



Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense URACCAN

Monografía

**Erosión y pérdida de suelo en áreas agrícolas del
Laboratorio Natural de URACCAN, Nueva Guinea, 2017**

Para optar al título de Ingeniería Agroforestal

Autores:

Br. Yelin Antonio Mayen Vivas
Br. José Bismarck Miranda Fargas

Tutor:

Msc. Arsenio López Borge

Nueva Guinea, mayo 2018

**Universidad de las Regiones Autónomas
de la Costa Caribe Nicaragüense
URACCAN**

Monografía

Erosión y pérdida de suelo en áreas agrícolas del
Laboratorio Natural de URACCAN, Nueva Guinea, 2017

Para optar al título de Ingeniería Agroforestal

Autores:

Br. Yelin Antonio Mayen Vivas
Br. José Bismarck Miranda Fargas

Tutor:

Msc. Arsenio López Borge

Nueva Guinea, mayo 2018

ÍNDICE

I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
2.1. General.....	3
2.2. Específicos	3
III. Marco teórico	4
3.1 . ¿Qué es suelo?	4
3.2. ¿Cómo se forma el suelo?.....	4
3.3. Componentes del suelo.....	5
3.4. La fertilidad	5
3.5. Cuando un suelo es fértil	6
3.6. Erosión	6
3.7. Tipos de erosión	7
3.8. Agentes de la erosión	8
3.9. Efectos de la erosión en la fertilidad del suelo	9
3.10. Propiedades físicas del suelo.....	9
3.11 Propiedades químicas del suelo.....	10
3.12 Relación Carbono /Nitrógeno	12
3.13 Nitrógeno.....	12
3.14 Relaciones catiónicas.....	13
3.15 Degeneración y pérdida de los nutrientes en el suelo.....	14
3.16 Métodos para medir la degradación de suelo	15
3.17 Metodología a emplear. Ecuación Universal de Pérdida de	
3.17.1 Factor erosividad de la lluvia (R)	17
3.17.2 Factor erodabilidad del suelo (K).....	18
3.17.3 Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)	19

3.17.4 Factor cobertura vegetal (C).....	20
3.17.5 Factor prácticas de conservación de suelos (P)	20
3.17.6 Tolerancia de pérdida de suelo	20
3.18 Métodos de estudio sobre erosión hídrica	22
3.19 Evaluación directa	23
3.20 Estaciones de aforo y colectores	23
3.21 Lotes de escurrimiento	23
3.22 Factores asociados con la precipitación	24
3.23 Formas de precipitación	24
3.24 Tipos de precipitación.....	25
3.25 Medición de la precipitación	26
3.26 Precipitación media	26
3.27 Métodos de reconocimiento.....	26
3.28 Cálculo del peso de suelo perdido por erosión	28
3.29 Espesor de sedimentos	30
3.30 Simuladores de lluvia	30
3.31 Evaluación indirecta	31
3.32 Factores específicos que determinan la erosión hídrica	31
3.32.1 Erosividad de la lluvia.....	32
3.32.2 Erodabilidad del suelo	32
3.32.3 Desprendimiento y dispersión de las partículas de suelo	32
3.32.4 Compactación superficial del suelo	33
3.32.5 Infiltración por precipitación pluvial.....	33
3.33 Factores relacionados con la vegetación.....	33
3.33.1 Pendiente completamente cubierta por vegetación	33

3.33.2	Pendiente parcialmente cubierta por vegetación	34
3.33.3	Ausencia de la vegetación.....	34
3.34	Degradación del suelo con respecto al uso actual.....	35
3.35	Factores climáticos que afectan en la degradación del suelo.....	35
3.36	¿Cómo interactúa la Cubierta vegetativa?.....	36
IV.	Metodología	37
4.1.	Ubicación del estudio.....	37
4.2.	Enfoque de la investigación	37
4.3.	Tipo de investigación.....	37
4.4.	Unidad de análisis	37
4.5.	Técnicas e instrumentos.....	39
4.6.	Operacionalización de variables	40
4.7.	Procesamiento y análisis de la información	42
4.8.	Materiales utilizados	42
V.	Resultados y discusión	44
5.1.	Tabla general de pérdida de suelo	44
5.2.	Pérdida de suelo en cultivos agrícolas anuales	47
5.3.	Pérdida de suelo en el cultivo de Café Robusta por erosión hídrica	49
5.4.	Pérdida de suelo en el cultivo de musácea por erosión hídrica.....	50
5.5.	Pérdidas totales de suelo con todas las variables evaluadas.....	51
5.7.	Análisis de la precipitación sobre la pérdida de suelo en los cultivos	54

5.8. Estrategias para la mitigación de la erosión hídrica de los suelos agrícolas en el laboratorio Natural.....	57
VI. Conclusiones	59
VII. Recomendaciones	60
VIII. Referencias.	61
IX. Anexos.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores para el factor C	21
Tabla 2: Clasificación de la degradación de suelos causados por la erosión hídrica.....	22
Tabla 3: Valores para determinar densidad aparente del suelo ..	29
Tabla 4. Operacionalización de variables.....	41
Tabla 5. calculo la densidad aparente	41
Tabla 6. Recolección de datos de campo y sus variables	44
Tabla 7. Cálculo de pérdida de suelo en el sitio 1, cultivos Agrícolas anuales.....	47
Tabla 8. Pérdida de suelo en el sitio 2, café Robusta.....	49
Tabla 9. Pérdida de suelo en el cultivo de musácea, sitio 3.....	50
Tabla 10. Efecto del cultivo sobre la pérdida de suelos	52
Tabla 11. Efecto de la precipitación sobre la pérdida de suelos .	54
Tabla 12. Consecuencia de la pendiente en la pérdida de suelo	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de usos de suelo de la república de Nicaragua.....	6
Figura 2. Mapa de uso potencial del suelo en Nicaragua	15
Figura 3: Pérdida de suelo.....	51

Bismarck Miranda Fargas

A Dios, sobre todas las cosas, porque sin él nada se puede, siempre nos da la sabiduría y nunca nos desampara cuando más lo necesitamos, y nos guía en todo momento.

A mi padre Benito Miranda López y mi madre Benigna Fargas Sánchez, por ser unos padres grandiosos que durante todos mis estudios han estado siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente en todo momento, y deseando siempre lo mejor para mí.

Yelin Antonio Mayen Vivas

Primeramente, a Dios todo poderoso, el que me ha permitido estar de pie en las más duras dificultades.

A mi Madre, por todo el apoyo y aprecio que me ha brindado incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

Nuestro mayor agradecimiento:

A nuestra Universidad URACCAN, por ser nuestra casa de grandes logros y conocimientos.

A Ing. Carlos Álvarez Amador por su apoyo como docente y en los análisis estadísticos de nuestro trabajo.

A Ing. José Filadelfo López Calero por su apoyo como coordinador del área de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la universidad URACCAN, Nueva Guinea.

A nuestro tutor MSc. Arsenio López Borge por apoyarnos en todo el proceso de realización de la monografía.

¡Muchas Gracias!

Resumen

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales que se forma por la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua. En el cual se desarrolla todo tipo de cultivo valiéndose de los nutrientes que este posea, pero se ve afectado por la erosión hídrica principalmente.

En este estudio se identificaron los problemas que afectan a diario los suelos, por ende, las áreas de cultivos del Laboratorio de universidad URACCAN, unos de los resultados sobresaliente es la pérdida de 1.93 Ton/Ha/Año de suelo fértil de la capa arable; para la obtención de esta información se usaron formato de recopilación de datos de campo con mediciones repetidas cada quince días en el periodo de invierno. Para reducir el impacto de erodabilidad se recomienda incorporar y utilizar abonos verdes (Frijol terciopelo, cannalia, Gandul, etc.) estos contribuyen a aumentar la micro fauna del suelo, mejorando su textura.

El estudio ofrece conocimientos científicos basados en el uso y manejo del suelo, aporta en los trópicos húmedo como referente para próximos estudios al desarrollo comunitario con identidad como lo establece nuestra universidad. Para generar la información se establecieron tres sitios con lotes de escurrimiento, área de cultivos agrícolas anuales, en área de café Robusta y en el cultivo de musácea.

Palabras clave: Suelo, Erosión, Perdida, toneladas, precipitación.

I. Introducción

Nueva Guinea, es considerada cuna de buena agricultura, en esta zona se cultivan diferentes rubros agrícolas de importancia, el territorio cuenta con suelos fértiles, debido al manejo inadecuado fuera de su vocación forestal los suelos están perdiendo fertilidad, están quedando lixiviados, oxidados, compactados e impermeables.

La actividad económica predominante en el municipio es el sector agropecuario, teniendo mayor impacto la producción agrícola, ya que la actividad ganadera está destinada fundamentalmente al consumo interno local y nacional (Instituto Nacional de Fomento Municipal [INIFOM], 2017).

La erosión es la acción de desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, es la remoción de la capa del suelo, sea cual sea el agente responsable: agua, viento, actuaciones humanas, etc. Estos procesos han actuado durante miles de años, formando parte de la dinámica natural del medio exógeno terrestre y constituyendo uno de los procesos más importantes responsables del cambio en el modelado del suelo a lo largo de la historia geológica.

El proceso natural se ve fuertemente incrementado en aquellas zonas donde las actividades humanas han modificado el equilibrio de los factores naturales, dejando el suelo desprotegido de la cubierta vegetal, compactando la superficie, alterando el flujo de agua de escorrentía, etc. Por ello, muchos autores distinguen entre “erosión geológica” y “erosión antrópica o acelerada”, refiriéndose

esta última a la intensificación de los procesos de erosión como consecuencia de la actividad humana (Álcazar, 2013).

Con el presente trabajo brindamos información de degradación y pérdida de suelo, causados por diferentes factores, también sirva para conocer grados de erosión antropogénica, esta actividad es la responsable de mayores daños al suelo, degradándolo, volviéndolo inhóspito para microfauna, infértil, lixiviado, compacto.

