

Determinación del efecto de tres enmiendas orgánicas en un Andosol, Polomolok, South Cotabato, Mindanao, República de Filipinas

Luis Alfonso Aguirre Toribio

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Octubre, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

Determinación del efecto de tres enmiendas orgánicas en un Andosol, Polomolok, South Cotabato, Mindanao, República de Filipinas

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

Presentado por:

Luis Alfonso Aguirre Toribio

Zamorano, Honduras

Octubre, 2014

Determinación del efecto de tres enmiendas orgánicas en un Andosol, Polomolok, South Cotabato, Mindanao, República de Filipinas.

Presentado por:

Luis Alfonso Aguirre Toribio

Aprobado:

Carlos A. Gauggel, Ph. D.
Asesor Principal

Laura E. Suazo, Ph. D.
Director
Departamento de Ambiente y
Desarrollo

Gloria E. Arévalo, M. Sc.
Asesora

Raúl H. Zelaya, Ph. D.
Decano Académico

Andrew Brooke-Smith, Ing.
Asesor

Determinación del efecto de tres enmiendas orgánicas en un Andosol, Polomolok, South Cotabato, Mindanao, Republica de Filipinas.

Luis Alfonso Aguirre Toribio

Resumen. La materia orgánica determina el nivel de formación y fertilidad de los suelos. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de tres enmiendas orgánicas en las propiedades físicas, morfológicas y químicas, en suelos Andosoles bajo cultivo de piña (MG-3) en la Finca 103C (47.28 ha.) ubicada en Polomolok, Filipinas; a 420 msnm, con una temperatura media anual de 28°C y una precipitación anual de 1947 mm. El compost, melazas (Fertiplus®) y los residuo del cultivo, fueron aplicadas y/o incorporadas. Su efecto se determinó un año después de la aplicación, mediante análisis de características físicas y morfológicas del suelo (grosor del horizonte A, textura, estructura, resistencia a la penetración y profundidad de las raíces); análisis de las propiedades químicas [pH, N, Materia Orgánica (M.O), CIC, K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Zn, B y Al], cálculo de erosión y el cálculo del índice de calidad del suelo. El diseño experimental fue parcelas divididas, y el análisis estadístico mediante diferencias de medias, Duncan, utilizando el programa SAS® (P<5%). Las melazas generaron las mejores características morfológicas y físicas, mayor cantidad de raíces, menor erosión y la mejor calidad del suelo, pero lo acidifica. El residuo de cosecha generó mejor calidad, en la resistencia a la penetración del suelo y contenido de N, M.O y CIC. El compost fue la enmienda que género menor calidad. Este estudio determinó la importancia que representan las enmiendas orgánicas como factor de rehabilitación y mejoradoras de la calidad y salud de los suelos.

Palabras clave: Andosol, CIC dependiente de pH, materia orgánica.

Abstract. The most important soil component is organic matter because it determines the soil formation and fertility. The objective of the study was to determine the effect of three organic amendments in the physical, morphological and chemical properties in an Andosol under pineapple cultivation (MG-3) in the Dolefil Farm 103C (47.28 Ha.) in Polomolok Philippines; to 420 masl with annual average temperature of 28°C and an annual rainfall of the 1947 mm. Compost, molasses (Fertiplus®) and crop residues were applied in 2013. The effect was determined by an analysis of the soil physical and morphological characteristics (horizon A thickness, soil texture, structure, resistance to root penetration and root depth).The chemical properties [pH, N, organic matter (O.M), CEC, K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Zn, B and Al], the soil erosion calculations and the calculation of soil quality index. The experimental design was split plots and statistical analysis using a mean difference, Duncan, using the SAS (P <5%). The molasses presented the best morphological and physical soil characteristics for the proper plant development, less erosion and better quality as an amendment; however, it acidifies the soil. The crop residue presents generated quality for root penetration, and the content of N, O.M and CEC. The organic compost amendment proved to be of lower quality. This study determined the importance of organic amendments and is a factor in rehabilitation and improvements soil quality and health.

Key words: Andosol, organic matter, pH dependent CEC.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4 CONCLUSIONES.....	25
5 RECOMENDACIONES.....	26
6 LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Efecto de tres enmiendas orgánicas en las características morfológicas y físicas de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas.....	11
2.	Propiedades químicas de tres enmiendas orgánicas utilizadas en los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas	12
3.	Efecto de tres enmiendas orgánicas en las propiedades químicas de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas.....	14
4.	Efecto de tres enmiendas orgánicas en el contenido de K, Ca, Mg y Al de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas.....	15
5.	Efecto de tres enmiendas orgánicas en el contenido de P, Fe, Mn, Zn y B de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas.....	17
6.	Efecto de tres tipos de enmiendas orgánicas y las prácticas de conservación de suelo, en la pérdida de suelo por erosión en la finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas.....	19
7.	Índice de calidad de suelos de las características morfológicas y físicas de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas	20
8.	Efecto de tres enmiendas orgánicas, en el índice de calidad de las propiedades químicas más determinantes para la explotación de piña, en los suelos de la Finca 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas.....	22
9.	Estado de la calidad actual de las propiedades físicas, en relación a su potencial, en los suelos de la Finca de piña 103 de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas.	23
10.	Estado de la calidad actual, en relación a su potencial de las propiedades químicas de los suelos, de la Finca de piña 103 de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas.....	24
Figuras		Página
1.	Localización de la provincia South Cotabato, Filipinas (Wikipedia 2014).....	5

1. INTRODUCCIÓN

La materia orgánica es el componente de mayor importancia de fertilidad del suelo y la formación del mismo (Pettit 2004), pero a la vez este es el componente del suelo menos entendido a pesar de los múltiples estudios realizados (Magdoff y Weil 2004). El cultivo de piña (*Ananas comosus*), una planta herbácea perenne monocotiledónea, la cual puede dar fruto por muchos ciclos productivos, pero en plantaciones comerciales estos se reducen a 2-3 ciclos como máximo de tiempo en producción. La piña es considerada la tercera fruta tropical más importante en la producción global, después del banano y los cítricos. Las frutas de piña producidas en Tailandia y en Filipinas dominan el comercio mundial, en cuanto a la producción de jugo y fruta fresca. La propagación vegetativa en plantaciones comerciales comúnmente se realiza utilizando la corona, rebrotes axilares y rebrotes basales, lo cual ayuda a la rápida propagación de la planta, crecimiento y madurez de la fruta. El material vegetativo es seleccionado de acuerdo al peso del material de siembra. El sistema radicular de la piña es de raíces adventicias las cuales pueden llegar a medir 0.85 m de profundidad y 1-2 metros lateralmente (Bartholomew *et al.* 2003).

El cultivo de la piña al igual que otros cultivos necesita de condiciones climáticas, relieve, tipo de suelos, cantidad de horas luz, abundancia de agua y los factores más determinantes: el pH y el drenaje interno y externo del suelo por ser esencial en el control de la *Phytophthora* y la *Erwinia*, que son las enfermedades que causan los mayores daños y pérdidas a nivel mundial, en una producción agrícola de piña. El pH debe estar en un rango de 4.2-5.3 (Gauggel 2014), mayor a éste, las enfermedades pueden propagarse muy rápidamente y menor a éste, la disponibilidad de nutrientes es muy baja. La temperatura óptima para el cultivo de piña es debajo de 32°C. La topografía es un factor que se debe tomar en cuenta ya que contribuye al deterioro y erosión de los suelos, y también es una limitante para las actividades agrícolas que son de gran importancia para la eficiencia de todo sistema productivo en gran escala. El tipo de suelo para el cultivo de la piña no es una limitante, ya que este cultivo a través de los años ha sido cultivado en suelos orgánicos, volcánicos, arenosos y arcillosos, pero cabe señalar que la piña es un cultivo que exige un alto contenido de materia orgánica, buen drenaje superficial e interno de los suelos, para así proporcionarle cantidades óptimas de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces, necesario para el buen desarrollo de la planta (Bartholomew *et al.* 2003).

Un Andosol es un suelo que se forma de la actividad volcánica reciente, derivado del Japonés an, negro y do, suelos (FAO 2006 b), los cuales representan el 0.84% o 124 millones de hectáreas aproximadamente, de toda la superficie terrestre (Takahashi y Shoji 2002). Los andosoles generalmente son fértiles y poseen un alto potencial para la producción agrícola (FAO 2006 b) pero a la vez estos suelos poseen una serie de particularidades que lo hace más susceptible a las talas, quemas, prácticas agrícolas y

fuertes problemas de erosión, que de no ser controlados adecuadamente la producción agrícola puede ser afectada por pérdida de la fertilidad del suelo y de materia orgánica, lo cual está muy relacionado con la degradación o pérdida de los horizontes más importantes de un suelo para la producción agrícola (A y/o B), trayendo como consecuencia rendimientos bajos y también otros problemas relacionados con la rentabilidad económica de cualquier explotación agrícola (FAO 1998).

