UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA

INGENIERIA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

DETERMINACÍON DE LA PÉRDIDA DE NUTRIENTES POR ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL CULTIVO DE PIÑA.

POR:

GERMAN DE LA CRUZ VELASQUEZ

8-851-1847

PANAMA

REPUBLICA DE PANAMA

2021

DETERMINACÍON DE LA PÉRDIDA DE NUTRIENTES POR ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL CULTIVO DE PIÑA.

TRABAJO DE GRADUACION

SOMETIDO PARA OBTAR POR EL TITULO DE INGENIERIA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA

PERMISO PARA SU PUBLICACION, REPRODUCCION TOTAL, PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO:

_____

DIRECTOR

_____

ASESOR

_____

ASESOR

PANAMA, PANAMA

REPUBLICA DE PANAMA

2021

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a DIOS por permitirme la oportunidad de estar con vida cada día, por darme las fuerzas, y sabidurías para culminar esta carrera guiándome siempre y en cada momento.

A mi familia por el apoyo incondicional que siempre me han brindado y por ser fuente de mi inspiración para conseguir mis metas. Mis padres Tasnila Velásquez, Aquilino De La Cruz, mis hermanas Neil.Y. De La Cruz, Nadia.M. De La Cruz y sobrinos.

A mis amigos Nisi Esther Chen, Angélica Ureña, Omaira Batista, Yolanys Villarreal, Eimy Vega, Belgys Chanis, Jonatán Rodríguez, Kathia Castillo, Aldy Mariscal, Cristina Gómez,

A todos mis compañeros, compañera, profesores y administrativos que de una forma a otra me facilitaron el camino para culminar los estudios.

A instituciones como el Ministerio de ambiente y sus colaboradores por abrirme las puertas para cumplir horas de práctica profesional como también al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá y al Ministerio de salud por brindarme sus instalaciones y laboratorios para elaborar el trabajo final de graduación.

A expertos de las ciencias agropecuarias como el Ing. José Isaac Mejía, Ing. David Urriola doctor en biometría, al doctor Alexis De La Cruz, y al Ing. Edgar Chacón.

DEDICATORIA

A DIOS primeramente por darme la vida y la oportunidad de estudiar.

A mis Padres por todo el esfuerzo que han realizado para poder lograr mis objetivos.

A toda mi familia y amigos por estar cada momento conmigo durante esta etapa de formación.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

INTRODUCCION 1
JUSTIFICACIÓN 2
OBJETIVOS GENERALES: 4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 4
REVISION DE LITERATURA 5
Ultisoles definición: 5
Distribución de los Ultisoles en Panamá: 6
Caracterizacion de suelos: 7
Propiedades físicas del suelo: 7
a) Textura 8
b) Estructura 8
c) Densidad aparente 8
d) Densidad Real 9
e) Profundidad 9
f) Color 9
g) Porosidad 10
h) Estabilidad de los agregados 10
i) Infiltración 11
Propiedades químicas del suelo: 11
a) Capacidad de intercambio catiónico (CIC) 12
b) **Nutrientes** 13
Macronutrientes: 13
a) Nitrógeno 13
b) Fosforo 14
c) **Potasio** 14

d) **Calcio** 15
e) **Magnesio** 15
Micronutrientes: 15
a) Hierro 15
b) Manganeso 16
c) Cobre 16
d) Zinc 16
e) Hierro 16
Degradación de los suelos: 17
Erosión hídrica 17
Factores asociados a la erosión hídrica 18
Limite tolerable para la perdida de suelo 18
Precipitación 18
Escorrentía Superficial o Directa 19
El cultivo de piña 19
Etapas fenológicas del cultivo de piña 20
a) Desarrollo vegetativo 20
b) Inducción floral 20
c) Floración 21
d) Fructificación y cosecha 21
e) Vivero 21
Suelo y preparación del terreno para el cultivo de piña 22
Sistema de siembra 22
a) **Sistema Hawaiano o de hileras dobles** 22
Uso de barrera vivas como practicas conservacionistas 23
a) Hierba de limón 23
b) **Vetiver** 24
Infostat 24
Coeficiente de determinación (R^2) 25
Ecuación polinómica: 25
Líneas de tendencia 25
ANTECEDENTES 26

MATERIALES Y METODOS 27
LOCALIZACION DEL PROYECTO. 27
PARCELAS 27
Procedimiento para recolección de las muestras 29
Determinación del volumen de escorrentía 32
Determinación de K, Fe, Mn, y Zn 33
Determinación de Ca y Mg 34
Determinación de P (P_2O_5) y (NO_3) N 36
RESULTADOS Y DISCUSION 42
Lamina de escorrentía (mm) 42
a) Nitrógeno. 46
b) Fosforo: 48
c) Potasio: 50
d) Calcio y Magnesio: 52
Micro nutriente 56
e) Manganeso: 57
f) Hierro: 58
g) Zinc: 61
h) Cobre: 62
CONCLUSIONES 63
RECOMENDACIONES 64
BIBLIOGRAFÍA 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. INSECTICIDAS, FUNGICIDAS, FERTILIZANTES GRANULADOS Y FOLIARES APLICADOS EN EL CULTIVO DE PIÑA. 40
Tabla 2. Anova de interacción de los tratamientos por etapa para variable lamina de escorrentía. 43
Tabla 3. anova para la variable lámina total acumulada de escorrentía. 44
Tabla 4. Grados de libertad y cuadrados medios de las variables N, P_2O_5, K_2O, CaO y MgO. 45
Tabla 5. Grados de libertad y cuadrados medios para las variables Mn, Fe y Zn. 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interacción de la lámina de escorrentía por etapa. 42
Figura 2.Lámina acumulada de escorrentía superficial (mm). 44
Figura 3. Interacción de la pérdida de N por etapa. 47
Figura 4. Total, acumulado de pérdida de N por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}). 47
Figura 5. Interacción de la pérdida de P2O5 por etapa. 49
Figura 6. Total, acumulado de pérdida de P2O5 por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}). 49
Figura 7. Interacción de la pérdida de K_2O por etapa. 51
Figura 8. Total, acumulado de pérdidas de K_2O por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}). 51
Figura 9. Interacción de la pérdida de CaO por etapa. 53
Figura 10. Total, acumulado de pérdidas de CaO por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}). 54
Figura 11. Interacción de la pérdida de MgO por etapa. 54
Figura 12. Total, acumulado de pérdidas de MgO por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}). 55
Figura 13. Interacción de la pérdida de Mn por etapa. 57
Figura 14. Total, acumulado de pérdidas de Mn por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}). 58
Figura 15. Interacción de la pérdida de Fe por etapa. 60
Figura 16. Total, acumulado de pérdidas de Fe por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).60
Figura 17. Interacción de la pérdida de Zn por etapa. 61
Figura 18. Total, acumulado de pérdidas de Zn por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}). 62

INTRODUCCION

A nivel mundial la erosión se ha convertido en un problema ambiental de gran importancia para la sostenibilidad del sector agropecuario.

Muchos estudios indican que la vulnerabilidad depende de factores como las propiedades del suelo, la erosividad de la lluvia, pendiente, tipo de cobertura vegetal y prácticas de laboreo. Entre las propiedades fisco- químicas del suelo que afectan la erodabilidad de los suelos están la Granulometría, contenido de materia orgánica, densidad, velocidad de infiltración y la estabilidad de los agregados (Hudson 1995)

En panamá son muy pocos los estudios que se han realizado con respecto a cantidad de nutrientes que se pierden en el suelo por la escorrentía. En base a esto se elaboró un proyecto apoyado por el instituto de investigación agropecuaria de panamá (IDIAP) para la determinación de estas pérdidas en el cultivo de la piña, teniendo en cuenta la pendiente, las réplicas de los métodos de conservación (piña + hierba de limón, piña + vetiver, siembra convencional, parcela con suelo desnudo), precipitación.

Las mismas variables repetidas en las tres etapas de producción de la piña (etapa vegetativa, etapa reproductiva, etapa de vivero).

El cual utilizando un sistema de colectores pudimos determinar las pérdidas de nutrientes por la escorrentía superficial los cuales mostraremos en este trabajo de investigación.

JUSTIFICACIÓN

Panamá tiene uno de los problemas de erosión y deterioro de suelos más severos de América Latina, con proceso de degradación paulatino y creciente en casi todas las cuencas, suelos y aguas, que lleva a la desertificación y a la pérdida de la capacidad productiva, con el consiguiente impacto social en las poblaciones que viven de la actividad agrícola (ONU, 2015). Una de las mayores preocupaciones de la Autoridad del Canal de Panamá es la erosión de la tierra. Cuando la erosión hídrica acelerada tiene lugar, las cantidades excesivas de suelo erosionado terminan en la vía acuática (ACP, 2007). Además del costo ecológico, la erosión del suelo también afecta negativamente su productividad por lo que cuando el rendimiento ya no es atractivo para el productor, los terrenos son destinados como zonas de pastoreo, generalmente con pastos nativos.

El Cambio Climático ha hecho que las lluvias sean cada vez más intensas, causando inundaciones y grandes pérdidas de escorrentía y suelo por erosión en áreas de producción agrícola. Si no se llega a controlar la progresiva degradación de los suelos, esta afectará la seguridad alimentaria. Adicionalmente, los suelos erosionados son transportados por la escorrentía de la lluvia hasta las aguas superficiales, aumentando el volumen de sólidos suspendidos y la lixiviación de nutrientes, lo cual provoca la sedimentación, desmejora la calidad de las aguas y la fauna acuática de los lechos de ríos y lagos en la Cuenca del Canal de Panamá

y del Rio Caimito; aumentando así los costos de producción y el funcionamiento de las plantas de potabilización del agua.

El desconocimiento y la utilización inadecuada de las tecnologías para la planificación de uso y conservación de suelo en las áreas de producción del cultivo de piña, así como el inadecuado uso y manejo de agroquímicos, así como exposición prolongada de los suelos sin cobertura vegetal está influyendo negativamente en la actividad Piñera afectando su sostenibilidad y deteriorando los recursos naturales.

El progresivo aumento de los procesos erosivos y de escorrentía es preocupante e incide en la disminución de la fertilidad, afecta la retención de agua en el suelo y por ende el desarrollo de los cultivos. La concientización del productor Piñero acerca de la importancia de las prácticas de conservación de suelos dentro de las unidades productivas es el paso inicial para la disminución de la erosión y escorrentía en el área.

OBJETIVOS GENERALES:

- Determinar la pérdida de nutrientes causada por la escorrentía superficial en el cultivo de la piña.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Copilar datos para evaluar la cantidad de nutrientes que se pierden por escorrentía en la producción de piña
- Identificar si hay diferencias significativas entre los tratamientos.
- Mostrar a los productores la importancia de conservar el suelo en beneficio a su actividad.

REVISION DE LITERATURA

Ultisoles definición:

Los Ultisoles son los suelos más extensos en las tierras bajas de América tropical, se localizan en posiciones geomorfológicas viejas bajo vegetación de bosque y se caracterizan por presentar un horizonte Argilico de acumulación de arcilla, nivel de lavado y meteorización (CIAT 1983). Además, Buol (2004) señala que en estos suelos la eluviación y la iluviación son los procesos más importantes en el desarrollo del perfil, dándose el caso de acumulación de arcillas en horizontes profundos del perfil, y produciéndose una pérdida de arcillas en los horizontes superficiales.

Por otra parte, la CICH (2007) indico que los suelos presentes en la zona de estudio son típicos de las zonas tropicales. El clima húmedo y las temperaturas altas durante el año han sometido estos suelos a procesos de lixiviación o lavado de sus bases intercambiables a través del perfil. Estos suelos se han desarrollado bajo la influencia de las condiciones climáticas imperantes a partir de un material parental casi uniforme de rocas ígneas extrusivas basálticas, andesíticas de la formación Tucué.

Distribución de los Ultisoles en Panamá:

En Panamá, la importancia de los suelos Ultisoles radica que representan, a nivel del trópico latinoamericano, el 20 por ciento con una extensión estimada en 320 millones de hectáreas, cubriendo más del 40 por ciento del territorio nacional (Name et al. 2004). Por un lado, los Ultisoles predominan en toda la costa Atlántica de Colón, Veraguas y Bocas del Toro. También ocupan extensiones del sur de Chiriquí, Veraguas y en la zona central de Panamá y Panamá Oeste. En cambio, CATAPAN (1970) y AED (2004) se refieren a tres órdenes de suelos en el distrito de La Chorrera destacando principalmente los Oxisoles luego le siguen en importancia los Inceptisoles y Entisoles.

Por otra parte, Jaramillo et al. (1991) señala que los Ultisoles se encuentran en áreas planas y onduladas geomorfas, muy estables, desarrollados a partir de material sedimentario del mioceno, bajo régimen climático húmedo, en donde las precipitaciones medias anuales oscilan entre 2515 y 2974 milímetro. Estos suelos presentan un intenso proceso de translocación de las arcillas, que se manifiesta en horizontes argilicos muy desarrollados, presentan estructuras en bloques angulares y subangulares, de color rojo amarillento, pardo rojizo o pardo oscuro, medianamente profundos a profundos, con horizontes pobremente marcados, de drenaje pobre, de buena permeabilidad y bajo contenido de materia orgánica, medianamente ácidos a muy ácidos y con contenidos bajos de bases intercambiables y de nutrientes, lo que determina una baja fertilidad natural pobre productividad agrícola.

Caracterización de suelos:

Los suelos del área de estudio se caracterizaron con cinco muestras del perfil del suelo de un sitio representativo del área de estudio.

El horizonte superficial es un horizonte alterado por el arado se considera un **(Ap)** ha sido arada hasta una profundidad de 20 centímetros, la textura que domina es Arcillosa, presenta una densidad aparente de 1.2475 g/cm3 y el agua útil está a 0.28 m.

El Horizonte (B1t), es un horizonte argilico presenta un incremento en el contenido de Acilla de 42 a 73%, textura Arcillosa y una densidad Aparente de 1.2160 g/cm3 y el agua útil a 0.64 m.

El horizonte (B2), con un espesor de (0.55-1.10 metros), presenta una textura Arcillo Limosa, una densidad aparente de 1.3292 g/cm3 y agua útil a 0.96 m.

Horizonte (B3), tiene un espesor de (1.10 -1.60 metros), textura Arcillosa y una densidad aparente de 1.3066 g/cm3.