II. Objetivos

2.1. General

- Evaluar la erosión y pérdida de suelo en áreas agrícolas del Laboratorio Natural de URACCAN, Nueva Guinea, 2017

2.2. Específicos

- Determinar los volúmenes de suelos perdidos por la erosión en áreas agrícolas de laboratorio natural.
- Determinar las condiciones edafológicas y agentes climáticos que conllevan a la erosión y pérdida del suelo en el laboratorio natural de URACCAN Nueva Guinea.
- Proponer estrategias para la mitigación de la erosión de los suelos agrícolas en el laboratorio natural.

III. Marco teórico

3.1. ¿Qué es suelo?

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo. Food and Agriculture Organization (FAO, s.f).

3.2. ¿Cómo se forma el suelo?

La formación del suelo es un proceso muy lento: se precisan cientos de años para que el suelo alcance el espesor mínimo necesario para la mayoría de los cultivos. Al principio, los cambios de temperatura y el agua comienzan a romper las rocas: el calor del sol las agrieta, el agua se filtra entre las grietas y con el frío de la noche se congela. Luego aparecen las pequeñas plantas y musgos que crecen metiendo sus raíces entre las grietas. Cuando mueren y se pudren incorporan al suelo materia orgánica que es algo ácida y ayuda a corroer las piedras. Se multiplican los pequeños organismos (lombrices, insectos, hongos, bacterias) que despedazan y transforman la vegetación y los animales que mueren, recuperando minerales que enriquecen el suelo (FAO, s.f).

3.3. Componentes del suelo

El suelo es considerado como un recurso natural constituido por una mezcla de material mineral, materia orgánica, agua y aire. El porcentaje que ocupa cada uno de estos componentes en condiciones ideales para el desarrollo de la vegetación, en un suelo superficial con una textura franca aproximadamente es el siguiente: Material mineral: 45%. Materia orgánica: 5%. Agua: 25%. Aire: 25%, así mismo sostiene que las proporciones de estos componentes varían de tiempo en tiempo y de lugar a lugar (Ortiz y Ortiz, 1990 como se citó en Pedraza, 2015).

3.4. La fertilidad

Para crecer las plantas precisan agua y determinados minerales. Los absorben del suelo por medio de sus raíces. Un suelo es fértil cuando tiene los nutrientes necesarios, es decir, las sustancias indispensables para que las plantas se desarrollen bien. Las plantas consiguen del aire y del agua algunos elementos que necesitan, como el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. Otros nutrientes esenciales están en el suelo: aquellos que los vegetales requieren en grandes cantidades se llaman nutrientes principales. Son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio (FAO, s.f).

3.5. Cuando un suelo es fértil

Su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de las raíces. Contiene los nutrientes que la vegetación necesita. Es capaz de absorber y retener el agua, conservándola disponible para que las plantas la utilicen. Está suficientemente aireado. No contiene sustancias tóxicas (FAO, s.f).



Figura 1. Mapa de usos de suelo de la república de Nicaragua

3.6. Erosión

El suelo que utilizamos para la agricultura es una capa delgada que descansa sobre una base de rocas. Las gotas de lluvia caen con fuerza sobre el suelo deshaciendo progresivamente su estructura. El

agua, al escurrirse, quita partículas y nutrientes al suelo y los transporta a las zonas bajas. Los arroyos y ríos arrancan la tierra de las riberas. El material arrastrado se sedimenta y rellena cauces y embalses, aumentando la probabilidad de inundaciones. El viento también arrastra partículas de tierra fértil, especialmente cuando está recién removida o en los períodos de sequía, produciendo en algunos lugares verdaderas tormentas de polvo (FAO, s.f).

3.7. Tipos de erosión

La erosión del suelo puede producirse ya sea por el agua, el viento, el hielo, o la propia gravedad. Hablamos entonces de erosión hídrica, eólica, glaciar-periglacial, y mecánica respectivamente. En la mayoría de los casos, los tipos hídricos, glaciar- y mecánicos requieren que el suelo se encuentre en posiciones fisiográficas de pendiente (laderas de montañas, colinas, etc.). Por el contrario, en el caso de erosión eólica tal requisito no resulta necesario. En cualquier circunstancia, el factor externo al suelo que más influye sobre la erosión es la pérdida total o considerable de la cobertura vegetal. La vegetación recubre el suelo y evita que las gotas impacten directamente sobre él, ya que en caso de hacerlo su energía cinética destruye los agregados de los que hablamos en el primer post, liberando las partículas elementales que lo constituyen (arenas, limo, arcilla) que son más fácilmente arrastradas por el agua de escorrentía (en el caso de las arcillas también pueden exportarse en suspensión a través del perfil hacia ríos o aguas subterráneas). Del mismo modo, las raíces de las plantas, retienen el suelo entre su

entramado, resistiendo mejor las fuerzas que tienden a arrastrarlo hacia otros lugares. Por otro lado, el viento, en ausencia de la cobertura vegetal, levanta las partículas y las exporta, ya sea por suspensión en el aire (las más finas) o por reptación (las más gruesas). Así, por ejemplo, en el caso del agua, podemos hablar de erosión laminar, surcos, cárcavas, etc. En el caso de la gravedad, de deslizamientos, avalanchas, etc (Ibáñez, 2008).

3.8. Agentes de la erosión

- El agua

Es el agente más importante de la erosión. La erosión Hídrica es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos (Colegio de postgraduados, 1991).

- El Viento

Es un agente físico que influye en la erosión y formación de los suelos al causar el desprendimiento, transporte, deposición y mezcla del suelo. El viento no erosiona por sí mismo las rocas, sino que es la abrasión provocada por las partículas del suelo que el transporta que el transporta la causante de este desgaste (Colegio de postgraduados, 1991).

- Los cambios en temperatura

Cuando se considera la erosión geológica, el paso del tiempo apenas se nota, y aun cambios pequeños o muy lentos se vuelven

perceptible hasta después de un largo tiempo. Como ejemplo tenemos las cuarteaduras y descostramiento o exfoliación de las rocas por variaciones entre la temperatura del día y de la noche; esta variación solo afecta la superficie de las rocas, mientras que los cambios, debido a las variaciones lentas entre el verano y el invierno, tienen mayor impacto en las masas de las rocas (Colegio de postgraduados, 1991).

3.9. Efectos de la erosión en la fertilidad del suelo

Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva. Estos cambios según Stocking (1984), pueden ser debidos a uno o más factores. El factor o factores que provocan los cambios y así limitan la productividad del suelo son denominados factores limitantes del suelo (FAO, s.f).

3.10. Propiedades físicas del suelo

El tamaño de las partículas minerales que forman el suelo determina sus propiedades físicas: textura, estructura, capacidad de drenaje del agua, aireación.

Los gránulos son más grandes en los suelos arenosos. Estos son sueltos y se trabajan con facilidad, pero los surcos se desmoronan y el agua se infiltra rápidamente. Tienen pocas reservas de nutrientes aprovechables por las plantas.

Los suelos limosos tienen gránulos de tamaño intermedio, son pesados y con pocos nutrientes. Los suelos arcillosos están formados por partículas muy pequeñas. Son pesados, no drenan ni se desecan fácilmente y contienen buenas reservas de nutrientes. Los suelos francos son mezclas de arena, limo y arcilla. Son fértiles y al secarse forman pequeños terrones que se deshacen (FAO, s.f).

3.11 Propiedades químicas del suelo

Dependen de la proporción de los distintos minerales y sustancias orgánicas que lo componen. El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio debe ser abundante y equilibrado. La materia orgánica siempre contiene carbono, oxígeno e hidrógeno, además de otros elementos. Al despedazar y descomponer las plantas y animales muertos, los microorganismos liberan los nutrientes permitiendo que puedan ser utilizados nuevamente. Las propiedades físicas y químicas del suelo, unidas a los factores climáticos, determinan los vegetales y animales que pueden desarrollarse y la forma en que se debe cultivar la tierra (Pedraza, 2015)

3.11.1 pH

El pH es una de las propiedades química más importantes de los suelos de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas no solo porque determina su solubilidad, sino porque controla el tipo de actividad biológica y por lo tanto la solubilidad de la materia orgánica, también tiene efecto sobre iones y sustancia tóxicas, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de los suelos

y raíces y enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes (Perez, 2011).

3.11.2 Conductividad Eléctrica (CE)

Los principales constituyentes de las sales comunes en los suelos son calcio, magnesio, sodio y potasio como cationes unidos a los iones sulfatos, cloruros, bicarbonato y en ocasiones nitratos. También se encuentran en ciertas condiciones algunos otros como Litio, Boro y metales pesados. El agua es un conductor muy pobre de la electricidad, pero cuando tiene sales disueltas puede conducirla en proporción directa a la cantidad de sales presentes. Por esta razón la Conductividad Eléctrica del extracto de saturación (CEe), es un indicador muy útil de la salinidad del suelo. La CE de la solución acuosa salinas aumenta a medida que aumenta la temperatura (Amézquita, et al., 1989 como se citó en Pérez, 2011).

3.11.3 Materia Orgánica

La Materia Orgánica (MO) del suelo es un material constituido por un amplio número de sustancias que incluyen células microbianas, tejidos vegetales y animales inalterados (sustancias no húmicas), como carbohidratos, proteínas, grasas, etc. y sustancias modificadas química y biológicamente (sustancias húmicas), que muestran muy poca o ninguna semejanza con los compuestos orgánicos de donde se originan. Mediante el proceso de mineralización de la MO algunos elementos que son nutrimentos para las plantas, se transforman de una forma orgánica no utilizable por las plantas en una forma inorgánica asimilable. Cuando las condiciones del suelo son

adecuadas para el desarrollo de este proceso la MO se convierte en una importante fuente de suministro de Nitrógeno(N), Fosforo (P), Azufre(S) y algunos elementos menores aprovechables por las plantas (Carrasco, JM. 1981 como se citó en Pérez, 2011).