Los suelos Andosoles poseen una alta cantidad de materia orgánica, arcillas paracrystalinas (amorfos), alófono e inmogolita, además de su alta capacidad de retención de agua y su baja densidad aparente $<0.85 \text{ g/cm}^3$, hacen de este orden de suelo muy particular. Su baja densidad aparente es el punto de partida que provoca su gran susceptibilidad a la erosión (Tan 2009).

La erosión de suelo es un proceso que consiste en dos fases, la primera es, el desprendimiento de las partículas de suelo y la segunda es el transporte de las mismas, que puede ser por el viento o la escorrentía, la cual está influenciado por el nivel de energía de estos fenómenos naturales. Cuando esta energía disminuye ocurre una tercera fase en el proceso de erosión la cual es la deposición o sedimentación de las partículas erosionada (Morgan 2005). Características del suelo como la textura, estructura, permeabilidad, drenaje interno; cobertura vegetal (tipo y tamaño), topografía y usos del suelo (agricultura y/o ganadería) pueden incrementar o reducir la erosión de suelo (Ascough y Flanagan 2001), sin embargo existen técnicas de ingeniería "Prácticas de Conservación" con el propósito de reducir la erosión (eólica o hídrica) (Hicks y Anthony 2001). Existen muchos mecanismos para reducir la erosión del suelo como la protección de la superficie terrestre con cultivos o residuos de cultivos, rotación de cultivos, labranza mínima, cero labranza, mulch, siembra en contorno, barreras naturales o artificiales (Lefèvre 2012); añadiendo la incorporación y/o aplicación de enmiendas orgánicas, las cuales son un recurso importante a la hora de controlar la erosión, ya que mejoran la estabilidad de los agregados, el drenaje interno del suelo (infiltración y percolación), la estructura, calidad y la Salud de los suelos. Factores que posteriormente aumentarán los rendimientos por hectárea (Ellies 2000).

El proceso de erosión es un fenómeno que reduce el potencial productivo de los suelos ya que provoca un arrastre y pérdida considerable de suelo, materia orgánica y nutriente, en una explotación agrícola, donde no se cuenta con prácticas de conservación de suelo e incluso donde las hay (son menores las pérdidas pero existen), es por ello que controlar este proceso no solamente es de gran ayuda desde el punto de vista agrícola, sino, que también, es fundamental a la hora de conservar el recurso y evitar problemas ambientales a futuro (Hernández 2010).

El potencial productivo de los suelos está basado en el concepto de Salud de Suelo, y este está muy relacionado a la calidad del mismo, este término se puede definir como: El potencial del suelo proveniente de la combinación de propiedades y características químicas, físicas y biológicas, que conjuntamente lo hacen capaz de producir grandes cantidades de alimentos sanos y de alta calidad nutritiva (Franzlubbers y Haney 2006). Es

importante hacer notar que el fundamento de rehabilitación y sostenibilidad productiva de estos suelos, depende en gran medida del manejo que se le dé a la materia orgánica en el suelo (Cooperband 2002).

El término rehabilitación está enfocado en la intervención humana en la naturaleza, con el fin de invertir o ayudar a reestablecer características y propiedades de un recurso, en este caso el suelo, las cuales fueron degradadas principalmente por malas prácticas agrícolas, condiciones ambientales mal manejadas y la naturaleza de los suelos (Haigh 2011). Las aplicaciones y/o incorporaciones de enmiendas orgánicas, es un recurso que se puede utilizar para esta finalidad, mejorar la calidad de los suelos, ya que existen un sinnúmero de “residuos orgánicos” provenientes de actividades industriales, pecuarias, agrícolas y entre otras que al ser incorporadas al suelo mejoran las características físicas, biológicas y químicas del mismo. Además, estas son consideradas como fertilizantes o acondicionadores de las propiedades y características del suelo (Cooperband 2002). Bajo otros conceptos, la rehabilitación está muy relacionada con las características físicas de la degradación y la pérdida de Calidad de Suelo, la cual es un término muy amplio y depende del uso que se pretende dar al mismo (Franzlubbers y Haney 2006).

La calidad de suelo se define a partir de propiedades del suelo identificadas semi-cualitativamente, lo que puede conllevar a una aplicación indebida de conceptos de acuerdo al nivel de experiencia del descriptor. En la actualidad se cuenta con un método (Índices de Calidad de Suelos) que permite estimar de manera cuantitativa la calidad de suelo (Gauggel *et al.* 2009). Los índices de calidad del suelo se definen por características morfológicas, físicas y químicas de un suelo en particular. Este documento fue ajustado para ser utilizado únicamente en plantaciones de piña (Gauggel 2014), ya que la piña es muy exigente en algunas propiedades y características del suelo en comparación a otros cultivos (Gauggel 2014). Es importante hacer notar que el fundamento de rehabilitación y sostenibilidad productiva de los suelos de origen volcánico, depende en gran medida del manejo que se le de materia orgánica en los suelos, ya que la misma aumenta su Salud y por ende restablece el potencial agrícola (Bot y Benites 2005). Entre algunas prácticas que incrementan el contenido de la materia orgánica en el suelo se pueden mencionar: la aplicación de compost, cobertura vegetal, rotación de cultivos, cero o labranza mínima, agroforestería (Bot y Benites 2005).

La aplicación y/o incorporación de enmiendas orgánicas al suelo ha sido una iniciativa que surgió con el fin de reducir el proceso de degradación de los suelos, pero, a través de los años y una serie de estudios pertinentes, se ha demostrado que las enmiendas orgánicas, especialmente las de alta cantidad energética, incremental la actividad microbiana y enzimática de los suelos (Tejada, 2006). La actividad microbiana y las propiedades bioquímicas, son importantes indicadores de los impactos de las enmiendas orgánicas en el suelo. La actividad microbiana es estimulada significativamente al agregar material orgánico al suelo, como el compost que ha demostrado a través de muchos estudios que es un estimulador de la actividad microbiana, aumenta la disponibilidad de nutrientes y mejora la estructura, pero, a pesar de ello Vinhal demostró que el CO₂ en el suelo decrece a cantidades considerables, lo que indica que la energía disponible es usada

eficientemente por la comunidad microbiana, reduciendo así la efectividad y el efecto del compost a largo plazo (Vinhal 2003).

Las enmiendas orgánicas de alto contenido energético también juegan un rol importante en la supresión o inmunidad de los suelos a algunas enfermedades, ya que el componente energético que brinda la enmienda aumenta la composición, diversidad, funcionalismo y la actividad de las comunidades microbiológicas del suelo, evitando de esta forma que organismos patógenos puedan formar colonias que posteriormente causen algún daño a los cultivos (Bonilla 2012).

La erosión de suelo como fenómeno natural, al no ser controlada adecuadamente, puede provocar pérdida de materia orgánica, nutrientes y en general disminuir el potencial productivo de los suelos, añadiendo una serie de problemas ambientales. La empresa Dolefil tiene un programa establecido de conservación, rehabilitación y fertilidad de suelos, los dos primeros desde el año 2012. Se ha determinado que en el área de estudio se pueden dar tasas de erosión de suelo hasta de 300 toneladas de suelo/ha/año. Las prácticas de conservación de suelo han logrado reducir esta tasa a un promedio de 17 toneladas de suelo/ha/año (Gauggel y Sangalang 2012).

La importancia de esta investigación, fue conocer los beneficios de la materia orgánica en los suelos de la Finca de piña 103 C de la compañía Dolefil en la isla de Mindanao Filipinas, dado que la materia orgánica afecta positivamente las propiedades físicas y químicas del suelo, lo que conlleva a su Buena Salud (Bot y Benites 2005). Además la investigación es el punto de partida que determinará el tipo y cantidad de materia orgánica a aplicar en los suelos, que posteriormente conllevará a obtener una mayor producción y rentabilidad. La investigación aquí presentada puede ser utilizada para diseñar un plan de uso y dosificación de materia orgánica para las distintas áreas agrícolas, buscando así, la progresiva rehabilitación de los suelos dadas las diferentes propiedades benéficas de la materia orgánica (Leng *et al.* 2009). La complejidad de los suelos en el área de estudio es una realidad y necesario conocer o estudiar más la relación suelo planta, en los parámetros de naturaleza morfológica, física y química, como contribución para el desarrollo de una tecnología de rehabilitación, para estos suelos. Esto hace que este estudio sea de gran importancia, ya que las enmiendas aplicadas están enfocadas en aumentar la producción del cultivo de piña y en desarrollar al máximo el potencial del suelo, buscando su rehabilitación y aumentando su Salud.

