



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERIA ZOOTECNICA

Tesis de grado

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

TEMA:

“Composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la cáscara de maracuyá y cascarilla de arroz inoculadas con cepas de hongos *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*. Finca experimental “La María”, Mocache, 2013.”

AUTOR:

VICTOR HUGO FLORENCIA TOALA.

DIRECTOR:

Dr. JUAN H. AVELLANEDA CEVALLOS.

QUEVEDO - ECUADOR

2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTECNICA

TEMA

“Composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la cáscara de maracuyá y cascarilla de arroz inoculadas con cepas de hongos *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*. Finca experimental “La María”, Mocache, 2013.”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de: INGENIERO ZOOTECNISTA

APROBADO

Ing. Bolívar Montenegro
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Ítalo Espinoza
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Adolfo Sánchez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO - LOS RÍOS - ECUADOR

2013

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Victor Hugo Florencia Toala, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Victor Hugo Florencia Toala
AUTOR

CERTIFICACIÓN

El suscrito Dr. Juan Avellaneda Cevallos, certifica:

Que el egresado Victor Hugo Florencia Toala, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista titulada “Composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la cáscara de maracuyá y cascarilla de arroz inoculadas con cepas de hongos *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*. Finca experimental “La María”, Mocache, 2013.”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Prof. Juan Avellaneda Cevallos; M.C., Dr. C.
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios, por guiar mis pasos, y por haberme permitido llegar hasta este punto, siendo uno de mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis queridos padres, Carmen y Asisclo, por su apoyo de forma incondicional, para alcanzar mis metas y por estar siempre a mi lado.

A mis hermanos; Maribel, Alejandro y Andrés, por su apoyo y colaboración en la vida diaria y que vean en mi un ejemplo a seguir.

A mi Director de tesis Dr. Juan Avellaneda Cevallos, por su asesoría, disposición y facilidades otorgadas para realizar este trabajo de investigación.

De igual manera hago extensivo mis agradecimientos a todos aquellos que con sus conocimientos y amistad, colaboraron con este trabajo:

Ing. Gustavo Quintana

Ing. Alexandra Barrera

Ing. Carol Coello

Ing. Mayra Peña

Ing. Gary Meza

Y a mis compañeros, Carlos Cedeño y Ronald Cedeño. Quienes fueron de gran apoyo para realizar esta investigación.

Gracias a todos...

DEDICATORIA

De todo corazón:

A Dios por iluminarme y cuidar siempre de mí.

A mis padres y hermanos, quienes depositaron todas sus confianzas en mí, siendo mi fortaleza, para ser mejor cada día y alcanzar nuevas metas.

Victor Hugo Florencia Toala

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 JUSTIFICACIÓN	4
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 HIPÓTESIS.....	5
1.3.1 Hipótesis alternativa	5
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MARACUYÁ.....	7
2.1.1 Composición química.....	8
2.1.2 Subproductos del procesamiento de la maracuyá	8
2.1.3 La maracuyá en el Ecuador	9
2.1.4 Área productiva.....	10
2.1.5 Industrialización de la maracuyá en el Ecuador	10
2.1.6 Utilización de los subproductos después de la Industrialización de la maracuyá	11
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ	11
2.2.1 Características físicas de la cascarilla de arroz.	12
2.2.1.1 Piladoras de arroz por categorías y su procesamiento en quintales por hectárea en la Provincia de Los Ríos	14
2.3 HONGOS.....	15
2.3.3 Clasificación	17
2.3.4 Producción de Hongos Comestibles	18
2.3.4.1 Morfología y estructura	19
2.3.4.2 Reproducción de los hongos	19
2.3.4.3 Estructura del pleuroma de <i>Pleurotus</i> spp.....	20
2.3.5 Crecimiento micelial.....	21
2.3.6 Degradabilidad	21
2.3.7 Técnica <i>in situ</i>.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 MATERIALES EN GENERAL	25
3.2 MÉTODOS.....	28
3.2.1 Ubicación.....	28
3.2.1.1 Ubicación política	28

3.2.1.2 Ubicación geográfica	28
3.2.2 Factores de estudio.....	29
3.2.3 Tratamientos.....	29
3.2.4 Diseño experimental	30
3.2.4.1 Características del experimento	30
3.2.4.2 Análisis estadístico	30
3.2.5 Manejo específico del experimento.....	31
3.2.5.1 Preparación de un medio de cultivo (PDA) previo a la siembra de las cepas de <i>Pleurotus</i>	31
3.2.5.2 Replica de las cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>sapidus</i>	31
3.2.5.3 Obtención de semilla de <i>Pleurotus</i> para FMS.....	31
3.2.5.3.1 Descripción del proceso para la siembra de las cepas de <i>Pleurotus</i> en los substratos para la FMS.....	32
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.2 Propiedades Química.	39
4.2. Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> (%) de la materia seca.....	41
4.2.4 Efecto del factor (A) en la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de..... la materia seca	44
4.1.2. Efecto del factor (B) en la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la	46
4.2 Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> (%) de la materia orgánica.....	48
4.2.1 Efecto del factor (A) en la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la	51
4.2.2. Efecto del factor (B) en la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de..... la materia orgánica.....	53
4.3 Biodisponibilidad de ceniza de nueve tratamientos en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas)	55
4.3.1. Efecto del factor (A y B) de la Biodisponibilidad de ceniza de	58
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
6. LITERATURA CITADA	65
I. ANEXOS.....	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Descripción taxonómica y sistémica de la maracuyá.....	12
2	Composición nutritiva de la cascara de maracuyá.....	13
3	Producción de maracuyá en el Ecuador.....	15
4	Empresas procesadoras de maracuyá en el Ecuador, su localización y los productos que elaboran.....	16
5	Características físicas de la cascarilla de arroz.....	17
6	Composición de la cascarilla de arroz.....	18
7	Propiedades químicas de la cascarilla de arroz en el Ecuador.....	18
8	Composición mineral de la ceniza de la cascarilla de arroz.....	19
9	Piladoras de arroz de 1ra. y 2da., categoría en la provincia de Los Ríos.....	20
10	Detalle de los factores de estudio.....	34
11	Detalle de los tratamientos.....	34
12	Análisis de varianza (ANDEVA).....	35
13	Composición química (en base seca) de los residuos agrícolas utilizados en esta investigación inoculados con cepas del genero <i>Pleurotus</i>	44
14	Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la materia seca (MS) de nueve tratamientos, en siete tiempos de incubación (0-3-6-12-24-48 y 72 horas) UTEQ - 2013.....	48
15	Efecto del factor (A) de la MS en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) UTEQ- 2013.....	50
16	Efecto del factor (B) de la MS en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) UTEQ- 2013.....	52
17	Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la materia orgánica (MO) de nueve tratamientos, en siete tiempos de incubación (0-3-6-12-24-48-72 horas) UTEQ - 2013.....	55
18	Efecto del factor (A) de la MO en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) UTEQ- 2013.....	57
19	Efecto del factor (B) de la MO en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) UTEQ- 2013.....	59

20	Biodisponibilidad de nueve tratamientos, en siete tiempos de incubación (0-3-6-12-24-48-72 horas) UTEQ - 2013.....	62
21	Efecto del factor (A) en la biodisponibilidad de ceniza en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) UTEQ- 2013.....	64
22	Efecto del factor (B) en la biodisponibilidad de ceniza en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) UTEQ- 2013.....	65