3.12 Relación Carbono /Nitrógeno

El contenido de carbono orgánico en el suelo puede expresarse directamente en valor porcentaje o ser estimado en forma de materia orgánica. En este caso el contenido de carbón orgánico se multiplica por 1.724 (factor de Van Bemmelen) y se basa en la hipótesis de que la materia orgánica del suelo tiene 58% de carbono. La relación carbono nitrógeno es un factor que influye sobre la velocidad de descomposición de la materia orgánica fresca en residuos orgánicos de los suelos la relación es variable. En suelos agrícolas varía normalmente entre 8-14. En residuos provenientes de plantas jóvenes y gramíneas la relación oscila entre alrededor de 18-20, además, la relación disminuye a mayor descomposición, ya que se pierde carbono en forma gaseosa (CO_2), mientras que el N permanece en combinaciones orgánicas la materia orgánica del suelo (Carrasco, JM.1981 como se citó en Pérez, 2011).

3.13 Nitrógeno

El Nitrógeno es uno de los nutrientes que se caracteriza porque en el suelo está sometido a una permanente dinámica de transformación y síntesis de carácter bioquímico, incluye procesos de ganancia y pérdida del elemento en periodos relativamente cortos. En general, la mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra formando parte

de la materia orgánica solo del 5% al 10% del nitrógeno se encuentra de formas inorgánicas amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) o nitritos (NO_2^-), casi todo el NO_2^- y el NO_3^- se encuentran en la solución del suelo mientras que la forma catiónica se encuentra bien sea de forma intercambiable o como amonio fijado en la estructura de ciertos minerales. La determinación de N-Total, asociado con la determinación del Nitrógeno orgánico, permite conocer la relación C/N, la cual es muy útil para hacer predicciones sobre cambios que puedan ocurrir respecto al Nitrógeno cuando se descomponen residuos orgánicos. Cuando la relación es alta (alto C y poco N) habrá tendencia a causar inmovilización neta, mientras que cuando la relación es estrecha habrá tendencia a mineralización neta (Carrasco, JM. 1981 como se citó en Pérez, 2011).

3.14 Relaciones catiónicas

El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros. Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo. Si el suelo presenta una suma de bases inferior a 5 cmol (+)/l se considera que es de baja fertilidad, de 5-12 cmol (+)/l es de fertilidad media, y más de 12 cmol (+)/l es alta fertilidad (Molina, E.2007 como se citó en Pérez, 2011).

Durante la interpretación también se evalúa las relaciones entre los cationes Ca, Mg y K para determinar si existe algún desequilibrio. Para esto se calcula los cocientes de la división matemática de los contenidos en $\text{cmol}(+)/\text{l}$ de estos elementos. Por lo general el antagonismo principal que se presenta es la relación de Ca y/o Mg con respecto al K (Molina, E.2007 como se citó en Pérez, 2011).

3.15 Degeneración y pérdida de los nutrientes en el suelo

El uso intensivo del recurso suelo, el uso inadecuado, la contaminación de las aguas y el uso indiscriminado de fertilizantes y de agroquímicos, genera un desbalance en las propiedades químicas, físicas y biológicas de suelos y aguas. Como consecuencia de este manejo insostenible de los recursos, se han acentuado los procesos de degradación que se reflejan en una pérdida de la productividad agropecuaria, con un aumento creciente en los costos de producción y con marcados incrementos en los riesgos de producción del sector. La fertilidad y la productividad del suelo están disminuyendo y la erosión del suelo se ha generalizado, las prácticas agrícolas suelen extraer materia orgánica que nunca se restituye. Esto significa que el agua de lluvia se escurre sin ser absorbida ni aprovechada por los cultivos. Más y más tierra sigue degradándose (Guerrero, R. 2005 como se citó en Pérez, 2011).

ser agrupados en varias categorías generales: Observaciones y mediciones directas, técnicas de teledetección. Métodos paramétricos y modelos matemáticos (Falcón, 2002).

3.17 Metodología a emplear. Ecuación Universal de Pérdida de Suelos

Se escogió este método debido a que se emplea una ecuación práctica que nos permite representar diferentes áreas con solo conocer los factores para representar el efecto de erosión, además, es posible manipularlos e introducirlos en la ecuación para conocer el efecto que habría sobre nuestra área de estudio bajo las condiciones deseadas. Recordemos que la USLE agrupa interrelaciones de parámetros que influyen en el índice de erosión, sus valores son expresados numéricamente para un sitio específico (Flores, 2016).

Según Avilés & Barahona, 2007 la EUPS en tal sentido, está compuesta por la multiplicación de 5 factores que representan la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie y unidad de tiempo (A), y está expresada en la siguiente fórmula:

$$A = R * K * LS C * P$$

Donde:

A: Es la cantidad de material erodado.

R: Es el factor de erosividad de la lluvia.

K: Es el factor de erodabilidad del suelo.

LS: Es el factor combinado de longitud y gradiente de pendiente.

C: Es el factor de cobertura vegetal.

P: Es el factor práctica de conservación de suelo.

Los factores **LS**, **C** y **P** de la ecuación se utilizan para ajustar cuantitativamente los valores de K según las condiciones diferentes en las parcelas experimentales donde se desarrolló el modelo (Avilés & Barahona, 2007).

El producto de los primeros cuatro factores (**R**, **K**, **L** y **S**) es el potencial erosivo inherente en el sitio, es decir, la pérdida de suelo que ocurriría en ausencia de cualquier cobertura vegetal (C) o práctica de manejo (P). Los dos últimos factores reducen esta pérdida potencial para compensar los efectos de uso de la tierra, manejo y prácticas especiales Kirkby & Morgan, 1984 (Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.17.1 Factor erosividad de la lluvia (R)

La capacidad de la tormenta de erosionar el suelo depende tanto de la energía total de las gotas de lluvia y de la escorrentía asociada. La energía de impacto de una unidad de lluvia incrementa con el incremento en el tamaño de la gota, y el tamaño de la gota generalmente incrementa con la intensidad de la lluvia hasta cerca de 75 mm/h. La energía total de una tormenta puede ser computada de datos de pluviógrafos. El índice disponible más exacto de

potencial erosivo de la lluvia es el parámetro EI. Para una tormenta dada, este parámetro es igual al producto de la energía de las gotas de lluvia y su intensidad máxima en 30 minutos. Los valores de EI de las tormentas pueden ser sumados para obtener valores anuales o estacionales de la erosividad de un patrón de lluvia. Las unidades de R son MJ mm/ha h (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.17.2 Factor erodabilidad del suelo (K)

Algunos suelos se erosionan más rápidamente que otros bajo idénticas condiciones. Los suelos altos en limo o arena muy fina erosionan más rápidamente. La erodabilidad, disminuye a medida que el contenido de partículas de arcilla o arena (excluyendo arena muy fina) incrementan. La materia orgánica del suelo mejora la estructura, infiltración, agregación y disminuye la erodabilidad, pero agregados grandes pueden aun ser transportados por escorrentía de alta velocidad. La permeabilidad del perfil es importante debido a su influencia en la escorrentía (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

Wischmeier et al, 1974 (citados por Kirkby & Morgan, 1984, Como se citó en Avilés & Barahona, 2007) determinaron las propiedades del suelo con mayor correlación con la erodabilidad del suelo. El factor K para un suelo dado es la pérdida de suelo esperada por hectárea por unidad sobre una parcela unitaria 22.1m longitud y 9% de gradiente de pendiente, continuamente labrada a favor de la pendiente sin cobertura.

Valores más exactos de K pueden ser obtenidos usando el nomograma de erodabilidad. El nomograma gráficamente calcula K para un suelo dado en función de la distribución de tamaño de las partículas, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del perfil. Valores conocidos de este factor de suelo reportado son entre 0.005 y 0.034 (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

Los valores de K no son constantes, en la medida que aumenta la erosión de un determinado suelo, tiende a disminuir su valor K, debido a la pérdida de las partículas más erosionable, lo que origina un incremento en la proporción de material no erosionable por lo tanto mayor resistencia a la subsiguiente erosión (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.17.3 Factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)

Los efectos de la longitud y gradiente de la pendiente se representan como L y S respectivamente; sin embargo, a menudo se evalúan como factores topográficos únicos, LS. La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra la deposición o hasta el punto en que la escorrentía entra en un canal definido. El canal parte de una red de drenaje a un canal construido. El gradiente de la pendiente es el segmento de la pendiente, expresado generalmente como un porcentaje (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.17.4 Factor cobertura vegetal (C)

La cobertura vegetal de suelo es la más grande defensa contra la erosión de suelo, pero un mantenimiento de variables de sistema de cultivos y manejo también influyen altamente en la habilidad de la superficie de suelo a resistir erosión. Todo esto es combinado en el factor de cobertura y manejo, C. Hay un procedimiento para calcular C para un cultivo y sistema de manejo dado con relación a un patrón de lluvia. Son disponibles en la literatura, así como para condiciones de sitios de construcción, pastizales y bosque (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.17.5 Factor prácticas de conservación de suelos (P)

Este factor representa el efecto de mejores prácticas como cultivos en contorno o en bandas. Su valor depende de la pendiente del terreno y puede ser obtenido de tablas. Los valores de P varían entre 0 y 1. La determinación del factor P por efecto de incluir prácticas de conservación de suelos son obtenidos de valores obtenidos en ensayos experimentales (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.17.6 Tolerancia de pérdida de suelo

La tolerancia de pérdida de suelo es la cantidad de suelo, expresada en toneladas por unidad de superficie, que un determinado suelo puede perder sin dejar por ello de conservar todavía durante un largo periodo de índice de productividad. Esta tolerancia refleja la máxima pérdida de suelo que puede consentirse alcanzando todavía el grado

de conservación necesario para mantener una producción económica en período futuro previsible (Gutiérrez, 2004 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

