



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa.

Monografía para optar al título de ingeniero agrónomo

Tema:

Desarrollo y validación de metodología práctica para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en los cultivos de frijol de apante y café en el municipio El Cuá, Jinotega, 2011- 2012.

AUTORES:

Willian Antonio Delgadillo López

Nancy Verónica Rugama Rugama

TUTOR:

MSc. Francisco Javier Chavarría Arauz.

ASESORES:

PhD. Rafael Blanco Sepúlveda

PhD. Andreas Nieuwenhuyse

MSc. Amilcar Aguilar Carrillo

Matagalpa, Julio, 2012.

DEDICATORIA

Dedico éste logro en primer lugar a **Dios Padre, Hijo Y espíritu Santo**, que me ha permitido cumplir una de mis metas y que en medio de todo nunca me a desamparado y me ha guiado siempre, por permitirme darle este orgullo a mi madre y a toda mi familia.

A mi Madre **Andrea Rugama Olivas**, porque este merito es de ella no mío ya que ella se ha esforzado toda la vida para sacarme adelante porque nos pone a sus hijas antes que a ella misma.

A mi familia porque cuando necesite apoyo ahí estuvieron ayudándome especialmente mi Padre Armando Rugama Arauz y mis tíos Rubén Rugama Arauz y Rosa Rugama Olivas quienes me apoyaron en todo.

A los maestros que durante todos estos años me han enseñado y fueron pacientes, gracias porque en ocasiones fueron para mí como padres, porque no solo me enseñaron lo que era su deber como maestros, sino también me enseñaron buenas costumbres me guiaron a ser mejor persona, cultivaron en mí una buena moral.

A mis amigos, quienes incondicionalmente me ayudaron dándome ánimo y apoyándome, son tantos los amigos y amigas que quisiera mencionar que no abría espacio, pero sepan que les agradezco sus buenos consejos y ejemplos.

Agradezco también a mi compañero de tesis William Antonio delgadillo López, porque cuando yo no pude el estuvo ahí en los momentos más críticos, por soportar mi mal genio, y todo, muchas gracias.

Sean que este triunfo lo comparto con todos ustedes, Gracias.

Br. Nancy Verónica Rugama Rugama

DEDICATORIA

Este logro es dedicado en primer lugar a **Dios nuestro señor**, por haberme dado salud, condiciones y las fuerzas para lograr terminar mis estudios, parte de lo que anhelo, para dar ese orgullo a toda mi familia.

A Mi Madre Ana María López García, que nunca me negó nada para lograr mis estudios y que me espero con mucha paciencia y tolerancia, por haberme guiado siempre a los estudios con la esperanza de que ambos lográramos cumplir esa meta.

A mi Padre Isidro Delgadillo Ortega y a mis Hermanos, Wilber José Delgadillo, Walter Cristóbal Delgadillo y Damaris Isabel Delgadillo.

A mis Maestros de primaria que desde mis primeros años de estudio me dedicaron su tiempo para formar mi educación y a mis maestros de la universidad por apoyarme cuando los necesite.

A mis Amigos Doña Milvia Caldera, Milvia Cuaresma y Rosa Rugama, por haberme brindado su apoyo cuando más lo necesitaba.

A mi compañera de tesis Nancy Verónica Rugama Rugama, por haberme ayudado en este trabajo y compartir con migo esta experiencia.

Br. William Antonio Delgadillo López.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a **JEHOVA Dios** por permitirnos haber llegado a culminar esta meta, por darnos vida, salud y sobre todo sabiduría para conducirnos vida por los mejores caminos de la vida; por llenar nuestro hogar con sus bendiciones, y darnos en el momento oportuno lo que necesitamos.

A quienes han sido nuestros **maestros**, desde la niñez han venido educándonos y formándonos hasta que logramos llegar a esta meta. Un agradecimiento especial a nuestros maestros de la universidad quienes han compartido con nosotros sus conocimientos profesionales; al **colectivo de agronomía**: En especial MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz, quien ha sido como un padre para nosotros gracias por sus buenos ejemplos, PhD. Jairo Emilio Rojas Meza MSc. Evelyn Calvo Reyes; MSc. Julio César Laguna Gámez; MSc. Virginia López Orozco; Quienes además de maestros fueron nuestros amigos.

A la **UNAN-FAREM Matagalpa** por permitirnos terminar los estudios por darnos la oportunidad, ya que es un orgullo ser egresados de esta prestigiosa institución.

Al PhD. Rafael Blanco Sepúlveda, PhD. Andreas Nieuwenhuyse, MSc. Amilcar Aguilar Carrillo (CATIE) quien nos ofreció la oportunidad de entrar a trabajar con tan prestigiada organización en el proyecto MESOTERRA. Gracias al apoyo económico de la organización se llevó a cabo dicho estudio a través del cual hemos logrado graduarnos como ingenieros agrónomos además de hacer un gran aporte a los productores. Dios les bendiga a todos.

OPINION DEL TUTOR

Por este medio el Suscrito en calidad de tutor de la monografía de los egresados Nancy Verónica Rugama Rugama con Carnet No. 05-064981 y William Antonio Delgadillo López con Carnet No. 03-433385, titulada “Desarrollo y validación de metodología práctica para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante y café (*Coffea arabica*) en el municipio El Cuá, Jinotega”. Por este medio avalo la entrega del documento final, considerando que el mismo cumple con los criterios de calidad establecidos en las normativas que la UNAN Managua tiene establecidos para la modalidad de monografía.

Considero necesario resaltar los grandes esfuerzos realizados por Delgadillo y Rugama por llevar a feliz término su trabajo, que sin duda es un gran aporte a la ciencia del suelo y por ende a la formación de los profesionales de la carrera de agronomía y en sí podrían ser utilizados para enrumbarnos hacia una agricultura y ganadería más sostenible.

Quiero reconocer el valioso aporte monetario y sobre todo técnico-científico de parte de los amigos Amilcar Aguilar del CATIE-MESOTERRA, Rafael Blanco de la Universidad de Málaga-España y Andreas Nieuwenhuyse también de CATIE/Costa Rica.

Que Dios colme de bendiciones a mis colegas en los próximos retos que les plantee la vida.

Francisco Javier Chavarría Aráuz

RESUMEN

El estudio “Desarrollo y validación de metodología práctica para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante y café (*Coffea arabica*) en el municipio El Cuá, Jinotega” se llevó a cabo en comunidades del Municipio El Cuá, en el Departamento de Jinotega. Las variables medidas fueron: Erosión hídrica en las parcelas que se distribuyó en cuatro rangos; evaluación de la vegetación muerta; sombra y labores culturales. Entre los principales objetivos estaba el determinar la influencia de la pendiente, de la vegetación muerta, sombra y el tipo de labranza en la ocurrencia de erosión hídrica en parcelas de café y frijol de apante. La investigación se justifica por cuanto es una nueva metodología para estimar pérdidas debido a procesos erosivos. En el estudio se involucraron 6 productores de café y 13 de frijoles, de un universo de 43 unidades de producción. La muestra se seleccionó en base a criterios que debían de cumplirse. Entre los principales resultados se encontró que en el rango de pendiente > 40 % es donde se presentan las mayores pérdidas por erosión. Por otro lado se encontró que por encima de 60-70 % de cobertura de vegetación muerta, se presentan menos riesgos erosivos; donde se utilizó técnica de espeque, los procesos erosivos se redujeron en un 54 %.

INDICE GENERAL

Contenidos	Páginas
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III.JUSTIFICACIÓN.....	8
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
4.1 Formulación problema.....	10
4.2 Preguntas de investigación:.....	10
4.3 Pregunta General.....	10
4.4 Preguntas Específicos:	10
V. OBJETIVOS:	11
5.1 Objetivo General:	11
5.2 Objetivos Específicos:	11
VI HIPÓTESIS.....	12
6.1 Hipótesis General:	12
6.2 Hipótesis Específicas.....	12
VII. MARCO TEÓRICO.....	13
7.1 Uso del suelo según su capacidad.....	13
7.2 Conceptos y definiciones.....	14
7.3 Erosión Hídrica y factores.....	14.15
7.4 Erosión Laminar.....	15
7.5 Erosión por surcos.	15
7.6 Erosión en Cárcavas.....	16
7.7 Remoción en masa.....	16
7.7.1 Consecuencias de procesos erosivos:.....	16-17
7.8 Azolve.....	1
7.9 Azolvamiento.....	18
7.9.1 Los rasgos de erosión actúale y antiguos.....	18

- VIII DISEÑO METODOLOGICO.....19
 - 8.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio.....19
 - 8.2 Tipo de estudio.....20
 - 8.3 Población y Muestra.....20-21
 - 8.4 Procesamiento de datos.....21
 - 8.5 Análisis estadísticos.....21
 - 8.6 Operacionalización de variables.....22-23
 - 8.7 Procedimiento de campo.....24
 - 8.7.1 Caracterización de los lotes.....24
 - 8.7.2 Muestreo y la toma de datos dentro de los lotes experimentales.....24
 - 8.7.3 Procedimiento para operacionalizar las variables.....24
 - 8.7.3.1 Influencia sobre la degradación del suelo.....24
 - 8.7.3.2. Determinar estado actual de degradación del suelo mediante la estimación de la superficie afectada por los diferentes tipos de impactos.....25
- 9. Tipos de muestreo:.....25-29
 - 9.1 Las formas de erosión (E).....29
 - 9.2 La alteración mecánica del suelo por herramientas (H).....29
 - 9.3 Las deposiciones afectadas por erosión (D).....30
 - 9.4 Las formas de no erosión (N).....30-31
 - 9.5 El tipo otros (O).....31
 - 9.6 Procedimiento de muestreo:.....32
 - 9.7 Método utilizado para recopilar datos.....32
 - 9.8 Evaluar dinámica erosiva y estimación de las pérdidas de suelo ocasionadas por procesos erosivos.....33-34
 - 9.8.1 Procedimiento de trabajo y de muestreo.....34-35
 - 9.8.2 Fórmula para cálculo de volumen.....36
 - 9.8.3 Técnicas de recopilación de información.....37-38

IX RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
9.1 Caracterización de las fincas estudiadas.....	39-40
9.2 Pendientes de las parcelas.....	41
9.3 Análisis de la influencia de la pendiente de ladera y la erosión en el cultivo de café (<i>Coffea arábica</i>)	41
9.4 Análisis de correlaciones.....	41
9.5 Los grupos de suelos se han diferenciado en 4 intervalos de pendiente (<20 %, 20-40, 40-60 y más del 60 %).....	41
9.6 Los diagramas de caja representan la superficie de suelo afectado por erosión.....	42-49
9.6.1 Análisis de contraste por pares de grupos de cubierta vegetal muerta.....	50-51
9.7 Interpretación de los resultados.	52
9.7.1. Contrastes entre pares consecutivos.....	53
9.7.2. Análisis de regresión entre variables.....	54
9.7.3. Caracterizar la sombra y su influencia en la erosión hídrica en las parcelas de café (<i>Coffea arábica</i>).....	55
9.7.4 Influencia de la pendiente de ladera y la erosión en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	56
9.7.5. Análisis de la influencia de la cobertura vegetal (muerta) del suelo sobre la erosión en frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	57-58
9.7.6 Análisis de contraste de los valores de erosión/no erosión entre las diferentes técnicas empleadas (arado/espeque).	59-62
X CONCLUSIONES.....	63
XI RECOMENDACIONES.....	64
XI BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INDICE DE GRAFICOS

Contenido	paginas
Grafico 1: Mapa de municipio del Cúa.	19
Grafico 2: Esquema de procedimiento de muestreo en parcelas de frijol.....	26
Grafico 3 Esquema de procedimiento de muestreo de los regueros y cárcavas.....	35
Grafico 4: Forma de media elipse del surco de erosión.....	36
Grafico 5: Superficie de suelo afectada por erosión en cultivos de café con diferente pendiente de ladera.....	43
Grafico 6 : Superficie de suelo no afectada por erosión en cultivos de café con diferentes pendiente de ladera.....	49
Grafico7: Diagrama de dispersión y recta de regresión de la relación de la erosión y restos de vegetación muerta en superficie en cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	54
Grafico 8 : Diagrama de dispersión y recta de regresión de la erosión y restos vegetales en superficie en cultivo de frijol con espeque.....	56
Grafico 9: Distribución de la superficie de suelo afectada por erosión (rojo) y no afectada (verde) en cultivos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) con diferente técnica (arado y espeque).....	49
Grafico 10: Distribución de la superficie de suelo sin cubierta vegetal (rojo) y cubierta con vegetación viva (verde) en cultivos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) con diferente técnica (arado y espeque).....	54
Grafico.11: Diagrama de nivel de significación en contraste de cobertura de suelo (caso restos vegetales y suelo).....	55

I INTRODUCCION

La erosión hídrica causa pérdidas de suelo de gran magnitud que afectan el rendimiento de la producción agropecuaria y la prestación de servicios eco sistémico. La información sobre los volúmenes de pérdidas de suelo es escasa, muy pocos esfuerzos se han destinado a la investigación en este campo.

Según PASOLAC (1993) las principales causas del deterioro de los recursos productivos en laderas en América Central son: Uso de las tierras de alto riesgo para la agricultura, uso de prácticas inadecuadas, descapitalización de los sistemas de producción en laderas. Los aspectos influenciados directa o indirectamente por otros entornos socioeconómicos, como la tenencia de la tierra. La erosión hídrica se considera la forma más importante de degradación de los suelos en el país.

Con la incorporación de nuevos actores, como INTA, las universidades, entre otros, en los procesos de validación y difusión de tecnologías ha surgido el interés por fundamentar de forma más precisa las acciones que están emprendiendo en la promoción de prácticas de conservación de suelos y agua, así como su significado en términos económicos para los productores y para los países. En Nicaragua ha sido poco el esfuerzo para indagar sobre esta problemática, lo cual va cambiando ya que actualmente se observa mucha preocupación por las grandes pérdidas de suelo y sus consecuencias.

Según, PASOLAC (2005) aproximadamente 7.7 millones de hectáreas del territorio nacional presentan grados variables de erosión, las cuales pueden ser leves comenzando por erosión por salpicadura, laminar o pueden llegar a convertirse en erosiones severas o muy fuertes si se forman cárcavas o grandes

movimientos de tierra, 3.6 millones de hectáreas presentan un grado de erosión catalogada de fuerte a severo.

Según CONADES (1998) el huracán Mitch puso de manifiesto el alto grado de vulnerabilidad ambiental de gran parte del territorio nacional, evidenciado por los procesos geodinámicos producidos, tales como deslaves, aluviones, procesos erosivos generalizados y otros asociados a los ecosistemas costeros, así como la infraestructura económica que se vio seriamente dañada, las irreparables pérdidas de vidas humanas y todo esto sin tomar en cuenta que muchos pequeños productores, pierden la capa fértil de sus terrenos por no tomar las medidas pertinentes (como hacer uso de barreras vivas o de no cultivar en áreas que tienen mucha pendiente que deben ser destinadas para bosques), debido a esto se necesita cada vez mas fertilización artificial a la cual no todos tienen acceso debido a la falta de recursos para sustentar los cultivos con dichos fertilizantes.

En el municipio El Cuá, la situación es preocupante ya que han ocurrido grandes movimientos de tierra (remoción en masa), producto del mal manejo que se le ha dado a los suelos, lo que se ha activado debido a la ocurrencia de fuertes lluvias o huracanes.

II ANTECEDENTES

El problema de la erosión hídrica del suelo en forma natural data desde hace más de 70 millones de años, el hombre acelera este fenómeno al realizar actividades de agricultura, ganadería, forestaría y también cuando crecen los núcleos de población (PASOLAC, 2005).

Con la llegada de los españoles se incrementa aún más la degradación de los suelos. Desde 1910 con base al principio “los gobiernos de la revolución, no han tenido solo como meta entregar la tierra al campesino, sino dar a esta también un destino más alto y más humano que el de producir mejor, haciéndola más productiva para el bienestar de todos” (PASOLAC, 2005). También por esta época se implanta la técnica de conservación de suelos y agua en los terrenos agrícolas a fin de prevenir y controlar el fenómeno de la erosión de este recurso natural, que contribuye el mayor patrimonio del pueblo.

Se han realizado estudios referentes en la Universidad Nacional Agraria, la entidad planteó la demanda a la Unidad de Apoyo del Programa (UAP), la que actuando en su rol movilizador de conocimientos procedió a identificar las experiencias existentes en este campo. La Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Nacional Agraria (FARENA-UNA), el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), el Centro Experimental del Café del Norte (CECN) y la Unidad de Apoyo del Programa (UAP), se pusieron de acuerdo para tratar sobre «Métodos sencillos de medir erosión», conformando lo que se conoció como el Grupo de Erosión de Suelos (PASOLAC, 2005).

