

Artículo original

Principales suelos y particularidades de su formación del sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

M.Cs. Leonardo Ramón Vera-Macías^{1*}

Dr.C. Alberto Hernández-Jiménez²

M.Cs. Freddy Wilberto Mesías-Gallo¹

M.Cs. Ángel Frowen Cedeño-Sacón¹

Dr.C. Ángel Monserrate Guzmán-Cedeño^{1,3}

M.Cs. Katty Paola Ormaza-Cedeño¹

Ing. Geoconda Aracely López-Alava¹

¹Director de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. (ESPAM MFL). Campus Politécnico El Limón, km 2,7 vía Calceta – Morro – El Limón Sector La Pastora. Manabí, Ecuador

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

³Profesor Facultad Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, vía San Mateo, km 1½, Manta-Ecuador

* Autor para correspondencia. leoveral@hotmail.com

RESUMEN

Conocer la distribución y las características de los suelos constituye una de las premisas más importantes para lograr el manejo sostenible de los suelos de una región determinada. Por esta razón, los objetivos de este trabajo consistieron en elaborar un mapa de suelos escala 1:25 000, para la llanura del Sistema Carrizal-Chone (7233 ha), en Manabí, Ecuador y realizar la caracterización morfológica, química y física de los suelos. Para lograr estos objetivos, se estudiaron 145 perfiles de suelos. Entre los resultados obtenidos está el diagnóstico y distribución de cuatro Grupos Referenciales de Suelos (GRS); Fluvisoles (53 % del área total), Feozems (29 %), Cambisoles (14 %) y Gleysoles (4 %) por el sistema de Clasificación de Suelos del World Reference Base, y se caracteriza cada uno de ellos con las Unidades de Suelos correspondientes.

Se conoció además, que la formación natural de los suelos en la región es de los Grupos Referenciales de Suelo Feozems y Fluvisoles; el Cambisol se forma a partir de la degradación por el cultivo continuado del Feozem cámbico. En los resultados se muestra la descripción y datos analíticos de todos los perfiles de suelos estudiados.

Palabras clave: Base referencial de suelos, Fluvisol, Feozems, Cambisol, Gleysol

Recibido: 29/11/2017

Aceptado: 31/01/2019

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos se hace cada día más difícil en el mundo, problemas como el cambio climático, la desertificación y sobre todo la degradación de los suelos influyen en esta tarea a nivel mundial, trayendo como consecuencia que la Seguridad Alimentaria se convierte hoy día en una de las preocupaciones de mayor envergadura a nivel de gobierno.

Para lograr la Seguridad Alimentaria es necesario tener en cuenta la situación de los recursos naturales, humanos y de infraestructura con que se cuenta. Dentro de los recursos naturales el conocimiento de los suelos, sus propiedades y diagnóstico del cambio de las mismas por la influencia antropogénica, es imprescindible, por lo que se hace necesario realizar estudios al respecto.

Según estudios realizados se plantea, que los suelos son esenciales para lograr la seguridad alimentaria y la nutrición y tienen el potencial de ayudar a mitigar los efectos negativos del cambio climático ⁽¹⁾, además que la presión sobre los recursos del suelo está llegando a límites críticos.

El recurso suelo es el pilar más importante para hacer frente al reto de la seguridad alimentaria, ya que cerca del 95 % de los alimentos se produce directa o indirectamente en los suelos ⁽²⁾. Por otra parte, el mismo es de vital importancia para la biodiversidad, pues es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats más diversos del planeta, al albergar una infinidad de organismos que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida. Se estima que una cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta se encuentra en los suelos ⁽³⁾.

En la provincia de Manabí, Ecuador, para la cuenca de los ríos Carrizal y Chone, se cuenta con pocos estudios edafológicos, entre ellas unas 10 calicatas estudiadas en la región alomada de la Parroquia Membrillo, cuyos resultados se encuentran publicados en revistas científicas ^(4,5) y unas

14 calicatas que fueron el resultado de una tesis de Maestría, Vera 2013 ⁽⁶⁾ en el estudio de 60 ha, del Campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente en el sistema de la llanura fluvial Carrizal–Chone se encamina un proyecto por primera vez para estudiar los suelos en un área de 7 233 ha. Este proyecto tiene como objetivo principal elaborar un mapa de suelos escala 1:25 000 y realizar la caracterización morfológica, química y física de ellos con el fin de determinar el estado actual de los mismos, después de decenas de años que han estado cultivados.

La preparación de mapas a escala grande es la herramienta principal para conocer las propiedades actuales de sus suelos ⁽⁷⁾. Sobre la base del mapa y los perfiles estudiados se determinan sus características y el estado agroproductivo de los mismos, que culmina con una clasificación en clases de capacidades de uso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un área que tiene una superficie cultivable de 7233 ha, con cultivos como maíz, frijoles, cacao, plátano y pastizales para la ganadería. La base cartográfica fueron ortofotos tomadas del Google y hojas cartográficas. Se siguió el método genético geográfico para la selección de puntos con barrenas y toma de perfiles, el mismo se fundamenta en las variaciones de los suelos según sus factores de formación (relieve, material de origen, clima, vegetación y tiempo) y por la actividad del hombre; lo cual constituye la base de la clasificación de suelos basado en principios genéticos ⁽⁸⁾.

Después de separados los diferentes contornos de suelos, para su caracterización se tomaron los 145 perfiles, siguiendo las normas de mapeo para la escala 1:25 000 de 1 perfil cada 50 ha. A cada perfil se les determinó las siguientes propiedades:

- Descripción de los perfiles de suelos, siguiendo el Manual de Descripción de Perfiles de Suelos elaborado por Vera y colaboradores ⁽⁹⁾; adaptado a las características de los suelos de la región de estudio.
- pH por potenciometría en H₂O, en relación suelo:agua 1:2.
- Sales solubles totales por conductimetría.
- Materia orgánica por el método de Walkley & Black (1934) ⁽¹⁰⁾
- Carbono orgánico dividiendo el porcentaje de materia orgánica entre un factor (1,724).
- Densidad de volumen por el método de los cilindros (de 100 cc de volumen) en campo.
- Color del suelo por la Tabla Munsell, (Munsell Soil Color Chart, 2009) ⁽¹¹⁾.

- La composición mecánica por el método de Bouyoucos utilizando pirofosfato de sodio para la extracción de materia orgánica y romper los microagregados del suelo y hexametáfosfato de sodio como dispersante.
- La clase textural del suelo según los porcentajes de las partículas mecánicas, utilizando el triángulo textural.
- Bases intercambiables (Ca, Mg y K) por extracción con acetato de amonio normal pH 7.
- Fósforo asimilable por Olsen.
- Potasio asimilable calculado a partir del contenido en K intercambiable.
- Reservas de carbono orgánico (en toneladas de carbono por hectárea) de la capa de 0-20 cm de cada uno de los perfiles estudiados por la fórmula internacional:

$$RCO = DV \times CO \times \text{Profundidad de la capa}$$

donde:

RCO: reservas de carbono orgánico en toneladas de carbono por hectárea

Dv: densidad de volumen en Mg m^{-3}

Profundidad de la capa, en este caso los 20 cm de la parte superior de la calicata (perfil de suelo).

El sistema de clasificación de suelos que se aplicó es el World Reference Base (WRB), versión 2014 ⁽¹²⁾.

El sistema de clasificación de suelos del World Reference Base se aplicó recientemente en el Atlas de Suelos de América Latina ⁽¹³⁾ y presenta dos unidades de clasificación; El Grupo Referencial de Suelos (GRS) y la Unidad del Suelo (US) que es el GRS con calificativos según sus propiedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones naturales de la región

La región de estudio está localizada a 50 km de la ciudad de Portoviejo, capital de la provincia de Manabí, involucrando territorio de los cantones Bolívar, Tosagua, Junín y Chone, abarcando una superficie de 13 268 hectáreas, de las cuales se estudian 7233 ha de área cultivable. El área del proyecto está localizada entre las coordenadas geográficas $0^{\circ}35'$ y $0^{\circ}55'$ latitud Sur y $80^{\circ} 20'$ longitud Oeste y entre las cotas 2 y 45 m s.n.m.

La topografía del área presenta en su mayor parte pendientes entre 0 y 2 %, relieve plano o casi plano y entre 2 y 6 % de pendiente, relieve suavemente ondulado.

Características climáticas

De acuerdo a las estaciones meteorológicas que existen en Chone y Tosagua (La Estancilla), para un período de 30 años y la ubicada en Calceta (ESPAM MFL), 21 años, los cantones involucrados en el área presentan los datos promedios anuales que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Algunas características climáticas de la región de estudio

Cantones	Altitud m s.n.m.	Temperatura media en °C	Precipitación (mm año ⁻¹)	Humedad relativa Media Anual (%)
Chone	40	25,9	1228,6	90,0
Bolívar	10	25,0	952,0	80,0
Tosagua	45	25,1	825,4	79,0
Junín	15	24,0	1200	77,0

Según datos de Estaciones Meteorológicas de La Estancilla y Chone de 30 años y de Calceta de 21 años

El factor climático tiene variaciones, si se analiza desde Membrillo parroquia rural del cantón Bolívar (ubicada al este en la región premontañosa) donde caen 1600-1800 mm al año, pasando por Calceta (Bolívar), hasta Tosagua hay una distribución facial del clima, desde tropical húmedo en Membrillo, pasando por un clima tropical subhúmedo en Calceta y hasta un tropical seco en Tosagua.