Tabla 1. Valores para el factor C

VALORES REFERENCIALES DEL INDICE DE FACTOR DE USO Y MANEJO DEL SUELO C	
COBERTURA VEGETAL	C
Bosque no intervenido	0.001
Bosque intervenido	0.34
Tierras erosionadas con escasa vegetación	0.8
Suelo desnudo	1
Cultivos extensivos en hileras, ejemplo maíz	0.5
Yuca y batata 1er año	0.2-0.8
Palmera, café, cacao	0.1-0.3
Pastos	0.07
Hortalizas	0.3
Algodón	0.6
arroz de irrigación	0.05
arroz de secado	0.5
Banana	0.6
Bosque con capa de humus	0.001
Cacao	0.2
Café	0.2
Café bajo sombrío	0.05
Caña de azúcar	0.2
Chile	0.6
Maíz	0.65
Maní	0.3
Palma de aceite	0.3
Papas	0.4
papas (surcos a través de la pendiente)	0.3
papas (surcos según la pendiente)	0.6
Papaya	0.2
Pasto permanente –bueno	0.04

Pastos permanente malo	0.4
Pina en contorno - residuos en superficie	0.01
Pina en contorno - residuos enterrados	0.2
Pina en contorno - residuos recolectados	0.3
Plantación joven de árboles	0.3
rastrojo alto con capa de humus	0.01
Sorgo	0.3
Soya	0.4
Suelo desnudo	1
Tabaco	0.5
Taro	0.86
Te	0.2
Tef (Etiop?a)	0.25
Yam	0.5
Yuca	0.8

Adaptado de: Miller and Donahue, 1990 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007

Tabla 2: Clasificación de la degradación de suelos causados por la erosión hídrica

Categoría	Pérdida de suelo (ton/ha/año)
Ninguna a ligera	<10
Moderada	10-50
Alta	50-200
Muy alta	>200

Adaptado de: FAO, 1980 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007

3.18 Métodos de estudio sobre erosión hídrica

Métodos cuantitativos: Permiten la estimación numérica de la erosión con el propósito de establecer diferentes grados de la misma; estos modelos pueden emplearse para el desarrollo de modelos cualitativos (Flores, 2016).

3.19 Evaluación directa

Permiten determinar la magnitud de la erosión mediante mediciones sobre el terreno, de parámetros asociados al suelo, de los sedimentos producidos y estimaciones a partir de ensayos. Los métodos directos más utilizados se presentan a continuación (Flores, 2016).

3.20 Estaciones de aforo y colectores

Las estaciones de aforo y colectores han sido usadas para medir el flujo de agua y sedimentos (observación directa). La erosión de suelos es un proceso de transporte de sedimentos los cuales pueden ser momentáneamente retenidos o se hacen pasar por estructuras de medida conocidas para cuantificar el suelo perdido. Además, en estas unidades hidrológicas se estudian procesos erosivos, emisión de sedimentos, arrastres y depósitos de materiales (Flores, 2016).

3.21 Lotes de escurrimiento

Consiste en trabajos experimentales en los que se aísla una superficie conocida en diferentes áreas representativas, al final del lote se colocan instrumentos de medición para conocer el volumen de los escurrimientos superficiales y coleccionar los sedimentos producidos. En estos lotes se trata de reflejar el proceso de erosión y sedimentación. Por lo cual, el escurrimiento que se presenta en ellos debe de ser capaz de producir el desprendimiento del suelo y generar cárcavas, además de permitir la deposición de sedimentos (Flores, 2016).

Este tipo de lotes pueden ser abiertos o cerrados. Los primeros quedan delimitados por barreras naturales, por lo cual suponen un resultado más apegado a la realidad. Su principal desventaja se origina en la dificultad de delimitar y fijar, espacial y temporalmente la red de drenaje. Por otro lado, los lotes cerrados generalmente se instalan en campos experimentales en el que sus límites son realizados con varios materiales. (García Ruiz & López Bermúdez, 2009 Como se citó en Flores, 2016).

3.22 Factores asociados con la precipitación

Dentro de estos factores se consideran la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia; la precipitación media y la distribución de la lluvia en el área de drenaje. Antes de señalar cada uno de estos factores, es conveniente analizar los aspectos generales de la precipitación, lo que servirá para caracterizarlos (Colegio de postgraduados, 1991).

3.23 Formas de precipitación

Dadas las necesidades específicas de los sistemas de conservación del suelo y del agua, es importante examinar la precipitación que cae en forma de lluvia, particularmente cuando las gotas de agua son de un diámetro mayor de 0.5 mm. De acuerdo con la velocidad, intensidad, la lluvia es ligera, cuando con el diámetro de las gotas tienen un diámetro que fluctúa de 2.5 a 7.5 mm, e intensa cuando las gotas de agua tienen un diámetro mayor de 7.5 mm. El tamaño de

las gotas está íntimamente relacionado con la duración de la lluvia; es así que gotas de pequeñas generalmente corresponden a lluvia de mayor duración que aquellas en las que el diámetro de las gotas es grande (Colegio de postgraduados, 1991).

3.24 Tipos de precipitación

a) P. Ciclónica.

Es la que se representa cuando existen fenómenos meteorológicos denominados ciclones tropicales y representan peligro para las diversas estructuras usadas en la conservación del suelo y del agua, ya que generalmente son tormentas. De grandes magnitudes.

b) P. Convectiva.

Este tipo de precipitación es consecuencia del enfriamiento, debido a la expansión de una masa de aire húmedo-caliente, cuando esta asciende e forma de corriente Convectiva a una capa más alta y de menor presión. Estas lluvias son de diferentes intensidades y su efecto en los suelos es variables.

c) P. Orográfica.

Este tipo de lluvia se presenta cuando una masa de aire húmedo se eleva sobre una barrera montañosa. La precipitación es generalmente en forma de lluvias ligeras y produce la erosión de los

suelos en las partes altas de las cuencas hidrológicas (Colegio de postgraduados, 1991).

3.25 Medición de la precipitación

La precipitación se mide en base a una lámina de agua acumulada en una determinada superficial. Este valor se expresa en milímetros o en centímetros y puede proporcionar información a diferentes intervalos (24 horas, mes o año). El aparato para esta medición es el pluviómetro (Colegio de postgraduados, 1991).

3.26 Precipitación media

Este valor se utiliza para calcular el volumen de agua por almacenar o retener y para resolver problemas especiales de conservaciones de suelos. Para calcular la precipitación media, anual, mensual o semanal en ciertas áreas, se utilizan varios métodos; los más comunes son: el de la media aritmética y el de las isoytas (Colegio de postgraduados, 1991).

3.27 Métodos de reconocimiento

No siempre es fácil cuantificar la erosión que está ocurriendo aun cuando se mantenga un área determinada bajo observación permanente. La medición de la cantidad de suelo perdido requiere la presencia de algunos puntos de referencia, y bajo condiciones naturales, tales puntos son difíciles de detectar. Los principales métodos para la capa del suelo que se ha perdido por erosión son: transecto de cárcavas, clavos con rondanas, corcho latas de botellas y lotes de escurrimiento (Colegio de postgraduados, 1991)

Lotes de escurrimientos constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica. Este método consiste en el confinamiento de una pequeña superficie, donde es posible manejar y cuantificar los escurrimientos generados en ella para que posteriormente y por medio de muestras, cuantificar los sedimentos que acarrearán en suspensión (Colegio de postgraduados, 1991).

El tamaño del lote puede ser variable, pero la diversidad en la forma y tamaño de esto dificulta la comparación de resultados. Las dimensiones adoptadas en la investigación como más representativas para estimar la pérdida por erosión son de 2 x 10m. Los lotes deben establecerse en sentido de la pendiente principal del terreno y aislados mediante láminas de metal, de asbesto – cemento o de madera. Para captar los escurrimientos generados en el lote, y en la parte baja de este se coloca un tinaco o recipiente graduado en litros (Colegio de postgraduados, 1991).

Las pérdidas de suelo por erosión en un tiempo determinado, se obtiene mediante el siguiente procedimiento:

1. Después de cada día de lluvia, se observa el volumen de escurrimiento captado en el tinaco graduado.
2. Se revuelve lo mejor posible el agua del tinaco y se toma una muestra de un litro antes de que los sedimentos se asienten.

3. Por medio de filtrado de la muestra se determina el peso de los sólidos que contiene y este se multiplica por el volumen total captado en el tinaco para la determinar la pérdida de suelo en el lote para la(s) lluvia(s) de ese día.
4. La pérdida de suelo para un tiempo deseado, es igual a la suma de las perdidas parciales. Para expresar la erosión en términos de kilogramos por hectárea para un tiempo determinado se multiplica el total de pérdidas en el periodo por 500 (Colegio de postgraduados, 1991).

3.28 Cálculo del peso de suelo perdido por erosión

- a) Determinar el área a la cual se le quiere cuantificar la erosión.
- b) Medir la altura promedio de la capa que ha sido removida por la erosión.
- c) Determinar la textura media y la densidad aparente del suelo del área en cuestión.
- d) Multiplicar la altura promedio de la capa perdida por el área conocida y así obtener el volumen de suelo removido; posteriormente este valor se multiplica por la densidad aparente del suelo y se obtiene el peso del mismo, correspondiente a la superficie considerada (Colegio de postgraduados, 1991).

Según (Colegio de postgraduados, 1991) la fórmula para conocer el peso de una capa suelo es:

$$P = h \times A \times Dap \dots\dots\dots (1)$$

- Donde: P = Peso del suelo (Ton)
h = Altura de la capa de suelo removida
A = Área del terreno (m²)
Dap= Densidad aparente (Ton/m³).

Para solucionar de manera simple estos cálculos, se pueden usar los siguientes valores de densidad aparente:

Tabla 3: Valores para determinar la densidad aparente del suelo

Grupo textural	Densidad aparente (Ton/m ³)
Fina	1.0-1.2
Media	1.2-1.4
Gruesa	1.4-1.6

Adaptado de: Colegio de postgraduados, 1991

La textura de un suelo se conoce en el campo, humedeciendo una pequeña porción de tierra y frotándola entre los dedos de la mano. Un porcentaje muy alto de arcilla da sensación de plasticidad y adherencia y se puede considerar como textura fina; con un alto porcentaje de arena, la sensación es de un material áspero y se define como de textura gruesa y por el contrario, una sensación de suavidad y de poca cohesión indica un mayor contenido de limo y por lo tanto se puede definir como de textura media (Colegio de postgraduados, 1991).