Este estudio tuvo como objetivo determinar la importancia de aplicar enmiendas orgánicas para incrementar la fertilidad de los suelos bajo cultivo de piña y generar su rehabilitación. Además conocer y comparar los efectos de la aplicación de Compost, Fertiplus® (melazas) y los residuos de cosecha incorporados a un Andosol típico, mediante la determinación de propiedades morfológicas, físicas y químicas del suelo, así como también, determinar las propiedades químicas del compost, Fertiplus® (melazas) y del residuo del cultivo., determinar el estado químico y físico actual de los suelos de la Finca de piña 103 C de la empresa Dolefil en Filipinas; calcular la tasa de pérdida de suelo de la Finca de piña 103 C y calcular la calidad de los suelos de la Finca 103C de la compañía Dolefil después de la aplicación de las tres enmiendas orgánicas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se llevó a cabo en las faldas del volcán “Mount Matutum”, Polomolok, Provincia South Cotabato, Isla Mindanao Filipinas (Figura 1), donde la producción de piña se lleva a cabo desde 1963, año que inició la compañía Dolefil y donde en la actualidad la misma cuenta con 30,000 hectáreas de piña aproximadamente.



Figura 1. Localización de la provincia South Cotabato, Filipinas (Wikipedia 2014).

La investigación se realizó en la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil (N 06°14'56.08517., E 125°04'28.42699), la cual se encuentra a 420 msnm, a una temperatura promedio de 28°C (Climate 2013) y con una precipitación anual de 1947 mm. El relieve del área de estudio es ondulado, con gradientes entre 3-6% en 100 m de longitud (Gauggel y Sangalang 2012). Esta finca cuenta con 47.28 hectáreas de tierra cultivadas actualmente con la variedad de piña MG-3, la cual tiene un ciclo de vida de 14 meses para su cosecha. En esta finca se realizaron prácticas de labranza convencional y es fertilizada según el plan de fertilización diseñado por el departamento de investigación de la compañía Dolefil, además cuenta con prácticas de conservación de suelo implementadas por la unidad de conservación de suelos siguiendo los parámetros establecidos en el Manual de Conservación de Suelos diseñado en el 2012 (Gauggel y Sangalang 2012).

Metodología de campo. Los suelos se estudiaron por medio de calicatas de 1 m × 1 m × 1.5 m de profundidad, si el suelo lo permitió, hecha con piqueta y pala. Las calicatas se realizaron con el fin de estudiar el estado físico, químico y biológico (raíces) actual del suelo. En las mismas se realizó un análisis detallado de las características físicas del suelo: grosor del horizonte A y los horizontes inferiores y en cada uno de ellos se describieron el color, textura, estructura, consistencia, cantidad y tamaño de raíces, resistencia a la penetración, límite y otras observaciones pertinentes; utilizando equipos de campo como: cinta métrica, tabla Munsell (Munsell 1950), cuchillo, botella con agua, penetrómetro de bolsillo y libreta de campo. Las propiedades se determinaron siguiendo la metodología establecida por (FAO 2006 a).

Se tomaron muestras de suelo de cada horizonte en cada perfil encontrado en las diferentes repeticiones por tratamiento, mediante el uso de una pala de jardín, bolsas plásticas, bolígrafo y etiquetas, para identificar cada una de las muestras y una engrapadora para sellar las bolsas y así evitar la contaminación de las muestras ya extraídas. Estas muestras fueron extraídas con el fin de analizar propiedades químicas del suelo como: pH, N, M.O (materia orgánica), CIC (capacidad de intercambio catiónico), macro (K, Ca, Mg, P) y micro nutrientes (Fe, Mn, Zn, B) y Al.

Metodología realizada para los análisis químicos. Las muestras primero fueron secadas al aire libre, cuatro días aproximadamente, posteriormente se tamizaron las muestras con Mesh 10 y se colocaron en un envase con su respectiva identificación; una vez identificadas fueron enviadas al laboratorio de suelo de la compañía Dolefil, donde se realizaron los diferentes análisis químicos mediante métodos analíticos para suelos internacionalmente aceptados. Los métodos utilizados fueron los siguientes: Walkley Black para determinar el % de materia orgánica (Nelson y Sommer 1996), Mehlich-III (Extracción y medición por plasma acoplado inductivamente) para los macro-elementos (K, Ca, Mg, P) y micro-elementos (Fe, Mn, Zn, B) y Al (Sparks 1996), el análisis Kjeldahl para determinar el % Nitrogeno (Bremer 1996), el método potenciómetro para el pH (Thomas 1996) y la determinación del CIC utilizando 1MNH₄-Acetato, temporizado a pH 7 (Sumner y Miller 1996). Estos métodos son básicamente los mismos utilizados en el laboratorio de suelos del departamento de CPA de la Universidad Zamorano. Estos análisis fueron realizados de igual manera para las tres enmiendas orgánicas del estudio para así conocer el aporte químico de cada una de ellas antes de ser aplicadas o incorporadas al suelo.

Metodología para el cálculo de pérdida de suelo. La pérdida o tasa de erosión de suelo se determinó mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (Wischmeier y Smith 1965), la cual fue calibrada para condiciones locales de las diferentes fincas de la empresa Dolefil. (Gauggel y Sangalang 2012).

La ecuación universal de pérdida de suelo original (Wischmeier y Smith 1965), [Ec. 1]

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

Dónde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo ($t/ha^{-1}.año^{-1}$)

R = Factor de erodabilidad de la lluvia y escorrentía (Mj/mm) ($ha^{-1}. hora^{-1}. año^{-1}$)

K = Factor de erodabilidad del suelo ($t.MJ^{-1}mm^{-1}$)

LS = Factor longitud y gradiente de la pendiente (sin unidades).

C = Factor de cultivo y manejo (sin unidades).

P = Factor de conservación de suelo (sin unidades).

El cálculo de la erosión de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil se realizó por tratamiento. La variable R se determinó por los milímetros de lluvia anuales en el sector 100, sector donde se encuentra la finca de piña 103C de la compañía Dolefil; se extrajo de la base de datos de la estación meteorológica y el manual de conservación de suelos de la compañía Dolefil.

El factor K indica la erodabilidad de suelo en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). El factor K se calculó mediante el uso del nomograma diseñado para la estimación de los valores de K; para ello se infirió el % de Limo, % Arena muy fina, Arena, del triángulo textural (Marshall *et al* 1996) a partir de la textura. El valor K para estos suelos fue calculado basado en la textura del primer horizonte de los suelos, en cada tratamiento a partir de la textura determinada en campo manualmente (Gauggel y Sangalang 2014) quienes tomaron en cuenta la textura dominante en estos suelos, la cual fue franco arenosa (50-70% de arena) y arena franca (70-85% de arena), de la arena total solo el 10%, o menos, es muy fina. El contenido de limo es menor al 50% para los suelos en estudio. Además, se usaron los valores de materia orgánica (M.O), estructura y permeabilidad determinados en campo; estos valores fueron introducidos al nomograma que originan el valor de K expresado en fracción decimal (Blanquer *et al.* 2012). El factor K calculado originó valores de permeabilidad de 0.1 en los (Gauggel y Sangalang 2014).

El factor LS fue calculado mediante dos aspectos, el primero es la longitud de pendiente y para ello se consideró el ancho de los bloques de siembra (31.6 m) el cual es constante. El segundo aspecto para el cálculo del factor LS fue el promedio de diferencias de altura de toda la finca de piña 103 C, el cual se determinó en campo mediante un clinómetro de bolsillo. Con promedio en diferencias de altura, se calculó un valor de 6% de gradiente. Estos dos valores fueron intersectados en el nomograma de cálculo del factor LS. Los valores de C indican el nivel cobertura del suelo, siendo 0.9 los primeros meses después de siembra, donde el suelo está menos cubierto debido al poco follaje de las plantas de piña al momento de su trasplante y 0.3 corresponde a los últimos meses del ciclo productivo de la piña (13-14 meses) donde el follaje y la altura del mismo contribuyen a que la lluvia no impacte directamente con el suelo, previniendo así el desprendimiento de partículas y por ende la erosión. Se utilizaron todos los valores posibles para sí estimar la pérdida de erosión para cada etapa vegetativa del cultivo de piña (Gauggel y Sangalang 2012).

