

**Plan de conservación de suelos en laderas y
fertilización para el cultivo de café en
Ahuachapán, El Salvador**

Departamento de Ingeniería Agronómica

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Plan de conservación de suelos en laderas y fertilización para el cultivo de café en Ahuachapán, El Salvador

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Krissia Marlyn Chávez Ramírez
José Eduardo Bojorquez Aguirre

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

Plan de conservación de suelos en laderas y fertilización y para el cultivo de café en Ahuachapán, El Salvador

Presentado por:

Krissia Marlyn Chávez Ramírez
José Eduardo Bojorquez Aguirre

Aprobado:

Gloria E. Arévalo, MSc
Asesor principal

Abel Gernat, Ph. D.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Carlos Gauggel Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Bojorquez Aguirre, J. E. y K. M. Chavez Ramirez. 2012. Plan de manejo de fertilización y conservación de suelos en laderas para el cultivo de café en Ahuachapán, El Salvador. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 26 p.

La erosión del suelo es uno de los principales factores de degradación y pérdida de la fertilidad de los mismos. El objetivo del estudio fue determinar la pérdida de suelo por erosión hídrica, proponer prácticas de conservación de suelos y elaborar un programa de fertilización en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador, de 11.89 ha y con dos cultivos: café (*Coffea arabica*) var. Pacas y maíz (*Zea mays*). Se realizó un estudio detallado de suelos. Con la ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) se calculó la cantidad de suelo que se erosiona en t/ha/año, se propusieron prácticas de conservación de suelo y se calculó de nuevo la pérdida de suelo bajo tres escenarios: a) variando la longitud de la pendiente, b) estableciendo cobertura y c) combinando los anteriores. El plan de fertilización se desarrolló basado en el análisis químico del suelo en el área productiva de café. Los requerimientos nutricionales para el cultivo se determinaron para una producción esperada de 23t/ha de café uva. Se encontró textura dominante arcillosa y franco arcillo arenosa superficialmente y 4.95% de materia orgánica, estructura en bloques sub-angulares débiles y permeabilidad del suelo lenta. Los valores de la ecuación de pérdida de suelo fueron: erosividad de la lluvia “R” de 604 (MJ/mm)/(ha/hora/año), erodabilidad del suelo “K” entre 0.17 a 0.23 (t/ha)/(MJ/mm/h), “LS” 16 a 33, “C” 0.009 para café establecido, 0.011 en café con cobertura vegetal en establecimiento, 0.285 en cultivo de maíz; no se identificaron prácticas de conservación, por lo que “P” se tomó como uno. La pérdida de suelo resultó entre 34 y 20 t/ha/año en café y 647 en maíz. Se propusieron practicas de conservación de suelos: estableciendo cultivos con cobertura como leguminosas y malezas controladas y zanjas de ladera distanciadas entre 6.5 y 9.5 m dependiendo de la pendiente del terreno para disminuir su longitud, y barreras vivas como lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*), pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*), arriba de cada zanja. Se modificó el valor de los factores en los que se pueden influir las prácticas de conservación planteadas: LS de 2 a 4, C de 0.011 cambiando de maíz a café con cobertura y P a 0.05. Al modificar cobertura, la erosión del suelo se reduce a 25 t/ha/año en maíz. La combinación de prácticas reduce la pérdida de suelo a 0.12 y 4.22 t/ha/año en café y maíz respectivamente. Se encontró un pH muy fuertemente ácido (4.8) siendo este la principal limitante para la disponibilidad de los nutrientes. El análisis mostró que el área productiva de la finca cuenta con niveles medios de nutrientes N, K, Ca, Mg, Mn y Zn y altos de P, Cu y Fe. El contenido de materia orgánica es un valor aceptable en el suelo.

Palabras clave: Erosión hídrica, prácticas de conservación, USLE.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
4 CONCLUSIONES	19
5 RECOMENDACIONES	20
6 LITERATURA CITADA.....	21
7 ANEXOS	23

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Factor “C” para los cultivos de café con cobertura y maíz según el porcentaje de cobertura del cultivo (después de siembra).....	6
2. Familias texturales en el suelo, contenido materia orgánica, granulometría de arenas, limo y arcillas en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.. ..	9
3. Promedio de precipitaciones mensuales encontradas para el cálculo del valor de R en Ahuachapán, El Salvador.....	11
4. Muestra las familias texturales, arenas muy finas, porcentaje de limo, porcentaje de arena muy fina más limo, porcentaje de arena, materia orgánica, estructura y valor de permeabilidad. Para determinar valores para determinar el factor K.....	11
5. Porcentajes y longitudes de pendiente, distancia para la elaboración de zanjas de contorno y los valores de LS a utilizar con y sin prácticas.....	13
6. Pérdida de suelo (t/ha/año), sin modificación de los factores (LS, C, P) en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.	14
7. Pérdida de suelo (t/ha/año) modificando el factor de cobertura(C) en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador. P1	14
8. Pérdida de suelo (t/ha/año) Pérdida de suelo (t/ha/año bajo) estableciendo combinación con obras factor (LS) y prácticas de conservación (P), la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador. P 0.05	15
9. Pérdida de suelo (t/ha/año bajo) estableciendo combinación con cobertura (C), factor (LS) y prácticas de conservación (P), en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.....	15
10. Evaluación de porcentajes de coberturas con las prácticas de conservación para disminuir los efectos de la erosión hídrica, en el área donde se siembra maíz en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.....	16
11. Pérdidas totales de suelo por erosión en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.	17
12. Requerimientos del cultivo para producción de 23 t/ha café uva y ajuste según análisis de suelo.	18
13. Recomendación de fertilización para el cultivo de café en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador	18
Figura	Página
1. Ubicación de la finca Los Tres José (Ahuachapán, El Salvador).	3

2. Distribución de las barrenaciones y calicatas en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.	4
3. Suelos por texturas diferenciando las texturas (F- /F+) / (F+/ R) que tiene un 48% de cobertura, F- /F cubre 23% y F+ cubre 29% y se representa su distribución en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.....	9
4. Distribución de la cobertura vegetal (87% cafés bajo sombra y 13% maíz/frijol en época de lluvia). Finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.....	10
5. Agrupaciones de pendientes en la finca Los Tres José Ahuachapán, El Salvador.	12
Anexos	Página
1. Mapa de curvas a nivel en finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.....	23
2. Descripción de suelos en calicatas	24
3. Análisis de macro y micro nutrientes en el suelo del área productiva en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador	25
4. Coordenadas de barrenaciones en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador	26

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agrícola hoy en día, han demandado una serie de prácticas convencionales y no convencionales, que provocan impacto sobre las condiciones ambientales y edáficas para la generación de alimentos y disminuir el hambre que muchas personas sufren hoy en día (FAO 2010). La producción mundial de alimentos ha tenido un gran éxito, al aumentar la producción por unidad de área, esto gracias a mejoras en la tecnología y al uso de recursos fósiles no renovables, de los cuales ha hecho al hombre dependiente (Gliessman *et al.* 2007).

La agricultura moderna hace uso de prácticas como control químico, monocultivo, fertilización sintética, manipulación genética y labranza convencional. El uso irracional de labranza convencional ha degradado los suelos, los cuales sufren erosión, pérdida de materia orgánica, disminución de la población viva edáfica así como pérdida de la estructura (Schalamuk *et al.* 2003). Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la humanidad, son los altos niveles de erosión y pérdida de suelo que son provocados al acelerar los procesos degradativos de la cobertura vegetal, mala mecanización del suelo y desertificación. Esto provoca deterioro en los niveles de productividad de las áreas agrícolas al perder fertilidad (Ramzi *et al.* 2008).

La erosión del suelo es un proceso el cual consta de dos fases: primero se da un desprendimiento de partículas individuales de la masa del suelo y luego el transporte por los agentes que producen la erosión (Morgan 1996).

Hoy en día en América Latina, las pérdidas de suelo por factores hídricos son los de mayor significancia para la conservación del suelo. La falta de cobertura natural o artificial sobre el suelo, provoca que las gotas de lluvia destruyan los agregados del suelo al caer en forma de precipitación descargando su energía sobre el suelo. Una cobertura vegetal permanente sobre el mismo, beneficia la infiltración de agua al suelo, aumenta la capacidad de almacenar agua y da condiciones propicias para el desarrollo de macro y micro organismos que favorecen las características edáficas (Sharafatmandrad *et al.* 2010).