INDICE DE ANEXOS

1	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MS) de nueve tratamientos, tiempo 0 horas.....	78
2	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MS) de nueve tratamientos, tiempo 3 horas.....	78
3	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MS) de nueve tratamientos, tiempo 6 horas.....	79
4	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MS) de nueve tratamientos, tiempo 12 horas.....	79
5	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MS) de nueve tratamientos, tiempo 24 horas.....	80
6	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MS) de nueve tratamientos, tiempo 48 horas.....	80
7	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MS) de nueve tratamientos, tiempo 72 horas.....	81
8	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MO) de nueve tratamientos, tiempo 0 horas.....	81
9	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MO) de nueve tratamientos, tiempo 3 horas.....	82
10	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MO) de nueve tratamientos, tiempo 6 horas.....	82
11	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MO) de nueve tratamientos, tiempo 12 horas.....	83
12	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MO) de nueve tratamientos, tiempo 24 horas.....	83
13	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MO) de nueve tratamientos, tiempo 48 horas.....	84
14	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MO) de nueve tratamientos, tiempo 72 horas.....	84
15	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MM) de nueve tratamientos, tiempo 0 horas.....	85
16	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MM) de nueve tratamientos, tiempo 3 horas.....	85
17	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MM) de nueve tratamientos, tiempo 6 horas.....	86

18	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MM) de nueve tratamientos, tiempo 12 horas.....	86
19	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MM) de nueve tratamientos, tiempo 24 horas.....	87
20	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MM) de nueve tratamientos, tiempo 48 horas.....	87
21	Análisis de varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> (MM) de nueve tratamientos, tiempo 72 horas.....	88

RESUMEN

En el cantón Quevedo tenemos grandes cantidades de materiales residuales provenientes de las actividades agrícolas y agroindustriales, como en el caso de

la cáscara de maracuyá y de la cascarilla de arroz, que por su volumen resultó interesante para ejecutar esta investigación. La cual se llevó a cabo en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional, de la Facultad de Ciencias Pecuarias, con el interés de medir la degradabilidad ruminal *in situ* como también la materia seca (MS), materia orgánica (MO), materia mineral (MM), y proteína (P), para lo cual se establecieron nueve tratamientos con la utilización de dos cepas de hongos del genero *Pleurotus spp.*, con un tiempo de 45 días de fermentación sólida, siendo; **T1:** Cáscara de Maracuyá; **T2:** Cascarilla de Arroz; **T3:** Mezcla al 50%; **T4:** Cáscara de Maracuyá + *P. Ostreatus*; **T5:** Cascarilla de Arroz + *P. Ostreatus*; **T6:** Mezcla al 50% + *P. Ostreatus*; **T7:** Cáscara de Maracuyá + *P. Sapidus*; **T8:** Cascarilla de Arroz + *P. Sapidus*; **T9:** Mezcla al 50% + *P. Sapidus*. Se empleó la técnica de la bolsa de nylon para determinar dichas variables, se aprovecharon tres bovinos fistulados de la raza Brahmán. Los periodos de incubación ruminal fueron 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. En la degradabilidad *in situ*, el sustrato con mayor representación de la MS fue la cascarilla de arroz sin inculo; mientras que para la MO, la mayor respuesta la presento la cáscara de maracuyá con *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*; siendo la cascarilla de arroz con *Pleurotus ostreatus* quien alcanzo la mayor respuesta de la MM; donde la cáscara de maracuyá con *Pleurotus ostreatus*, fue quien obtuvo mayor porcentaje de proteína.

Palabras claves: residuos agrícolas, bolsas de nylon, degradabilidad *in situ*, rumen, factores, *Pleurotus ostreatus* y *Sapidus*.

ABSTRACT

In the Quevedo city have large quantities of waste materials from agricultural and agro-industrial activities, as in the case of passion fruit peel and rice husks, which by its volume was interesting to perform this research. Which was carried out in the Laboratory of Nutrition and Metabolism Rumiology, Faculty of Animal Science, in the interest of measuring *in situ* ruminal degradability as dry matter (DM), organic matter (OM) mineral matter (MM) and protein (P), for which nine treatments with the use of two strains of fungi of the genus *Pleurotus* spp were established, with a time of 45 solid days fermentation being; T1: shell Passion , T2: Cascarilla Rice, T3: Mix 50 %, T4: Passion Fruit Peel + *P. Ostreatus* , T5: Rice Husks + *P. Ostreatus*, T6: Mix 50% + *P. Ostreatus*; T7: Passion Fruit Peel + *P. Sapidus*; T8: Rice Husks + *P. Sapidus*; T9: Mix 50% + *P. Sapidus*. The art of nylon bag was used to determine these variables three fistulated Brahman breed of cattle took advantage. Ruminal incubation periods were 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours. *In situ* degradability, the substrate with the highest representation of the MS was rice husk without inoculum, while for the MO, the largest response the present shell with passionfruit *Pleurotus ostreatus* and *sapidus*; being rice husk with *Pleurotus ostreatus* who reached the highest response of MM, where passion fruit peel *Pleurotus ostreatus*, was the one who scored the highest percentage of protein.

Keywords: agricultural waste, nylon bags, *in situ* degradability, rumen, factors, and *Pleurotus ostreatus* and *Sapidus*.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado un país eminentemente agrícola en el que se cosechan variedades de productos, favorecidos por la diversidad geográfica del país, siendo en el sector pecuario donde predomina el ganado vacuno con un total de 5.3 millones de cabezas, tanto en la Costa como el Oriente. La mayor parte de los agricultores, se dedican al manejo de ganado de carne. Con relación al promedio de litros de leche por vaca, la región que más se destaca es la Sierra debido a la existencia del hato ganadero lechero de la región, con un incremento del 11.66% entre 2010 y 2011. Complementándose a esto, el manejo integrado de una diversidad de variedad de pastos cultivados y naturales, aptos para la zona y que sirve para alimentación del ganado (INEC, 2011).

En la región costa del Ecuador en la época seca, el sector ganadero se enfrenta a la escases de su principal fuente de alimento (pasto) por lo cual se ven en la obligación de suplementar la alimentación de los animales con la adición de subproductos de la actividad agrícola y agroindustriales como es el caso de la cascara de maracuyá y la cascarilla de arroz. Debido al alto contenido de celulosa y hemicelulosa de estos sub producto sus nutrientes no son aprovechados en su totalidad por el animal, por tal motivo se planteó la inoculación de estos, con cepas de hongos *Pleurotus ostreatus* y *sapidus* para mejorar la degradabilidad de estos subproductos (INEC, 2011).

Los *Pleurotus* spp., son considerados como agentes primarios de descomposición porque son capaces de utilizar los desechos de las plantas en su forma natural sin que hayan sido sujetas a algún proceso de degradación bioquímica o microbiológica. El cultivo de los hongos del género *Pleurotus* spp., tiene un gran atractivo debido principalmente a que producen proteínas de alta calidad sobre un sustrato que consiste en materiales de desecho de carácter lignocelulosico, materiales producidos en gran cantidad en la actividad agrícola (Miles, P. y Chang, S. 1995).

Las especies de *Pleurotus* están consideradas entre las mejores especies degradadoras de materiales lignocelulósicos, reportándose reducciones hasta del 80% de la lignina y la celulosa presentes en los sustratos, posterior a las cosechas hecho

que mejora ostensiblemente la digestibilidad y valor nutricional del residuo de sustrato para alimentación animal, ya que estos hongos aumentan el valor nutricional de materiales como las pajas, pastos y residuos lignocelulósicos en general, en materiales con un mayor aporte proteico y una marcada disminución en el contenido de lignina, la cual es una sustancia no deseable y que deteriora la calidad de los alimentos para la nutrición animal. Los hongos del género *Pleurotus* spp., tienen un panorama muy amplio más allá de la producción de setas, debido a que el compost agotado que se obtiene, durante el proceso de fermentación en medio sólido, puede ser usado de diversas maneras, tales como, la obtención de enzimas, fertilizantes, abonos orgánicos, biorremediadores de suelo y de alimento para rumiantes (Miles, P. y Chang, S. 1995).