3.29 Espesor de sedimentos

La utilización de las agujas de erosión (también denominadas varillas, clavos, piquetas y estacas) consiste en introducir parcialmente en el suelo una aguja y medir cada cierto intervalo de tiempo la altura del extremo superior con respecto a la superficie topográfica. Los ascensos y descensos de la superficie del terreno pueden obedecer a procesos de erosión y sedimentación (Flores, 2016).

Las agujas o piquetas de erosión se recomiendan para zonas con altas tasas de erosión y para mediciones que se realizarán en un periodo largo de tiempo. (Sancho et al., 1991 Como se citó en Flores, 2016).

3.30 Simuladores de lluvia

Los experimentos con simuladores de lluvia, permiten trabajar con todos los factores que interviene en la erosión hídrica, modificar la intensidad y duración de la lluvia, que en condiciones naturales no podría hacerse. Para estos trabajos se colectan muestras de suelo de los lugares que se desea estudiar y se someten a diferentes lluvias simuladas, en donde se evalúan las condiciones originales de cobertura y prácticas de manejo, o se validan prácticas de conservación de suelo y agua. Este método permite el estudio de la erosión producida por el escurrimiento y salpicadura (Bubenzer y Jones, 1971; Roth, 1985; Cérda, 1999; Duiker, 2001 Como se citó en Flores, 2016).

La desventajas de este método se presentan cuando se extrapolan los resultados a condiciones diferentes a las del experimento inicial, en donde existe poca uniformidad de intensidad de precipitación y las características del agua empleada alteran los resultados del experimento (tamaño de gota, intensidad de precipitación y conductividad (Flores, 2016).

3.31 Evaluación indirecta

Permite la simulación de escenarios y predicción de los fenómenos físicos a corto, mediano y largo plazo. Este tipo de evaluación, consiste en el empleo de modelos para representar la realidad, los cuales son mejores cuanto más se adapten a la realidad, utilizando la información de los procesos concretos que se desea representar, así como las leyes físicas y su generalización (Flores, 2016).

Existen tres tipos de análisis que se pueden realizar, el llamado de caja negra, que consiste en limitar las correlaciones de las entradas y salidas del sistema (modelos estadísticos), el de caja gris que consiste en que sólo se conocen algunos de los de los procesos, identificando alguna de las relaciones causa efecto en el sistema (modelos paramétricos). El último tipo de análisis es el nombrado como caja blanca, en el que se conocen todos los detalles del proceso (modelos físicos) (Flores, 2016).

3.32 Factores específicos que determinan la erosión hídrica

Existen ciertos factores que contribuyen de manera más específica y directa que produce la erosión hídrica, estos pueden ser:

3.32.1 Erosividad de la lluvia

Las pérdidas de suelos están estrechamente relacionadas con la lluvia, en parte por el poder de desprendimiento del impacto de las gotas al golpear el suelo y en parte, por la contribución de la lluvia a la escorrentía. La respuesta del suelo a la lluvia puede estar determinada, también, por las condiciones meteorológicas (Morgan, 1997 citado por Gutiérrez, 2004 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.32.2 Erodabilidad del suelo

La erodabilidad define la resistencia del mismo a los procesos de desprendimiento y transporte. Aunque que la resistencia de un suelo a la erosión depende, en parte, de su posición topográfica, pendiente y grado de alteración, la razonabilidad varía con la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la resistencia al esfuerzo constante, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos (Morgan, 1997 citado por Gutiérrez, 2004 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.32.3 Desprendimiento y dispersión de las partículas de suelo

Cuando una gota de lluvia hace impacto en el suelo, las partículas de suelo se esparcen y mientras mayor sea la velocidad de impacto, mayor será la cantidad de suelo esparcida. El impacto de las gotas es más efectivo cuando una película delgada cubre la superficie del suelo y la máxima dispersión de las partículas del suelo se presenta cuando la profundidad del agua es casi la misma que el diámetro de

la gota de lluvia (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.32.4 Compactación superficial del suelo

El impacto de las gotas de lluvia y la dispersión de las partículas del suelo compactan y forman costra. Esta costra a menudo consta de dos partes, una muy delgada (más o menos 0.1 mm) en forma de estrato no poroso y una zona de hasta 5 mm de partículas finas no deslavadas (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.32.5 Infiltración por precipitación pluvial

La costra que se forman por el impacto de las gotas de lluvia es mucho menos permeable que el suelo sub adyacente y las tasas de transmisión del agua pueden ser entre 2000 y 200 veces menor para los estratos compactos y lavados, en relación a la capa más profunda por lo tanto, la infiltración de la precipitación pluvial en los suelos con costras es muy baja y esto hace que se aumente el escurrimiento superficial del agua (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

3.33 Factores relacionados con la vegetación

En el proceso de erosión existen factores que actúan directamente con la vegetación y pendiente estos pueden ser:

3.33.1 Pendiente completamente cubierta por vegetación

Las escorrentías y erosión que proceden de buenos pastizales o de bosque son pequeñas, a menudo representan menos del 5 y del 1%

de las pérdidas de suelo sin cobertura vegetal. Los escurrimientos son bajos por la alta infiltración en comparación con suelos sin cobertura vegetal (Kirkby & Morgan, 1984).

3.33.2 Pendiente parcialmente cubierta por vegetación

Las escorrentías y la erosión aumentarán rápidamente sobre suelos con menos del 70 % de cubierta vegetal. Las cantidades de suelo erosionados no se realizan tanto con la escorrentía como con las proporciones de suelos desnudos; esto se debe a que los suelos arrastrados frecuentemente no llegan a la corriente si no que es atrapado cuesta abajo por la vegetación o re depositado en los fondos de los valles o en las grietas cóncavas en la pendiente. El sobrepastoreo y las quemas conducen al debilitamiento de la cubierta de césped y la exposición del suelo desnudo (Kirkby & Morgan, 1984).

3.33.3 Ausencia de la vegetación

Las pendientes rara vez están desprovistas de vegetación a menos que las tierras sean de labranza excepto de las regiones áridas; la tierra desnuda y arable es más susceptible a la erosión hídrica y se puede perder grandes cantidades de suelo con una tormenta o durante una estación lluviosa (Kirkby & Morgan, 1984).

La erosión se va incrementando a medida que aumenta la pendiente del terreno ya que también lo hacen la cantidad y la energía de la escorrentía superficial. En una superficie plana, las gotas de lluvia salpican las partículas de suelo en todas direcciones. En cambio, en

una superficie con pendiente las partículas de suelo que toman dirección hacia arriba recorren menos distancia que si fueran hacia abajo (debido a su trayectoria parabólica), por lo cual, estadísticamente cuando se observa al efecto de la erosión por salpique en un terreno inclinado, las partículas de suelo tienden a desplazarse hacia abajo, aumentando la proporción en función de la pendiente (Mardones 2007, como se citó en Hernández, 2011).

3.34 Degradación del suelo con respecto al uso actual

Esta característica influye de forma directa en el factor de cobertura vegetal **C** de la USLE, el uso de suelo y vegetación de la zona determina que tan protegido está el suelo del efecto de erosión. El uso de suelo y vegetación indica qué tan protegida está, si tiene una mejor cobertura que le permite protegerse de la lluvia y así disminuir el efecto de la erosión hídrica (Flores, 2016).

3.35 Factores climáticos que afectan en la degradación del suelo

El clima determina la cantidad e intensidad de lluvia de una región por lo cual es una característica que influye directamente en el factor de erosividad de la lluvia **R** de la USLE. Además, el clima afecta al tipo de vegetación de una zona, sin embargo no se considera en la USLE ya que se tiene el factor de cobertura vegetal **C** en el cual se analiza las condiciones bajo las que se encuentra el terreno (Flores, 2016).

3.36 ¿Cómo interactúa la Cubierto vegetativa?

Esta característica influye de forma directa en el factor de cobertura vegetal **C** de la USLE, el uso de suelo y vegetación de la zona determina que tan protegida esta una cuenca del efecto de erosión (Flores, 2016).

IV. Metodología

4.1. Ubicación del estudio

Este estudio se realizó en colonia Jerusalén, a 11 km del casco urbano de Nueva Guinea, en el Laboratorio Natural de la Universidad URACCAN, se condujo en el periodo comprendido del mes de mayo al mes de noviembre del año 2017.

4.2. Enfoque de la investigación

Es de enfoque cuantitativo, la información generada es de tipo numérica, se hizo uso de algunos parámetros estadísticos y técnicas predominantemente cuantitativas, así como la conducción del proceso a través de lotes de escurrimiento (trampa), Tras el estudio de la asociación o correlación pretende, a su vez, hacer inferencia causal que explica por qué las cosas suceden o no de una forma determinada en el ámbito de estudio.

4.3. Tipo de investigación

La investigación es no experimental. Según el tiempo que se estudia el fenómeno, la investigación es de corte transversal, pues el estudio se realizó en 7 meses (periodo de invierno), el cual es el periodo de mayor erosión hídrica.

4.4. Unidad de análisis

Todos los cultivos establecidos en áreas agrícolas y para efecto de las muestras. Se hicieron tres sitios de unidad de análisis, cada uno en diferentes tipos de cultivos.

Sitio Uno

Se estableció un lote de escurrimiento en área de cultivos de ciclo corto que tiene un área de dos manzanas, con una pendiente del 10%, protegido por una cubierta vegetal de gramíneas ya que anteriormente se había establecido cultivo de maíz, la textura de este sitio es arcilloso, con una densidad aparente de 1 ton/m^3 , con un color rojizo y una permeabilidad regular.

Para establecer el sitio se desprotegió de la capa superficial, se cuadró el área con dimensiones de 8m x 3m y luego se procedió a quitar la capa arable, que para todos los casos fue de 0.2m, después se ubicó una capa impermeable en este caso fue plástico para impedir la infiltración del agua, una vez colocado el impermeabilizante se rellenó con la capa suelo que se había extraído anteriormente y se ubicó la vegetación que se había sacado. En el extremo inferior se hizo una especie de triangulo en forma de embudo donde se hizo un orificio donde se ubicó una cubeta o balde para la recolección del suelo erosionado. Lo cual en cada medición se extraía el balde del sitio y se pesaba solo el suelo erosionado.

