



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE DOS FORMAS  
DE COMPOSTAJE GENERADOS A PARTIR DE RESIDUOS  
DE LA INDUSTRIA PALMITERA APROPAL – DISTRITO DE  
CAYNARACHI, 2019.**

**AUTOR: Bach. Ever Tarrillo Julca**

**ASESOR(A): Ing. Ligia Magali García Rosero, PhD.**

Reg.(...)

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por cuidar siempre de mí y mi familia y ser fuente de esperanza en momentos de añoranza.

A mis padres, Darío Tarrillo Díaz y Luisa Julca Arévalo, por su amor, confianza, trabajo y apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera profesional. A mi hermano Elmer Tarrillo Julca, por su motivación para seguir siempre adelante.

Ever Tarrillo Julca

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a Dios por ser fuente de esperanza en momentos de dificultad y debilidad. A mis padres por su apoyo incondicional, que gracias a ellos puedo sentirme dichoso y contento.

A la Ing. Ligia Magali García Rosero, PhD., que merece un reconocimiento especial por su gran asesoramiento en este trabajo de investigación, que gracias a sus consejos y correcciones he logrado culminar con éxito esta investigación.

Al Instituto de Investigación Para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), por haberme permitido formar parte de su institución.

A la Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda. por haberme permitido realizar parte de mis actividades que me ayudaron a cumplir con la ejecución de esta investigación.

Al Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG), por haber permitido realizar mis evaluaciones correspondientes.

A familiares y amigos(as) que creyeron en mí y aportaron en mi formación profesional.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO  
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

**Rector**

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN

**Vicerrector Académico**

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

**Vicerrectora de Investigación**

Ing. MSc. ERICK ALDO AUQUIÑIVÍN SILVA

**Decano de la Facultad**

**de la Ingeniería y Ciencias Agrarias**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **“Caracterización físico-química de dos formas de compostaje generados a partir de residuos de la industria palmitera APROPAL – distrito de Caynarachi, 2019.”**, del Bachiller en Ingeniería Agrónoma egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM-A.

▪ **Bach. Ever Tarrillo Julca**

El docente de la UNTRM-A que suscribe da su visto bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al Tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

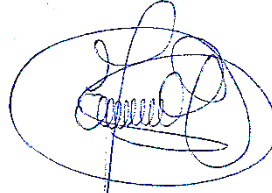
Chachapoyas 28 de febrero del 2020



---

**Ing. Ligia Magali García Rosero, PhD**  
**Docente de la UNTRM-A**

## JURADO EVALUADOR DE TESIS



---

Ing. Mg. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

**Presidente**



---

Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández

**Secretario**



---

Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

**Vocal**



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA  
OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 31 de Agosto del año 2020, siendo las 16:00 horas, el aspirante TARRILLO JULCA EVER defiende en sesión pública la tesis titulada: "CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE DOS FORMAS DE COMPOSTAJE GENERADOS A PARTIR DE LA INDUSTRIA PALMITERA APROPAL- DISTRITO CAYNARACHI, 2019", para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el jurado evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. MSc. Segundo Manuel Oliva Cruz  
Secretaria: Ing. Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández  
Vocal: Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado Evaluador determinó la calificación concedida de la Tesis para obtener el Título Profesional en términos de:

Aprobado ( X ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:10 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

Chachapoyas, 31 de Agosto de 2020

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: .....



**ANEXO 3-K**

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo Ever Tarrillo Julca  
identificado con DNI N° 45621684 Estudiante( )/Egresado (x) de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Agrónoma de la Facultad de:  
Ingeniería y Ciencias Agrarias  
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

1. Soy autor de la Tesis titulada: "CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA DE DOS  
FORMAS DE COMPOSTAIE GENERADOS A PARTIR DE LA INDUSTRIA  
PALMITERA APROPAL - DISTRITO CAYNARACHI, 2019"

que presento para  
obtener el Título Profesional de: Ingeniero Agrónomo.

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 20 de agosto de 2020

Firma del(a) tesista



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS.....	v
JURADO EVALUADOR DE TESIS .....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE LO PLAGIO.....	vii
ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	viii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
I.    INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Objetivos.....	17
II.   MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
2.1. Ubicación del campo experimental.....	18
2.2. Componentes.....	19
2.3. Ejecución del experimento .....	29
2.4. Evaluaciones realizadas.....	21
2.5. Metodología.....	27
III.  RESULTADOS .....	31
3.1. Características físicas de los parámetros evaluados en el compost .....	31
3.2. Características químicas de los parámetros evaluados en el compost .....	35
3.3. Análisis de comparación de los valores obtenidos en los tratamientos con las necesidades de <i>Pleurotus</i> sp. ....	73
IV.  DISCUSIÓN .....	77
V.   CONCLUSIONES.....	82
VI.  REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
ANEXOS .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b> Métodos usados en el análisis de cada parámetro.....	26
<b>Tabla 02.</b> Descripción de factores y tratamientos .....	27
<b>Tabla 03.</b> Cuadro ANOVA .....	28
<b>Tabla04.</b> Análisis de varianza para cambios de temperatura en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado durante el proceso de compostaje .....	31
<b>Tabla 05.</b> Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	33
<b>Tabla 06.</b> Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	33
<b>Tabla 07.</b> Análisis de Varianza para el contenido de celulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	35
<b>Tabla 08.</b> Análisis de Varianza para el contenido de celulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	36
<b>Tabla 09.</b> Análisis de varianza para el contenido de hemicelulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	38
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza para el contenido de hemicelulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	38
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza para el contenido de lignina en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	40
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza para el contenido de lignina en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	41
<b>Tabla 13.</b> Análisis de Varianza para valores de pH en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.....	43
<b>Tabla 14.</b> Análisis de Varianza para valores de pH en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.....	43
<b>Tabla 15.</b> Análisis de Varianza para el contenido de M.O en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	45
<b>Tabla 16.</b> Análisis de Varianza para el contenido de M.O en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	46
<b>Tabla 17.</b> Análisis de Varianza para el contenido de carbono en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	48
<b>Tabla 18.</b> Análisis de Varianza para el contenido de carbono en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	48
<b>Tabla 19.</b> Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	50
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	51

<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para el contenido de fósforo en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	53
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza para el contenido de fósforo en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 130 días de compostaje .....	53
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza para el contenido de potasio en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	55
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza para el contenido de potasio en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	56
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza para C.E en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.....	58
<b>Tabla 26.</b> Análisis de varianza para C.E en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.....	58
<b>Tabla 27.</b> Análisis de varianza para el contenido de $Ca^{+2}$ en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	60
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza para el contenido de $Ca^{+2}$ en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.....	61
<b>Tabla 29.</b> Análisis de varianza para el contenido de $Mg^{+2}$ en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	63
<b>Tabla 30.</b> Análisis de varianza para el contenido de $Mg^{+2}$ en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	63
<b>Tabla 31.</b> Análisis de varianza para el contenido de $Na^{+}$ en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	65
<b>Tabla 32.</b> Análisis de varianza para el contenido de $Na^{+}$ en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje .....	66
<b>Tabla 33.</b> Análisis de varianza para la C.I.C en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje .....	68
<b>Tabla 34.</b> Análisis de varianza para el C.I.C en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.....	68
<b>Tabla 35.</b> Análisis de varianza para porcentaje de ceniza en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.....	70
<b>Tabla 36.</b> Análisis de varianza para porcentaje de ceniza en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.....	71
<b>Tabla 37.</b> Tendencias fisicoquímicas del sustrato en cada etapa .....	72
<b>Tabla 38.</b> Composición mineral de la materia prima analizada.....	73
<b>Tabla 39.</b> Resultados de contenido de nutrientes en los residuos de Palmito y de cada tratamiento en proceso de compostaje .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Ubicación geográfica del área experimental .....	18
<b>Figura 02.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la variación de temperatura en los tratamientos durante el proceso de compostaje .....	32
<b>Figura 03.</b> Valores para variación de temperatura en el proceso de compostaje.....	32
<b>Figura 04.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de humedad de cada uno de los tratamientos en dos periodos de evaluación .....	34
<b>Figura 05.</b> Valores para contenido de humedad en el proceso de compostaje .....	35
<b>Figura 06.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de celulosa en cada uno de los tratamientos en dos periodos de evaluación .....	37
<b>Figura 07.</b> Valores para contenidos de celulosa en el proceso de compostaje .....	37
<b>Figura 08.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de hemicelulosa en cada uno de los tratamientos en dos periodos de evaluación.....	39
<b>Figura 09.</b> Valores para contenido de hemicelulosa en el proceso de compostaje.....	40
<b>Figura 10.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de lignina en los tratamientos en dos periodos de evaluación .....	41
<b>Figura 11.</b> Valores para contenido de lignina en el proceso de compostaje.....	41
<b>Figura 12.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para pH en los tratamientos realizado en dos periodos de evaluación.....	44
<b>Figura 13.</b> Valores para pH en el proceso de compostaje.....	45
<b>Figura 14.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de M.O en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	47
<b>Figura 15.</b> Valores para contenidos de M.O en el proceso de compostaje .....	47
<b>Figura 16.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de carbono en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	49
<b>Figura 17.</b> Valores para contenido de carbono en el proceso de compostaje .....	50
<b>Figura 18.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de nitrógeno en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	52
<b>Figura 19.</b> Valores para el contenido de nitrógeno en el proceso de compostaje.....	52
<b>Figura 20.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de fósforo en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	54
<b>Figura 21.</b> Valores para contenido de fósforo en el proceso de compostaje .....	55

<b>Figura 22.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de potasio en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	57
<b>Figura 23.</b> Valores para el contenido de potasio en el proceso de compostaje .....	57
<b>Figura 24.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la C.E en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación.....	59
<b>Figura 25.</b> Valores para la C.E en el proceso de compostaje .....	60
<b>Figura 26.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de $Ca^{+2}$ en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	62
<b>Figura 27.</b> Valores para el contenido de $Ca^{+2}$ en el proceso de compostaje.....	62
<b>Figura 28.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de $Mg^{+2}$ en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	64
<b>Figura 29.</b> Valores para contenido de $Mg^{+2}$ en el proceso de compostaje.....	65
<b>Figura 30.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para contenidos de $Na^{+}$ en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	67
<b>Figura 31.</b> Valores para contenidos de $Na^{+}$ en el proceso de compostaje .....	67
<b>Figura 32.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para C.I.C en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación.....	69
<b>Figura 33.</b> Valores para C.I.C en el proceso de compostaje.....	70
<b>Figura 33.</b> Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para porcentaje de ceniza en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación .....	72
<b>Figura 34.</b> Valores para porcentaje de ceniza en el proceso de compostaje.....	72

## RESUMEN

La presente investigación caracterizó físico-químicamente dos formas de compostaje, generados de fuentes de residuos de palmito provenientes de la Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda. en el distrito de Caynarachi, para conocer su potencial como sustrato para la productividad de *Pleurotus* sp. Se utilizó residuos de palmito (cáscaras de palmito y puntas fibrosas) en las siguientes proporciones: M1: 100% residuos de palmito y M2: 85% residuos de palmito + 15% gallinaza, empleando dos formas de compostaje (en forma de franjas, y en forma apilada). Los resultados indicaron que, en el proceso de compostaje muestra fases: Mesófila, Termófila, Mesófila II y de Maduración, identificadas en los días 1, 6, 8 y 15 días respectivamente para todos los tratamientos. Los mejores resultados se presentaron en el tratamiento 3 (forma apilado + 100% residuos de palmito) con valores de 5.50 pH, 25.76% celulosa, 10.40% hemicelulosa, 37.04% lignina, 0.37% nitrógeno, 60.64 ppm fósforo, 3700.25 ppm potasio, 4.27% carbono, 8.20 meq/100g Ca<sup>+2</sup>, 3.74 meq/100g Mg<sup>+2</sup>, 0.19 meq/100g Na<sup>+</sup>, 7.36% M.O, 2.70 dS/m C.E., 19.93 meq/100g C.I.C. y 33.50% ceniza. El T1 (forma franjas + 100% residuos de palmito) puede ser considerado para la producción de *Pleurotus* sp, siempre y cuando sea a partir de los 15 días. Los tratamientos 2 y 4 no pueden ser considerados para la producción de *Pleurotus* sp.

Palabras clave: APROPAL, *Pleurotus* sp, *Bactris gasipaes*, gallinaza, lignina.

## ABSTRACT

The present investigation physically and chemically characterized two forms of composting, generated from sources of palm kernel residues from the Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda. In the Caynarachi district, to know its potential as a substrate for the productivity of *Pleurotus* spp. Palmetto residues (palm kernel shells and fibrous tips) were used in the following proportions: M1: 100% palmito debris and M2: 85% palmito debris + 15% chicken manure, using two forms of composting (in the form of Stripes, and in stacked form). The results indicated that, in the composting process, it shows phases: Mesophilic, Thermophilic, Mesophilic II and Maturation, identified on days 1, 6, 8 and 15 days respectively for all treatments. The best results were presented in treatment 3 (Stacked form + 100% palm kernel residues) with values of 5.50 pH, 25.76% cellulose, 10.40% hemicellulose, 37.04% lignin, 0.37% nitrogen, 60.64 ppm phosphorus, 3700.25 ppm potassium, 4.27 % carbon, 8.20 meq / 100g Ca + 2, 3.74 meq / 100g Mg + 2, 0.19 meq / 100g Na +, 7.36% MO, 2.70 dS / m CE, 19.93 meq / 100g CIC and 33.50% ash. T1 (Stripes form + 100% palm heart waste) can be considered for the production of *Pleurotus* sp, as long as it is after 15 days. Treatments 2 and 4 cannot be considered for the production of *Pleurotus* sp.

Keywords: APROPAL, *Pleurotus* sp, *Bactris gasipaes*, chicken manure, lignin.

## I. INTRODUCCIÓN

Los desechos alimentarios generan grandes cantidades de desperdicio de alimentos durante el proceso de su fabricación (García-García et al., 2018), provocando impactos ambientales, económicos y sociales directos (Morone et al., 2019). Así mismo, son materiales de gran importancia en la práctica de la agricultura orgánica, pues debidamente procesados son capaces de mejorar la calidad física, química y biológica de los suelos de cultivos (Gordillo & Chávez, 2016).

El desconocimiento de los efectos de la contaminación ambiental, la ausencia de medios suficientes para su tratamiento, así como las malas prácticas medioambientales, han tenido como consecuencia más inmediata el vertido o depósito incontrolado de los residuos, lo que a su vez ha originado la contaminación progresiva de muchos suelos ya que juegan un papel importante como almacén de residuos (Gordillo y Chávez, 2016)

En las actividades agrícolas se generan muchos desechos de origen vegetal los cuales tienen cerca de un 70 % de celulosa y lignina, estos desechos agroindustriales con un alto contenido lignocelulósico presentan dificultad para degradarse, sin embargo, existen en la naturaleza gran cantidad de microorganismos que utilizan estos compuestos como fuente de nutrición y algunos de ellos son usados como alternativa para la alimentación mundial (Fernández, 2014; citado por Guzmán, 2018). Por consiguiente, en la mayoría de las agroindustrias palmiteras tienen una alta tasa de generación de residuos sólidos, entre los cuales el 98% son biodegradables y el 2% no lo son (Yañez et al., 2007).

Actualmente en la selva peruana, la expansión de los cultivos comerciales “extractivos” está asociada no sólo con la deforestación, sino con la reducción de la agrobiodiversidad y cambios en el acceso a los alimentos (Blundo-Canto et al., 2020). Por ejemplo, la agro industria del palmito, obtenido de la palmera *Bactris gasipaes*, nombre local pijuayo en la selva peruana.

En el Perú se exportó 3640.95 toneladas en el año 2019, de los cuales, el 80% (2912 toneladas) fueron producidas por la empresa Caynarachi, seguida de las 509.73



toneladas producidas por la Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda (Koo, 2020). Esta empresa generó 178.41 toneladas de residuos agroindustriales de palmito en el mismo año.

Los residuos que se generan en la Cooperativa Agroindustrial del Palmito - APROPAL Ltda., son desechos que, si no son manejados adecuadamente, generan problemas ambientales y sociales, estos desechos se caracterizaron, teniendo tres tipos de residuos como son: cáscaras de palmito, puntas fibrosas y la yuca (parte basal del palmito), a su vez estos desechos orgánicos se evaluaron y manejaron para convertirlos en materias primas (sustratos) para el cultivo de *Pleurotus sp.*

Es por ello que en esta investigación se muestran las características físico-químicas para diferentes tipos de sustrato realizados a partir de desechos de palmito (*Bactris gasipaes*) y comparar con las necesidades que requiere el Cultivo de *Pleurotus sp.*

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar las características físico-química de compostaje a partir de residuos de la industria palmitera APROPAL en la Provincia de Lamas, Distrito de Caynarachi.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Identificar características físicas: Temperatura y contenidos de humedad.
- Identificar características químicas: Celulosa, hemicelulosa, lignina, pH, materia orgánica, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, conductividad eléctrica,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^{+}$ , capacidad de intercambio catiónico y ceniza.
- Comparar los valores obtenidos en los tratamientos con las necesidades de *Pleurotus sp.*

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación del campo experimental

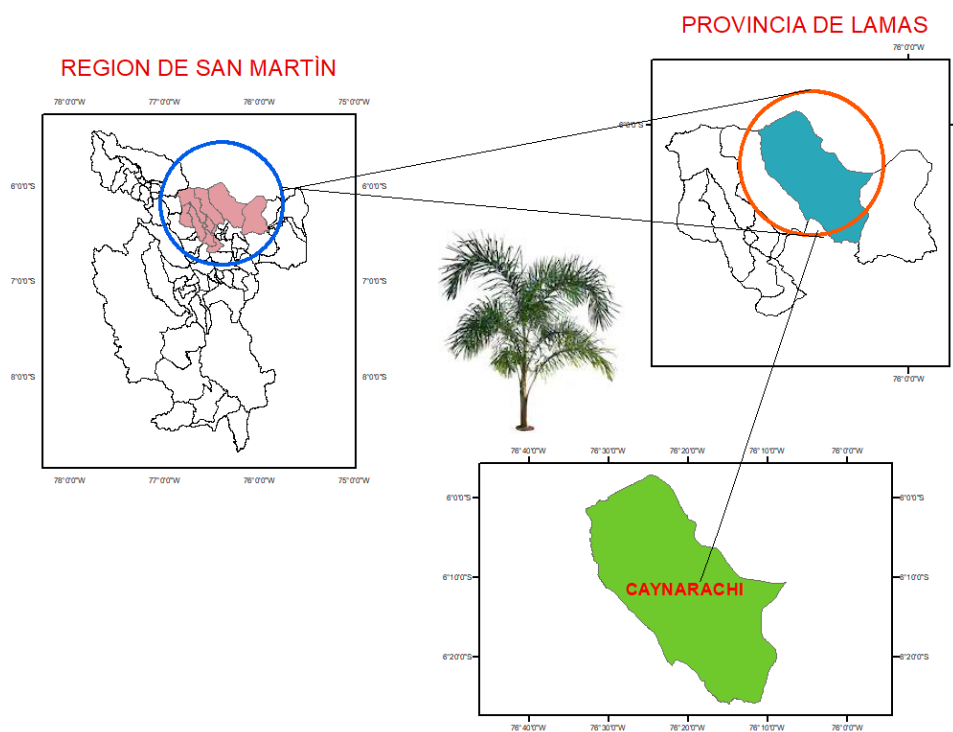
El experimento se realizó en la Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda. ubicada en el Km 84, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry en el tramo Tarapoto – Yurimaguas.