Horizonte (C), espesor de (1.40 – 1.60 metros), presenta una textura Franco Arcillosa y una densidad aparente de 1.4474 g/cm3. (Valdés, 2017)

Propiedades físicas del suelo:

Black *et al.* Señala que las propiedades físicas del suelo se refieren a la forma como se observa, o se comporta el suelo en procesos que no implican modificaciones químicas sobre el comportamiento del cultivo.

Estas propiedades son textura, estructura, densidad real, densidad aparente, profundidad, color, porosidad, estabilidad de los agregados, infiltración.

a) Textura

Se refiere al porcentaje de fracciones granulométricas arena, limo y arcilla que presente el suelo y se clasifica según la clase textural que predomine de acuerdo al sistema que se utilice.

CIAT (1983) indica que debido a la presencia del horizonte argilico, los Ultisoles tienen mayores contenidos de arcilla, los Ultisoles tienen mayores contenidos de arcilla en el subsuelo y frecuentemente tienen una textura franca sobre un subsuelo arcilloso.

b) Estructura

Se denomina estructura del suelo a la manera en la que las partículas del suelo se encuentran agrupadas en conjunto de formas estables.

Baver *et al*. (1973), La describe como la forma de agregarse las partículas del suelo en unidades de mayor tamaño y al espacio vacío asociado a ellas. Entre los tipos de estructuras están la laminar, prismática, bloques angulares, granular.

c) Densidad aparente

Es la densidad de un volumen de suelo tomado tal como aparece en el perfil del terreno, en este volumen se incluyen no solo las partículas del terreno, sino también los espacio de aire y materiales orgánicos.

Blake (1965) la describe como la relación entre la masa de los sólidos y el volumen que estos ocupan, incluyendo el espacio poroso entre las partículas sólidas.

d) Densidad Real

Es la densidad de las partículas del suelo, determinada en una muestra de suelo homogenizada. En un suelo de composición media, la densidad real tiene un valor aproximado de 2,65 g por centímetro cubico.

Blake (1965) señala que la densidad real corresponde a la relación entre masa de las partículas sólidas del suelo y el volumen que estas ocupan excluyendo el volumen del espacio poroso que existe entre las partículas sólidas.

e) Profundidad

Según Baver *et al (1973)*, Brady y Weil (2013) y Narro (2004) la profundidad se refiere al impedimento del suelo al crecimiento de las raíces.

La mayoría de los Ultisoles tienen perfiles profundos y bien desarrollados con una transición difusa entre horizontes y no presentan impedimentos físicos para el crecimiento radical (CIAT 1983).

f) Color

El color es una propiedad física que se encuentra relacionada con la capacidad de absorción de la radiación solar.

Baver *et al.* (1973), Brady y Weil (2013), Narro (2004) describen que la coloración del suelo, se debe a los elementos cromógenos que lo generan como el humus que resulta en suelos de color café oscuro y los compuestos de hierro o arcilla que generan los colores rojo, pardo y grises.

g) Porosidad

Se define como el porcentaje de volumen real de suelo que está ocupado por espacios de aire. Puede calcularse a partir de la relación entre densidad aparente entre densidad real.

El CIAT (1983) indica que en los Ultisoles el espacio poroso es menor y la densidad aparente mayor, debido a la ausencia de estructura granular y se comportan mejor en cuanto a sus características de retención de humedad.

h) Estabilidad de los agregados

La agregación del suelo es el proceso mediante el cual sus partículas primarias, arena, limo y arcilla, se unen formando unidades secundarias, agregados, debido a la acción de fuerzas naturales y a sustancias derivadas de exudados de las raíces y provenientes también de la actividad microbiana (Soil Science Society of America, 1997).

La estabilidad de la estructura, es una estimación de la capacidad del suelo para mantener la arquitectura de la fracción sólida y del espacio poroso cuando se someten a la acción de fuerzas originadas por la acción del agua o de esfuerzos mecánicos externos (Kay, 1990).

Hénin et al. (1958) indican que la estabilidad de los agregados del suelo está condicionada especialmente por la acción del agua como factor de degradación y por la cohesión en estado húmedo como factor de resistencia.

i) Infiltración

Horton (1933) se refiere a la infiltración como el movimiento vertical del agua desde la superficie hacia las capas profundas y es afectada por las características del perfil edáfico, como la textura y la estructura, la cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos, así como por el tamaño y el volumen total del espacio poroso.

Propiedades químicas del suelo:

En el suelo tienen lugar numerosas transformaciones químicas y fenómenos de naturaleza eléctrica que, entre otros efectos, ponen a disposición de las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo y que, a la vez son responsables del mantenimiento de ciertos equilibrios entre la composición mineral global del suelo y la liberación de nutrientes en forma disponible para las plantas. Estos procesos se realizan en dos medios interdependientes: agua y los coloides del suelo.

Para valorar las propiedades químicas del suelo y su fertilidad se recurren a la determinación de la capacidad del intercambio catiónico (CIC), saturación de bases y nutrientes asimilables.

Desarrollo de acidez

Ecuación

1) $CO_2 + H_2O$ ---------- H_2CO_3

   El dióxido de carbono (CO_2) ambiental y el liberado por la materia orgánica en contacto con el agua lluvia (H_2O) forman ácido carbónico (H_2CO_3).

2) $CaCO_3 + H_2CO_3$ ---------- $Ca(HCO_3)_2$

El ácido carbónico formado por el dióxido de carbono y el agua de lluvia en contacto con el carbonato de calcio formado de la descomposición de los minerales forman el bicarbonato de calcio altamente soluble que son lavados del perfil del suelo.

3) $X - M^+ + H_2CO_3$ ---------- $X – H^+ + MHCO_3$

Los cationes (Ca, Mg, K, NH4+, Na y H) representados por (M^+) atrapados a la arcilla (X) se unen al bicarbonato de calcio y son arrastrados por el agua formando hidrogeocarbonatos ya sea de (Ca, Mg, K) e hidrógenos adheridos a la arcillas y aluminio.

4) $X – 3H^+ + Al (OH)_3$ ---------- $X – Al + 3 H_2O$

El aluminio en contacto con el hidrógeno lo desplaza y se adhiere a la arcilla formando suelos ácidos con aluminio más moléculas agua.

a) Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la cantidad total de cationes que el suelo puede intercambiar por unidad de peso. Se expresa en unidades químicas: miliequivalentes por 100 gramos de suelo.

- Saturación de bases

  La CIC indica parte de las propiedades del complejo absorbente, porque un mismo valor de la CIC de distinto suelos puede referirse a cationes diferentes y, por tanto, tener distintas implicaciones respecto a los nutrientes de las plantas. Los cationes intercambiables son de dos tipos:

  — Cationes de formación ácida. Son aquellos cuya presencia proporciona acidez al suelo. El más numeroso es el hidrógeno (H^+); otro catión ácido es el aluminio (Al^{3+}).

  — Cationes de formación básica. También denominados bases. El catión básico más importante es el calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+).

b) **Nutrientes**

En los suelos hay gran cantidad de elementos minerales que coinciden con lo necesario para la nutrición vegetal, como los componentes de piedra, rocas o arenas y materiales orgánicos complejos.

Macronutrientes:

a) Nitrógeno

Según Tisdale y Nelson (1988) las formas más comunes asimiladas por las plantas son los iones de nitrato (NO_3) y el amonio (NH_4^+).Bertsch (1998)

indica que es un elemento fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal.

b) Fósforo

Según Tisdale y Nelson (1988) la absorción por las raíces de las plantas de los iones de $H_2PO_4^-$ es diez veces más rápida que la de HPO_4^{2-}. Bertsch (1998) señala que forma parte de la molécula transportadora de alta energía de ATP y participa en todos los procesos metabólicos que involucran energía.

(Sánchez, 1981) citando a (Pratt et al.1969), indica que los Ultisoles fijan más fosforo por unidad de contenido de óxido de hierro que los Oxisoles, esto se debe a la existencia de formas menos cristalinas del óxido de hierro, los óxidos amorfos retienen más fósforo que sus formas cristalinas.

Esto se debe a que los Ultisoles arenosos retienen menos fósforo que los Ultisoles arcillosos de mineralogía similar (Woodruff y Kamprath 1965).

c) **Potasio**

Según Tisdale y Nelson (1988) el potasio es requerido por las plantas en grandes cantidades y es absorbido por las raíces en la forma iónica de K^+. Además, Medina (2003) indica que este elemento activa numerosas enzimas involucradas en la fotosíntesis y la respiración, participa en la

síntesis de proteínas, es responsable de la apertura y cierre de los estomas, en la regulación osmótica e hídrica de la planta.

d) **Calcio**

Bertsch (1998) señala que es un elemento necesario para la mitosis en la zona meristematicas se relaciona con la nodulación y la fijación de nitrógeno. Por otra parte Jiménez (1999) indica que la deficiencia de calcio en las plantas de piña hace que las hojas se vuelvan gruesas, moteadas y necrosadas en el corazón de la planta, la fructificación se hace impredecible y es deforme.

e) **Magnesio**

Según Tisdale y Nelson (1988) el magnesio disponible por las plantas en el suelo está en forma cambiable y/o Hidrosoluble, de forma lentamente disponible, es absorbido por las raíces en la forma iónica de Mg^{2+} y ayuda en la absorción del fósforo y en reacciones de fosforilación del ATP (Bertsch 1998).

Micronutrientes:

a) Hierro

Tisdale Y Nelson (1988) indica que las deficiencias de hierro son pronunciadas en suelos calcáreos.

Según Medina (2003) participa en reacciones de transferencia de electrones como la fotosíntesis y respiración y activa diversas enzimas, actúa en la síntesis y desarrollo de los cloroplastos.

b) Manganeso

Bertsch (1998) indica que participa en la síntesis de proteínas, en la formación de ácido ascórbico o vitamina C.

Además, participa en la fotosíntesis y activa las enzimas del ciclo de Krebs (Medina 2003).

c) Cobre

Según Tisdale y Nelson (1988) la retención del cobre aumenta con un incremento de la materia orgánica, la cantidad depende de los materiales originarios y es absorbido por las raíces en forma de ion cúprico Cu^{2+}, cuproso $Cu\ (OH)^{+1}$ o como parte de complejos orgánicos y su solubilidad es poco afectada por el pH.

d) Zinc

Según Tisdale y Nelson (1988) el zinc es generalmente más disponible para las plantas en suelos ácidos que en alcalinos, con frecuencia se observan deficiencias en suelos ricos en fosfatos y materia orgánica, donde es absorbido por las arcillas minerales y por los carbonatos de calcio y magnesio y en forma iónica por las plantas como Zn^{2+}.

e) Hierro

Tisdale y Nelson, indican que el hierro es uno de los elementos metálicos más comunes en la capa terrestre y sin embargo su contenido en los suelos es variable.

Según Russell y Russell (1959) la deficiencia de hierro ocurre en forma típica en suelos calizos y que la misma deficiencia puede inducirse con un exceso de fósforo o falta de potasio en suelos neutros.

Degradación de los suelos:

Según Riquier (1978) la degradación de los suelos se refiere a la disminución de la capacidad actual y/o potencial del suelo de producir bienes y servicios. Además López (2016) indica que la degradación del suelo se manifiesta de diversas formas como erosión hídrica, salinización, pérdida de materia orgánica, agotamiento de nutrientes, pérdida de la biodiversidad, contaminación y compactación del suelo.

Erosión hídrica

Ellison (1947) señala que la erosión es un proceso de desprendimiento del suelo y transporte.

La erosión hídrica del suelo en si misma se describe como un proceso que tiene tres etapas: desprendimiento, transporte y disposición (Foster *et al.*1985; Lal, 2001). Por otro lado, Foster *et al*. (1985) indica que las partículas desprendidas se transportan por un flujo de agua y se depositan cuando disminuye la velocidad del agua indica que las partículas desprendidas se transportan por un flujo de agua y se depositan cuando disminuye la velocidad del agua debido a cambios en la pendiente y la cobertura del suelo.

Factores asociados a la erosión hídrica

Hudson (1995) indico que los factores que afectan a la erosión hídrica pueden considerarse como una función de cómo la erosividad y erodabilidad.

Erosividad: potencial de la lluvia para causar erosión.

Erodabilidad: susceptibilidad del suelo a ser erosionado.

Wilcox (1994) indica que cuando la cobertura vegetal es removida parcia o totalmente, la erosión hídrica aumenta en relación directa a la intensidad de la lluvia.

Limite tolerable para la perdida de suelo

(Bennet 1939, Hall *et al.*1979, Schmidt *et al*.1982, Johnson 1987, Hudson1995, Guevara 1997, Morgan 2005, Brady y Weil 2013) establecieron el umbral de tolerancia de la pérdida de suelo, en 11 toneladas por hectáreas por año, dado que se ha aceptado la proximidad de dicho valor a la máxima tasa de desarrollo del Horizonte A bajo condiciones óptimas.

Precipitación

Se conoce como el agua procedente de la atmósfera que cae en la superficie, en forma de lluvia, nieve o granizo. En Panamá, la precipitación se presenta en forma de lluvia, debido al movimiento ascendente del aire, enfriado más allá del nivel de condensación del vapor de agua. Además, en la vertiente del caribe, las lluvias

son permanentes todo el año, mientras la vertiente del pacífico, se presentan un periodo seco de diciembre a abril y otro lluvioso de mayo a noviembre, como consecuencia de la migración longitudinal de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) (ANAM 2010)

Escorrentía Superficial o Directa

La Escorrentía Superficial o Directa es la precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. Corresponde a la precipitación que no queda tampoco detenida en las depresiones del suelo, y que escapa a los fenómenos de evapotranspiración. El proceso que describe el agua cuando se inicia un aguacero depende de las características del terreno: la primera lluvia caída se invierte en llenar la capacidad de retención de la parte aérea de las plantas y en saturar el suelo. Cuando la capacidad de infiltración es inferior a la intensidad de la lluvia, el agua comenzará a moverse por la superficie del terreno. Se forma, entonces, una capa delgada de agua. Ésta se mueve por la acción de la gravedad según la pendiente del terreno y es frenada por las irregularidades del suelo y por la presencia de vegetación hasta incorporarse a la red de drenaje, donde se junta con los otros componentes que constituyen la escorrentía total.