La pendiente, la textura, la densidad aparente se midió antes por cada sitio (Nota, esto para los tres sitios).

Sitio dos

Se estableció un lote de escurrimiento en el área de cultivo de café robusta, con pendiente del 15%, con textural arcillo limoso, el área es de 0.5 manzanas, con una densidad aparente de 1.1 ton/m³, protegido con una cubierta vegetal degradada de gramíneas y plantas de hojas anchas, color marrón rojizo, moderadamente lixiviados, con pocas condiciones de permeabilidad.

Sitio Tres

Se estableció un lote de escurrimiento en un área de cultivar de musáceas, cuenta con un área de 0.75 Mz, con pendiente del 19%, un suelo arcilloso, con una densidad aparente al 1 ton/m³, con cubierta vegetal de hojas anchas y gramíneas, cuenta con ciertas condiciones de permeabilidad.

Cada uno de estos lotes se establecieron con una dimensión de 8m de largo por 3m de ancho, con una profundidad de 20 centímetros, esto corresponde a la capa arable, esta se excavó de manera manual. Se establecieron en áreas del Laboratorio Natural de universidad URACCAN, Nueva Guinea.

4.5. Técnicas e instrumentos

Para la recopilación de la información la realizamos mediante la recolección de datos. Cada observación con una frecuencia de 15 días, a los lotes de escurrimiento (trampa) establecida en las áreas agrícolas del Laboratorio Natural de URACCAN, esto nos permitió

obtener información fidedigna y necesaria para cumplir nuestros objetivos.

4.6. Operacionalización de variables

Variable	Sub variable	Definición	Indicadores	Fuente	Técnica
Masa del suelo erosionado		Es el proceso de sustracción de masa sólida del suelo o de la roca de la superficie, llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma.	Kilogramos (kg)	Control de Suelo escurrido	Cuadernos, formatos de registro
Temperatura del entorno		Es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro	Grados centígrados (°C)	Áreas en estudio	Tabla de registro
Humedad relativa		Es el vapor de agua que se	Porcentaje (%)	Áreas en estudio	Tablas registro

del entorno		encuentra presente en la atmósfera.			
Precipitación del entorno		Es cualquier forma de hidrometeor o que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre.	Mililitros (ml)	En la zona de la RACC S	Tabla de registro
Pendiente de suelo.		Caracterización de la desviación de la inclinación de la ladera de los horizontes en porcentaje.	%	Área de estudio	Tabla de registro

Tabla 4: *Operacionalización de variables*

Se tomó como referencia esta tabla del marco teórico para el cálculo de la densidad aparente.

Tabla 5. Cálculo de la densidad aparente

Grupo textural	Densidad aparente (Ton/m ³)
Fina	1.0-1.2
Media	1.2-1.4
Gruesa	1.4-1.6

Adaptado de: FAO, 1980 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007

La textura de un suelo se conoce en el campo, humedeciendo una pequeña porción de tierra y frotándola entre los dedos de la mano. Un porcentaje muy alto de arcilla da sensación de plasticidad y adherencia y se puede considerar como textura fina; con un alto porcentaje de arena, la sensación es de un material áspero y se define como de textura gruesa y por el contrario, una sensación de suavidad y de poca cohesión indica un mayor contenido de limo y por lo tanto se puede definir como de textura media (Colegio de postgraduados, 1991).

4.7. Procesamiento y análisis de la información

Toda esta información fue procesada con ayuda del software SPSS, InfoStat y Excel, con ayuda de InfoStat se realizó una ecuación que es un método de regresión, que permite calcular cuánta es la pérdida de suelo en Kg/Ha/año con cualquier precipitación.

En Excel se realizaron los procesos numéricos para calcular la cantidad de suelo erosionado por hectárea en el año, para su posterior análisis de estadístico.

4.8. Materiales utilizados

- ✓ Machete
- ✓ Pala
- ✓ Macana
- ✓ Plástico negro
- ✓ Tabloncillos

- ✓ Clavos
- ✓ Martillos
- ✓ Piola
- ✓ Pesa
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Bidón plástico
- ✓ Termómetro
- ✓ Formato de registro de información

V. Resultados y discusión

En este apartado se presentan los resultados más sobresalientes de la investigación Erosión y pérdida de suelo en áreas agrícolas del Laboratorio Natural de URACCAN, Nueva Guinea, 2017 dándole cumplimiento a los objetivos propuestos en el estudio.

5.1. Tabla general de pérdida de suelo

Tabla 6. Recolección de datos de campo y sus variables

Fecha	Sitio	Peso del suelo erosionado (Kg)	Temperatura % (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
26/5/2017	S1	0.007	31	84	
	S2	0.022	31	85	64
	S3	0	32	82	
09 23/06/18	-				
	S1	0.987	30.5	81.5	
	S2	1.635	31.5	84.5	318
	S3	0.635	30.5	82	
07 21/7/2017	-				
	S1	1.5	30	87	
	S2	1.6	30.5	88.5	687
	S3	0.38	31	87	

04	-				
18/8/2017					
	S1	0.37	30	95.5	
	S2	0.66	31	90.5	453
	S3	0.185	30	91.5	
01	-				
15/9/2017					
	S1	0.14	30.5	90	
	S2	0.115	30	89	261.5
	S3	0.13	30	89.5	
29/09	-				
13/10 /2017					
	S1	0.75	30	88	
	S2	0.35	31.5	87	361
	S3	0.12	31	89	
27/10	-				
10/11/2017					
	S1	0.41	30	90.5	
	S2	0.3	30.75	90	235
	S3	0.14	29.5	91.75	
24/11/2017					
	S1	0.15	30	90	
	S2	0.05	30	91	139
	S3	0.03	31	90	

En la tabla 6 se muestra los resultados de pérdida de suelo por réplica mediante el método del muestreo lotes de escurrimiento obtuvimos datos de campo de la erosión hídrica. Por esta razón nuestro trabajo lo dedicamos al estudio de estas variables. Con

ayuda de estos métodos de recolección de pérdida de suelo se logró obtener información fidedigna de la cantidad de suelo que se perdió en cada sitio de muestreo con un área de 24m² durante el tiempo de estudio que fue del mes de mayo a noviembre 2017 donde podemos observar que el mes de mayor pérdida de suelo fue el mes de julio, además con la mayor precipitación.

Lotes de escurrimientos constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica. Este método consiste en el confinamiento de una pequeña superficie, donde es posible manejar y cuantificar los escurrimientos generados en ella para que posteriormente y por medio de muestras, cuantificar los sedimentos que acarrearán en suspensión (Colegio de postgraduados, 1991).

5.2. Pérdida de suelo en cultivos agrícolas anuales

Tabla 7. Cálculo de pérdida de suelo en el sitio 1, cultivos Agrícolas anuales

Réplica	Tratamiento	Temperatura °C (promedio)	H relativa% (Promedio)	Precipitación mm/año	Kg/24 m ² /15 días	Kg/Ha/ Año
1	C. Agrícolas	31	84	64	0.007	2.92
2	C. Agrícolas	30	83	127	0.5	208.33
3	C. Agrícolas	31	80	191	0.487	202.92
4	C. Agrícolas	30	85	335	0.5	208.33
5	C. Agrícolas	30	89	352	1	416.67
6	C. Agrícolas	30	97	305	0.3	125.00
7	C. Agrícolas	30	94	148	0.07	29.17
8	C. Agrícolas	29	92	178.5	0.075	31.25
9	C. Agrícolas	31	88	83	0.065	27.08
10	C. Agrícolas	31	90	113	0.4	166.67
11	C. Agrícolas	29	86	248	0.35	145.83
12	C. Agrícolas	30	91	193	0.2	83.33
13	C. Agrícolas	30	89	42	0.11	45.83
14	C. Agrícolas	30	90	139	0.15	62.50
Resultados		30.14	88.43	2518.5	4.214	1755.83

En el sitio 1, de cultivos agrícolas anuales, con una temperatura promedio de 30.14°C, una humedad relativa promedio de 88.43%,

una densidad aparente 1 ton/m^3 , con una altura de la capa de suelo removida de 0.00017558 m , una precipitación anual de $2,518.45 \text{ mm}$ se perdieron 1.75 ton/Ha/Año de suelo. De acuerdo a la clasificación de los suelos causados por erosión hídrica, esta pérdida está en la categoría de ninguna a ligera porque es menor a 10 ton/ha/año .

Como podemos observar en la tabla 6, en el estudio se refleja que se perdieron 1.75 Ton/Ha/Año que equivale a la categoría de pérdida de suelo de ninguna a ligera según (FAO, 1980 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

5.3. Pérdida de suelo en el cultivo de Café Robusta por erosión hídrica

Réplica	Tratamiento	Temperatura °C (promedio)	H relativa% (Promedio)	Precipitación mm/año	Kg/24m ² /15 días	Kg/Ha/Año
1	Café Robusta	31	85	64	0.022	9.17
2	Café Robusta	31	85	127	1	416.67
3	Café Robusta	32	84	191	0.635	264.58
4	Café Robusta	30	87	335	0.7	291.67
5	Café Robusta	31	90	352	0.9	375
6	Café Robusta	31	90	305	0.6	250
7	Café Robusta	31	91	148	0.06	25
8	Café Robusta	30	88	178.5	0.065	27.08
9	Café Robusta	30	90	83	0.05	20.83
10	Café Robusta	33	89	113	0.15	62.5
11	Café Robusta	30	85	248	0.2	83.33
12	Café Robusta	31	90	193	0.1	41.67
13	Café Robusta	30	90	42	0.1	41.67
14	Café Robusta	30	91	139	0.05	20.83
Resultados		30.79	88.21	2518.5	4.632	1930.00

Tabla 8. Pérdida de suelo en el sitio 2, café Robusta

En el cultivo de café la capa de suelo removida es de 0.0001754 m, se perdieron 1.93 Ton/Ha/Año de suelo, siendo este el sitio con más pérdidas por erosión hídrica, esto se debió al tipo de cultivo, por las prácticas de manejo agronómico, uso de agroquímicos; tiene gran incidencia significativa la pendiente y esta a su vez por la degradada cubierta vegetal, ya que el cultivo lo amerita.