#### 2.1.1. Ubicación geográfica

Latitud sur :  $6^{\circ}07'26''S$   
Longitud oeste :  $76^{\circ}16'39''W$   
Altitud : 162 msnm

#### 2.1.2. Ubicación política

Región : San Martín  
Provincia : Lamas  
Distrito : Caynarachi  
C.P.M. : Alianza  
Lugar : Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda.



**Figura 1:** Ubicación geográfica del área experimental.

## 2.2. Componentes

### 2.2.1. Historia de campo experimental

El área donde se realizó el trabajo de investigación pertenece a la Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda., consta de un galpón de 132 m<sup>2</sup>, construido de horcones de madera y un techo de calamina. Ubicado aproximadamente a 100 m del área donde se realiza el procesamiento para la obtención del palmito.

## 2.3. Ejecución del experimento

### 2.3.1. Características del experimento

Teniendo en cuenta el diseño experimental (4 tratamientos y 6 observaciones), cada unidad experimental tuvo una cantidad de 50 kg de residuos orgánicos distribuidos en dos formas de compostaje y en dos tipos de mezclas:

- **Forma Apilada:** Consistió de un área de 0.80 metros de ancho x 0.80 metros de largo, donde se depositó los 50 kg de residuos debidamente homogeneizados.
- **Forma de Franjas:** Esta forma de compostaje consistió en un área de 0.60 metros de ancho x 1.40 metros de largo, donde se depositó los 50 kg de residuos debidamente homogeneizados.
- **Mezcla 100 % de residuos de palmito:** Para este tipo de mezcla se utilizó solo 50 kg de residuos de palmito (cáscaras de palmito y puntas fibrosas) debidamente picados y homogeneizados.
- **Mezcla 85% de residuos de palmito y 15% de gallinaza:** Para este tipo de mezcla se utilizó 42.5 kg de residuos de palmito picados (cáscaras de palmito y puntas fibrosas) y 7.5 kg de gallinaza. Debidamente homogeneizados.

### 2.3.2. Preparación y limpieza del área experimental

Se realizó el reconocimiento del área, galpón de 132 m<sup>2</sup> con horcones de madera y techo de calamina. Se hizo la limpieza con ayuda de un machete y una palana, sacando toda la maleza y dejando el área lista para la instalación del experimento.

### **2.3.3. Tipos de residuos de palmito**

Se recolectaron los residuos generados en la Cooperativa APROPAL Ltda. que se desechan del proceso del palmito, observando los tipos de residuos que se podría usar para el compostaje. Llegando a caracterizar tres tipos de residuos: Cáscaras de palmito, puntas fibrosas y la yuca.

### **2.3.4. Selección y recolección de materiales**

En esta actividad de selección del material de los desechos del palmito, permitió usar residuos apropiados para el proceso de compostaje, de tal manera que se usó cáscaras de palmito y puntas fibrosa.

Con respecto a la gallinaza que se utilizó, este fue recolectado de una granja ubicada en el mismo distrito de Caynarachi, el cual se encontraba inactivo.

### **2.3.5. Muestreo y análisis de los residuos de palmito y gallinaza**

Se realizó un análisis de los materiales a compostar, el cual nos permitió conocer las principales características iniciales del material.

### **2.3.6. Traslado y picado de los residuos de palmito**

Los residuos se trasladaron al lugar de instalación, y con respecto a los desechos del palmito que se usó (cáscaras de palmito y puntas fibrosas) se picaron en trozos de 2 a 5 cm con la ayuda de un machete, con la finalidad de que el material se descomponga con mayor facilidad y rapidez.

### **2.3.7. Preparación del compostaje**

Una vez listo el área del galpón y los residuos a utilizar en el compostaje, se procedió a la instalación de cada una de las unidades experimentales:

Se comenzó con el tratamiento que contenía 100 % residuos de palmito (entre cáscaras de palmito y puntas fibrosas), se pesó 50 kg de estos residuos para cada unidad experimental, luego se vació en el tratamiento de forma Apilada (0.80 metros x 0.80 metros) dándole una forma de cono. Luego, se procedió con el tratamiento en forma de Franjas (0.60 metros de ancho x 1.40 metros de largo).

A continuación, se procedió con el tratamiento que contenía 85 % residuos de palmito + 15 % gallinaza (42.5 kg de residuos de palmito + 7.5 kg de gallinaza) respectivamente, que fueron mezclados homogéneamente, luego

ser depositados en los tratamientos de formas de compostaje con las mismas dimensiones anteriores.

#### **2.3.8. Volteos del compostaje**

Esta actividad se realizó semanalmente con ayuda de una palana, volteando cada pila de compostaje para lograr una mejor aireación y reducir la temperatura, tratando de que quede con las mismas características de los tratamientos de forma de compostaje (Franjas y Apilado)

#### **2.3.9. Recolección de muestras**

Se recolectaron un total de 48 muestras sólidas, 24 muestras a los 15 días de compostaje y 24 adicionales a los 30 días. Una cantidad de 0.5 kg para la caracterización físico-química de esta investigación.

### **2.4. Evaluaciones realizadas**

#### **2.4.1. Temperatura**

Para la toma de temperatura se realizó con un termómetro digital adecuado para compost, esta actividad se realizó con una frecuencia diaria y tomando la temperatura del centro de la pila del compostaje.

#### **2.4.2. Humedad**

La determinación de esta variable, se realizó en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas – LABISAG de la UNTRM-A, tomando una muestra representativa de cada tratamiento, se hizo el respectivo pesado en húmedo y luego se puso en una estufa a 50 °C por 48 horas y finalmente se realizó el pesado de la muestra seca. (A.O.A.C., 1984) citado por (Abarca, 2015). Para el cálculo del porcentaje de humedad se determinó con la siguiente fórmula:

Fórmula 01.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P<sub>i</sub> = Peso inicial de la muestra (muestra húmeda)

P<sub>f</sub> = Peso final de la muestra (muestra seca)

### 2.4.3. Cenizas

La evaluación de este parámetro, se determinó mediante la eliminación de materia orgánica por calcinación a 600 °C por 3 horas (método 702.02-2011) según la A.O.A.C. Y para el cálculo se realizó con la siguiente fórmula:

Fórmula 02.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P - p}{M} \times 100$$

Donde:

P = Peso del crisol con las cenizas (g)

p = Peso del crisol vacío (g)

M = Masa de la muestra (g)

### 2.4.4. Determinación de FIBRA DETERGENTE ÁCIDO (FDA)

La determinación de FDA se realizó por el método de ANKOM. Method N° 5 Acid Detergent Fiber in feed. Filter bags technique. (Abarca, 2015; Jaurena & Wawrzkievicz, 2009). Procedimiento que se siguió fue:

1. Con un marcador resistente a solventes, se numeró las bolsas de filtro que se usó durante el análisis de fibra.
2. Se pesó y registró el peso de cada bolsa de filtro vacía (P1).
3. Se pesó 0.5 g de muestra molida y secada a 65 °C (P2), también se pesó una bolsa de filtro y se digirió para determinar el blanco (C1).
4. Se selló las bolsas a menos de 4 mm del borde abierto, cuidando que el lado interno de las mismas esté bien limpio.
5. Se distribuyeron las muestras uniformemente dentro de las bolsas.
6. Se agregó 1500 ml de solución de detergente ácido dentro del vaso de digestión.
7. Se calentó hasta 90-100°C la solución de detergente dentro del vaso digestor antes de colocar las muestras.
8. Se puso las bolsas en la gradilla y una vez caliente la solución, la colocamos en el vaso digestor.

9. Después de 60 minutos se detuvo la agitación y el calentamiento, liberamos la solución.
10. Agregamos aproximadamente 2000 ml de agua destilada a 70-90°C. Luego agitamos por 5 min. Liberamos el agua y repetimos el procedimiento dos veces más o hasta obtener pH neutro en el agua de lavado descartada.
11. Se sacó las bolsas del digestor y extraemos el exceso de agua de las mismas presionando con los dedos.
12. Se dejó secar las bolsas en la estufa a 65 °C por 24 h, luego completamos el secado a 105°C durante 4 h.
13. Se colocó las bolsas en desecador por media hora hasta su enfriamiento.
14. Se pesó y registró el peso de las bolsas con su muestra procesadas.  
(P3)

Par calcular la FDA se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula 03.

$$\% FDA = \frac{100 \times (P_3 - (P_1 \times C_1))}{P_2}$$

Donde:

P<sub>1</sub> = Peso de la bolsa de filtro.

P<sub>2</sub> = Peso de la muestra

P<sub>3</sub> = Peso seco de la bolsa de filtro con fibra.

C<sub>1</sub> = Corrección de la bolsa en blanco.

#### **2.4.5. Determinación de FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN)**

Para la determinación de FDN se realizó por el siguiente método: ANKOM (2005). Method N° 6 Neutral Detergent Fiber in feed. Filter bags technique. Procedimiento de preparación de muestras para determinar FDN (Jaurena & Wawrzkievicz, 2009).

1. Con un marcador resistente a solventes, se numeró las bolsas de filtro que usamos durante el análisis de fibra.

2. Se pesó y registró el peso de cada bolsa de filtro vacía (P1).
3. Se pesó 0.5 g de la muestra molida y secada a 65°C. (P2).
4. Sellamos las bolsas a 4 mm del borde abierto, cuidando que el lado interno de las mismas esté bien limpio para garantizar el sellado
5. Se distribuyó las muestras uniformemente dentro de las bolsas
6. Agregamos 1500 ml de solución de Detergente Neutro y 4 ml de alfa amilasa dentro del vaso de digestión del equipo de Ankom.
7. Se calentó hasta 90-100°C la solución de detergente dentro del vaso digestor antes de colocar las muestras
8. Se puso las bolsas con las muestras en la gradilla y una vez caliente la solución, se colocó en el vaso digestor.
9. Se detuvo la agitación y el calentamiento después de 60 minutos liberamos la solución.
10. Agregamos aproximadamente 2000ml de agua destilada. Se agitó por 5 min. Liberamos el agua y repetimos el procedimiento dos veces más o hasta obtener pH neutro en el agua de lavado descartada.
11. Sacamos las bolsas del digestor y extraemos el exceso de agua de las mismas presionando con los dedos.
12. En una estufa se dejó secar las bolsas a 65 °C por 24 h, luego completamos el secado a 105°C durante 4 h.
13. Se colocó las bolsas en desecador por media hora hasta su enfriamiento.
14. Se pesó y registró el peso de las bolsas con su muestra procesadas. (P3)

Formula 04:

$$\% FDA (según lo recibido) = \frac{100 \times (P_3 - (P_1 \times C_1))}{P_2}$$

Donde:

W<sub>1</sub> = Peso de tara de la bolsa

W<sub>2</sub> = Peso de la muestra

W<sub>3</sub> = Peso seco de la bolsa de filtro con fibra

C<sub>1</sub> = Corrección de la bolsa en blanco.



#### 2.4.6. Determinación de LIGNINA DETERGENTE ÁCIDA

Para la determinación de LDA se realizó por el siguiente método: ANKOM (2005). Method N° 8 Acid Detergent Lignin in beakers. Filter bags technique. (Jaurena & Wawrzkievicz, 2009).

1. Se rotuló debidamente las bolsas filtrantes.
2. Se pesó las bolsas de filtro. (P1)
3. Luego se pesó 0.5 g de la muestra molida y secada a 65°C. (P2)
4. Sellamos las bolsas lo más cercano al borde cuidando que el lado interno de las mismas esté bien limpio para garantizar el sellado.
5. Se distribuyeron las muestras uniformemente dentro de las bolsas.
6. Después de determinar FDA, se colocó las bolsas con muestra digerida dentro de un vaso de precipitados de 1 L y se agregó 250 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 72 %.
7. Se puso un vaso de 500 ml dentro del vaso de 1 L para que las muestras queden sumergidas en el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se agitó 3 veces cada 30 minutos presionando con el vaso de precipitado de 500 ml.
8. Después de tres horas sacamos el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y enjuagamos con agua destilada (90- 100°C) para remover los restos del ácido. Se repitió este procedimiento hasta que el pH esté neutro.
9. Luego enjuagamos con acetona durante 3 min para luego secar las bolsas en la estufa a 65 °C.
10. Completamos el secado en la estufa a 105 °C durante 4 horas.
11. Se dejó enfriar y se procedió a pesar las bolsas. (P3)
12. Luego se puso la bolsa en una cápsula previamente pesada (P4) y se llevó a 525°C en la mufla durante 3 horas.
13. Se enfrió en el desecador y se pesó los crisoles con la ceniza (P5).

Fórmula 05:

$$\% L. D. A = \frac{((P3-P1)-(P5-P4))}{(P2)} \times 100$$

Donde:

L.D.A = Lignina detergente ácida

P1 = Peso de la bolsa de filtro

P2 = Peso de la muestra molida

P3 = Peso de la bolsa con la muestra procesada

P4 = Peso del crisol tarado

P5 = Peso del crisol con ceniza

#### 2.4.7. Análisis de caracterización química

Para evaluar los parámetros químicos se realizó muestreos de los tratamientos a los 15 y 30 días para su respectivo análisis, esto en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas – LABISAG del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva – INDES-CES y en el laboratorio Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos del Instituto de Investigación en Ganadería y Biotecnología (IGBI), de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Utilizando la siguiente metodología:

**Tabla 1**

*Métodos usados en el análisis de cada parámetro*

<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
Celulosa, hemicelulosa y lignina.	Método de ANKOM
Materia orgánica (M.O.)	Método de Walkley y Black
Potencial de Hidrogeno (pH)	Medida en el potenciómetro: relación 1:1
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen modificado
Potasio disponible	Extracción con acetato de amonio
Relación C/N	Método de Walkley y Black
Ca <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup> , Na <sup>+</sup> , cambiables	Espectrofotometría de absorción atómica
C.I.C	Saturación con acetato de amonio
Salinidad	Medida de la Conductividad Eléctrica (C.E.)

#### 2.4.8. Análisis de la gallinaza

El estiércol de gallinaza da un buen aporte de nitrógeno (Guizado, 2018). Así mismo, menciona que el estiércol de gallinaza acumulado en fase profunda tiene 12 % - 25 % de humedad, 2.5 % - 3.5 % de nitrógeno, 2.0 % - 3.0 % de ácido fosfórico y 1.4 % - 2.0 % de potasio.

### 2.5. Metodología

#### 2.5.1. Diseño experimental

En esta investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial 2 x 2 para el proceso de compostaje (factor A: Formas de compostaje y factor B: Fuentes de residuos), donde 4 fueron los tratamientos y 6 las observaciones, teniendo un total de 24 unidades experimentales en la fase de campo.

##### 2.5.1.1. Tratamientos de estudio

Los tratamientos fueron cuatro en fase de campo, en base a formas de compostaje y fuentes de residuos orgánicos, evaluados en dos tiempos (a los 15 y 30 días de compostaje):

**Tabla 2**

*Descripción de factores y tratamientos*

FACTORES		INTERA CCIÓN	TRATAMI ENTOS
<b>A: Formas de compostaje</b>	A <sub>1</sub> : Franjas	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	T1
	A <sub>2</sub> : Apilado	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	T2
<b>B: Fuentes de residuos</b>	B <sub>1</sub> : 100 % residuos de palmito	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	T3
	B <sub>2</sub> : 85 % residuos de palmito + 15 % gallinaza	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	T4

### 2.5.2. Esquema de análisis estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + (T\beta)_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B

$T_i$  = Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor A (densidades)

$B_j$  = Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor B (variedades)

$(T\beta)_{ij}$  = Efecto producido por la interacción entre A x B

$e_{ij}$  = Representa el nivel de error con distribución  $N(0, \sigma)$

#### 2.5.2.1. Análisis de varianza de DCA.

**Tabla 3**

*Cuadro ANOVA*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.</b>
<b>Tratamientos</b>	T-1	$Sc_t$	$\frac{Sc_t}{t-1}$	$\frac{CM_t}{CM_E}$
<b>Bloques</b>	R-1	$Sc_r$	$\frac{Sc_b}{r-1}$	$\frac{CM_b}{CM_E}$
<b>A</b>	a-1	$Sc_A$	$Sc_A/(a-1)$	$\frac{CM_A}{CM_E}$
<b>B</b>	b-1	$Sc_B$	$Sc_B/(b-1)$	$\frac{CM_B}{CM_E}$
<b>AB</b>	(a-1)(b-1)	$Sc_{AB}$	$Sc_{AB}/(a-1)(b-1)$	$\frac{CM_{AB}}{CM_E}$
<b>Error</b>	ab(n-1)	$Sc_E$	$Sc_E/ab(n-1)$	
<b>Total</b>	abn-1	$Sc_T$		

### 2.5.2.2. Estadístico de prueba Fc del ANOVA

- **Sumatorias**

$$S_c = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y^2 \dots}{abn}$$

$$S_{c_T} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y^2 \dots}{abn}$$

$$S_{c_A} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a Y_i^2 - \frac{Y^2 \dots}{abn}$$

$$S_c = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b Y_j^2 - \frac{Y^2 \dots}{abn}$$

$$S_{c_{AB}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y^2 \dots}{abn} - SS_A - S_c$$

$$S_{c_E} = S_{c_T} - S_{c_{AB}} - S_{c_A} - S_{c_B}$$

### 2.5.2.3. Supuestos Básicos del Modelo

El modelo estadístico debe cumplir con los siguientes supuestos.