El cultivo de piña

Iglesias (2017), indico que el cultivo de piña (*Ananas comusus* (L.)Merr.) Es la principal actividad del distrito de la Chorrera, la variedad más usada es el hibrido MD-2, siendo la que ocupa mayor extensión en el área y con mucho éxito para la exportación.

Etapas fenológicas del cultivo de piña

Castañeda (2003) señala que el conocimiento de las etapas fenológicas del cultivo de piña es de vital importancia para la realización de las principales labores del cultivo y dependen de la variedad, del tamaño del material de propagación, fecha de plantación, clima y suelo.

a) Desarrollo vegetativo

   Esta fase varía entre seis y nueve meses después de la siembra esta comprende la acumulación de la masa foliar que equivale el 90% aproximadamente del peso fresco de la parte aérea de una planta de piña.

b) Inducción floral

   El cambio de estado vegetativo a reproductivo se provoca por estrés al ápice (meristemo) que por lo general es la presencia de bajas temperaturas (20º C por la noche durante un periodo de ocho a diez semanas) aunque también puede ser por sequía u otros daños ligeros. El estrés de baja temperatura induce la síntesis de la hormona etileno y es ésta la hormona que “dispara” o inicia los cambios de procesos químicos que dan lugar a la inducción floral; posterior a ello comenzará a ocurrir la formación progresiva de las flores con sus partes hasta completarse como tal, proceso que se llama diferenciación (Jiménez 2006).

c) Floración

Es el momento del paso de la etapa vegetativa a la etapa reproductiva este proceso va de 45 a 65 días.

d) Fructificación y cosecha

Esta fase comprende desde el final de la floración hasta la cosecha con una duración de cinco meses después de la inducción floral para la exportación y seis meses para el mercado nacional.

La cosecha es una de las partes clave para tener un producto inocuo como su apariencia, color y tamaño de la fruta, se mide el grado brix que debe estar de un mínimo de 13 y un máximo de 16 y que también se mide la traslucidez que debe estar en grado 1 que sirve para llevar a cabo el grado de maduración de la futa dependiendo del calibre que requiera el importador que se encuentra entre 6,7,8 con la cascara verde y puede tener círculo de anillo de abajo hacia arriba de color amarillo como máximo.

e) Vivero

Es la etapa postcosecha y se caracteriza por la producción de semillas o hijos basales necesarios para el establecimiento de nuevas plantaciones.

Suelo y preparación del terreno para el cultivo de piña

El cultivo de piña requiere de suelos de buen drenaje, permeable suelo franco limosos, y con pH de 5 a 6. Debe evitarse la siembra en suelos arcillosos, de mala estructura y pobre drenaje (Reyes 1999)***.***

Una vez seleccionado el lugar de siembra, se procede a hacer el trazo de la plantación. Si el terreno es inclinado el trazo se hará en curvas a nivel, si es plano puede usarse el diseño deseado. La preparación del suelo es de gran importancia para esta planta que cuenta con un sistema radicular frágil y superficial. Se debe dar varias pasadas de rastra en forma cruzada con el fin de lograr una mejor incorporación de la maleza. Además, se recomienda dos subsoladas en forma cruzada de 30 a 40cm de profundidad con el fin de evitar la compactación, posteriormente se realiza una rastreada y por último se pasa el roto cultivador para desmenuzar más el terreno. Es importante que el terreno quede libre de malezas y bien afinado (Reyes 1999).

Sistema de siembra

a) **Sistema Hawaiano o de hileras dobles**

En este sistema, las plantas se siembran en doble hileras. El ancho de cama varía de 1 a 1,1 mientras que la distancia entre planta puede va de 0,25m y 0.30m. La densidad aproximada de plantas por hectárea podría

estar entre 61.013 y 72.063, dependiendo de la combinación del ancho de la cama y la distancia de siembra entre planta (Brenes 2010)[1].

Uso de barrera vivas como practicas conservacionistas

Ávila (2003) y Cruz (2005) indican que las barreras vivas son especies de planta que se establecen entre los cultivo como líneas densas sembradas perpendicularmente a la pendiente, con el propósito de reducir la velocidad de la escorrentía, retener los sedimentos que son arrastrados, disminuir la erosión y mejorar el nivel de infiltración del agua lluvia con esto se disminuye la degradación del suelo y se prolonga el uso de la tierra.

a) Hierba de limón

Cymbopogon citratus (DC.)Stapf, también conocido como hierba de limón, se cultiva durante todo el año en Panamá. Se adapta a altura hasta 2000 msnm, prefiere suelos profundos, no se adapta a suelos mal drenados por el riesgo de pudrición de las raíces, Se recomienda a pendientes suaves y moderados hasta de un 25-30%, es una planta perenne nativa de las regiones tropicales perteneciente a la familia de las poaceae del tipo C4,

puede alcanzar altura de un metro, su sistema radicular alcanza los 0.30 metros de profundidad.

b) **Vetiver**

El vetiver *(Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) es una gramínea perenne del tipo C4. Con tallos rígidos que alcanzan una altura de 1.50 m, con un sistema de raíces largas y fibrosas que forman una masa fascicular, que se extiende a una profundidad de dos a tres metros, por lo tanto, se utiliza como herramienta de gestión de la erosión de suelo en pendientes hasta 50 por ciento (Grimshaw 2003, Truong 2003, Leaungvutiviroj 006).

Infostat

InfoStat es un software estadístico desarrollado por el *Grupo InfoStat*, un equipo de trabajo conformado por profesionales de la Estadística Aplicada con sede en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. Por la Cátedra de Estadística y Biometría participaron en la elaboración de InfoStat los profesores. **Julio A. Di Rienzo**, **Mónica G. Balzarini**, **Fernando Casanoves**, **Laura A. González**, **Elena M. Tablada** y por la Cátedra de Diseño de Experimentos participó el Prof. **Carlos W. Robledo**. InfoStat, como proyecto de investigación y desarrollo representa una síntesis de la experiencia acumulada desde 1982 en la Unidad de Procesamiento Electrónico de Datos y en la Cátedras de Estadística y de Diseño de Experimentos.

Coeficiente de determinación (R^2).

Se define como la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. También llamado R^2, refleja la bondad del ajuste a un modelo a la variable que pretende explicar.

Los resultados del coeficiente de determinación oscilan entre 0 y 1. Cuanto más cerca de 1 se situé su valor, mayor será el ajuste de modelo a la variable que estamos intentando explicar. De forma inversa, cuanto más cerca de cero, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos fiable será.

Ecuación polinómica:

El orden del polinomio se puede determinar mediante el número de fluctuaciones en los datos o en función del número de máximos y mínimos que aparecen en la curva. Una línea de tendencia polinómica de Orden 2 suele tener sólo un máximo o un mínimo. Una de Orden 3 normalmente tiene uno o dos máximos o mínimos.

Líneas de tendencia

Es una herramienta de análisis que permite visualizar puntos en una gráfica que van más allá de los datos reales y que representan los posibles valores futuros de acuerdo a su tendencia.

ANTECEDENTES

En el año 2015 se inició la Tesis de Maestría del Ingeniero José Mejía del IDIAP sobre la Evaluación de Erosión Hídrica y pérdida de nutrientes en un sistema de producción de piña comercial en la Cuenca del río Caimito, Zanguenga. La investigación se lleva a cabo en la Zanguenga de La Chorrera, Panamá Oeste, en un sitio de investigación del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá "IDIAP". El IDIAP ha realizado investigaciones en la cuantificación de la erosión hídrica en el uso de barreras vivas, en el cultivo de piña utilizando la variedad MD2; dicha actividad tuvo como objeto cuantificar la pérdida del suelo por erosión hídrica en el cultivo de piña, utilizando como alternativa barrera vivas como vetiver y pasto limón, como medida de conservación de suelo. Estas investigaciones se realizaron con productores colaboradores del área de la Zanguenga.

En el año 2017 se completó una Tesis de Licenciatura del Ingeniero Edwin Valdés que estuvo apoyando el establecimiento y monitoreo de las parcelas de escorrentía en cuanto a niveles de erosión y caracterización del sitio.

Este proyecto busca complementar la relación entre pérdida suelo y nutrientes en base a los estudios hechos por los ingenieros José Mejía y Edwin Valdés.

MATERIALES Y METODOS

1. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

El proyecto está ubicado en la finca del productor Guillermo Carrasco en la comunidad de las Yayas afuera, distrito de la Chorrera Provincia de Panamá Oeste, entre las coordenadas 8°55’31.3’’ latitud Norte y 79°51’2.6’’ de longitud Oeste.

2. PARCELAS

Las parcelas demostrativas tienen un área de 19.8 m^2 y densidad de siembra de 60 000 plantas/ha con pendientes de 10 %

Son 14 parcelas están divididas en 4 tratamientos (Hierba de Limón, Vetiver, Siembra convencional, Suelo Desnudo.)

4 parcelas (Piña + Hierba de limón) T1

4 parcelas (Piña + Vetiver) T2

4 parcelas (Siembra convencional) T3

2 parcelas (Suelo desnudo) T4

Las parcelas cuentan con un sistema de recolección metálico unido por tubos que transportan sedimentos y agua a los tanques de colección

La unidad experimental que se utilizara es la parcela de escorrentía de 11 m de largo x 1.80 m de ancho (19.80 m2), delimitada con chapas de plástico resistente fijadas al suelo y con dos tanques recolectores plásticos de 55 gal., dejando un espacio de 1 a 2 metros entre parcelas y de 2 a 4 metros entre bloques; según las recomendaciones para los diseños de experimentos de escorrentía (Da Veiga, Do Prado; 1993). El cultivo indicador es la piña (Ananas comosus L. Merrill) hibrido MD-2 sembradas dentro de camas a 0.40 m entre hileras separadas a 0.30 m entre plantas con una distancia de 0.60 m entre cama (tres camas por unidad experimental) y sembradas a favor de la pendiente. El manejo agronómico del cultivo se realizará mediante la tecnología propuesta en el manual técnico buenas prácticas de cultivo de piña (Pretelt, 2003), manejo de agua de acuerdo a lo que se busca con el experimento y fertilizaciones fraccionadas durante el ciclo del cultivo, y control de malezas.

Los materiales vegetativos que se utilizaran como barreras vivas se establecerán en el extremo inferior, aguas debajo de la parcela de escorrentía, sembradas en hileras dobles, sembradas con el sistema de tres bolillos con una distancia de separación de 10 cm dentro de las hileras y 20 cm entre filas (Núñez, 2010). Las barreras vivas (estolones y cepas) serán sembradas con cinco meses anticipación a la realización del ensayo (Andrade et al, 2002).

Procedimiento para recolección de las muestras

Después de cada evento erosivo nos dirigimos al sitio del ensayo. Con la ayuda de brochas y espátulas se limpiaron los colectores de metal. El suelo que se recogió en los colectores de metal se agregó a los tanques de plásticos colectores de agua de escorrentía. Seguidamente, se midió la altura del agua en los tanques colectores de escorrentía, para posteriormente determinar el volumen total del agua colectada. Luego, el agua de escorrentía se homogenizo para tomar 14 muestras de un litro para cada tratamiento y replica. Después de este proceso, los tanques se limpiaron, se cubrieron herméticamente con bolsas negras de polietileno 100 por ciento biodegradables y se taparon con una lámina de plástico del mismo diámetro del tanque (esto se repitió después de cada lluvia.)

Las muestras de escorrentía se transportaron al laboratorio del IDIAP en Las Zanguengas y se dejaron reposar por 48 horas para que se decantaran. Luego se tomaron alícuotas de 30 ml de cada muestra y se guardaron en botellas de plástico de un litro; este procedimiento se repitió después de cada evento de escorrentía, hasta terminar la etapa correspondiente. Cada botella o envase de plástico fueron debidamente rotuladas por tratamientos, etapa y número de la parcela. A cada botella, se le adiciono una gota de preservante (Lugol) para mantener las propiedades físicas y químicas de las muestras. Estas fueron almacenadas en una nevera eléctrica a una temperatura entre seis y diez grados Celsius.

A cada muestra antes de ser llevadas a los laboratorios, se les realizo un proceso de filtración con papel filtro (Whatman 125 mm). Finalmente se colectaron 14 muestras en la etapa de vegetativa, 14 muestras en la etapa reproductiva y 14 muestras en la etapa de vivero. Finalizada cada etapa del cultivo, las muestras se transportaron en una nevera plástica con hielo a los laboratorios de suelo y agua en Divisa y Los Santos.

Determinación del volumen de escorrentía

Después de cada episodio erosivo se tomó la altura del volumen escurrido, en cada uno de los tanques colectores de escorrentía, la altura del volumen escurrido. Para obtener el volumen de escorrentía en el primer tanque, se utilizó la siguiente fórmula:

Altura 1 m

Diámetro 0.58 m

$VT = (\pi \cdot r^2 \cdot h) \cdot 1000$

Donde;

VT, corresponde al volumen de escorrentía del tanque (L),

π, 3.1416 es el valor numérico de la relación entre la longitud de la circunferencia y su diámetro,

r^2, es el radio al cuadrado del tanque (m),

h, es la altura del volumen de escorrentía (m),

1000, es el factor de conversión de metros cúbicos a litros.

El volumen de escorrentía que se recogió en el segundo tanque corresponde a una fracción del excedente de agua proveniente del primer tanque. Esta fracción está determinada por el número de salidas que une al primer tanque con el segundo. La cantidad de salidas en el segundo tanque son tres, por ende, el volumen de escorrentía recogido en el segundo tanque se multiplicó por tres.

Determinación de K, Fe, Mn, y Zn

Para la determinación de los nutrientes: potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc se tomaron alícuotas de 15 ml de cada muestra de escorrentía por tratamiento y se trasvasaron a viales del mismo volumen. Las lecturas se realizaron en forma directa, con el espectrofotómetro de absorción atómica (Analitik Jena-ContrAA 300).

Los resultados finales de (K) deben ser expresados en forma de fertilizantes (K_2O) por lo que se realizaron las transformaciones multiplicando los valores de (K) por las constantes.