5.4. Pérdida de suelo en el cultivo de musácea por erosión hídrica

Réplica	Tratamiento	Temperatura °C (promedio)	H relativa% (Promedio)	Precipitación mm/año	Kg/24m ² /15días	Kg/Ha/Año
1	Musácea.	32	82	64	0	0
2	Musácea	30	82	127	0.353	147.08
3	Musácea.	31	82	191	0.282	117.5
4	Musácea.	31	86	335	0.18	75
5	Musácea.	31	88	352	0.2	83.33
6	Musácea.	30	89	305	0.12	50
7	Musácea.	30	94	148	0.065	27.08
8	Musácea.	30	90	178.5	0.068	28.33
9	Musácea.	30	89	83	0.062	25.83
10	Musácea.	32	91	113	0.07	29.17
11	Musácea.	30	87	248	0.05	20.83
12	Musácea.	29	92	193	0.05	20.83
13	Musácea.	31	91	42	0.04	16.67
14	Musácea.	31	90	139	0.03	12.5
Resultados		30.57	88.07	2518.5	1.57	654.17

Tabla 9. Pérdida de suelo en el cultivo de musácea, sitio 3

Se deliberó que la pérdida de suelo en el cultivo de musácea es la menor con 0.66Ton/Ha/año comparado con los otros sitios, aunque presente la mayor pendiente, esto corresponde a diversos factores, tales como la cubierta vegetal, la capa de materia verde que amortiguan el golpe de la gota de agua.

En el sitio se obtuvo una temperatura promedio de 30.57°C, una densidad aparente de 1ton/m³, una humedad relativa promedio de 88.07%, una precipitación anual de 2518.5 mm por año.

En este sitio se perdió una capa de suelo de 0.000065 m de altura.

5.5. Pérdidas totales de suelo con todas las variables evaluadas

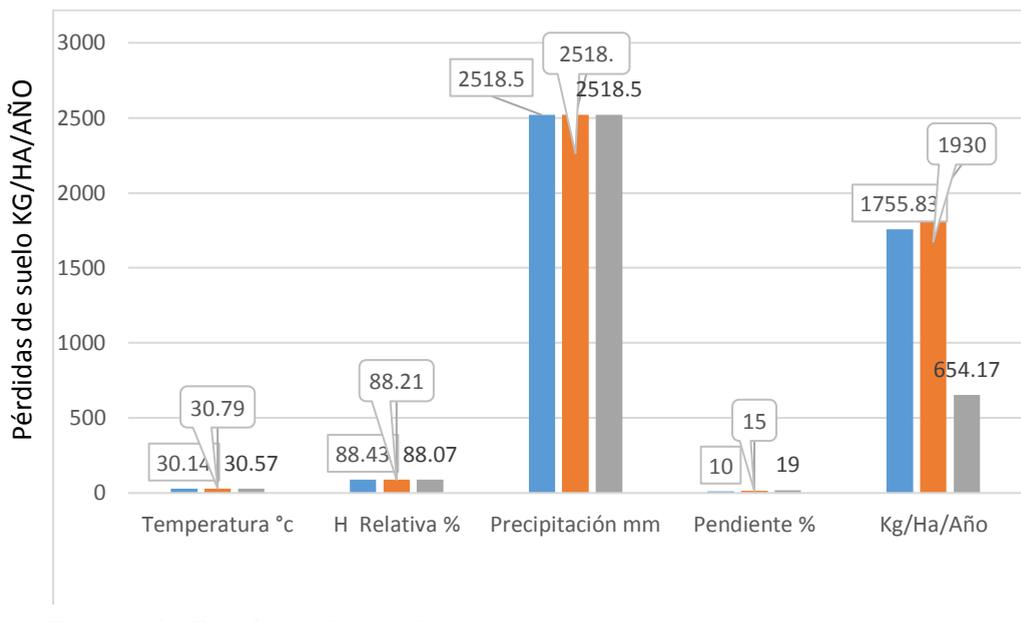


Figura 3: Pérdida de suelo

De acuerdo a esta figura se demostró que en el sitio de los cultivos agrícola con una temperatura promedio de 30.14°C, una humedad relativa promedio de 88.43%, con una precipitación de 2,518.5 mm de lluvia al año, con una altura de suelo removida de 0.00017558 m y el terreno con una pendiente al 10% se erosionaron 1755.83 Kg por hectárea por año.

En el sitio de cultivo de Café Robusta con una temperatura promedio de 30.79°C, con una humedad relativa promedio de 88.21%, una precipitación de 2,518.5 mm de lluvia anual, una pendiente al 15%, y

con una altura de la capa removida de 0.0001754 m, se perdieron 1930 Kg/Ha/Año.

Y con respecto al cultivo de Musácea, con una temperatura promedio de 30.57°C, una humedad relativa promedio del 88.07%, una precipitación de 2.518.5 mm por año, una pendiente mayor de 19% y una altura de la capa removida de 0.000065m se erosionaron 654.17 Kg/Ha/año.

Tabla 10. Efecto del cultivo sobre la pérdida de suelos

Cultivo manejado	Pérdida de suelo (kg/ha/año)
Café robusta	237.68 ^a
Cultivos agrícola anuales	216.24 ^{ab}
Musáceas	80.56 ^b

Medias con letras iguales son significativamente iguales, $DMS_{\alpha=0.05}$ ($p \geq 0.07$), $CV=106\%$.

En la tabla 10 se presentan datos estadísticos procesados con InfoStat lo cual representa la diferencia significativa en cada uno de los sitios evaluados.

El estudio comprende del mes de mayo 2017 a noviembre 2017, que son los meses donde la precipitación es más significativa, los datos

que se obtuvieron en este periodo se igualan a todo el año. En este análisis estadístico con un 95% de confianza se refleja el efecto ocasionado por el tipo de cultivo en la pérdida del suelo, siendo el sitio del Café Robusta el que estadísticamente presenta mayor pérdida de suelo debido a que requiere mayor labores culturales, aplicación de agroquímicos, poca o nula cubierta vegetal, y su pendiente considerablemente incide en la erosión.

De acuerdo a la DMS y al valor de probabilidad entre el cultivo de Café Robusta y Cultivos Agrícolas anuales no hay diferencia estadística, y de igual manera entre el área agrícola anual con el cultivo de musácea, pero en respecto con los cultivos de café robusta y musácea si hay una diferencia significativa.

En relación al coeficiente de variación este es alto con un 106% esto debido a que las variables meteorológicas no las podemos controlar o manipular tales como la precipitación, humedad relativa. Temperatura entre otras.

5.7. Análisis de la precipitación sobre la pérdida de suelo en los cultivos

Tabla 11. Efecto de la precipitación sobre la pérdida de suelos

Precipitaciones mm/15Dias	Pérdida de suelo (kg/ha/año)
352.	502.87 a
127	443.73 ab
191	336.21 abc
335	330.46 abc
305	244.25 bcd
113	148.47 cde
248	143.68 cde
193	83.81 de
42	59.87 de
139	55.08 de
178	49.81 de
148	46.70 de
83	42.39 de
64	6.94 e

Medias con letras iguales son significativamente iguales, $DMS_{\alpha=0.05}$ ($p > 0.0008$), $CV=78.29\%$

Para el cálculo de pérdidas de suelo se realizó mediante la ecuación de regresión: **Pérdida de suelo (kg/ha/año)** = $-11.063 + 1.052$ (precipitación), esta nos permite saber cuánto suelo perdemos con cierta precipitación.

El coeficiente de variación en este sitio es alto debido a que son variables que no podemos controlar.

El análisis estadístico realizado demuestra con un 95% de confiabilidad que entre mayor sea la precipitación la pérdida de suelo

será mayor. Pero que a su vez la intensidad de las lluvias es la que define mayormente el nivel de erosión del suelo.

Cuando una gota de lluvia hace impacto en el suelo, las partículas de suelo se esparcen y mientras mayor sea la velocidad de impacto, mayor será la cantidad de suelo esparcida. El impacto de las gotas es más efectivo cuando una película delgada cubre la superficie del suelo y la máxima dispersión de las partículas del suelo se presenta cuando la profundidad del agua es casi la misma que el diámetro de la gota de lluvia (Kirkby & Morgan, 1984 Como se citó en Avilés & Barahona, 2007).

Tabla 12. Consecuencia de la pendiente en la pérdida de suelo

Pendiente (%)	Pérdida de suelo (Kg/Ha/Año)
15	237.68 a
10	216.24 ab
19	80.56 b

Medias con letras iguales son significativamente iguales, $DMS_{\infty 0.05}$ ($p \geq 0.07$), $CV=106.04\%$

Para determinar la pérdida de suelo con la variable pendiente se obtuvo una ecuación de regresión: **Perdida de suelo (kg/ha/año) = 387.62 – 14.28 (pendiente)**, por medio de este se calcula la cantidad de suelo erosionado, con cualquier porcentaje de pendiente.

Hubo diferencia significativa entre pendientes en la pérdida de suelo, demostrado con un 95% de confiabilidad, La pendiente que presenta la mayor pérdida de suelo es la que cuenta con un valor del 15% que corresponde al cultivo de Café Robusta, esto se debe al grado de pendiente y estrechamente relacionado con la cubierta vegetal, las labores de preparación y manejo del suelo.

Las pendientes rara vez están desprovistas de vegetación a menos que las tierras sean de labranza excepto de las regiones áridas; la tierra desnuda y arable es más susceptible a la erosión hídrica y se puede perder grandes cantidades de suelo con una tormenta o durante una estación lluviosa (Kirkby & Morgan, 1984).

Es importante mencionar que los cálculos de pérdidas de suelo se pueden obtener con dos fórmulas, con el método de la ecuación Universal de pérdida de suelo con sus siglas en inglés (USLE) y por medio de lotes de escurrimiento que según el colegió de postgraduados 1991 constituye la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por erosión hídricas.