Las variaciones climáticas presentadas, tienen gran importancia porque acorde con esto se comporta la vegetación natural inicial que existieron en estas regiones, que fueron: bosques de latifolias en Membrillo, bosque decíduo en la zona de Calceta con árboles mesofílicos y bosque seco con árboles microfílicos y arbustos espinosos hacia Tosagua.

Estas diferencias son importantes para el ciclo biológico de las sustancias, que resulta mucho mayor en Membrillo, intermedio en Calceta (Bolívar) y más bajo en Tosagua. Según la intensidad del ciclo biológico de las sustancias, serán los aportes en materia orgánica al suelo y el grado de humificación que pueda presentarse. Así en las alturas de la Parroquia Membrillo, se ha podido encontrar perfiles de suelos bajo bosque primario y secundario que llegan a alcanzar cerca de 100 t C ha⁻¹ en el espesor de 0-30 cm de la capa superior del perfil del suelo ⁽⁴⁾.

El material de origen en toda esta llanura está conformado desde el sureste y norte de Calceta hasta La Estancilla, como resultado de la influencia de los ríos Carrizal y Canuto de sedimentos fluviales (aluviales). Hacia Tosagua estos ríos se desvían de la región y se tiene cierta influencia aluvial, pero con influencia deluvial de la formación geológica que se presenta en las alturas de Tosagua-

Bachillero denominada Onzole. Estas alturas se formaron antes de la llanura aluvial y sus deluvios influyen determinadamente en las características de los suelos.

La formación Onzole está descrita como una formación geológica del Mioceno Superior conformada por material terrígeno y las lutitas al parecer desarrolladas en condiciones de flysch; que son formaciones sedimentarias de bajo fondo, por lo que las lutitas, de manera general, tienen un contenido relativamente alto en sodio.

El tiempo de formación de los suelos es relativamente joven, ya que son formados por materiales aluviales y aluviales-deluviales del Cuaternario. Incluso en ellos se observa la sedimentación de materiales diferenciados texturalmente (de textura franca, arena o franco arcillosa).

En estas condiciones los suelos principales que se forman son los Feozems (Mollisoles) y Fluvisoles (Fluvents) y en algunas partes bajas pueden presentarse, aunque no muy frecuente, los Gleysoles.

También aparecen Cambisoles (Inceptisoles), pero ellos se presentan no como una formación natural sino por degradación de los Feozems debido a la influencia del cultivo continuado durante más de 50 años, debido a la acción del hombre en la producción agropecuaria.

En este sentido, hay que considerar que toda esta zona estuvo bajo la influencia de la actividad del hombre por la agricultura, tanto por los cultivos de algodón (en la zona más seca hacia Tosagua), como por el cacao, el plátano, maíz y arroz. Además hay que tener en cuenta que el cultivo del arroz es uno de los que más rápido degrada el suelo ^(14,15). Por tanto en muchos casos la formación inicial de los Feozems se ha transformado debido a la mineralización de la materia orgánica por el cultivo, perdiendo el color oscuro que los caracteriza (horizonte mólico) pasando a ser Cambisol en el caso que sean Feozems cámbicos o Fluvisoles en el caso que sean Feozems flúvicos. Las pérdidas de carbono orgánico en los ecosistemas por la acción antrópica han sido muy estudiadas en los últimos años, como lo destacan diversas investigaciones ⁽¹⁶⁻¹⁹⁾.

Con los recorridos de campo y toma de puntos con barrena y la toma de los perfiles, se conforma el mapa de suelos y se confirma la presencia de cuatro Grupos Referenciales de Suelos y 16 Unidades de Suelos. (Figura 1).

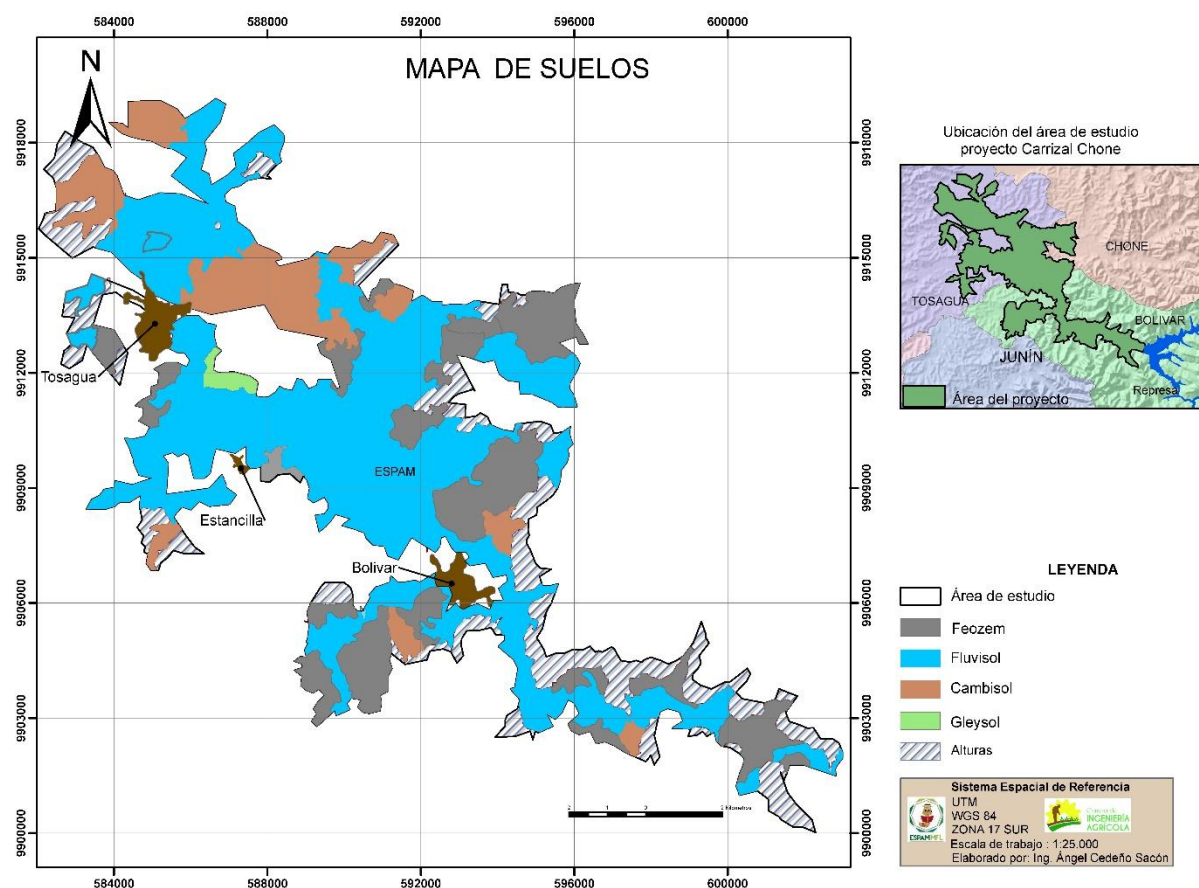


Figura 1. Mapa de suelos del área de Influencia del sistema Carrizal-Chone

En la Tabla 2 se muestra la distribución de las áreas que ocupan los GRS y US

Tabla 2. Distribución y área que ocupan los Grupos Referenciales y las Unidades de Suelos del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Grupo Referencial de Suelo	Área en ha	Unidad de Suelo	Área en ha	% del GRS
Feozems	2107,6 (29 % del área total)	Feozem flúvico	1098,5	52
		Feozem flúvico, cámbico	848,2	40
		Feozem flúvico, gléyico	160,9	8
Fluvisoles	3787,8 (53 % del área total)	Fluvisol éutrico	2506,5	66
		Fluvisol éutrico, ócrico	792,9	21
		Fluvisol éutrico, protovértico	192,6	5
		Fluvisol gléyico, éutrico	21,1	1
		Fluvisol gléyico, éutrico, ócrico	191,9	5

		Fluvisol gléyico, éutrico, protovértico	82,8	3
Cambisoles (14 % del área total)	1036,9	Cambisol flúvico, éutrico	42,1	4
		Cambisol flúvico, vértico, éutrico	261,8	25
		Cambisol flúvico, vértico, éutrico, ócrico	139,2	13
		Cambisol flúvico, gléyico, éutrico	31,2	3
		Cambisol flúvico, gléyico, vértico, éutrico	234,6	23
Gleysoles (4 % del área total)	301,4	Cambisol flúvico, estágnico, vértico, éutrico	328,0	32
		Gleysol flúvico, éutrico	301,4	100
TOTAL	7233,7		7233,7	100

Características de los suelos

Para la caracterización de los suelos es muy importante el estudio de los perfiles debido a la clasificación adoptada, World Reference Base ⁽¹²⁾. La morfología de los perfiles es necesaria, ya que esta clasificación se fundamenta en la génesis de los suelos y en horizontes y características de diagnóstico. Esto es muy importante para cualquier sistema de clasificación de suelos que se fundamenta en horizontes y características de diagnóstico en relación con la génesis de los suelos, como la clasificación de suelos de Rusia ⁽²⁰⁾ y la de Cuba ⁽⁸⁾; por lo que se ha expresado lo siguiente en recientes estudios ⁽²¹⁾, “en los recientes sistemas de clasificación de suelos, basados en horizontes y sus características de diagnóstico en relación con la génesis de los suelos, la prioridad de los estudios morfológicos es obvia, mientras que los factores de formación de suelos y los datos analíticos, están débilmente incluidos en la identificación del suelo”.