Ecuación:

CE= ((Ce * LE) / 1000000) * FC

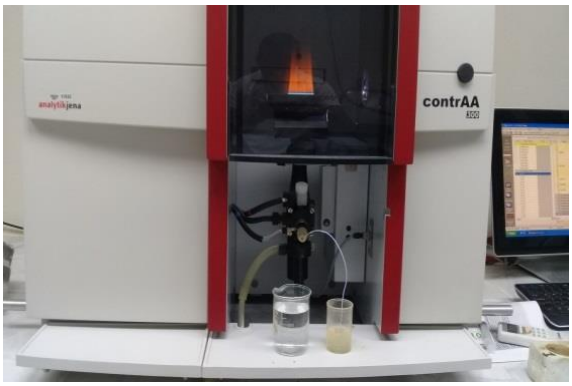
CE, corresponde a la cantidad del elemento en Kg ha^{-1}.

Ce, cantidad de elemento según análisis del agua de escorrentía (mg/L).

LE, total de la lámina de escorrentía por parcela (mm).

1000000, factor de conversión de (mg) a (Kg).

FC, factor de conversión entre el óxido del elemento y la forma elemental, para expresar los resultados en unidades de fertilizantes los cuales representan los Kilogramos de cada elemento nutritivo (K_2O= 1.205, Fe= 1, Mn= 1 y Zn= 1)



Determinación de Ca y Mg

En la determinación de los elementos calcio y magnesio, se tomaron dos ml de cada muestra por tratamiento y se trasvasaron a sendos viales, a los cuales se le adiciono ocho ml de agua destilada y diez ml de Cloruro de Lantano (LaCl). Las lecturas de estos nutrientes se determinaron con el espectrofotómetro de absorción atómica (Analitik Jena-ContrAA 300)

Los resultados de las lecturas se multiplicaron por 10.

Por cada dilución realizada los valores determinados por el espectrofotómetro de absorción atómica (Analitik Jena-ContrAA 300) se multiplican por 10.

Los resultados finales de Ca y Mg deben ser expresados en forma de fertilizantes (CaO) y (MgO) por lo que se realizaron las transformaciones multiplicando los valores de (Ca) y (Mg) por las constantes.

Ecuación:

CE= ((Ce * 10 * LE) / 1000000) * FC

CE, corresponde a la cantidad del elemento en Kg ha^{-1}.

Ce, cantidad de elemento según análisis del agua de escorrentía (mg/L).

10, factor de dilución.

LE, total de la lámina de escorrentía por parcela (mm).

1000000, factor de conversión de (mg) a (Kg).

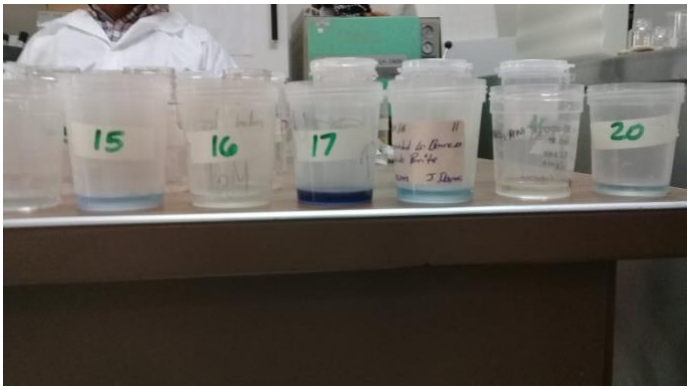
FC, factor de conversión entre el óxido del elemento y la forma elemental, para expresar los resultados en unidades de fertilizantes los cuales representan los Kilogramos de cada elemento nutritivo (CaO= 1.399 y MgO= 1.658).

Determinación de P (P_2O_5) y (NO_3) N

Para la determinación de los nutrientes fósforo y nitrógeno se utilizó el método colorimetría (Método amarillo del ácido Vanadomolbdo fosfórico) las muestras se llevaron a los laboratorios de calidad de agua del Ministerio de Salud en La Villa de Los Santos. Para preparar lo solución, se tomaron 30 ml de cada muestra de escorrentía por tratamiento y se trasvasaron a sendos viales rotulados, a los cuales se les adiciono 10 ml de agua destilada.

Fósforo

Para determinar el fósforo se tomaron alícuotas de diez ml de cada solución preparada inicialmente y se trasvasaron a sendos viales rotulados, a los cuales se les adiciono el reactivo solución de ácido sulfúrico (PHOSPHATE HR REAGENT HANNA HI 93717 A-0), las muestras se tornaron de color azul pálido en presencia de fósforo. Las lecturas de la cantidad de fósforo se determinaron con un Colorímetro (DR/850 Colorimeter).



Los resultados de las lecturas se multiplicaron por 10.

Por cada dilución realizada los valores determinados por Colorímetro (DR/850 Colorimeter) se multiplican por 10.

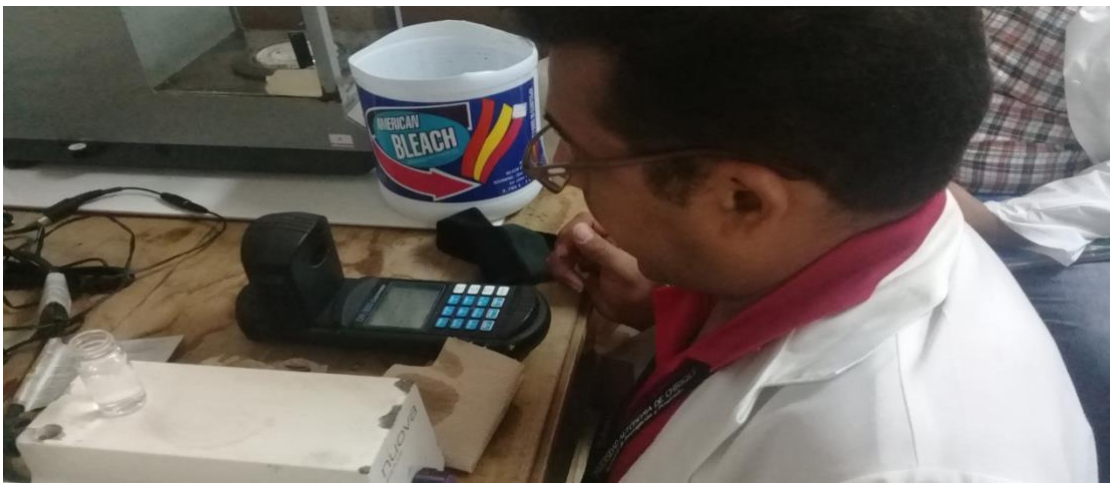
Los resultados del Fósforos en escorrentía eran determinados como (P) en el instrumento (DR/850 Colorimeter), no obstante, el resultado final debe ser Expresado en Kg/ha de P_2O_5 por lo que procedió a hacer la respectiva transformación utilizando los valores de (P) en Kg/ha por la constante 2.293 para transformarlo a (P_2O_5).

.

Nitrógeno

Para la determinación del nitrógeno se tomaron 20 ml de la solución preparada inicialmente, y se trasvasaron a sendos viales a los cuales se les adiciono el reactivo Nitraver® 5 (Nitrate Reagent Cat: 14034991- Cadmio, Acid Gentesic). Las muestras se tornaron de una coloración amarillo pálido en presencia de nitrato. La cantidad de nitrato se determinó con el Colorímetro (DR/850 Colorimeter).

Los resultados del Nitrógeno en escorrentía fueron determinados como (NO_3)(mg/l) con en el instrumento (DR/850 Colorimeter),estos resultados se multiplicaron por factor de dilución 10 y por el volumen de escorrentía en (L/ha) para obtener un valor de NO3 (mg/h) este valor se transformó a (kg/ha) dividiendo el valor de NO3 en (mg/h) entre 1000000 para obtener un valor de NO3 en (kg/h) finalmente este valor se multiplico por el factor de conversión 0.226 para obtener un valor de Nitrógeno en (Kg/h)



Ecuación:

CE= ((Ce * 10 * LE) / 1000000) * FC

CE, corresponde a la cantidad del elemento en Kg ha-1.

Ce, cantidad de elemento según análisis del agua de escorrentía (mg/L).

10, factor de dilución.

LE, total de la lámina de escorrentía por parcela (mm).

1000000, factor de conversión de (mg) a (Kg).

FC, factor de conversión entre el óxido del elemento y la forma elemental, para expresar los resultados en unidades de fertilizantes los cuales representan los Kilogramos de cada elemento nutritivo (P_2O_5=2.293, N=0.226).

Tabla 1. INSECTICIDAS, FUNGICIDAS, FERTILIZANTES GRANULADOS Y FOLIARES APLICADOS EN EL CULTIVO DE PIÑA.

Nombre Comercial	Ingredientes Activos	Dosis (3000 L de agua ha^{-1})	Precio (USD)
Urea	46% N	90 Kg	23.00 (45 Kg)
Abono completo	12% N - 18% K_2O – 11% P_2O_5 – 2.7% MgO – 0.015% B – 8%S – 0.02%Zn – 0.2%Fe – 0.02% Mn	45 Kg	38.00 (45 Kg)
Abono NPK	20% N – 20% K_2O – 20% P_2O_5	25 Kg	50.00 (25 Kg)
Corrector de carencia	33% CaO + 1.5% B	4 L	10.00 (1 L)
Extracto Húmico	8**%** Acido húmico + 8% Acido fulvico + 3.5% K_2O	4 L	6.00 (1 L)
Enmienda húmica	7% Acido húmico + 8% Acido fulvico	5 L	5.00 (1 L)
Abono PK	42% P_2O_5 – 28% K_2O	3 L	50.00 (1 L)
Bioestimulante (Enraizador)	6.4% N +27.8% Aminoácidos libres	5 L	10.00 (1 L)
Optimizador de abonos	10% K_2O	2 L	6.00 (1 L)
Sulfato de Magnesio	32% Mg + 18% S	25 Kg	13.00 (25 Kg)

Sulfato de Zinc	21% Zn + 11% S	3 Kg	14.00 (25 Kg)
Proteinato de Cobre	32% SO_4Cu + 8.0% Cu +3.2% N orgánico + 19.4% Aminoácidos +0.1 Vitamina B1	4 L	10.00 (1 L)
Insecticida	Diazinon O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] phosphorotioato.	3 L	12.00 (1 L)
Enraizante	Fe soluble en agua 0.5% + Mn soluble en agua 0.5% + Zn soluble en agua 2.5%	3 L	10.00 (1 L)
Fungicida	Metalaxilo-M-Mancozeb	4 Kg	7.20 (1 Kg)
Abono NPK	20% N – 20% K_2O – 20% P_2O_5	90 Kg	50.00 (25 Kg)

Fumigación	3000 L (Bum)	60.00 (el Bum)
Acarreo de piña		60.00

La fumigación se realiza cada 22 días, el costo del Bum cubre operador y ayudante.

RESULTADOS Y DISCUSION

Lámina de escorrentía (mm)

La anova nos indica que hubo diferencias altamente significativas en la interacción de los tratamientos por etapas para la variable escorrentía. En la (Figura 1) podemos ver el comportamiento de la lámina de escorrentía para el tratamiento del suelo desnudo es muy diferente para el tratamiento de siembra convencional y el uso de barreras vivas. En los meses de la temporada seca todos los tratamientos tienden a disminuir y en los meses temporada lluviosa tienden a aumentar.

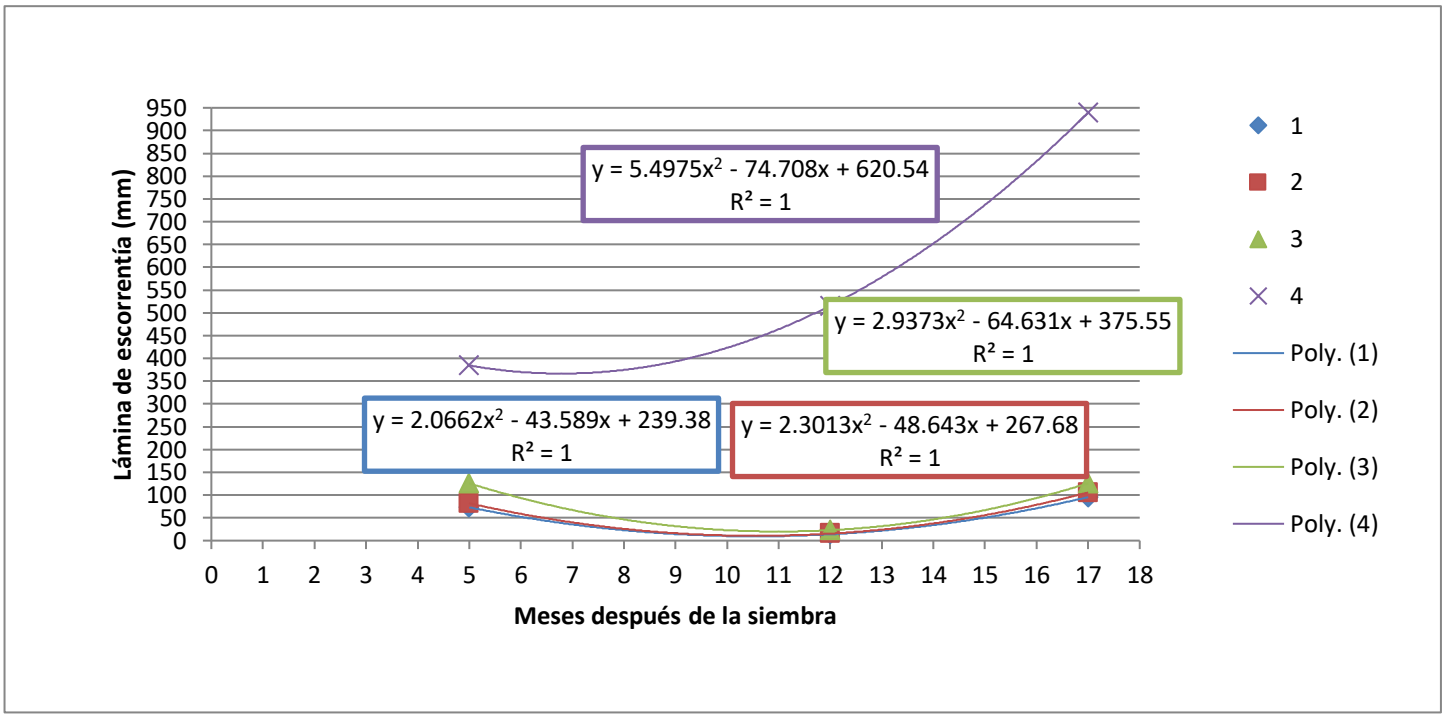


Figura 1. Interacción de la lámina de escorrentía por etapa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1901028.23	11	172820.75	487.68	<0.0001
Tratamiento	1504676.67	3	501558.89	1415.34	<0.0001
Etapas	228935.53	2	114467.76	323.01	<0.0001
Tratamiento*etapas	256106.30	6	42684.38	120.45	<0.0001
Error	10631.24	30	354.37		
Total	1911659.46	41			

Tabla 2. Anova de interacción de los tratamientos por etapa para variable lámina de escorrentía.