Existen indicadores de pérdida de suelo como: pedestales de erosión y cárcavas. Un pedestal es una columna de suelo que queda en pie a partir de la superficie erosionada circundante, protegida en su parte superior por una capa de material resistente y cárcava es una depresión profunda, canal o barranco en un paisaje, semejando una superficie reciente y muy activa para drenaje natural (Stocking y Mumaghan 2001).

La conservación de los suelos aptos y no aptos para la agricultura significa reducir la tasa de pérdida de suelo, aumentar fertilidad, mejorar la producción de los cultivos, evitar la pérdida de agua y mantener la productividad sostenible de los sistemas productivos en el tiempo. El uso de inter-cultivos es una de las mejores opciones existentes para reducir las pérdidas de suelo, un ejemplo de ello es sembrar alfalfa asociado con maíz que reduce en un 50% la erosión hídrica contrastada con maíz en monocultivo (Singh *et al.* 2009).

La finca los Tres José, se encuentra en proceso de readecuación de la plantación para repoblar con árboles frutales, plantas de café y realizar obras de conservación de suelos. La finca cuenta con un área total de doce hectáreas aproximadamente. Este estudio pretende ayudar a los productores con un plan de fertilización y manejo de suelos y así aumentar producción y mejorar rendimientos, a la vez proteger el suelo.

El estudio se desarrolló bajo los objetivos siguientes:

- Realizar un plan de manejo y conservación de suelos en laderas para mejorar la producción del cultivo del café y evitar pérdidas por erosión hídrica.
- Elaborar programa de fertilización para el cultivo del café según los requerimientos nutricionales y las condiciones químicas del suelo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en la finca Los Tres José, ubicada en Cantón El Barro, departamento de Ahuachapán, ubicada dentro de las coordenadas: X: 1538294, Y: 195917.63 (Figura 1). La finca cuenta con 11.89 hectáreas, el cultivo principal es café, en siembra intercalada con cítricos y banano y un área es utilizada para la siembra de maíz y frijol en época de lluvia. La finca está ubicada a una altura media de 1100 metros sobre nivel del mar, precipitación promedio anual es de 1900 mm distribuidos en 6 meses de Mayo a finales de Octubre.

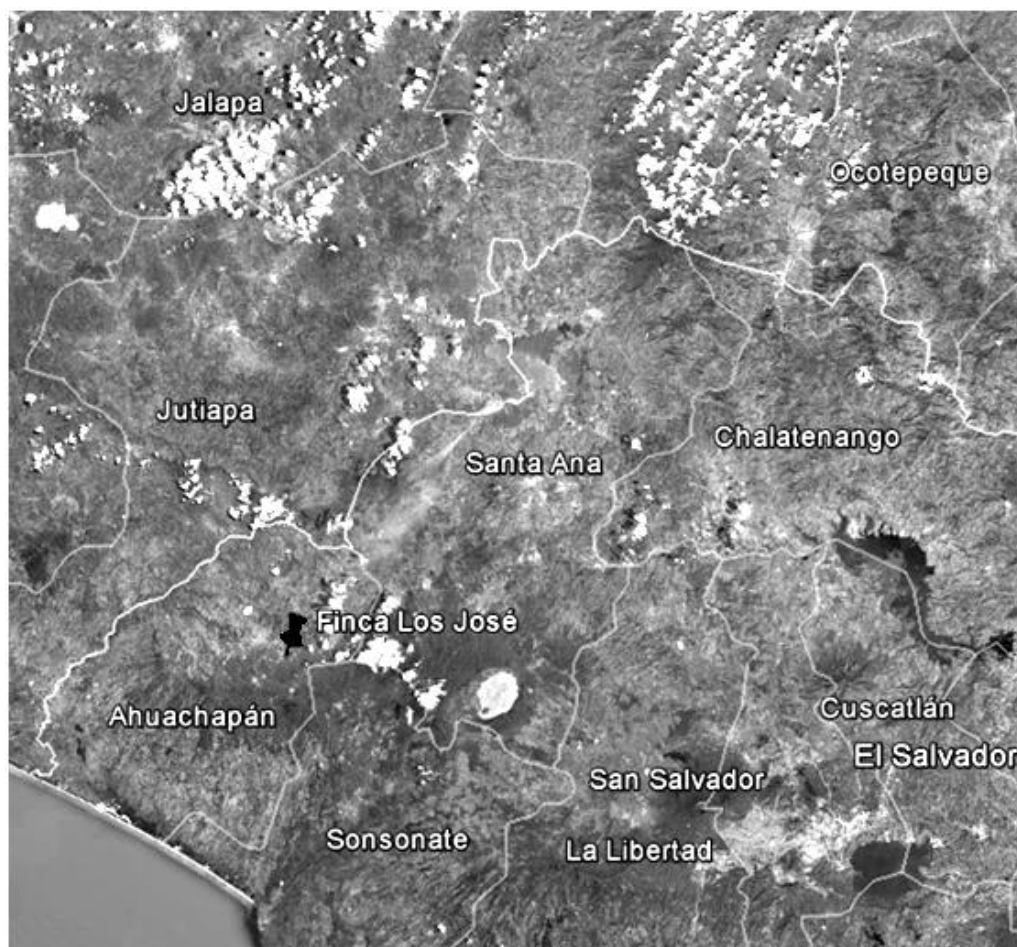


Figura 1. Ubicación de la finca Los Tres José (Ahuachapán, El Salvador).
Fuente: Google Earth (2012).

El estudio consistió en calcular la pérdida de suelo causada por erosión y recomendar prácticas de conservación del suelo y recomendación de fertilización para el cultivo de café. Para determinar la pérdida de suelo se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo por erosión (Wishmeir y Smith 1978). Para implementar esta ecuación se tomaron datos en la finca: muestras de suelo, determinación de las pendientes, cobertura vegetal y se interpolaron datos de precipitación de estudios con condiciones similares. Además se realizó el estudio detallado de suelos. A partir del mapa de curvas a nivel se determinó las longitudes y porcentajes de pendiente similares.

El estudio de suelo fue realizado en tres fases: (1) Delimitación del terreno con GPS (2) Estudio detallado de suelo y mapeo con el programa ArcGIS con base a las diferentes familias texturales encontradas en la finca, (3) Interpretación de la condición química del suelo y recomendaciones de fertilización.

Las unidades de suelo se determinaron mediante 18 barrenaciones en el sentido de la pendiente (figura 2) y en cada barrenación se determinó: número de horizontes, profundidad y textura de cada uno con base en esta información los suelos se agruparon de familias texturales similares y en cada suelo encontrado se describió mediante una calicata de 1 m × 1 m × la profundidad que se encontrase, en total se realizaron cuatro Calicatas en cada calicata se describió: pendiente del terreno por el método de la cuerda. Se describieron las características físicas, ubicación, uso de la tierra, pendiente, altura sobre el nivel del mar (metros), número de horizontes, profundidad de cada uno; y en cada horizonte se determinaron las características físicas: textura, estructura, consistencia en húmedo, raíces (abundancia y tamaño), porosidad (abundancia, clase y tamaño), penetración (medida con Penetrómetro), horizontes por topografía y nitidez (Arévalo y Gauggel 2009).

Los análisis de suelo se realizaron en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. En la muestra para análisis químico de suelos se determinó pH relación 1:1 suelo agua; materia orgánica por el método de Walkley & Black; K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: extraídos con solución Melchich 3 y determinados por espectrofotometría de absorción atómica, excepto fósforo por colorimetría (Arévalo y Gauggel 2011).

Para análisis físico se recolectaron muestras de suelo del primero y último horizonte de cada perfil de suelo en las calicatas. Se determinó textura por el método de Bouyoucos, materia orgánica (M.O) y separación de arenas obtenidas en la prueba de Bouyoucos, con los tamices No: 10, 40, 60, 100, 200).

El mapa de coberturas se realizó con base a la inspección física de la finca recorriendo los diferentes lugares, y delimitando los límites de los cultivos con ayuda de imágenes aéreas de la finca.