- **Linealidad:** Las relaciones entre los efectos del modelo son lineales.
- **Aditividad:** Los efectos del modelo son aditivos.
- **Independencia:** Los resultados obtenidos en el experimento serán independientes entre sí.
- **Normalidad:** Los errores del modelo deben tener una distribución normal con media de cero y varianza  $\sigma^2$ .
- **Homogeneidad:** las diferentes poblaciones generadas por la aplicación de los diferentes tratamientos (variedades) tienen varianzas iguales.

Nivel de significación ( $\alpha$ ) : 5 %

Nivel de confianza ( $1 - \alpha$ ) : 95 %

**2.5.2.4. Comparaciones múltiples**

Para las comparaciones múltiples se empleó la prueba de distribución Duncan al 95 % del nivel de confianza.

**2.5.2.5. Programa estadístico**

Los datos de los resultados obtenidos fueron procesados y analizados con el software InfoStat (versión 2019; Córdoba, Argentina).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados de características físicas de los parámetros evaluados en el compost.

##### 3.1.1. Parámetro: Temperatura en el proceso de compostaje

**Tabla 4**

*Análisis de varianza para cambios de temperatura en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado durante el proceso de compostaje.*

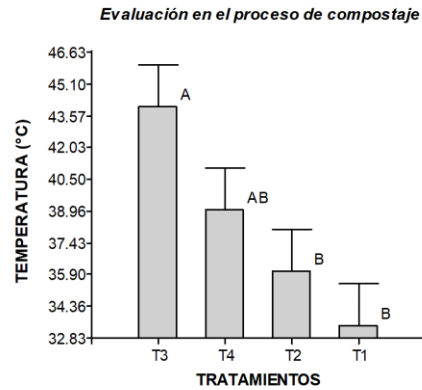
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	546.75	576.75	11.24	0.0017**
Factor B: Fuentes de residuos	1	171.76	171.76	3.53	0.0669 <sup>ns</sup>
A x B	1	16.57	16.57	0.34	0.5625 <sup>ns</sup>
Error	8	2140.39	48.65		
Total	11	2875.47			

C.V = 18.29 %

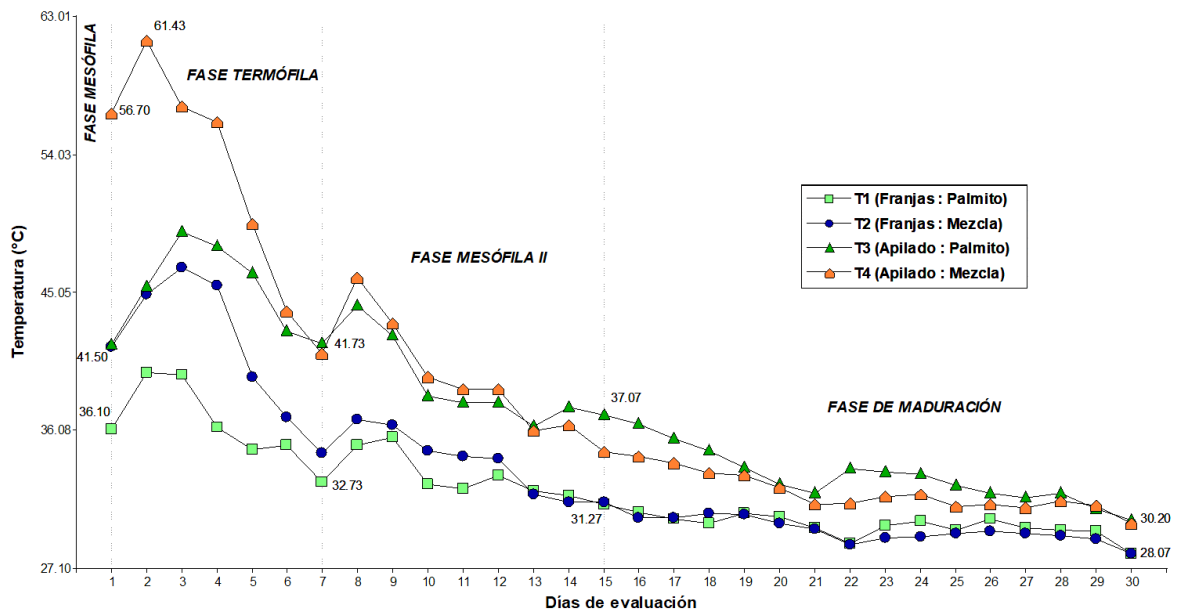
n.s= No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 4**, muestra el análisis de varianza para los cambios de temperatura en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para el Factor A (Formas de compostaje). En cambio, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para el Factor B (Fuentes de residuos) y para la interacción de los Factores (Formas de compostaje x Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 18.29 %, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para temperatura en cada tratamiento evaluado durante el proceso de compostaje (**Figura 2**), muestra que existen dos grupos estadísticos. Teniendo al T3 con mayor grado de temperatura, y el T1 con menor grado de temperatura.



**Figura 2.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la variación de temperatura en los tratamientos, evaluado durante el proceso de compostaje.



**Figura 3.** Valores para la variación de temperatura en el proceso de compostaje.

La **Figura 3**, muestra la variación de temperaturas en el proceso de compostaje. Donde observamos, que cada uno de los tratamientos alcanzó las diferentes fases que presenta un compostaje (Mesófila, Termófila, Mesófila II y de Maduración). Observando así, que el T3 (Forma: Apilado y Fuente: Mezcla: 85% palmito + 15% gallinaza) alcanzó mayor temperatura en el proceso de compostaje, y con menor temperatura el T1 (Forma franjas y fuente 100% residuos de palmito).



### 3.1.2. Contenido de humedad

**Tabla 5**

*Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	349.27	349.27	222.84	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	531.47	531.47	339.08	<0.0001**
A x B	1	36.96	36.96	23.58	0.0013**
Error	8	12.54	1.57		
Total	11	930.24			
C.V = 2.53 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*=Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 5**, muestra el análisis de varianza para el contenido de humedad de los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para la interacción (Formas de compostaje y Fuentes de residuos); para el Factores A y para el Factor B. El coeficiente de variación es 2.53%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 6**

*Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

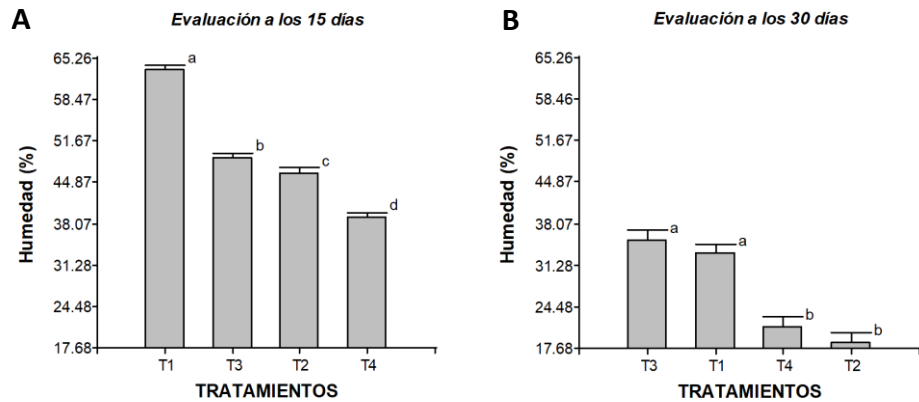
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	17.28	17.28	2.29	0.1689 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	622.08	622.08	82.34	<0.0001**
A x B	1	0.12	0.12	0.02	0.9028 <sup>ns</sup>
Error	8	60.44	7.56		
Total	11	699.92			
C.V = 10.14 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

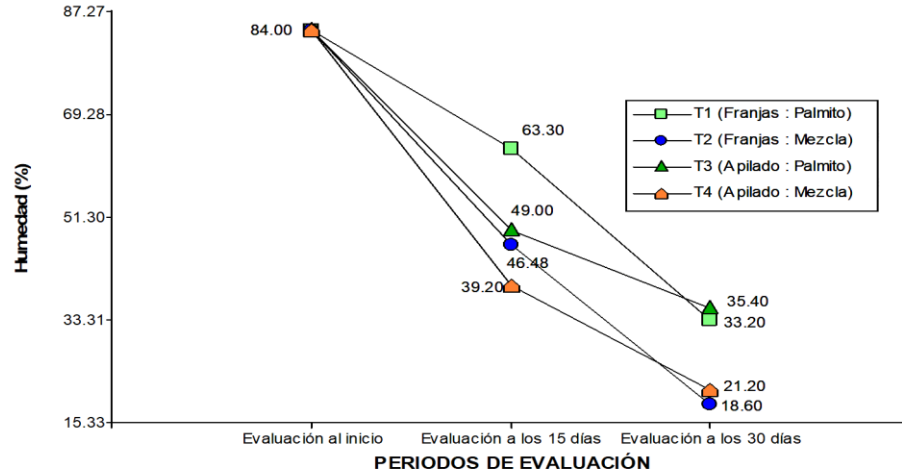
La **Tabla 6**, muestra el análisis de varianza para el contenido de humedad de los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas,

no existen diferencias estadísticas significativas para formas de compostaje y la interacción (Tratamientos). Para el Factor: Fuentes de residuos, si existen diferencias estadísticas altamente significativas. El coeficiente de variación es 10.14%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de humedad en cada tratamiento evaluado a los 15 días (**Figura 4-A**), demuestra que existen cuatro grupos estadísticos. Indicando que el T1 (Forma de franjas + 100 % residuos de palmito) tenía mayor porcentaje de humedad, y el T4 (Forma apilada + mezcla de residuos) con menor porcentaje de humedad. En la evaluación realizada a los 30 días (**Figura 4-B**) muestra la presencia de dos grupos estadísticos. Indicando al T3 y T1 en el mismo grupo y con mayor porcentaje de humedad, el T4 y T2 con menor porcentaje.



**Figura 4.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para porcentajes de humedad de cada uno de los tratamientos en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 5.** Valores para porcentajes de humedad en el proceso de compostaje.

La **Figura 5** muestra valores para porcentajes de humedad en el proceso de compostaje. En la etapa de evaluación inicial el promedio fue de 84.00 %. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje, el tratamiento 1 mostró mayor porcentaje de humedad y el tratamiento 4 menor porcentaje, con valores de 63.3 % y 39.20 % respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días, mostró una variación entre 35.40 % y 18.60% de humedad para el T3 y T2 respectivamente.

### 3.2. Características químicas de los parámetros evaluados en el compost.

#### 3.2.1. Contenidos de celulosa

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para el contenido de celulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	10.83	10.83	41.77	0.0002**
Factor B: Fuentes de residuos	1	64.87	68.87	250.19	<0.0001**
A x B	1	46.57	46.57	179.62	<0.0001**
Error	8	2.07	0.26		
Total	11	124.34			

C.V = 2.27 %

n.s = No significativo    \* = Significativo (p<0.05)    \*\* = Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 7**, muestra el análisis de varianza para el contenido de celulosa en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 2.27%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 8**

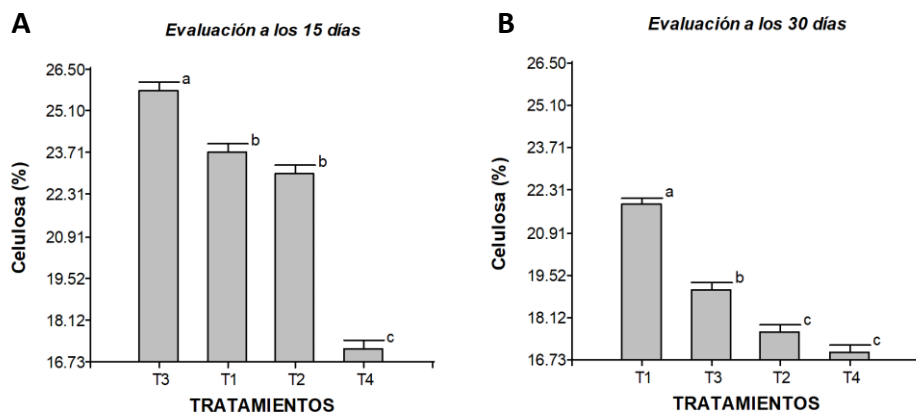
*Análisis de varianza para el contenido de celulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	9.14	9.14	57.62	0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	28.92	28.92	182.42	<0.0001**
A x B	1	3.40	3.40	21.46	0.0017**
Error	8	1.27	0.16		
Total	11	42.73			
C.V = 2.11 %					

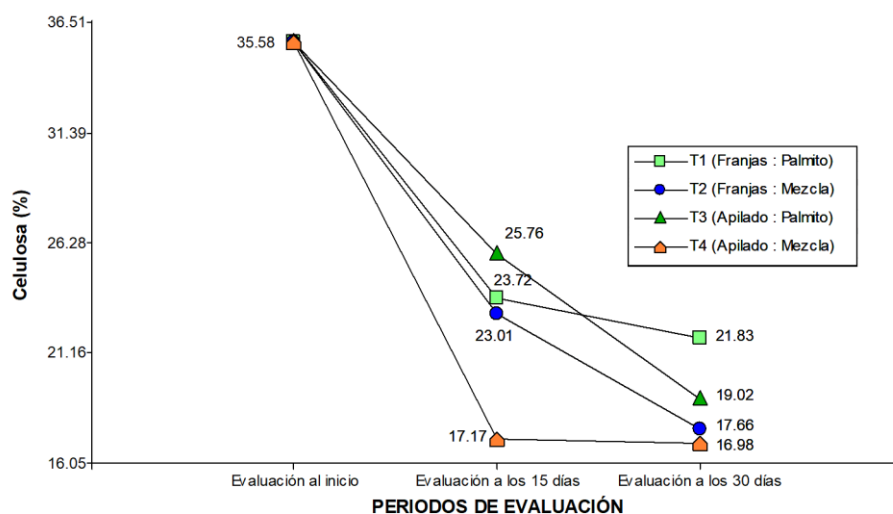
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 8**, muestra el análisis de varianza para el contenido de celulosa en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 2.11%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de celulosa en los tratamientos evaluado a 15 días de compostaje (**Figura 6-A**), muestra tres grupos estadísticos, indicando al tratamiento 3 con mayor porcentaje de celulosa. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje (**Figura 6-B**) muestra tres grupos estadísticos, indicando al T1 con mayor porcentaje de celulosa.



**Figura 6.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de celulosa en los tratamientos. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 7.** Valores para el porcentaje de celulosa en el proceso de compostaje.

La **Figura 7**, muestra los valores de celulosa en el proceso de compostaje. En la evaluación inicial el promedio fue de 35.58 % de celulosa. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje, el T3 mostró una cantidad de 25.76% de celulosa, pero en la evaluación que se realizó a los 30 días de compostaje muestra al T1 con un porcentaje de 21.83 % de celulosa, indicando una degradación de celulosa durante el proceso de compostaje.

### 3.2.2. Contenido de hemicelulosa

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para el contenido de hemicelulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	11.58	11.58	75.18	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	8.52	8.52	55.28	0.0001**
A x B	1	0.40	0.40	2.59	0.1459 <sup>ns</sup>
Error	8	1.23	0.15		
Total	11	21.73			
C.V = 3.79 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 9**, muestra el análisis de varianza para el porcentaje de hemicelulosa en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje y Fuentes de residuos. En cambio, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para la interacción de ambos factores. El coeficiente de variación es 3,79%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 10**

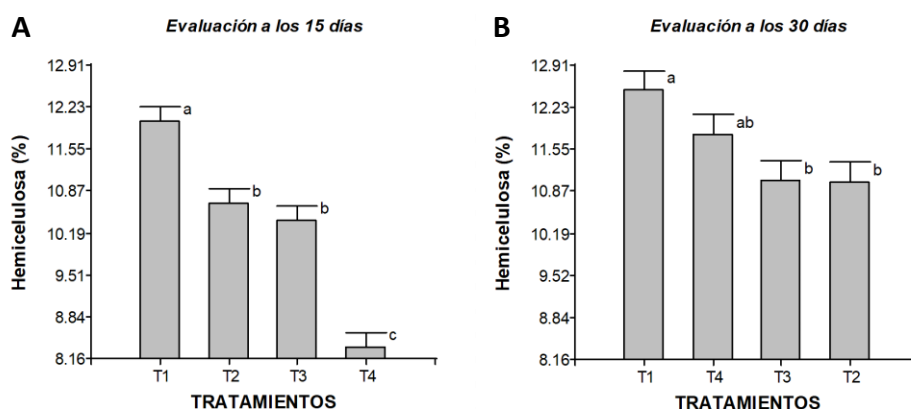
*Análisis de varianza para el contenido de hemicelulosa en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.35	0.35	1.15	0.3155 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	0.39	0.39	1.29	0.2897 <sup>ns</sup>
A x B	1	3.70	3.70	12.22	0.0081**
Error	8	2.42	0.30		
Total	11	6.85			
C.V = 4.74 %					

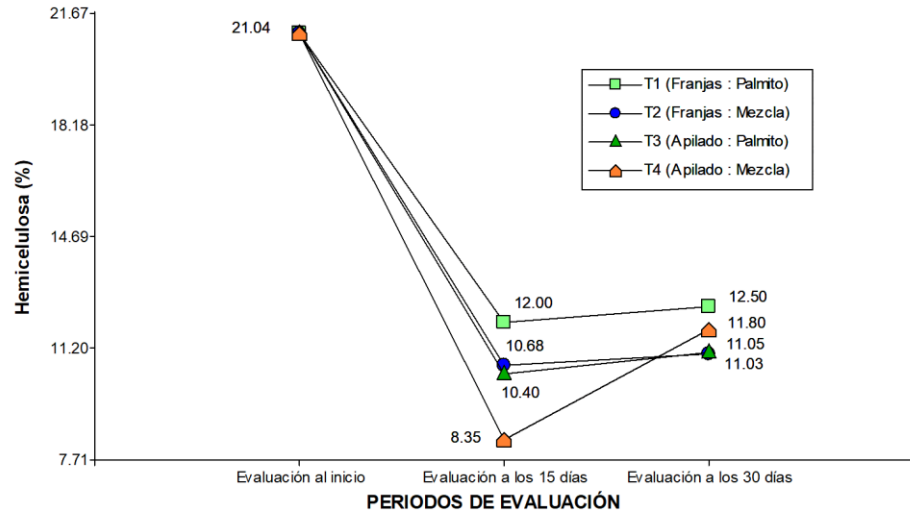
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 10**, muestra el análisis de varianza para el contenido de hemicelulosa en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje y Fuentes de residuos. En cambio, existen diferencias estadísticas altamente significativas para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 4.74%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de hemicelulosa en cada tratamiento evaluado a los 15 días de compostaje (**Figura 8-A**), muestra tres grupos estadísticos, indicando al tratamiento T1 con mayor contenido de hemicelulosa. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje (**Figura 8-B**) muestra dos grupos estadísticos, indicando a los tratamientos con mayor valor a T1 Y T4.