1.1 JUSTIFICACIÓN

La actividad ganadera deja muy buenos resultados económicos, teniendo en cuenta tres factores fundamentales: genética, alimentación y manejo. Siendo la segunda de gran importancia para esta investigación. La alimentación y nutrición de los rumiantes es muy compleja, lo cual nos obliga a buscar nuevas alternativas y técnicas para obtener alimento de buena calidad y a precios bajos con el aprovechamiento y utilización de diversos materiales como los residuos de cosechas (cascara de maracuyá, cascarilla de arroz, panca de maíz, tuzas de maíz, cáscara de maní, entre otros) más la siembra de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *sapidus* con el afán de bajar los niveles de lignina, celulosa y hemicelulosa para mejorar el valor nutritivo de estos subproductos. Que mediante un proceso de conservación y transformación se obtenga un material con un alto valor nutricional, lo cual de ser así representaría una gran oportunidad para aprovechar los residuos de las fincas o industrias e incrementar la producción ganadera.

Siendo Quevedo una zona rica en productos y subproductos agrícolas, conviene desarrollar un proceso orientado al aprovechamiento integral de recursos provenientes de la actividad agrícola y agroindustrial, además de evitar la contaminación ambiental, por los residuos derivados de estas actividades. Además, ya que el hongo degrada celulosa, hemicelulosa y lignina, de los sustratos donde se desarrollan, se los utilizan como abonos orgánicos, debido a que el micelio es fuente de fitohormonas y otras sustancias biológicamente activas o para alimentación de rumiantes.

Por lo tanto, con estos antecedentes técnicos se justifica la presente investigación que aportara a solucionar el problema de alimentación y nutrición de los rumiantes dentro y fuera de la provincia de Los Ríos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la cáscara de maracuyá, cascarilla de arroz y la mezcla al 50%, inoculada con cepas de hongo *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*. Finca experimental. La María, Mocache, 2013.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Valorar la composición química de la cáscara de maracuyá, cascarilla de arroz y la mezcla al 50%, inoculada con cepas de hongos *Pleurotus ostreatus* y *sapidus* a los 45 días de fermentación sólida.
2. Evaluar el porcentaje de degradabilidad de la cáscara de maracuyá, cascarilla de arroz y la mezcla al 50%, inoculada con cepas de hongos *Pleurotus ostreatus* y *sapidus* a los 45 días de fermentación solida mediante la técnica *in situ*.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis alternativa

H.a.1 La composición química de la cáscara de maracuyá, cascarilla de arroz y la mezcla al 50%, mejorara al ser inoculadas con cepa de *Pleurotus ostreatus*.

H.a.2 La degradabilidad de la cáscara de maracuyá, cascarilla de arroz y la mezcla al 50%, será mayor con la siembra del hongo *Pleurotus ostreatus*.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MARACUYÁ

El maracuyá amarillo, *Pasiflora edulis*, también llamado fruta de la pasión, es originario del trópico amazónico, especialmente de Brasil, que es el mayor productor mundial. La fruta se caracteriza por su intenso sabor y su alta acidez, razones por las cuales se utiliza como base para preparar bebidas industrializadas (Corporación Colombia Internacional) (Cuadro 1).

CUADRO 1. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y SISTEMÁTICA DE LA MARACUYÁ

Nombre Científico	<i>Pasiflora edulis</i>
Nombre Común	Pasionaria, parchita, maracuyá
Reino	Plantae
Orden	Malpighiales
Familia	Passifloraceae
Género	<i>Passiflora</i>
Especie	<i>P. edulis</i>

Fuente: Mueckay, 2009

La fruta es como una baya redonda u ovoide, con un diámetro de 35 a 80 mm y un peso hasta de 30 g. La fruta de la pasión amarilla es más larga que la morada. La delgadez, el grosor de la piel depende de la variedad, ya sea si es morada o amarilla. El endocarpio es blanco; la cavidad contiene numerosas pepitas comestibles con una pulpa dulce de color naranja-amarillo, con un aroma muy característico. Cuando la fruta está madura se cae al piso y empieza a arrugarse. Para exportación como fruta fresca este deberá ser cosechado antes de este estado (Mueckay, 2009).

Cabe resaltar que el jugo de maracuyá es el tercer jugo exótico en importancia, después de los jugos de mango y de piña. Brasil, Ecuador y Colombia son los

principales productores mundiales de maracuyá, pero Ecuador es el mayor exportador mundial (Corporación Colombia Internacional).

2.1.1 Composición química

Como se muestra en el (Cuadro 2), estudios realizados sobre la composición química revelan que el contenido total de sólidos es de 19.6%, sólidos solubles 17.4%, carbohidratos 12.4% y ácidos orgánicos 3.4%. Los carbohidratos por lo tanto constituyen el 63.3% de sólidos totales y el 71.3% de los sólidos solubles aproximadamente, estos carbohidratos son los siguientes: azúcares, almidón, vitaminas, carotenoides, sustancias pécticas, contenido de nitrógeno. En resumen podemos decir, que la fruta del maracuyá es un alimento nutritivo, rico en carbohidratos, carotenos, ácido ascórbico, ácido nicotínico, riboflavina y materias minerales (Mueckay, 2009).

CUADRO 2. COMPOSICION NUTRITIVA DE LA CASCARA DE MARACUYA

COMPOSICION	% EN BASE SECA
Materia seca	87.50
Proteína bruta	7.70
Fibra bruta	39.74
Grasa	2.87
Ceniza	8.57
Materia orgánica	91.43

Fuente: (Puente, V. 2001; citado por Bermeo, R. 2005).

2.1.2 Subproductos del procesamiento de la maracuyá

La composición de las cáscaras de maracuyá muestran que tiene entre un 17 y un 20% de materia seca, alta en carbohidratos y fibra, baja en materiales solubles y es una buena fuente de proteína, pectina y minerales. Puede ser utilizada en la alimentación del ganado vacuno, también en las dietas de cerdo de engorde y crecimiento. La cáscara fresca o deshidratada también puede ser utilizada como abono. Las semillas constituyen del 7 al 12% del peso del fruto y contiene un 20%

de lípidos, y se lo puede utilizar como fuente de grasas comestibles o para uso industrial en la fabricación de barnices y pinturas. De los tallos, hojas y plantas se puede extraer la pasiflorita, que es un producto medicinal utilizado ampliamente en Brasil por sus cualidades sedantes derivadas de la presencia de alcaloides. Un análisis de la cáscara de maracuyá deshidratada reportó que tiene: el 16.80 % de humedad, el 4.58 % de proteína cruda, el 0.33 % de extracto etéreo, el 6.76 % de cenizas totales, el 25.66 % de fibra cruda y el 45.87 % de extracto libre de nitrógeno (Mueckay, 2009).

2.1.3 La maracuyá en el Ecuador

En Ecuador este cultivo se introdujo comercialmente en los años 70 y en los últimos quince años se han instalado varias fábricas de extracción de pulpa de maracuyá, aun por ser un cultivo relativamente fácil, su precio es muy vulnerable y tiene variaciones extremas que eventualmente crean serias dificultades a los productores. Sin embargo Ecuador posee ventajas comparativas para la producción del maracuyá, al ser privilegiado por el clima tropical, que permite que exista una cosecha ininterrumpida durante todo el año, convirtiéndose así en uno de los más grandes productores mundiales de esta fruta, de hecho más del 90% del concentrado de maracuyá (passionfruit) importado por el mundo es ecuatoriano. Adicionalmente, aunque en menor proporción, se exporta la fruta fresca, las semillas e incluso el aroma del maracuyá ecuatoriano para fabricar comidas de bebé, cosméticos y balanceados. Nuestra Maracuyá es cada vez más apetecida en el mercado mundial por su exquisito sabor y la adecuada acidez de la fruta (Corporación Colombia Internacional).