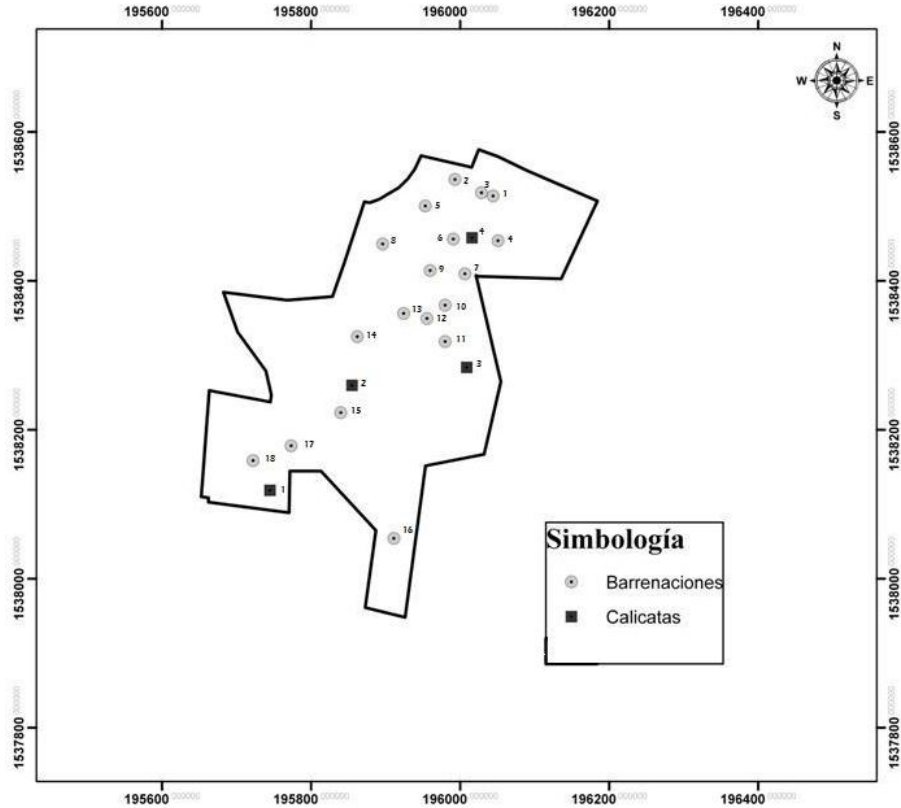


Figura 2: Distribución de las barrenaciones y calicatas en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo. Para calcular la erosión hídrica se aplicó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos EUPS o USLE por sus siglas en inglés (Wishmeir y Smith 1978), [Ecuación 1]. Esta ecuación pretende aislar cada uno de estos factores y reducir su efecto expresándolo en un número, con ello al final cuando se multipliquen todos los factores se pueda obtener la pérdida de suelo total (t/ha/año) (Hudson, 1982).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad [1]$$

Donde:

“A”: Pérdida de suelo, es calculada con base a los factores que están expresados en la ecuación y se representa la pérdida de suelo causada por erosión hídrica en t/ha/año.

“R”: representa erosividad de la lluvia (MJ/mm)/ (ha/hora/año). El valor de R para lluvia mensual se encontró a partir de la precipitación promedio mensual [Ecuación 2] en los meses de Mayo a Octubre que son los meses lluviosos (Alcayaga, H. et al 2000).

$$R_{\text{mes}} = 0.23 \cdot PP_{\text{mes}}^{1.33} \quad [2]$$

“R” para la zona se calculó como el promedio del R para la precipitación de cada mes [Ecuación 3].

$$R = \frac{\sum R_{\text{mes}}}{\text{número de meses}} \quad [3]$$

“K”: erodabilidad del suelo medido en (t/ha) / (MJ/mm/h). Se calculó con base en el contenido de limo, arena fina, materia orgánica, porcentaje de arena, estructura y permeabilidad del suelo, el cual es diferente para cada tipo de suelo, para encontrar el valor del factor K [Ecuación 4] (Wischmeier 1971).

$$K = \frac{0.000271 (M)^{1.14} (12-a) + 4.20(b-2) + 3.23(c-3)}{100} \quad [4]$$

Donde; M: es tamaño medio de partícula (% de limo + % arenas muy finas (0.05 a 0.1 mm)) \times (100 - % de arcilla); a: es el % de materia orgánica; b: es el número correspondiente a la estructura del suelo (1: granular muy fino; 2: granular fino; 3: medio o granular cuarzoso; 4: bloques sub-angulares); c: clase de permeabilidad del perfil del suelo.

“LS” es un factor determinado con base en la longitud y porcentaje de pendiente en un terreno, que afecta la pérdida de suelo. El coeficiente “L” es la longitud total ininterrumpida de la pendiente y “S” el porcentaje de pendiente del terreno. Con el mapa de curvas a nivel de la finca (anexo 1) y mapa de pendiente, se definieron ambos valores. Luego se utilizó la ecuación [5] para determinar el valor “LS” por cada agrupación de pendiente (McCool et al, 1982).

$$LS = \left[\frac{\lambda}{22.1} \right]^{0.3} \cdot \left[\frac{s}{9} \right]^{1.3} \quad [5]$$

Donde LS es un factor que depende de la longitud y el porcentaje de pendiente; “ λ ” es longitud de pendiente (metros) y “s” porcentaje de pendiente.

“C” es el factor que se refiere a la proporción de suelo desprotegido por cobertura vegetal. Para establecer el valor C, se analizaron los cultivos producidos. En cada uno de ellos se definió el nivel de cobertura (Cuadro 1).

Factor “P”: es el valor correspondiente a las prácticas de conservación de suelo utilizadas, se expresa en porcentaje, toma el valor de uno cuando no se realiza ninguna práctica y disminuye cuando se realizan prácticas de conservación.

Cuadro 1. Factor “C” para los cultivos de café con cobertura y maíz según el porcentaje de cobertura del cultivo (después de siembra).

Cultivo	% de cobertura	% de cobertura después de siembra					
		0	20	40	60	80	95-100
Café con cobertura	25	0.42	0.23	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	0.39	0.21	0.14	0.085	0.042	0.011
	75	0.36	0.20	0.13	0.083	0.042	0.011
Maíz	75	0.36	0.26	0.24	0.220	0.270	0.360

Fuente: (Wishmeir y Smith 1978).

Para el estudio se plantearon cuatro escenarios para determinar la cantidad de suelo perdido por erosión y establecer prácticas de conservación diferentes y combinadas. Los escenarios evaluados fueron: (1) la pérdida de suelo, en la condición actual, sin modificar ningún factor, (2) pérdida de suelo modificando "C" sembrando cultivo de café con cobertura (3) la pérdida de suelo corrigiendo el factor LS y P, (4) combina todos los factores (C, LS y P).

Para representar cómo varía la pérdida de suelo bajo las diferentes coberturas y etapas fenológicas del cultivo se realizó un cuadro que compara la pérdida de suelo que tiene el terreno estableciendo el cultivo de café con cobertura en diferentes porcentajes de cobertura y a distintas edades fisiológicas expresadas en porcentaje de cobertura.

La fertilización del área bajo la siembra de café se calculó mediante el análisis de suelo tomando una muestra representativa de suelo del área, y haciendo un análisis completo de macro y micro elementos en el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Después se recomendó una dosis de fertilizantes comerciales según los nutrientes que posee el suelo. Y una producción de 11.6 t/ha de café uva.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del suelo. Dominan suelos arcillosos y francos arcillosos, las principales limitantes en los suelos de la finca son: drenaje interno lento, compactación superficial del suelo, estructura débil que se masifica. En las áreas de mayor elevación se encontró presencia de roca en la superficie y hasta los 90 cm de profundidad en algunos lugares.

Hay presencia de colores moteados en horizontes de profundidades mayores a 40 cm, que denotan problemas de drenaje interno en el suelo. Los colores moteados variaron entre anaranjados, grises claros y amarillos, en el 48. % del perfil en todos los suelos. Esto ocurre por la presencia de horizontes arcillosos y masificación de los mismos. Para la recuperación de estas áreas, es necesario realizar obras de conservación para no perder suelo del primer horizonte que posee mejores propiedades físicas para la producción (Anexo 2)

La finca posee tres tipos de suelo: (F⁻ /F⁺) / (F⁺ / R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; F⁻ /F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad (Figura 3).

Las estructuras predominantes son bloques sub angulares (bsa) y agregados gruesos, las raicillas de las plantas se encuentran en los primeros 15 a 40 cm, encontrando pocas raíces gruesas hasta los 40 cm. Los espacios y la estructura del suelo, no favorece crecimiento radicular ni la infiltración con estructuras de bloques sub angulares, con grado débil y clase media y fina en el primer horizonte. En el área más baja los suelos presentan horizontes más profundos y mayor contenido de materia orgánica, debido a que tiene cultivo de café y tiene menores pérdidas de suelo y acumulación de sedimentos erosionado de zonas altas en el terreno, acumulando sedimentos sobre el área baja.