El esfuerzo realizado por el grupo contribuyó a definir la metodología a utilizar en los trabajos conjuntos del CECN y estudiantes de la FARENA-UNA, para evaluar

la capacidad de las especies de cobertura y barreras vivas para aportar a la mejoría de la fertilidad del suelo, disminuir las pérdidas de suelos y controlar las malezas en café (*Coffea arabica*) en desarrollo.

Conociendo la efectividad de las técnicas de conservación de suelo y agua que promueven y los índices de adopción de estas técnicas se puede medir el impacto que se tiene a nivel de la producción de las áreas conservadas.

Se han realizado otros estudios como “Recomendaciones técnicas para la elaboración de mapas de amenaza por Erosión Hídrica” elaborado en el marco del proyecto Metodologías para el análisis y manejo de los riesgos naturales (MET-ALARN), ejecutado de forma conjunta por INETER y La Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE, 2005) El objetivo del documento es proporcionar una herramienta técnica-metodológica a los especialistas encargados de elaborar mapas de amenazas, lo cual permitirá la estandarización de los formatos de salida.

Stocking y Murnaghan (2003), también utilizó mapas esquemáticos de reconocimiento de las fincas elaborados por los agricultores y técnicos, con indicadores de cultivos, características del medio físico y evaluación de la calidad de la tierra por el propio agricultor. La valoración del estado de degradación se basa en un método cualitativo de observación de los indicadores de erosión: ausencia/presencia de indicadores y tamaño de los indicadores (dimensiones de pedestales de erosión). Este tipo de valoración ha sido utilizada también por Illgner (2008) en un estudio sobre degradación de suelo en el Congo.

En la búsqueda de información se encontraron resultados de estudios realizados por la UNAN FAREM Matagalpa, entre los que se destacan: Caracterización de la vegetación arbórea asociada al cacao y fragmentos boscosos en fincas de Waslala, Nicaragua (Matey, M y Zeledón, L. 2011).

Matey, M y Zeledón, L (2011) abordaron la composición botánica y estructural de la vegetación leñosa presentes en 36 parcelas experimentales de 1000 m² cada una, en Sistemas Agroforestales-Cacao y 4 parcelas en fragmentos boscosos, donde se contabilizó el número de árboles presentes y que especies son las abundantes. Se aplicó un análisis de conglomerado usando 15 variables cuantitativas para generar grupos de SAF-Cacao (Cacao-musáceas; Cacao-simple; Cacao-diversificado), con características similares dentro de cada grupo pero diferentes entre ellos, así como también se estudio los bienes adicionales que genera la vegetacion arbórea a los productores.

Otro valioso estudio lo constituye: Evaluación de la calidad del suelo y diversidad de macro fauna en sistemas agroforestales con cacao y fragmento de bosque, Waslala, RAAN, Nicaragua (Chavarría, D y Torres, M. 2011).

Chavarría, D y Torres, M. (2011) evaluaron las propiedades físicas, químicas y diversidad de macro fauna del suelo en sistemas agroforestales con cacao (SAF cacao) y fragmento de bosque. Mediante un diseño de investigación aplicado a 36 SAF cacao más 4 fragmentos de bosque, donde se realizo: encuesta, muestreo para análisis físico, químico de suelo (profundidad 0-20 cm) y extracción e identificación de macro fauna con el método Tropical Soil Biologi and Fertiliti "TSBF" modificado, para determinar calidad de suelo. Por medio de análisis estadístico resultaron como indicadores relevantes: "Saturación", "pH", "Suma de base" y "Carbono"; mediante Análisis de Conglomerados se formaron 4 grupos de calidad de suelo "+/-base" (14-SAF), "+base (6-SAF y 1-B)", "-base" (11 SAF) y "C" (5-SAF y 3-B), se aplicó ANDEVA, comprobando diferencias entre grupos y determinando probabilidad (<0.05).

Con los resultados de indicadores más comparación con rangos óptimos y la diversidad de macro fauna, se determinó que el grupo +base es el que presenta mejor calidad de suelo.

Otro valioso estudio es: “Extracción de nutrientes en sistemas de producción de café con banano en el municipio El Cuá – Jinotega”, Realizando por Pastora, M y Averzuz, B. (2011). En este estudio se evaluaron como variables: cantidad de cosecha en café-banano, y concentración de nutrientes en cosechas, volúmenes de leña y concentraciones de nutrientes, niveles de aplicación de fertilizantes edáficos y foliares, química sintética o química orgánica y disponibilidad de nutrientes en las unidades productivas. El propósito de la presente investigación fue cuantificar la disponibilidad, aportes y extracción de nutrientes en los suelos a través de las cosechas por medio de análisis bromatológicos.

Otro estudio relacionado es: Eficiencia de uso de diferentes sectores de pasturas bajo diferentes condiciones de pendientes por el ganado vacuno, en el municipio de Waslala, realizado por Rivera, O y Sang, W (2011).

En el estudio realizado por Rivera, O y Sang, W (2011). Se identificó el efecto de las pendientes sobre el ganado vacuno, en el municipio de Waslala, 2010-2011. Este estudio tenía como objetivos: identificar las especies arbóreas, conocer cobertura forrajera en potreros, estimar grado de erosión y determinar influencia del nivel de pendiente en el comportamiento del bovino. Se seleccionaron 6 potreros los cuales se georeferenciaron para conocer el área y se segmentaron de acuerdo a tres niveles de pendientes: sector 1(0-20 %); sector 2 (20-50 %) y sector 3(> 50 %). Se seleccionaron 8 vacas que se les observó su comportamiento por sector de pendiente, marcadas en rojo para facilitar su identificación; se inventariaron árboles encontrados en los potreros; se aplicó método botanal para estimar cobertura forrajera en las dos épocas del año (invierno-verano); se estimó el grado de afectación por erosión hídrica midiendo cárcavas, remoción en masa, las otras afectaciones incluyendo las terracillas de vacas solo se observaron y para conocer el manejo de las fincas se aplicó una encuesta de caracterización en donde los resultados muestran que durante el estudio se monitorearon siete actividades de las cuales, predominó consumo (89 %) y la de menor incidencia aguando (0.4 %) independientemente del sector en el

que se encontraran los animales bovinos y que en el invierno la actividad sobresaliente fue consumo con 38 % para invierno y 51 % para verano, en cuanto a cobertura arbórea y condición climática se registraron más actividades realizadas en cobertura arbórea abierta y con clima soleado. También se concluyó que sectores con pendientes mayores a 50 %, son áreas donde el terreno está más erosionado, se encontró, terracillas de vacas con 52 % y remoción en masa 2 %, concluyendo que a medida que la pendiente aumenta, también lo hacen las afectaciones por erosión hídrica.

III JUSTIFICACION

Usualmente la erosión es considerada como un proceso de la degradación de los suelos sin embargo debería diferenciarse de los mecanismos de degradación o deterioro y los de pérdida de recursos naturales, debido a que el suelo no es un recurso natural renovable a escala humana, su pérdida por erosión puede considerarse irreversible, en consecuencia el problema ambiental que genera debe abordarse mediante medidas preventivas (Apaza, W., 2008).

Nicaragua en los últimos años ha visto menguado sus recursos forestales, la tasa de deforestación en Nicaragua está entre los 100 mil y 150 mil hectáreas anuales, lo que representan más del 1.6 % de pérdida de cobertura forestal. Esta tasa es considerada la más alta de toda Centroamérica (Duarte, E 1998). Esta situación se debe a numerosas factores. Entre ellos por el orden de importancia podemos mencionar: cambio de uso de suelos, incendios forestales, muchas veces como consecuencia de quemas agrícolas, redistribución de la tierra, extracción de recursos maderables y leña, fenómenos naturales e incidencia de plagas.

El cambio de uso de suelo tiene su origen fundamentalmente en la pobreza extrema que aqueja a la población rural, lo que obliga a los campesinos a utilizar los recursos forestales al margen de cualquier legislación o planificación. Pero por otro lado está la utilización de las tierras para el establecimiento de la agricultura y

la siembra de pastos. En el cambio de uso de suelo, en los años recientes se ha dado también para establecer la explotación de minas tanto metálica como no metálica.

Las áreas de bosque están siendo afectadas para garantizar las condiciones mínimas de habitabilidad de la población campesina (Duarte, E 1998). Los cultivos de granos básicos, la actividad pecuaria, así como la extracción de leña para el consumo, representan una amenaza creciente a los recursos naturales, lo cual afecta la calidad y disponibilidad de estos. Las afectaciones más sentidas se presentan mediante la erosión hídrica de los suelos, la cual se origina con más facilidad donde existe mayor altitud y pendiente. Esto tiene efecto en la disminución progresiva de la productividad de los suelos por la pérdida de la capa arable que disminuye sensiblemente la fertilidad. Así mismo, provoca inundación en las áreas más bajas progresiva a los suelos y deja al descubierto piedras y rocas.

Otra consecuencia es la alteración del ciclo hidrológico de la infiltración del agua en los suelos que produce una reducción del caudal de los ríos y del nivel de las aguas subterráneas (Tecnología en marcha, 2008). Provocándose de esta manera grandes catástrofes, ya que como el suelo a perdido su poder de infiltrar las aguas, estas forman grandes caudales en la superficie agravando aun mas las pérdidas de suelos por erosión hídrica, haciendo un efecto negativo al provocar inundaciones o anegamientos, etc.

Las variaciones producidas en la textura, la porosidad y la estabilidad estructural han sido investigadas en el campo y en el laboratorio. Todos estos cambios tienen repercusiones en la circulación y el estado del agua en el suelo (retención de humedad, infiltración), y como consecuencia un incremento de la escorrentía.

Con el estudio “Desarrollo y validación de metodología práctica para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante y café (*Coffea arabica*), en el municipio El Cuá, Jinotega”, se estará

aplicando una nueva metodología para estimación de pérdidas de suelo debido a procesos de erosión hídrica, asimismo mediante los resultados los productores se darán cuenta de la importancia de realizar medidas de conservación de suelo, por las repercusiones que tienen sobre el medio ambiente y la fertilidad natural de sus suelos así como para la propia economía.

Por otra parte será para la Universidad de gran utilidad la información básica para la formación de los y las estudiantes de ingeniería agronómica, debido a que es poca la información existente sobre esta problemática. Le será de mucha utilidad a las instituciones interesadas en realizar nuevos estudios o que deseen indagar o comparar este estudio.

V PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

4.1 Formulación del problema

Los procesos erosivos de tipo eólico e hídricos causan pérdidas de suelo de gran magnitud a nivel mundial, lo que entre otros impactos esta el asolvamiento de represas, deslizamientos o remoción en masa, pérdida de suelo y con ello la fertilidad de estos, afectando los rendimientos de la producción agropecuaria, esto también ocurre en Nicaragua y de igual manera en el municipio El Cuá, departamento de Jinotega. Esto se ve favorecido por el establecimiento de cultivos sobre terrenos con pendientes no adecuadas y sin las prácticas pertinentes de conservación de suelo y agua.

4.2 Preguntas de investigación:

Pregunta general

¿Cuál es la influencia de las condiciones del medio sobre la erosión hídrica del suelo, en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante y café (*Coffea arabica*) en el municipio El Cuá durante el periodo lluvioso del 2011- 2012?

Pregunta específicas

¿Cuál es la influencia de la pendiente en la erosión hídrica del suelo en los cultivos de café (*Coffea arábica*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante?

¿Cómo influye la vegetación muerta sobre la afectación por erosión hídrica en los distintos rangos de pendiente en las parcelas en estudio?

¿Cómo influyen los diferentes tipos de sombra sobre la erosión hídrica en café (*Coffea arábica*)?

¿Determinar influencia del tipo de labranza y prácticas culturales en la ocurrencia de procesos erosivos hídricos?

V OBJETIVOS

5.1 Objetivo General:

Determinar la influencia de las condiciones del medio sobre la erosión hídrica del suelo, en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante y café (*Coffea arabica*), en el municipio El Cuá, 2011-2012.

5.2 Objetivos Específicos:

Determinar la influencia de la pendiente en la erosión hídrica en parcelas de café (*Coffea arabica*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante.

Determinar la influencia de la vegetación muerta en afectación de la erosión hídrica en los diferentes rangos de pendiente en las parcelas establecidas con café (*Coffea arabica*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante.

Caracterizar la sombra y su influencia en la erosión hídrica en las parcelas de estudio de café (*Coffea arabica*).

Analizar el tipo de labranza y las distintas prácticas culturales que influyen a que haya más erosión hídrica en las parcelas de estudio.

VI HIPOTESIS

6.1 Hipótesis general

Las fincas estudiadas en el municipio del El Cuá, sufren degradación en sus suelos, ocasionadas por erosión hídrica, debido a la falta de prácticas de conservación de suelo y agua, por parte de los productores de café (*Coffea arábica*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).

6.2 Hipótesis específicas

H 1: Los procesos erosivos del tipo hídrico afectan en mayor grado a los suelos localizados en rangos de pendientes mayores de 40 %.

H 2: La vegetación muerta contribuye a reducir daños por erosión hídrica en los suelos independientemente del rango de pendiente en que se encuentren las parcelas de café (*Coffea arábica*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante.

H 3: El tipo de sombra establecida en las parcelas de estudio influye en la disminución de daños por erosión hídrica sin importar rangos de pendientes.

H 4: Los tipos de labranzas (arado y espeque) y prácticas culturales (chapia, des basura, quema) que se dispensen en las parcelas de estudio influyen en nivel de daños provocados por erosión hídrica.

VII MARCO TEORICO

7.1 Capacidad de uso del suelo

Según sus propiedades físicas, químicas y biológicas un suelo podrá ser utilizado para un determinado cultivo. Esto tiene que ver con aspectos como la textura, la pendiente, la profundidad, la intensidad la profundidad efectiva de las raíces también se deben contrastar con los rangos de pendiente y frecuencia del uso que el suelo ha tenido. Se recomienda que en pendiente menor del 12 % se establezcan cultivos limpios como yuca, frutales, granos básicos. En pendientes de 12 % a 50 % los cultivos ya mencionados mas hortalizas, cultivos semi limpios después del 25 % tomando en cuenta medidas de conservación de suelo. De 50 % a 60 % cultivos densos y mayor de 60 % plantaciones forestales (Young, 1992). Todo esto acompañado de obras de conservación de suelo.

Según MAGFOR/INAFOR (2009), el uso potencial de los suelos de Nicaragua se clasifica en seis categorías, las que son:

- a) Uso forestal con 5,224,714 ha
- b) Uso agrícola con 1,311,633 ha
- c) Uso agrosilvopastoril con 1,978,473 ha
- d) Uso silvopasturas con 1,434,119 ha
- e) Uso pecuario con 1,145,666 ha y
- f) Uso conservación de flora y fauna con 846,359 ha

7.2. Conceptos y definiciones:

7.2.1. Erosión Hídrica

Es el proceso de movimiento de las partículas del suelo por impacto de las gotas de lluvia, escorrentía superficial y su depósito en otro lugar.

La desagregación, transporte y sedimentación de las partículas del suelo por las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial definen el proceso de erosión hídrica. Este se ve afectado por varios factores, como son, el clima, el suelo, la vegetación y la topografía.

7.2.2 Factores

Los factores climáticos tienen un papel importante en la erosión hídrica, siendo las precipitaciones, tanto en su intensidad como en su duración, el elemento desencadenante del proceso. No obstante, la relación entre las características de la lluvia, la infiltración, el escurrimiento y la pérdida de suelo, es muy compleja.

La erosión que provoca la gota de agua, es producto de la energía cinética de la partícula de agua sobre partículas de suelo que se disgregan ante el impacto de las gotas de lluvias. Algunas características del suelo como su agregación, su textura, su capacidad de infiltración, entre otras, afectan su erosionabilidad.

Si bien la influencia de la vegetación sobre la erosión hídrica, varía con la época del año, cultivo, grado de cobertura, desarrollo de raíces, etc., podemos considerar que su efecto se relaciona directamente con la interceptación, velocidad de escurrimiento e infiltración. La topografía influye en el proceso a través de la pendiente. Debiendo considerar su longitud, magnitud y forma (Apaza, sf).

Los rasgos de erosión actuales y antiguos

Una superficie de suelo recién arada se caracteriza generalmente por una elevada rugosidad, con bordes angulosos, debido a la formación de terrones en superficie. Tras una serie de eventos pluviométricos, el impacto de la lluvia y la erosión laminar suavizan la aspereza superficial por disgregación de los terrones y arrastre de partículas. Los bordes de los agregados se redondean. La baja rugosidad superficial es, por lo tanto, un indicador de que se ha producido un solapamiento de procesos. Este proceso es más rápido cuando la estabilidad de los agregados es baja (Haile, et al, 2006) después del pase del arado los impactos de las gotas de lluvias van redondeando el borde de los terrones al mismo tiempo removiendo partículas lo que nos permite ver o detectar lo liso que quedan los terrones que antes tenían apariencia rugosa, lo que se ha convertido en una erosión laminar.