Según la clasificación adoptada en este trabajo, del World Reference Base, versión 2014 ⁽¹²⁾, los Fluvisoles y los Feozems se diagnostican por:

Feozems

Son suelos de color oscuro, que comprenden una extensión de 2107,6 ha (29 % del total). Estos suelos no tienen las características propias de los Fluvisoles y se diagnostican por tener un horizonte mólico en superficie, que está presente cuando el suelo tiene una estructura buena; por lo regular son nuciforme y granular o de bloques subangulares que se desmenuzan en nuciforme y

granular, color oscuro con value y chroma en seco no mayor de 5 y en húmedo no mayor de 2,5 y además un espesor al menos de 18 cm y un grado de saturación mayor de 50 %, por esto último todos son éutricos lo que no se pone entre los calificativos del GRS.

Los datos de un suelo Feozem se presentan en las Tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3. Composición mecánica y textura del suelo del Feozems del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizontes	Profundidad cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
IA	0-70	31,20	8,00	60,80	arcillosa
IIC	70-110	77,60	19,20	3,20	arena-francosa
IIIC	110-150	40,00	44,00	16,00	franca

Tabla 4. Algunas propiedades químicas del suelo del Feozems del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizontes	Profundidad cm	pH H ₂ O	M.O. (%)	CE dS/m
IA	0-70	5,93	2,3	0,223
IIC	70-110	6,27	0,5	0,001
IIIC	110-150	6,44	1,5	0,002

Tabla 5. Contenido en materia orgánica y reservas de CO del suelo del Feozems del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizonte	Profundidad cm	MO %	C %	Dv Mg m ³	RCO Mg ha ⁻¹	RCO Mg ha ⁻¹		
						0-30	0-50	0-100
IA	0-70	2,3	1,33	1,14	106,46	46	76	118
IIC	70-110	0,5	0,29	1,24	14,38			
IIIC	110-150	1,5	0,87	1,29	44,89			

El GRS de los Feozems, presenta las siguientes Unidades de Suelo (la Unidad de Suelo se forma por el GRS con los calificativos o propiedades que puedan tener). En el mapa de suelos (Figura 1) se presentan las siguientes Unidades de Suelo:

Feozem flúvico

Se caracteriza por ser de perfil A mólico, generalmente de textura franca, sobre materiales flúvicos de textura arenosa; es decir es un perfil del tipo A-C. Ocupan un área de 1098,5 ha; 52 % del área de los Feozems.

El material flúvico es de origen fluvial, marino o lacustre y se identifica por la estratificación de las partículas minerales, o la distribución irregular de la materia orgánica o ambas cosas por el perfil, en los primeros 50 cm del espesor superior del suelo.

Feozem flúvico cámbico

Suelo Feozem también formado de materiales flúvicos, pero con un horizonte B cámbico. Es un suelo que tiene horizonte A mólico, con un B cámbico, formado de materiales fluviales. Tiene una extensión de 848 hectáreas (40 % del área de los Feozems).

El calificativo cámbico se tiene cuando el Feozem presenta un horizonte B; es decir el perfil no es A-C; sino A-B-C.

Feozem flúvico gléyico

Formado de materiales fluviales, pero que tiene por debajo de los 50 m de profundidad presencia de propiedades gléyicos, muchas veces con un manto freático presente entre 100-120 cm de profundidad. Dentro del GRS es el de drenaje más malo, y tiene una extensión de 161 ha; 8 % del área de los Fluvisoles.

Las propiedades gléyicas se corresponde con el proceso de gleyzación:

1. 90 por ciento o más de colores reductimórficos que comprende de blanco a negro, o de azulado a verdoso.
2. 5 por ciento o más de moteados de colores redoximórficos (amarillo, rojo, gris).

Fluvisoles

Suelos formados de sedimentos fluviales, que se diagnostican por tener materiales diferenciados por las partículas mecánicas (arena, limo y arcilla) o por presentar diferencias en el contenido en materia orgánica en una profundidad menor de 25 cm medido desde la superficie. Son de perfil AC sin horizonte A mólico, ni horizonte B cámbico. Tienen una extensión de 3787,7 hectáreas; que representa el 53 % del total. Las características de un perfil de Fluvisol se presentan en las Tablas 6, 7 y 8.

Tabla 6. Composición mecánica y textura del suelo del Fluvisol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizontes	Profundidad cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
IA	0-40	41,60	36,00	22,40	franca
IIC ₁₁	40-68	68,00	28,00	4,00	franco-arenosa
IIC ₁₂	68-108	68,80	28,00	3,20	franco-arenosa
IIIC	108-150	52,00	34,40	13,60	franca

Tabla 7. Algunas propiedades químicas del suelo del Fluvisol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizontes	Profundidad cm	pH	M.O. (%)	P ₂ O ₅ Asim Mg 100 g ⁻¹	K ₂ O Asim Mg 100 g ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	Suma Cmol (+) kg ⁻¹	CE Ds m ⁻¹
IA	0-40	6,98	2,1	10,8	45,4	16,0	5,4	0,97	Nd	22,37	0,04
IIC ₁₁	40-68	7,57	0,5	5,3	35,1	16,0	5,3	0,75	Nd	22,05	0,05
IIC ₁₂	68-108	6,98	0,2	4,1	26,7	17,0	4,7	0,57	Nd	22,27	0,08
IIIC	108-150	6,79	0,5	4,1	27,1	17,0	4,9	0,58	Nd	22,48	0,11

Tabla 8. Contenido en materia orgánica y reservas de CO del suelo del Fluvisol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizonte	Profundidad cm	MO %	C %	Dv Mg m ³	RCO Mg ha ⁻¹	RCO Mg ha ⁻¹		
						0-30	0-50	0-100
IA	0-40	2,1	1,22	1,38	67,24	50	71	82
IIC ₁₁	40-68	0,5	0,29	1,19	9,66			
IIC ₁₂	68-108	0,2	0,12	1,32	6,13			
IIIC	108-150	0,5	0,29	1,03	12,55			

Las Unidades de Suelos presentes son las siguientes:

Fluvisol éútrico

Fuvisoles que tienen más de 50 % de saturación por bases en un espesor de 1 metro, medido desde la superficie. El área que ocupa es de 2506 hectáreas; 66 % de los Fluvisoles. El carácter éútrico está dado cuando el suelo tiene un grado de saturación por bases de 50 % o más.

Fluvisol éútrico y ócrico

Fuvisoles que tienen más del 50 de saturación por bases, pero tienen un contenido muy bajo en materia orgánica (igual o menor de 1 %). Tienen una extensión de 793 ha, 21 % de los Fluvisoles.

El calificativo ócrico se pone cuando el suelo presenta un horizonte mineral de superficie que tiene ≥ 10 cm de espesor, con $\geq 0,2$ y $< 0,6$ % de carbono orgánico (como promedio). Realmente estos valores se corresponden con igual o menor de 1 % de materia orgánica.

Fluvisol éútrico y protovértico

Fluvisoles éútricos que presentan agregados gruesos en la parte superior del perfil, resultan una etapa inicial de formación de Vertisoles a partir de los Fluvisoles. Son arcillosos y con drenaje deficiente dentro de los Fluvisoles. Tienen una extensión de 193 ha; 5 % solamente de los Fluvisoles. El calificativo protovértico en los Fluvisoles se pone cuando el suelo tiene un horizonte que tiene las mismas propiedades que el horizonte vértico pero tiene muy pocos slickensides o están ausentes y los bloques prismáticos son igual o menores de 15 cm de tamaño.

Fluvisol gléyico y éútrico

Fluvisol éútrico que tiene propiedades gléyicas por debajo de los 50 cm, generalmente con presencia de un manto freático entre 80 y 120 cm de profundidad medido desde la superficie. Tiene una extensión de 21 hectáreas; solamente 1 % del área de los Fluvisoles.

Fluvisol gléyico, éútrico y ócrico

Fluvisol gléyico y éútrico, pero que presenta un contenido en materia orgánica en el horizonte A, que corresponde la mayoría de las veces un contenido igual o menor de 1 %, esta Unidad de Suelos dentro del área de estudio tiene una extensión de 191,9 hectáreas. El perfil 97 es representativo de este suelo.

Fluvisol gléyico, éútrico y protovértico

Fluvisoles que tienen drenaje aún más malo que los Fluvisoles gléyicos y los Fluvisoles protovérticos, ya que en ellos se combina la presencia de un manto freático alrededor del metro de profundidad y además textura arcillosa con agregados gruesos, con una estructura de bloques grandes y medianos en superficie. Tiene una extensión solamente de 83 ha.