Ecuador se convirtió, desde finales de la década pasada, en el segundo productor mundial, pasando de 4,460 a 25,000 hectáreas cultivadas entre 1994 y el año 2000, lo que implicó un incremento en la producción de maracuyá de 20,000 a 250,000 toneladas en el mismo período. Este crecimiento en la producción se debe también al aprovechamiento de las ventajas climáticas y al aumento en los rendimientos del cultivo. Adicionalmente, Ecuador es un importante productor de jugo concentrado de maracuyá, del que es el principal exportador a nivel mundial. Dentro de los jugos concentrados de frutas que exporta Ecuador, el jugo de

maracuyá es el de mayor importancia y participa con el 88% dentro del total. En el Ecuador existen 6 plantas procesadoras de concentrado de maracuyá, las mismas que están dotadas de alta tecnología para cumplir con las exigencias del mercado externo. Su principal ventaja competitiva radica en ofrecer un producto a precios accesibles y con alto nivel de calidad (Corporación Colombia Internacional).

2.1.4 Área productiva.

Según el III Censo Nacional Agropecuario (2002), la provincia donde se concentra el mayor hectareaje y producción de maracuyá es la provincia de Los Ríos, seguida de Manabí, Guayas y Esmeraldas. Los rendimientos en Los Ríos son de alrededor de 11 toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), con una gran diferencia respecto a las demás provincias que oscilan entre 6.12, 3.98 y $3.76\ t\ ha^{-1}$. (Cuadro 3).

CUADRO 3. PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ EN EL ECUADOR

Provincias	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)
Los Ríos	18,605	204,013	11.00
Manabí	4,481	27,407	6.12
Guayas	2,309	9,200	3.98
Esmeraldas	1,514	5,698	3.76

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario, 2002

2.1.5 Industrialización de la maracuyá en el Ecuador

Las industrias proporcionan asistencia técnica y apoyo crediticio temporal a los productores, con el interés de obtener fruta de calidad acorde a las necesidades. Existen en total seis industrias que procesan maracuyá y otras frutas tropicales (Corporación Colombia Internacional) (Cuadro 4).

CUADRO 4. EMPRESAS PROCESADORAS DE MARACUYÁ EN EL ECUADOR, SU LOCALIZACIÓN Y LOS PRODUCTOS QUE ELABORAN

Nombre de la Empresa	Localización	Producto
Tropifrutas	Los Ríos	Jugo concentrado de maracuyá, jugo de piña, mango, tomate y cítricos.
Inborja	El Oro	Jugo simple aséptico de maracuyá, puré de banano
Ecuajugos	Guayas	Jugos de maracuyá, mora, toronja, frutilla, mango, cítricos y otros.
Conservas de Guayas	Guayas	Jugos de maracuyá, naranja y mermeladas.
Industrial Fruta de la Pasión	Guayas	Concentrado de maracuyá
Quicornac	Los Ríos	Jugo concentrado de maracuyá, mermeladas, jugo de frutas de temporada.

Fuente: Coello. 2012.

2.1.6 Utilización de los subproductos después de la Industrialización de la maracuyá

En el caso de los subproductos como son la cáscara y las semillas; la primera, es usada como alimento para ganado, después de haber sido secada y ensilada, mostrando características de digestibilidad parecida a la de los cítricos, también se utiliza como ingrediente básico para la preparación de abono orgánico; además por tener un alto grado de pectinas es empleada para la fabricación de gelatinas; en el caso de la semillas, éstas contienen 20% de aceite, el cual se compara en sus características al de la semilla de algodón y siendo útil después de su refinación para fines culinarios, así como para la fabricación de jabones y barnices (Corporación Colombia Internacional).

2.2 CARACTERISTICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla es el elemento que acompaña a dicho grano hasta antes del proceso de secado y descascarillado. Generalmente la cascarilla se trasporta al basurero o se quema sin aprovechar la energía generada. La cascarilla de arroz o tamo corresponde al 22% en un proceso de pilado de arroz. La cascarilla tiene un

aspecto parecido al de la paja, es muy ligera. El alto contenido de sílice demostrado hace que su uso alimenticio en harinas para animales sea limitado (Valverde, 2006).

2.2.1 Características físicas de la cascarilla de arroz.

La cascarilla de arroz toma la forma del grano cariósido y su dimensión es diversa por las numerosas variedades que existen, estas fluctúan en longitud de 4-14 mm, en ancho 2-4 mm, y un espesor promedio de 50 μm . A simple vista tiene una apariencia uniforme en la superficie exterior pero al observarse al microscopio se aprecia una superficie rugosa con crestitas a diferencia de la interior que es lisa, para que el aire quede atrapado en los intersticios exteriores e influya en la humedad de la cáscara (Echeverría y López, 2010).

CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Propiedades	Detalles
Estado físico	Sólido granulado
Color	Beige
Olor	Olor característico
Longitud, mm	4–14
Ancho, mm	2–4
Espesor promedio, μm	50
Peso específico, mg	2.944 – 3.564
Solubilidad en agua	Insoluble

Fuente: Echeverría y López, 2010

CUADRO 6. COMPOSICIÓN DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Elemento	Porcentaje (%)
Fibra (Celulosa)	39.05
Lignina	22.80
Proteínas	3.56
Extracto no Nitrogenado	6.60
Extracto con éter	0.93

Fuente: Valverde *et al.*, 2007

CUADRO 7. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN EL ECUADOR

Características	Detalle
Humedad, %	7.41
Cenizas, %	19.39
Materia volátil, %	57.09
Carbono fijo, %	16.11
pH a 25 °C	7.1
Fibra (Celulosa), %	45.38
Proteínas, %	3.59
Extracto con éter (Grasa), %	0.4
Carbohidratos totales, %	69.23

Fuente: Echeverría y López, 2010

CUADRO 8. COMPOSICIÓN MINERAL DE LA CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Composición	Fracción en peso (%)
Sílice (SiO)	90–97
Óxido de Calcio (CaO)	0.2 – 1.5
Óxido de Magnesio (MgO)	0.1 – 2.0
Óxido de Potasio (K ₂ O)	0.6 – 1.6
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	Trazas – 1.75
Óxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	0.3
Sulfatos (SO ₃)	0.10 – 1.13
Cloro (Cl)	0.15 - 0.40
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Trazas – 0.40
Óxido de Manganeso (MnO ₂)	Trazas

Fuente: Echeverría y López, 2010

2.2.1.1 Piladoras de arroz por categorías y su procesamiento en quintales por hectárea en la Provincia de Los Ríos

Como podemos observar en el (Cuadro 9), la provincia de los Ríos tenemos un total de 561 piladoras en sus diferentes cantones con 103 piladoras de primera categoría y 458 piladoras de segunda categoría (Echeverría y López, 2010).