Los rasgos de erosión (indicadores) son testigos de los procesos de erosivos. La cuestión es si estos procesos han tenido lugar recientemente (erosión actual) o en el pasado (erosión antigua), produciéndose un solapamiento de procesos (Blanco, 2011).

7.2.2. Tipos de erosión

Erosión laminar

Es la erosión por cascada que describe Stocking y Murnaghan (2003) y que se produce al pie de los árboles por flujo concentrado de agua que baja del tronco, especialmente si éstos tienen hojas que pueden concentrar el agua de lluvia como el banano y durante las lluvias de gran intensidad.

Según Apaza, sf. La erosión laminar es la más extendida y la menos perceptible. El daño causado, a igualdad de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas del suelo (deja atrás las más gruesas, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica).

Erosión por surcos.

Después de una tormenta, el agua de lluvia se escurre, si no se usan métodos para conservar el suelo (como barreras y cobertura vegetal) el agua al escurrirse, se llevará parte del suelo. Esto da inicio a pequeños canales. Al crecer, estos se transforman en surcos. Los surcos grandes suelen desarrollarse a los costados de senderos y caminos. Los pequeños (de menos de 25 cm de profundidad) (Apaza, sf).

Erosión en Cárcavas

Las cárcavas son definidas como zanjas más o menos profundas originadas por socavamientos repetidos sobre el terreno, debido al flujo incontrolado del agua que escurre ladera abajo (agua de escorrentía). Cuando las cárcavas evolucionan con crecimiento hacia arriba y hacia los lados de la ladera, toman el nombre de cárcavas remontantes. La presencia de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de degradación, la mayoría de las veces se inician luego de la pérdida superficial del suelo por efecto del impacto de las lluvias, destrucción de los agregados naturales del suelo, la erosión laminar y en surcos, como consecuencia del manejo inadecuado de los suelos más la ausencia de prácticas preventivas de conservación, o por la construcción de vías sin obras adecuadas para conducción de aguas de escorrentía y por descargas de caudales altos de agua sobre taludes inferiores sin disipación de su energía cinética. Una de las limitantes principales en el control de cárcavas remontantes son los costos, cuando la solución se enfoca hacia la Ingeniería Convencional con estructuras de concreto, por el desconocimiento de otras soluciones alternas, más eficientes, eficaces y de menor costo, como son los tratamientos de tipo biológico, utilizando los recursos existentes en la finca, zona urbana o área de influencia al problema (Rivera, sf).

Remoción en masa:

Deslizamientos. Pueden ser de dos tipos: Superficiales: una capa superficial de terreno resbala por efecto de la gravedad y de la cantidad de agua embebida. De fondo: una capa permeable resbala sobre otra más profunda impermeable, debido a la formación de un plano lubricado (Brissio, 2005).

Como consecuencia del proceso erosivo se generan:

La pérdida de fertilidad de los suelos: En las capas superficiales de los suelos se concentran gran parte de los nutrientes y humedad que las plantas necesitan para subsistir. La pérdida de estas capas por la erosión puede causar que un suelo se vuelva estéril (Brissio, 2005).

Pérdida de elementos nutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg, etc.), de manera directa, bien al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o bien por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de una forma indirecta, por erosión de los materiales que los contienen o que podrían fijarlos.

7.3. Pérdida física de componentes del suelo:

Erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más lábiles, como los limos) o masiva (pérdida de la capa superficial del suelo, o en los casos extremos de la totalidad del suelo).

Incremento de la toxicidad:

Al modificarse las propiedades del suelo se produce una liberación de sustancias nocivas (Brissio, 2005).

Azolve

Es el depósito de los sedimentos acarreados por el agua en lagos, depósitos subterráneos, presas, embalses, cauces de las corrientes y zonas inundables. El azolve se debe a la disminución de la velocidad de la corriente y a la correspondiente disminución de la cantidad y el tamaño del material sólido que puede ser arrastrado en suspensión (Vélez, 1992).

Azolvamiento

El fenómeno en el cual se acumula el azolve en los lechos de los ríos, presas, depósitos subterráneos, Y que tiene como resultado la transformación del medio ambiente, Los sedimentos contaminados, ya sean nuevos aportes o elementos que están siendo dragados, pueden también causar contaminación estos últimos por resuspensión o eliminación inadecuada (Vélez, 1992).

Esto conlleva a una degradación ambiental con impacto sobre las condiciones de vida, la infraestructura, la economía y la sociedad en general (Blanco, 2011).

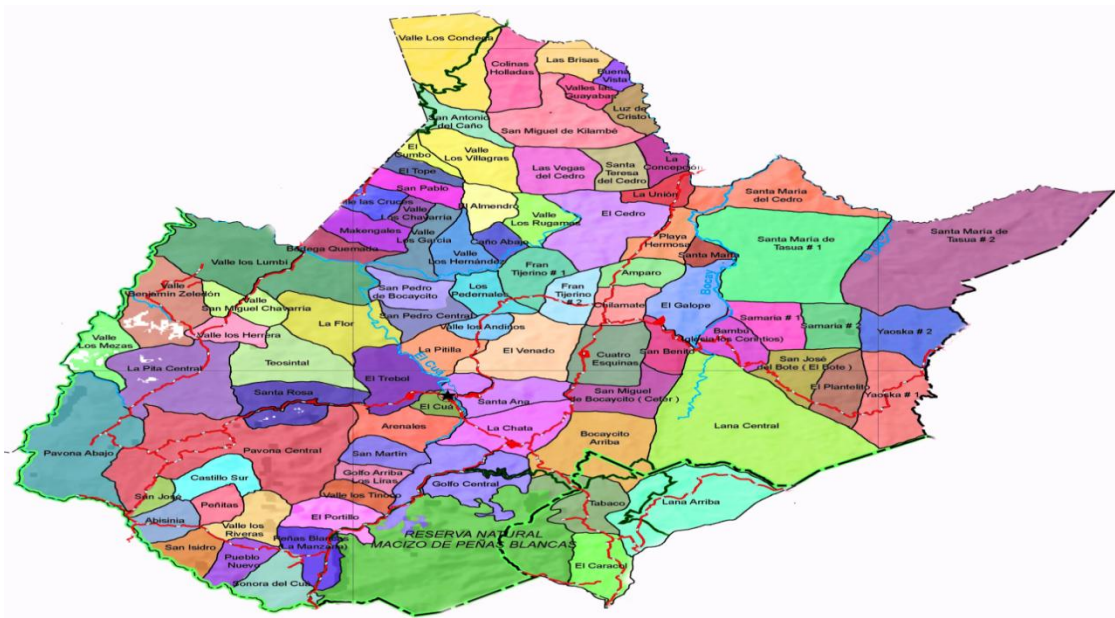
VIII DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

El estudio se llevará a cabo en el municipio El Cuá del departamento de Jinotega en el periodo lluvioso del 2011. El Municipio El Cuá está ubicado en el Trópico Húmedo con un período lluvioso de mayo a enero, con alta pluviosidad. Presenta un relieve accidentado con áreas montañosas de abundante vegetación, alturas muy variables que van desde los 350 msnm, hasta alturas superiores a los 1,745 msnm (INIFOM-TGL-COSUDE. 2011).

La estación de invierno dura aproximadamente 8 meses y la estación seca 4 meses. Se caracteriza por ser una zona de sabana tropical donde las temperaturas oscilan alrededor de los 24° C, con grandes precipitaciones anuales de 1000 a 2000 mm (INIFOM-TGL-COSUDE 2011).

Grafico 1. Mapa de municipio El Cuá.



(Fuente: INIFOM-TGL-COSUDE 2011)

8.2 Tipo de estudio

El enfoque empleado en esta investigación es de orden descriptivo, cuali-cuantitativo y de corte transversal ya que de acuerdo al tiempo se llevará a cabo en el periodo comprendido desde octubre hasta mayo, 2011-2012.

Es descriptivo porque se orienta a caracterizar los lotes en estudio y manejo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante y café (*Coffea arábica*).

Es cuali-cuantitativo porque tiene como propósito cuantificar la pérdida de suelo que se da por erosión hídrica, en cultivos de café (*Coffea arábica*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante.

8.3 Población y Muestra

La población universo de estudio estuvo constituida por 43 fincas cafetaleras y grano basiqueras del municipio El Cuá, las cuales fueron visitadas y se seleccionaron las que tenían las condiciones o requisitos que se establecieron para su selección.

La muestra para realizar el estudio está comprendida por 6 fincas cafetaleras y 13 grano basiqueras, esta muestra fue no probabilística ya que existieron criterios de selección.

Las fincas se seleccionaron en base a los siguientes criterios:

1. Las fincas deben comprender un sistema de producción de café cosechero.
2. El área con café debe ser mayor de 60 Mz, para que se pueda encontrar diversidad de pendientes.
3. Que las fincas deben tener 6 diferentes intervalos de pendientes.
4. Que las fincas en estudio tengan como mínimo diez años de haber establecido los cafetales, y estén cercanas a la cabecera municipal.
5. El productor debe estar comprometido a facilitar información y colaborar con el estudio.

Con respecto a los granos básicos

1. Debían ser parcelas que ya sean establecidas como huertas para frijol.
2. Sembradas al espeque, quema de rastrojos, e introducción de ganado.
3. Parcelas sembradas al espeque, quema y que no introduzca ganado.
4. Que siembre con arado, queme rastrojos, e introduzca ganado.
5. Siembra con arado, no queme rastrojos, no introduzca ganado.
6. Siembra con arado, queme rastrojos, no introduzca ganado.

8.4 Procesamiento de datos

Los datos primero se introdujeron a Excel en un diseño de plantía diseñadas y provistas por el autor de la metodología Rafael Blanco, para luego ser procesados y analizados en SPSS

8.5 Análisis estadísticos

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos, prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, análisis de correlación entre variables y análisis de contraste (test de Wilcoxon, , test H de Kruskal-Wallis), Test U de Mann-Whitney, Esta es una prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes. Es, de hecho, la versión no paramétrica de la habitual prueba t de student, lo que se representa en Diagramas e histogramas. Este último análisis es la alternativa no paramétrica del método ANDEVA, sirve para contrastar la hipótesis de que cuantas muestras cuantitativas han sido obtenidas de la misma población la única exigencia versa sobre la aleatoriedad en la extracción de las muestras, no haciendo referencia a ninguna de las otras condiciones adicionales de homocedasticidad y normalidad necesarias para la aplicación de test paramétrico ANDEVA, los programas utilizados fueron Excel y SPSS.

Se ha utilizado el test de Mann-Whitney para comparar las diferencias observadas en la superficie afectada por la erosión/no erosión en las 2 técnicas utilizadas. Se trata de una prueba no paramétrica que sustituye el estadístico t de Student para el caso de muestras que no se ajustan a la distribución normal.

8.6 Operacionalización de variables

Objetivos Específicos	Variables	Sub Variables	Indicadores	Método de Verificación
Determinar la influencia de la erosión hídrica en parcelas de café y frijol de apante según la pendiente.	Erosión hídrica en Café y Frijol.	Erosión en pendientes desde <20 hasta >60	Procesos erosivos en el suelo.	Observación de campo Fotografías Hojas Cálculos en Excel.
Determinar la influencia de la vegetación muerta en reducción de la erosión hídrica en las diferentes parcelas establecidas con café y frijol de apante.	Influencia de la vegetación muerta.	Suelo cubierto Suelo desnudo	Porcentaje de restos vegetales	Método de Transepto y cuadrícula. Hojas de campo, hojas de Cálculos en Excel y fotografías.

Objetivos Específicos	Variables	Sub Variables	Indicadores	Método de Verificación
Caracterizar la sombra y su influencia en la erosión hídrica en las parcelas de estudio de café.	Sombra en los cafetales	Tipos de sombra (Inga sp, Musa sp, otros).	Altura de sombra más cercana al café cobertura de sombra	Cinta métrica, Fotografías y hojas de campo.
Evaluar el tipo de labranza y las distintas prácticas culturales que influyen a que haya más erosión hídrica en las parcelas de estudio.	Tipo siembra y labores culturales.	Labranza mínima o convencional, Tipos de control de malezas	-Siembra con espeque -Siembra con arado. -Herbicida Manual, quema, No quema.	Observación, Fotografías, DVD y hoja de cálculo Excel.

8.6.1. Procedimiento de campo

8.6.2. Caracterización de los lotes

Se tomaron datos como el porcentaje de pendiente para el registro de estas mediciones, se usó un clinómetro para determinar pendientes, localización, altitud del cafetal, que se realizó a través de levantamiento de datos con el uso de un GPS.

8.6.3. Muestreo y la toma de datos dentro de los lotes experimentales.

La metodología de trabajo se basó en la observación y valoración cuantitativa de los indicadores visuales de erosión del suelo siguiendo el método de muestreo en el periodo lluvioso con precipitaciones normales Blanco (2011).

8.6.4. Procedimiento para operacionalizar las variables

8.6.4.1. Influencia sobre la degradación del suelo.

No solamente se valoró el estado de degradación a consecuencia de una lluvia puntual si no durante el período de lluvias transcurrido hasta el momento del muestreo. Es necesario indicar en este caso que la valoración de la erosión que se hace mediante este método no es para una lluvia determinada sino para el conjunto de la estación lluviosa porque los rasgos de erosión se superponen entre un evento y otro. Sólo las lluvias de intensidad elevada y de duración suficiente borrarían los rasgos antiguos.

En vista de que no se disponía de datos de las estaciones meteorológicas oficiales en el área de estudio, se requirió de instalar pluviómetros en lugares representativos, siempre lo más cercano posible a las áreas de estudio.

La prospección de campo se basó en un muestreo polietápico, para lo cual se procedió de la manera siguiente:

Selección de las fincas y parcelas de estudio. Una vez analizadas las fincas en las visitas de campo de reconocimiento, se seleccionaron las parcelas de estudio dentro de las fincas más representativas para la cuantificación de los procesos de degradación del suelo. Se cuidó que estas fueran homogéneas desde el punto de vista de los factores físicos y de gestión, debido a que pueden influir en los procesos de degradación, haciendo variar alguno de ellos. El objetivo de esta primera etapa era la estratificación de la población en unidades ambientales homogéneas para aumentar la precisión, lo que corresponde con un muestreo aleatorio estratificado.

Se eligieron parcelas en los usos agrarios representativos del área de estudio para analizar la influencia de la pendiente. Se seleccionaron parcelas en diferentes intervalos de pendientes, o unidades dentro de cada parcela si éstas no tienen una pendiente homogénea, manteniendo constante el resto de los factores ambientales que afluyen en la erosión del suelo.

8.6.4.3. Determinar estado actual de degradación del suelo mediante la estimación de la superficie afectada por los diferentes tipos de impactos.

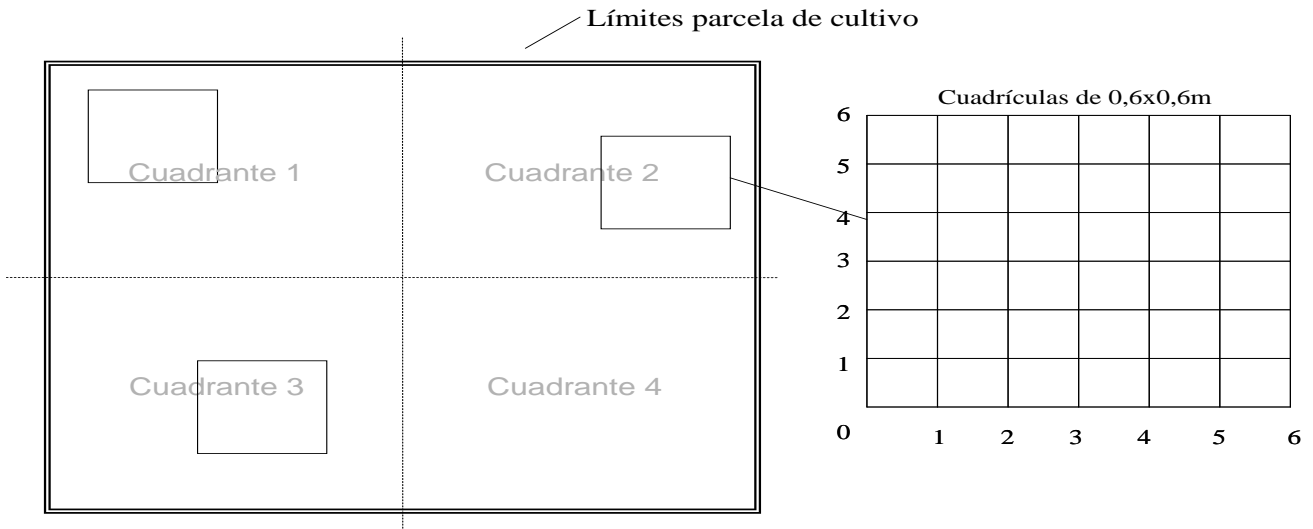
Se realizó trabajo de campo para analizar la superficie afectada por los diferentes tipos de impactos mediante indicadores visuales.