La resistencia a la penetración que se encontró rangos de 0.5 kg/cm², 1.5 kg/cm² debido a que el suelo estaba húmedo cuando se realizó el estudio.

El primer horizonte de los suelos tiene contenido alto en materia orgánica y texturas franco arcilloso y franco arcillo arenosa (Cuadro 2).

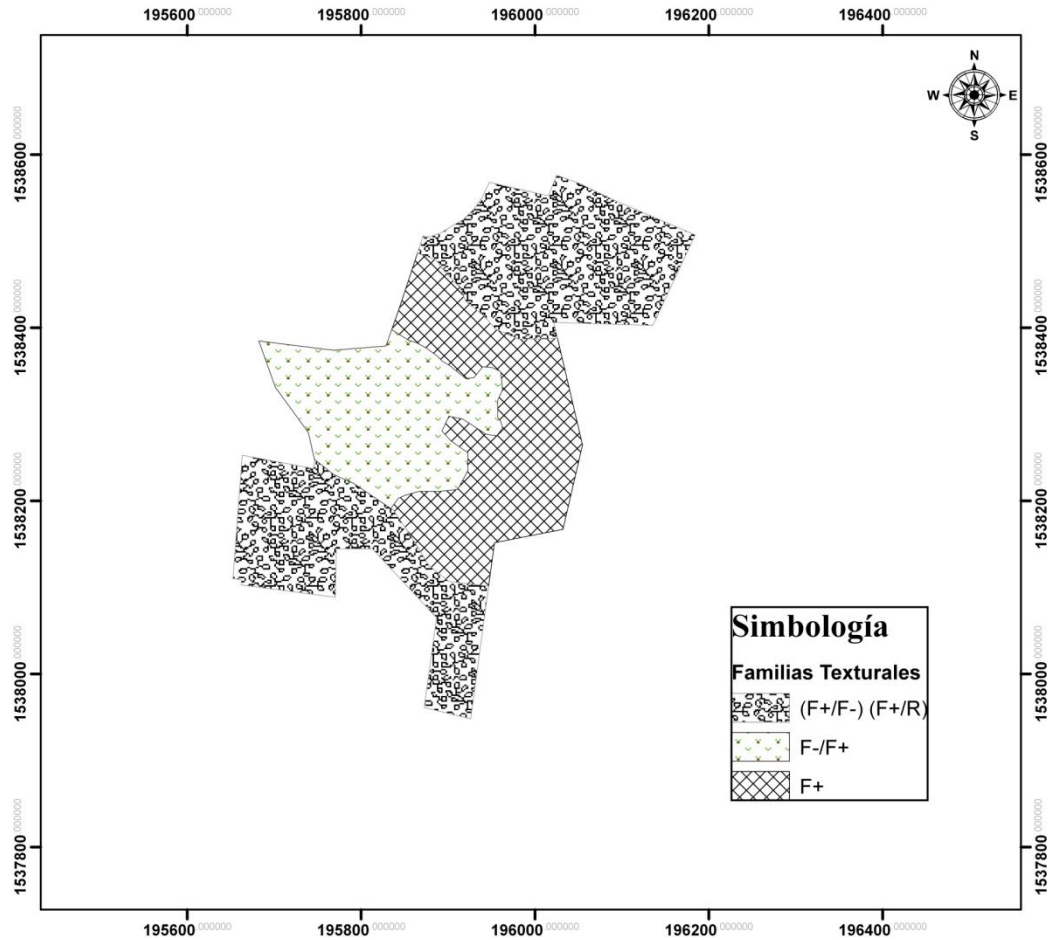


Figura 3. Suelos por texturas diferenciando las texturas (F^-/F^+) / (F^+/R) que tiene un 48% de cobertura, F^-/F^+ cubre 23% y F^+ cubre 29% y se representa su distribución en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Cuadro 2. Familias texturales en el suelo, contenido materia orgánica, granulometría de arenas, limo y arcillas en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Familia textural	⁴ M.O.	Textura %							
		⁵ amg	⁶ ag	⁷ am	⁸ af	⁹ amf	arena	limo	arcilla
¹ (F^-/F^+) / (F^+/R)	4.0	2	6	5	8	15	36	28	36
	4.3	1	7	1	12	17	38	30	32
² F^-/F^+	2.5	3	9	8	5	14	40	28	32
³ F^+	3.0	2	26	5	8	13	54	18	28

¹(F^-/F^+) / (F^+/R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ² F^-/F^+ :suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³ F^+ : suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴M.O materia orgánica; ⁵amg: arena muy gruesa; ⁶ag: arena gruesa; ⁷am: arena media; ⁸af: arena fina; ⁹amf: arena muy fina.

La cobertura de la finca está distribuida en tres áreas; una cubierta con cultivo de café con sombra que sostiene una producción baja y esta con manejo de podas y resiembra, esta área cuenta con cultivos intercalados (cítricos y banano); otra área donde posee cultivo de café con sombra pero no tiene producción porque no posee manejo; las áreas con cultivo de café tienen un área aproximada de 87% y el 13% restante es cultivada con maíz en época de lluvias y frijol en postrera (Figura 4).

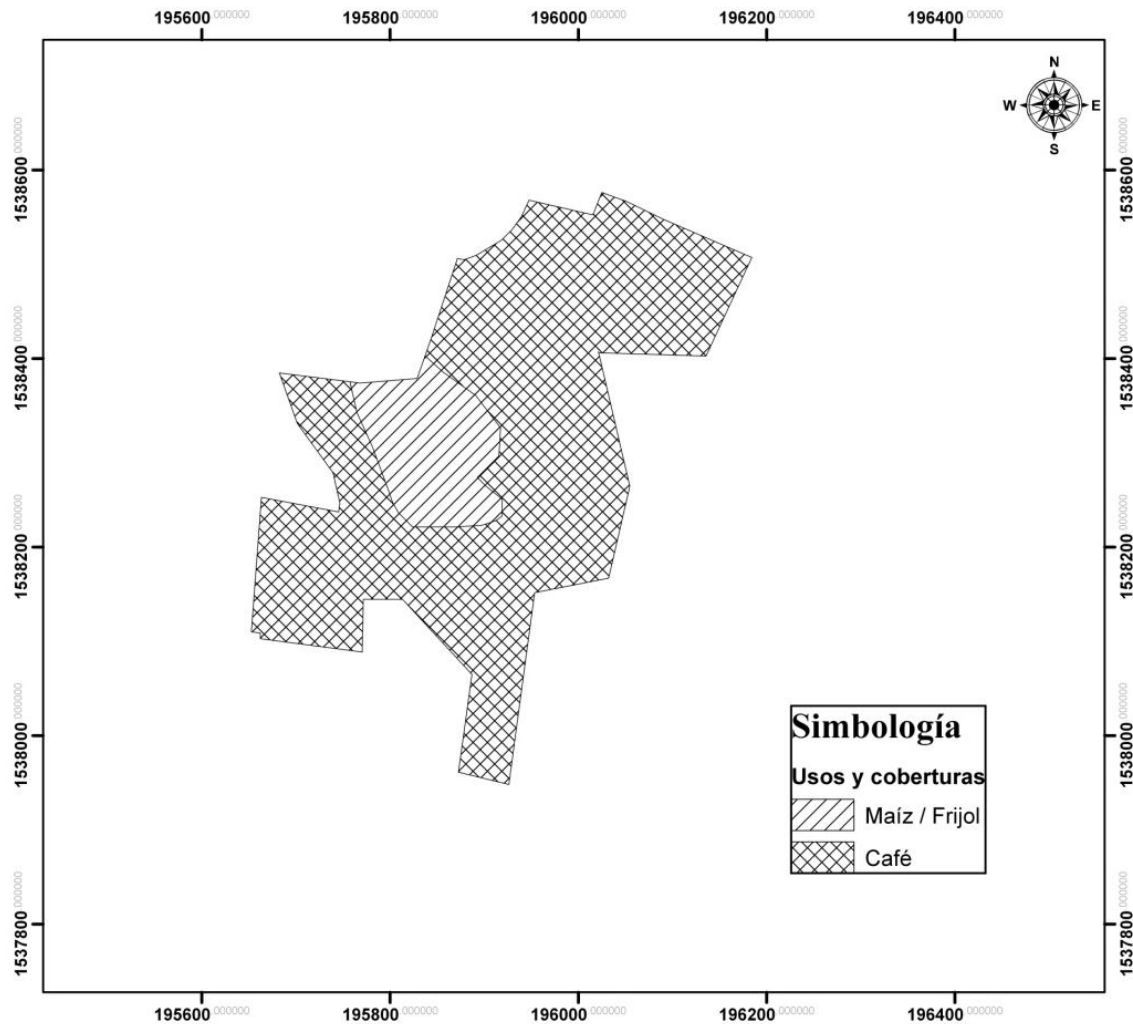


Figura 4: Distribución de la cobertura vegetal (87% cafés bajo sombra y 13% maíz/frijol en época de lluvia). Finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo.