El factor P es el factor que indica el efecto de las prácticas de conservación de suelo dentro la Finca de piña 103C ya que el cálculo se realizó de igual manera determinando que en la finca no existe ningún tipo de prácticas de conservación de suelos y así poder determinar la gran importancia de estas prácticas de conservación dentro de una explotación agrícola extensiva como lo es en este caso. El valor de P que indica si existen prácticas de conservación es 0.1, y 1.0 es valor que indica que no existen prácticas de conservación en el área de estudio (Wischmeier y Smith 1965).

Cálculo de los Índices de Calidad de Suelo. Este estudio originó una serie de datos semi-cualitativos como la textura, estructura, cantidad de raíces; además resultados químicos como los de pH, el cual se expresa de manera exponencial, y puede causar confusiones o una mala interpretación de los datos estadísticos a obtener. Estos fueron transformados mediante el uso de Índices de Calidad de Suelos (Gauggel et al 2009), para así valorar de manera cuantitativa las propiedades o características cualitativas, y así obtener datos cuantitativos para utilizarlos en los análisis estadísticos a realizar. Con dichos datos se determinó el índice actual y potencial de Calidad de Suelo dado por la aplicación e incorporación de las enmiendas orgánicas.

Para determinar un valor cuantitativo de las características cualitativas, se siguieron métodos establecidos en el documento de Índices de Calidad de Suelos para la producción de piña (Gauggel 2014). Estos índices se determinaron considerando la propiedad más limitante del suelo, en este caso en las cuatro repeticiones por tratamiento. Este valor numérico asignado a la propiedad más limitante dentro de cada tratamiento, fue multiplicado por el peso de esa variable, la cual también se encuentra indicada y ese valor se comparó con el máximo potencial que se puede dar en esa condición o característica, asignándole el valor numérico de 10 multiplicado por el peso de la misma variable a comparar, con excepción de la textura la cual no puede ser cambiada en la práctica (Gauggel 2014).

Variables. Se analizaron variables morfológicas, físicas, químicas y de erosión de suelos, en la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil.

Variabes morfológicas y físicas: grosor del horizonte A, color, textura, estructura, Resistencia a la Penetración (R.P), cantidad de raíces y drenaje interno.

Variabes Químicas: pH, N, M.O (materia orgánica), CIC (capacidad de intercambio catiónico), macro (K, Ca, Mg, P) y micro nutrientes (Fe, Mn, Zn, B) y Aluminio.

Las variables para el cálculo de la erosión fueron el factor K (erodabilidad) y el factor P (prácticas de conservación) presentes en la finca de piña 103C de la compañía Dolefil. (Olivares *et al.* 2011).

Tratamientos. Las enmiendas orgánicas que se estudiaron: Compost (abono orgánico proveniente de la descomposición de residuos vegetales), Fertiplus® (fertilizante líquido originado del jugo de caña de azúcar, melaza) y residuos de cosecha como el tratamiento control (hojas, tallos, fruta). Las enmiendas orgánicas fueron aplicadas el 20 de febrero del 2012 con una dosificación de 20 toneladas por hectárea, con excepción del residuo de cosecha la cual no se conoce el tonelaje por hectárea que fue incorporado, ya que es el residuo que queda en un campo de piña después de cada ciclo. Dosificación determinada por el Departamento de Investigación de la compañía Dolefil (Quesada y Gauggel 2014¹)

Diseño experimental. El diseño experimental que se utilizó fue de Parcelas Divididas, con tres tratamientos. Cada tratamiento fue aplicado en un área de 474 metros de ancho por 330 metros de largo. La evaluación de cada tratamiento se realizó mediante cuatro calicatas al azar, por cada tratamiento, ubicadas dentro de cada parcela y donde cada evaluación se tomó como una repetición.

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis ANDEVA (análisis de varianza) para encontrar diferencias de medias entre tratamientos, donde posteriormente las medias que presenten diferencias fueron comparadas mediante un análisis de inferencia estadística conocido como Prueba de Rango Múltiple o Duncan a un intervalo de confiabilidad del 95% ($P < 0,05$) con el programa o paquete de computación SAS (Statistical Analysis System).

¹ Quesada A. ingeniero encargado de calidad de fruta en la empresa Dolefil; Gauggel C Ph.D. Asesor y director del programa de conservación de la compañía Dolefil. dosificación de las enmiendas orgánicas aplicadas, comunicación personal febrero del 2014. Adan.Quezada@dolintl.com; Carlos.gauggel@hotmail.com

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones físicas del suelo. Las variables morfológicas y físicas del suelo son el fundamento básico para conocer si la planta se encuentra en un ambiente adecuado para su buen desarrollo y crecimiento (Pettit 2004).

La profundidad efectiva del suelo donde se aplicó Compost, fue de solo 86 cm, mientras que los suelos tratados con Melazas (Fertiplus®) y Residuos de cosecha, fueron más profundos (mayores de 106 cm), sin embargo esta característica es una propiedad del suelo en sí mismo y no debida a los tratamientos (Cuadro 1).

La textura y estructura del primer horizonte no presentó diferencias entre tratamientos, ya que todas fueron de textura franca y estructura granular. Sin embargo en el segundo horizonte la textura y la estructura variaron. Los suelos tratados con compost presentaron estructura de bloques angulares en textura arena franca, los tratados con melazas (Fertiplus®) franca arenosa y bloques sub-angulares, y los tratados con residuos de cosecha presentaron textura franca y bloques sub-angulares como estructura. Cabe señalar que las variaciones de la textura no fueron por el efecto de los tratamientos ya que son una característica inherente de cada suelo.

El grosor del primer horizonte en los suelos tratados con Melazas (Fertiplus®) resultó ser casi el doble en espesor con 42.8 cm, en comparación a los suelos tratados con Compost (25.8 cm) y residuos de cosecha (18.8 cm), ($P \leq 0.05$). Lo cual indica que las melazas (Fertiplus®) tienden a favorecer más la actividad microbiana en el suelo, en comparación a las demás enmiendas orgánicas estudiadas. Esta tendencia atribuye principalmente a la actividad microbiana en el suelo. Con solo aplicar una solución de 0.1% de melazas al suelo incrementa considerablemente la actividad y el número de bacterias, actinomicetos y hongos, propios del suelo (Higa y Wididana 1991). Al incorporar enmiendas orgánicas energéticas (melazas) la actividad de micro y macro organismos del suelo incrementa, por ser fuentes de energía directa para los mismos, lo que no sucede con el compost y los residuos de cosecha, que demuestran ofertar poca energía a los microorganismos provocando un desarrollo o rehabilitación más lenta del horizonte A (Okur 2007).

El grosor del primer más el segundo horizonte presentó diferencias significativas, ($P < 0.05$), donde los suelos tratados con Fertiplus® presentaron (85 cm), en comparación a los suelos tratados con Compost (54.2 cm) y residuos de Cosecha (44.5 cm) que estadísticamente son iguales (Cuadro 1).

La Resistencia a la Penetración del primer horizonte no fue significativamente diferente ($P > 0.05$), aunque, los suelos tratados con Residuos de cosecha tienden a presentar una menor Resistencia a la Penetración, con una media de 0.5 kg/cm^2 , en comparación a los suelos tratados con compost y melazas (Fertiplus®). La Resistencia a la Penetración en el segundo horizonte no presentó diferencias (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de tres enmiendas orgánicas en las características morfológicas y físicas de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas.

Tratamiento	Profundidad (cm)	Grosor (cm)			Textura		Estructura		R.P (kg/cm ²)		Raíces
	Efectiva	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} +2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	Profundidad (cm)
Compost	86.5	26 ab	28.5	54.2 b	F	AF	g.	ba	1.1 b	2.0	25.8 b
Melazas (Fertiplus®)	109.5	43 a	42.3	85.0 a	F	FA	g.	bsa	0.6 ab	1.8	38.8 a
Residuo de cosecha	106.3	19 b	25.8	44.5 b	F	F	g.	bsa	0.5 a	1.8	18.8 b
R ²	n.a	0.5	0.41	0.85	n.a	n.a	n.a	n.a	0.45	0.06	0.62
P>0.05	n.a	0.1	0.10	0.0002	n.a	n.a	n.a	n.a	0.07	0.75	0.013

1^{er} H: Primer horizonte. **2^{do} H:** Segundo horizonte. **1^{er} + 2^{do} H:** Grosor del primer horizonte + el segundo horizonte. **R.P:** Resistencia a la Penetración. **F:** Franca. **FA:** Franca arenoso. **AF:** Arena franca. **g:** Granular. **bsa:** Bloques sub-angulares. **ba:** Bloques angulares. **n.a:** no aplica por ser datos cualitativos. Letras iguales indican similitudes entre medias y letras diferentes indican tendencias (P > 0.05-2.0) o diferencias (P < 0.05).