**CUADRO 9. PILADORAS DE ARROZ DE PRIMERA Y SEGUNDA CATEGORÍA
EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS**

Provincia Cantón	Piladoras por categorías			Procesamiento Quintales h ⁻¹
	Primera.	Segunda.	TOTAL	
Los Ríos	103	458	561	9,860
Buena Fe	5	5	10	186
Baba	3	50	53	670
Babahoyo	32	108	140	2,633
Mocache	2	19	21	366
Montalvo	8	27	35	651
Palenque	1	37	38	474
Pueblo viejo	13	19	32	605
Quevedo	11	19	30	903
Urdaneta	12	17	29	551
Ventanas	8	70	78	1,223
Vinces	8	87	95	1,598

Fuente: Echeverría y López, 2010

El cantón Quevedo cuenta con 11 piladoras de primera categoría y 19 piladoras de segunda categoría con un total de 903 qq h⁻¹. Cada quintal español es igual a 100 libras, si la cascarilla representa el 22%, de residuo del proceso de pilado, tendríamos 198.66 q h⁻¹ y un total de 19,866 libras de cascarilla por hora solo en nuestro cantón.

2.3 HONGOS

El cultivo de hongos en América inició en México central en 1933, por medio de una tecnología simple, seguido por Argentina (1941), Colombia (1950), Brasil (1951), Chile (1959), Guatemala (1960), Perú (1967), Venezuela (1968), Costa Rica (1969) y Bolivia (1989), (Chávez, 2008).

Los hongos son descritos como organismos unicelulares o pluricelulares, eucarióticos, productores de esporas, que carecen de clorofila, heterótrofos, que se reproducen tanto sexual como asexualmente y que usualmente son filamentosos, ramificados con estructuras somáticas llamadas hifas y típicamente rodeados de paredes celulares. En el reino Fungi (hongos) se incluyen los phylum Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota. Otros phylum adicionales son los Myxomycota, Dictyosteliomycota, Acrasiomycota, Plasmophoromycota, Oomycota, Labyrinthulomycota y Hyphochytriumycota. Incluido en este reino se encuentran los champiñones, u hongos con forma de concha (setas), mildes polvosos, mohos del pan, levaduras, morillas y trufas, por nombrar algunos (Alexopoulos. 1996; citado por Suarez, 2010).

2.3.1 Hongos del genero *Pleurotus*

Pleurotus es el nombre genérico de toda una gama de hongos saprófitos comestibles en los que se ha logrado limitar sus hábitos ecológicos naturales (troncos de árboles secos, generalmente pobres en nutrientes, ramas muertas, etc.) para cultivarlos en sustratos lignocelulósicos diversos, habiendo sido objeto de una preparación simple y rápida. Los *Pleurotus* spp., constituyen un gran grupo de especies muy diversas, tanto por sus colores (amarillo, blanco, gris pizarra, marron oscuro e inclusive rosado) como por sus formas, sabor o por sus exigencias técnicas (Mera, 2005).

Su reproducción puede ser asexual y/o sexual pero, generalmente, hay producción de esporas; son de distribución cosmopolita, se desarrollan en cualquier tipo de clima, siempre que la temperatura no sea menor de cero grados Celsius (4-6°C), desde el nivel del mar hasta por encima de los 4,000 msnm. Los hongos son un componente vital en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, ya que desempeñan diversas funciones de tipo ecológico y fisiológico; además, pueden ser mediadores e integradores que contribuyen al desarrollo de las poblaciones vegetales, particularmente al de las especies arbóreas. Entre sus principales funciones destacan las siguientes: intervienen en los ciclos y transferencia de nutrimentos, al participar de manera activa en la regulación de la tasa fotosintética; a través del crecimiento de sus hifas modifican

la permeabilidad y estructura del suelo; los hongos representan una fuente de alimento para algunos vertebrados (incluyendo mamíferos) e invertebrados, algas y otros hongos; participan en creación y alteración de nichos, sobre todo para invertebrados; establecen asociaciones mutualistas con plantas, termitas, hormigas y con algunas especies de algas (Ramos, 1999).

2.3.2 Importancia de los hongos

Debido que los hongos viven de la descomposición de la materia orgánica en sus diversas formas, incluyendo la basura, hojarasca y otros sustratos, estos organismos constituyen la clave para la reincorporación de los materiales orgánicos en el suelo, favoreciendo así la formación o el enriquecimiento de tales suelos (Ramos, 2007).

Tiene una alta capacidad saprofitica y puede colonizar sustratos esterilizados, pasteurizados y fermentados, e incluso en ocasiones, sin esterilizar. El *Pleurotus* tiene su origen en especies silvestres y tiene una ecología muy diferente al *Agaricus* (champiñón) (Manterola, 1999).

2.3.3 Clasificación

La mayor parte de los hongos son saprófitos (descomponen la materia muerta), y juegan un papel de vital importancia en el mantenimiento de los ecosistemas, reciclando la materia orgánica que luego podrá ser utilizada por los vegetales. También se los puede clasificar en degradadores primarios, secundarios y continuos, dependiendo del estado de degradación de la materia orgánica que utilicen como nutriente. Los degradadores primarios son los responsables de iniciar la descomposición de los residuos vegetales en la naturaleza, muchos de ellos son específicos para materia orgánica intacta. Algunas especies atacan carbohidratos de fácil degradación (hongos de pudrición blanca), otros degradan los polisacáridos celulosa y hemicelulosa (hongos de pudrición oscura) y algunos además degradan la lignina (hongos de pudrición blanca) (Martínez, 1993; citado por Coello, 2012).

Una actividad muy importante de los basidiomicetos es la descomposición de la madera, papel y otros derivados de productos naturales. Estos hongos, por lo tanto son capaces de producir celulasas y enzimas capaces de catabolizar la lignina y utilizarla como fuente de carbono y energía. La descomposición de la lignina en la naturaleza es difícil y es realizada por un reducido grupo de hongos basidiomicetos, que producen la llamada podredumbre de la madera. Existen dos tipos de podredumbre, la marrón, en la que solamente se degrada la celulosa pero no la lignina y la blanca, en la que ambos polímeros son degradados eficientemente (Pedreros, 2007; citado por Suarez, 2010).

No todos los basidiomicetos pueden mineralizar completamente la madera a CO₂ y H₂O. Los hongos de pudrición café, denominados así porque la madera adopta un color café oscuro a medida que la descomposición avanza, sólo degradan la celulosa y hemicelulosa, mientras dejan la lignina modificada pero no degradada. No se han logrado aislar polifenol oxidasas o ligninasas a partir de los hongos de pudrición café. Los hongos de mayor éxito en la degradación de la madera son Basidiomycetes de pudrición blanca. Estos hongos no solo secretan celulasa y hemicelulasa, sino que también producen enzimas que degradan la lignina. Son estas enzimas las que pueden usarse en el tratamiento de desechos y en muchos procesos de biodegradación. Este género de hongo Basidiomycetes, es capaz de producir enzimas lignocelulolíticas (ligninasas) que degradan la lignina, la utilización de sustratos lignocelulósicos para el cultivo de hongos, es posible realizarlo por el sistema lignolítico de los hongos del tipo *Pleurotus* spp. (Chang, 1997; citado por Coello, 2012).

2.3.4 Producción de Hongos Comestibles

El cultivo comercial de las setas inicia su desarrollo en la década de los 70, especialmente, en el ámbito rural dados sus bajos costos de producción y a la utilización de esquilmos agroindustriales como sustratos, cita incrementos del 413% para el periodo 1990 a 1997, con valores de 365 y 1,825 t, respectivamente. El cultivo de hongos comestibles constituye no solamente el único proceso biotecnológico económicamente viable y rentable para la conversión de residuos lignocelulósicos, sino también el único sistema

microbiológico que puede degradar lignina, celulosa y hemicelulosa de estos residuos (Manterola, 1999).