Cambisoles

Su formación no es natural dentro de la región de estudio, ellos se forman por la degradación de los Feozems cámbicos. Por esto son suelos de colores más claros que los Feozems y presencia de un horizonte B cámbico. En las Tablas 9, 10 y 11, están los datos que caracterizan este GRS.

Tabla 9. Composición mecánica y textura del suelo del Cambisol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizontes	Profundidad cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
IA	0-32	44,00	45,60	10,40	franca
IB	32-68	42,00	47,60	10,40	franca
IIC ₁₁	68-100	45,60	49,60	4,80	franco-arenosa
IIC ₁₂	100-130	46,40	49,60	4,00	franco-arenosa

Tabla 10. Algunas propiedades químicas del suelo del Cambisol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizontes	Profundidad cm	pH H ₂ O	M.O. (%)	CE dS/m
IA	0-32	6,90	2,7	0,278
IB	32-68	6,68	0,5	0,097
IIC ₁₁	68-100	6,32	0,2	0,334
IIC ₁₂	100-130	6,43	0,5	0,115

Tabla 11. Contenido en materia orgánica y reservas de CO del suelo del Cambisol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizonte	Profundidad cm	MO %	CO %	Dv Mg m ³	RCO Mg ha ⁻¹	RCO Mg ha ⁻¹ 0-30 0-50 0-100		
IA	0-32	2,7	1,57	1,28	64,15	60	71	82
IB	32-68	0,5	0,29	1,28	13,36			
IIC ₁₁	68-100	0,2	0,12	1,22	4,53			
IIC ₁₂	100-130	0,5	0,29	1,23	10,70			

Las Unidades de Suelo que se presentan son muy variadas, entre ellas tenemos:

Cambisol flúvico y éútrico

Cambisoles que tienen materiales flúvicos y más del 50 % de saturación por bases hasta un metro de profundidad medido desde l superficie. Tiene una extensión solamente de 42 ha.

Cambisol flúvico, vértico, y éútrico

Unidad de Suelo que se clasifica cuando los suelos Cambisoles flúvicos presentan características vérticas y además tienen más del 50 % de saturación por bases. Ocupan una extensión de 262 ha.

Cambisol flúvico, vértico, éútrico y ócrico

Es el suelo de la US anterior, pero que tiene un contenido igual o menor de 1 % de materia orgánica. Tiene una extensión de 139 ha.

Cambisol flúvico, gléyico, vértico y éútrico

Resultan los Cambisoles con peor drenaje dentro del Grupo Referencial de Suelos, es formado de materiales flúvicos, tiene un 50 % o más de saturación por bases, pero tiene propiedades vérticas y gléyicas, por lo general con un manto freático entre 1-1,20 metro de profundidad. Tienen una extensión de 235 ha.

Cambisol flúvico, gléyico y éútrico

Cambisoles que tienen también propiedades gléyicas, por tanto con mal drenaje, pero sin las propiedades vérticas. Comprenden una extensión de 31 ha solamente.

Cambisol estágnico, flúvico, vértico y éútrico

Cambisoles estágnicos, flúvicos y éútricos de textura arcillosa, que tienen una estructura gruesa en forma de agregados prismáticos que pueden tener hasta 15-20 cm de tamaño, por lo general en los primeros 50 m de la parte superior del perfil. Los cutanes de presión o slickensides están ausentes o son muy pequeños, para que el suelo pueda ser clasificado como Vertisol. Tienen una extensión de 328 ha.

Gleysoles

Además de los GRS anteriores, en algunas partes depresionales puede desarrollarse un manto freático, el cual provoca fenómenos de oxidación-reducción según la oscilación del manto en relación con los períodos de lluvia y sequía, dando lugar al proceso de formación del suelo denominado gleyzación. Cuando este manto se encuentra en una profundidad de 50 cm o más cerca de la superficie del suelo, el suelo se clasifica como Gleysol. En el mapa de suelos solamente se separa el Gleysol flúvico y éútrico que resulta un Gleysol que tiene un porcentaje de saturación por bases igual o mayor de 50 % y formado de materiales flúvicos. Ocupa un área de 300 ha.

En las Tablas 12, 13 y 14 se muestran las características de un perfil de este GRS que presenta un nivel freático a 40 cm de la superficie del suelo

Tabla 12. Composición mecánica y textura del suelo del Gleysol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizontes	Profundidad cm.	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
A	0-40	20,00	46,40	33,60	franco-limo-arcillosa

Tabla 13. Algunas propiedades químicas del suelo del Gleysol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizonte	Profundidad cm.	pH H ₂ O	M.O. (%)	CE dS/m
A	0-40	7,58	2,3	0,08

Tabla 14. Contenido en materia orgánica y reservas de CO del suelo del Gleysol del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador

Horizonte	Profundidad cm.	M.O. %	C %	Dv Mg/m ³	RCO Mg/ha	RCO Mg ha ⁻¹		
						0-30	0-50	0-100
A	0-40	2,3	1,33	0,94	50,16	38	63	125

Con la terminación de la elaboración del mapa de suelos se obtiene una información valiosa de los suelos, las leyes de distribución, la superficie que ocupan, sus factores limitantes, la respuesta a sus características, incluyendo el factor antropogénico, que es un aspecto de actualidad. Sobre la base de esos resultados se elaboran recomendaciones importantes para el manejo de los suelos.

Sin embargo, considerando la problemática actual de la degradación de las propiedades de los suelos, su posible mejoramiento mediante la aplicación de mejoradores orgánicos y biofertilizantes, con o sin fertilizantes, que permitan obtener buenos rendimientos pero mejorando o al menos evitando el deterioro de los suelos; es necesario, como se mencionó anteriormente, crear Sectores y Parcelas de Referencias.

Los Sectores y Parcelas de Referencia son tecnologías que combinan el estudio de las características y evolución de las propiedades de los suelos y su manejo, sobre la base de técnicas de avanzada como es la implementación de los Sistemas de Información Geográfica ⁽²²⁾.

Estas Tecnologías se conocen a partir de estudios realizados por los edafólogos franceses ^(23,24) aplicados en áreas relativamente poco extensivas (menores de 1000 ha) y que representan una unidad pequeña de un paisaje representativo (región geográfica), sobre la base de un mapa de suelos a escala grande (1:25 000; 1:50 000), para buscar tecnologías de manejo sostenible.

En el Sector elegido, es necesario hacer un levantamiento topográfico y este plano se toma como base para realizar una cartografía de suelos en escala detallada (1:10 000 o más detallada, en relación con el área seleccionada).

El levantamiento cartográfico de los suelos debe hacerse a pie, con ayuda de una brújula o un teodolito, con transeptos fijos, distanciados uno de otro según la escala seleccionada. Se van haciendo sondeos con la barrena de suelos y con la implementación de planillas elaboradas previamente, se clasifican los suelos y predeterminan los factores limitantes agroproductivos, así como se registran las características del área, clima, relieve, vegetación, etc.

Para el Sistema Carrizal-Chone se seleccionan dos Sectores de Referencia (SR) y una Parcela de Referencia (PR). Los SR debe ser uno para la zona de Calceta y otra ente la Estancilla y Tosagua; la PR debe establecerse en la parte entre Calceta y La Estancilla.

Los contornos de suelos separados en los diferentes SR, sirven de base para buscar tecnologías de manejo sostenible, para los suelos degradados, principalmente los Cambisoles, con la prueba de mejoradores orgánicos y biológicos, con y sin fertilizantes minerales.

Con el monitoreo correspondiente de rendimiento de los cultivos y propiedades del suelo saldrán tecnologías de manejo sostenible para esta región para los suelos degradados y los suelos mejores. Además sobre la base de los resultados obtenidos en el mapa de reservas de carbono se comienza a establecer, mediante el monitoreo de suelos la ganancia o pérdida de carbono en $t C ha^{-1} año^{-1}$. Por ejemplo, cuánto aporta por año en reservas de carbono la arboleda de teca o la combinación de arboleda con guaba y café, la plantación de plátanos cacao, etc. Esto siempre teniendo en cuenta las condiciones climáticas y el suelo.

Estos resultados realmente existen hoy en países desarrollados de clima templado, que son los que tienen recursos para realizar estas investigaciones. Serían los primeros obtenidos en Manabí y posiblemente en todo el Ecuador. Los resultados obtenidos servirán para proponer en la región una política de secuestro y captura de carbono, que puede servir a las autoridades regionales y provinciales para la política de mitigación al cambio climático.

CONCLUSIONES

- Se realiza el estudio de la cartografía y clasificación de los suelos del Sistema Carrizal-Chone, con la confección del mapa de suelos. Además se constata que se presentan cuatro Grupos Referenciales (Feozems, Fluvisoles, Cambisoles y Gleysoles) con 16 Unidades de Suelos.
- El suelo más extensivo resulta el Fluvisol, mientras que el de características agroproductivas mejores son los Feozems.
- El Cambisol es un suelo formado por degradación de los Feozems.