La profundidad de las raíces en los suelos tratados con melazas fue mayor (38.8cm) ya que estos suelos presentaron las condiciones morfológicas y físicas más adecuadas para el buen desarrollo radicular, mientras que el compost y el residuo de cosecha fue < 25 cm ($P<0.05$) (Cuadro 1). Efecto que se puede atribuir a la actividad que esta enmienda provee a micro y macro organismos, los cuales son los principales responsables de la modificación del suelo, aumentando así la zona de crecimiento radicular (Wiseman 2012). Cabe señalar que en todos los tratamientos la raíz no profundizó más allá del primer horizonte.

Las Melazas (Fertiplus®) son enmiendas orgánicas de alta calidad ya que presentaron tendencias a significancia en el grosor del primer horizonte y resistencia a la penetración y las diferencias significativas en el grosor del primer más el segundo horizonte y en la profundidad de las raíces (Cuadro 1). Esto se atribuye a la alta cantidad de energía (ricas en carbohidratos) que provoca la reproducción abundante y actividad de micro y macro organismos autóctonos de estos suelos, proporcionando así, cualidades y características benéficas al suelo, para el buen desarrollo radicular debido a su efecto en las características morfológicas y físicas del suelo (Higa y Wididana 1991).

Condiciones químicas de las enmiendas. Las enmiendas orgánicas utilizadas por la compañía Dolefil no tienen las mismas cualidades. Las Melazas (Fertiplus®) proporcionan la mayor cantidad de N (4.5 %) y una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) ($87.9 \text{ cmol}_c, \text{ kg}^{-1}$). Esta enmienda también tiene un pH muy ácido (3.50) en comparación con las demás enmiendas, compost (6.75) y residuos de cosecha (5.70) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades químicas de tres enmiendas orgánicas utilizadas en los suelos de la Fina de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas

Enmienda	pH	%		$\text{cmol}_c, \text{kg}^{-1}$
		M.O	N	CIC
Compost	6.75	19.2	0.8	47.1
Melazas (Fertiplus®)	3.50	44.0	4.5	87.9
Residuo de cosecha	5.70	46.2	1.1	43.1

pH: $-\log_{10} [\text{H}^+]$. **N:** Nitrógeno. **M.O:** Materia orgánica. **CIC:** Capacidad de intercambio catiónico.

Condiciones químicas del suelo. La aplicación de las enmiendas generó diferencias significativas en el pH de los suelos ($P<0.05$). En los suelos tratados con residuos de cosecha y compost, el pH se mantuvo dentro del rango adecuado para el cultivo de piña (4.2-5.3). Los suelos tratados con Fertiplus®, fueron acidificados, el pH alcanzó a ser 4.09 (Cuadro 3), efecto que puede ser generado por el pH de las melazas (Fertiplus®). El segundo horizonte no mostró efecto de los tratamientos en esta variable. La diferencia de pH entre el primer y segundo horizonte indicó que las melazas acidifican más que las demás enmiendas estudiadas y acentúa la diferencia de pH entre el primer y segundo horizonte (-0.69) (Cuadro 3).

La relación del pH con la profundidad de raíces, indicó que a pesar de la acidez generada por las melazas (Fertiplus®), las raíces, en estos suelos, crecieron más que en los demás tratamientos, lo cual indica que un ambiente muy ácido en los suelos favorece el crecimiento de las raíces de piña. Las raíces en todos los tratamientos no llegaron al segundo horizonte (Cuadro 3), efecto que se puede atribuir a que las raíces de piña, prefieren el pH ácido del primer horizonte.

En el segundo horizonte de los suelos tratados con residuos de cosecha presentaron mayor contenido de materia orgánica, nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico, que en los suelos tratados con melazas (Fertiplus®) y compost ($P < 0.05$) (Cuadro 3). Estos resultados se pueden deber a que los horizontes A de los suelos tratados con Melazas y Compost tienden a ser más gruesos a los suelos tratados con Residuos de Cosecha.

Las diferencias en el contenido de materia orgánica y nitrógeno indican un incremento considerable, en el área tratada con melazas (Fertiplus®) y con compost, en comparación a los suelos tratados con Residuos de cosecha. Por otra parte la diferencia de CIC entre el primer y segundo horizonte, indica que los suelos tratados con Melazas (Fertiplus®) presentaron un incremento considerable del CIC, en comparación a los suelos tratados con las otras enmiendas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de tres enmiendas orgánicas en las propiedades químicas de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas

Tratamiento	pH			%						CIC (cmol _c /kg ⁻¹)		
				N			M.O					
	1 ^{er} H	2 ^{do} H	Δ	1 ^{er} H	2 ^{do} H	Δ	1 ^{er} H	2 ^{do} H	Δ	1 ^{er} H	2 ^{do} H	Δ
Compost	4.43 a	4.77	-0.34 a	0.22	0.06 b	+0.16	5.40	1.20 b	+4.2	13.50	6.50 b	+7.0
Melazas (Fertiplus®)	4.09 b	4.78	-0.69 b	0.19	0.04 b	+0.16	4.80	0.80 b	+4.1	18.20	5.20 b	+13.0
Residuo de cosecha	4.48 a	4.65	-0.17 a	0.26	0.19 a	+0.08	6.20	4.70 a	+1.5	20.80	16.00 a	+5.2
R ²	0.66	0.10	0.61	0.20	0.49	0.27	0.16	0.51	0.37	0.40	0.52	0.30
Pr>F	0.01	0.67	0.01	0.36	0.05	0.24	0.44	0.04	0.12	0.11	0.04	0.20

pH: -log₁₀[H⁺]. **Δ:** delta que ocurre entre el primer y segundo horizonte. **1^{er} H:** Primer horizonte. **2^{do} H:** Segundo horizonte. **N:** Nitrógeno. **MO:** Materia orgánica. **CIC:** Capacidad de intercambio catiónico. **Letras iguales** indican similitudes entre medias y **letras diferentes** indican tendencias (P > 0.05-2.0) o diferencias (P < 0.05).

El nivel de fertilidad de los suelos de la Finca de piña 103C antes de aplicar las enmiendas orgánicas, no se conoció, ya que no se suministró esta información, y por ende no se pudo analizar si existieron cambios en el nivel de elementos químicos en estos suelos, debido a la aplicación y/o incorporación de las enmiendas orgánicas. Sin embargo, el contenido de nutrientes en el primer y segundo horizonte, en cada tratamiento, indicó que en los elementos K y Ca no hubo efecto por la aplicación de las enmiendas orgánicas aplicadas. El compost y el residuos de cosecha, generaron un mayor contenido de Mg en el primer horizonte del suelo en comparación a las melazas (Fertiplus®). El contenido de Mg de los suelos tratados con Compost ($0.32 \text{ cmolc.kg}^{-1}$) y Residuos de cosecha ($0.26 \text{ cmolc.kg}^{-1}$) resultaron ser diferentes a los suelos tratados con Melazas (Fertiplus®) ($0.11 \text{ cmolc.kg}^{-1}$) (Cuadro 4).

Altas cantidades de aluminio provocan incremento en la acidez en los suelos (Bulgariu *et al.* 2007). El aluminio es considerado el factor más limitante en el crecimiento y productividad de las plantas, causando estrés radicular y en casos de concentraciones muy elevadas, puede causar toxicidad y/o muerte a la planta (Ritchie y Dolling 1985).

En los suelos tratados con melazas y residuos de cosecha el contenido de aluminio resultó superior, en el primer horizonte, a los suelos tratados con compost. Sin embargo, en el segundo horizonte los suelos tratados con residuos de cosecha presentaron la mayor concentración de Al ($21,2 \text{ cmolc.kg}^{-1}$), seguido de los suelos tratados con melazas (Fertiplus®) y por último los suelos tratados con compost (Cuadro 4). El segundo horizonte no fue afectado por los tratamientos y la acidez que se presentó se debe al estado natural de estos suelos.

Cuadro 4. Efecto de tres enmiendas orgánicas en el contenido de K, Ca, Mg y Al de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas

Tratamiento	cmol _c ,kg ⁻¹							
	K		Ca		Mg		Al	
	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H
Compost	0.10	0.10	1.00	0.60	0.30 a	0.10	10.5 b	9.8 c
Melazas (Fertiplus®)	0.10	0.30	0.70	0.60	0.10 b	0.10	21.2 a	16.5 b
Residuo de cosecha	0.10	0.10	0.50	0.50	0.30 ab	0.20	22.3 a	21.1 a
R ²	0.20	0.30	0.30	0.10	0.65	0.40	0.97	0.87
P<0.05	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<.0001	0.0001

1^{er} H: Primer horizonte. **2^{do} H:** Segundo horizonte. **K:** Potasio. **Ca:** Calcio. **Mg:** Magnesio. **Al:** Aluminio. **Letras iguales** indican similitudes entre medias y **letras diferentes** indican tendencias ($P > 0.05-2.0$) o diferencias ($P < 0.05$).