2.3.4.1 Morfología y estructura

El verdadero hongo es una masa algodonosa, generalmente blanca, que técnicamente se llama micelio y que generalmente no vemos por estar enterrado en el suelo o sustrato en donde se desarrolla. La unidad microscópica fundamental de un hongo es la hifa, la cual es un filamento tabicado en la mayoría de las veces, es decir un conjunto de células. Es precisamente a partir del micelio por donde se alimenta el hongo, a través de la absorción de las sustancias nutritivas del sustrato. Las esporas pueden ser blancas, blancas con tono lilas, blancas amarillentas, de color rosa, café o negras según la especie del hongo. Las partes fundamentales del cuerpo fructífero de un hongo, son el sombrero o píleo, que protege a las láminas o himenio, este último es la parte fértil del hongo y en donde se producen las esporas. El sombrero es sostenido por el pie o estípite, en el que existen a veces plenillo y la volva. Las fructificaciones de los hongos son el resultado de los procesos de la reproducción sexual, dichas fructificaciones constituyen la forma que tiene el hongo para producir esporas y así perpetuar su especie. Estas esporas son de origen sexual. Las esporas sexuales del hongo, basidiosporas en el caso de los hongos comestibles, por tratarse de un Basidiomyceto, al caer sobre un sustrato adecuado, en este caso el suelo, germinan produciendo hifas y éstas el micelio. Las células de estos micelios son unicelulares, es decir tienen un solo núcleo cada una, como también lo son las esporas. Un micelio uninucleado, llamado también micelio primario, se fusiona con otro de otro individuo, para producir un micelio binucleado o secundario, con dos núcleos cada célula (Crisan y Sands, 1978; citados por Coello, 2012).

2.3.4.2 Reproducción de los hongos

Los hongos también se pueden reproducir vegetativamente por medio de fragmentos obtenidos del micelio o del cuerpo fructífero. Si tomamos con asepsia una porción del micelio secundario del hongo o una pequeña pieza del cuerpo

fructífero y la ponemos bajo humedad, temperatura y nutrientes adecuados, dicho fragmento crecerá y dará más hifas, formando así un nuevo micelio (Bonilla y Gonzáles, 2004).

2.3.4.3 Estructura del pleuroma de *Pleurotus* spp.

La mayoría de los hongos cultivados desarrollan estructuras visibles que producen esporas (basidiomas). Estas estructuras son de construcción compleja y poseen un alto grado de diferenciación de tejidos hifales. Esto quiere decir que están formados por hifas provenientes del micelio vegetativo, el cual se transforma en micelio reproductor. Su formación se debe a la agregación y compactación hifal del micelio, además de una alta ramificación hifal, ensanchamientos, engrosamiento de la pared hifal y también gelatinización (crecimiento, ramificación y agregación hifal). El cuerpo fructífero de *Pleurotus* spp., y de otros Basidiomycetes es una estructura especializada y diferenciada diseñada para la producción y dispersión de gran número de esporas. A diferencia de las células meristemáticas de las plantas, el crecimiento aquí se debe a un control establecido por el crecimiento regulado por los ápices de las hifas y su posterior ramificación de los compartimientos subapicales por debajo de la región apical de la hifa. La diferenciación hifal ocurre aun en el estado de colonización del micelio vegetativo dentro del sustrato (Toledo, 2008).

Pleurotus ostreatus, es un hongo destructor de la madera, está extendido en las zonas templadas y forma cuerpos fructíferos a temperaturas relativamente frescas comparados con otras especies de *Pleurotus*. Su carpóforo es grisáceo–marrón en estadios jóvenes, obteniendo un color crema–blanco en su maduración. En los basidios, se encuentran cuatro esporas para su reproducción. Esta es la especie más frecuentemente cultivada dentro del género; una de las características de esta especie es que requiere un tratamiento de temperatura llamado “choque frío” para comenzar la formación de primordios (MushWorld, 2004).

2.3.5 Crecimiento micelial

Teniendo en cuenta que la velocidad de crecimiento radial (VCR) es la capacidad que tiene un microorganismo para colonizar el sustrato (Gutiérrez *et al.*, 1999), este método es comúnmente utilizado para evaluar la capacidad del hongo para adaptarse y poder invadir el sustrato. El crecimiento en los hongos se efectúa por elongación y ramificación de las hifas. El crecimiento de un hongo puede iniciarse a partir de una espora o de una fracción viable de la hifa. Dicho crecimiento se da en forma apical porque la elongación de la superficie se presenta en un punto y no en toda la célula. Este sistema hifal es conocido como micelio, cuando el crecimiento de un hongo se da en medio sólido se presenta una fase de crecimiento más o menos lineal (Lilly y Barnett, 1951, citado por Coello, 2012).

Así mismo existen factores de variabilidad entre especies de *Pleurotus* spp., siendo un factor importante el tomar en cuenta las diferentes características como selectividad por el sustrato, temperatura, aporte de nutrientes en el medio, pH, humedad y adaptabilidad. La capacidad de los hongos para adaptar rápidamente su metabolismo a diversas fuentes de carbono y nitrógeno depende de la habilidad del hongo para la formación de micelio y permitir su desarrollo. *Pleurotus* spp., es un hongo capaz de crecer en sustratos ligninolíticos con bajos niveles de proteína mediante la síntesis de enzimas fibrolíticas (Zadrazil, 1978; citado por Cuello, 2012).

2.3.6 Degradabilidad

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo y por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum *et al.*, 1999; citados por Barragán, 2013).

Aunque las determinaciones de la digestibilidad *in vivo* total, incluyendo la degradabilidad *in situ* o *in vivo* parcial o de la bolsa de nylon son consideradas las más exactas, este es un proceso laborioso y costoso que requiere el empleo de

altas cantidades de alimento, uso de alta mano de obra y la disposición de instalaciones para su cuidado (López, 2005).

2.3.7 Técnica *in situ*

Las distintas metodologías utilizadas para estimar la degradación de las fracciones nutricionales de los alimentos, la técnica *in situ* o de las bolsas suspendidas en rumen, es una de las más comunes (Agudelo y Vélez, 2001; Cuartas y Naranjo, 2004; Giraldo, 1997; Pabón y Gaitán, 2002; Villa y Fernández, 2002; citados por Barragán, 2013). La técnica de la bolsa de nylon; también llamado *in situ* o *in sacco* describe la cinética de degradación de los alimentos en el rumen mediante la desaparición del sustrato (McDonald *et al.*, 1999; Kempton, 1980; Ørskov *et al.*, 1980; citados por Barragán, 2013).

Es un proceso de fermentación del material a estudiar, donde se introduce la muestra en una bolsa de poliéster o de nylon con pequeños poros. Esta bolsa se suspende en el rumen, a través de la cánula de un animal, durante periodos determinados de tiempo. Las bacterias, líquidos y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece dentro de la bolsa se considera que ha sido digerido. Los resultados se hallan sometidos a errores tanto por entrada como por salida, ya que algunos componentes solubles y partículas pequeñas pueden abandonar la bolsa sin ser digeridas y de la misma forma, las bacterias ruminales pueden entrar en la bolsa durante la fermentación. Generalmente se utiliza una bolsa que puede tener 14 cm de alto y 9 cm de ancho. La digestibilidad de los forrajes y las fuentes de proteína pueden ser determinadas rápidamente a través de esta técnica (Ørskov *et al.*, 1980; citados por Barragán, 2013).

Entre sus ventajas destaca el poder predecir relativamente bien el consumo voluntario y la digestibilidad de un alimento (Ørskov, 2000) y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de Nitrógeno debido a que ayuda a entender los procesos de degradación que ocurren en el rumen. Por lo que el empleo de metodologías estandarizadas y la evaluación de los materiales y procedimientos contribuyen a reducir el error experimental asociado a la técnica.