El análisis de varianza realizado a la lámina de escorrentía revelo diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados en relación con el suelo desnudo para cada etapa del cultivo de piña. (Cuadro2)

En el tratamiento de suelo desnudo la escorrentía fue significativamente mayor en comparación a los otros tres tratamientos con una lámina de escorrentía de 1839.39 mm.

Esto se debe a que la vegetación es determinante en el proceso de infiltración, así como en formación de escorrentía, los tratamientos de piña con barreras vivas presentaron canales y compartimentos creados por las raíces secundarias y primarias que incrementaron la infiltración y recarga de agua hacia las capas profundas.

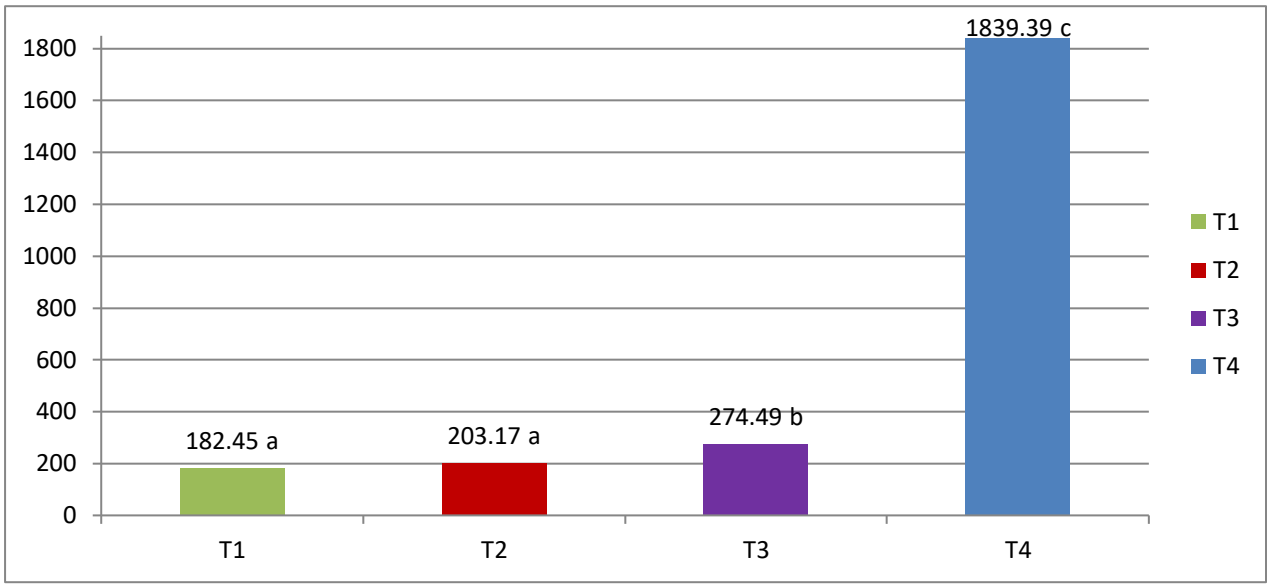


Figura 2.Lámina acumulada de escorrentía superficial (mm).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4520556.21	6	753426.04	723.63	<0.0001
Tratamiento	4514030.00	3	1504676.67	1445.17	<0.0001
rep	6526.21	3	2175.40	2.09	0.1901
Error	7288.22	7	1041.17		
Total	4527844.44	13			

Tabla 3. anova para la variable lámina total acumulada de escorrentía.

La anova para la variable lámina de escorrentía total nos demuestra que hubo diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05).

En el tratamiento del suelo desnudo fue significativamente mayor con valor de 1839.39 (mm). En comparación con los tratamientos en donde se utilizó barreras vivas de hierba de limón y vetiver con valores 182.45 y 203.17 (mm) respectivamente.

Tabla 4. Grados de libertad y cuadrados medios de las variables N, P_2O_5, K_2O, CaO y MgO.

Fuente de Variación	gl	CM N	CM P_2O_5	CM K_2O	CM CaO	CM MgO
Modelo	14	70742.81	633.32	168.38	2139.62	93.99
Repetición	3	173.13	139.27	58.39	1026.97	35.69
Tratamientos	3	172372.05**	825.45**	340.94**	6289.37**	193.13**
Etapas	2	66450.07	615.17	240.32	1699.07	65.39
Trata X Etapa	6	56643.95**	790.32**	113.11**	767.93**	62.69**
Error	27	151.80	0.37	0.47	5.71	0.65
Total	41					
C.V (%)		12.82	8.37	9.77	12.51	14.85

NOTA:
G.L grado de libertad.
C.M. cuadrados medios.
C.V.= coeficiente de variación.
** P<0.001diferencias altamente significativas.

El análisis de la varianza mostro diferencia altamente significativas entre los tratamientos (P<0.05) Para las variables N, P_2O_5, K_2O, Ca, Mg.

a) Nitrógeno.

La prueba de (DMS) para la variable perdida de Nitrógeno por escorrentía superficial evidencio diferencia significativa entre los tratamientos para la variable nitrógeno ($P<0.05$).

El tratamiento con mayor pérdida acumulada de Nitrógeno por la escorrentía superficial lo presento el suelo desnudo con 1102.5 Kg ha^{-1} siendo estadísticamente diferente a la siembra convencional y las barreras vivas.

Los tratamientos de siembra convencional y barreras vivas mostraron un comportamiento similar en la pérdida acumulada y la menor pérdida acumulada la presento el tratamiento de piña con hierba de limón con 126.53 Kg ha^{-1}. (Figura 4)

Esto se puede explicar por qué Todas las formas de nitrógeno se acumulan en los primeros 10 cm del suelo, Principalmente en la forma nítrica ($N\text{-}NO_3$) esto dado a la alta solubilidad que presenta. Además, La pérdida de este nutriente está relacionada con la aplicación de fertilizantes nitrogenados y la concentración de $N\text{-}NO_3$ y $N\text{-}NH_4$ en el horizonte superficial (Gray et al 2002). Estas pérdidas se ven afectadas principalmente por la concentración de nutrimento en el agua de escorrentía y el volumen de escorrentía (Torres et al., 2005).

.

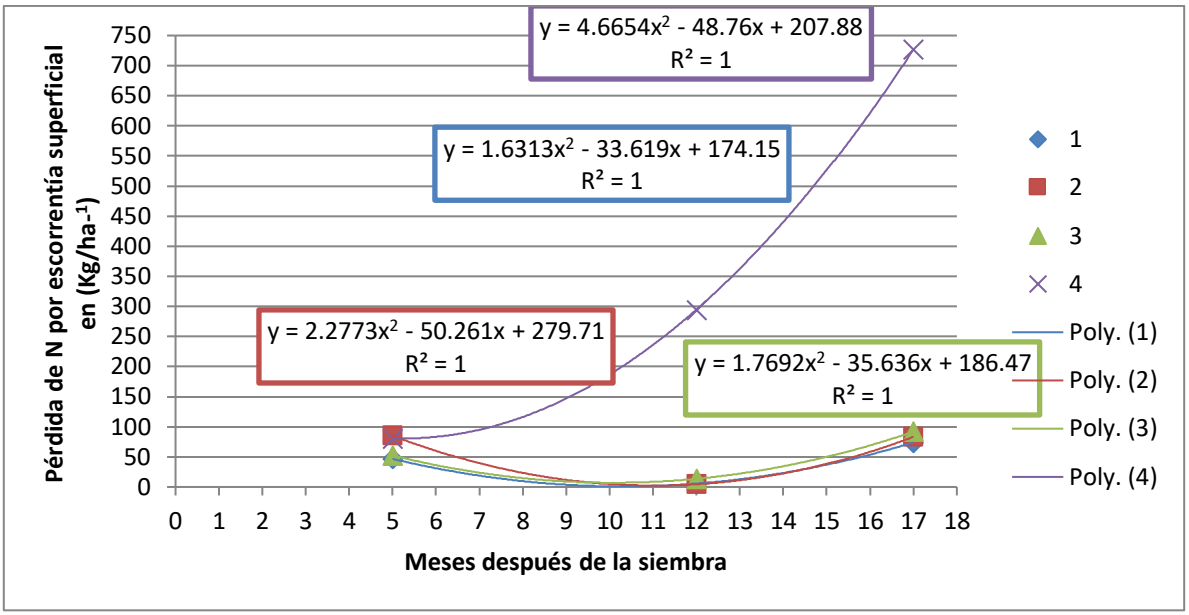


Figura 3. Interacción de la pérdida de N por etapa.

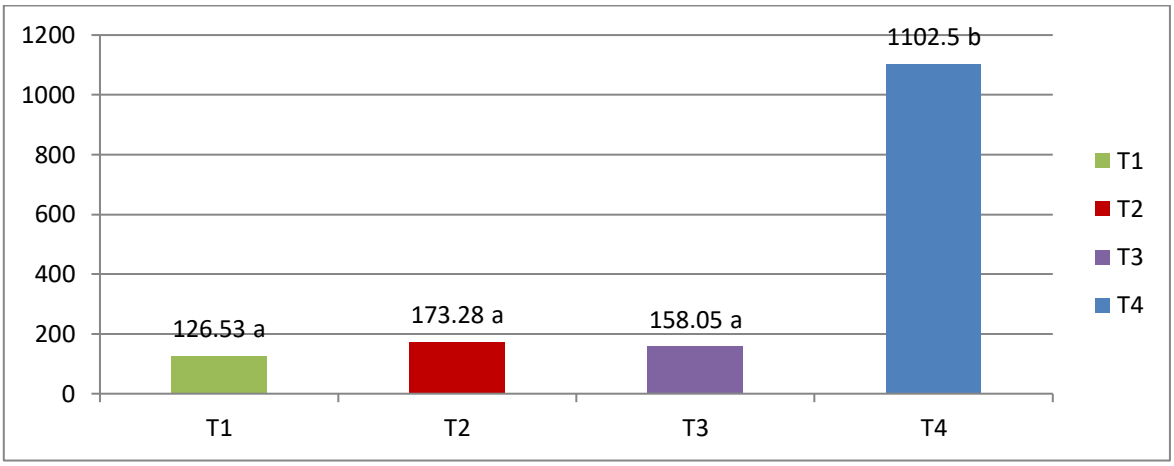


Figura 4. Total, acumulado de pérdida de N por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

b) Fósforo:

Cuando se aplicó la prueba de (DMS) para la variable perdida de fósforo se encontró diferencias significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos (figura 5)

El tratamiento con mayor pérdida de fósforo (P) fue el suelo desnudo con 82.56 Kg ha^{-1}, mientras que los tratamientos con menores perdidas lo presentaron el de hierba de limón con 8.04 Kg ha^{-1}, el tratamiento de piña con vetiver con 13.4 y siembra convencional con 13.9 Kg ha^{-1} respectivamente.

Los valores de pérdidas son más altos que el encontrado en un ultisol y oxisol en Puerto Rico por (Ramírez et al.2004) que indica que La pérdida de este nutriente por escorrentía se puede explicar por la dilución que sigue el efecto de desorción de P del suelo o a la solubilización de fertilizantes por la lluvia y el posterior flujo superficial similar como lo explican investigaciones realizadas Sotomayor et al., 2003 Kuykendall et al., (1999), Kleinman et al. (2002), Tabbara (2003) y Ortega et al. (2003).

.

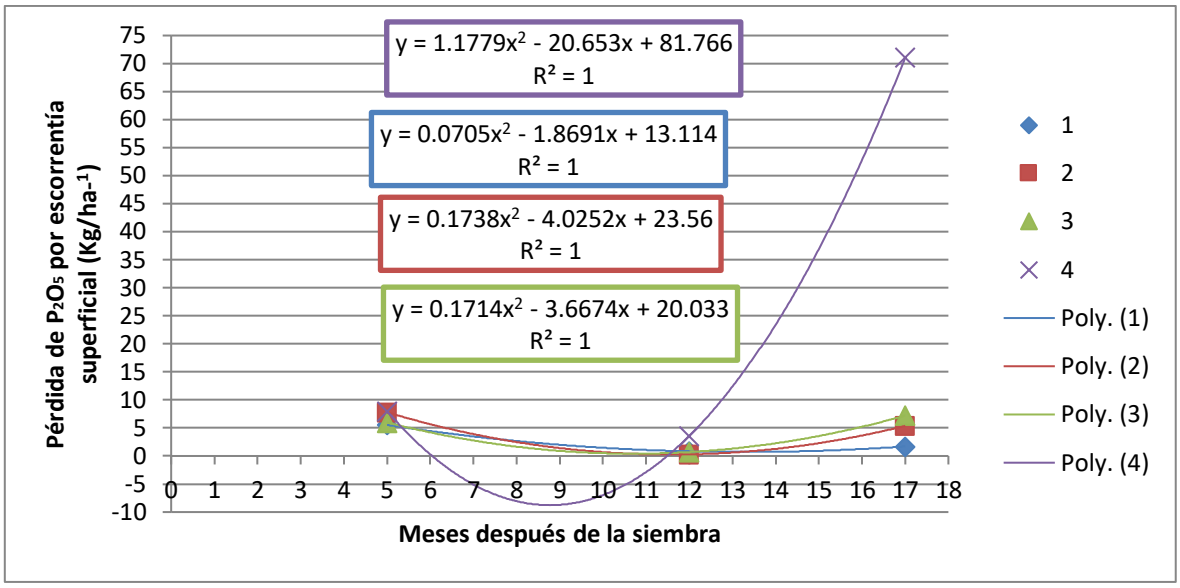


Figura 5. Interacción de la pérdida de P_2O_5 por etapa.