“**R**”: Erosividad de la lluvia. Se estableció un factor de 604 (MJ/mm)/ (ha/ hora/año), (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedio de precipitaciones mensuales encontradas para el cálculo del valor de R en Ahuachapán, El Salvador.

Mes	Precipitación (mm/mes)	¹ R
Mayo	170	286
Junio	350	720
Julio	325	660
Agosto	305	612
Septiembre	390	817
Octubre	270	527
Promedio		604

Fuente: Ministerio de medio ambiente y recursos naturales (MARN).

¹R: Erosividad de la lluvia en (MJ/mm)/(ha/ hora/año).

“**K**”: (erodabilidad del suelo), Se obtuvieron resultados con valores entre 0.17 y 0.23 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de materia orgánica, arena, limo, arena muy fina, valor de estructura, permeabilidad y erodabilidad de los suelos de la finca los Tres José. Ahuachapán, El Salvador.

Familia Textural	⁴ M.O. %	Textura %				Valor		
		⁵ amf	limo	⁶ amf + limo	arena	⁷ E	⁸ P	⁹ K
¹ (F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	4	15	28	43	36	4	0.5	0.19
	4	17	30	47	38	4	0.5	0.22
² F ⁻ /F ⁺	3	14	28	42	40	4	0.5	0.23
³ F ⁺	3	13	18	31	54	4	0.5	0.17

¹(F⁻/F⁺)/(F⁺/R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ²F⁻/F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴M.O: porcentaje de materia orgánica; ⁵amf: arena muy fina; ⁶amf+limo: arena muy fina más limo; ⁷E : estructura; ⁸P: permeabilidad; ⁹K expresado en (t/ha)/(MJ/mm/h).

“**LS**”: Se encuentran cuatro áreas definidas por pendiente agrupadas en rangos de 25 a 37%, 28 a 41%, 25 a 27%, 36 a 45% (Figura 5). El 51% del área tiene pendientes entre 25 a 27% con promedio de 26% y 187 metros, generando un factor LS de 16; el 26% del área tiene pendientes entre 36 a 45% con promedio de 40% y 196 metros, generando un factor LS de 33; el 15% área tiene pendientes entre 25 a 37% con promedio de 32% y 156 metros, generando un factor LS de 20; el 8% área tiene pendientes entre 28 a 41% con promedio de 38% y 97 metros, generando un factor LS de 21. El factor LS se modificó basándose en implementar zanjas de ladera siguiendo las curvas a nivel. Las zanjas de ladera tienen como función reducir la longitud de la pendiente, la escorrentía y la erosión tanto laminar como en surcos, estas se deben construir según las pendientes.

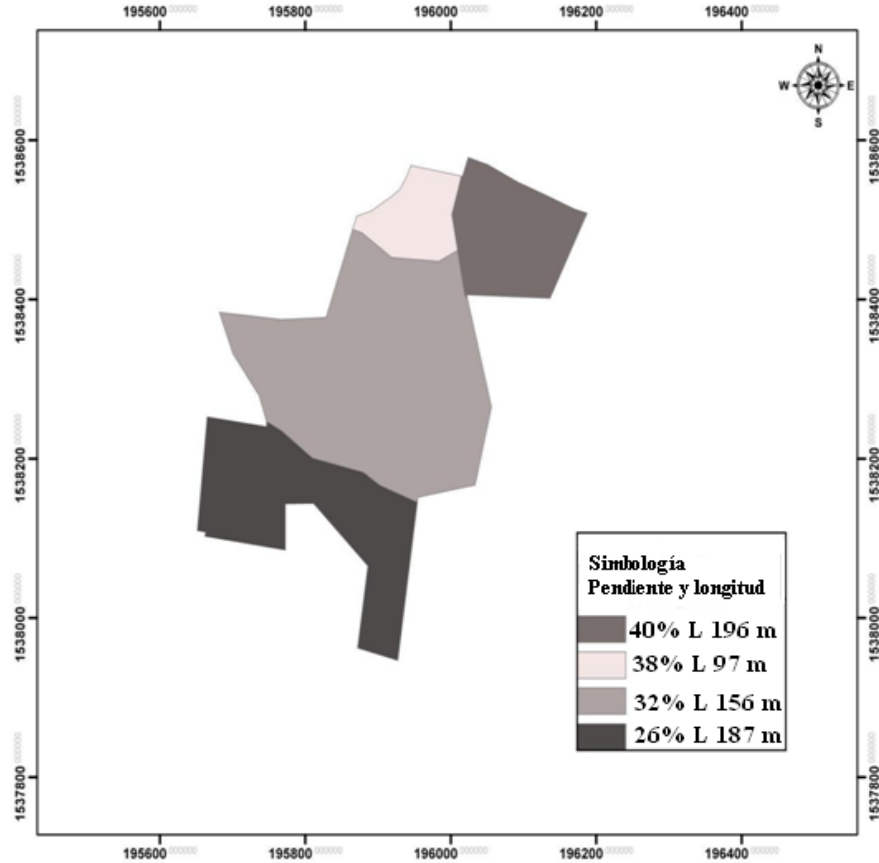


Figura 5. Agrupaciones de % de pendientes y longitud en la finca Los Tres José Ahuachapán, El Salvador.

De acuerdo a los resultados las distancias recomendadas entre zanjas de ladera son de 6.5 metros a 8.5 metros de distancia entre ellas, según porcentaje de pendiente. El propósito de las zanjas de ladera es cortar la pendiente en segmentos y llevar el agua de escorrentía. Las zanjas de ladera deben tener mantenimiento tres veces al año antes, durante y al final de la época lluviosa. Las zanjas deben construirse con pendiente muy baja para evitar erosión, usando nivel A (Raudes y Sagastume 2011), las zanjas deben desaguar a los causes naturales que existen en la finca, guardando de protegerlos para evitar erosión, la protección de las zanjas debe hacerse con pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) y lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*).

Cuadro 5. Porcentajes y longitudes de pendiente, distancia para la elaboración de zanjas de contorno y los valores de LS a utilizar con y sin prácticas en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Pendiente		¹ LS _a	Distancia zanjas (m)	² LS _m
%	Longitud (m)			
40	196	33	6.5	4
26	187	16	8.5	2
32	156	20	8.0	3
38	97	21	8.0	4
26	187	16	9.5	2

¹LS_a: factor de LS sin obras de conservación. ²LS_m: factor de LS modificado con obras de conservación (zanjas en ladera).

“C”: El factor C actual se utilizó 0.285 para el área donde se realiza la siembra de maíz y labranza cero. Para el área que tiene cultivo de café se utilizó un factor C de 0.009 por la cobertura que posee el cultivo.

“P”: En la condición actual no se realizan prácticas de conservación de suelos, por lo que el valor para este factor es 1. Se identificaron cárcavas en las zonas de confluencia de agua de escorrentía por lo cual se recomienda realizar prácticas de conservación como zanjas de ladera y canales de evacuación de agua. Barreras vivas siguiendo el contorno de las curvas a nivel con especies como lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*), pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Bajo la combinación de estas prácticas el factor “P” se reduce a 0.05¹. La siembra de barreras vivas se debe hacer en la parte superior de las zanjas de ladera.

Escenarios considerados para disminuir la pérdida de suelo. La pérdida varía en función del suelo y cobertura vegetal, es menor en el suelo cubierto con la plantación de café y varía entre 19 y 34 t/ha/año, en el suelo donde se siembra maíz la pérdida encontrada es de 647 t/ha/año (Cuadro 6).