Esta es una técnica importante para medir la degradación ruminal de granos y forrajes por lo que se considera un método adecuado para estudiar la digestibilidad (Ayala y Rosado, 1999; citados por Barragán, 2013).

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales:

3.1 MATERIALES EN GENERAL

Cepas de hongos comestibles

- *Pleurotus ostreatus*
- *Pleurotus sapidus*

Medios de Cultivo

- PDA
- Trigo
- cáscara de maracuyá
- cascarilla de arroz

Equipos

- Estufa memmert
- Cabina de bioseguridad
- Autoclave
- Balanza
- Balanza analítica
- Calentador-agitador
- Desecador
- Baño maría
- Congelador

Materiales de vidrio

- Vasos de precipitación 500 mL
- Cajas petri

- Varilla de agitación

Materiales otros

- Asa de inoculación
- Sacabocado de 4 mm
- Mecheros
- Alcohol 96°
- Gasa
- Algodón
- Piola
- Parafilm para cajas petri
- Marcador permanente
- Mango de bisturí
- Hojas de bisturí estéril
- Cloro
- Machete
- Cadenas de acero

Materiales para fermentación en medio sólido (FMS)

- Frascos de vidrio de boca ancha
- Papel kraft
- Piola
- Papel de aluminio
- Trigo
- Cáscara de maracuyá
- Cascarilla de arroz
- Cal
- Agua potable
- Termómetro
- Caja de madera (Incubadora)
- Cocina industrial

- Recipiente grande capacidad 100 litros
- Tanque de gas
- Saco de yute
- Bolsas transparentes de 20 x 18 cm
- Rollo de alambre envuelto en plástico

Materiales personales

- Mameluco de seguridad
- Guantes
- Gorro
- Mascarilla

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Ubicación

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional "RUMEN" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

3.2.1.1 Ubicación política

Provincia:	Los Ríos
Cantón:	Quevedo
Lugar:	Finca experimental "La María" Km. 7 vía Quevedo-El Empalme

3.2.1.2 Ubicación geográfica

Altitud:	75 msnm
Longitud oeste:	79°29 s
Latitud sur:	01°06 s
Heliofania:	886.10 horas luz ⁻¹ año ⁻¹
Evaporación promedio, mes	78.30
Clima:	Tropical húmedo; zona ecológica; bosque húmedo tropical
Temperatura media:	24.70°C
Precipitación:	2613 cc anual
Humedad relativa:	87%
Topografía:	80% plano; 20% ondulado.

3.2.2 Factores de estudio

Los factores de estudio que intervinieron en esta investigación son 2, Factor A (Cepas de *Pleurotus*) y Factor B (substratos), que se detallan con sus respectivos niveles en el (Cuadro 10).

CUADRO 10. DETALLE DE LOS FACTORES DE ESTUDIO

Factores	Símbolo	Niveles
<u>Factor A</u> Cepas de <i>Pleurotus</i>	a ₁	sin inóculo
	a ₂	<i>Pleurotus sapidus</i>
	a ₃	<i>Pleurotus ostreatus</i>
<u>Factor B</u> Substratos	b ₁	cáscara de maracuyá
	b ₂	cascarilla de arroz
	b ₃	Mezcla b ₁ 50% + b ₂ 50%

3.2.3 Tratamientos

Los tratamientos empleados en esta investigación, se detallan a continuación en el (Cuadro 11).

CUADRO 11. DETALLE DE LOS TRATAMIENTOS

Tratamientos	Detalles
T1	Cáscara de maracuyá
T2	Cascarilla de arroz
T3	Mezcla al 50%
T4	Cáscara de maracuyá + <i>Pleurotus ostreatus</i>
T5	Cascarilla de arroz + <i>Pleurotus ostreatus</i>
T6	Mezcla al 50% + <i>Pleurotus ostreatus</i>
T7	Cáscara de maracuyá + <i>Pleurotus sapidus</i>
T8	Cascarilla de arroz + <i>Pleurotus sapidus</i>
T9	Mezcla al 50% + <i>Pleurotus sapidus</i>

3.2.4 Diseño experimental

Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial A*B con sus respectivos niveles, el criterio de bloqueo (repetición) fue el animal fistulado donde se incubó los diferentes tratamientos, las respuestas experimentales pueden explicarse por el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

3.2.4.1 Características del experimento

Para fermentación en medio sólido

Número de tratamientos:	9
Número de repeticiones:	3
Tiempos de degradación:	7
Unidades experimentales:	189

3.2.4.2 Análisis estadístico

CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANDEVA)

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamientos		9
Factor A	a-1	2
Factor B	b-1	2
Interacción (A*B)	(a-1)(b-1)	4
Bloque	(r-1)	2
Error experimental	9 (r-1)	20
Total	tr - 1	26

3.2.5 Manejo específico del experimento

A continuación se detalla paso a paso el proceso del experimento:

3.2.5.1 Preparación de un medio de cultivo (PDA) previo a la siembra de las cepas de *Pleurotus*

Se peló 200 g de papa y se picó, se colocó un litro de agua potable en una olla, luego se dejó hervir por 30 minutos; se filtró y vació en un matraz de 1000 mL añadiendo 20 g de dextrosa y 20 g de agar y ser llevado al agitador magnético por 2 horas, luego se distribuyó en dos recipientes de 500 mL para esterilizarlo en el autoclave a 121°C durante 30 minutos. Se llevó al baño maría a 50°C una vez salido de la autoclave.

3.2.5.2 Replica de las cepas de *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*

Se inoculó un trozo de agar con micelio de 4 mm de diámetro aproximadamente, en el centro de una caja Petri de 9 cm con 15 mL de medio de cultivo, se incubó a 29°C y se supervisó diariamente el crecimiento del micelio de las dos cepas del género *Pleurotus* spp., hasta la dispersión total del micelio en la caja Petri.

3.2.5.3 Obtención de semilla de *Pleurotus* para FMS

Se seleccionó trigo para realizar la obtención de semillas, se lavó el grano y se llevó a remojo por 24 horas con agua potable, transcurrido este tiempo se lava con abundante agua se lo escurrió y se pesaron en los frascos de vidrio de boca ancha con capacidad para 400 g, se tapó con papel kraft, piola y papel de aluminio, luego se llevó al autoclave para proceder a la esterilización de los mismos a 121°C por 30 min; después los frascos fueron enfriados en la cámara de bioseguridad, previamente desinfectada con suficiente cloro y alcohol a 96°, seguido de esto se le expuso a rayos UV por 15 minutos, después se introdujeron las cajas petri con el micelio de las dos cepas de *Pleurotus*, se encendieron mecheros dentro de la cámara de bioseguridad, luego con la ayuda de un bisturí se obtuvieron trozos cortando el agar con micelio de 3-4 cm por 1 cm, donde se colocó de 6 a 8 trozos por todo frasco, tratando de que exista la mayor cobertura

posible, colocando la parte del micelio en contacto directo con los granos, luego se tapó con mucho cuidado y asepsia; se procedió a rotular los frascos con fecha y tipo de cepa y se llevó a la estufa por un periodo de 21 días.

3.2.5.3.1 Descripción del proceso para la siembra de las cepas de *Pleurotus* en los sustratos para la FMS

Se picó la cáscara de maracuyá en trozos pequeños para que faciliten la invasión del hongo en el tiempo de fermentación, los cuales fueron lavados tres veces (cáscara de maracuyá y cascarilla de arroz) con el objetivo de eliminar impurezas, utilizando un recipiente con capacidad de 100 L donde solo se colocaron 70 L de agua potable aproximadamente, con 120 g de cal y se esperó que la temperatura alcance los 90°C, para luego introducir un saco de yute el cual contenía los sustrato para su posterior esterilización (90°C por 90 min), con la finalidad de eliminar los microorganismos existentes en el mismo, transcurrido este tiempo, se escurrió el sustrato y se esperó que se enfríe a unos 25°C aproximadamente, luego fueron llevadas a la sala de microbiología para pesar y llenar las bolsas con 1000 g de cada muestra, utilizando el 20% de semilla de las cepas de *Pleurotus*, posteriormente se sellaron y se llevaron las muestras a la incubadora por un tiempo de 45 días.