- Sobre la base del trabajo realizado se selecciona el establecimiento de dos Sectores de Referencia y una Parcela de Referencia, para la búsqueda de manejos sostenibles en los suelos con la producción de alimentos.

BIBLIOGRAFIA

1. Achouri M. Los suelos sanos son la base de la producción alimentaria [Internet]. Berlin: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); 2015 [cited 2019 Mar 28] p. 1. Available from: <http://www.fao.org/news/story/es/item/284228/icode/>
2. FAO. los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables [Internet]. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); 2015 p. 4. Report No.: 4405s/1/02.15. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>
3. FAO. Suelos y biodiversidad: Los suelos albergan una cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta [Internet]. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); 2015 p. 4. Report No.: 4405s/1/02.15. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>
4. Hernández A, Vera L, Naveda CA, Monserrate Á, Vivar M, Zambrano TR, et al. Tipos de suelos y sus características de las partes medias y bajas de la microcuena Membrillo, Manabí, Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA*. 2012;3(3):87–97.
5. Hernández A, Vera L, Basurto N, Alfredo C, Cedeño G, Monserrate Á, et al. Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuena Membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):50–6.
6. Vera L. Estudio de los suelos y su fertilidad como base para el manejo sostenible del Campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador [Tesis de Maestría]. [Mayabeque, Cuba]: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; 2013. 67 p.
7. Mata R, Sandoval D, Castro J, Solís C. Buenas prácticas en la elaboración en mapas de suelo [Internet]. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Centro de Investigaciones Agronómicas; 2016. 19 p. Available from: <http://repiica.iica.int/docs/B4062e/B4062e.pdf>
8. Hernández Jiménez A, Pérez J, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
9. Vera L, Hernández A, Mesías F, Guzman A, Cedeño Á. Manual para la cartografía de suelos y la descripción de perfiles de suelos. (Adaptado a las características de los suelos de la parte central

norte de la Costa de Manabí). 1st ed. Calceta, Ecuador: Editorial Humus, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; 2017. 70 p.

10. Walkley A, Black IA. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method: *Soil Science*. 1934;37(1):29–38. doi:10.1097/00010694-193401000-00003

11. Munsell Book of Soil Color Charts [Internet]. Francia: APPAREIL; 2009 [cited 2019 Apr 1] p. 25. Available from: <http://www.verivide.com/product/-munsell-book-of-soil-color-charts-2009-rev>

12. FAO and IUSS. World reference base for soil resources 2014 [Internet]. Rome: FAO; 2015 [cited 2018 Apr 4]. 203 p. (Reports No. 106.). Available from: www.fao.org/3/i3794en/I3794EN.pdf

13. Gardi C, Angelini M, Barceló S, Comerma J, Cruz C, Encina A, et al. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe [Internet]. Luxembourg: Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995; 2014. 176 p. Available from: <https://www.gpgservicesec.com/download/libros/ATLAS-DE-SUELOS-LATINOAMERICA-Y-EL-CARIBE.pdf>

14. Guerasimova M, Stroganova M, Mosharova N, Prokofieva T. Suelos Antropogénicos, Génesis, Geografía, Recultivación. Manual de Estudio (en ruso). Bajo la redacción del Académico G.V. Dobrovolskii. Smolensk, Oikumena; 2003. 268 p.

15. Hernández A, Moreno I. Características y clasificación de los suelos cultivados de arroz en La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*. 2010;31(2):37–47.

16. González L, Acosta M, Carrillo F, Báez A, González JM. Cambios de carbono orgánico del suelo bajo escenarios de cambio de uso de suelo en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2014;5(7):1275–85.

17. Fernández ML, Lozano B, Parras L. Topography and land use change effects on the soil organic carbon stock of forest soils in Mediterranean natural areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014;195:1–9. doi:10.1016/j.agee.2014.05.015

18. Hernández A, Morales M, Borges Y, Vargas D, Cabrera JA, Ascanio MO, et al. Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la Llanura Roja de La Habana, por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2014. 156 p.

19. Hernández A, Vargas D, Bojórquez JI, García JD, Madueño A, Morales M. Carbon losses and soil property changes in ferralic Nitisols from Cuba under different coverages. *Scientia Agricola*. 2017;74(4):311–6. doi:10.1590/1678-992x-2016-0117
20. Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Guerasimova MI. Diagnóstico y Clasificación de Suelos de Rusia (en ruso). Moscú, Rusia: Moscú: Oikumena; 2004. 341 p.
21. V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Gerasimova MI, Khitrov NB, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute. Morphological soil description for classifying soils and interpreting their genesis. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2016;86:8–16. doi:10.19047/0136-1694-2016-86-8-16
22. Hernández Jiménez A, Ascanio M, Morales M, Bojórquez JI, García N, García JD. El suelo: fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. 1ra ed. Tepic, Nayarit; México: Universidad Autónoma de Nayarit; 2006. 255 p.
23. Favrot J. Cahier des Clauses Techniques Generales pour la realisation de l'étude pedologique d'un Secteur de Reference. In: Programme IGCS. Paris: Ministere de la Agriculture; 1991. p. 11.
24. Les Etudes Pedologiques Prealables au Drainage Agricole. CEMAGREF. 1994;(283–284):39–56.

Main soils and its particularities of the Carrizal-Chone system, Manabí, Ecuador

M.Cs. Leonardo Ramón Vera-Macías^{1*}

Dr.C. Alberto Hernández-Jiménez²

M.Cs. Freddy Wilberto Mesías-Gallo¹

M.Cs. Ángel Frowen Cedeño-Sacón¹

Dr.C. Ángel Monserrate Guzmán-Cedeño^{1,3}

M.Cs. Katty Paola Ormaza-Cedeño¹

Ing. Geoconda Aracely López-Alava¹

¹Director de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. (ESPAM MFL). Campus Politécnico El Limón, km 2,7 vía Calceta – Morro – El Limón Sector La Pastora. Manabí, Ecuador

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

³Profesor Facultad Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, vía San Mateo, km 1½, Manta-Ecuador

* Author for correspondence. leoveral@hotmail.com

ABSTRACT

One of the most important premise to arise the suitable management of soils in a region is the study of the distribution and characteristics of soils. For this reason, the main objective in this paper was to elaborate a soil map in scale 1:25 000 for the Carrizal-Chone System (7 233 ha) in Manabí, Ecuador. At the same time to know, the chemical, physical and morphological soil characteristics, based on 145 soil profiles that were taking in different soil separated in the map. Among the results is the diagnosis and classification of four Referential Soil Groups, Fluvisols (53 % de of the total area), Feozems (29 %), Cambisols (14 %) and Gleysols (4 % only), by the World Reference Base soil classification system. In this paper are included the study of Soil Units in each Referential Soil Group. Is determined that the natural soil formation in this region is Feozem and Fluvisol, the

Cambisol appears because the degradation of the cambic Feozem for the cultivation during many years. In the results are present also, the analytical data of the Referential Soil Groups studied.

Key words: World Reference Base, Fluvisol, Feozems, Cambisol, Gleysol

Received: 29/11/2017

Accepted: 31/01/2019

INTRODUCTION

Food production is becoming increasingly difficult in the world, problems such as climate change, desertification and above all the degradation of soils influence this task worldwide, bringing as consequence that Food Security becomes today one of the largest concerns at the government level. To achieve food Security, it is necessary to take into account the situation of natural, human and infrastructure resources available. Within the natural resources the knowledge of the soils, their properties and diagnosis of the change of the same by the anthropogenic influence, is essential, reason why it is necessary to carry out studies in this regard.

According to studies carried out, it is suggested that soils are essential to achieve food security and nutrition and have the potential to help mitigate the negative effects of climate change ⁽¹⁾, in addition that the pressure on soil resources is reaching limits critics

The soil resource is the most important pillar to face the challenge of food security, since about 95 % of food is produced directly or indirectly in soils ⁽²⁾. On the other hand, it is of vital importance for biodiversity, as it is one of nature's most complex ecosystems and one of the most diverse habitats on the planet, as it houses an infinity of organisms that interact with each other and contribute to the cycles global that make life possible. It is estimated that a quarter of the biodiversity of our planet is found in soils ⁽³⁾.

In Manabí province, Ecuador, for the Carrizal and Chone rivers basin, there are few edaphological studies, including about 10 soil pits studied in the mountain region of the Membrillo Parish, whose results are published in scientific journals ^(4,5) and about 14 soil pits that were the result of a Master's thesis, Vera 2013 ⁽⁶⁾ in the 60 ha study, of the Campus of the Superior Polytechnic Agricultural School of Manabí (ESPAM).

Taking into account the above in the Carrizal – Chone river plain system, a project is underway for the first time to study the soils in an area of 7 233 ha. The main objective of this project is to prepare

a 1:25 000 scale soil map and perform their morphological, chemical and physical characterization in order to determine their current status, after tens of years that have been cultivated.