**Figura 8.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de hemicelulosa en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 9.** Valores para porcentajes de hemicelulosa en el proceso de compostaje.

La **Figura 9**, muestra los valores para porcentajes de hemicelulosa en el proceso de compostaje. En la etapa de evaluación inicial el promedio es de 21.04%. En la evaluación realizada a 15 días de compostaje, muestra con mayor valor promedio de 12.00% para el tratamiento T1. En la evaluación realizada a 30 días de compostaje, muestra con mayor valor al mismo tratamiento (T1) con un valor promedio de 12.50% de hemicelulosa.

### 3.2.3. Contenido de lignina

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para el contenido de lignina en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	13.17	13.17	50.04	0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	17.79	17.79	67.60	<0.0001**
A x B	1	226.81	226.81	861.98	<0.0001**
Error	8	2.11	0.26		
Total	11	259.87			

C.V = 1.31 %

n.s = No significativo    \* = Significativo (p<0.05)    \*\* = Altamente significativo (p<0.01).



La **Tabla 11**, muestra el análisis de varianza para el contenido de lignina en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 1.31%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 12**

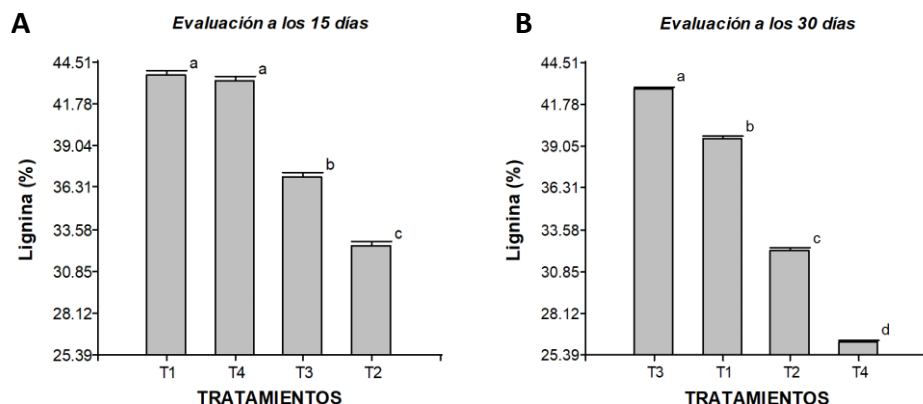
*Análisis de varianza para el contenido de lignina en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	5.92	5.92	91.04	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	427.33	427.33	6569.3	<0.0001**
A x B	1	64.17	64.17	986.50	<0.0001**
Error	8	0.52	0.07		
Total	11	497.95			
C.V = 0.72 %					

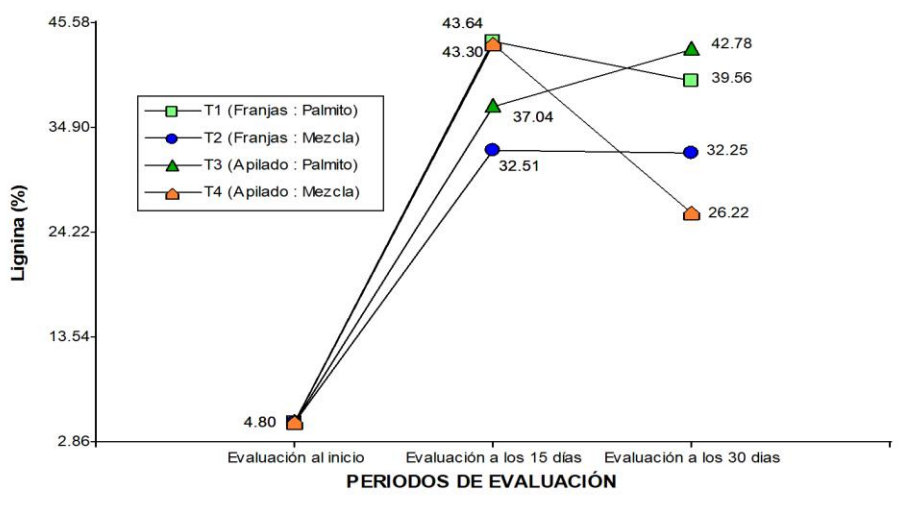
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 12**, muestra el análisis de varianza para el contenido de lignina en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 0.72%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de lignina en cada tratamiento evaluado a los 15 días de compostaje (**Figura 10-A**), muestra tres grupos estadísticos, indicando al T1 y T4 con mayor valor. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje (**Figura 10-B**) muestra cuatro grupos estadísticos, de los cuales el con mayor valor es el T3.



**Figura 10.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de lignina en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 11.** Valores para porcentajes de lignina en el proceso de compostaje.

La **Figura 11**, muestra los valores para porcentajes de lignina en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 4.80%. En la evaluación realizada a 15 días de compostaje, muestra un incremento de lignina para todos los tratamientos con valores de 43.64%, 43.30%, 37.04% y 32.51 % para los tratamientos T1, T4, T3 y T2 respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje muestra valores de 42.78%, 39.56%, 32.25% y 26.22 % para los tratamientos T3, T1, T2 y T4 respectivamente.

### 3.2.4. Potencial de hidrógeno (pH)

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para pH en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.19	0.19	18.75	0.0025**
Factor B: Fuentes de residuos	1	0.61	0.61	60.75	0.0001**
A x B	1	0.01	0.01	0.75	0.4117 <sup>ns</sup>
Error	8	0.08	0.01		
Total	11	0.88			
C.V = 1.95 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 13**, muestra el análisis de varianza para potencial de hidrógeno en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existe diferencias estadísticas significativas para la interacción de los factores. Pero, para formas de compostaje y fuentes de residuos, existen diferencias estadísticas altamente significativas. El coeficiente de variación es 1.95%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigación.

**Tabla 14**

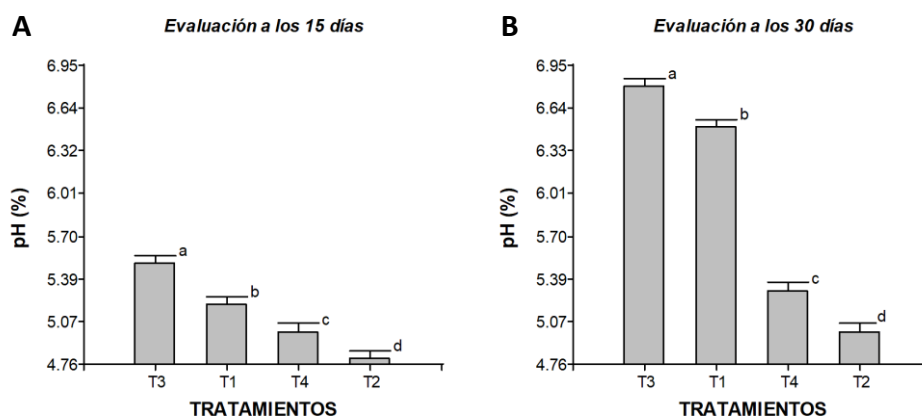
*Análisis de varianza para el pH en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.27	0.27	27.00	0.0008**
Factor B: Fuentes de residuos	1	6.75	6.75	675.00	0.0001**
A x B	1	0.00	0.00	0.00	0.9999 <sup>ns</sup>
Error	8	0.08	0.01		
Total	11	7.10			
C.V = 1.69 %					

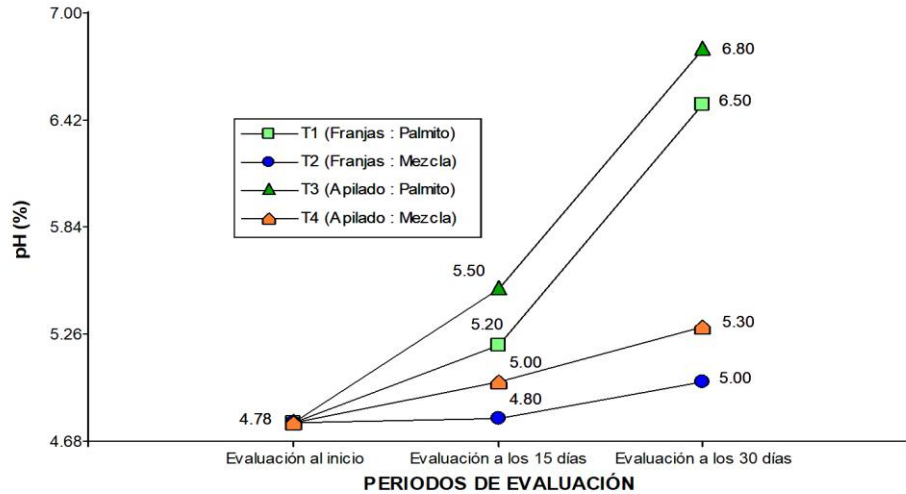
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 14**, muestra el análisis de varianza para el potencial de hidrogeno en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje y Fuentes de residuos. En cambio, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 1.69%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el potencial de hidrógeno en cada tratamiento evaluado a los 15 días (**Figura 12-A**), muestra cuatro grupos estadísticos, teniendo con mayor valor al T3 y con menor valor al T2. En la evaluación realizada a los 30 días (**Figura 12-B**) muestra de igual manera cuatro grupos estadísticos, teniendo al T3 con mayor valor de pH.



**Figura 12.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el potencial de hidrógeno en cada uno de los tratamientos en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 13.** Valores para potencial de hidrógeno en el proceso de compostaje.

La **Figura 13**, muestra los valores para el potencial de hidrógeno en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 4.78. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje alcanza valores de 5.50, 5.20, 5.00 y 4.80 para los tratamientos T3, T1, T4 y T2 respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje muestra un incremento de pH en los tratamientos con valores de 6.80, 6.50, 5.30 y 5.00 para los tratamientos T3, T1, T4 y T2 respectivamente.

### 3.2.5. Materia Orgánica (M.O.)

**Tabla 15**

*Análisis de Varianza para el contenido de M.O. en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	1.04	1.04	22.28	0.0015**
Factor B: Fuentes de residuos	1	8.67	8.67	184.96	<0.0001**
A x B	1	4.61	4.61	98.41	<0.0001**
Error	8	0.38	0.05		
Total	11	14.70			

C.V = 2.37 %

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 15**, muestra el análisis de varianza para el contenido de M.O de los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y la interacción de ambos factores. El coeficiente de variación es 2.37%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 16**

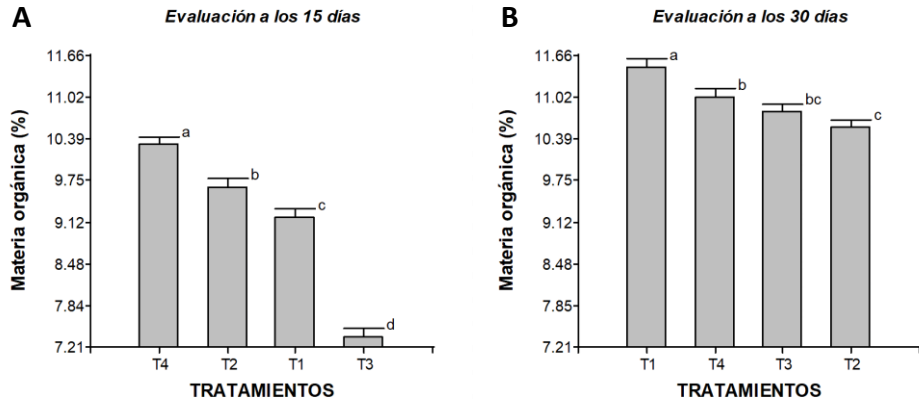
*Análisis de Varianza para el contenido de M.O. en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.04	0.04	0.93	0.3627 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	0.36	0.36	8.72	0.0184 *
A x B	1	0.99	0.99	23.84	0.0012**
Error	8	0.33	0.04		
Total	11	1.72			
C.V = 1.85 %					

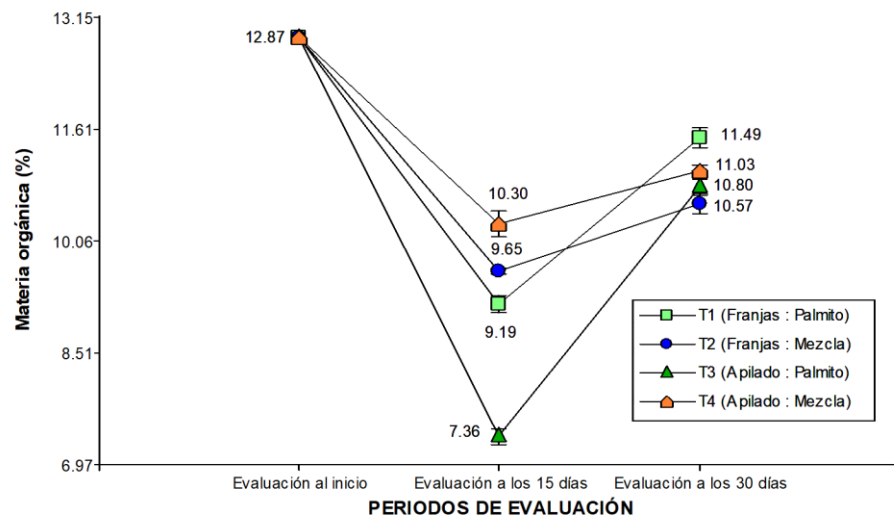
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 16**, muestra el análisis de varianza para el contenido de M.O. de los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje. Para el factor: Fuentes de residuos existen diferencias estadísticas significativas. Finalmente, la interacción de ambos factores reporta diferencias estadísticas altamente significativas. El coeficiente de variación es 2.37%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de M.O en los tratamientos, evaluados a los 15 días (**Figura 14-A**), muestra que existen cuatro grupos estadísticos, indicando el tratamiento T4 con mayor contenido de M.O. y al T3 con menor contenido de materia orgánica. En la (**Figura 14-B**), evaluado a los 30 días nos muestra tres grupos estadísticos, considerando al T1 con mayor contenido de M.O. y al T2 con menor contenido de M.O.



**Figura 14.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de M.O. en cada uno de los tratamientos en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 15.** Valores para porcentajes de M.O. en el proceso de compostaje.

La **Figura 15**, muestra los valores para porcentajes de materia orgánica en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 12.87 %. En la evaluación realizada a los 15 días observamos que el contenido de materia orgánica es de 10.30 %, 9.65 %, 9.19 % y 7.36 % para el T4, T2, T1 y T3 respectivamente. Finalmente, en la evaluación realizada a los 30 días de compostaje observamos un incremento de M.O., con un 11.49 % para el T1, y para el T4 y T3 similares estadísticamente es de 11.03 % y 10.80 % respectivamente.