Cuadro 6. Estado actual de pérdida de suelo por erosión hídrica (t/ha/año), valor de “R”: 604 (MJ/mm) / (ha/ hora/año); sin modificación de los factores (LS, C, P) en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Unidad de suelo	Factores ecuación USLE			Pérdida de suelo (t/ha/año)
	⁴ K	⁵ LS	⁶ C	
¹ (F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	0.19	33	0.009	34
	0.17	20	0.009	19
	0.17	21	0.009	20
² F ⁻ /F ⁺	0.23	16	0.285	647
³ F ⁺	0.22	16	0.009	20

¹(F⁻/F⁺)/(F⁺/R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ²F⁻/F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴K: es el factor de erodabilidad del suelo; ⁵LS: factor basado en longitud y porcentaje de pendiente; ⁶C: es el factor de cobertura del suelo.

Al estimar la pérdida de suelo con el factor “C” estableciendo el cultivo de café con cobertura en el área donde se siembra maíz se disminuye las pérdidas de 647 a 25 t/ha/año (Cuadro 7).

Cuadro 7. Pérdida de suelo (t/ha/año) con valores de: “R”: 604 (MJ/mm)/ (ha/ hora/año); “P”: 1; modificando el factor de cobertura(C) en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Unidad de suelo	Factores ecuación USLE			Pérdida de suelo (t/ha/año)
	⁴ K	⁵ LS	⁶ C	
¹ (F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	0.19	33	0.009	33
	0.17	21	0.009	19
	0.17	20	0.009	18
² F ⁻ /F ⁺	0.23	16	0.011	25
³ F ⁺	0.22	16	0.009	19

¹(F⁻/F⁺)/(F⁺/R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ²F⁻/F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴K: es el factor de erodabilidad del suelo; ⁵LS: factor basado en longitud y porcentaje de pendiente; ⁶C: es el factor de cobertura del suelo.

Al implementar la construcción de zanjas de ladera siguiendo curvas a nivel y barreras vivas: bajo sol pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) y bajo sombra lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*). Disminuye el factor LS y modifica el factor P con ello se reduce

la pérdida a 0.12 a 0.21 t/ha/año en el cultivo de café y pérdidas de 4.22 t/ha/año en el cultivo de maíz que están dentro del límite de 14 t/ha/año (Cuadro 8).

Cuadro 8. Pérdida de suelo (t/ha/año) con valores de: “R”: 604 (MJ/mm)/ (ha/hora/año); “P”: 0.05 y modificando LS en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Unidad de suelo	Factores ecuación USLE			Pérdida de suelo (t/ha/año)
	⁴ K	⁵ LS	⁶ C	
¹ (F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	0.19	4	0.009	0.21
	0.17	4	0.009	0.17
	0.17	3	0.009	0.13
² F ⁻ /F ⁺	0.23	2	0.285	4.22
³ F ⁺	0.22	2	0.009	0.12

¹(F⁻/F⁺)/(F⁺/R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ²F⁻/F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴K: es el factor de erodabilidad del suelo; ⁵LS: factor basado en longitud y porcentaje de pendiente; ⁶C: es el factor de cobertura del suelo.

El último escenario se calculó con la combinación de los tres factores: cobertura (C), factor (LS) y prácticas de conservación (P), cambiando de cultivo de maíz a cultivo de café con cobertura y se obtiene como resultado una pérdida máxima de 0.21 t/ha/año de pérdida de suelo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Pérdida de suelo (t/ha/año bajo) con valores de: “R”: 604 (MJ/mm)/ (ha/hora/año); “P”: 0.05 y modificando “C” en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Unidad de suelo	Factores ecuación USLE			Pérdida de suelo (t/ha/año)
	⁴ K	⁵ LS	⁶ C	
¹ (F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	0.19	4	0.009	0.21
	0.17	4	0.009	0.17
	0.17	3	0.009	0.13
² F ⁻ /F ⁺	0.23	2	0.011	0.16
³ F ⁺	0.22	2	0.009	0.12

¹(F⁻/F⁺)/(F⁺/R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ²F⁻/F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴K: es el factor de erodabilidad del suelo; ⁵LS: factor basado en longitud y porcentaje de pendiente; ⁶C: es el factor de cobertura del suelo.

Los valores de pérdida de suelo por erosión disminuyeron de 634 t/ha/año a 292t/ha/año al cambiar el cultivo de maíz por café con cobertura al 75%. Los valores de pérdida por erosión también pueden verse disminuidos a un valor bajo el límite permisible al implementar cultivo de cobertura con prácticas de conservación y modificando el largo de la pendiente (LS), con esto se obtiene reduce la pérdida de 329 t/ha/año a 2 t/ha/año. En el caso de no querer cambiar el cultivo de maíz se deben realizar las obras de conservación y recortar la longitud de la pendiente para disminuir la pérdida de 634 t/ha/año a 4 t/ha/año (Cuadro 10).

Cuadro 10. Evaluación de porcentajes de coberturas con las prácticas de conservación para disminuir los efectos de la erosión hídrica, en el área donde se siembra maíz en la finca los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Cultivo	Cobertura con cultivo	⁴ FM	Unidad de suelo	Pérdida de suelo (t/ha/año)						Total
				% Cobertura follaje						
				0	20	40	60	80	100	
Café con cobertura	25	Ninguno	¹ (F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	158	86	33	33	16	4	329
	50		² F ⁻ /F ⁺	146	79	32	32	16	4	309
	75		³ F ⁺	135	75	31	31	16	4	292
Maíz	75		(F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	135	98	83	83	101	135	634
Café con cobertura	25	⁵ LS	(F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	21	11	4	4	2	1	43
	50		F ⁻ /F ⁺	19	10	4	4	2	1	41
	75		F ⁺	18	10	4	4	2	1	38
Maíz	75		(F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	18	13	11	11	13	18	83
Café con cobertura	25	⁶ LS-P	(F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	1.0	0.5	0.2	0.2	0.1	0.03	2
	50		F ⁻ /F ⁺	0.9	0.5	0.2	0.2	0.1	0.03	2
	75		F ⁺	0.8	0.4	0.2	0.2	0.1	0.03	2
Maíz	75		(F ⁻ /F ⁺)/(F ⁺ /R)	0.8	0.6	0.5	0.5	0.7	0.89	4

¹(F⁻/F⁺)/(F⁺/R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ²F⁻/F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴FM: Factor modificado en la ecuación de USLE; ⁵LS: factor basado en longitud y porcentaje de pendiente; ⁶LS-P: longitud y porcentaje de pendiente y prácticas de conservación.

Las pérdidas totales de suelo por erosión en la finca según su porcentaje de área: en el estado actual de la finca se pierden 1235 t/año de suelo por erosión, si se establecen las obras de conservación y zanjas de ladera disminuyen las pérdidas de suelo por erosión a 8.7 t/año, además si se decide realizar la siembra de café con cobertura en el área donde se siembra maíz y establecemos cobertura las pérdidas bajan a 1.79 toneladas de suelo anuales (Cuadro 11).

Cuadro 11: Pérdidas comparativas de suelo por erosión en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Unidad de suelo	Prácticas propuestas y pérdida de suelo (t/área/año)				
	Hectáreas	⁴ Ninguna	⁵ C	⁶ LS-P	⁷ LS-C-P
¹ (F ⁻ /F ⁺) / (F ⁺ / R)	2.62	87.9	86.5	0.5	0.54
	1.19	23	22.7	0.2	0.20
	1.90	37	35.1	0.2	0.25
² F ⁻ /F ⁺	1.55	999	39.4	6.5	0.25
³ F ⁺	4.52	88	86.8	0.6	0.55
Pérdida total en la finca (t/año)		1235	270.4	8.07	1.79

¹(F⁻ /F⁺) / (F⁺ / R): Suelos con menos del 35 % de arcilla de 0 a 30 cm y mayores al 35% de arcilla de los 30 a 90 cm de profundidad sobre roca continua; ²F⁻ /F⁺:suelos con menos del 35% de arcilla de 0 a 60 cm y con > 35% de arcilla de 60 a 120 cm de profundidad; ³F⁺: suelos con >35% de arcilla entre 0 a 90 cm de profundidad; ⁴Ninguna pérdida de suelo en el estado actual de la finca; ⁵C: pérdida de suelo modificando cobertura; ⁶LS-P: Pérdida de suelo reduciendo LS y P; ⁷LS-C-P: Pérdidas de suelo modificando LS, C y P.