The preparation of large-scale maps is the main tool to know the current properties of its soils ⁽⁷⁾. On the basis of the map and the profiles studied, its characteristics and their agro-productive status are determined, culminating in a classification in classes of use capacities.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in an area that has a cultivable area of 7233 ha, with crops such as corn, beans, cocoa, plantain and grassland for livestock. The cartographic base were orthophotos taken from Google and cartographic sheets. The geographical genetic method for the selection of points with augers and profile taking was followed, it is based on the variations of the soils according to their formation factors (relief, source material, climate, vegetation and weather) and by the activity of man; which constitutes the basis of the classification of soils based on genetic principles ⁽⁸⁾. After separating the different soil contours, for their characterization the 145 profiles were taken, following the mapping standards for the 1:25 000 scale of 1 profile every 50 ha. The following properties were determined for each profile:

- Description of soil profiles, following the Manual of Description of Soil Profiles prepared by Vera and collaborators ⁽⁹⁾; adapted to the characteristics of the soils of the study region.
- pH by potentiometry in H₂O, in soil: water 1: 2 ratio.
- Total soluble salts by conductimetry.
- Organic matter by the method of Walkley & Black (1934) ⁽¹⁰⁾
- Organic carbon by dividing the percentage of organic matter by a factor (1,724).
- Volume density by the cylinder method (100 cc volume) in the field.
- Soil color by the Munsell Table, (Munsell Soil Color Chart, 2009) ⁽¹¹⁾.
- The mechanical composition by the Bouyoucos method using sodium pyrophosphate for the extraction of organic matter and breaking the soil microaggregates and sodium hexametaphosphate as dispersant.
- The textural class of the soil according to the percentages of the mechanical particles, using the textural triangle.
- Exchangeable bases (Ca, Mg and K) by extraction with normal ammonium acetate pH 7.
- Match assimilable by Olsen.

- Assimilable potassium calculated from the exchangeable K content.
- Organic carbon reserves (in tons of carbon per hectare) of the 0-20 cm layer of each of the profiles studied by the international formula:

$$RCO = DV \times CO \times \text{Layer Depth}$$

where:

RCO: organic carbon reserves in tons of carbon per hectare

Dv: volume density in Mg m^{-3}

Depth of the layer, in this case 20 cm from the top of the shale (soil profile).

The soil classification system that was applied is the World Reference Base (WRB), version 2014⁽¹²⁾.

The soil classification system of the World Reference Base was recently applied in the Soil Atlas of Latin America⁽¹³⁾ and has two classification units; The Soil Reference Group (GRS) and the Soil Unit (US) which is the GRS with qualifiers according to their properties.

RESULTS AND DISCUSSION

Natural conditions of the region

The study region is located 50 km from the Portoviejo city, capital of Manabí province, involving territory of the cantons Bolívar, Tosagua, Junín and Chone, covering an area of 13 268 hectares, of which 7233 hectares are studied of arable area. The project area is located between the geographic coordinates $0^{\circ}35'$ and $0^{\circ}55'$ South latitude and $80^{\circ} 20'$ West longitude and between the 2 and 45 m a.s.l.

The topography of the area has mostly slopes between 0 and 2 %, flat or almost flat relief and between 2 and 6 % slope, gently wavy relief.

Climate characteristics

According to the weather stations that exist in Chone and Tosagua (La Estancilla), for a period of 30 years and the one located in Calceta (ESPAM MFL), 21 years old, the cantons involved in the area present the annual average data shown in Table 1.

Table 1. Some climatic characteristics of the study region

Cantons	Altitude m a.s.l.	Medium temperature in °C	Precipitation (mm year⁻¹)	Relative humidity Annual mean (%)
Chone	40	25.9	1228.6	90.0
Bolívar	10	25.0	952.0	80.0
Tosagua	45	25.1	825.4	79.0
Junín	15	24.0	1200	77.0

According to data from Meteorological Stations of La Estancilla and Chone of 30 years and of Calceta of 21 years

The climatic factor has variations, if analyzed from Membrillo rural parish of the Bolívar canton (located to the east in the premountain region) where they fall 1600-1800 mm per year, passing through Calceta (Bolívar), until Tosagua there is a facial distribution of the climate, from tropical humid in Membrillo, through a subhumid tropical climate in Calceta and to a tropical dry in Tosagua.

The climatic variations presented are of great importance because, according to this, the initial natural vegetation that existed in these regions behaves, which were: broadleaf forests in Membrillo, deciduous forest in the area of Calceta with mesophilic trees and dry forest with microphilic trees and thorny bushes towards Tosagua.

These differences are important for the biological cycle of substances, which is much greater in Quince, intermediate in Calceta (Bolívar) and lower in Tosagua. Depending on the intensity of the biological cycle of the substances, they will be the contributions in organic matter to the soil and the degree of humification that may occur. Thus, at the heights of the Membrillo Parish, it has been possible to find soil profiles under primary and secondary forest that reach about 100 t C ha⁻¹ in the thickness of 0-30 cm of the upper layer of the soil profile ⁽⁴⁾.

The source material throughout this plain is formed from the southeast and north of Calceta to La Estancilla, as a result of the influence of the Carrizal and Canuto rivers of river sediments (alluvial). Towards Tosagua, these rivers deviate from the region and there is some alluvial influence, but with deluvial influence of the geological formation that occurs in the heights of Tosagua-Bachillero called Onzole. These heights were formed before the alluvial plain and the deludes influence decisively, in the characteristics of the soils

The Onzole formation is described as a geological formation of the Upper Miocene formed by terrigenous material and the shales apparently developed under flysch conditions; which are low-bottom sedimentary formations, so shales usually have a relatively high sodium content.

The time of formation of the soils is relatively young, since they are formed by alluvial and alluvial-delluvial materials of the Quaternary. Even in them the sedimentation of texturally differentiated materials is observed (of frank texture, sand or clay loam).

In these conditions, the main soils that form are Feozems (Mollisols) and Fluvisols (Fluvents) and in some low parts, Gleyols may occur, although not very frequently.

Cambisols (Inceptisols) also appear, but they are presented not as a natural formation but by degradation of Feozems due to the influence of continued cultivation for more than 50 years, due to the action of man in agricultural production.

In this sense, it should be considered that this entire area was influenced by the activity of man by agriculture, both for cotton crops (in the driest area towards Tosagua), and for cocoa, bananas, corn and rice. In addition, it should be borne in mind that rice cultivation is one of the fastest degrading the soil ^(14,15). Therefore, in many cases the initial formation of the Feozems has been transformed due to the mineralization of the organic matter by the crop, losing the dark color that characterizes them (molic horizon) becoming Cambisol in the case that they are Cambrian Feozems or Fluvisols in the case that they are fluovic Feozems. Losses of organic carbon in ecosystems due to anthropic action have been widely studied in recent years, as highlighted by various investigations ⁽¹⁶⁻¹⁹⁾.

With the field trips and taking of points with augers and the taking of the profiles, the soil map is conformed and the presence of four Referential Soil Groups and 16 Soil Units is confirmed. (Figure 1).

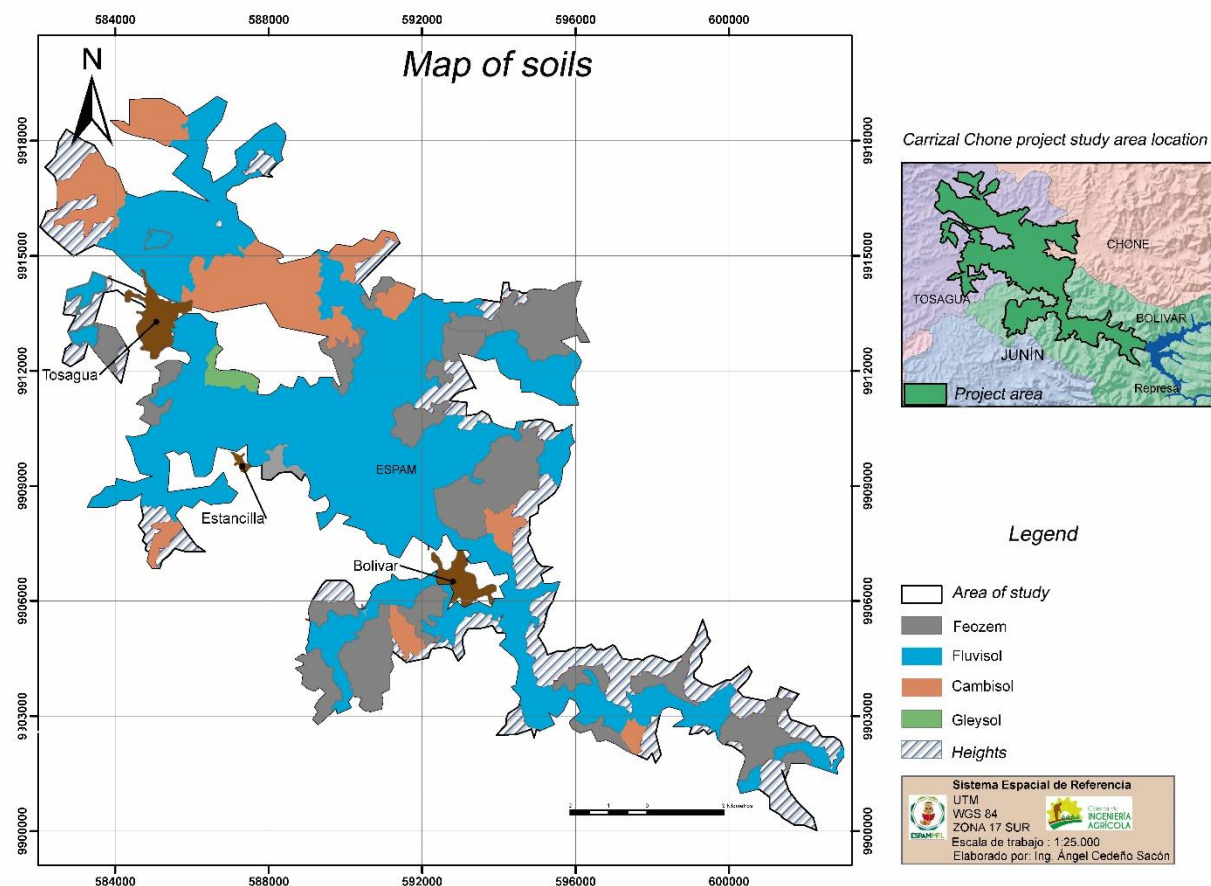


Figure 1. Soil map of the area of influence of the Carrizal-Chone system

In Table 2 is shown area distribution that GRS and US occupy.