### 3.2.6. Contenido de Carbono

**Tabla 17**

*Análisis de Varianza para el contenido de carbono en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.36	0.36	4.35	0.0705 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	2.91	2.91	35.44	0.0003 <sup>**</sup>
A x B	1	1.53	1.53	18.67	0.0025 <sup>**</sup>
Error	8	0.66	0.08		
Total	11	5.46			
C.V = 5.41 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 17**, muestra el análisis de varianza para el contenido de carbono en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para formas de compostaje. En cambio, para fuentes de residuos y la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos) existen diferencias estadísticas altamente significativas. El coeficiente de variación es 5.41%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 18**

*Análisis de Varianza para el contenido de carbono en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

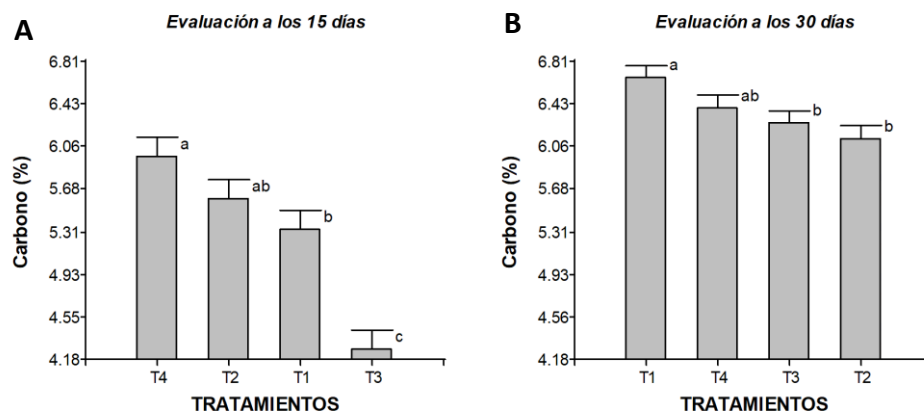
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.01	0.01	0.37	0.5593 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	0.13	0.13	3.69	0.0909 <sup>ns</sup>
A x B	1	0.34	0.34	9.86	0.0138 *
Error	8	0.27	0.03		
Total	11	0.75			
C.V = 2.90 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

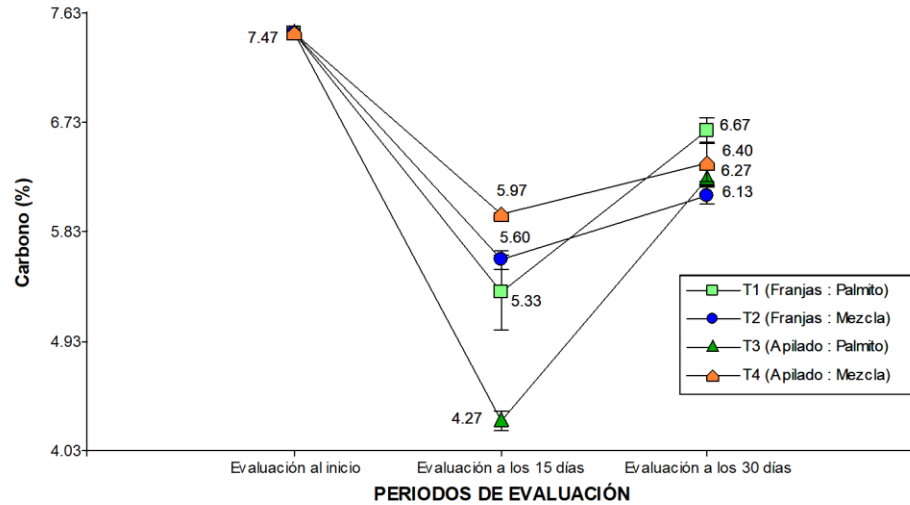


La **Tabla 18**, muestra el análisis de varianza para el contenido de carbono en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para Formas de compostaje y Fuentes de residuos. Mientras que, para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos) reporta diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación es 2.90%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de carbono en los tratamientos evaluados a los 15 días (**Figura 16-A**), muestra tres grupos estadísticos, de los cuales el T4 y T2 pertenecen a un solo grupo con mayor valor en el contenido de carbono. En la evaluación realizada a los 30 días (**Figura 16-B**) muestra dos grupos estadísticos, de los cuales los tratamientos T1 y T4 pertenecen a un solo grupo y con mayor contenido de carbono.



**Figura 16.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de carbono en los tratamientos realizado en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 30 días.



**Figura 17.** Valores para el contenido de carbono en el proceso de compostaje.

La **Figura 17**, muestra los valores para el contenido de carbono en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 7.47%. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje, muestra una variación entre 4.27% (T3) y 5.97% (T4). En la evaluación que se realizó a los 30 días muestra un incremento en el porcentaje de carbono, oscilando entre 6.13% (T2) y 6.67% (T1).

### 3.2.7. Nitrógeno total (N)

**Tabla 19**

*Análisis de Varianza para el contenido de nitrógeno en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	0.01	0.01	0.11	0.7468 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	0.01	0.01	0.08	0.7876 <sup>ns</sup>
A x B	1	0.02	0.02	0.25	0.6296 <sup>ns</sup>
Error	8	0.77	0.10		
Total	11	0.82			

C.V = 66.15 %

n.s = No significativo    \* = Significativo (p<0.05)    \*\* = Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 19**, muestra el análisis de varianza para el contenido de nitrógeno en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para formas de compostaje, fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 66.15%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 20**

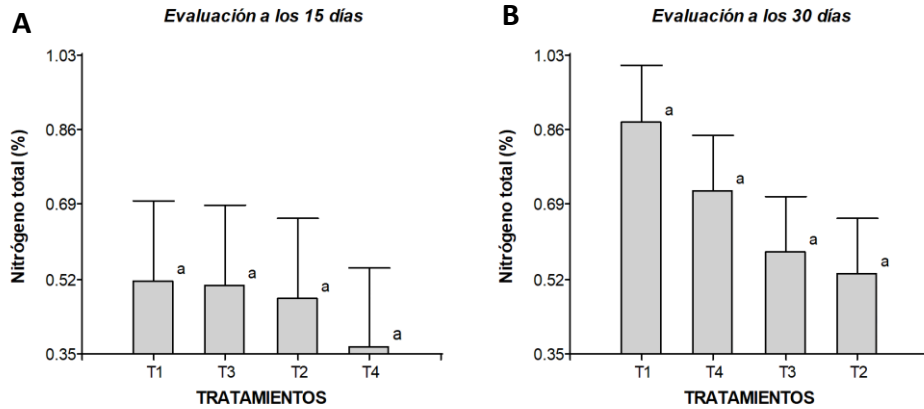
*Análisis de Varianza para el contenido de nitrógeno en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.01	0.01	0.18	0.6841 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	0.18	0.18	3.71	0.0903 <sup>ns</sup>
A x B	1	0.03	0.03	0.67	0.4372 <sup>ns</sup>
Error	8	0.38	0.05		
Total	11	0.60			
C.V = 32.35 %					

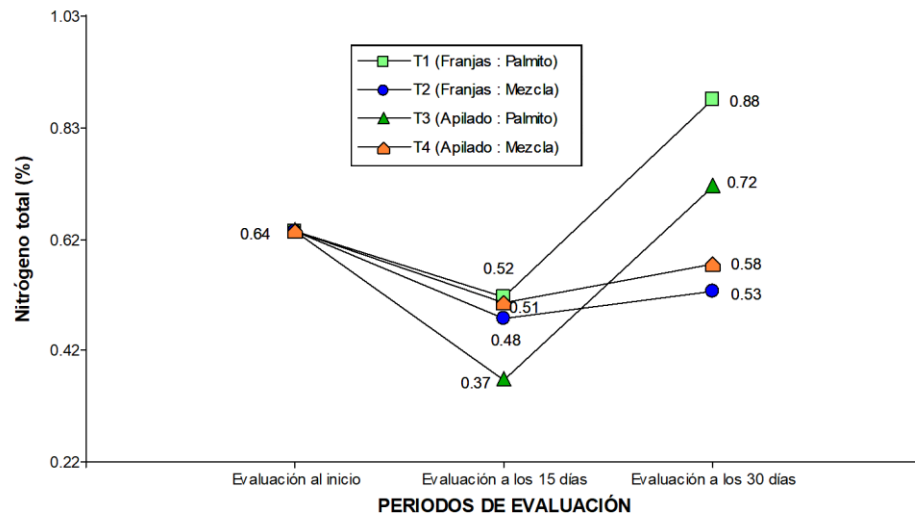
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 20**, muestra el análisis de varianza para el contenido de nitrógeno de los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 32.35%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de nitrógeno en los tratamientos evaluados a los 15 días (**Figura 18-A**), muestra un solo grupo estadístico, con algunas diferencias matemáticas. En la evaluación realizada a los 30 días (**Figura 18-B**) muestra un solo grupo estadístico, con algunas diferencias matemáticas y con un incremento de nitrógeno en esta evaluación.



**Figura 18.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de nitrógeno en los tratamientos. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 19.** Valores para el contenido de nitrógeno en el proceso de compostaje.

La **Figura 19**, muestra los valores para el contenido de nitrógeno en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 0.64%. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje, muestra una variación entre 0.37% (T3) y 0.52% (T1). En la evaluación que se realizó a los 30 días muestra un incremento en el porcentaje de nitrógeno, oscilando entre 0.53% (T2) y 0.88% (T1).

### 3.2.8. Fósforo disponible (P)

**Tabla 21**

*Análisis de Varianza para el contenido de fósforo en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	370.30	370.30	85.92	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	4908.61	4908.61	1138.92	<0.0001**
A x B	1	416.31	416.31	96.59	<0.0001**
Error	8	34.48	4.31		
Total	11	5729.69			
C.V = 2.58 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 21**, muestra el análisis de varianza para el contenido de fósforo en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para formas de compostaje, fuentes de residuos y la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 2.58%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 22**

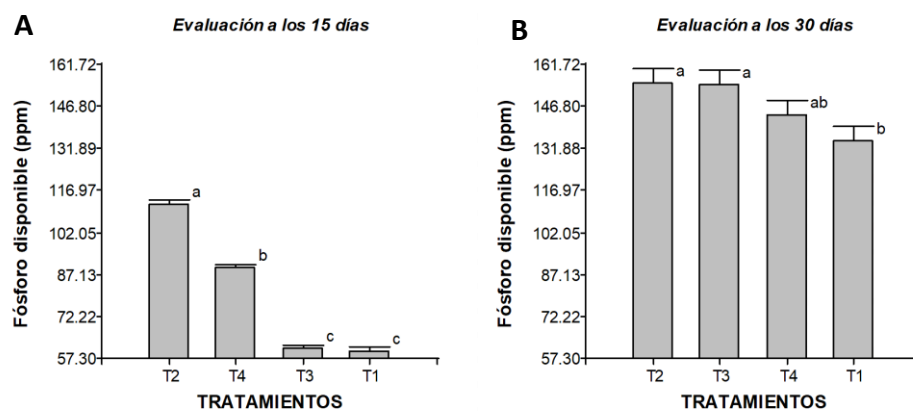
*Análisis de Varianza para el contenido de fósforo en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	58.74	58.74	0.74	0.4133 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	77.88	77.88	0.99	0.3495 <sup>ns</sup>
A x B	1	746.55	746.55	9.47	0.0152 *
Error	8	630.99	78.87		
Total	11	1514.16			
C.V = 6.04 %					

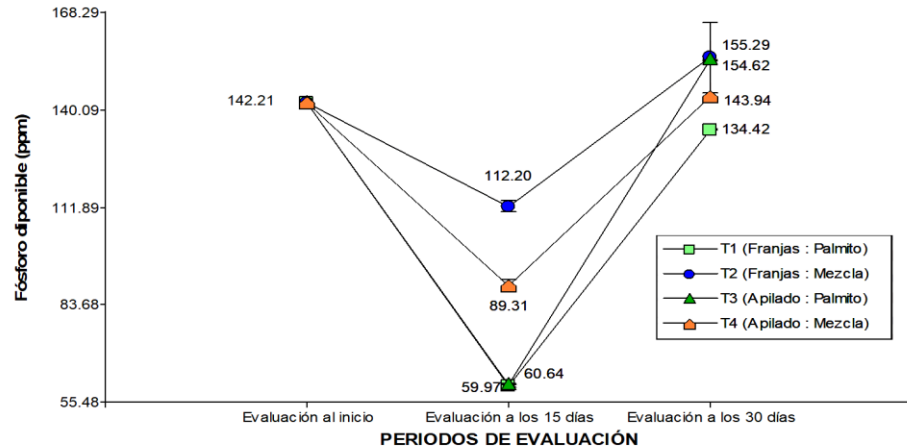
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 22**, muestra el análisis de varianza para el contenido de fósforo en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje y Fuentes de residuos. Pero, existen diferencias estadísticas significativas para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 6.04%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de fósforo en cada tratamiento evaluado a los 15 días (**Figura 20-A**), muestra que existen tres grupos estadísticos, considerando con mayor valor al T2. En la evaluación realizada a los 30 días (**Figura 20-B**), muestra dos grupos estadísticos considerando con mayor valor a los tratamientos T2, T3 y T4 en un grupo, y al T1 con menor valor, considerando también dentro de ello al T4.



**Figura 20.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de fósforo en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 21.** Valores para contenido de fósforo en el proceso de compostaje.

La **Figura 21**, muestra los valores para contenido de fósforo en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 142.21 ppm. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje muestra valores promedios de 112.20 ppm, 89.31 ppm, 60.64 ppm y 59.97 ppm para los tratamientos T2, T4, T3 y T1 respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje muestra un incremento en el contenido fósforo presentando valores promedios de 155.29 ppm, 154.62 ppm, 143.94 ppm y 134.42 ppm para los tratamientos T2, T3, T4 y T1 respectivamente.

### 3.2.9. Potasio disponible (K)

**Tabla 23**

*Análisis de Varianza para el contenido de potasio en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	17538.39	17538.39	3.18	0.1123 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	7282.60	7282.60	1.32	0.2835 <sup>ns</sup>
A x B	1	1071628.29	1071628.29	194.46	<0.0001 <sup>**</sup>
Error	8	44086.65	5510.83		
Total	11	1140535.93			

C.V = 1.83 %

n.s = No significativo    \* = Significativo (p < 0.05)    \*\* = Altamente significativo (p < 0.01).

La **Tabla 23**, muestra el análisis de varianza para el contenido potasio disponible en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje y Fuentes de residuos. En cambio, existen diferencias estadísticas altamente significativas para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 1.83%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 24**

*Análisis de Varianza para el contenido de potasio en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

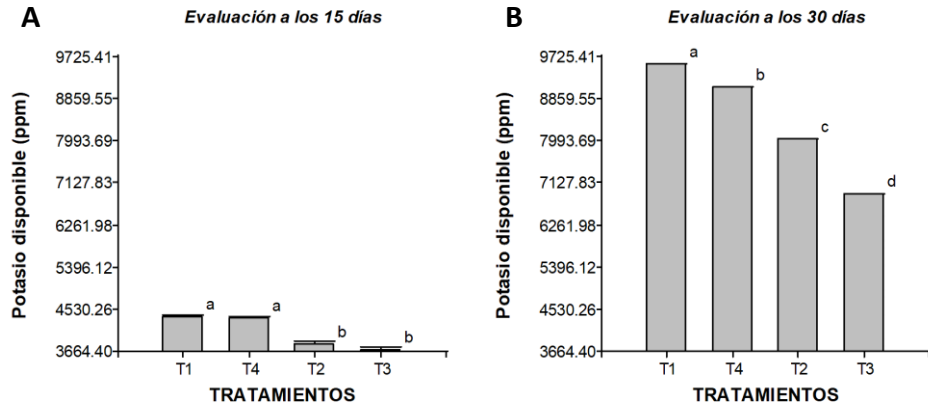
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	1934884.74	1934884.74	4985210.28	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	320071.27	320071.27	824660.28	<0.0001**
A x B	1	10584314.42	10584314.42	27270375.33	<0.0001**
Error	8	3.10	0.39		
Total	11	12839273.53			
C.V = 0.01 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

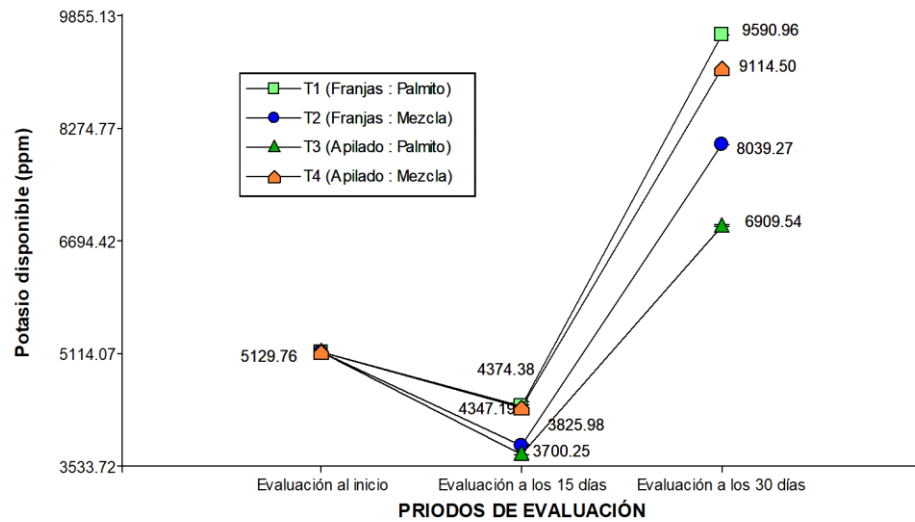
La **Tabla 24**, muestra el análisis de varianza para el contenido de potasio disponible en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 0.01%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de potasio disponible en los Tratamientos evaluados a los 15 días de compostaje (**Figura 22-A**) muestra dos grupos estadísticos, con el mayor valor conformado por el T1 y T4. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje (**Figura 22-B**) muestra cuatro grupos estadísticos, conformado con el mayor valor al tratamiento T1 y con menor valor el T3.





**Figura 22.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de potasio en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 23.** Valores para contenido de potasio en el proceso de compostaje.

La **Figura 23**, muestra los valores para el contenido de potasio disponible en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 5129.76ppm. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje muestra variaciones entre 4374.38ppm y 3700.25ppm para los tratamientos T1 y T3 respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje, nos muestra que se ha incrementado la disponibilidad de

potasio en todos los tratamientos, donde el T1 es el más óptimo con un valor de 9590.96 ppm.