Los Andosoles poseen una alta capacidad de retención de fosfatos, la que en muchos casos es mayor al >85% (Tan 2009). Este puede ser el motivo de las altas concentraciones

de este nutriente en el suelo (25-120 ppm), sin diferencias significativas ($P>0.05$) (Cuadro 5). Estas altas concentraciones se atribuyen a las altas aplicaciones de fertilizantes fosfatados necesarios en estos suelos, para recompensar la fijación de este elemento necesario para el buen desarrollo y salud de la planta y la obtención de altos rendimientos (Broquen *et al* 2005).

El contenido de hierro (Fe) fue significativamente mayor en el primer horizonte de los suelos tratados con Compost (Cuadro 5). En el segundo horizonte el contenido de Fe no presentó diferencias entre tratamientos, al igual que el contenido de zinc (Zn), en el primer horizonte. Sin embargo, existe una alta tendencia a significancia en el contenido de zinc en el segundo horizonte, y en donde los suelos tratados con residuos de cosecha tienden a presentar mayor contenido de este elemento. El contenido de manganeso (Mn) y boro (B) tampoco presentó diferencias entre tratamientos, (Cuadro 5). Este efecto también se puede atribuir al grosor del horizonte A, o al contenido de este elemento químico en la enmienda orgánica, y debe ser sujeto a investigación.

Cuadro 5. Efecto de tres enmiendas orgánicas en el contenido de P, Fe, Mn, Zn y B de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas

Tratamiento	mg.kg ⁻¹									
	P		Fe		Mn		Zn		B	
	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H
Compost	120.0	60.5	117.0 a	51.8	3.3	1.9	3.0	1.1 ab	1.0	1.0
Melazas (Fertiplus®)	62.0	56.2	53.5 b	50.3	4.3	6.7	2.5	0.8 b	1.0	1.0
Residuo de cosecha	25.0	32.0	49.5 b	41.5	4.3	3.0	3.3	2.3 a	1.0	1.0
R ²	0.32	0.38	0.60	0.06	0.21	0.28	0.13	0.41	0.00	0.00
P<0.05	0.17	0.12	0.02	0.75	0.36	0.22	0.53	0.08	1.00	1.00

1^{er} H: primer horizonte. 2^{do} H: segundo horizonte. P: fósforo. Fe: hierro. Mn: Manganeseo. Zn: zinc. B: boro. Letras iguales indican similitudes entre medias y letras diferentes indican tendencias (P > 0.05-2.0) o diferencias (P < 0.05).

Erosión. El factor P (prácticas de conservación de suelo como: terrazas, acequias, barreras vivas y muertas) y la permeabilidad son los únicos factores que se pueden controlar en la práctica, mediante la conservación de suelos y aplicación y/o incorporación de materias orgánicas para mejorar la estructura, en suelos bajo cualquier cultivo, siempre y cuando la pendiente lo permita (Ascough y Flanagan 2001).

El cálculo de pérdida de suelo por erosión, sin prácticas de conservación, indicó que los suelos tratados con residuos de cosecha presentaron una pérdida de suelo por erosión de $378 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, seguido de los suelos tratados con compost ($252 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$) y por último los suelos tratados con melazas (Fertiplus®) ($126 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$) (Cuadro 6). Sin embargo, el cálculo de la pérdida de suelo por erosión con prácticas de conservación arrojó datos de $37.8 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, para los suelos tratados con residuos de cosecha, seguidos de los suelos tratados con compost ($25.2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$) y por último los suelos tratados con melazas (Fertiplus®) ($12.6 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$) los cuales presentaron la menor pérdida de suelo por erosión. El valor del factor P, determinado por las prácticas de conservación, parece insignificante pero, al comparar los resultados obtenidos en el mismo lugar, con las mismas variables a excepción del factor P, el cual es 1.0 para áreas sin practicas conservación de suelo y 0.1 para áreas con prácticas de conservación de suelo, arrojó altos valores de erosión de suelo, superando las 100 toneladas por hectárea por año (Cuadro 6). Esto se debe principalmente al nivel de permeabilidad de los suelos (Factor K), ya que reduce la erodabilidad. De esta manera se ratifica que la materia orgánica ayuda a controlar la erosión de suelo, pero deben de estar acompañas de prácticas de conservación para que el efecto sea notable.

Cuadro 6. Efecto de tres tipos de enmiendas orgánicas y las prácticas de conservación de suelo, en la pérdida de suelo por erosión en la finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas

Tratamiento	M.O (%)	Factor				Suelo Erosionado (t.ha ⁻¹ .año ⁻¹)			
		K	C	P1	P2	Sin prácticas de conservación		Con prácticas de conservación	
						por etapa	Total	por etapa	Total
Compost	5.4	0.2	0.9	1.0	0.1	90.7	252.0	9.1	25.2
		0.2	0.8	1.0	0.1	80.6		8.1	
		0.2	0.5	1.0	0.1	50.4		5.0	
		0.2	0.3	1.0	0.1	30.2		3.0	
Melazas (Fertiplus®)	4.8	0.1	0.9	1.0	0.1	45.4	126.0	4.5	12.6
		0.1	0.8	1.0	0.1	40.3		4.0	
		0.1	0.5	1.0	0.1	25.2		2.5	
		0.1	0.3	1.0	0.1	15.1		1.5	
Residuo de cosecha	6.2	0.3	0.9	1.0	0.1	136.1	378.0	13.6	37.8
		0.3	0.8	1.0	0.1	121.0		12.1	
		0.3	0.5	1.0	0.1	75.6		7.6	
		0.3	0.3	1.0	0.1	45.4		4.5	

Factores de la ecuación USLE (Wischmeier & Smith, 1965): **M.O**: materia orgánica. **R**: Factor de erodabilidad de la lluvia y escorrentía (700). **K**: Factor de erodabilidad. **LS**: Factor por longitud y gradiente de pendiente (0.72). **C**: Factor cobertura según la etapa del cultivo de la piña. **P1**: Factor sin prácticas de conservación de suelo (1.0). **P2**: Factor con prácticas de conservación de suelo (0.1).

Índices de Calidad de Suelos en las características morfológicas y físicas, y propiedades químicas. El grosor del primer horizonte presentó diferencias en calidad, en donde los suelos tratados con melazas (Fertiplus®) presentaron un mayor índice de calidad en este parámetro (2.9), seguido de los suelos tratados con Compost (2.7), y por último los suelos tratados con residuos de cosecha, los cuales presentaron la menor calidad (2.0) de un valor máximo de 4.5 que considera el sistema (Gauggel *et al.* 2009) (Cuadro 7). Los suelos tratados con compost presentaron menor calidad de estructura (2.8), en comparación a los suelos tratados con las demás enmiendas orgánicas las cuales presentaron 3.5 de calidad en este parámetro.

La resistencia a la penetración en el primer horizonte se encontró a su máximo potencial (3.5). En el segundo horizonte la calidad en resistencia a la penetración no presentó diferencias pero, no se encontró a su máximo potencial (Cuadro 7).

Los suelos tratados con melazas (Fertiplus®) presentaron mayor calidad en la profundidad de las raíces (2.7), en comparación a los suelos tratados con compost (1.8) y residuos de cosecha (1.5), de un valor máximo de 4.5 que considera el sistema (Gauggel *et al.* 2009) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índice de calidad de suelos de las características morfológicas y físicas de los suelos de la Finca de piña 103C de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas

Tratamiento	Índices de calidad de suelos									
	Grosor (cm)		Estructura			R.P (kg/cm ²)			Profundidad de raíces	
	Actual	Potencial	Actual		Potencial	Actual		Potencial	Actual	Potencial
	1 ^{er} H		1 ^{er} H	2 ^{do} H		1 ^{er} H	2 ^{do} H			
Compost	2.7	4.5	2.8	0.4	3.5	3.5	1.4	3.5	1.8	4.5
Melazas (Fertiplus®)	2.9	4.5	3.5	0.4	3.5	3.5	1.4	3.5	2.7	4.5
Residuo de cosecha	2.0	4.5	3.5	0.5	3.5	3.5	1.4	3.5	1.5	4.5

R.P: Resistencia a la Penetración. **Actual:** Índice de calidad actual. **Potencial:** Índice de calidad potencial. **1^{er} H:** Primer horizonte. **2^{do} H:** Segundo horizonte.

