeghian Khalajabadi, S., 2016. La Acides del suelo, Una limitante común para la producción del suelo. *Avances técnicos CENICAFE*, pp. 1-12.
- Sadeghian, K., 2003. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados en café. *Cenicafé*. 54(3).
- Sánchez, S., 2009. *Análisi Multivariante Año 2008-2009. Tema 5. Análisis de componentes principales*. [En línea]
- Silva, A., Ponce de León, J., García , F. & Durán , A., 2008. *Aspectos Metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua en los suelos del Uruguay*, Montevideo, Uruguay: Facultad de agronomía.
- Silva, A., Ponce de León, J., García , F. & Durán , A., 2008. *Aspectos Metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua en los suelos del Uruguay*, Montevideo, Uruguay: Facultad de agronomía.
- Valverde , Y. y otros, 2020. Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), pp. 18-28.
- Vera, R., 2008. *Proyecto Café Manabí*. [En línea].
- [www.manabi.gob.ec](http://www.manabi.gob.ec), 2017. *Características del producto*. [En línea]  
Available at: <https://www.google.com.ec/>