Fertilización. Para la fertilización del área productiva se recomienda encalar como primer paso, ya que el análisis de suelo muestra un pH de 4.8 fuertemente ácido y el café necesita un pH de 6.5 en el suelo. Las necesidades de encalamiento son de 9.4 t/ha de cal agrícola para elevar el pH a 6.5, la aplicación será dirigida a los surcos los cuales representan 50% del área, entonces serán 4.7 t/ha de cal agrícola. Las aplicaciones por planta no deben de ser superiores a 226 gramos por planta y deben realizarse antes de la lluvia alrededor de cada árbol incorporándola al suelo, por lo menos un mes antes del inicio de las lluvias y durante tres o cuatro años confirmando con nuevos análisis del suelo para ver el efecto del encalado.

Como fuente de nitrógeno no se recomienda aplicar urea ya que acidifica el suelo. El análisis de suelo mostró que los elementos N, K, Ca, Mg, Mn y Zn están en un rango medio y P, Cu y Fe están en un rango alto. La materia orgánica esta en rango alto para el suelo (4.95%).

Según los requerimientos nutricionales para el cultivo de café produciendo 23 t/ha de café uva se necesitan 250kg/ha de nitrógeno, 60 kg/ha fósforo, 240 kg/ha potasio, 30 kg/ha magnesio (cuadro 12).

Cuadro 12: Requerimientos del cultivo para producción de 23 t/ha café uva y ajuste según análisis de suelo.

Elemento	kg/ha	¹ Constante	² Forma inorgánica	² Ajuste según suelo	³ Demanda de nutriente
N	200	1.00	N	1.2	240
P	60	2.33	P ₂ O ₅	0.5	70
K	240	1.20	K ₂ O	1	289
Mg	30	1.67	Mg O	1	50

¹Constante: multiplicar por el factor de conversión para convertirlo expresión de fertilizante; ²Forma inorgánica: forma de absorción del nutriente por plantas; ³Ajuste según análisis de suelo: ajuste basado en cantidad de elementos que provee el suelo; ⁴emanda de nutrientes: cantidad de nutrientes de forma inorgánica que requiere el cultivo para la producción.

Las aplicaciones de fertilizantes se deben fraccionar en dos partes, al inicio y al final de la época lluviosa. La primera aplicación será el 60% de los requerimientos por año, porque está en etapa de llenado de fruto (Junio) y el otro 40% será al final de la época lluviosa que le proveerá nutrientes para una buena maduración y mantenerse para la siguiente producción (Septiembre). Los fertilizantes que proveen los nutrientes se muestran en el (cuadro 13); Además deben realizar prácticas de manejo del cultivo para optimizar la fertilización.

Cuadro 13: Recomendación de fertilización para el cultivo de café en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Fertilizante	Cantidad de Fertilizante kg/ha		
	Anual	Junio	Septiembre
Nitrato de Amonio (34-0-0)	625	375	250
Sulfato de magnesio (0-0-0-0-16)	313	188	125
Cloruro de Potasio (0-0-60)	482	289	193
Fosfato Di amónico (18-46-0)	152	91	61

4. CONCLUSIONES

- La erosión del suelo es mayor al límite permisible bajo las condiciones actuales de la finca.
- Sin prácticas de conservación la erosión en el cultivo de café se encuentran entre 19 a 34 t/ha/año.
- En el cultivo de maíz que se realiza anualmente sin prácticas de conservación las pérdidas por erosión son de 647 t/ha/año.
- Con prácticas de conservación y modificando la longitud de pendiente las pérdidas de suelo se reducen a 0.12 a 0.21 t/ ha/año en el cultivo de café y en el cultivo de maíz 4.22 t/ha/año.
- El pH en el suelo limita la disponibilidad de los nutrientes, el suelo posee reservas de nutrientes que no son aprovechadas por el cultivo.

5. RECOMENDACIONES

- Uso de cultivos de cobertura como leguminosas o abonos verdes; malezas de hoja ancha controladas.
- Sembrar siguiendo la curva a nivel del terreno.
- Uso de barreras vivas siguiendo el contorno de las curvas a nivel con especies como pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) y lengua de suegra (*Sansevieria trifasciata*).
- Usar disipadores de energía con roca para disminuir la fuerza del agua de escorrentía y pedazos de bambú (*Bambusa vulgaris*), en las cárcavas y canales colectores de agua.
- Realizar un análisis foliar de las plantas bajo producción.
- Realizar zanjas de ladera para disminuir largo de pendiente.
- Analizar pH al iniciar la época de lluvias para ver efecto del encalamiento.
- Evitar el uso de fertilizantes que acidifiquen el suelo.

6. LITERATURA CITADA

Alcayaga H., Patrick D., Francisco R., Alejandra S., 2000 Uso de datos de precipitación diaria, mensual y anual para la estimación de la erosividad de la lluvia, factor del modelo (R) USLE. Tesis Ing. Ciencias Ambientales EULA – Chile, Universidad de Concepción, Chile. 13 p.

Arévalo G. y Gauggel C. 2011. Manual de prácticas del curso de Manejo de suelos y nutrición vegetal. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. E.A.P., Zamorano, Honduras. p 20.

Arévalo, G; Gauggel C. 2009. Manual de laboratorio de ciencia de suelos y aguas. EAP, Zamorano. 74 p.

Cool, D. K., L. C. Brown., G. R. Foster, C. K. Mutchler., and D. Meyer, (1987). Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. Transactions of the ASAE, 30:1387--1396.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Centro de prensa sobre el hambre mundial (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 23 de oct. 2012. Disponible en <http://www.fao.org/news/story/es/item/45291/icode/>

Gliessman, SR; Rosado-May, FJ; Guadarrama, C; Jedlicka, J; Cohn, A; Mendez, VE; Cohen, R; Trujillo, L; Bacon, C; Jaffe, R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente 16(1)13-23.

Morgan, C. 1996. Erosión y conservación de suelo. Ediciones mundi prensa (en línea). Consultado 23 de oct. de 2012. Disponible en http://books.google.hn/books?id=jcFqaFIu1UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Raudes. M., Sagastume, M. 2009. Manual de Conservación de Suelos. Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. Carrera de ciencia y Producción Agropecuaria. EAP Zamorano, Honduras. 75p.

Sánchez P. 1981. Suelos del trópico: características y manejo. 1 ed. San José. C.R 660p.

Schalamuk, S; Velázquez, S; Chidichimo, H; Cabello, M. 2003. Efecto de la siembra directa labranza convencional sobre la colonización micorriza y esporulación en trigo. Boletín microbiológico Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires 18(1)15-19.