El índice de calidad de las propiedades químicas indicó que los suelos tratados con melazas (Fertiplus®) presentaron una calidad de 4.0 (siendo 5.0 el índice máximo) inferior a los suelos tratados con las demás enmiendas orgánicas (compost y residuos de cosecha) los cuales presentaron el índice de calidad máximo (5.0) para la variable pH (Cuadro 8).

El índice de calidad para el contenido de materia orgánica fue mayor en los suelos tratados con residuos de cosecha (3.6), sin embargo este parámetro en los segundos horizontes, fue mayor en los suelos tratados con compost y Fertiplus® (0.8) (Cuadro 8).

El contenido de nitrógeno en el primer horizonte fue mayor en los suelos tratados con residuos de cosecha (1.6). En el segundo horizonte no se presentó diferencias en calidad (0.4). La calidad para la capacidad de intercambio catiónico en el primer horizonte indicó que los suelos tratados con compost y Fertiplus® presentaron mayor calidad (3.5), pero este parámetro en el segundo horizonte no presentó diferencias entre tratamientos (1.0) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de tres enmiendas orgánicas, en el índice de calidad de las propiedades químicas más determinantes para la explotación de piña, en los suelos de la Finca 103C de la compañía Dolefil, Polomolok, Filipinas

Tratamiento	Índices de calidad de las propiedades químicas.											
	pH			M.O			N			CIC		
	Actual		Potencial	Actual		Potencial	Actual		potencial	Actual		Potencial
	1 ^{er} H	2 ^{do} H		1 ^{er} H	2 ^{do} H		1 ^{er} H	2 ^{do} H		1 ^{er} H	2 ^{do} H	
Compost	5.0	5.0	5.0	2.4	0.8	4.0	1.2	0.4	4.0	2.5	1.0	5.0
Melazas (Fertiplus®)	4.0	5.0	5.0	2.4	0.8	4.0	1.2	0.4	4.0	3.5	1.0	5.0
Residuo de Cosecha	5.0	5.0	5.0	3.6	0.4	4.0	1.6	0.4	4.0	3.5	1.0	5.0

pH: $-\log_{10}[\text{H}^+]$. **N:** nitrógeno. **M.O:** materia orgánica. **CIC:** capacidad de intercambio catiónico. **Actual:** Índice de calidad actual. **Potencial:** Índice de calidad Potencial. **1^{er} H:** primer horizonte. **2^{do} H:** segundo horizonte.

Estado de calidad actual de los suelos, en relación a su potencial (%). Los suelos tratados con melazas presentaron la mayor calidad en el grosor del primer horizonte (71%) y en la profundidad de las raíces (60%). Además, estos suelos también se encontraron a su máxima calidad en estructura del primer horizonte, al igual que los suelos tratados con residuos de cosecha (100%) (Cuadro 9).

Los suelos tratados con residuos de cosecha presentaron la mayor calidad en estructura del segundo horizonte (14%). La resistencia a la penetración en el primer y segundo horizonte no presentó diferencias en calidad, entre tratamientos. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Estado de la calidad actual de las propiedades físicas, en relación a su potencial, en los suelos de la Finca de piña 103 de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas.

Tratamiento	Calidad (Actual/Potencial)(%)					
	Grosor	Estructura		R.P (kg/cm ²)		Profundidad raíces
		1 ^{er} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	
Compost	60	80	11	100	40	22
Melazas (Fertiplus®)	71	100	11	100	40	60
Residuo de cosecha	62	100	14	100	40	22

1^{er} H: Primer horizonte. **2^{do} H:** Segundo horizonte. **R.P:** Resistencia a la Penetración.

Los suelos tratados con compost se encontraron a la máxima calidad en pH, del primer y segundo horizonte (100%), al igual que los suelos tratados con residuos de cosecha. Sin embargo, los suelos tratados con melazas solo presentaron la máxima calidad de este parámetro en el segundo horizonte. Los suelos tratados con melazas presentaron la mayor calidad en CIC del primer horizonte (70%) al igual que los suelos tratados con residuos de cosecha (Cuadro 10). Los suelos tratados con residuos de cosecha se encontraron a la máxima calidad en el contenido de materia orgánica del segundo horizonte (100%) y presentaron la mayor calidad en el contenido de materia orgánica (90%) y nitrógeno (40%) del primer horizonte. En contenido de nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico no presentaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 10).

En general el Fertiplus® generó la mejor calidad de suelos en las características morfológicas y físicas, y los residuos de cosecha generaron la mejor calidad de suelos, en las propiedades químicas.

Cuadro 10. Estado de la calidad actual, en relación a su potencial de las propiedades químicas de los suelos, de la Finca de piña 103 de la compañía Dolefil, Polomolok Filipinas.

Tratamiento	Calidad (Actual/Potencial) (%)							
	pH		M.O		N		CIC	
	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H	1 ^{er} H	2 ^{do} H
Compost	100	100	60	20	30	100	50	20
Melazas (Fertiplus®)	80	100	60	20	30	100	70	20
Residuo de Cosecha	100	100	90	100	40	100	70	20

pH: $-\log_{10}[\text{H}^+]$. **N:** Nitrógeno. **M.O:** Materia orgánica. **CIC:** Capacidad de intercambio catiónico. **1^{er} H:** Primer horizonte. **2^{do} H:** Segundo horizonte.

4. CONCLUSIONES

- La melaza es la enmienda que proporciona las condiciones morfológicas y físicas del suelo más adecuadas para el buen desarrollo del cultivo de piña en un Andosol.
- Los suelos donde se aplicó melaza (Fertiplus®) presentaron mayor efecto en el grosor del primer horizonte y en la profundidad de las raíces y los suelos tratados con residuos de cosecha presentaron la menor resistencia a la penetración. El compost no es mejor que el Fertiplus® y los residuos de cosecha.
- Los suelos tratados con melazas presentaron pH muy ácidos en comparación a los suelos tratados con las demás enmiendas, sin embargo los suelos tratados con Residuos de cosecha son los que presentaron mayor cantidad de aluminio.
- Existe diferencia en la composición de las enmiendas (melazas, compost y residuos de cosecha), donde las melazas presentaron una alta CIC y contenido de materia orgánica, pero fue la enmienda que presentó el pH más ácido. Los residuos de cosecha son similares a las melazas en contenido de materia orgánica, mientras que el compost presenta menor contenido de materia orgánica.
- Las enmiendas orgánicas y las prácticas de conservación de suelos son fundamentales para reducir la erosión. Estos dos factores mejoran la calidad de los suelos.
- La menor pérdida de suelo por erosión se presentó en el área que fue tratada con melazas, que demostró ser la enmienda orgánica de mayor calidad.
- Los suelos que presentaron mejor calidad en las profundidades de las raíces y en el grosor del primer horizonte, fueron los tratados con melazas (Fertiplus®), sin embargo los suelos tratados con residuos de cosecha presentaron la mejor calidad en nitrógeno, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis financiero para determinar la rentabilidad en el uso de las Melazas (Fertiplus®) como acidificador y mejorador de la calidad de suelos, en comparación al uso de azufre como acidificador de los suelos.
- Realizar un estudio financiero para conocer y comparar la rentabilidad del uso de estas enmiendas orgánicas como mejoradoras de las características físicas y morfológicas del suelo.
- Establecer un plan de uso y dosificación de materia orgánica de acuerdo al nivel de degradación de los suelos. Siendo utilizadas las Melaza (Fertiplus®) en las áreas más degradadas, el residuo de cosecha en áreas de mediana degradación y el compost en las áreas donde el impacto de degradación es menor.
- Realizar este mismo estudio en diferentes Fincas de piña de la compañía Dolefil para establecer el uso de las enmiendas orgánicas, en relación a la calidad de suelo.
- Realizar este estudio en áreas controladas, conociendo el estado actual de suelo y compararlo al culminar el estudio.