9. Tipos de muestreo:

Se realizó muestreo por cuadrículas, concretamente 3 por parcela (N=3). Las cuadrículas se seleccionaron aleatoriamente mediante el siguiente procedimiento:

- a) Posicionándose en el centro de la parcela, ésta se dividió en 4 cuadrantes imaginarios.
- b) Se seleccionaron aleatoriamente 3 de los 4 cuadrantes.

Gráfico 2. Esquema de procedimiento de muestreo en parcelas de frijol (*Phaseolus vulgaris*).



(Blanco, R 2011).

c) Para el muestreo en frijol (*Phaseolus vulgaris*) se seleccionó aleatoriamente 1 cuadrícula de muestreo en cada cuadrante para lo que se extrajo al azar la posición de muestreo mediante pequeños papeles numerados (números aleatorios). El tamaño de las cuadrículas es de 0.6 m x 0.6 m, y de 10 m en parcelas de café que se dividen a su vez en tramos de 0.25 m para el muestreo.

d) En cada cuadrícula se realizó, en primer lugar, un comentario en el que se describen los procesos que han afectado al suelo: manejo del agricultor, identificación de impactos y sus posibles causas. Se utilizó la terminología empleada en el cuadro de procesos superficiales que afectan al suelo. En segundo lugar se cuantificó la superficie afectada por los diferentes procesos a partir de un muestreo sistemático alineado por puntos.

Parcelas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Las cuadrículas de 0.6 m x 0.6 m se dividieron en subcuadrículas de 0.1 m en ambos ejes, en total se consiguieron 36 subcuadrículas por cada cuadrícula. El punto de muestreo fue la confluencia entre ambos ejes. Dicho de otra manera: se muestreó cada 10 cm desde el punto 0. En total son 6 puntos por fila (6 puntos x 6 filas = 36 puntos. Cada punto = 3,6 % de la

muestra total). Se observó cada punto para identificar que proceso superficial se había producido. Se asignó al proceso identificado en la plantilla de muestreo un código (Cuadro1). De esta manera se logró tener constancia de la decisión tomada en el momento del muestreo lo que, apoyado por fotografías, con lo cual se nos permitió realizar cambios en las revisiones.

En parcelas de café (*Coffea arabica*). Se utilizó un transecto de 10 m lineales, el punto de muestreo es lineal y se muestreó cada 0.25 m, desde el punto cero hasta llegar a diez metros. En total cuatro puntos en un metro, en total cuarenta puntos de muestreo. Cada punto represento el 2.5 %, de la muestra total. Se observó cada punto para identificar que proceso superficial se produjo y se procedió a ver qué tipo de erosión se presentaba, se asigna el proceso identificado en la plantilla de muestreo mediante códigos (Blanco, 2011).

De esta manera se tuvo constancia de la decisión tomada en el momento del muestreo, lo que apoyado por fotografías permitió realizar los cambios en revisiones realizadas.

Cuadro 1. Procesos superficiales que afectan al suelo y codificación del método práctico para estimar erosión hídrica en frijol (*Phaseolus vulgaris*) y café (*Coffea arabica*).

Tipos de procesos superficiales	Códigos
E. Formas de erosión	
1. Erosión por salpicadura (impacto lluvia)	Ei
2. Erosión laminar	El
- Erosión laminar estabilizada	Ele
3. Erosión en surcos	Es
4. Erosión en cárcavas	Ec
H. Alteración mecánica del suelo por herramienta (machete, azadón, piocha, arado) afectada por erosión o susceptible de erosión	
1. Alteración mecánica por herramienta susceptible de erosión (no se aprecia en este momento)	Hse
2. Alteración mecánica por herramienta afectada por erosión por salpicadura (impacto lluvia)	Hi
3. Alteración mecánica por herramienta afectada por erosión laminar	HI
P. Alteración mecánica del suelo por pisoteo afectada por erosión o susceptible de erosión	
1. Alteración mecánica por pisoteo susceptible de erosión (no se aprecia en este momento)	Pse
2. Alteración mecánica por pisoteo afectada por erosión por salpicadura (impacto lluvia)	Pi
3. Alteración mecánica por pisoteo afectada por erosión laminar	PI
D. Deposición de suelo afectado por erosión o susceptible de erosión	
1. Deposición de suelo susceptible de erosión (no se aprecia en este momento)	Dse
2. Deposición de suelo afectado por erosión por salpicadura (impacto lluvia)	Di
3. Deposición de suelo afectado por erosión laminar	DI
N. No erosión	
1. No existe erosión bajo cubierta vegetal viva	Nv
2. No existe erosión bajo vegetación muerta por herbicida, poda o restos vegetales de la cosecha anterior	Nrv
3. Fondo de camellón de arado con pendiente nula	Nc
O. Otros	
1. Rocas	Or

Blanco (2011).

Los tres primeros tipos de procesos superficiales corresponden con formas de erosión, incluyéndose las que afectan directamente al suelo (E), las que afectan al suelo que previamente ha sido desestructurado por manejos agrícolas con

herramientas (H) y la erosión que afecta a los micro procesos de deposición generados a partir de restos vegetales en superficie (D). Se ha realizado esta diferenciación para analizar qué influencia tienen estas acciones y procesos sobre la dinámica erosiva. El cuarto tipo es el proceso superficial de estabilidad a la erosión que se ha denominado No Erosión (N). Y, por último, se diferencia un quinto tipo, denominado Otros (O), para agrupar todos los aspectos del suelo que no están relacionados con la erosión o la estabilidad a la erosión (Blanco, 2011).

9.1. Las formas de erosión (E), corresponden con los característicos procesos de erosión hídrica del suelo. La erosión laminar estabilizada (Ele) se incluyó para indicar que la erosión observada no se ha formado durante el período de lluvias actual.

9.2. La alteración mecánica del suelo por herramientas (H), corresponde con un proceso de desagregación superficial del suelo por el manejo con herramientas. Estos manejos consisten en preparar el terreno para la siembra, los abonados y los sucesivos desherbados a lo largo del ciclo del cultivo. Estos manejos rompen la estructura original de la superficie del suelo a una profundidad variable dependiendo de la herramienta utilizada. Los machetes cuma y coli, que se suelen utilizar para el desherbado, desagregan el suelo a una profundidad de 2-3 cm y favorecen la formación de una estructura semejante a la granular (< 1 cm). La piocha o el azadón se suelen utilizar para preparar el terreno para la siembra y desagregan el suelo a una mayor profundidad, formando agregados en forma de grandes terrones de tamaño variable. El espeque, que se utiliza para la siembra de maíz (*Zea maíz*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) y para el abonado, deja pequeños terrenos en el suelo.

Esta ruptura de la estructura original desagrega el suelo en la parte superficial lo que favorece los procesos erosivos (E), especialmente la erosión por salpicadura y

laminar, secundariamente la erosión en surcos. El manejo con piocha o azadón suele generar terrones, sobre todo cuando el suelo tiene un alto contenido en arcillas, lo que incrementa la micro pendiente y favorece que los indicadores de erosión sean todavía más evidentes al formarse pedestales de erosión.

9.3. Las deposiciones afectadas por erosión (D), corresponden con procesos de acumulación de sedimentos a lo largo de la ladera, favorecidos sobre todo por la existencia de una cobertura vegetal muerta que ralentiza el flujo de agua a lo largo de la ladera. Sin embargo, estas deposiciones en si mismas pueden estar afectadas por la erosión: salpicadura (Di) y laminar (DI).

La ralentización del flujo de agua se debe a que la cobertura vegetal muerta en superficie genera micro-relieves con forma de diques de una pendiente menor.

Tanto la disminución de la pendiente como la mayor rugosidad del terreno hacen disminuir la velocidad del flujo de agua cargado de sedimentos.

9.4. Las formas de no erosión (N), corresponden con procesos de estabilización del suelo frente a la erosión. Se diferencia la causa de estos procesos que principalmente se debe a la presencia de una cubierta vegetal protectora: vegetación viva y muerta por herbicida o restos vegetales de la cosecha anterior o poda. La vegetación en superficie influye de dos maneras: a) amortigua el impacto de la lluvia y protege el suelo de la erosión; b) reduce la escorrentía de agua superficial sobre todo cuando ésta se dispone en forma de entramado, favoreciendo los procesos de deposición.

El criterio a seguir para establecer que la vegetación muerta en superficie está favoreciendo que no exista erosión es comprobar que ésta se encuentra estable o consolidada en la superficie e incorporándose al suelo por descomposición.

Cuando se intenta levantar la vegetación superficial existe dificultad porque está mezclada con las partículas del suelo, o porque se trata de vegetación a la que se le ha aplicado herbicida y forma un entramado difícil de movilizar, ayudando a que no haya erosión hídrica.

La vegetación a ras del suelo suele estar en proceso de descomposición orgánica, Si se trata tan sólo de vegetación suelta en superficie se puede considerar que todavía no han tenido ninguna influencia para contener suelo y evitar la erosión. En este caso, se elimina la vegetación superficial y se observan los procesos de la superficie del suelo.

9.5. El tipo otros (O), corresponde con cualquier manifestación superficial que no encaje en los procesos superficiales anteriores. Se ha identificado el tipo rocas cuando esta no influye en los procesos de erosión ni deposición, por lo tanto no forma parte de pedestales de erosión ni favorece la acumulación de sedimentos.

También se incluyeron en este tipo:

Huellas de pisadas por tránsito de personas o animales.

Rasgos de animales domésticos (gallinas, perros) en forma de excrementos y suelo desagregado ya que estos animales suelen romper la estructura superficial del suelo por picoteo o escarbado.

.

Se encontró que en las parcelas de café se presentaban los siguientes casos: Suelo bajo café, suelo a las calles del café y suelo bajo árbol (**Ver registro fotográfico en anexos**).

9.6. Procedimiento de muestreo:

1. Suelo bajo árbol (se contemplaron las especies musáceas, Ingas y otros). Se muestrea alrededor de los árboles y calles y localización de árboles de cada tipo. Se numera cada caso.
 - a. Unidades de tierra
 - b. Suelo bajo café.
 - c. Suelo en las calles del café.

2. Se seleccionaron aleatoriamente 3 muestreos para cada caso. El muestreo se realizó utilizando transecto de diez metros y muestrear cada 0.25 m, en el suelo bajo café.

Los impactos de mayor tamaño que no queden incluidos en las cuadrículas de muestreo, como los movimientos en masa y la compactación, se estimaron mediante un procedimiento cualitativo: impacto presente☒, frecuente (+) y muy frecuente (++) .

Base de datos, fue necesaria realizarla para cada cuadrícula de análisis durante el proceso de muestreo:

9.7. Método utilizado para recopilar datos

1. Cobertura de sombra y altura de ramificación máxima del árbol y mínima del café.

Método cuantitativo y cualitativo para calcular la cobertura de sombra se utilizó cinta métrica para medir la altura de las ramas que dan sombra al café (*Coffea arabica*) y que se encuentran en la zona del transecto.

Método para calcular la altura de ramificación: Se usó cinta métrica para medir la altura de las bandolas más cercanas al suelo.

2. Cobertura de vegetación viva y muerta (hojarasca, restos de poda, etc.).

Se realizó muestreo lineal de impactos. Se recorrieron los transectos en caso de café (*Coffea arabica*) y la cuadrícula en caso de frijol (*Phaseolus vulgaris*) (el transecto es

de 10 m lineales y la cuadrícula es de 0.60 m de lado) y se anotaron todos los impactos (tipo y número de veces que aparece) que se observan desde el sendero, tanto dentro como fuera del mismo.

De cada parcela se analizaron determinados factores ambientales que pueden tener alguna influencia en la degradación del suelo:

Estimación de la pedregosidad y otras manifestaciones superficiales que pueden influir en los procesos erosivos, entramado de cañas (Restos vegetales de maíz).

Se tomó muestra de suelo a una profundidad de 10 cm para determinar: materia orgánica y textura.

Se muestreó la cobertura vegetal, pedregosidad superficial y afloramientos rocosos mediante el método de transepto, se realizó después de tomar datos de cuadrícula en frijol.

- a) Desde el punto central de la parcela se realizaron 3 transeptos atravesando 45° los 3 cuadrantes seleccionados en el muestreo del estado de degradación.
- b) Los transeptos fueron de 4 m (toma de muestras por puntos cada 0.1 m para la cobertura vegetal y la pedregosidad superficial.
- c) Los transeptos fueron de 10 m para los afloramientos rocosos. La toma de muestras no fue por puntos, sino por distancia proporcional, es decir que se midió la distancia que cubren los afloramientos en el total de 10 m de transepto.

9.8. Evaluar dinámica erosiva y estimación de las pérdidas de suelo ocasionadas por procesos erosivos.

Se utilizó el método de reconocimiento por mediciones volumétricas propuesto por la FAO – Hudson (1997) para estimar sobre el terreno las pérdidas de suelo cuando la erosión en surcos es el proceso dominante. Se han aplicado experimentalmente numerosas adaptaciones de este método. Herweg et al. (1996) diseñaron el método

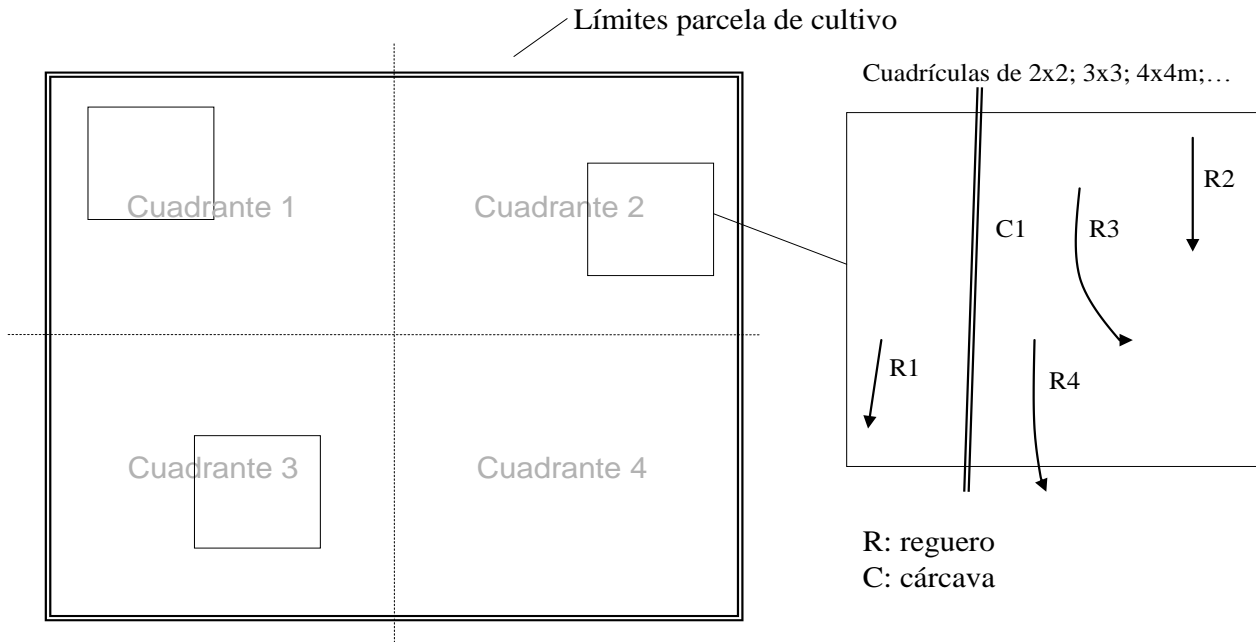
ACED (Assessment of Current Erosion Damage) (Evaluación del Daño por Erosión Actual). El método de trabajo está basado en mapas esquemáticos de los procesos de degradación y cuantificación de los mismos por medición volumétrica de los surcos y cárcavas. El error estimado de pérdida de suelo medido por el volumen de los surcos y cárcavas es de $\pm 15 - 30 \%$ (Haile et al., 2006,). Este método se ha utilizado en Nicaragua (VV.AA., 2005), en Etiopía y Eritrea (Herweg and Stillhardt, 1999; Haile *et al.* 2006) para valorar las pérdidas de suelo.

Procedimiento de trabajo y de muestreo.

El método consistió básicamente en hacer un esquema de localización de los procesos erosivos en las parcelas de estudio después de los eventos lluviosos y cuantificar los efectos a partir de la medición de las dimensiones de los surcos y cárcavas. La localización de los daños así como la cuantificación de las pérdidas de suelo es esencial para establecer prácticas de corrección de suelos y aguas, como diseñar barreras de erosión, canales de desagüe, etc (Herweg, 1999).

Descripción del método práctico para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de apante y café (*Coffea arabica*), se realizó un esquema de la parcela de muestreo con la localización de los procesos erosivos en forma de surcos (R) y cárcavas (C) de la manera como se especifica en el gráfico 3.