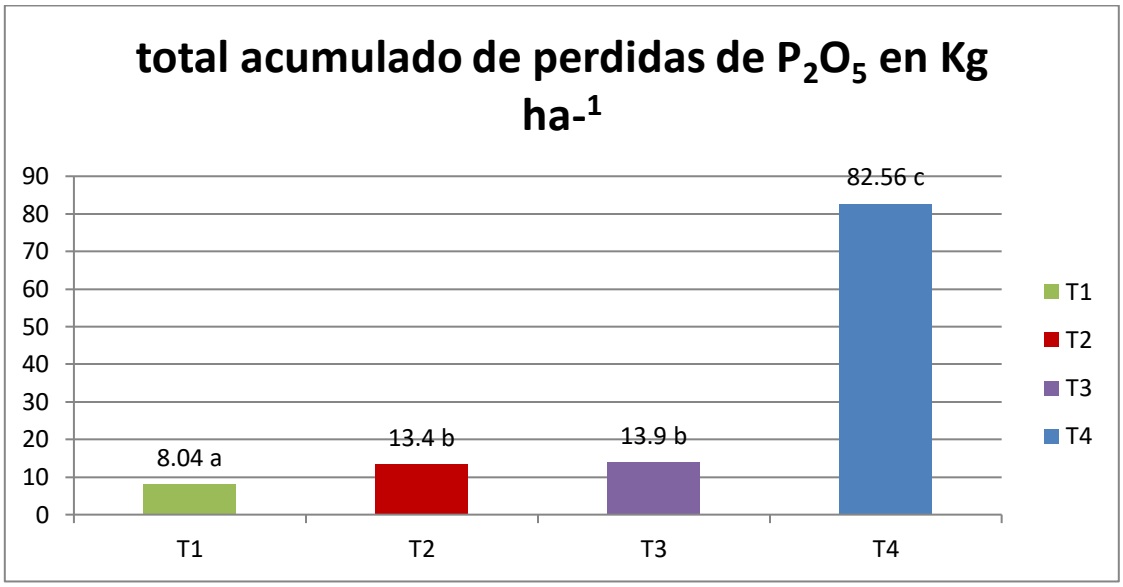


Figura 6. Total, acumulado de pérdida de P_2O_5 por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

c) Potasio:

Cuando se realizó la prueba de (DMS) para la variable perdida de potasio por escorrentía superficial se encontraron diferencias altamente significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos.

El tratamiento con mayor pérdida de Potasio (K) fue el de suelo desnudo con 59.65 Kg ha^{-1}, mientras que el tratamiento de siembra convencional registro las menores perdidas de los cuatro tratamientos estudiados con 10.79 kg ha^{-1}. Mientras los tratamientos con barreras vivas de hierba de limón y vetiver presentaron valores de 18.06 y 14.79 Kg ha^{-1} respectivamente.

Estos valores altos de pérdidas de K^+ se deben a su carácter eminentemente móvil, encontrándose en forma K^+ sin formar ningún compuesto y propiciándose su lavado por la precipitación (Londoño, Montoya, León y González 2007).

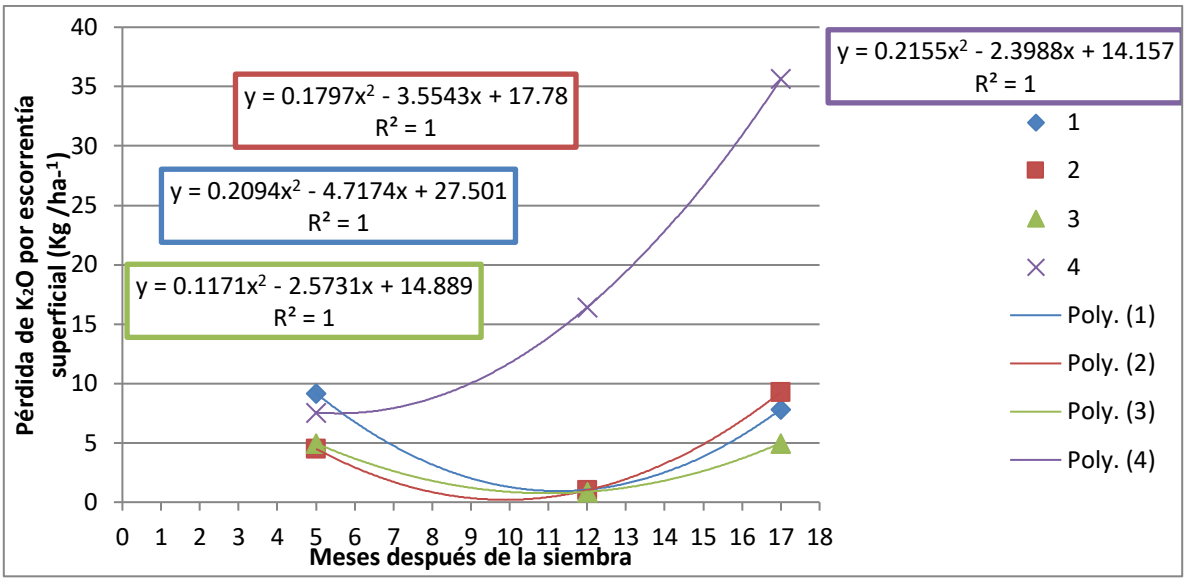


Figura 7. Interacción de la pérdida de K_2O por etapa.

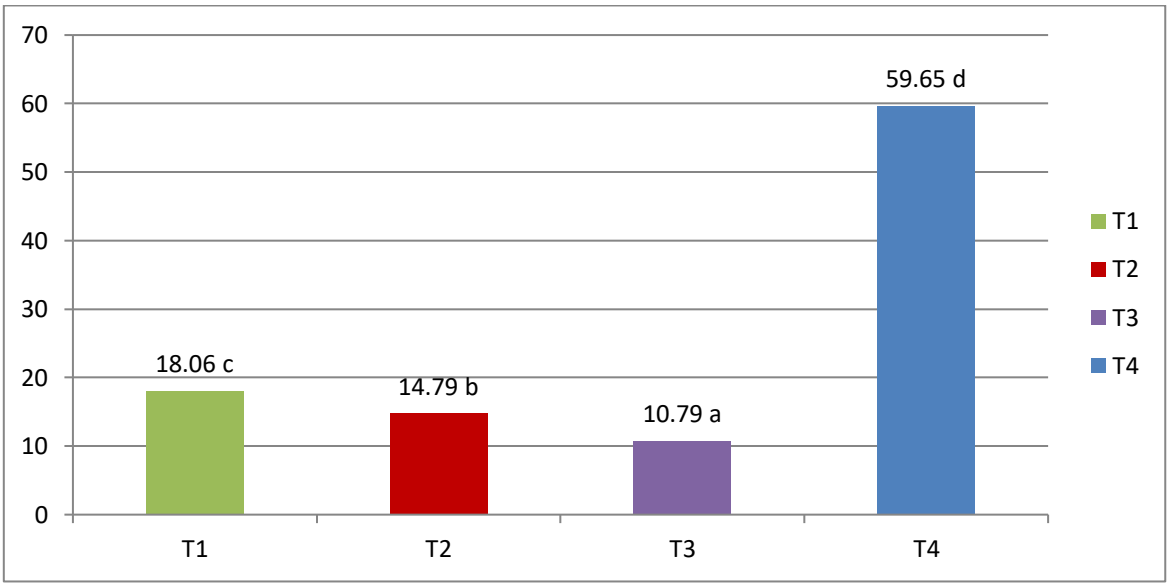


Figura 8. Total, acumulado de pérdidas de K_2O por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

d) Calcio y Magnesio:

En la prueba de (DMS) para la variable pérdida de calcio y magnesio por escorrentía superficial se encontraron diferencias altamente significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos.

El tratamiento con mayor pérdida de Calcio fue el suelo desnudo con 225.22 Kg ha^{-1}, mientras que el de menor pérdida fue el tratamiento de piña con hierba de limón con 28.25 Kg ha^{-1} y para el tratamiento de piña con vetiver y siembra convencional las pérdidas fueron 30.62 Kg ha^{-1} y 29.13 Kg ha^{-1} respectivamente no siendo diferente estadísticamente al tratamiento de piña con hierba de limón.

En cuanto al elemento magnesio la mayor pérdida la presento El tratamiento de suelo desnudo con 34.99 Kg ha^{-1}, mientras que el de menor pérdida de Magnesio fue el tratamiento de piña con hierba de limón con 5.74 Kg ha^{-1}, la siembra convencional No estadísticamente diferente al tratamiento de piña con hierba de limón con 6.68 Kg ha^{-1} y el tratamiento de piña con vetiver con 8.14 Kg ha^{-1}, no estadísticamente diferente a la siembra convencional.

Las pérdidas de estos elementos Calcio y Magnesio se deben a factores como la alta, movilidad solubilidad, forma de la aplicación de fertilizante (Dedecek et al ,1986) y (Schick et al, 2000), que en la abundancia de agua son sustituidos por lo hidrogeniones de las arcilla y arrastrados por la escorrentía superficial

(CIAT, 1983). Además, también están relacionadas a la alta pluviometría de la zona de estudio (Bertol et al., 2004).

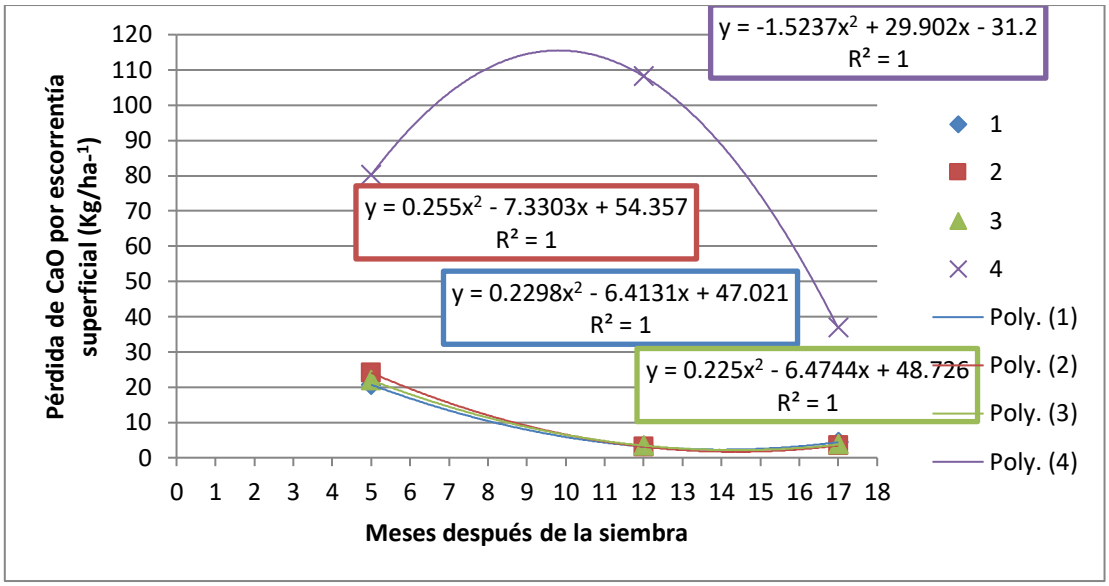


Figura 9. Interacción de la pérdida de CaO por etapa.

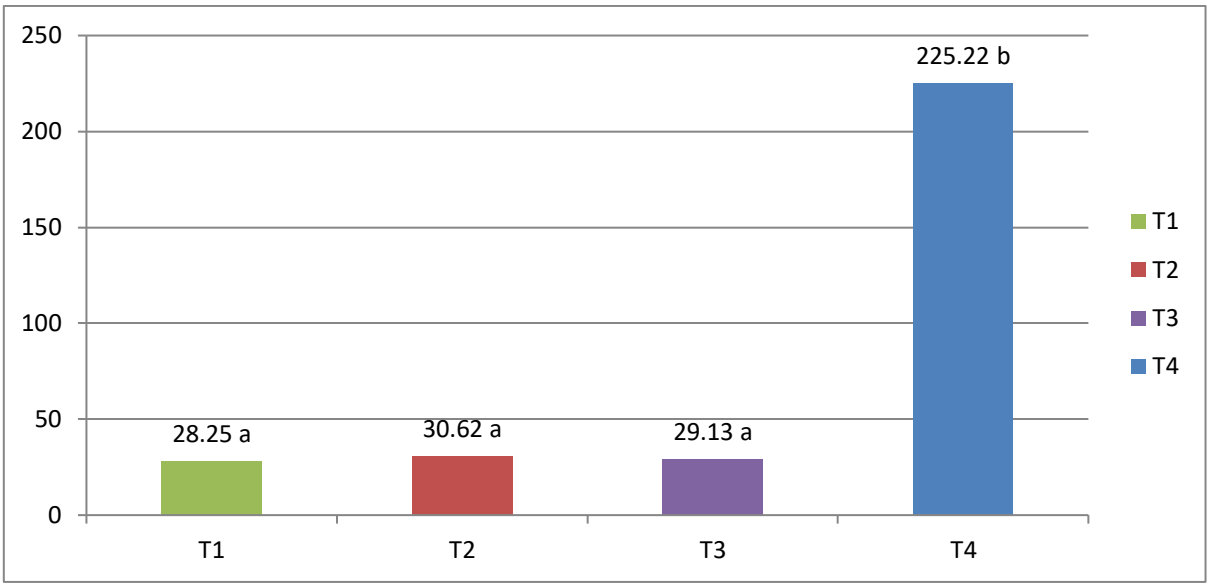


Figura 10. Total, acumulado de pérdidas de CaO por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

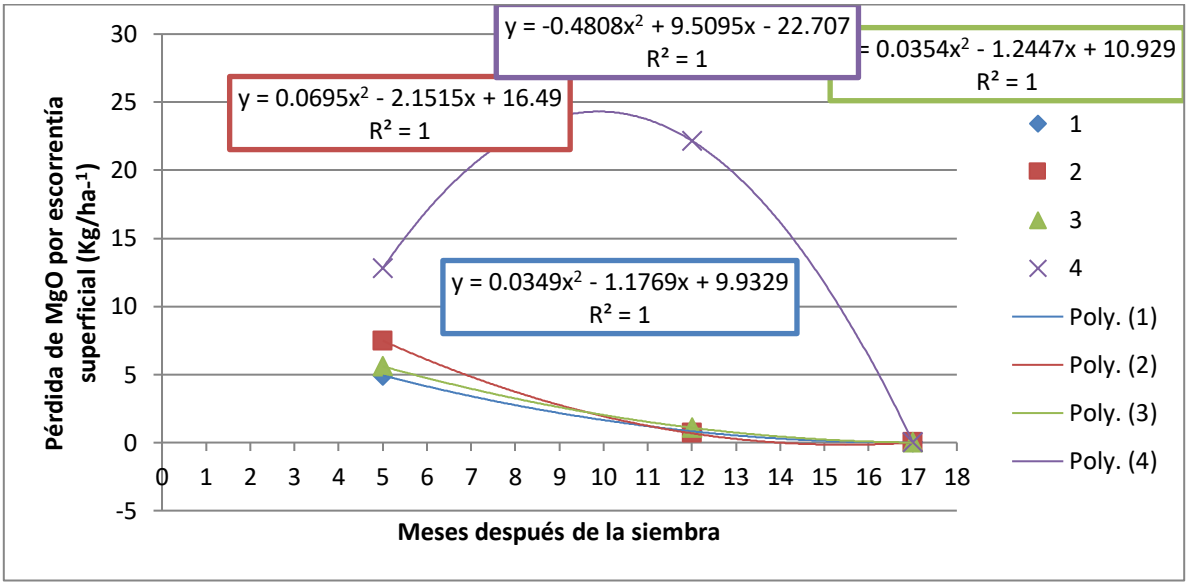


Figura 11. Interacción de la pérdida de MgO por etapa.