Table 2. Distribution and area that occupy the different Referencial Groups and the Soil Units of Carrizal-Chone system, Manabí, Ecuador

Soil referencial group	Area in ha	Soil unit	Area in ha	% of GRS
Feozems	2107.6 (29 % of the total area)	Feozem fluvic	1098.5	52
		Feozem fluvic. cambic	848.2	40
		Feozem fluvic. gleyic	160.9	8
Fluvisols	3787.8 (53 % of the total area)	Fluvisol eutric	2506.5	66
		Fluvisol eutric. ocric	792.9	21
		Fluvisol eutric. protovertic	192.6	5
		Fluvisol gleyic. eutric	21.1	1
		Fluvisol gleyic. eutric. ocric	191.9	5
		Fluvisol gleyic. eutric. protovertic	82.8	3
Cambisols	1036.9	Cambisol fluvic. eutric	42.1	4

	(14 % of the total area)	Cambisol eutric	fluvic. vertic.	261.8	25
		Cambisol eutric. ocric	fluvic. vértico.	139.2	13
		Cambisol eutric	fluvic. gleyic.	31.2	3
		Cambisol vertic. eutric	fluvic. gleyic.	234.6	23
		Cambisol vértico. eutric	fluvic. estagnic.	328.0	32
Gleysols	301.4 (4 % of the total area)	Gleysol fluvic. eutric		301.4	100
TOTAL	7233.7			7233.7	100

Soil characteristics

For the characterization of soils it is very important to study the profiles due to the classification adopted, World Reference Base ⁽¹²⁾. The morphology of the profiles is necessary, since this classification is based on the genesis of the soils and on horizons and diagnostic characteristics. This is very important for any soil classification system that is based on horizons and diagnostic characteristics in relation to the genesis of soils, such as the classification of soils of Russia ⁽²⁰⁾ and that of Cuba ⁽⁸⁾; Therefore, the following has been expressed in recent studies, in recent soil classification systems, based on horizons and their diagnostic characteristics in relation to soil genesis, the priority of morphological studies is obvious, while soil formation factors and analytical data, are weakly included in soil identification ⁽²¹⁾.

According to the classification adopted in this work, of the World Reference Base, version 2014 ⁽¹²⁾, Fluvisols and Feozems are diagnosed by:

Feozems

They are dark colored soils, comprising an extension of 2107.6 ha (29 % of the total). These soils do not have the characteristics of Fluvisols and are diagnosed by having a surface mollic horizon, which is present when the soil has a good structure; they are usually nuciform and granular or of subangular blocks that crumble into nuciform and granular, dark color with value and dry chroma not greater than 5 and wet not greater than 2.5 and also a thickness of at least 18 cm and a degree of saturation greater than 50 %, therefore all are Eutric ones which is not among the GRS qualifiers. The data of a Feozem soil are presented in Tables 3, 4 and 5.

Table 3. Mechanical composition and soil texture of the Feozems of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm	Sand %	Slime %	Clay %	Texture
IA	0-70	31.20	8.00	60.80	clay
IIC	70-110	77.60	19.20	3.20	sand-loam
IIIC	110-150	40.00	44.00	16.00	Sand-frank

Table 4. Some chemical properties of the Feozems soil of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm	pH H ₂ O	M.O. (%)	CE dS/m
IA	0-70	5.93	2.3	0.223
IIC	70-110	6.27	0.5	0.001
IIIC	110-150	6.44	1.5	0.002

Table 5. Content in organic matter and reserves of CO from soil of Feozems of Carrizal-Chone system, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm	MO %	C %	Dv Mg m ³	RCO Mg ha ⁻¹	RCO Mg ha ⁻¹		
						0-30	0-50	0-100
IA	0-70	2.3	1.33	1.14	106.46	46	76	118
IIC	70-110	0.5	0.29	1.24	14.38			
IIIC	110-150	1.5	0.87	1.29	44.89			

The GRS of the Feozems, presents the following Soil Units (the Soil Unit is formed by the GRS with the qualifiers or properties that they may have). The following Soil Units are presented on the soil map (Figure 1):

Feozem fluvic

This Feozem is characterized by having a mollic A profile, generally with a frank texture, on mollic materials with a sandy texture; that is to say, it is a profile of type A-C. They occupy an area of 1098.5 ha; 52 % of the Feozems area.

The fluvial material is of river, marine or lake origin and is identified by the stratification of mineral particles, or the irregular distribution of organic matter or both by profile, in the first 50 cm of the upper soil thickness.

Cambic fluvic Feozem

It is a Feozem soil also formed of fluvic materials, but with a Cambic B horizon. It is a soil that has a mollic A horizon, with a Cambic B, formed of river materials. It has an area of 848 hectares (40 % of the Feozems area).

The cambic qualifier is when the Feozem has a horizon B; that is, the profile is not A-C; but A-B-C.

Gleyic fluvic Feozem

Feozem formed of fluvial materials, but which has a presence of gleyic properties below 50 m deep, often with a water table present 100-120 cm deep. Within the GRS it is the most bad drainage, and has an extension of 161 ha; 8 % of the Fluvisols area.

The gleyic properties correspond to the gleyzation process:

1. 90 percent or more reductimorphic colors comprising white to black, or bluish to greenish, or
2. 5 percent or more mottled redoximorphic colors (yellow, red, and gray).

Fluvisols

They are soils formed by river sediments, which are diagnosed by having materials differentiated by mechanical particles (sand, silt and clay) or by presenting differences in organic matter content at a depth of less than 25 cm measured from the surface. They are AC profile without a mollic A horizon, nor a cambic B horizon. They have an area of 3787.7 hectares; which represents 53 % of the total. The characteristics of a Fluvisol profile are presented in Tables 6, 7 and 8.

Table 6. Mechanical composition and soil texture of the Fluvisol of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm	Sand %	Slime %	Clay %	Texture
IA	0-40	41.60	36.00	22.40	frank
IIC ₁₁	40-68	68.00	28.00	4.00	sandy loam
IIC ₁₂	68-108	68.80	28.00	3.20	sandy loam
IIIC	108-150	52.00	34.40	13.60	frank

Table 7. Some chemical properties of the Fluvisol soil of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm.	pH H ₂ O	M.O. (%)	P ₂ O ₅ Assim Mg 100 g ⁻¹	K ₂ O Assim Mg 100 g ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	Sum Cmol (+) kg ⁻¹	CE Ds m ⁻¹
IA	0-40	6.98	2.1	10.8	45.4	16.0	5.4	0.97	Nd	22.37	0.04
IIC ₁₁	40-68	7.57	0.5	5.3	35.1	16.0	5.3	0.75	Nd	22.05	0.05
IIC ₁₂	68-108	6.98	0.2	4.1	26.7	17.0	4.7	0.57	Nd	22.27	0.08
IIIC	108-150	6.79	0.5	4.1	27.1	17.0	4.9	0.58	Nd	22.48	0.11

Table 8. Content in organic matter and CO reserves from Fluvisol soil of Carrizal-Chone system, Manabí, Ecuador

Horizon	Depth cm	MO %	C %	Dv Mg m ³	RCO Mg ha ⁻¹	RCO Mg ha ⁻¹		
						0-30	0-50	0-100
IA	0-40	2.1	1.22	1.38	67.24	50	71	82
IIC ₁₁	40-68	0.5	0.29	1.19	9.66			
IIC ₁₂	68-108	0.2	0.12	1.32	6.13			
IIIC	108-150	0.5	0.29	1.03	12.55			

The soil Units present are the following:

Eutric fluvisol

They are Fuvisols that have more than 50 % base saturation at a thickness of 1 meter, measured from the surface. The area it occupies is 2506 hectares; 66 % of the Fluvisols. The éutrico character is given when the soil has a degree of saturation by bases of 50 % or more.