### 3.2.10. Conductividad Eléctrica (C.E.)

**Tabla 25**

*Análisis de varianza para C.E. en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.16	0.16	2.28	0.1697 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	34.07	34.07	488.88	<0.0001 <sup>**</sup>
A x B	1	0.85	0.85	12.24	0.0081 <sup>**</sup>
Error	8	0.56	0.07		
Total	11	35.64			
C.V = 5.54 %					

n.s = No significativo    \* = Significativo (p<0.05)    \*\* = Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 25**, muestra el análisis de varianza para la C.E. en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje. A su vez, existen diferencias estadísticas altamente significativas para fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores. El coeficiente de variación es 2.53%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 26**

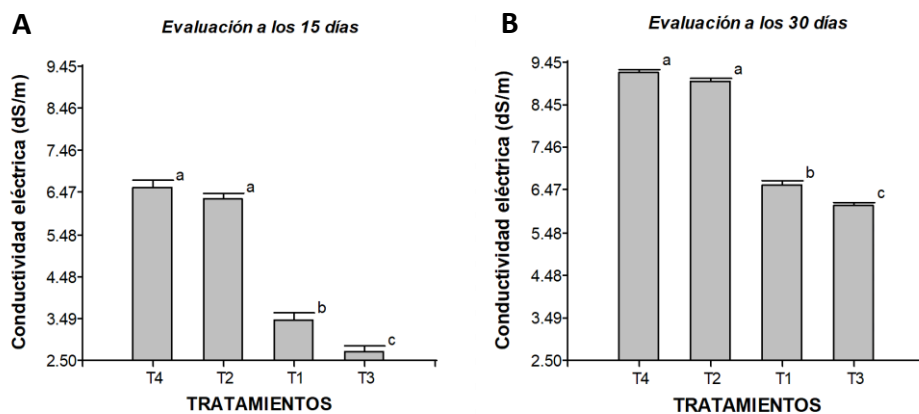
*Análisis de varianza para C.E. en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.07	0.07	3.07	0.1178 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	22.69	2.69	1032.42	<0.0001 <sup>**</sup>
A x B	1	0.37	0.37	16.72	0.0035 <sup>**</sup>
Error	8	0.18	0.02		
Total	11	23.30			
C.V = 1.92 %					

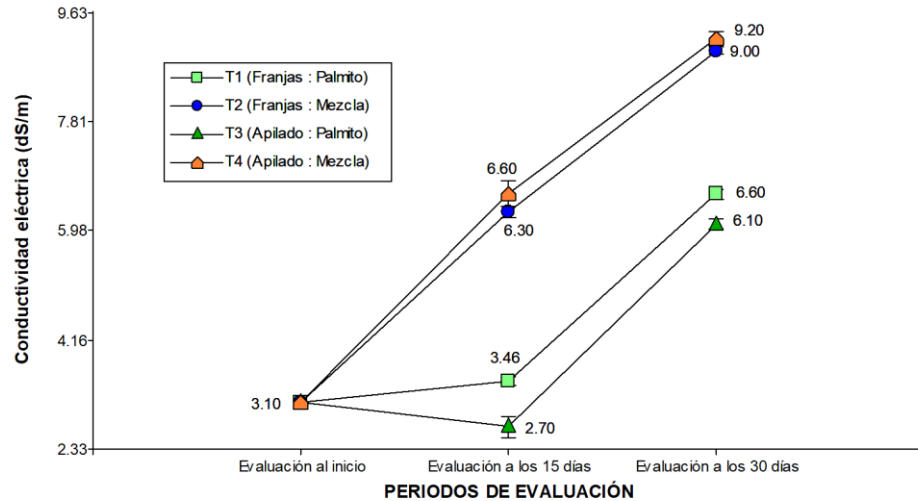
n.s = No significativo    \* = Significativo (p<0.05)    \*\* = Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 26**, muestra el análisis de varianza para C.E. en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas no existen diferencias estadísticas significativas para Formas de compostaje. En cambio, se observan diferencias estadísticas altamente significativas para fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 1.92%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para la C.E. en cada tratamiento evaluado a los 15 días (**Figura 24-A**), muestra tres grupos estadísticos de los cuales el tratamiento T4 y T2 pertenecen al mismo grupo con mayor valor de C.E. En la evaluación realizada a 30 días (**Figura 24-B**) muestra tres grupos estadísticos, manteniendo a los tratamientos T4 y T2 en un solo grupo y con mayor valor de C.E.



**Figura 24.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la conductividad eléctrica en los tratamientos en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 25.** Valores para conductividad eléctrica en el proceso de compostaje.

La **Figura 25**, muestra los valores para conductividad eléctrica en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 3.10 dS/m. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje alcanzó promedios de 6.60 dS/m y 6.30 dS/m para los tratamientos T4 y T2 respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días muestra promedios de 9.20 dS/m y 9.00 dS/m para los tratamientos T4 y T2 respectivamente.

### 3.2.11. contenidos de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ )

**Tabla 27**

*Análisis de varianza para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	0.03	0.03	0.37	0.5594 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	55.73	55.73	688.85	<0.0001 <sup>**</sup>
A x B	1	2.59	2.59	32.07	0.0005 <sup>**</sup>
Error	8	0.65	0.08		
Total	11	59.00			

C.V = 2.62 %

n.s = No significativo    \* = Significativo ( $p < 0.05$ )    \*\* = Altamente significativo ( $p < 0.01$ ).

La **Tabla 27**, muestra el análisis de varianza para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje. En cambio, existen diferencias estadísticas altamente significativas para fuentes de residuos y la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 2.62%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 28**

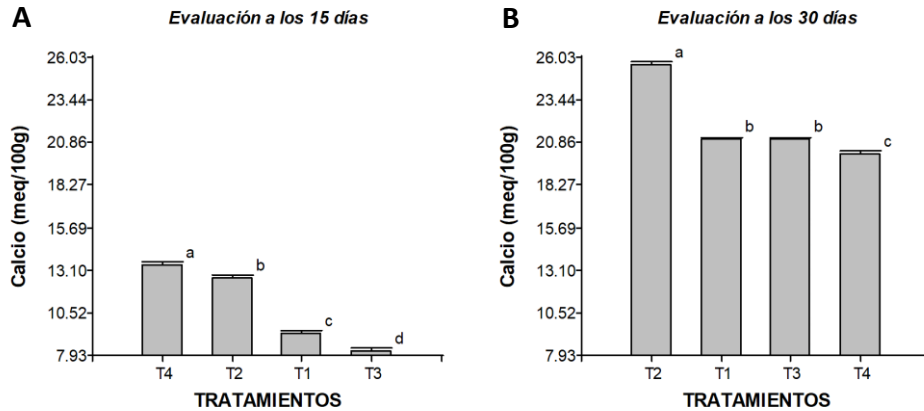
*Análisis de varianza para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	21.95	21.95	319.29	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	10.55	10.55	153.41	<0.0001**
A x B	1	21.63	21.63	314.58	<0.0001**
Error	8	0.55	0.07		
Total	11	54.68			
C.V = 1.19 %					

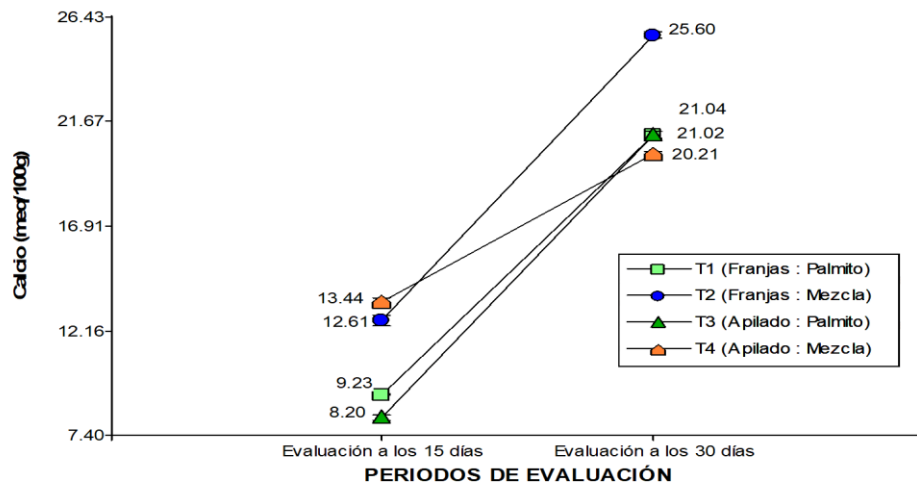
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 28**, muestra el análisis de varianza para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Fuentes de residuos, Formas de compostaje y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 1.19%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en los tratamientos evaluado a 15 días de compostaje (**Figura 26-A**) muestra cuatro grupos estadísticos, teniendo al T4 con mayor valor. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje (**Figura 26-B**) muestra tres grupos estadísticos, conformado con el mayor valor el T2, seguido el T1 y T3, finalmente el T4.



**Figura 26.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 27.** Valores para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en el proceso de compostaje.

La **Figura 27**, muestra los valores para el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la evaluación realizada a los 15 días de compostaje tubo valores de 13.44 meq/100g, 12.61 meq/100g, 9.23 meq/100g y 8.20 meq/100g para el T4, T2, T1 y T3 respectivamente. En la evaluación que se realizó a los 30 días nos muestra un incremento con valores de 25.60 meq/100g, 21.04 meq/100g, 21.02 meq/100g y 20.21 meq/100g para T2, T1, T3 y T4 respectivamente.

### 3.2.12. Contenido de magnesio ( $Mg^{+2}$ )

**Tabla 29**

*Análisis de varianza para el contenido de  $Mg^{+2}$  en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	2.82	2.82	111.79	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	34.07	34.07	1349.33	<0.0001**
A x B	1	1.27	1.27	50.20	0.0001**
Error	8	0.20	0.03		
Total	11	38.36			
C.V = 2.55 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo ( $p < 0.05$ )    \*\*= Altamente significativo ( $p < 0.01$ ).

La **Tabla 29**, muestra el análisis de varianza para el contenido de  $Mg^{+2}$  en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje. En cambio, existen diferencias estadísticas altamente significativas para fuentes de residuos y la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 2.55%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 30**

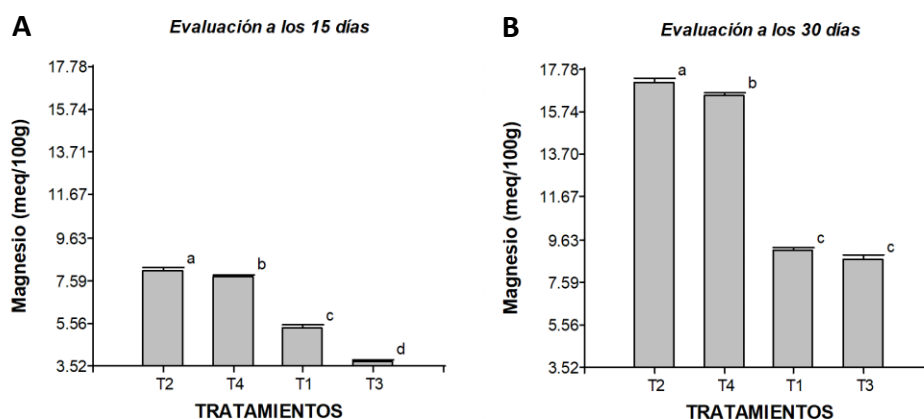
*Análisis de varianza para el contenido de  $Mg^{+2}$  en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.86	0.86	10.58	0.0117 *
Factor B: Fuentes de residuos	1	188.89	188.89	2327.70	<0.0001**
A x B	1	0.05	0.05	0.58	0.4690**
Error	8	0.65	0.08		
Total	11	190.45			
C.V = 2.21 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo ( $p < 0.05$ )    \*\*= Altamente significativo ( $p < 0.01$ ).

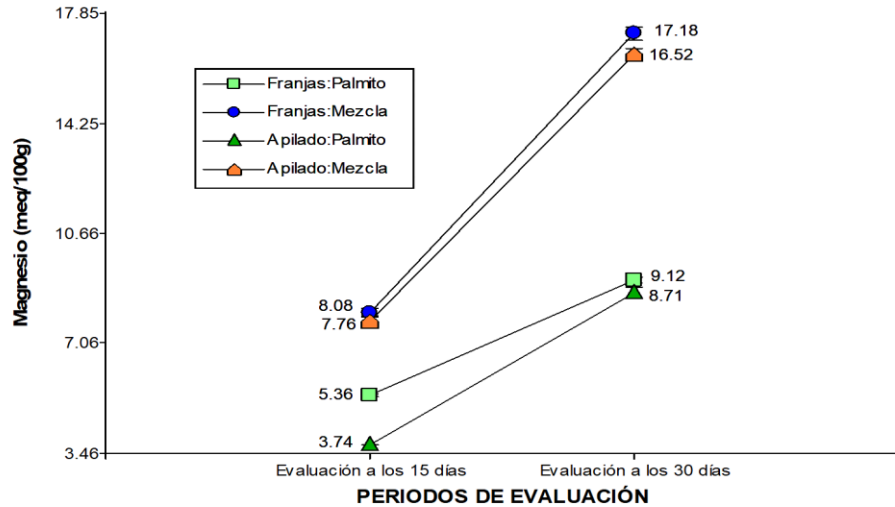
La **Tabla 30**, muestra el análisis de varianza para el contenido de  $Mg^{+2}$  en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 2.21%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de  $Mg^{+2}$  en los tratamientos evaluado a 15 días de compostaje (**Figura 28-A**) muestra cuatro grupos estadísticos, presentando el T2 con mayor valor en el contenido de magnesio. En la evaluación realizada a 30 días de compostaje (**Figura 28-B**) muestra tres grupos estadísticos, indicando al tratamiento con mayor valor el T2.



**Figura 28.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de  $Mg^{+2}$  en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 30 días.





**Figura 29.** Valores para contenidos de magnesio en el proceso de compostaje.

La **Figura 29**, muestra los valores para el contenido de  $Mg^{+2}$  en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación a los 15 días de compostaje, el contenido de magnesio es de 8.08 meq/100g, 7.76 meq/100g, 5.36 meq/100g y 3.74 meq/100g para el T2, T4, T1 y T3 respectivamente. En la evaluación que se realizó a los 30 días nos muestra valores de 17.18 meq/100g, 16.52 meq/100g, 9.12 meq/100g y 8.71 meq/100g para T2, T4, T1 y T3 respectivamente.

### 3.2.13. Contenido de sodio ( $Na^{+}$ )

**Tabla 31**

*Análisis de varianza para el contenido de sodio en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	0.03	0.03	3.00	0.1215 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	2.88	2.88	288.12	<0.0001 <sup>**</sup>
A x B	1	0.46	0.46	45.63	0.0001 <sup>**</sup>
Error	8	0.08	0.01		
Total	11	3.45			

C.V = 12.12 %

n.s = No significativo    \* = Significativo ( $p < 0.05$ )    \*\* = Altamente significativo ( $p < 0.01$ ).

La **Tabla 31**, muestra el análisis de varianza para el contenido de Na<sup>+</sup> en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje. En cambio, existen diferencias estadísticas altamente significativas para fuentes de residuos y la interacción de ambos factores. El coeficiente de variación es 12.12%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 32**

*Análisis de varianza para el contenido de sodio en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

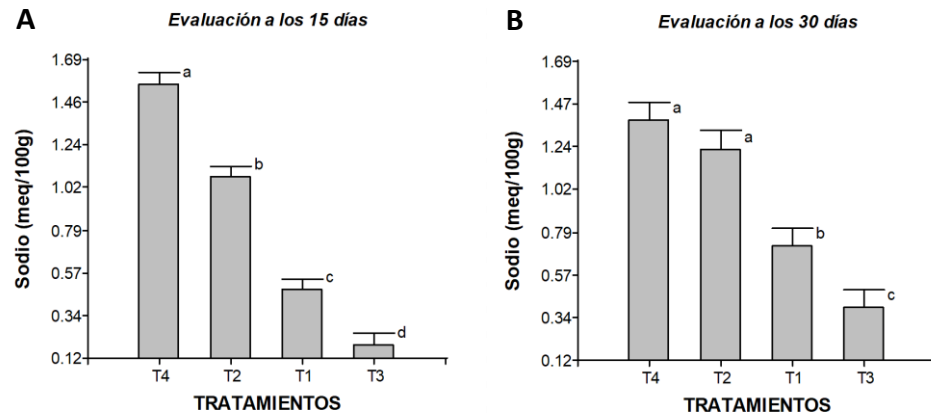
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	0.02	0.02	0.89	0.3947 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	1.67	1.67	60.04	0.0001 <sup>**</sup>
A x B	1	0.17	0.17	6.03	0.0396 <sup>*</sup>
Error	8	0.22	0.03		
Total	11	2.09			
C.V = 17.92 %					

n.s = No significativo    \* = Significativo (p < 0.05)    \*\* = Altamente significativo (p < 0.01).

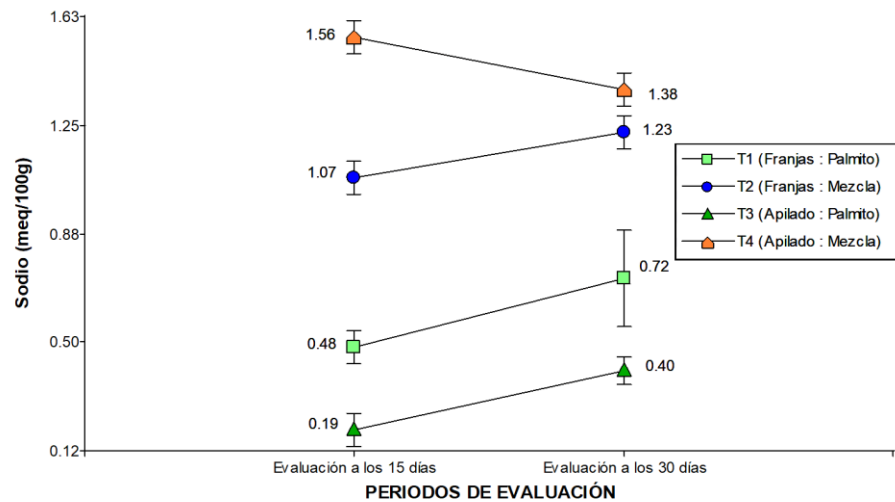
La **Tabla 32**, muestra el análisis de varianza para el contenido de Na<sup>+</sup> en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje. En cambio, existen diferencias estadísticas altamente significativas para fuentes de residuos y la interacción de ambos factores. El coeficiente de variación es 17.92%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan (p > 0.05) para el contenido de Na<sup>+</sup> en los tratamientos evaluado a 15 días de compostaje (**Figura 30A**), muestra cuatro grupos estadísticos, indicando al T4 con mayor valor en el contenido de sodio y con menor valor al T3. En la evaluación realizada a 30

días de compostaje (**Figura 30B**) muestra tres grupos estadísticos, indicando al T4 y T2 con mayor valor en el contenido de sodio.



**Figura 30.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el contenido de sodio en los tratamientos. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 30 días.



**Figura 31.** Valores para el contenido de sodio en el proceso de compostaje.

La **Figura 31** muestra los valores para el contenido de sodio en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la evaluación realizada a los 15 días de compostaje, el contenido de sodio es de 1.56 meq/100g, 1.07 meq/100g, 0.48 meq/100g y 0.19 meq/100g para el T4, T2, T1 y T3 respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje, nos muestra valores de 1.38

meq/100g y 1.23 meq/100g para T4 y T2 respectivamente, finalmente 0.72 meq/100g y 0.40 meq/100g para T1 y T3 respectivamente.