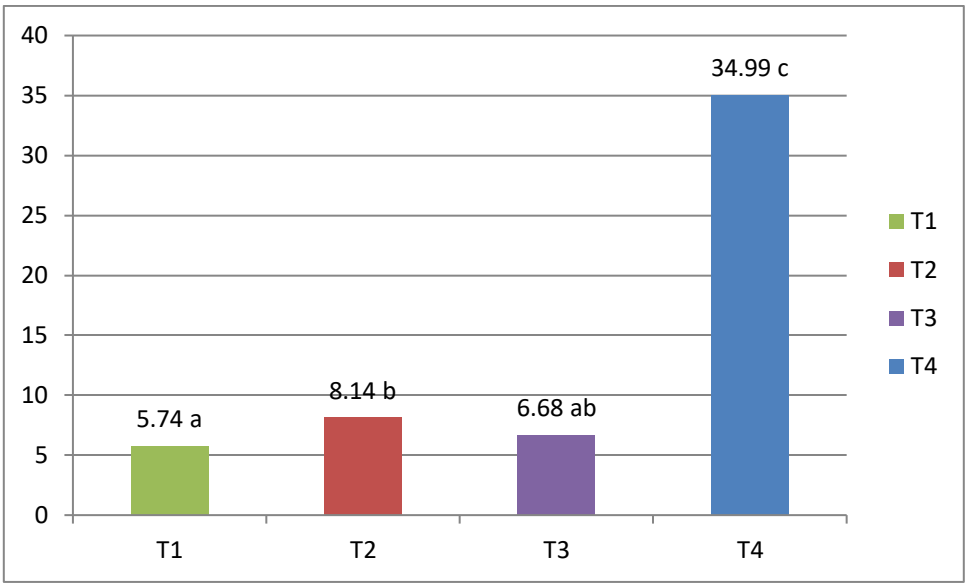


Figura 12. Total, acumulado de pérdidas de MgO por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

Micro nutriente

La baja disponibilidad de los micronutrientes puede deberse a que la mayoría del metal se encuentre atrapado en las estructuras cristalinas, o bien, adsorbido en los coloides del suelo sin posibilidad de disponibilidad para las plantas como lo cita Núria Roca et al (2007).

Tabla 5. Grados de libertad y cuadrados medios para las variables Mn, Fe y Zn.

Fuente de Variación	gl	CM Mn	CM Fe	CM Zn
Modelo	14	0.02	25.87	0.30
Repetición	3	1.7E-03	4.86	1.8E-03
Tratamientos	3	0.01**	31.18**	0.05*
Etapas	2	0.11	64.28	2.54
Trata X Etapa	6	3.0E-03 **	20.93**	0.01
Error	27	2.1E-04	0.01	0.01
Total	41			
C.V (%)		22.13	7.81	22.77

C.M. cuadrados medios
C.V.= coeficiente de variación
** P<0.001 diferencias altamente significativas

e) Manganeso:

La prueba (DMS) para la variable pérdida de manganeso por escorrentía superficial mostraron diferencias altamente significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos (cuadro 5).

El tratamiento con mayor pérdida de manganeso fue el suelo desnudo con 0.38 Kg ha-^{1}, mientras que el de menor pérdida de manganeso fue el tratamiento de piña con hierba de limón con 0.14 Kg ha-^{1} y el tratamiento de piña con vetiver y siembra convencional con 0.19 Kg ha-^{1} y 0.17 Kg ha-^{1}, no estadísticamente diferente al tratamiento de piña con hierba de limón.

Las pérdidas de este elemento están asociadas a los fertilizantes altamente solubles como el Atirail que están enriquecidos con este elemento y a su contenido en el suelo.

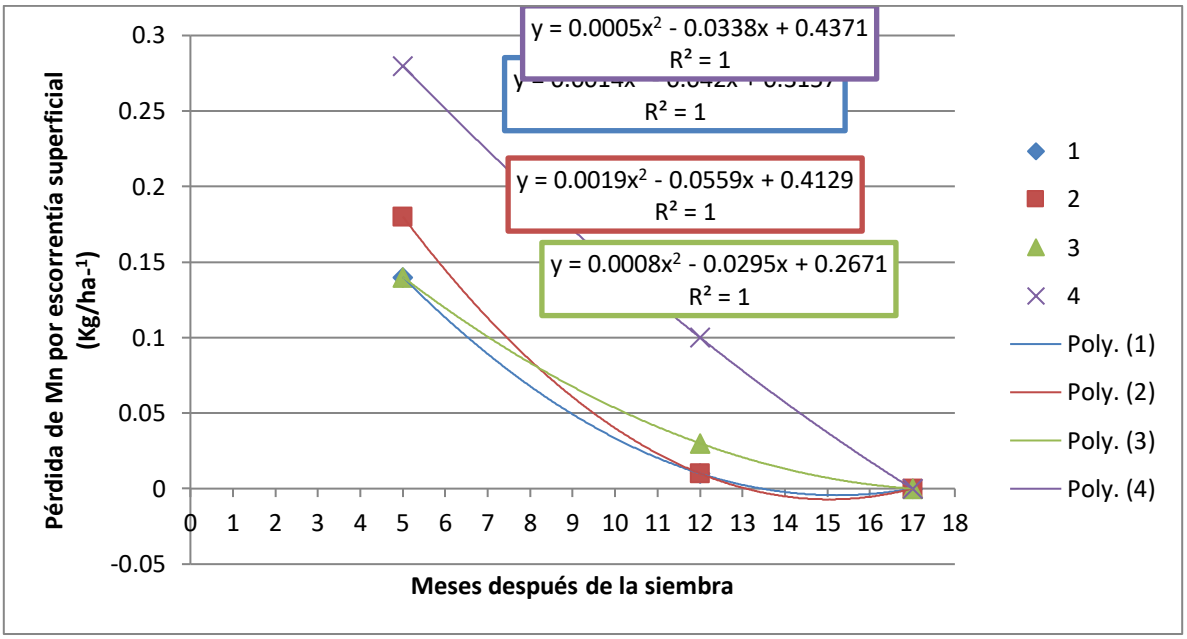


Figura 13. Interacción de la pérdida de Mn por etapa.

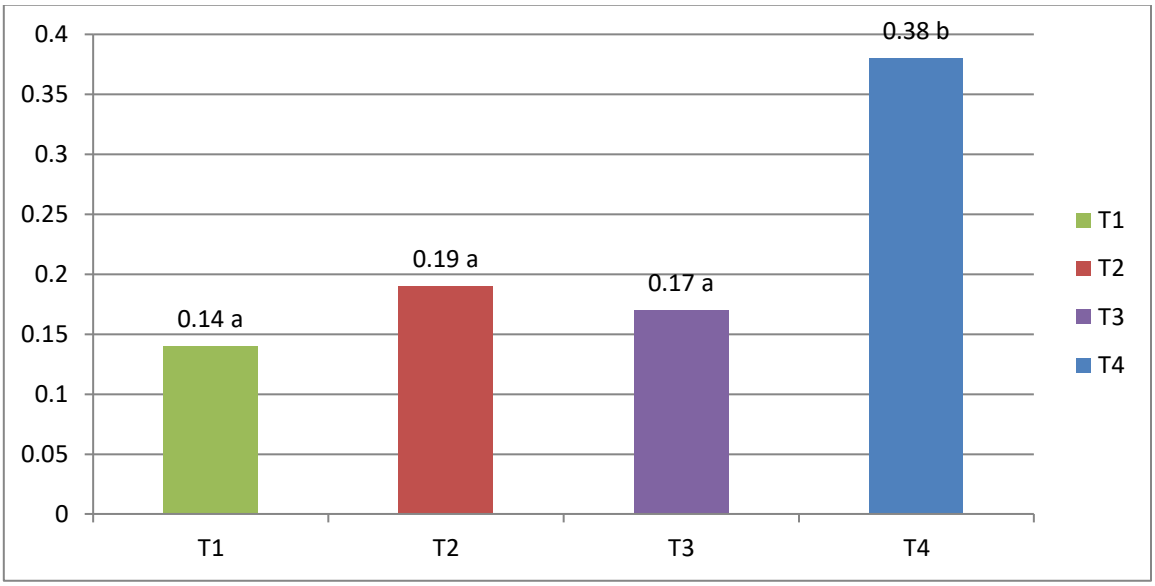


Figura 14. Total, acumulado de pérdidas de Mn por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

f) Hierro:

Para la variable pérdida de hierro por escorrentía superficial en la prueba (DMS) se encontraron diferencias altamente significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos (cuadro 5).

El tratamiento con mayor pérdida fue el suelo desnudo con 16.35 Kg ha^{-1}, mientras que el de menor pérdida fue el tratamiento de piña con hierba de limón con 2.04Kg ha^{-1}.

Hay que destacar que este micro elemento fue el que presento mayor pérdida por escorrentía superficial con valor promedio 6.0825 Kg ha^{-1} en comparación con los otros micro elementos.

Esto se puede explicar por qué este elemento se debe a que el hierro es el cuarto elemento más abundante de la corteza terrestre después del Oxígeno, silicio y aluminio como lo asevero Lindsay, (1979).

Además de las fuentes de fertilización como lo son el abono completo y enraizante los cuales contienen este elemento.

La solubilidad de hierro depende de la materia orgánica y agentes quelatantes que dan forma a los complejos que incrementan considerablemente la concentración y la movilidad de este nutriente en la disolución del suelo (Labortini y Orioli, 1988, Cesco et al.,2000).

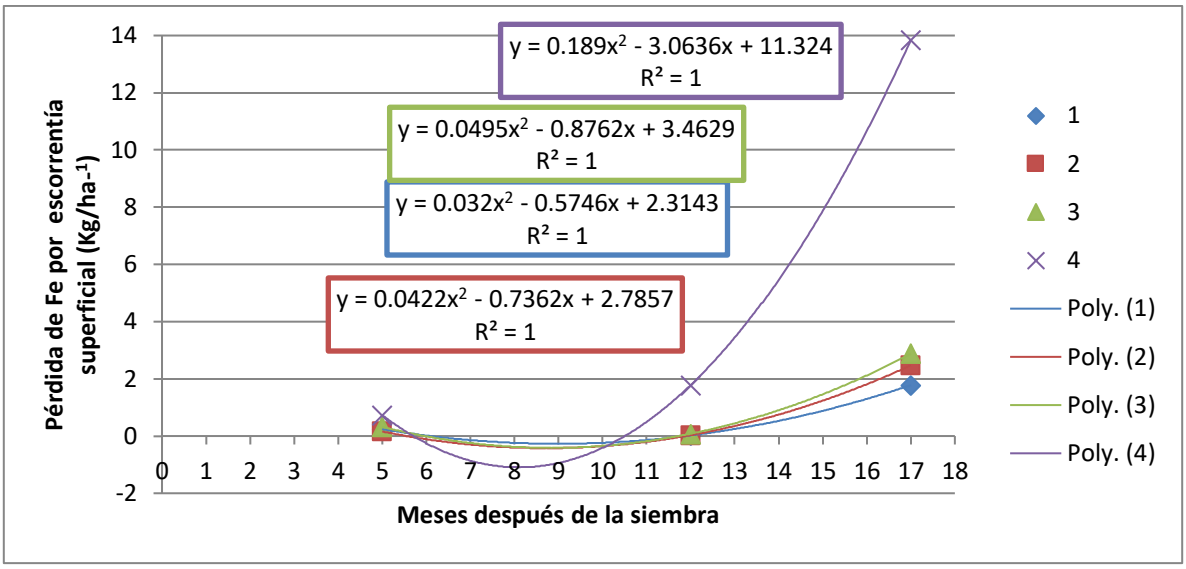


Figura 15. Interacción de la pérdida de Fe por etapa.

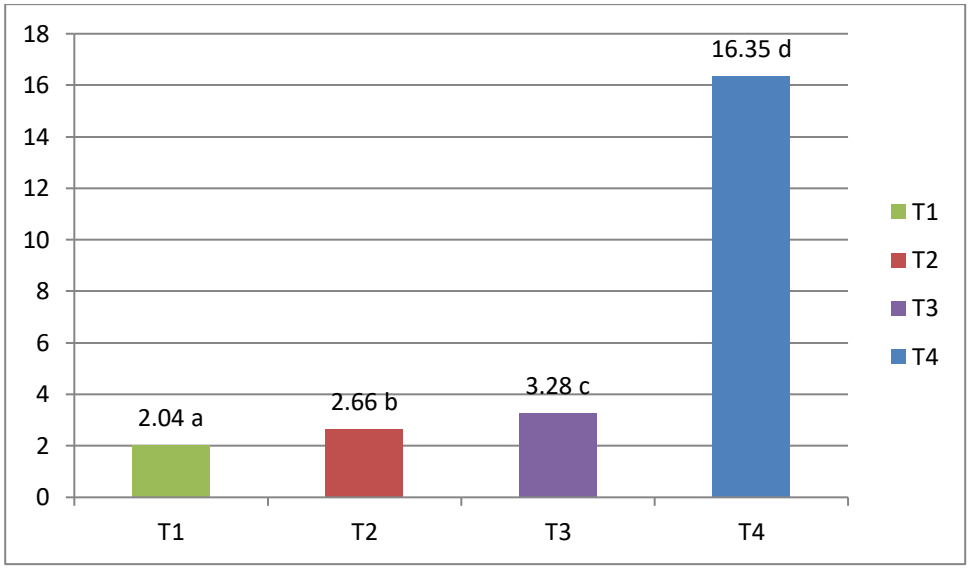


Figura 16. Total, acumulado de pérdidas de Fe por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

g) Zinc:

En la respectiva prueba (DMS) para la variable pérdida de zinc por escorrentía superficial se encontraron diferencias altamente significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos (cuadro 5).