Eutric and ocric fluvisol

Fluvisols that have more than 50 base saturation, but have a very low organic matter content (equal to or less than 1 %). They have an extension of 793 ha, 21 % of the Fluvisols. The qualifier is placed when the soil has a mineral surface horizon that is ≥ 10 cm thick, with ≥ 0.2 and <0.6 % organic carbon (on average). Actually these values correspond to equal or less than 1% of organic matter.

Eutric and protovertic fluvisol

These are eutronic fluvisols that have thick aggregates at the top of the profile, they are an initial stage of formation of Vertisols from the Fluvisols. They are clayey and with poor drainage inside the Fluvisols. They have an extension of 193 ha; 5 % only of Fluvisols. The qualifier proto-desert in the Fluvisols is set when the soil has a horizon that has the same properties as the vertic horizon

but has very few slickensides or is absent and the prismatic blocks are equal to or less than 15 cm in size.

Fluvisol gleyic and eutric

This is eutrophic Fluvisol that has gleyic properties below 50 cm, usually with a water table between 80 and 120 cm deep measured from the surface. It has an area of 21 hectares; only 1 % of the Fluvisol area.

Fluvisol gleyic, eutric and ocric

It is a gleyic and eutric Fluvisol, but it has an organic matter content on horizon A, which most often corresponds to a content equal to or less than 1 %, this Soil Unit within the study area has an extension of 191, 9 hectares. Profile 97 is representative of this soil.

Fluvisol gleyic, eutric and protovertic

They are Fluvisols that have even worse drainage than the Gleyic Fluvisols and the Protovertic ones, since they combine the presence of a water table around the depth meter and also clay texture with thick aggregates, with a large and medium block structure on the surface It has an extension of only 83 ha.

Cambisols

Their formation is not natural within the study region, they are formed by the degradation of the Cambic Feozems. For this reason they are lighter colored soils than the Feozems and presence of a cambic B horizon. In Tables 9, 10 and 11, there are the data that characterize this GRS.

Table 9. Mechanical composition and soil texture of Cambisol from the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm	Sand %	Slime %	Clay %	Texture
IA	0-32	44.00	45.60	10.40	frank
IB	32-68	42.00	47.60	10.40	frank
IIC ₁₁	68-100	45.60	49.60	4.80	sandy loam
IIC ₁₂	100-130	46.40	49.60	4.00	sandy loam

Table 10. Some chemical properties of the Cambisol soil of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm	pH H ₂ O	M.O. (%)	CE dS/m
IA	0-32	6.90	2.7	0.278
IB	32-68	6.68	0.5	0.097
IIC ₁₁	68-100	6.32	0.2	0.334
IIC ₁₂	100-130	6.43	0.5	0.115

Table 11. Organic matter content and CO reserves of the Cambisol soil of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizon	Depth cm	MO %	CO %	Dv Mg m ³	RCO Mg ha ⁻¹	RCO Mg ha ⁻¹		
						0-30	0-50	0-100
IA	0-32	2.7	1.57	1.28	64.15	60	71	82
IB	32-68	0.5	0.29	1.28	13.36			
IIC ₁₁	68-100	0.2	0.12	1.22	4.53			
IIC ₁₂	100-130	0.5	0.29	1.23	10.70			

The Soil Units presented are very varied, among them we have:

Fluvic and eutric Cambisol

They are Cambisols that have fluvial materials and more than 50 % base saturation up to one meter of depth measured from the surface. It has an extension of only 42 ha.

Fluvic, vertical, and eutric Cambisol

This Unit of Soil is classified when the fluvial Cambisols soils have vertic characteristics and also have more than 50 % base saturation. They occupy an area of 262 ha.

Fluvic, vertic, eutric and ocric Cambisol

It is the soil of the previous US, but it has a content equal to or less than 1 % of organic matter. It has an extension of 139 ha.

Fluvic, gleyic, vertic and eutric Cambisol

Cambisols result in worse drainage within the Soil Reference Group, it is formed of fluvial materials, has 50 % or more base saturation, but has vertic and gleyic properties, usually with a water table between 1-1.20 depth meter They have an extension of 235 ha.

Fluvic, gleyic and eutric Cambisol

They are Cambisols that also have gleyic properties, therefore with poor drainage, but without the vertic properties. They comprise an extension of 31 ha only.

Stagnic, fluvic, vertical and eutric Cambisol

They are stagnic, fluvic and eutric Cambisols of clayey texture, which have a thick structure in the form of prismatic aggregates that can be up to 15-20 cm in size, usually in the first 50 m of the upper part of the profile. Pressure cutanes or slickensides are absent or very small, so that the soil can be classified as Vertisol. They have an extension of 328 ha.

Gleysols

In addition to the previous GRS, in some depressive parts a water table can develop, which causes oxidation-reduction phenomena according to the oscillation of the mantle in relation to the periods of rain and drought, giving rise to the soil formation process called gleyzation. When this mantle is at a depth of 50 cm or closer to the soil surface, the soil is classified as Gleysol. Only the fluvic and eutric Gleysol is separated from the soil map, which results in a Gleysol that has a base saturation percentage equal to or greater than 50 % and formed from fluvial materials. It occupies an area of 300 ha.

Tables 12, 13 and 14 show the characteristics of a profile of this GRS that has a water freactic 40 cm from the ground surface

Table 12. Mechanical composition and soil texture of Gleysol from the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizons	Depth cm.	Sand %	Slime %	Clay %	Texture
A	0-40	20.00	46.40	33.60	franko-limo-arcillosa

Table 13. Some chemical properties of the Gleysol soil of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizon	Depth cm.	pH H ₂ O	M.O (%)	CE dS/m
A	0-40	7.58	2.3	0.08

Table 14. Organic matter content and CO reserves of the Gleysol soil of the Carrizal-Chone System, Manabí, Ecuador

Horizon	Depth cm	M.O. %	C %	Dv Mg/m ³	RCO Mg/ha	RCO Mg ha ⁻¹		
						0-30	0-50	0-100
A	0-40	2.3	1.33	0.94	50.16	38	63	125

With the completion of the elaboration of the soil map, valuable information is obtained on the soils, the distribution laws, the surface they occupy, their limiting factors, the response to their characteristics, including the anthropogenic factor, which is a current aspect. Based on these results, important recommendations for soil management are developed.

However, considering the current problem of degradation of soil properties, its possible improvement through the application of organic enhancers and biofertilizers, with or without fertilizers, which allow obtaining good yields but improving or at least preventing soil deterioration; it is necessary, as mentioned above, to create Sectors and Reference Plots.

Sectors and Reference Plots are technologies that combine the study of the characteristics and evolution of soil properties and their management, based on advanced techniques such as the implementation of Geographic Information Systems ⁽²²⁾.

These technologies are known from studies conducted by French edaphologists ^(23,24) applied in relatively shallow areas (less than 1000 ha) and that represent a small unit of a representative landscape (geographic region), based on a Large-scale soil map (1:25,000; 1:50,000), to search for sustainable management technologies.

In the chosen sector, it is necessary to carry out a topographic survey and this plan is taken as the basis for mapping soils on a detailed scale (1:10 000 or more detailed, in relation to the selected area).

The cartographic survey of the soils must be done walking, with the help of a compass or a theodolite, with fixed transept, separated from each other according to the selected scale. Surveys are carried out with the soil auger and with the implementation of previously prepared forms, the soils are classified and the agroproductive limiting factors are predetermined, as well as the characteristics of the area, climate, relief, vegetation, etc. are recorded.

For the Carrizal-Chone System, two Reference Sectors (SR) and a Reference Plot (PR) are selected. The SR must be one for the area of Calceta and another entity Estancilla and Tosagua; the PR must be established in the part between Calceta and La Estancilla.

The contours of separate soils in the different SRs, serve as a basis to look for sustainable management technologies, for degraded soils, mainly Cambisols, with the test of organic and biological improvers, with and without mineral fertilizers.

With the corresponding monitoring of crop yields and soil properties, sustainable management technologies will come out for this region for degraded soils and better soils.

Furthermore, on the basis of the results obtained in the carbon stock map, the carbon gain or loss in $t\ C\ ha^{-1}\ year^{-1}$ begins to be established through soil monitoring. For example, how much contribute per year in carbon reserves does the teak grove or the combination of grove with guava and coffee, plantation of cocoa, bananas. This always taking into account the climatic conditions and the soil.

These results really exist today in developed countries of temperate climate, which are those that have resources to carry out these investigations. They would be the first obtained in Manabí and possibly throughout Ecuador. The results obtained will serve to propose a carbon sequestration and carbon sequestration policy in the region, which can serve the regional and provincial authorities for climate change mitigation policy.

CONCLUSIONS

- The study of the cartography and classification of the soils of the Carrizal-Chone System is carried out, with the preparation of the soil map. In addition, it is confirmed that there are four Reference Groups (Feozems, Fluvisols, Cambisols and Gleysols) with 16 Soil Units.
- The most extensive soil is Fluvisol, while the best agro-productive characteristics are Feozems.
- Cambisol is a soil formed by degradation of Feozems.
- On the basis of the work carried out, the establishment of two Reference Sectors and a Reference Plot is selected, for the search of sustainable soil management with food production.