Grafico 3. Esquema de procedimiento de muestreo de los regueros y cárcavas.



(Blanco, 2011).

1. Contar número de regueros y cárcavas.
2. Medir longitud, anchura y profundidad de tres surcos representativos. Se realizan tres medidas de cada dimensión. Si hay mucha variabilidad en las dimensiones se tomo 1 por cada tipo representativo: grande, mediano y pequeño.
3. Calcular volumen de suelo perdido. Los cálculos se han realizado en una hoja de cálculo Excel. Se asume tradicionalmente que la sección del surco y cárcava presenta forma de cuerpo geométrico. El surco puede adoptar forma triangular, semicircular o rectangular (Stocking y Murnaghan, 2003). La cárcava puede adoptar forma de trapecio o forma de triángulo o de U (PASOLAC, 2005).
4. Las observaciones realizadas en campo han provocado que en este trabajo se haya optado por una forma de media elipse. Los cálculos del volumen del semicilindro elíptico aparecen en la siguiente figura.

Gráfico 4. Forma de media elipse del surco de erosión (Blanco, 2011).



Fórmula para cálculo de volumen

<p>- El área de la elipse se calcula:</p> $S = \pi \cdot a \cdot b$ <p>- El volumen del semicilindro elíptico se calcula (unidad de medida en m³ o cm³):</p> $V = \frac{\pi \cdot a \cdot b \cdot l}{2}$ <p>- El volumen del semicilindro elíptico se calcula (unidad de medida en Tm):</p> $V = \frac{\pi \cdot a \cdot b \cdot l}{2} \times Da$ <p>Con una Da=1, hay 1Tm de suelo por cada m³.</p>	
---	--

Fuente: Blanco (2011).

El período de muestreo se realizó en el último periodo de la estación lluviosa. Durante esta, se controló mediante entrevista las prácticas de gestión que se realizaron en las parcelas seleccionadas.

Procedimiento de muestreo:

1. Se seleccionaron una o varias parcelas representativas en función de los usos del suelo, las prácticas de gestión y los factores ambientales. representativos del área y en una de las parcelas seleccionadas.
2. Se realizó muestreo periódicamente durante todo el período de lluvias. Por ejemplo: medir regueros zanjas y cárcavas preferiblemente en el mismo día o días después tomando en cuenta que la parcela no haya sido alterada.

9.9.7 Técnicas de recopilación de información.

Reconocimiento de la zona: Se recopiló la información del área de estudio y trabajo de campo de reconocimiento (visita de las fincas del área de estudio).

Los instrumentos utilizados:

Cuadernos de campo:

Fase 1: Identificación de los procesos de degradación y de los factores de diagnóstico que influyen sobre la vulnerabilidad del suelo a la degradación por uso agrario identificar las fincas de estudio.

Fase 2: Registrar información útil de campo.

Cámara fotográfica: para confirmar cada proceso erosivo, así como también la cantidad de vegetación viva y muerta.

Cinta métrica: 10 m y 3 m, se usó para medir altura en árboles, bandolas, largo y profundidad de los surcos y procesos propios del estudio.

Reglas de madera: 3 y 2 m para cuadro de 60 cm X 60 cm.

Clinómetro: Aparato de medición de la inclinación de un terreno.

Hojas de campo: Se utilizó para registrar y recopilar diversa información en el campo en las parcelas de café (*Coffea arábica*).

GPS: Se utilizó para registrar las coordenadas de las parcelas de estudio.

IX RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Caracterización de las fincas estudiadas

Las fincas cafetaleras estudiadas fueron las que tenían más de 60 Mz ya que en esta área era muy posible encontrar la diversidad de pendientes necesarias para el estudio, donde los rangos de pendientes eran desde < 20% hasta >60%, los cafetales debían ser cosecheros.

El tamaño de la muestra para café fue de 6 fincas y 6 parcelas por finca que representaron 36 casos (n=36 parcelas) y para frijol fue de 10 fincas que representaron 38 casos.

Cuadro 2

Fincas seleccionadas para estudio en Café.

Nombre de la fincas	Nombre del dueño	Comunidad	Coordenadas
	Alesio Castro	El Golfo	16p0647844 1474480
Monte Cristo	Pedro Cano	Santa Rosa	16p0639387 1477572
	Luis Elsther Hawking	La Lana	16p0650832 1474118
La Laguna de San		Peñas Blancas	

Antonio			
Canan	Federico Elsther Hawking	La Lana	16p0650243 1473745
	Jaqui Travel	Bocaysito	16p0647446 1476255

Cuadro 3

Fincas seleccionadas para estudio en Frijol

Nombre de la fincas	Nombre del dueño	Comunidad	Coordenadas
	Luis Alberto Rodríguez	La Flor	16p0637669 1484009
Monte Cristo	Pedro Cano	Santa Rosa	16p0640611 1477740
	Joel Torres Laguna	Frank Tijerino	16p064983 1485696
El Delirio	José Úbeda	Arenales	16p0643220 1476082
	Francisco Real Mercado	Frank Tijerino	
San Antonio	Virgilio Rizo Castillo	Santa Ana	16p0645381 1479509
*	Simeón Rugama Arauz	El Caño	16p0646871 1487976
San Francisco	Armando Rugama Arauz	El Caño	16p0646556 1489476
*	Elías Rugama Arauz	El Caño	16p0647013 1487933
	Domingo Rugama Arauz	El Caño	16p0647407 1488394

Nota: Se presento dos tipos de labranza arado y espeque (*)

Cultivo Café.

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indica en el caso del café que la mayor parte de las variables siguen una distribución normal. Por ejemplo, las variables significativas del análisis de correlación posterior presentan unos niveles de significación mayores de 0,05 ($p=0,097$ y $p=0,179$ para las variables erosión y no erosión, respectivamente; y $p=0,476$ y $p=0,185$ para las variables pendiente y cobertura de vegetación muerta, respectivamente) lo que indica que éstas siguen una distribución normal. Sin embargo, el reducido valor de N ($n<40$) aconsejan utilizar técnicas estadísticas no paramétricas.

9.2. Pendiente de las parcelas.

9.3 Influencia de la pendiente de ladera y la erosión en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

El análisis estadístico realizado ha consistido primero, en un análisis de correlación entre variables; segundo, en un análisis de contraste de medias y tercero, en un análisis de regresión.

9.4 El análisis de correlaciones entre variables indicó que la erosión presenta tan sólo una relación significativa con la pendiente de ladera y la cobertura de vegetación muerta. Destaca que en todos estos casos el intervalo de confianza ha sido del 99 % (nivel de significación $p<0.01$).

La erosión presentó una relación significativa al nivel $p<0.01$ con la pendiente de ladera ($Rho=0.631$; $p=0.000$) y con la cobertura de vegetación muerta ($Rho=-0.804$; $p=0.000$).

9.5 Los grupos de suelos se han diferenciado en 4 intervalos de pendiente (<20 %, 20-40, 40-60 y más del 60 %). El análisis de contraste con Kruskal-Wallis confirma que existen diferencias significativas a un intervalo de confianza del 95 % ($p=0.014$) entre la erosión y la pendiente de ladera (cuadro 4).

Cuadro 4. Estadístico de contraste Test H de Kruskal-Wallis

Estadísticos de contraste^{b,c,d}

	Erosion_total	No erosion_total
Chi-cuadrado	10,572	10,949
gl	3	3
Sig. asintót.	,014	,012
Sig. exacta	.	.
Probabilidad en el punto	.	.

a. Dificultades numéricas han evitado los cálculos.

b. Prueba de Kruskal-Wallis

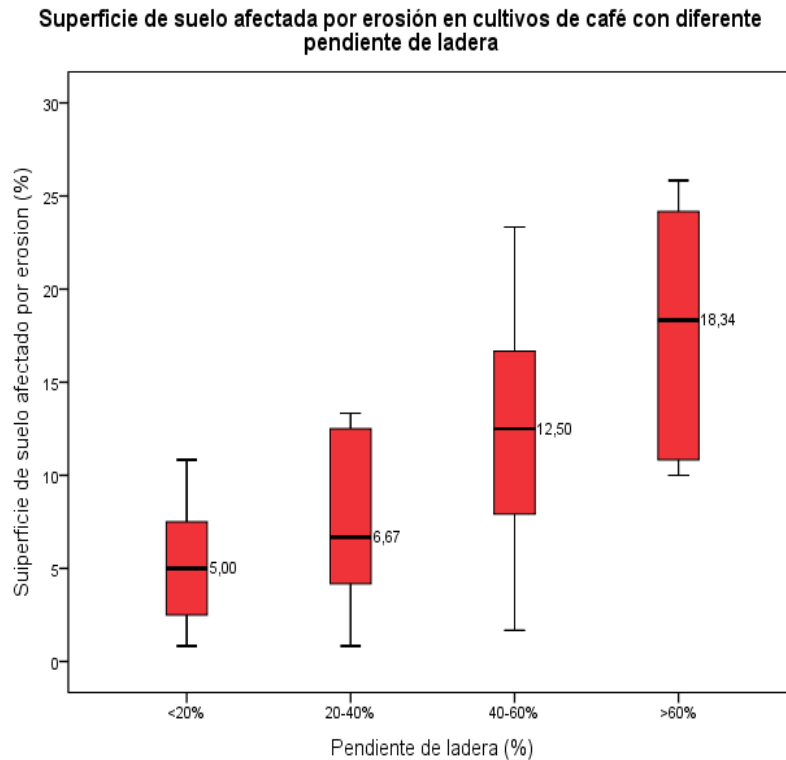
c. Variable de agrupación: Pendiente_cod4

d. No es posible calcular algunas o todas las significaciones exactas porque se ha sobrepasado el límite de tiempo.

9.6 Los diagramas de caja representan la superficie de suelo afectado por erosión (Gráfico 5) en los intervalos de pendiente diferenciados, poniendo de manifiesto claramente las diferencias indicadas. Los suelos con <20 % de pendiente y entre el

20-40 % presentan unos valores de erosión muy próximos: 5 % y 6,7 % (mediana) de la superficie, respectivamente.

Grafico 5. Superficie de suelo afectada por erosión en cultivo de café (*Coffea arábica*) con diferente pendiente.



A más distancia se encuentran los valores de erosión con pendientes superiores: los suelos con pendiente 40-60 % presentan una superficie afectada por erosión del 12,5 %, el doble que en el intervalo anterior; y los suelos con pendiente >60 % alcanzaron una mediana del 18,3 % de la superficie.

Las diferencias de erosión observadas entre los intervalos de pendiente anteriores son variables. Esto se debe a que entre pares de grupos puede haber diferencias importantes. Para analizar las diferencias entre grupos se han realizado análisis de contraste por pares de grupos de pendiente, lo que ha permitido valorar mejor la influencia de este factor sobre la erosión. Traducido a efectos de manejo, se ha obtenido la pendiente umbral de erosión (más bien un rango) a partir de la cual existe un mayor riesgo de erosión con cultivo de café (*Coffea arábica*).

En el análisis de contraste se encontraron los siguientes resultados:

Par 1. Grupos de pendiente 1 (<20 %) y 2 (20-40 %). N=15. No hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de pendiente ($p=0.570$) (cuadro 5). Este valor indica que el 57 % de los casos en ambas distribuciones no presentan diferencias significativas. Estadísticamente los grupos son iguales. Estos resultados confirman estadísticamente lo observado en el diagrama de caja (gráfico 5).

Cuadro 5. Test U de Mann-Whitney

Estadísticos de contraste ^b	
	Erosion_total
U de Mann-Whitney	20,000
W de Wilcoxon	35,000
Z	-,615
Sig. asintót. (bilateral)	,538
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,594 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,570
Sig. exacta (unilateral)	,285
Probabilidad en el punto	,016

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Pendiente_cod4

Par 2. Grupos de pendiente 2 (20-40 %) y 3 (40-60 %). N=21. No hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de pendiente ($p=0.094$) (cuadro 6), pero ahora las diferencias se han reducido al 9,4 % de los casos. Las diferencias entre ambos grupos son ahora más importantes pero estadísticamente continúan siendo no significativas ya que supera el intervalo de confianza del 95 % (se permite un riesgo del 5 % de que los valores sean iguales en ambos grupos).

Cuadro 6. Test U de Mann-Whitney

Test U de Mann-

Estadísticos de contraste ^b	
	Erosion_total
U de Mann-Whitney	31,000
W de Wilcoxon	86,000
Z	-1,695
Sig. asintót. (bilateral)	,090
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,099 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,094
Sig. exacta (unilateral)	,047
Probabilidad en el punto	,003

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Pendiente_cod4

Par 3. Grupos de pendiente 3 (40-60 %) y 4 (>60 %). N=17. No hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de pendiente ($p=0.226$) (cuadro 7).

Cuadro 7. Test U de Mann-Whitney

	Erosion_total
U de Mann-Whitney	20,500
W de Wilcoxon	86,500
Z	-1,258
Sig. asintót. (bilateral)	,208
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,216 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,226
Sig. exacta (unilateral)	,113
Probabilidad en el punto	,010

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Pendiente_cod4

Par 4. Grupos de pendiente 2 (20-40 %) y 4 (>60 %). N=16. Las diferencias de erosión entre los dos grupos de pendiente son ahora estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 99 % ($p=0.007$) (cuadro 8). Tan sólo el 0.7 % de los datos se puede considerar iguales.

Cuadro 8. Test U de Mann-Whitney

	Erosion_total
U de Mann-Whitney	6,000
W de Wilcoxon	61,000
Z	-2,609
Sig. asintót. (bilateral)	,009
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,007 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,007
Sig. exacta (unilateral)	,003
Probabilidad en el punto	,000

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Pendiente_cod4

En síntesis se tiene que para cada uno de los pares y entre ellos se dieron los siguientes resultados:

El contraste par 1 indica que no hay diferencias de erosión en los suelos con una pendiente <40 %. El contraste par 2 indica que hay diferencias entre los intervalos 20-40 % y 40-60 % aunque estadísticamente no se consideran significativas. Las diferencias sí son estadísticamente significativas en el contraste 4 entre el intervalo 20-40 % y >60 %. Los resultados apuntan al 40 % de pendiente como valor umbral de erosión, a partir del cual existe un mayor riesgo de erosión en cultivo de café (*Coffea arabica*).

Cuadro 9 . Análisis de correlaciones

Técnica		Técnica_cod	Pendiente N	Pendiente C	Erosion	No erosion	Otros	CV v	CV s	CS r	CS rv	CS s	
Rho de Spearman	Arado	Técnica_cod											
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)											
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		Pendiente_N		1,000	,965	-.111	-.048	,360	-.434	,434	,381	,142	-.247
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,000	,624	,831	,100	,043	,043	,090	,529	,267
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		Pendiente_C		,965	1,000	-.179	,028	,341	-.398	,398	,398	,288	-.378
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,000	,425	,901	,121	,066	,066	,067	,194	,083
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		Erosion		-.111	-.179	1,000	-.885	-.216	,020	-.020	-.079	-.113	,103
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,624	,425	,000	,333	,929	,929	,728	,615	,647
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		No erosion		-.048	,028	-.885	1,000	-.176	,134	-.134	-.177	,073	,007
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,831	,901	,000	,433	,552	,552	,430	,747	,976
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		Otros		,360	,341	-.216	-.176	1,000	-.160	,160	,561	,021	-.198
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,100	,121	,333	,433	,477	,477	,007	,927	,378
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		CV_v		-.434	-.398	,020	,134	-.160	1,000	-1,000	-.423	-.082	,218
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,043	,066	,929	,552	,477		,050	,718	,330
		N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		CV_s		,434	,398	-.020	-.134	,160	-1,000	1,000	,423	,082	-.218
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,043	,066	,929	,552	,477		,050	,718	,330		
N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22		
CS_r		,381	,398	-.079	-.177	,561	-.423	,423	1,000	,380	-.597		
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,080	,067	,728	,430	,007	,050	,050	,081	,003		
N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22		
CS_rv		,142	,288	-.113	,073	,021	-.082	,082	,380	1,000	-.955		
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,529	,194	,615	,747	,927	,718	,718	,081	,000		
N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22		
CS_s		-.247	-.378	,103	,007	-.198	,218	-.218	-.597	-.955	1,000		
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,267	,083	,647	,976	,378	,330	,330	,003	,000		
N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22		
Espeque		Técnica_cod											
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)											
		N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
		Pendiente_N		1,000	,971	-.279	,169	,057	-.028	,028	,508	,105	-.189
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,000	,295	,531	,834	,917	,917	,045	,698	,484
		N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
		Pendiente_C		,971	1,000	-.224	,161	,025	,035	-.035	,509	,085	-.161
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,000	,405	,552	,928	,899	,899	,044	,755	,552
		N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
		Erosion		-.279	-.224	1,000	-.786	,066	,229	-.229	,266	-.725	,767
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,295	,405	,000	,809	,394	,394	,319	,001	,001
		N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
		No erosion		,169	,161	-.786	1,000	-.547	-.376	,376	-.451	,865	-.853
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,531	,552	,000	,028	,151	,151	,079	,000	,000
		N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
		Otros		,057	,025	,066	-.547	1,000	,482	-.482	,376	-.502	,424
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,834	,928	,809	,028	,059	,059	,152	,048	,101
		N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
		CV_v		-.028	,035	,229	-.376	,482	1,000	-1,000	,272	-.536	,543
		Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,917	,899	,394	,151	,059		,309	,032	,030
		N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
		CV_s		,028	-.035	-.229	,376	-.482	-1,000	1,000	-.272	,536	-.543
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,917	,899	,394	,151	,059		,309	,032	,030		
N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
CS_r		,508	,509	-.266	-.451	,376	,272	-.272	1,000	-.477	,393		
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,045	,044	,319	,079	,152	,309	,309	,061	,132		
N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
CS_rv		-.105	,085	-.725	,865	-.502	-.536	,536	-.477	1,000	-.986		
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,698	,755	,001	,048	,032	,032	,061	,000	,000		
N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
CS_s		-.189	-.161	,767	-.853	-.424	,543	-.543	,393	-.986	1,000		
Coeficiente de correlación Sig. (bilateral)			,484	,552	,001	,000	,101	,030	,030	,132	,000		
N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

9.3. Análisis de regresión (Cuadro 10).

Resumen del modelo

Técnica	Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
						Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
Espeque	1	,823 ^a	,677	,654	10,62135	,677	29,394	1	14	,000

Coefficientes^a

Técnica	Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
			B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
Espeque	1	(Constante)	82,522	6,230		13,246	,000	69,160	95,883
		CS_iv	-.863	,159	-.823	-5,422	,000	-1,205	-,522

Análisis de la influencia de la cobertura vegetal del suelo (muerta) sobre la erosión en café (Coffea arábica).