El tratamiento con mayor pérdida fue el de piña con hierba de limón con 0.82 Kg ha^{-1}, mientras que el de menor pérdida fue el tratamiento de suelo desnudo con 0.12 Kg ha^{-1}.

Esto se puede explicar ya que el zinc es fácil mente lavable en suelos ácidos o fijados en óxidos de hierro o de aluminio de manera que es usual deficiencias de este elemento en suelos ácidos (Lucena, 2009).

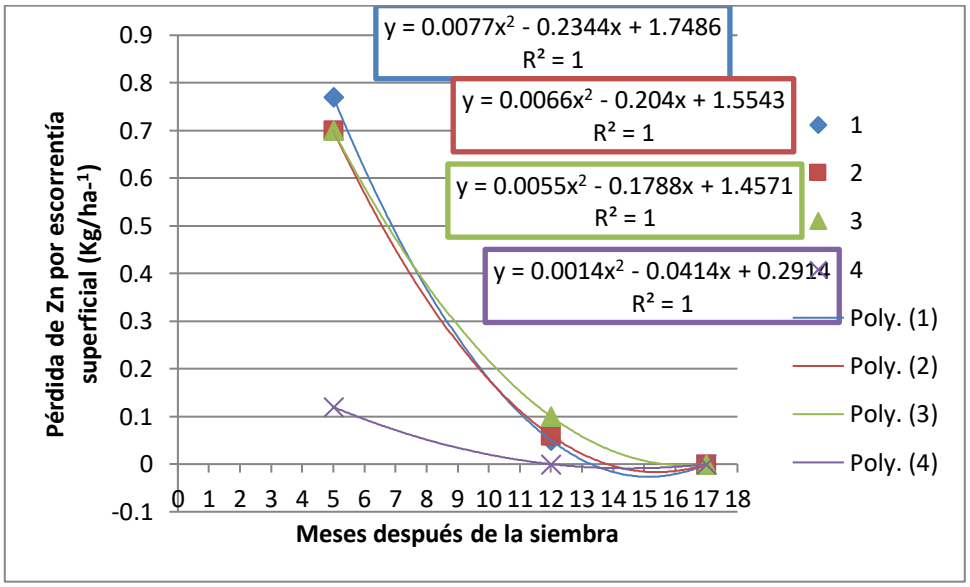


Figura 17. Interacción de la pérdida de Zn por etapa.

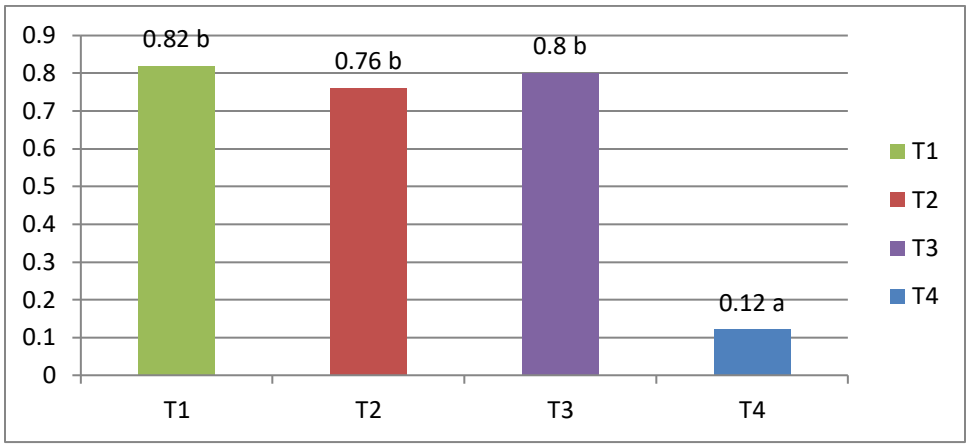


Figura 18. Total, acumulado de pérdidas de Zn por escorrentía superficial (Kg ha^{-1}).

h) Cobre:

El cobre está claramente asociado a la distribución de M.O en el perfil del y a la profundidad encontrándose los valores más altos en la superficie. Este efecto se debe a la fuerte afinidad por los complejos órganos minerales.

Otros autores indican que el principal factor de la baja concentración del Cobre en la solución del suelo es la adsorción a las partículas de arcilla acumulándose en los estratos arcillosos y disminuyendo a medida que aumenta la profundidad del perfil del suelo (Kata-Pendias y Pendias, 1986), (Sposito, 1984).

CONCLUSIONES

1. Las pérdidas de nutrientes por escorrentía están sujetos a varios factores como: capacidad del suelo de retener estos nutrientes (CIC), tipo y cantidad de arcilla, cantidad de nutrientes presentes en el suelo, Cobertura, Volumen de escorrentía.
2. Las parcelas con tratamientos de hierba de limón, vetiver y siembra convencional fueron significativamente diferente al suelo desnudo, lo que confirma la eficacia de estas barreras en la reducción de las pérdidas de nutrientes por la escorrentía superficial, debido a la formación de poros y canales por efecto de las raíces aumentando la infiltración y disminuyendo la escorrentía superficial.
3. La fertilización excesiva es uno de los factores que influye en el contenido de nutrientes en las aguas de escorrentía.

RECOMENDACIONES

1. La utilización de barreras vivas de hierba de limón y vetiver es una forma efectiva de reducir las pérdidas de nutrientes por escorrentía superficial, ya que aumentan la porosidad del suelo con su crecimiento radicular, aumentando la infiltración del agua y disminuyendo la escorrentía superficial.
2. Disminuir el uso excesivo de la fertilización, ampliar el tiempo aplicación de fertilizantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. AED (Academy for Educational Development, US).2004. Caracterización de la actividad Piñera en las subcuencas de Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado. Panamá, PA. 47 p.
2. ANAM (Autoridad Nacional del Medio Ambiente, PA).2010. Atlas ambiental de la República de Panamá. Panamá, PA. Novo Art, S.A. 187 p.
3. Ávila, GG.2003. cercas vivas como fuente de alimento para el ganado y leña. Proyecto comunidades y cuencas. Cali, CO. CIAT. 8 p.
4. Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina
5. Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. (2008).
6. Baver, LD; Gardner, WH; Gardner, WR. 1973. Física de Suelos. Editorial Hispano Americana. México DF, Mx. 529 p.
7. Bennet, HH. 1939. Soil Conservation. McGraw-Hill Books Company, Inc. New York, USA. 993 p.
8. Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 159 p.

9. Blake, GR. 1965. In Black CA; Evans DD; Ensminger LE; White JL; Clark FE; Dinaver RC. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistic of measurement and sampling. American Society of Agronomy. Inc. Publisher. Madison Wisconsin, USA. 1-770 p.
10. Brady, CN; Weil RR. 2013. Elementos da natureza e propiedades dos solos. Trad. IF Lepsch. 3 ed. Sao Paulo, BR. Bookman Editora. 551-590 p.
11. Buol, SW. 2004.Génesis y clasificación de suelo. 2ed.México, MX.trillas. 417 p.
12. Castañeda de Pretelt, P. 2003. Manual Técnico: Seminario sobre producción y manejo post cosecha de la piña para la exportación. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional. El Salvador, SC. VIFINEX. 62 p.
13. CATAPAN (Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá, PA). 1970. Final Report on the Catastro Rural de Tierras y Agua de Panamá. Panamá, PA. Comisión de Reforma Agraria/AID. 504 p.
14. Cesco, S., Romheld,V.;Varanini,Z.;Pinton,R.2000. solubilization of iron by wáter-estractable humic substances, J. Plant nutr. Soil Sci. 163.285-290.
15. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Oxisoles y Ultisoles en America tropical. I Distribución, importancia y propiedades físicas; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Auditorial sobre el mismo tema. Cali, CO. CIAT. 56 p.
16. CICH (Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, PA). 2007. Informe del Estado Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Panamá, PA. 76 p.

17. Cruz Fernández, M. 2005. Barreras vivas antierosivas para la agricultura de ladera en la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. Campo experimental. Huichihuayán. Folleto para productores. No. 6. San Luis Potosí, MX. 16 p.
18. Ellison, WD. 1947. Soil erosion. Soil Science Society American Proceedings 12(5): 479-484 p.
19. Foster, GR; Young, RA; Neibling, WH.1985. Sediment composition for nonpoint source pollution analyses. Transactions of the ASAE 28(1):133-139 p.
20. Grimshaw, RG. 1993. The role of vetiver grass in sustaining agricultural productivity. Asia Technical Department. The World Bank, Washington D.C., USA.
21. Guevara, E.1997. Manejos integrados de cuencas. Documentos de referencia para los países de América latina. FAO. RCL/97/04-54. Santiago, CL. 14 p.
22. Hénin, S; G Monnier & A Combeau. 1958. Méthode pour l´ étude de la stabilité structurale des sols. Ann. Agron. 9: 73-92 p.
23. Horton, RE. 1939. The role of infiltration in the hydrologic cycle. Trans. Amer. Geophys. Union 14: 446-460 p.
24. Hudson, NW. 1995. Soil conservation. 3 rd. BT Batsford. London, UK. 391 p.
25. Iglesias, E. 2017. Manejo agronómico del cultivo de piña. Actualidad Agropecuaria no.223: 32-34 p.
26. Jaramillo, SE; Bryant, R; Kimble, J. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Panamá, PA. IDIAP 67 p.

27. Jiménez, JA. 1999. Manual práctico para el cultivo de piña de exportación. San José, CR. Editorial tecnológica de Costa Rica. 224 p.

28. Johnson, LC. 1987. Soil loss tolerance: Fact or myth. Journal of soil and water conservation. 42 (3): 155-160 p.

29. Kay, BD. 1990. Rates of change of soil structure under different cropping systems. Adv. Soil science no.12: 1-52 p.

30. Leaungvutiviroj, C; Piriyprin, S; Limtong, P. 2006. Study on relationship between soil microorganisms and nutrient elements of *Vetiveria zizanioides* and *Vetiveria nemoralis* in some problem soils of Thailand. Thailand DC16 Speaker: Pitayakorn Limtong.

31. Lobartini, J., Orioli, G., 1988. Absortion of iron humate in nutrient solutions by plants. Plant soil. 106: 153-157.

32. Londoño, A.; Montoya, D.C.; León, J.D.; González. 2007. Nutrient cycling and nutrient losses in andean montane forests from Antioquia, Colombia, Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín.Vol.60, No.1.p.3717-3734.

33. López S, A. 2016. Neutralizar la degradación de las tierras, una aspiración global. ¿Es posible lograrlo en México? Terra Latinoamericana 34: 239-249 p.

34. Lucena, J. J. 2009. El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes Revista Ceres, Universidade Federal de Viçosa Vicosa, Brasil vol. 56, núm. 4, pp. 527-535.

35. Medina, A.2003. Síntomas de deficiencias minerales en las plantas. In Manejo integral de la fertilidad del suelo. Bogotá, CO. Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. 3-21 p.

36. Mejía, J.2018. evaluación de la pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica en el cultivo de piña en La Chorrera, Panamá Oeste.PA.
37. Morgan, RPC. 2005. Soil erosion and conservation. 3 ed. Bodmin Cornwall, UK. Blackwell Science. P. 152-153 p.
38. Name, B; Villareal, J. 2004. Compendio de los resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP: Estudio de suelos Ultisoles y Afisoles realizados en las estaciones Experimentales de Calabacito, Guarumal y Rio Hato. Panamá, PA, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 229 p.
39. Narro, E. 2004. Físicas de Suelos con enfoque Agrícola. México, MX.trillas. 195 p.
40. Núria Roca1; Mabel Susana Pazos1 y Jaume Bech2. 2007. disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO Argentino. CI. Suelo (Argentina) 25(1) 31-42.
41. Pratt,P.F., Peterson,F.F., y Holzley, C.S. Qualitative mineralogy and chemical properties of a few soils from Sao Paulo, Brazil. Turrialba 19:491-496.1969.
42. Reyes, I. 2013. Una ojeada a la clasificación del suelo. Contactos 91: 30-40 p.
43. Riquier, J. 1978. FAO-UNEP. 1978. Report of an expert consultation on methodology for assessing soil degradation. FAO Soil Bulletin No. 34. FAO. Roma, IT.

44. RUSELL, J. And E. W. RUSELL. 1959. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Traduccion de la 8ª. Edicion inglesa- editorial Aguilar Maadrd. Cap. VII p. 133-115.
45. Schmidt, BL; Allmaras, RR; Mannering, IV; Papendick, RI. 1982. Determinants of soil loss tolerance. American Society of Agronomy – Soil Science Society of America. Madison, USA. 153 p.
46. Tisdale, S; Nelson, W. 1991. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Trad. J Balasch, C Piña. México DF, MX.LIMUSA. 759 p.
47. Truong, PN. 2003. Vetiver grass system: potential applications for soil and water conservation in northern California. Proceedings of the Third International Vetiver Conference, China. 562-571 p.
48. Valdés, E. 2017. Evaluacion de la caracteristicas Hidro-Edaficas que afectan la erosion en sistemas de produccion de piña en la zanguenga (Panamá).
49. Wilcox, BP. 1994. Runoff and erosion in intercanopy zones of pinyon-puniper woodlands.J. Range Manage no. 47:285-295 p.
50. Woodruff,J.R., y Kamprath,E.J. Phosphurus adsorption maximum as measured by lamgmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. Soil sci.Soc. Amer. Proc. 29:148-150.1965.