### 3.2.14. Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)

**Tabla 33**

*Análisis de varianza para la C.I.C en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	8.32	8.32	108.18	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	256.97	256.97	3342.64	<0.0001**
A x B	1	108.90	108.90	1416.61	<0.0001**
Error	8	0.62	0.08		
Total	11	374.80			
C.V = 0.98 %					

n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 33**, muestra el análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 0.98%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 34**

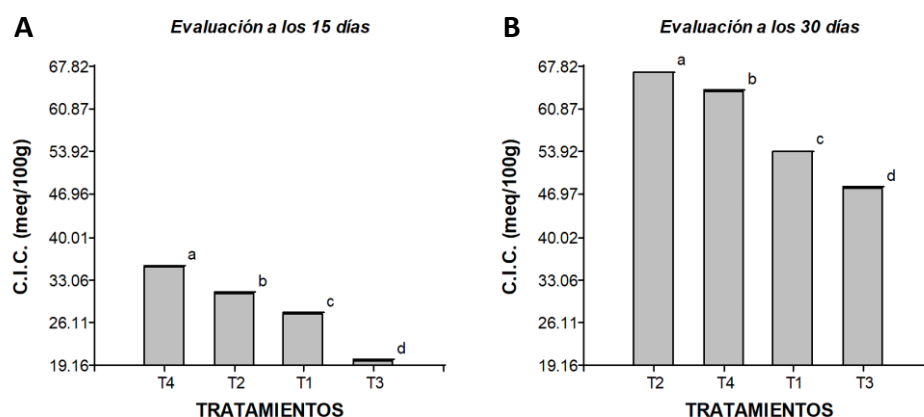
*Análisis de varianza para la C.I.C en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	57.29	57.29	1451.32	<0.0001**
Factor B: Fuentes de residuos	1	612.61	612.61	15518.99	<0.0001**
A x B	1	5.88	5.88	148.96	<0.0001**
Error	8	0.32	0.04		
Total	11	676.10			
C.V = 0.34 %					

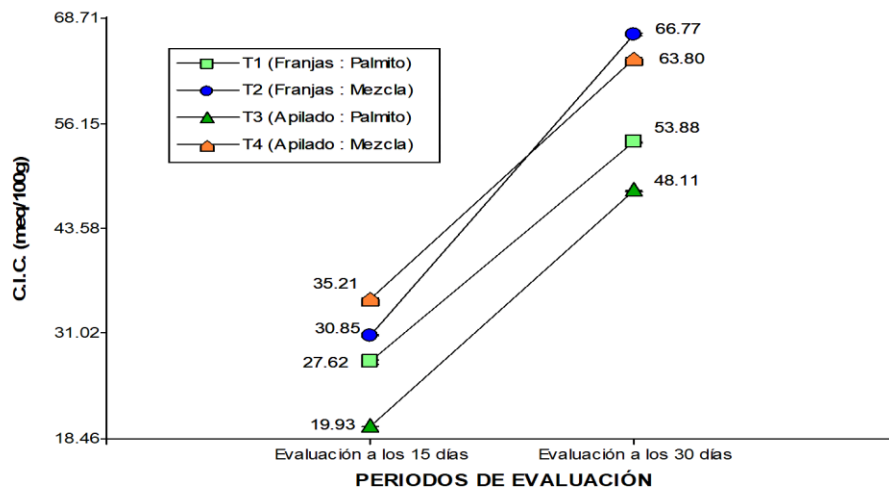
n.s = No significativo    \*=Significativo (p<0.05)    \*\*= Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 34**, muestra el análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para formas de compostaje, Fuentes de residuos y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 0.34%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para la C.I.C. en cada tratamiento evaluado a los 15 días de compostaje (**Figura 32-A**), muestra cuatro grupos estadísticos, donde el T4 es el más óptimo. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje (**Figura 32-B**) muestra cuatro grupos estadísticos, indicando al T2 con mayor valor.



**Figura 32.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para la C.I.C. en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a 30 días.



**Figura 33.** Valores para la C.I.C. en el proceso de compostaje.

La **Figura 33**, muestra los valores para la capacidad de intercambio catiónico en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la evaluación realizada a los 15 días de compostaje tuvo una variación entre 19.93 meq./100g y 35.21 meq./100g en los tratamientos T3 y T4 respectivamente. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje indica un incremento en la C.I.C. con una variación de 48.11 meq./100g y 66.77 meq./100g correspondientes a los tratamientos T3 y T2 respectivamente.

### 3.2.15. Contenido de ceniza

**Tabla 35**

*Análisis de varianza para el contenido de ceniza en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 15 días de compostaje.*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor
Factor A: Formas de compostaje	1	1.21	1.21	0.23	0.6437 <sup>ns</sup>
Factor B: Fuentes de residuos	1	391.59	391.59	74.77	<0.0001 <sup>**</sup>
A x B	1	80.96	80.96	15.46	0.0043 <sup>**</sup>
Error	8	41.90	5.24		
Total	11	515.66			

C.V = 5.52 %

n.s = No significativo    \* = Significativo (p<0.05)    \*\* = Altamente significativo (p<0.01).

La **Tabla 35**, muestra el análisis de varianza para el porcentaje de ceniza en los tratamientos, donde se observa que, pese a las diferencias matemáticas, no existen diferencias estadísticas significativas para las Formas de compostaje. En cambio, existen diferencias estadísticas altamente significativas para fuentes de residuos y la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 5.52%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

**Tabla 36**

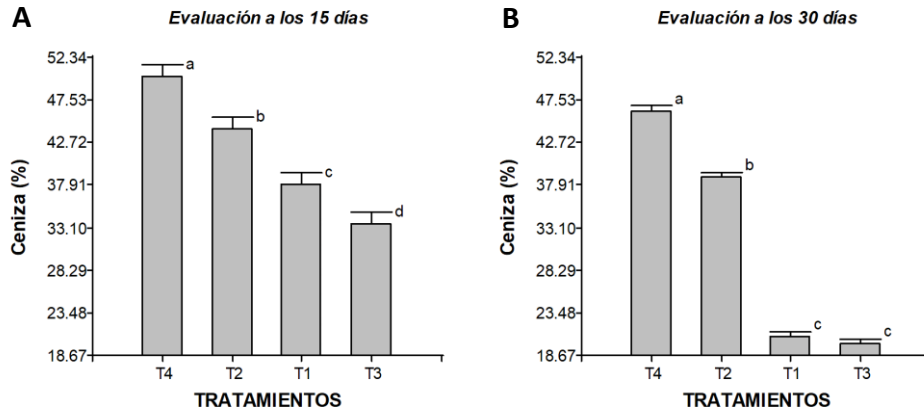
*Análisis de varianza para el contenido de ceniza en dos formas de compostaje con dos fuentes de residuos. Evaluado a 30 días de compostaje.*

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Factor A: Formas de compostaje	1	33.17	33.17	37.99	0.0003**
Factor B: Fuentes de residuos	1	1468.5	1468.5	1681.9	<0.0001**
A x B	1	51.54	51.54	59.03	0.0001**
Error	8	6.99	0.87		
Total	11	1560.24			
C.V = 2.97 %					

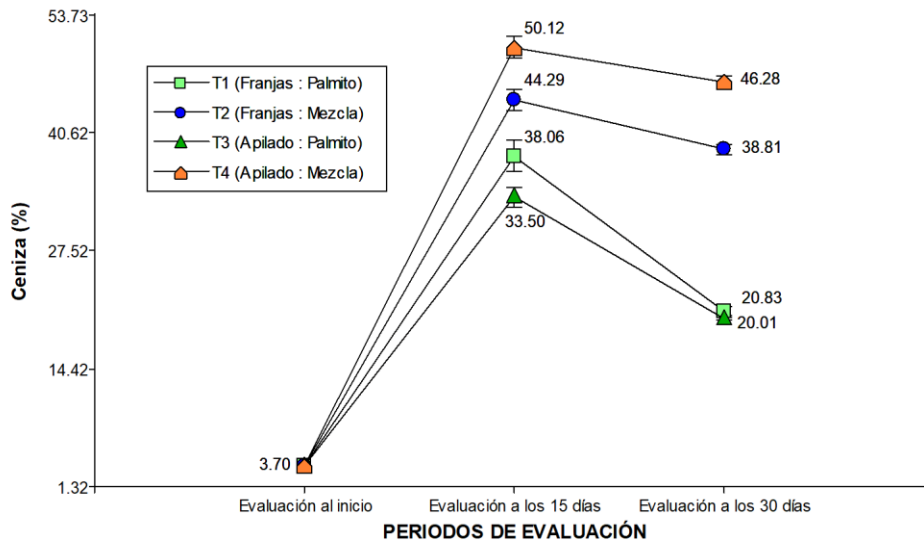
n.s = No significativo    \* = Significativo ( $p < 0.05$ )    \*\* = Altamente significativo ( $p < 0.01$ ).

La **Tabla 36**, muestra el análisis de varianza para el porcentaje de ceniza en los tratamientos, donde se observa que, existen diferencias estadísticas altamente significativas para Fuentes de residuos, Formas de compostaje y para la interacción de ambos factores (Formas de compostaje y Fuentes de residuos). El coeficiente de variación es 2.97%, el cual es considerado óptimo para este tipo de investigaciones.

El análisis de comparación de medias por Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de ceniza en cada tratamiento evaluado a los 15 días de compostaje (**Figura 34-A**), muestra cuatro grupos estadísticos, indicando con mayor valor al T4, y con menor valor al T3. En la evaluación realizada a los 30 días de compostaje (**Figura 34-B**) muestra tres grupos estadísticos, indicando con mayor valor al tratamiento T4, y con menor valor al T3.



**Figura 34.** Prueba de Duncan ( $p > 0.05$ ) para el porcentaje de ceniza en los tratamientos realizados en dos periodos de evaluación. **A**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 15 días. **B**, comparación de cuatro tratamientos evaluados a los 30 días.



**Figura 35.** Valores para porcentajes de ceniza en el proceso de compostaje.

La **Figura 35**, muestra los valores para porcentajes de ceniza en el proceso de compostaje. Se muestra que, en la etapa de evaluación inicial el promedio es de 3.70 %. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje presenta valores promedio de 50.12%, 44.29%, 38.06% y 33.50% para los tratamientos T4, T2, T1 y T3 respectivamente. En la evaluación que se realizó



a los 30 días de compostaje muestra una variación de 46.28 % para el T4 y 20.01 % para el T3.

### 3.3. Análisis de comparación de los valores obtenidos en los tratamientos con las necesidades de *Pleurotus* sp.

Los hongos ostra (*Pleurotus* sp.) necesitan sustratos abundantes en polisacáridos (celulosas y hemicelulosas) que es su principal fuente de alimento y lignina para su crecimiento (Viziteu, 2004; Kang, 2004).

**Tabla 37**

*Tendencias fisicoquímicas del sustrato en cada etapa.*

<b>Sustancia</b>	<b>Después de remojar con agua</b>	<b>Después de la desinfección térmica</b>	<b>Después de la segunda descarga</b>
Nitrógeno	0.80	0.72	0.79
Hemicelulosas	24.3	20.1	14.6
Celulosa	33.1	33.5	22.8
Lignina	5.8	7.0	6.5
Fósforo (total)	0.06	0.05	0.04
Calcio (total)	6.64	7.40	8.95
Potasio (total)	0.46	0.49	0.27
pH	6.6	7.5	4.8

**Nota.** Fuente: Oyster Mushroom Cultivation por Viziteu, 2004.

La **Tabla 37**, muestra el análisis químico del sustrato en diferentes fases de crecimiento. El calcio cumple la función de un tampón catalítico y el nitrógeno se consume solo durante el proceso de incubación (Viziteu, 2004).

El valor óptimo de pH del sustrato para el crecimiento del micelio es de 5-6.5, aunque el micelio puede sobrevivir entre pH 4.2 y 7.5. El micelio crece lentamente a medida que el pH disminuye y deja de crecer a un pH 4. Si el pH es más alto que el valor óptimo, el crecimiento del micelio se acelera, pero produce una estructura anormal. El pH óptimo para la inducción primordial y la fructificación es de 5-5.5,

aunque es posible en 5.5-7.8. El pH del sustrato se puede ajustar mediante la adición de yeso o cal (Viziteu, 2004).

Sales et al. (2009), menciona que los minerales más importantes para el cultivo de *Pleurotus* son P, K, Fe y Mg, que están naturalmente en todas las materias primas, de los cuales, una de las materias primas evaluadas en su investigación fueron los residuos molidos de *Bactris gasipaes* Kunth, demostrando así que este sustrato obtuvo mayor cantidad de estos nutrientes. **La Tabla 38.** Nos muestra la cantidad de nutrientes obtenida del sustrato en sus diferentes estadios (tallos molidos de los residuos del palmito, sustrato inicial esterilizado en autoclave y sustrato gastado: postcosecha).

**Tabla 38**

*Composición mineral de la materia prima analizada.*

Materia prima de <i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Macronutrientes				Micronutrientes
	Ca	Mg	P	K	Na
	g.kg <sup>-1</sup>				mg.kg <sup>-1</sup>
Tallos molidos (residuos)	2.97 ± 0.64	1.25 ± 0.01	3.27 ± 0.01	9.77 ± 0.09	290.00 ± 0.00
Sustrato inicial esterilizado	36.8 ± 2.22	2.38 ± 0.11	7.18 ± 0.17	8.55 ± 0.44	66.85 ± 0.27
Sustrato gastado postcosecha	39.94 ± 0.03	3.51 ± 0.01	7.36 ± 0.11	6.21 ± 0.01	112.70 ± 0.10

**Nota.** Fuente: Mineral composition of raw material, substrate and fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* in culture por Sales et al., 2009.

Las especies de *Pleurotus* crecen en sustratos lignocelulósicos o mezclas de ellos pretratados térmicamente, humectados hasta el 70% y con pH ligeramente ácido (Rodríguez & Jaramillo, 2004).

**Tabla 39**

*Resultados de contenido de nutrientes en los residuos de Palmito y de cada tratamiento en proceso de compostaje.*

Necesidades	Evaluación	Evaluación a los 15 días				Evaluación a los 30 días			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
<i>Pleurotus</i> sp.	inicial								
Celulosa (%)	35.58	23.72	23.01	25.76	17.17	21.83	17.66	19.02	16.98
Hemicelulosa (%)	21.04	12.00	10.68	10.40	8.35	12.5	11.03	11.05	11.80
Lignina (%)	4.80	43.64	32.51	37.04	43.30	39.56	32.25	42.78	26.22
pH	4.78	5.20	4.80	5.50	5.00	6.50	5.00	6.80	5.30
M.O (%)	12.87	9.19	9.65	7.36	10.30	11.49	10.57	10.80	11.03
C (%)	7.47	5.33	5.60	4.27	5.97	6.67	6.13	6.27	6.40
N (%)	0.64	0.52	0.48	0.37	0.51	0.88	0.53	0.72	0.58
P (ppm)	142.21	59.97	112.20	60.64	89.31	134.42	155.29	154.62	143.94
K (ppm)	5129.76	4374.38	3825.98	3700.25	4347.19	9590.96	8039.27	6909.54	9114.50
C.E (dS/m)	3.10	3.46	6.30	2.70	6.60	6.60	9.00	6.10	9.20
Ca (meq/100g)	-	9.23	12.61	8.20	13.44	21.04	25.60	21.02	20.21
Mg (meq/100g)	-	5.36	8.08	3.74	7.76	9.12	17.18	8.71	16.52
Na (meq/100g)	-	0.48	1.07	0.19	1.56	0.72	1.23	0.40	1.38
C.I.C (meq/100g)	-	27.62	30.85	19.93	35.21	53.88	66.77	48.11	63.80
Ceniza (%)	3.70	38.06	44.29	33.50	50.12	20.83	38.81	20.01	46.28

Basado en las investigaciones realizadas sobre las necesidades de *Pleurotus* sp. y según los resultados obtenidos en nuestra investigación (**Tabla 38**), podemos determinar que la siembra de hongo puede ser realizada en etapa inicial de compostaje (fase mesófila), ya que en esa fase encontramos mayor cantidad de celulosa en el sustrato con un valor de 35.58% en residuos de palmito, siendo este el nutriente principal que requiere el hongo *Pleurotus* sp. Así mismo, podríamos sembrar en la fase termófila usando el tratamiento T4 (Forma de compostaje apilado y 100% residuos de palmito), ya que este tratamiento tiene un contenido de 25.76% de celulosa evaluado a 15 días de compostaje.

Con base en lo expuesto anteriormente, el tratamiento que más se acerca a estas necesidades de *Pleurotus* sp. es el T4 (Forma Apilada y Residuos de Palmito: 100 %) que contiene 25.76 % de celulosa, 10.40 % de hemicelulosa, 37.04 % de lignina, 5.50 de pH, 0.37 % de nitrógeno, 60.64 ppm de fósforo, 3700.25 ppm de potasio, 8.20 meq/100g de  $\text{Ca}^{+2}$ , 3.74 meq/100g de  $\text{Mg}^{+2}$ , 0.19 meq/100g de  $\text{Na}^{+}$ , 19.93 meq/100g de C.I.C, 7.36% de M.O, 2.70 dS/m de C.E, y 33.50% de ceniza.

#### IV. DISCUSIÓN

Se evaluó parámetros físico-químicos en dos formas de compostaje producidos de los residuos de palmito (*Bactris gasipaes* Kunth) de la Cooperativa Agroindustrial del Palmito APROPAL Ltda. en el distrito de Caynarachi, provincia de Lamas.

En nuestro estudio, los cambios de temperaturas corresponden a 4 fases (mesófila 1, termófila, mesófila 2 y maduración) del proceso de compostaje. Los 4 tratamientos del experimento, pasaron de la fase mesófila a termófila en el día uno, luego a la mesófila II en el día 7 y a la maduración en el día 15. Estas 4 fases mostraron variaciones de temperatura de 28 a 61°C en un total de 30 días. Compost hechos a base de abonos verdes han sido obtenidos en 28 días (Zhang & Sun, 2019). Mostrando valores similares en la investigación de Yañes et al. (2007) en las fases mesófila 1 y termófila (1 y 7 días respectivamente) y rangos de valores de hasta 6 días de diferencia de respecto a nuestra investigación para la fase mesófila 2; diferencias marcadas por la forma de compostaje evaluado, pues mientras Yañes realizó compost en silos hiperventilados, esta investigación compostó residuos en forma de franjas y apilado.