Los grupos de suelos se han diferenciado en 4 intervalos de cubierta de vegetación muerta (<60 %, 60-70, 70-80 y >80 %). El análisis de contraste confirma que existen diferencias significativas a un intervalo de confianza del 99 % ($p=0.000$) entre la erosión y la cubierta de vegetación muerta (Cuadro 11).

Cuadro 11. (test H de Kruskal-Wallis)

Estadísticos de contraste ^{b,c}	
	Erosion_total
Chi-cuadrado	18,110
gl	3
Sig. asintót.	,000
Sig. exacta	. ^a
Probabilidad en el punto	.

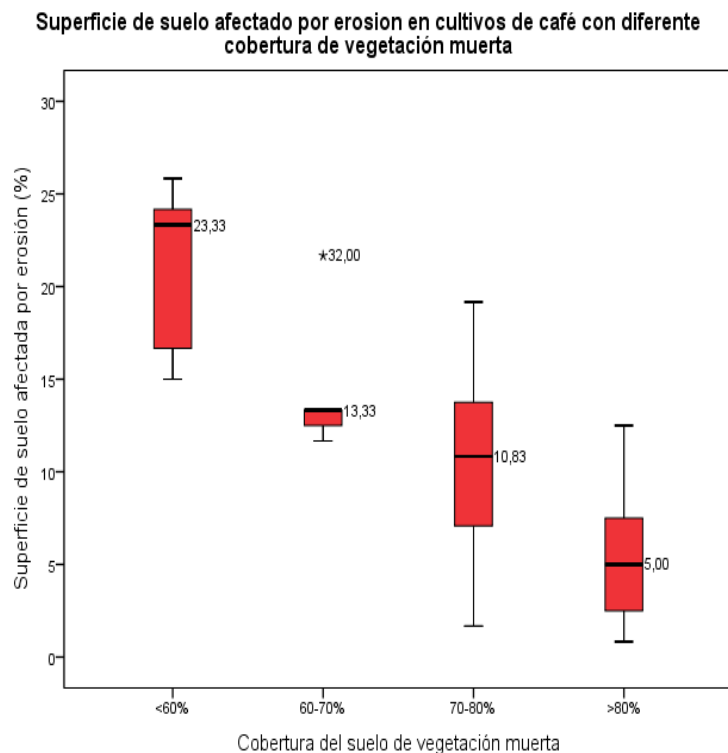
a. Dificultades numéricas han evitado los cálculos.

b. Prueba de Kruskal-Wallis

c. Variable de agrupación: VegMuerta_4cod

Los diagramas de caja representan la superficie de suelo afectado por erosión (Gráfico 6) en los intervalos de cubierta de vegetación muerta diferenciados, poniendo de manifiesto claramente las diferencias indicadas. Los suelos con < 60 % de cubierta vegetal muerta son los que presentan con diferencia, la mayor superficie erosionada (mediana del 23,3 %. Los demás intervalos de cubierta vegetal presentan unas tasas de erosión mucho más próximas: 13,3, 10,8 y 5,0 %.

Gráfico 6. Superficie de suelo afectada por erosión en cultivo de café (*Coffea arabica*), con diferente cobertura de vegetación muerta.



Para analizar las diferencias entre grupos se han realizado análisis de contraste por pares de grupos de cubierta vegetal muerta, lo que ha permitido valorar mejor la influencia de este factor sobre la erosión. Traducido a efectos de manejo, se ha obtenido la cubierta vegetal umbral de erosión a partir de la cual existe un mayor riesgo de erosión con cultivo de café.

Los grupos de suelos se han diferenciado en 4 intervalos de cubierta de vegetación muerta (<60 %, 60-70, 70-80 y >80 %).

9.6.1 Análisis de contraste por pares de grupos de cubierta vegetal muerta.

Par 1. Grupos de cubierta 1 (<60 %) y 2 (60-70 %). N=10. Hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de cobertura ($p=0.024$) (cuadro 12).

Cuadro 12. Test U de Mann-Whitney

Estadísticos de contraste ^b	
	Erosion_total
U de Mann-Whitney	2,000
W de Wilcoxon	17,000
Z	-2,200
Sig. asintót. (bilateral)	,028
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,032 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,024
Sig. exacta (unilateral)	,012
Probabilidad en el punto	,004

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: VegMuerta_4cod

Par 2. Grupos de cubierta 2 (60-70 %) y 3 (70-80 %). N=12. No hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de cobertura ($p=0.146$) (cuadro 13).

Cuadro 13. Test U de Mann-Whitney

Estadísticos de contraste ^b	
	Erosion_total
U de Mann-Whitney	8,000
W de Wilcoxon	36,000
Z	-1,548
Sig. asintót. (bilateral)	,122
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,149 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,146
Sig. exacta (unilateral)	,073
Probabilidad en el punto	,018

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: VegMuerta_4cod

Par 3. Grupos de cubierta 3 (70-70 %) y 4 (>80 %). N=22. No hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de cobertura ($p=0.119$) (cuadro 14).

Cuadro 14. Test U de Mann-Whitney

Estadísticos de contraste^b

	Erosion_total
U de Mann-Whitney	30,000
W de Wilcoxon	150,000
Z	-1,591
Sig. asintót. (bilateral)	,112
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,123 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,119
Sig. exacta (unilateral)	,059
Probabilidad en el punto	,003

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: VegMuerta_4cod

Par 4. Grupos de cubierta 1 (<60 %) y 4 (>80 %). N=20. Hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de cobertura ($p=0.000$). (Cuadro 15).

Cuadro15. Test U de Mann-Whitney

Estadísticos de contraste^b

	Erosion_total
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	120,000
Z	-3,281
Sig. asintót. (bilateral)	,001
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,000
Sig. exacta (unilateral)	,000
Probabilidad en el punto	,000

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: VegMuerta_4cod

Par 5. Grupos de cubierta 2 (60-70 %) y 4 (>80 %). N=20. No hay diferencias de erosión estadísticamente significativas entre los dos grupos de cobertura (p=0.001) (Cuadro 16).

Cuadro 16. (test U de Mann-Whitney)

Estadísticos de contraste ^b	
	Erosion_total
U de Mann-Whitney	3,000
W de Wilcoxon	123,000
Z	-3,023
Sig. asintót. (bilateral)	,003
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,001 ^a
Sig. exacta (bilateral)	,001
Sig. exacta (unilateral)	,000
Probabilidad en el punto	,000

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: VegMuerta_4cod

9.7 Interpretación de los resultados.

Los contrastes realizados se pueden diferenciar en 2 grandes grupos: 1) contrastes por pares tomado como referencia el intervalo >80 % de cobertura; 2) contrastes entre pares consecutivos.

Contrastes entre pares tomado como referencia el intervalo >80% de cobertura.

- Grupos 1 (<60 %) – 4 (>80 %): diferencias significativas.
- Grupos 2 (60-70 %) – 4 (>80 %): diferencias significativas.
- Grupo 3 (70-80 %) – 4 (>80 %): diferencias NO significativas.

A partir del 70 % de cobertura vegetal muerta las diferencias no son significativas. El límite de cobertura de vegetación muerta como umbral de erosión se podría establecer en torno al 70 %.

9.7.1. Contrastes entre pares consecutivos.

- Grupos 1 (<60 %) – 2 (60-70 %): diferencias significativas.
- Grupos 2 (60-70 %) – 3 (70-80 %): diferencias NO significativas.
- Grupo 3 (70-80 %) – 4 (>80 %): diferencias NO significativas.

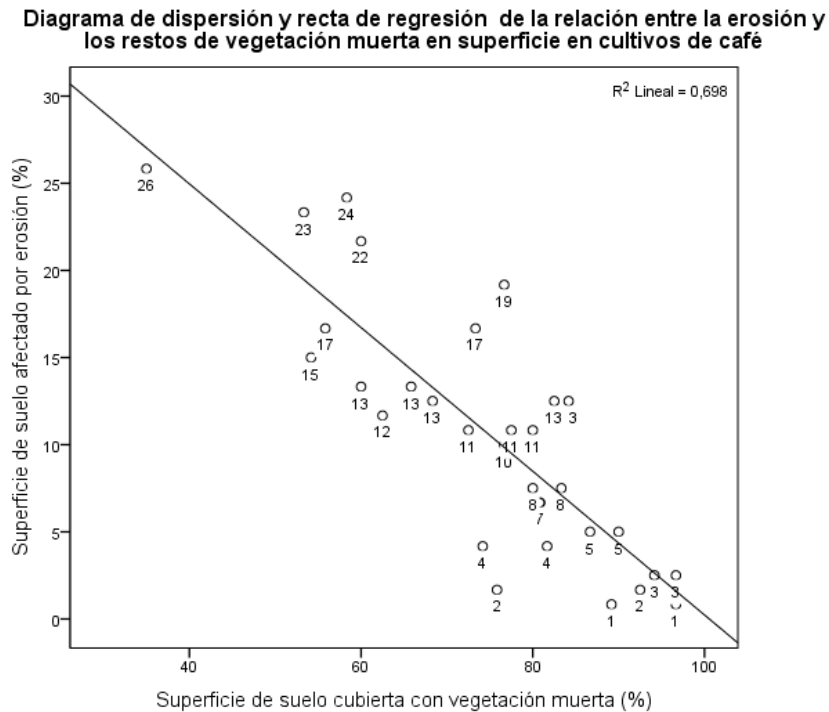
A partir del 60 % de cobertura vegetal muerta las diferencias no son significativas. El límite de cobertura de vegetación muerta como umbral de erosión se podría establecer en torno al 60 %.

Teniendo en cuenta ambos análisis se podría establecer un rango entre el 60-70 % de cobertura vegetal como umbral de erosión, por encima del cual se presentan los valores de erosión más bajos y no existen diferencias de erosión estadísticamente significativas.

9.7.2. Análisis de regresión entre variables.

El análisis de correlaciones entre variables indicó que sólo hay una relación significativa entre la pendiente y la cobertura del suelo (vegetación muerta) con la erosión. El análisis de regresión lineal confirma la relación de la erosión con la segunda variable, excluyendo del análisis a la pendiente debido a que no cumple los requisitos de significación para entrar en el modelo de regresión. La cobertura del suelo de vegetación muerta, como variable de predicción de la erosión, presentó un coeficiente de determinación (R^2) de 0,698 ($p=0.000$).

Gráfico 7. Diagrama de dispersión y recta de regresión de la relación de la erosión y restos de vegetación muerta en superficie en cultivo de café (Coffea arábica).



El 70 % de los valores de erosión pueden ser explicados a partir de la cobertura de vegetación muerta, mostrando una clara relación lineal negativa. La ecuación de regresión resultante es la siguiente:

$$\text{Erosión} = 41.45 - 0.412 \text{ CSu_vm}$$

CSu_vm = cobertura del suelo de vegetación muerta (%)

Cuadro 17. Análisis de regresión

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F	
1	,835 ^a	,698	,688	3,97936	,698	69,249	1	30	,000	1,058

a. Variables predictoras: (Constante), CSu_vm

b. Variable dependiente: Erosion_total

Coeficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		Interv. de confianza de 95,0% para B	Correlaciones			Estadísticos de colinealidad				
		B	Error típ.	Beta	t		Sig.	Límite inferior	Límite superior	Orden cero	Parcial	Semiparcial	Tolerancia	FIV
1	(Constante)	41,454	3,780		10,966	,000	33,734	49,174						
1	CSu_vm	-,412	,060	-,835	-8,322	,000	-,513	-,311	-,835	-,835	-,835	1,000	1,000	

a. Variable dependiente: Erosion_total

9.7.3 Caracterizar la sombra y su influencia en la erosión hídrica en las parcelas de café (*Coffea arabica*).

El análisis de correlaciones entre variables indicó que la erosión no presenta ninguna relación significativa con la caracterización de la sombra y presenta tan sólo una relación significativa con la pendiente de ladera y con la cobertura de vegetación muerta. Destaca que en todos estos casos el intervalo de confianza ha sido del 99 % (nivel de significación $p < 0.01$).

Cultivo de Frijol

9.7.4 Influencia de la pendiente de ladera y la erosión en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

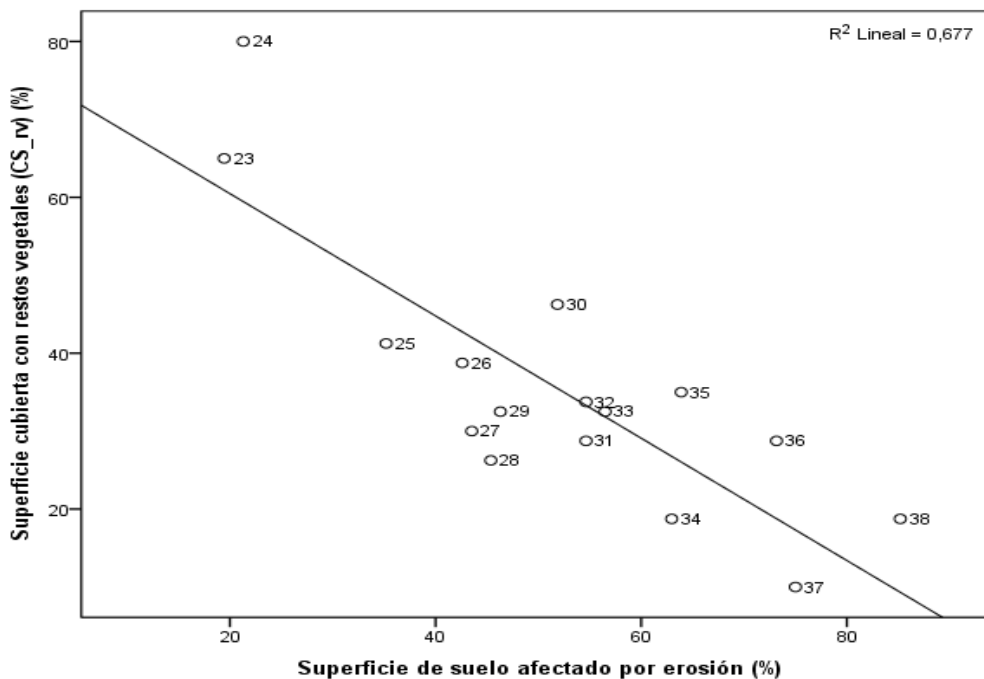
El análisis de correlaciones entre variables indica que sólo hay una relación significativa entre la cobertura del suelo (vegetación muerta) y la erosión en las parcelas de siembra con espeque (Erosión: $Rho=-0.725$; $p=0.001$) (cuadro 7). El análisis de regresión lineal confirma esta relación, ya que tan sólo ha entrado en el modelo como variable de predicción la cobertura de vegetación muerta ($R^2=0.677$; $p=0.000$) (gráfico 8).

Ecuación de regresión

Erosión = $41.45 - 0.412$ CSu_vm. CSu_vm = cobertura del suelo de vegetación muerta (%).

Gráfico 8. Diagrama de dispersión y recta de regresión de la erosión y restos vegetales en superficie en cultivo de frijol con espeque.