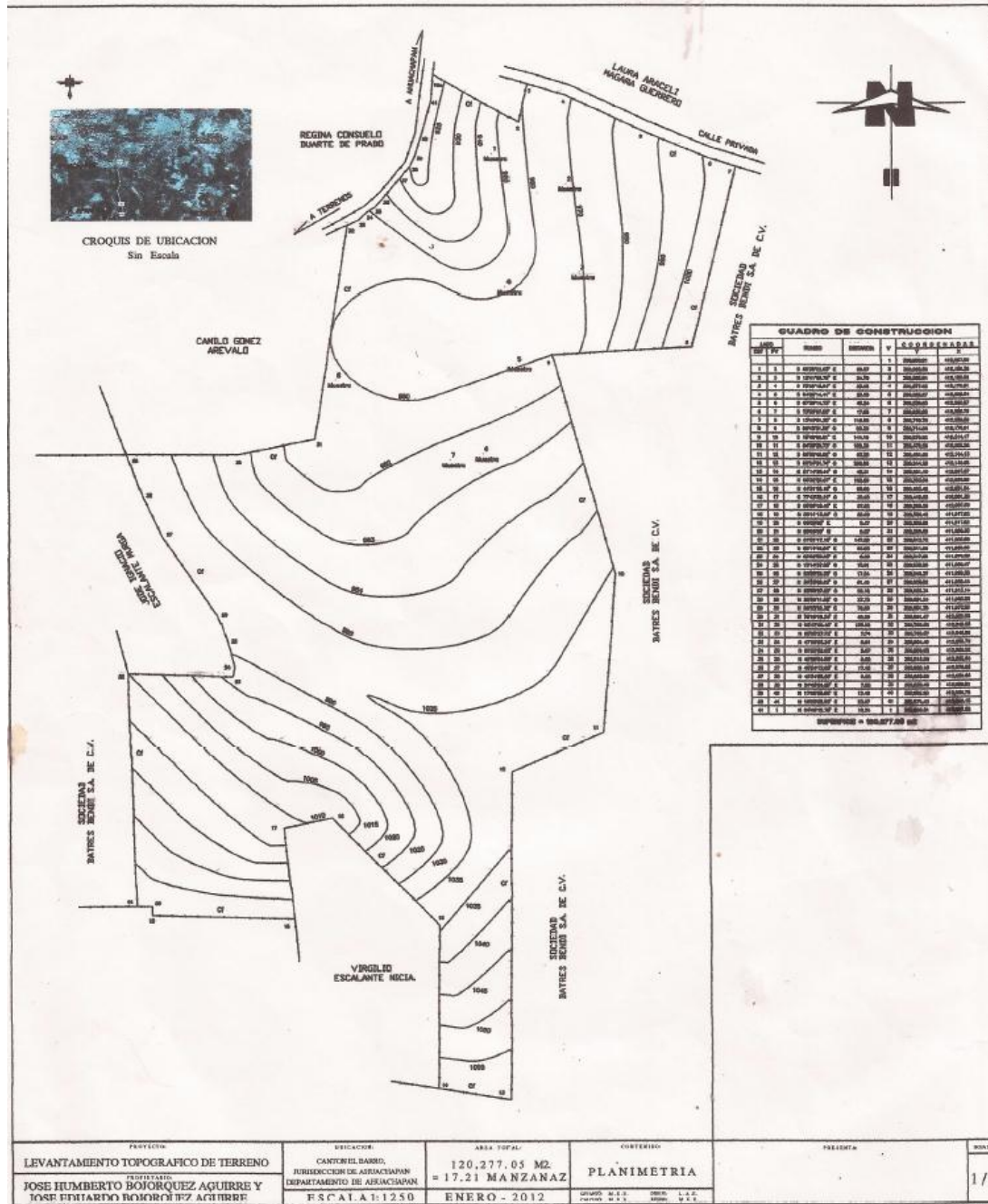
Singh, M; Khera, K. 2009. Physical Indicators of Soil Quality in Relation to Soil Erodibility Under Different Land Uses. Taylor & Francis Group 23(2)152–167.

Stocking, M; Mumaghan, N. 2001. Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra. Ediciones Mundi Prensa. 168.

Wischmeier W.H. Johnson C.B. and Cross B.V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of soil and water conservation* 26: 189-192.

Wischmeier W.H. y D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. United States Department of Agriculture, Washington D.C. USA, 158 pp.

7. ANEXOS



Anexo 1. Curvas a nivel en finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Anexo 2. Descripción de suelos en calicatas.

Calicata 1. Coordenadas X 0195791 en Y 1538103.

Ap: 0 – 35 cm; 10YR2/1 Franco arcilloso; bloques sub-angulares medianos moderados; raíces abundantes grandes finas y muy finas; poros abundantes tubulares pequeños; resistencia a la penetración 1.5 kg/cm² ; límite plano difuso.

C₁: 35-50 cm; 10YR5/3 arcilloso; bloques sub-angulares débiles medianos; raíces muy finas y pocas, poros pocos tubulares y muy finos; resistencia a la penetración 1 kg/cm²; límite plano difuso.

Horizonte: 50 – 76X cm; 10YR7/8; arcilloso; bloques angulares medianos débil moderados; raíces muy pocas y finas; poros tubulares y finos; resistencia a la penetración 1.5 Kg/cm²; roca continua.

Calicata 2. Coordenadas X 0195855 en Y 1538260.

Ap: 0 – 70 cm, 7.5YR2.5/3; franco arcilloso; bloque sub-angulares débil finos; raíces finas y pocas, poros planares pocos y finos; resistencia a la penetración 0.5 kg/cm², límite abrupto plano.

C: 70 – 80 cm; 7.5YR4/2; arcillo arenoso; bloques sub-angulares débil muy finos, raíces muy pocas y finas; poros planares pocos; resistencia a la penetración 0.5 Kg/cm²; límite abrupto.

Cg: 80 – 135X cm; 7.5YR3/4 arcilloso; masificada; ausencia de raíces; poros ausentes totalmente masificado; resistencia a la penetración 0.5 Kg/cm².

Calicata 3. Coordenadas X 0196016 en Y 1538458

Ap: 0 – 28 cm; 7.5YR2.5/2 franco arcilloso; migajosa; raíces muchas de todos los grosores; poros abundantes tubulares conectados; resistencia a la penetración 0.5 Kg/cm²; límite difuso.

C: 28 – 50 cm; 7.5YR4/3 arcilloso; bloques sub-angulares débil finos; raíces medianas abundantes; poros tubulares finos; resistencia a la penetración 0.5 Kg/cm²; límite plano y difuso.

Cg: 50 – 95X cm; moteados; 5YR5/3, 2.5YR3/4, 7.5YR4/2; arcilloso; masificado; raíces ausentes; poros ausentes; resistencia a la penetración 0.5 kg/cm²; límite definido.

Calicata 4. Coordenadas X 0196009 en Y 1538284.

Ap: 0 – 25cm; 10 YR1/2; franco arcilloso; bloques sub-angulares moderados finos; raíces todos grosores frecuentes; poros medios y finos tubulares conectados; resistencia a la penetración 0.5 kg/cm²; límite plano difuso.

C₁: 25 – 43 cm; 5YR2/4; arcilloso; bloques sub-angulares medios moderados; raíces finas y muy finas frecuentes; poros finos muy finos conectados; resistencia a la penetración 1.5 kg/cm²; límite ondulado gradual.

C₂: 43-90X cm; 10YR4/8; franco arenoso; bloques sub-angulares gruesos y medios; raíces muy finas pocas; poros finos planares no conectados; resistencia a la penetración 1.0 kg/cm²; Pedregosidad 20% gravilla fina y cascajo.

Anexo 3. Análisis de macro y micro nutrientes en el suelo del área productiva en la finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

EAP ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS
 DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel. 9969-6846

Solicitante: JOSE E. BOJORQUEZ
Localización de la muestra.
Departamento:
Cultivo:

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELOS
 Fecha de entrada: 25/08/12
 Fecha de salida: 04/09/12

Metodos:
 K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica
 P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría
 % M.O. : Metodo de Walkley & Black
 % N total: 5% de M.O.
 pH: Relación suelo : agua; 1:1
 B,S: Solución extractora fosfato de calcio, determinados por colorimetría
 Textura: Metodo de Bouyoucus

# Lab.	Muestra	Textura	% Arcilla		pH (H ₂ O)	M.O.	% N total		mg/Kg (extractable)									
			Arena	Limo			Alto	Medio	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Min	Zn		
12-S-3673	Finca Los	Franco Arcilloso	42	28	30	4.81	4.95	0.25	106	331	4640	700	15	3.7	284	43	2.3	

Rango Medio	2.00	0.20	13	56	28	1.7
	4.00	0.50	30	112	112	3.4
	Por: Saturación de bases			1.7	56	28
				3.4	112	112
						1.7
						3.4



P. P. M. Oliva
 Interpretación: Ing. Dania Pamela Oliva

Responsable del análisis: *M. Sánchez Amaya*
 Ing. Moisés Sánchez Amaya

Anexo 4. Coordenadas de barrenaciones, finca Los Tres José, Ahuachapán, El Salvador.

Numero de barrenación	x	y	Textura
1	195991.00	1538536.00	franco arcilloso
2	196047.00	1538511.00	franco arcilloso
3	196050.00	1538455.00	arcilloso
4	195990.00	1538453.00	arcilloso
5	195991.00	1538404.00	Franco arcilloso
6	196029.00	1538518.00	arcilloso
7	195950.00	1538500.00	Franco arcilloso
8	196007.00	1538407.00	arcilloso
9	195998.00	1538366.00	Franco arcilloso
10	195958.00	1538352.00	Franco arenoso
11	195930.00	1538352.00	Franco arcilloso
12	195975.00	1538312.00	Franco arcilloso
13	195960.00	1538210.00	Franco arcilloso
14	195867.00	1538316.00	Franco arenoso
15	195839.00	1538228.00	Franco arenoso
16	195903.00	153857.00	arcilloso
17	1957557.00	1538112.00	Franco arcilloso
18	195766.00	1538144.00	Franco arcilloso