El contenido de humedad realizado a desechos de palmito usados para el compost es de 84 %. Resultados similares han sido obtenidos por Bolanho et al. (2013), quien muestra un contenido de humedad de 86.6 % en puntas fibrosas y 81.3 % en cáscaras. Durante el periodo de compostaje esta investigación muestra una reducción de humedad en todos los tratamientos. En la evaluación realizada a los 15 días muestra valores entre 39.07% en T3 y 63.30% en T1. Compartiendo resultados similares en la investigación de Yañes et al. (2007), que obtuvo valores de 39.3% y 43.3% de humedad (evaluado a 10 días de compostaje) realizados en silos hiperventilados y con residuos de palmito en mezcla en dos agroindustrias palmiteras.

Los desechos de palmito muestran valores promedio de 35.58 % de celulosa en su estado natural. Durante el proceso de compostaje (30 días) el contenido de celulosa disminuyó para todos los tratamientos por efecto de degradación, indicando además que existe menor nivel de degradación de celulosa al compostar palmito al 100% con

valores de 23.72 % y 25.76 % (para T1 y T3 respectivamente) en el día 15. Y al día 30 con 19.02 % y 21.83 % (para T3 y T1 respectivamente). Comparado con resultados obtenidos en la investigación de Tahir et al., (2019) realizados en racimo de frutos vacíos de palma aceitera, muestra el contenido de celulosa entre 50% a 60%, indicando cambios no significativos, la reducción es solo del 6% a las 20 semanas del período de compostaje. Así mismo, comparado con el contenido de celulosa en otros sustratos tenemos en tallos de maíz (*Zea mays*) es de 48 %, Guisante, (*Pisum sp.*) 43 %, paja de arroz (*Oryza sativa*) 41 %, Paja de trigo (*Triticum aestivum*) 40 % (Poppe, 2004).

El contenido de hemicelulosa muestra valores promedio de 21.04 % en residuos de palmito en su estado natural. Durante el proceso de compostaje el contenido de hemicelulosa disminuye, mostrando al T1 (forma de franjas y residuos palmito 100%) con mayor valor en hemicelulosa, promedio de 12.00 % y 12.50 % (evaluado a los 15 y 30 días respectivamente). Comparado con la investigación de Tahir et al., (2019), realizado en racimo de frutos vacíos de palma aceitera, indicando que la composición de la hemicelulosa inicial aproximada es de 20 % y se redujo drásticamente hasta un 87%. Además, sustratos de paja de avena (*Avena sativa*) tiene un 40 % de hemicelulosa, paja de trigo (*Triticum aestivum*) 39 %, (Poppe, 2004).

La lignina es la sustancia que le confiere rigidez a las paredes celulares y en algunas partes de la madera (Otero, 1988). Pues en esta investigación se obtuvo valores promedio de 43.64 % de lignina (T1), cantidades que sobrepasan las cantidades máximas registradas en otros sustratos como paja de avena (*Avena sativa*) tiene 17 % de lignina, guisante (*Pisum sp.*) 15 %, paja de trigo (*Triticum aestivum*) 13 %, citado por (Poppe, 2004). Del mismo modo comparado con los resultados de la investigación de Tahir et al., (2019) realizados en racimo de frutos vacíos de palma aceitera, muestra que el contenido de lignina es de 28 % aproximadamente, disminuyendo gradualmente en un 48% durante el proceso de compostaje (duración de 20 semanas).

El pH es un importante factor que merece su evaluación porque afecta la actividad microbiana durante el compostaje. Incide sobre el carácter iónico del medio e influye

directamente sobre las proteínas de la membrana y sobre la actividad de las enzimas ligadas a la pared celular (Sánchez & Royse, 2001). En nuestro experimento, presentó valores promedio de 4.7 a 6.8 de pH. Mientras que Yañes et al. (2007) muestra resultados similares, indicando valores de 4.5 y 5 de pH en compostaje de palmito con mezcla en silos hiperventilados evaluado en el día 10.

Para la variable de materia orgánica, se muestran resultados de hasta 12.87 % en residuos de palmito en su estado natural. En el proceso de compostaje se obtuvo valores de hasta 10.30 % (T4) en el día 15 y 11.49 % (T1) en el día 30. Comparando con los resultados de Yañes et al. (2007), quien muestra valores de 44 % y 65 % de materia orgánica en compost realizado con palmito en mezcla en silos hiperventilados en dos agroindustrias palmiteras (evaluado al día 10); diferencias marcadas por los diferentes tipos de residuos que se usaron para compostar, ya que usaron residuos de palmito (40%), gallinaza (10%), porcinaza (14%), cascarilla de arroz (22%) y aserrín (14%), y esta investigación compostó residuos de palmito 100% (T1 y T3), Mezcla: residuos de palmito 85% + gallinaza 15% (T2 y T4).

La presencia de nitrógeno en residuos de palmito en esta investigación es de 0.64 % en su estado natural. En proceso de descomposición el tratamiento 1 presentó mayor contenido de nitrógeno con valores de 0.52 % y 0.88 % (evaluado al día 15 y día 30 respectivamente). Valores de nitrógeno total obtenidos alrededor del 1% realizado en compostaje de palmito en mezcla en (residuos de dos agroindustrias palmiteras) (Yañes et al., 2007).

Los residuos de palmito muestran un valor de 142.21 ppm de fósforo disponible. Mientras que, en la investigación realizada por Sales et al. (2009) muestra valores de 3270 ppm de fósforo, realizado en tallos molidos de *Bactris gasipaes*. En el proceso de compostaje el contenido de fósforo muestra valores promedio de 112.20 ppm (T2) al día 15 y 155.29 ppm (T2) al día 30. Mientras que Yañes et al. (2007) en su investigación en compostaje en silos hiperventilados en dos agroindustrias palmiteras, muestra valores de 1000 ppm y 16000 ppm de fósforo total. El fósforo en el suelo aumenta su capacidad de solubilizarse ante la presencia de lignocelulosa en

descomposición y solo la materia orgánica biológicamente activa mejora la disponibilidad de P en el suelo (Iyamuremye & Dick, 1996).

El contenido de potasio en residuos de palmito muestra un valor promedio de 5129.76 ppm (evaluación en tiempo inicial). Mientras que en la investigación por Sales et al. (2009) muestra valores de 9770 ppm de potasio, realizado en tallos molidos de *Bactris gasipaes*. En la evaluación realizada a los 15 días de compostaje muestra una mínima reducción en la disponibilidad de potasio oscilando en promedios de 3700.25 ppm (T4) y 4374.38 ppm (T1). Mientras que, Yañes et al. (2007) en su investigación realizada en silos hiperventilados de compostaje muestra valores de 4000 ppm y 16000 ppm de potasio total, evaluado en el día 10. En la evaluación realizada a 30 días de compostaje en nuestra investigación muestra un incremento de potasio disponible con valores promedio de 6909.54 ppm (T4) y 9590.96 ppm (T1).

La interacción de palmito con gallinaza (T4) a los 15 días ( $6.60 \pm 0.37$ ) y 30 días ( $9.20 \pm 0.21$ ) tuvo un efecto positivo para CE, debido a que el proceso de estabilización en la etapa de maduración eleva la concentración de sales, fenómeno presentado por la mayor descomposición y mineralización del material Kimura (2005) citado por Miyashiro (2014). Entonces, a mayor contenido de gallinaza en compostaje, mayor concentración de C.E. (Guizado, 2018).

Sales et al. (2009) en su investigación realizada en tallos molido de *Bactris gasipaes* reporta valores de  $22.97 \pm 0.64$  g.kg<sup>-1</sup> de contenido de calcio,  $1.25 \pm 0.01$  g.kg<sup>-1</sup> de contenido de magnesio,  $290.00 \pm 0.00$  g.kg<sup>-1</sup> de contenido de sodio. Mientras que, en esta investigación muestra valores promedios de 13.44 meq/100g (T3), 8.08 meq/100g (T2), 1.56 meq/100g (T3), de calcio, magnesio y sodio respectivamente, en la evaluación realizada a 15 días de compostaje. Mientras que, en la evaluación realizada a 30 días de compostaje, muestra valores promedio de 25.60 meq/100g (T2), 17.18 meq/100g (T2), 1.38 meq/100g (T3).



La capacidad de intercambio catiónico (CIC) muestra que el T2 presentó el mayor valor promedio para CIC con  $66.77 \pm 0.23$  (meq/100g). Evaluaciones de compostaje con forraje verde de hojas caídas y esquejes de ramas, bambú vinagre, y un inóculo microbiano de *Trichoderma* spp. y *Phanerochaete chrysosporium* (Zhang & Sun 2019), alcanzaron valores entre 37.23 a 121.44 (meq/100g) de por efectos de b-ciclodextrina estudiada.

Valores promedio de ceniza es de 3.70 % en residuos de palmito. Durante el proceso de compostaje el porcentaje de ceniza se incrementa, llegando hasta 50.12% en el tratamiento T3 (evaluado a los 15 días). Finalmente, en la evaluación realizada a los 30 días de compostaje se obtuvo valores promedio de 20.83% (T1) y 46.28% (T3) de ceniza. Según Bolanho et al. (2013) menciona que los productos enlatados de palmito pueden ser la porción basal (cubos) o la central (cilindros), y estas porciones tienen un mayor contenido de cenizas ( $8.2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ d.b.}$ ) que las otras porciones de palma durazno (*Bactris gasipaes*).

Las diferentes especies de *Pleurotus* actúan principalmente como saprófitas al crecer y fructificar directamente sobre troncos de madera de manera natural. La facilidad de este desarrollo estriba en la capacidad oxidativa e hidrolítica que les confiere la secreción de un amplio espectro de enzimas, los cuales actúan con alta especificidad sobre las estructuras lignocelulósicas (Rajaratnam & Bano, 1987). Se ha demostrado que los hongos ostras como *Pleurotus* consumen cantidades significativas de celulosa y hemicelulosas como su fuente principal de alimento (Mush, 2004; Temuujin, et al., 2010). De la misma manera el pH en el sustrato es de vital importancia, el valor óptimo para el crecimiento del micelio es de 5-6.5, aunque el micelio puede sobrevivir entre pH 4.2 y 7.5, esto lo podemos corroborar en la tabla 37, donde podemos observar el consumo de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio por *Pleurotus* sp. (Kang, 2004 & Viziteu, 2004).

## **V. CONCLUSIONES**

En sustratos de residuos de palmito, para factores físicos muestra que las diferentes formas de compostaje (Franjas y Apilada) influyen en las variaciones de temperaturas en el proceso de compostaje, mostrando mayor temperatura en tratamientos de forma apilada.

Los factores químicos en residuos de palmito muestra que la caracterización de cuatro formulaciones de compostaje evaluado en dos periodos de tiempo, facilita la identificación de nutrientes en el proceso de degradación de la materia orgánica; mostrando así, que en parámetros como: celulosa, lignina, Na, C.E. y ceniza tienen en mayor cantidad a los 15 días de evaluación, y en parámetros como: Hemicelulosa, N, P, K, Ca, Mg, C.I.C. y Materia orgánica, muestran en mayor cantidad a los 30 días de evaluación.

Considerando las fuentes de residuos, muestra que los tratamientos con mayor contenido de celulosa son los que fueron realizados 100% residuos de palmito (T1 y T4). En cambio, los tratamientos que contenían mezcla (85% residuos de palmito + 15% gallinaza) T2 y T3 muestran una degradación más rápida de celulosa.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANKOM. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique. Ankom Technology. 2005.
- Blundo-Canto, G., Cruz-Garcia, G. S., Talsma, E. F., Francesconi, W., Labarta, R., Sanchez-Choy, J., Perez-Marulanda, L., Paz-Garcia, P., & Quintero, M. (2020). Changes in food access by mestizo communities associated with deforestation and agrobiodiversity loss in Ucayali, Peruvian Amazon. *Food Security*, 1(3), 1-22.
- Bolanho, B.C.; Danesil, E.D.G.; y Beléia, A.P. (2013). Peach Palm (*Bactris gasipaes* kunth) Characterization and the Potential of by-Products Flour Processing. *Food Sci. Technol. Res.*, 19 (6): 1061 – 1069.
- De la Cruz Castañeda, A. (2018). “*Determinación de Dosificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Theobroma cacao L. “cacao” Naranjos - Pardo Miguel - Rioja-2017*”. Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental. Facultad de ecología. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
- Garcia-Garcia, G., Stone, J., & Rahimifard, S. (2018). Opportunities for waste valorisation in the food industry – A case study with four UK food manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 211, 1339-1356.
- Gayosso-Rodríguez, S.; Villanueva-Couoh, E.; Estrada-Botello, M.A. y Garruña R. (2018). Caracterización físico-química de mezclas de residuos orgánicos utilizados como sustratos agrícolas. *Bioagro* 30(3): 179-190
- Gordillo, F. & Chávez, E. (2016). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. *Espol*.
- Gordillo, F.; Peralta, E.; Chávez, E.; Contreras, V.; Campuzano, A. y Ruiz, O. (2011). Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar). *RIA* Vol. 37 N° 2: 140-149.
- Guerrero, E.J. y Monsalve P.J.A. (2007). Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado. *ISSN 0122-1701*: 595 – 600.

- Guizado Gonzales, M. J. (2018). *Eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas, a partir de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión*. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental. Universidad Peruana Unión.
- Koo, W. (2020). Palmitos Perú Exportación 2019 diciembre. AGRODATAPERU. <https://www.agrodataperu.com/2020/01/palmitos-peru-exportacion-2019-diciembre.html>
- Luz Francy Guzman Urrego. (2018). “Evaluación de diferentes tipos de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el municipio de villanueva Casanare”. Trabajo de grado para optar al título profesional de ingeniero agrónomo. Escuela de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
- Leveau Tuanama, R. (2009). “*Caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha para la producción agrícola*”. Tesis para optar por el grado de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.
- Miyashiro Noborikawa, I. (2014). “*Calidad de seis formulaciones de compost enriquecido con guano de islas*”. Tesis para optar por el título de ingeniero ambiental. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima.
- Montejo Guzmán, A.V. (2016). “*Aprovechamiento de los desechos de la corteza de palmito (*Bactris gasipaes*), como sustrato para la elaboración de composta utilizando lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), para la empresa grupo layta S. A.*”. Tesis para optar por el título profesional de ingeniera en industrias agropecuarias y forestales. Facultad de ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Morone, P., Falcone, P. M., & Lopolito, A. (2019). How to promote a new and sustainable food consumption model: A fuzzy cognitive map study. *Journal of Cleaner Production*, 208, 563-574.
- Mullo, I. (2012). *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Mush World. (2004). *Oyster Mushroom Cultivation*. ISSN: 1739-1377.
- Pierini, V.; Ratto, S.; Avedissian, F.; Zubillaga, M. y Arancio, J. (2010). Propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda. *REV. FACULTAD DE AGRONOMÍA UBA*; 30(1-2): 95-99.
- Quiroz Bartra, E.R. (2017). “*Evaluación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de los residuos orgánicos en la ciudad de Moyobamba, 2015*”. Tesis para optar por el título profesional de ingeniero ambiental. Facultad de ecología. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.
- Rajarithnam, S., & Z. Bano. (1989). *Pleurotus mushrooms*. Part III. Biotransformations of natural lignocellulosic wastes: Commercial applications and implications. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28 (1), 31-113.
- Rodríguez Valencia, N. & Jaramillo López, C. (2004). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. *CENICAFÉ: Chinchiná - Caldas – Colombia*.
- Román, P.; Martínez, M.M. y Pantoja, A. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR, Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.
- Sánchez, V., & Royse, D. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Noriega editores. ISBN: 968-18-6357-7.
- Sales-Campos, C.; Ferreira da Eira, A.; Almeida Minhoni, M.T. and Nogueira de Andrade, M.C. (2009). Mineral composition of raw material, substrate and fruiting bodies of *pleurotus ostreatus* in culture. *Interciencia*, vol. 34, núm. 6: pp. 432-436.
- Tahir, P.Md.; Liew, W.P.P.; Lee, S.Y.; Ang, A.F.; Seng Hua Lee, S.H.; Rozi Mohamed, R. y Halis, R. (2019). Diversity and characterization of lignocellulolytic fungi isolated from oil palm empty fruit bunch, and identification of influencing factors of natural composting process. *Waste Management* 100: 128–137.

- Temuujin, J., Minjigmaa, A., Rickard, W., Lee, M., Williams, I., & van Riessen, A. (2010). Fly ash based geopolymer thin coatings on metal substrates and its thermal evaluation. *Journal of Hazardous Materials*, 180(3), 748-752.
- Valera Chota, J.M. (2005). "*Comportamiento del cultivo de Pleurotus sp. en cuatro sustratos orgánicos*". Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali.
- Yañez, Q.P.; Levy, M.A. y Azero, A.M. (2007). Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados. *ACTA NOVA*; Vol. 3(4):720-735.
- Zhang, L., & Sun, X. (2019). Changes in Physical, Chemical, and Microbiological Properties During the Two-Stage Composting of Green Waste due to the Addition of  $\beta$ -cyclodextrin. *Compost Science & Utilization*, 27(1), 46-60.

## ANEXOS I. Fotografías del experimento en campo.



**Fotografía 1.** Reconocimiento de los tipos de desechos que genera APROPAL.



**Fotografía 2.** Reconocimiento de botadero de los residuos de palmito.





**Fotografía 3.** Limpieza del área donde se realizará el experimento.



**Fotografía 4.** Picado de los residuos de palmito (cáscaras y puntas fibrosas).





**Fotografía 5.** Unidades experimentales con su respectiva codificación.



**Fotografía 6.** Recolección de muestras para su respectivo análisis.

## ANEXO 2. Fotografías del análisis en laboratorio



**Fotografía 7.** Muestras de compost tamizadas para ser analizadas en laboratorio.



**Fotografía 8.** Evaluación de características químicas en LABISAG – UNTRM.