Diagrama de dispersión y recta de regresión de la erosión y los restos vegetales en superficie en cultivos de frijol de siembra con espeque



9.7.5 análisis de la influencia de la cobertura vegetal (muerta) del suelo sobre la erosión en frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Análisis de la influencia del manejo del suelo: técnicas de siembra con arado y espeque.

Las muestras se han dividido en dos grupos según el manejo: arado/espeque, y se ha realizado un análisis estadístico descriptivo, acompañado de diagramas de caja para ver las diferencias entre las 2 técnicas.

Las series de datos presentan una gran dispersión, lo que se desprende de los elevados valores del coeficiente de variación (CV), superiores al 30%, a excepción de los valores de erosión con técnica de arado que, con un CV del 12,4%, presenta una menor variabilidad (cuadro 18). El reducido tamaño del muestreo (arado: N=22; espeque: N=16) explican la existencia de esta elevada variabilidad en los resultados. Por este motivo se ha utilizado la mediana en lugar de la media como medida de análisis de la tendencia central y el rango intercuartílico en lugar de la desviación típica y el CV como medidas de dispersión. Con estos estadísticos se han realizado los diagramas de caja de los gráficos (9, 10 Y 11).

Cuadro 18. Estadísticos descriptivos.

		Estadísticos										
Técnica		Pendiente_N	Pendiente_C	Erosion	No erosion	Otros	CV_v	CV_s	CS_r	CS_rv	CS_s	
Arado	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
	Válidos											
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Media	27,41	2,36	80,8086	16,7509	2,44	12,22	87,78	1,76	9,602	88,636	
	Error típ. de la media	3,609	,291	2,13842	2,15140	,779	1,824	1,824	,845	1,2831	1,7847	
	Mediana	27,50	2,00	85,1900	12,9600	,93	10,63	89,38	,00	7,500	91,250	
	Moda	33	1	87,96	12,04	0	5 ^a	79 ^a	0	7,5	92,5	
	Desv. típ.	16,927	1,364	10,03007	10,09096	3,654	8,556	8,556	3,965	6,0182	8,3711	
	CV	61,759	57,723	12,412	60,241	149,650	70,039	9,747	225,123	62,674	9,444	
	Varianza	286,539	1,861	100,602	101,827	13,353	73,204	73,204	15,723	36,218	70,076	
	Asimetría	,791	1,120	-1,160	1,489	1,755	,968	-968	2,491	,778	-985	
	Error típ. de asimetría	,491	,491	,491	,491	,491	,491	,491	,491	,491	,491	
	Asim/Error asim			-2,362	3,034							
	Curstosis	1,244	1,196	,813	1,902	1,946	,855	,855	5,372	-,088	-,085	
	Error típ. de curstosis	,953	,953	,953	,953	,953	,953	,953	,953	,953	,953	
	Asim/Error asim			,854	1,986							
	Rango	70	5	37,96	38,89	11	35	35	14	21,3	27,5	
Mínimo	3	1	54,63	6,48	0	0	65	0	2,5	70,0		
Máximo	73	6	92,59	45,37	11	35	100	14	23,8	97,5		
Percentiles	25	12,75	1,00	73,8400	10,6475	,00	5,94	80,63	,00	3,750	82,813	
	50	27,50	2,00	85,1900	12,9600	,93	10,63	89,38	,00	7,500	91,250	
	75	33,50	3,00	87,9600	22,2250	3,01	19,38	94,06	1,56	14,063	96,250	
Espeque	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
	Válidos											
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Media	53,38	4,56	51,9681	40,7975	7,23	16,72	83,28	-,78	35,391	63,830	
	Error típ. de la media	3,771	,273	4,51637	5,07926	2,504	2,273	2,273	,425	4,3056	4,1640	
	Mediana	50,50	4,50	53,2400	38,4250	3,24	15,00	85,00	,00	32,500	66,875	
	Moda	44	4	54,63	37,04 ^a	0	9 ^a	83 ^a	0	18,8 ^a	66,3 ^a	
	Desv. típ.	16,086	1,094	18,06549	20,31702	10,014	9,093	9,093	1,700	17,2223	16,6559	
	CV	28,264	23,968	34,763	49,800	138,423	54,388	10,918	217,624	48,663	26,094	
	Varianza	227,583	1,196	326,362	412,781	100,281	82,682	82,682	2,891	296,608	277,419	
	Asimetría	,728	-,007	-,108	,659	1,751	,453	-,453	1,879	1,329	-1,402	
	Error típ. de asimetría	,564	,564	,564	,564	,564	,564	,564	,564	,564	,564	
	Asim/Error asim			-,191	1,168							
	Curstosis	-,353	-1,228	-,121	-,165	2,927	-,970	-,970	1,979	2,322	2,682	
	Error típ. de curstosis	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	
	Asim/Error asim			-,111	-,151							
	Rango	50	3	65,75	67,59	35	30	30	5	70,0	70,0	
Mínimo	35	3	19,44	12,04	0	4	66	0	10,0	20,0		
Máximo	85	6	85,19	79,63	35	34	96	5	80,0	90,0		
Percentiles	25	44,00	4,00	42,8225	21,7600	,00	8,75	73,44	,00	26,875	59,375	
	50	50,50	4,50	53,2400	38,4250	3,24	15,00	85,00	,00	32,500	66,875	
	75	66,50	5,75	63,6575	51,6175	14,12	26,56	91,25	,00	40,625	73,133	

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

LEYENDA:

Pendiente de ladera (N: valor numérico real; C: valor en categoría)

Otros: otro elemento superficial (roca, etc.) no clasificado en categorías de erosión / no erosión.

CV = cobertura vegetal (v: viva; s: suelo)

CS: cobertura del suelo (r: roca; rv: restos vegetales (vegetación muerta); s: suelo)

9.7.6. Análisis de contraste de los valores de erosión/no erosión entre las diferentes técnicas empleadas (arado/espeque).

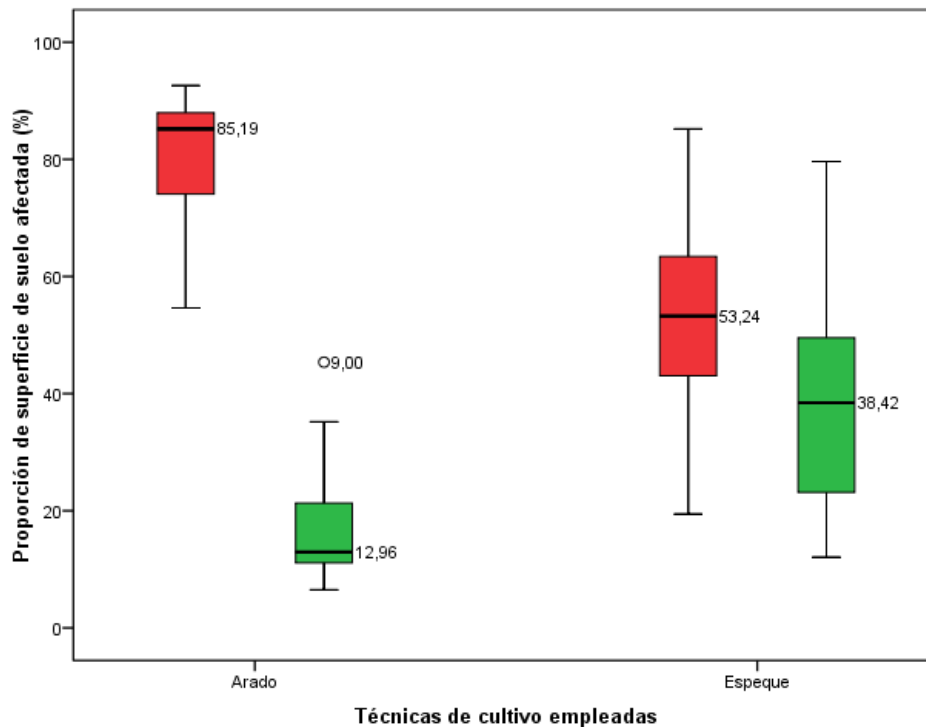
El nivel de significación en el contraste de erosión y no erosión ($p=0.000$) (cuadro 2) indican la existencia de diferencias significativas en la superficie afectada por erosión/no erosión en las 2 técnicas de siembra. Gráficamente estas diferencias se pueden observar en los diagramas de caja (grafico 9). Los resultados son interesantes: el 85,19 % (mediana) de los suelos donde se utiliza la técnica de siembra con arado están afectados por erosión. La pendiente media de las parcelas de muestreo con esta técnica es del 27 %. Por el contrario, el 53,24 % (mediana) de los suelos con técnica de siembra con espeque se encuentran afectados por erosión. La pendiente media de las parcelas de muestreo con esta técnica es del 53 %. La técnica de siembra con mayor tasa de erosión es el arado pese a que las pendientes son significativamente menores.

Cuadro 19. Resultados del test U de Mann-Whitney

Estadísticos de contraste ^b								
	Erosion	No erosion	Otros	CV_v	CV_s	CS_r	CS_nv	CS_s
U de Mann-Whitney	28,000	42,000	129,000	121,500	121,500	161,000	12,500	19,000
W de Wilcoxon	164,000	295,000	382,000	374,500	257,500	297,000	265,500	155,000
Z	-4,380	-3,965	-1,429	-1,616	-1,616	-,595	-4,842	-4,649
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,153	,106	,106	,552	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,171 ^a	,108 ^a	,108 ^a	,672 ^a	,000 ^a	,000 ^a

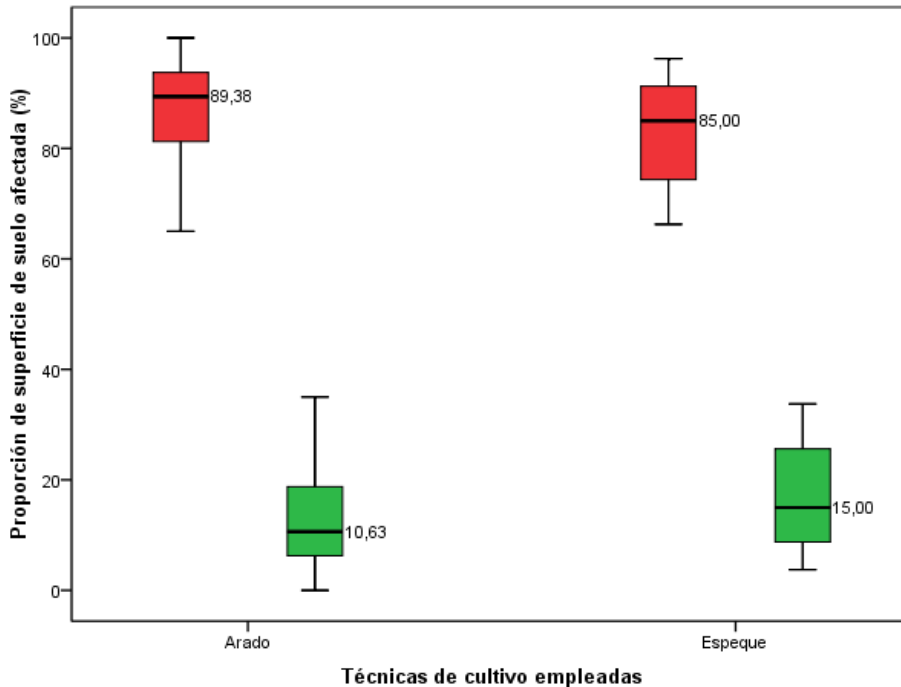
a. No corregidos para los empates. b. Variable de agrupación: Tecnica_cod

Gráfico 9. Distribución de la superficie de suelo afectada por erosión (rojo) y no afectada (verde) en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) con diferente técnica (arado y espeque).



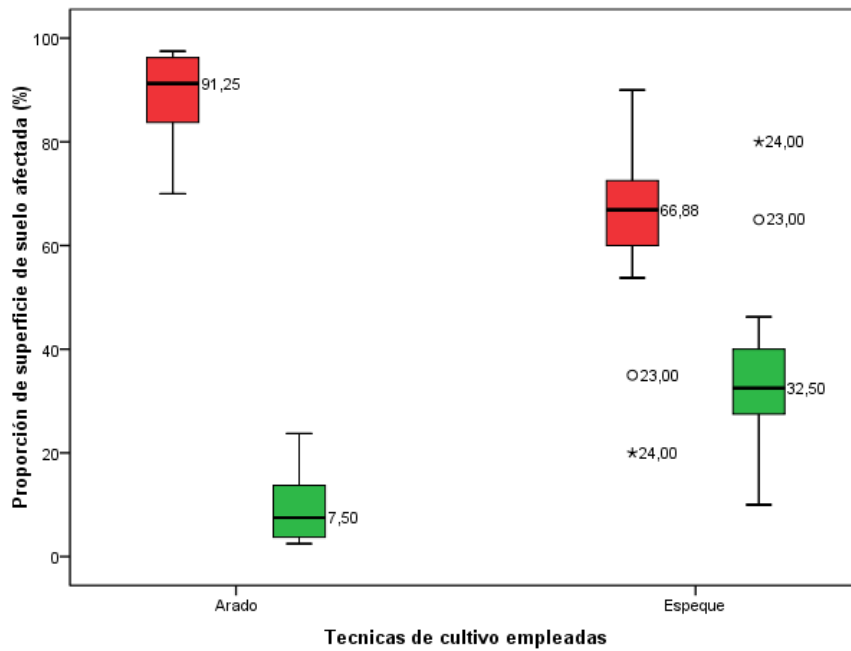
El nivel de significación en el contraste de cobertura de vegetación (caso vegetación viva y suelo) ($p=0.108$) indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las 2 técnicas de siembra. Las diferencias son mínimas: 89 % de suelo desnudo en manejo con arado y 85 % de suelo desnudo en manejo con espeque (grafico 10). Este resultado era de esperar, ya que en ambos tipos de manejo se practican los mismos métodos de desherbado, tanto mecánicos como químicos.

Gráfico 10. Distribución de la superficie de suelo sin cubierta vegetal (rojo) y cubierta con vegetación viva (verde) en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) con diferente técnica (arado y espeque).



El nivel de significación en el contraste de cobertura de suelo (caso restos vegetales y suelo) ($p=0.000$) indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas en las 2 técnicas de siembra. Los suelos donde se aplica la técnica de siembra con arado presentan una menor cantidad de restos vegetales en superficie (mediana del 7,5 %), frente a los suelos con técnica de siembra a espeque (mediana del 32,5 %) (Gráfico 11). Obviamente estos valores se reflejan en la proporción de suelo desnudo, que es del 91,25 % en los suelos con técnica de siembra con arado; y del 66,87 % en los suelos con siembra a espeque. La causa de estas diferencias es que la técnica de siembra con arado remueve los restos vegetales de la superficie y los incorpora en el suelo, disminuyendo por lo tanto la proporción de estos restos en superficie.

Gráfico 11. Diagrama de nivel de significación en contraste de cobertura de suelo (caso restos vegetales y suelo).



X CONCLUSIONES

Café

Se puede afirmar que existe un mayor riesgo de pérdidas de suelo en cultivo de café (*Coffea arabica*), en laderas con >40 % de pendiente.

Los análisis de contraste con la cobertura del suelo de vegetación muerta apuntan a un rango entre el 60-70 % de cobertura vegetal como umbral de erosión, por encima del cual se presentan los valores de erosión más bajos y no existen diferencias de erosión estadísticamente significativas.

Los datos de correlación nos indican que no importa si es *Inga* sp, *Musa* sp u otras especies forestales las que están influyendo sobre la erosión hídrica del suelo, por lo tanto se rechaza la hipótesis de las características de sombra y su influencia en la erosión hídrica, no importando el tipo de sombra sino la cubierta de vegetación muerta que aporte al suelo.

Frijol

Se rechaza la hipótesis de partida de la influencia de la pendiente sobre la erosión para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Los análisis de contraste con la cobertura del suelo de vegetación muerta apuntan a un rango entre el 60-70 % de cobertura vegetal como umbral de erosión, por encima del cual se presentan los valores de erosión más bajos y no existen diferencias de erosión estadísticamente significativas.

Las técnicas de manejo del suelo han presentado diferencias de erosión estadísticamente significativas: el 85.19 % de los suelos manejados con arado estuvieron afectados por erosión, mientras que en los suelos manejados con espeque la erosión se redujo al 53.24 % del área

XI RECOMENDACIONES

Al haber un mayor riesgo de pérdidas de suelo en cultivo de café (*Coffea arabica*) en laderas con >40 % de pendiente, los terrenos con estas características deberán ser de uso exclusivamente forestal.

La vegetación muerta debe ser mayor del 60 % para ambos cultivos para evitar un alto grado de erosión en el suelo. Por lo que en terrenos destinados para cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) no se recomienda quemar.

La sombra en café debe priorizarse aquellas especies que aporten mayor cantidad de vegetación muerta.

No utilizar el arado en las labores agrícolas y realizar la siembra a espeque.