En un análisis general podemos discernir que no todas las variables inciden significativamente en la pérdida de suelo, las que más influyen son: la pendiente del terreno, la precipitación, y el tipo de cultivo.

De acuerdo a nuestro estudio puntualizamos que las pérdidas de suelo en las áreas agrícolas del Laboratorio Natural de Universidad

URACCAN, recinto Nueva Guinea, corresponden a las categorías de ninguna a ligera según la FAO, 1980 como se citó en Avilés & Barahona, 2007.

Para determinar la densidad aparente de cada sitio se utilizó como referente la tabla de clasificación de acuerdo al grupo textural, según colegió de postgraduados 1991, se delibero que los tres sitios presentan suelo con textura fina de acuerdo al método de campo de prueba física, estos suelos son arcillosos, por lo tanto, la densidad aparente va de 1 a 1.2 Ton/m³

Para calcular la altura de la capa de suelo removida primeramente se dedujo la cantidad de toneladas de suelo removible, para posteriormente expresar la diferencia del total menos lo erosionado.

Para sacar el nivel de pendiente se coloca una punta del aparato A, en el punto predefinido del terreno, se gira la segunda punta del aparato en dirección de la pendiente hasta que consiga ubicar la plomada: en este punto se mide en centímetros la distancia entre el suelo y la punta del aparato que se mantiene en el aire, este dato se divide entre dos, que es igual al porcentaje de pendiente.

5.8. Estrategias para la mitigación de la erosión hídrica de los suelos agrícolas en el laboratorio Natural

1. Mejorar la textura del suelo y capa arable través de la introducción de abonos verdes tales como: frijol terciopelo, gandul, cannavalia.

2. En pendientes mayores de 15% sembrar en curvas a nivel o a tres bolillos esto impedirá reducir la erosión del suelo.
3. Combinar los tipos de fertilización química y orgánica de los suelos en relación a la densidad aparente.
4. Tener un plan de descanso de áreas agrícolas.
5. Obtener el historial de los suelos en relación a los cultivos para evitar la repetición de los mismos.
6. En pendientes mayores del 15% tener cortinas rompe vientos esto evitará la erosión eólica.
7. Hacer uso de policultivos en las áreas agrícolas.
8. El manejo de malezas debe hacerse a través de prácticas culturales.

VI. Conclusiones

Las pérdidas no solo se deben a la precipitación, también al tipo de cultivo, y al porcentaje de pendiente de cada sitio.

La mayor pérdida de suelo se dio en el cultivo de Café robusta, con una pendiente del 15%, una precipitación de 2518.5 mm con una capa de suelo removida de 0.0001754m de altura, con una pérdida de suelo de 1930 Kg/Ha/año, esto se debió a las labores de preparación del suelo y al manejo del cultivo de igual manera a la degradada vegetación.

Con respecto a la pendiente, entre mayor sea la pendiente mayor será la pérdida de suelo, pero este factor acompañado de la degradada cubierta vegetal.

Los demás factores como la temperatura y la humedad relativa no tienen significancia estadística en la erodabilidad del suelo.

La pérdida de suelo en toneladas por hectárea por año en cada sitio es de:

Cultivo de café Robusta es de 1.93 Ton/Ha/año.

Cultivos agrícolas anuales es de 1.75 Ton/Ha/año.

Cultivo de musácea es de 0.66 Ton/Ha/año.

VII. Recomendaciones

En suelos ultisoles con una reducida capa fértil es oportuno realizar labranza mínima con un surcado en curvas a nivel.

Establecer cultivos anuales y perennes con un sistema de siembra a los tres bolillos (pata de gallina).

Evitar o erradicar el uso de agroquímicos en el manejo agronómico de los cultivos.

Incorporar y utilizar abonos verdes en los suelos, aportan materia orgánica, estos contribuyen a aumentar la micro fauna de los suelos.

VIII. Referencias.

Álcazar (2013). *Evaluación de la erosión hídrica en parcelas experimentales en campos agrícolas de secano mediterráneo*. Madrid.

Avilés & Barahona. (2007). *Cuantificación de la erosión hídrica en diferentes sistemas productivos con parcelas de escorrentía en la microcuenca Estanzuela, Esteli-Nicaragua*.

Colegio de postgraduados (1991). *Manual de conservación del suelo y del agua*. Chapingo, México.

Falcón, R. L. (2002). *Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación*. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Merida, Venezuela, universidad de los Andes.

FAO. (s.f). *Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo*
Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>

FAO. (s.f). *El suelo*

Recuperado

de:

<http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s04.htm>

FAO. (s.f). *Biología del suelo*

Recuperado

de:

<http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s04.htm>

Flores, E. I. (2016). Tesis, *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en tres cuencas de la República Mexicana, utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo*. Cd, Mexico, facultad de ingeniería.

(Hernandez, 2011) Herrera,D.A. (2011). Tesis, *Influencia de la pendiente y la precipitación en la erosión de taludes desprotegidos*. Concepción, Chile, facultad de ingeniería.

Ibáñez, J. J. (2008). *Degradación del Suelo y Pérdida de Recursos Edáficos*.

Recuperado

de:

<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/09/17/101114>

INETER, (2017) Mapa de uso potencial de los usos de suelos en Nicaragua. Recuperado de: www.ineter.gob.ni

INIFOM, (2017). *Caracterizaciones RAAS*.

Recuperadode:http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/INIFOM/CDdeC
aracterizacione/lenin/NuevaGuinea

Kirkby & Morgan.1984. *Erosión de suelos*.1ra edición, impreso en México.

Nuevo Diario (2017). *Economía RACS*.

Recuperado de: <http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/360951-ganaderia-es-principal-actividad-racs/>

Pedraza, V. A. (2015). Tesis, *Estimación de la erosión hídrica mediante dos métodos de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) en la cuenca del Rio Chapingo, Texcoco*. Toluca de Lerdo, México.

Panamá, (2017). *Amenazas de los suelos Latinos*.

Recuperado de: <http://laestrella.com.pa/vida-de-hoy/planeta/revela-amenazas-afectan-suelos-latinos/23912471>

Perez, C. E. (2011). *Determinación de la fertilidad del suelo en el occidente de Nicaragua, en el periodo 2009 a Mayo 2010*. León, Nicaragua.

Sequeira, (2017). *Origen de los suelos*.

Recuperadode:<http://repositorio.uca.edu.ni/2239/1/EI%20origen%20de%20los%20suelos%20y%20sus%20problemas%20de%20manejo%20en%20Nicaragua.pdf>

Wikipedia, (2017). Suelo.

Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Suelo>

IX. Anexos

Formato para la recopilación de datos en cada observación

Fecha	Sitio	Peso (Kg)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
26 / 05 / 2017					
	S1	0.007	31	84	64
	S2	0.022	31	85	
	S3	0	32	82	
09/ 06 / 2017					
	S1	0.5	30	83	127
	S2	1	31	85	
	S3	0.353	30	82	
23/ 06 / 2017					
	S1	0.487	31	80	191
	S2	0.635	32	84	
	S3	0.282	31	82	
07 / 07 / 2017					
	S1	0.5	30	85	335
	S2	0.7	30	87	
	S3	0.18	31	86	
21 / 07 / 2017					
	S1	1	30	89	352
	S2	0.9	31	90	
	S3	0.2	31	88	
04 / 08 / 2017					
	S1	0.3	30	97	305
	S2	0.6	31	90	
	S3	0.12	30	89	
18/08/2017					
	S1	0.07	30	94	

	S2	0.06	31	91	148
	S3	0.065	30	94	
01/09/2017					
	S1	0.075	29	92	178.5
	S2	0.065	30	88	
	S3	0.068	30	90	
15/09/2017					
	S1	0.065	31	88	83
	S2	0.050	30	90	
	S3	0.062	30	89	
29/09/2017					
	S1	0.4	31	90	113
	S2	0.15	33	89	
	S3	0.07	32	91	
13/10/2017					
	S1	0.35	29	86	248
	S2	0.2	30	85	
	S3	0.05	30	87	
27/10/2017					
	S1	0.2	30	91	193
	S2	0.1	31	90	
	S3	0.05	29	92	
10/11/2017					
	S1	0.11	30	89	42
	S2	0.1	30	90	
	S3	0.04	31	91	
24/11/2017					
	S1	0.15	30	90	139
	S2	0.05	30	91	
	S3	0.03	31	90	



Foto 1. Lote de escurrimiento, cultivos agrícolas anuales, sitio uno, pendiente 10%, densidad aparente 1Ton/m³, suelo limo arcilloso.



Foto 2. Elaboración de lote de escurrimiento, sitio dos, bajo la supervisión del tutor Msc. Arsenio López Borge, Densidad aparente 1.1 Ton/m³, suelo arcilloso, color marrón rojizo, Moderadamente lixiviado, con pocas condiciones de permeabilidad, con degradada cubierta vegetal, pendiente 15%

Tomado por: Yelin Mayen Vivas.



Foto 3. Lote de escurrimiento, cultivo de musácea, sitio tres, pendiente 19%, Densidad aparente 1Ton/m³, suelo arcilloso.

Tomado por: Yelin Mayen Vivas.

**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA
CARIBE NICARAGÜENSE**



URACCAN

Aval Del Tutor

El tutor/a: **Tutor: Msc. Arsenio López Borge**, por medio del presente escrito otorga el Aval correspondiente para la presentación de:

- a. Protocolo
- b. Informe Final
- c. Artículo Técnico
- d. Otra forma de culminación (especifique):

A la investigación titulada: Erosión y pérdida de suelo en áreas agrícolas del Laboratorio Natural de URACCAN, Nueva Guinea, 2017

Desarrollada por el o los estudiantes: **Br Yelin Antonio Mayen Vivas**

Br José Bismarck Miranda Fargas

De la carrera: Ingeniería Agroforestal

Nombre y apellido del Tutor: **Tutor: Msc. Arsenio López Borge**

Firma:

Recinto: URACCAN, Nueva Guinea

Extensión: Nueva Guinea

Fecha: Nueva Guinea, Mayo 2018