6. LITERATURA CITADA

- Ascough, J. C., y D. C. Flanagan. 2001. Soil Erosion Research For The 21st Century. Honolulu, Hawaii: American Society of Agricultural Engineers. p 713.
- Bartholomew, D.P., R.E. Paull., y K.G. Rohrbach. 2003. The Pineapple. Botany, Production and uses. Hawaii: University of Hawaii at Manoa Honolulu. USA. CABI Publishing. 320 p.
- Batjes, N. 2000. Soils Vulnerability to diffuse pollution in central and eastern Europe. Roma, Italia: FAO and ISRIC.
http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/SOVEUR_Rep2000_03.PDF
- Blanquer, Juan; Sara, Ibáñez., y Hector, Moreno. 2012. Factor K de la Ecuación Universal de pérdida de suelo. Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. 9 p
- Bot, A., y J. Benites. 2005. The importance of soil organic matter. Roma: FAO. 80. ISSN0253-2050. 95p.
- Bremer, J. M. 1996. Nitrogen-Total. Methods of Soil Analysis. D.L Sparks., A. L. Page., P. A. Helmke., R. H. Loeppert., P. N. Soltanpour., M. A. Tabatai. C. T. Johnston., M. E. Sumner. Soil Science Society Inc. USA. 1085-1122.
- Broquen, P., F. Candan., G. Falbo. 2002. Pinus Ponderosa Dougl, Effect in soil reaction in southwestern Neuquén, Argentina. Bosque (Valdivia), 2002, vol.23, no.1, p.47-59. ISSN 0717-9200.
- Bulgariu, D., C. Rusu., L. Bulgariu., Y. I. C. Stângă. 2007. Mineralogy and geochemistry of andosols from Gurghiu Mountains. Scientific Papers Journal of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Iasi-series Agronomy (50), 113-128.
- Climatetemp. 2013. Climate, Average Weather of Philippines Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.philippines.climatemps.com/>
- Cooperband, L. 2002. Building Soil Organic Matter with Organic Amendments. University of Wisconsin-Madison: Center for Integrated Agricultural Systems. 16 p.
- Donald L.S. 1996. Mehlich-III. Methods of Soil Analysis. USA. D.L Sparks., A. L. Page., P. A. Helmke., R. H. Loeppert., P. N. Soltanpour., M. A. Tabatai. C. T. Johnston., M. E. Sumner. Soil Science Society Inc. 2(5). 758-780.

- Ellies, A. 2000. Soil erosion and it's control in Chile-An overview. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia Chile. Acta geológica obtenida vía internet. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=143722>
- FAO. 2006 a. Guidelines for Soil Description. Roma: Food and Agriculture Organization of the United States Nations. Cuarta edición por la FAO. Obtenido en internet. ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf
- FAO. 2006 b. World reference base for Soil resources. Roma, Italia. Obtenido en línea. Reporte 103 de la FAO. <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr103e.pdf>
- FAO. 1998. Top-Soil Characterization for Sustainable Land Management. Roma. Land and Water Development Division Soil Resources, Management and conservation service.
- Franzlubbers, A. J. y R. L. Haney. 2006. Assessing Soil Quality in Organic Agriculture. USDA. USA. Agricultural Research Service. 17 p.
- Gauggel, R. C., G. E. Arévalo V., y R. Barahona, F. 2009. Índices de calidad para las propiedades morfológicas, físicas y químicas. Memorias del XVIII congreso latinoamericano de la ciencia del suelo, y VI congreso nacional de suelos. Asociación costarricense de la ciencia del suelo. 52 p.
- Gauggel, C. 2014. Soil Quality Indices for Morphological, Physical And Chemical Conditions For Pineapple Production. Polomolok, Filipinas. Reporte interno de la compañía Dolefil. Restringido. 52 p.
- Gauggel, C. y J. Sangalang. 2012. Soil Conservation Manual For Pineapple Production, Dolefil. Polomolok Filipinas. Reporte interno de la compañía Dolefil. Restringido. 25 p.
- Haigh, M. J. 2011. Land Rehabilitation. Land Cover and Soil Sciences. Oxford: Encyclopedia of Life Support Systems. 10 p.
- Hernández. 2010. Manual de buenas prácticas ambientales en Costa Rica. Costa Rica. Tribunal Ambiental Administrativo. 30 p.
- Hicks, D. H., y T. Anthony. 2001. Soil Conservation: Technical Handbook. Wellington, New Zealand: New Zealand Association of Resource Management. Obtenido de internet. <http://www.mfe.govt.nz/publications/land/soil-conservation-handbook-jun01/soil-conserv-handbook-jun01.pdf>
- Higa, T., y G. N. Wididana. 1991. The concept and theories of effective microorganisms. In Proceedings of the first international conference on Kyusei nature farming. US Department of Agriculture, Washington, D.C. USA. 118-124.
- Lefèvre, V. 2012. Soil conservation practices in organic farming: overview of French farmers, experiences and contribution to future cropping systems design. Grignon, France. Obtenido vía internet. Consultado en febrero del 2014. http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2012/IFSA2012_WS6.3_Lefevre.pdf

- Leng, L. Y., O. Haruna., H. Mumahamad., y Boyei M. 2009. Organic Matter, Carbon and Humic Acids in Rehabilitated and Secondary Forest Soils. *American Journal of Applied Sciences* 6(5). p 824-828.
- Magdoff, F. y R. Weil. 2004. *Soil Organic Matter In Sustainable Agriculture*. Washington D.C.: CRC PRESS. 524 p.
- Marshall, T. J., J. W. Holmes., y C. W Rose. 1996. *Soil physics*. Cambridge University Press. Consultado vía internet en octubre del 2014.
<http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/earth-and-environmental-science/soil-science/soil-physics-3rd-edition>
- Morgan, R. 2005. *Soil Erosion and Conservation*. MaldenUSA: Blackwell Science Ltd. Libro en línea Obtenido de la internet. Consultado en mayo del 2014.
http://books.google.hn/books?hl=en&lr=&id=j8C8fFiPNOkC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Soil+Erosion+and+Conservation.+Malden+USA:+Blackwell+Science+Ltd&ots=wnJ2HYTfif&sig=CaXs3ZbUf0XIyfsAiO_s4X6Wo&redir_esc=y#v=onepage&q=Soil%20Erosion%20and%20Conservation.%20Malden%20USA%3A%20Blackwell%20Science%20Ltd&f=false
- Munsell, A. H. 1950. *Munsell book of color*.
- Nelson, D. y L. Sommer. 1996. *Total Carbon, Organic and Organic Matter. Methods of Soil Analysis*. USA. D.L Sparks., A. L. Page., P. A. Helmke., R. H. Loeppert., P. N. Soltanpour., M. A. Tabatai. C. T. Johnston., M. E. Sumner. *Soil Science Society Inc.* 2(5). 961-1010.
- Olivares B. K. Verbist., D. Lobo., R. Vargas., y O. Silva. 2011. Evaluation of the USLE Model to Estimate Water Erosion in an Alfisol. *Journal of soil science and plant nutrition* 11.2 (2011): 72-85.
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162011000200007.
- Okur. 2007. Organic Amendment based on tobacco waste compost and farmyard manure: Influence on soil Biological properties and butter-Head Lettuce Yiel. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2). 91-99.
- Pettit, R. E. 2004. *Organic Matter, Humus, Humate, Humic Acid, Fulvic Acid And Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health*. CTI Research. 17 p.
- Ritchie, G. S. P. y P. J. Dolling (1985). The role of organic matter in soil acidification. *Soil Research*, 23(4), 569-576.
- Spark. *Methods of Soil Analysis*. USA. D.L Sparks., A. L. Page., P. A. Helmke., R. H. Loeppert., P. N. Soltanpour., M. A. Tabatai. C. T. Johnston., M. E. Sumner. *Soil Science Society Inc.* 508-758

- Sumner, M., y W. Miller. 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. Methods of Soil Analysis. USA. D.L Sparks., A. L. Page., P. A. Helmke., R. H. Loeppert., P. N. Soltanpour., M. A. Tabatai. C. T. Johnston., M. E. Sumner. Soil Science Society Inc. 2(5). 991-1010.
- Takahashi, T. y S. Shoji. 2002. Distribution and Classification of Volcanic Ash Soils. Obtenido vía internet Consultado en febrero del 2014
- http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/486016main_Takahashi.pdf
- Tan, K. H. 2009. Environmental Soil Science. New York: Taylor& Francis Group, LLC. 600 p.
- Thomas, G. W. 1996. Soil pH and Acidity. Methods of Soil Analysis. D.L Sparks., A. L. Page., P. A. Helmke., R. H. Loeppert., P. N. Soltanpour., M. A. Tabatai. C. T. Johnston., M. E. Sumner. Soil Science Society Inc. 475-490.
- Wikipedia. 2014. Imagen Obtenida vía internet. Consultado el 14 de mayo del 2014. https://en.wikipedia.org/wiki/South_Cotabato. 2014. Imagen de South Cotabato.
- Wischmeier, W. H., y D. D Smith. 1965. Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of The Rocky Mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington D.C. agriculture handbook 282. USDA. 49 p.
- Wiseman, P. E., S. D Day., y J.R Harris. (2012). Organic amendment effects on soil carbon and microbial biomass in the root zone of three landscape tree species. *Arboriculture and Urban Forestry*, 38, 262.