XII BIBLIOGRAFIA

Apaza, W. (sf). *Manejo y Conservación de Suelos. Bolivia: UNA.*

Apaza, W. (2008). *Manejo y conservación de suelos. Puno, Peru.*

Blanco, R. (2011). *Aplicación de la metodología de las Escuelas de Campo (ECA) para sensibilizar a los pequeños agricultores y ganaderos de las montañas tropicales de Centroamérica sobre los problemas de degradación del suelo. Aplicación en la región del Trifinio (Guatemala-Honduras) y Municipios El Cua y Waslala (Nicaragua).* España: Universidad de Málaga.

Brisio, P. (2005). Evaluación preliminar del estado de contaminación en suelos en la Provincia Neuquén donde se efectúan actividades de explotación hidrocarburífera. Escuela Superior de Salud y Ambiente. Universidad Nacional del Comahue.

CONADES. (1998). *Comisión Presidencial del Medio Ambiente (Huracán Mitch). Primera Aproximación sobre posibles Programas dentro de un Plan emergente de protección y manejo ambiental.* Managua-Nicaragua.

COSUDE. (2005). *Erosión hídrica, Mapas de Amenazas, Recomendaciones técnicas para su elaboración.*

Chavarría, D., & Torres, M. (2011). *Evaluación de la calidad del suelo y diversidad de macro fauna en sistemas agroforestales con cacao y fragmento de bosque, Waslala, RAAN, Nicaragua.* Matagalpa: UNAN Managua.

Duarte, E. 1998. *Breve descripción de los recursos forestales de Nicaragua.* INAFOR-MAGFOR. Managua, Nicaragua. 15p.

FARENA-UNA. (2005). Manual método sencillo para estimar erosión hídrica, Nicaragua. FARENA , 3.

FAO-Young. (1971). Curso de edafología III (2008), Uso de suelo según su capacidad. FAO , 3.

Haile, M., Herweg, K., & Stillhardt, B. (2006). *Sustainable Land Management A New Approach to Soil and Water Conservation in Ethiopia.* Switzerland: NCCR.

Herweg, K. (1996). *Field Manual for Assessment of Current Erosion Damage.* . Switzerland: Soil Conservation Research Programme.

Herweg, K., & Stillhardt. (1999). *The variability of soil erosion in the Highlands of Ethiopia and Eritrea. Average and extreme erosion patterns.* Ethiopia: Soil Conservation Programme Ethiopia.

- INIFOM-COSUDE. (2011). *Caracterización del municipio del Cua*. Managua.
- Illgner, P. (2008). *Land Degradation Assessment*. Kalukundi-EI Congo: Specialiste port for envirolution Consulting.
- Giovannini & Lucchesi (1993.) Effects of fire on soil physico chemical characteristics and erosion dynamics. En: L. Trabaud & R. Prodon (Eds.) F i re in mediter r a n e a n Ecosystems. Commission of the European Communities. Brussels, 403-412.*
- Matey, A., & Zeledón, L. (2011). *Caracterización de la vegetación arbórea asociada al cacao (Theobroma cacao L) y en fragmentos boscosos del municipio de Waslala, RAAN, Nicaragua*. Matagalpa: UNAN Managua.
- MAGFOR-INAFOR. (2009). Uso potencial de los suelos. *MAGFOR* , 64.
- PASOLAC. (2005). *Manual de metodo sencillo para estimar erosion hidrica*. Managua: PASOLAC.
- PASOLAC. (1993). Inventario de entidades que trabajan en agricultura sostenible en laderas en Nicaragua, Documento N° 8. . *PASOLAC* .
- Pastora, M., & Averruz, B. (2011). *Extracción de nutrientes en sistemas de producción de café con banano en el Municipio El Cua-Jinotega*. Matagalpa: UNAN Managua.
- Rivera, H. (sf de sf de sf). *La web de la bioingeniería y la restauración ecológica. Erosión en cárcavas*. Recuperado el 20 de 10 de 2011, de Ecoambientes: <http://ecoambientes.tripod.com/id7.html>
- Rivera, O., & Sang, W. (2011). *Eficiencia de uso de diferentes sectores de pasturas bajo diferentes condiciones de pendientes por el ganado vacuno, en el municipio de Waslala*. Matagalpa: UNAN Managua.
- Stocking, M., & Murnaghan, N. (sf de sf de 2003). Obtenido de <http://books.google.es>
- Tecnología en marcha(2008). Experiencias nacionales de Nicaragua en el manejo de erosión hídrica en laderas mediante sistemas agroforestales*
- Vélez, A. (1992). *Degradación del Medio Ambiente*. España: Omega.
- VVAA. (2005). *Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica. Basado en experiencias nacionales*. Managua: PASOLAC.

Young, 1992. Soil erosion. In Integrated Resource Management: Agroforestry for Development. Edited by Kidd, Ch. and Pimentel D. Academic Press, Inc. San Diego, California, USA

ANEXOS

PLANTILLA MUESTREO CAFÉ. PARCELA (muestra) nº:

PUNTOS (m)	P (%)	C. A. (especie y altura)	Cobertura del suelo	Proceso superficial (fotos)	Cobertura de sombra inmediata (tipo y altura)	
0,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
0,50			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
0,75			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
1,00			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
1,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
1,50			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
1,75			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
2,00			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
2,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
2,50			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
2,75			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
3,00			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
3,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
3,50			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
3,75			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
4,00			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
4,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No

4,50			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
4,75			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
5,00			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
PUNTOS (m)	P (%)	C. A. (especie y altura)	Cobertura del suelo		Proceso superficial (fotos)	Cobertura de sombra inmediata (tipo y altura)	
5,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
5,50			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
5,75			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
6,00			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
6,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
6,50			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
6,75			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
7,00			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
7,25			<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Vegetación viva	<input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt:

		<input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> No
7,50		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
7,75		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
8,00		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
8,25		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
8,50		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
8,75		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
9,00		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
9,25		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
9,50		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
9,75		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No
10,00		<input type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Roca <input type="checkbox"/> Vegetación viva <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/> Vegetación muerta:		<input type="checkbox"/> Café. Altura: <input type="checkbox"/> Musácea. Alt: <input type="checkbox"/> Inga. Alt:	<input type="checkbox"/> Otros. Alt: <input type="checkbox"/> No

P: pendiente; C.A.: cobertura de árbol general.

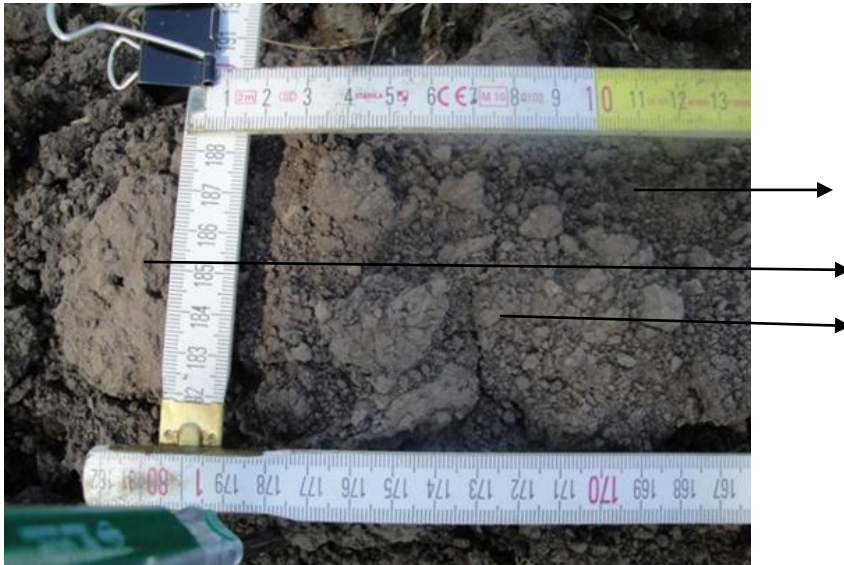
Registro fotográfico

Para café



Erosión por salpicadura (impacto lluvia)	Pi
No existe erosión bajo vegetación muerta	Nrv
Alteración mecánica por pisoteo afectada por erosión por salpicadura (impacto lluvia)	Pi

Para frijol



Deposición de suelo susceptible de erosión	Dse
. Erosión por salpicadura	Ei
. Erosión laminar	EL

PRESUPUESTO

1. EQUIPOS PREPARACION DE MUESTRAS				
DESCRIPCION DE MATERIALES	CANTIDAD	UM	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL U\$
Cinta métrica de 30 metros	1.00	Unidad	10.00	10.00
Cinta métrica de 5 metros	1.00	Unidad	2.88	2.88
Reglas 30 cm	2.00	Unidad	0.44	0.88
Palín mediano	1.00	Unidad	6.32	6.32
Etiquetas	6.00	Paquete	0.60	3.60
Plástico negro	6.00	Yardas	1.00	6.00
Capotes	2.00	Unidad	15.60	31.20
Botas	2.00	Pares	7.50	15.00
Mochilas impermeables	2.00	Unidad	26.66	53.32
Focos	2.00	Unidad	3.00	6.00
Baterías	4.00	Pares	1.20	4.80
Pines metálicos	4.00	Unidad	0.60	2.40
Sondaleza	1.00	Unidad	1.30	1.30
Centímetro	1.00	Unidad	0.80	0.80
Machete	1.00	Unidad	3.50	3.50
Desarmador	2.00	Unidad	2.60	5.20
Spray color amarillo industrial	1.00	Unidad	2.50	2.50
Martillo	1.00	Unidad	3.00	3.00
Clinómetro	1	Unidad	100	100
Bolsas plásticas 2 libras	2.00	Paquete (100)	0.01	0.02
SUB TOTAL				U\$ 258.71
Papelería				
Lapicero	10.00	Unidad	0.163	1.63
Tablas para escribir	2.00	Unidad	0.16	6.53

Lápices Mecánicos	2.00	Unidad	3.26	4.00
Minas de Grafito	4.00	Unidad	2.00	1.12
Borrador	2.00	Unidad	0.28	0.37
Agendas	2.00	Unidad	0.19	7.46
Emplastizado	0.25	Unidad	3.73	1.00
CD	4.00	Unidad	4.00	2.24
SUB TOTAL				24.34
ESTIPENDIO				
TESISTAS (2 participantes)	6	Mes	COSTO TOTAL U\$ 2,100.00	
SEGUIMIENTO TUTOR				
Visitas de seguimiento	2	U\$ 37.50	U\$ 81.04	
Servicios				
Internet	40.00	Hora	0.70	27.97
Fotocopias	350.00	Unidad	0.02	8.05
Impresiones Color	150.00	Unidad	0.14	20.98
Impresiones Negro	400.00	Unidad	0.05	18.64
Encolchado	4.00	Unidad	1.17	4.66
Empastado	4.00	Unidad	13.98	55.93
Análisis de suelo				
SUB TOTAL				136.23
GRAN TOTAL				U\$ 2,500.32

Cronograma de actividades																																				
Actividades	Sep.				Oct.				Nov.				Dic.				Ene				Feb.				Mar				Abr.				May			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Reconocimiento y caracterización de las fincas			x	x	x	x					X																									
Localización, Extensión, Altitud, Coordenadas			X	x	x	x					X																									
Información de producción			x	x	x	x					X																									
Área de lotes			X	x	x	x					X																									
Pendiente			x	x	x	x					X																									
Evaluación y selección				X	x	x					X																									
Toma de pendiente (-20+60)						x	X	X	X				X	X	x	x																				
Coordenadas						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Selección de cuadrantes						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Cobertura arbórea						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Cobertura inmediata						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Cobertura de suelo						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Proceso superficial (rasgos de erosión, fotos)						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Esquema de localización de surcos y cárcavas						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Muestra de suelo						X	X	X	X				X	X	X	X																				
Monitoreo de Precipitación						x	x	x	x				x	x	x	x																				
Monitoreo de preparación de suelo y siembra de frijol										x	X																									
Establecimiento de pluviómetro											x																									
Evaluación de finca después de cosecha															x	x																				
Fase de escritorio																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

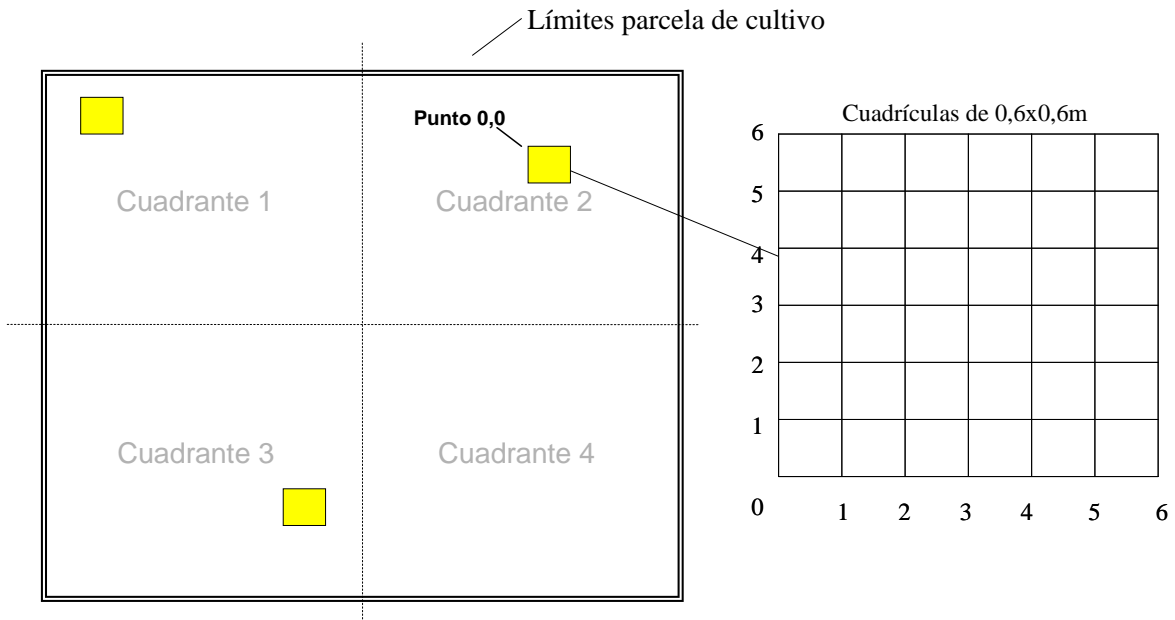


Figura 1. Esquema de procedimiento de muestreo en parcelas de maíz y frijol.

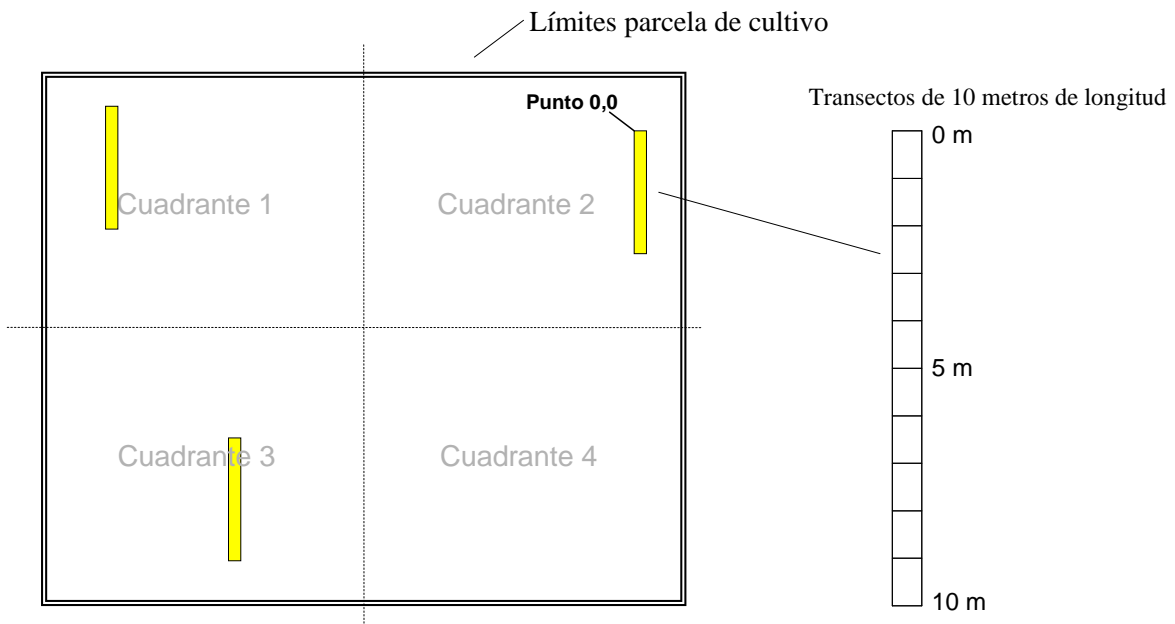


Figura 2. Esquema de procedimiento de muestreo en parcelas de café