3.2.5.4 Seguimiento de la FMS

Se observó diferentes características tanto del sustrato, como de los hongos, llevándose a cabo dentro de un alto nivel de asepsia, puesto que el área en que se realizó este proceso se encontraba debidamente desinfectada con cloro al 80% de concentración.

A los tres días de haber realizado la inoculación de las cepas de *Pleurotus*, se observó que existe crecimiento del micelio sobre los sustratos y no se visualizó el ataque de otros hongos como el *Trichoderma*. Debido a que existió un excedente de humedad en las bolsas incubadas, se agujeró las bolsas, con la ayuda de una agujeta esterilizada para extraer el líquido y permitir la aireación del hongo. Se extrajo líquido de las bolsas, la cáscara de maracuyá fue el sustrato que produjo

mayor cantidad de líquido a medida que va sucediendo la fermentación de la cáscara, por lo que se llevó un control diario y se mantuvo las bolsas guindadas para que por gravedad el exceso poco a poco vaya disminuyendo.

A los diez días de fermentación en medio sólido se observó crecimiento pero no de manera abundante del hongo *Trichoderma* en dos bolsas con cáscara de maracuyá y nuevamente un exceso de líquido, las cuales fueron retiradas de la incubadora, la temperatura dentro de la incubadora de madera estuvo de 25 a 27° C. Transcurridos los 20 días de incubación, se observó que el micelio del *Pleurotus sapidus* en la cáscara de maracuyá fue más denso, aunque no en todas las bolsas, y las que contienen la cascarilla de arroz el micelio fue menos denso y en la mezcla llegó a un equilibrio adecuado.

A los treinta días de incubación se observó contaminación en otra bolsa con maracuyá siendo esta retirada. El crecimiento del hongo blanco no se detuvo pero no en su totalidad, sobre todo en la cáscara de maracuyá, que resultó el sustrato más complicado de manejar, por el exceso de líquido que se acumuló en las bolsas, ya que con este exceso de humedad, hubiese existido una fermentación sumergida, donde actuarían otros microorganismos, otras reacciones enzimáticas y no hubiesen permitido que los hongos comestibles del género *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*, se desarrollen y degraden la lignina, mediante las enzimas lignolíticas, entre otras, que se producen durante su crecimiento en una fermentación en medio sólido.

A los 45 días de incubación se observó que el hongo cubrió por completo el sustrato con el micelio. Por estas razones es fundamental observar el crecimiento de estos hongos durante el proceso de incubación, ya sea de 25, 30, 45, 60 o hasta un máximo de 75 días, pues pasado este periodo el compost agotado, que puede ser utilizado de muchas maneras tales como: alimentación de rumiantes, abono orgánico, fertilizantes o en biorremediación, se vuelve más susceptible al ataque de microorganismos patógenos.

En el caso de la cáscara de maracuyá, donde el crecimiento fue denso y abundante con las dos cepas de hongos del género *Pleurotus* spp., pueden crecer

con relaciones Carbono/Nitrógeno (C/N) (Bermúdez *et al.*, 2002), es decir; la relación C/N óptima del sustrato, depende de la fase en la que se encuentra el hongo, altas relaciones C/N favorecen el crecimiento micelial y bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpos fructíferos (Bonilla y Gonzáles, 2004). En este caso, es posible que esta sea una de las causas por las cuales en la cáscara de maracuyá, favoreció el crecimiento micelial, a diferencia de la cascarilla de arroz, que mostro menor densidad del micelio, pero sí favoreció al desarrollo de cuerpos fructíferos. Ya que uno de los elementos que requieren los hongos del género *Pleurotus* es la celulosa (C₆H₁₀O₅), siendo el componente principal de las fibras de este subproducto agrícola (Valverde *et al.*, 2007).

La humedad es uno de los factores determinantes en el cultivo de hongos comestibles. La influencia de la temperatura sobre el curso de la fermentación, deriva fundamentalmente de la relación existente entre ésta y el crecimiento. Temperaturas muy elevadas provocan la muerte de los microorganismos, las temperaturas muy bajas inhiben el desarrollo de éstos y, por añadidura, ejercen una acción conservadora sobre los gérmenes. Es por esto que las temperaturas óptimas para el desarrollo de los hongos del género *Pleurotus* en su periodo de incubación deben mantenerse entre 25 y 30°C para evitar estos inconvenientes. Durante este proceso, la temperatura de la caja de incubación fue de 27°C, con una humedad relativa del 77% datos que se obtuvieron día a día, con la ayuda de un termo higrómetro, instalado dentro de la misma.

Para la fermentación de la cáscara de maracuyá.- Efectivamente estas cepas son capaces de crecer en este tipo de residuo, siempre y cuando se realice un adecuado tratamiento térmico de la cáscara, para evitar la contaminación y la adición de cal para disminuir un poco la acidez de la misma, así lograrán desarrollarse e invadir por completo de micelio el sustrato, formando una masa compacta, libre de microorganismos patógenos, y con una adecuada eliminación del agua excedente, que se produce a medida que se fermentan, no se tendrá presencia de putrefacción y la cáscara de maracuyá conserva su coloración.

Para la fermentación de la cascarilla de arroz.- Este sustrato produjo poco desarrollo micelial y no logró una compactación, como en el caso de la cáscara de

maracuyá, pero sí favoreció a la formación de cuerpos fructíferos, su manejo fue menos complicado que el de la cáscara de maracuyá, debido a que no existió excedente de líquido durante su fermentación, por lo que su disponibilidad a la contaminación es menor.

Para la fermentación de la mezcla 50% cáscara de maracuyá + 50% de cascarilla de arroz.- Esta mezcla podría ser el equilibrio ideal, del substrato a los 45 días de fermentación. Debido que en esta investigación, la cáscara de maracuyá favoreció el crecimiento micelial de las cepas, mientras que la cascarilla de arroz favoreció al desarrollo de cuerpos fructíferos, y no presentó mayor problema en el manejo, debido a que el exceso de líquido que se generó de la cáscara de maracuyá, fue absorbido por la cascarilla de arroz.

3.3 Determinación de materia seca (MS), orgánica (MO) y Biodisponibilidad de ceniza (MM).

3.3.1. Determinación de materia seca (MS)

El contenido de materia seca se determinó por método gravimétrico utilizando una estufa bacteriológica, balanza analítica con (precisión 0.0001 g); crisoles de porcelana, desecador con silicagel, espátula y pinzas.

Se introdujeron los crisoles en la estufa a 135°C durante 2 horas, transcurrido este tiempo se sacaron y fueron colocados en el desecador durante 15 minutos. Posteriormente fueron pesados y con una espátula se colocó un gramo de muestra en el crisol. Se registró el peso del crisol con la muestra y posteriormente se colocó en la estufa a 65° C durante 48 horas. Transcurrido este tiempo los crisoles se sacaron de la estufa y fueron colocados en el desecador durante 15 minutos. Seguidamente se registró el peso del crisol con el contenido de la muestra y por diferencias de pesos se determinó la humedad, la misma que proporcionó el valor del contenido de materia seca.

3.3.2. Determinación de materia orgánica (MO)

Para determinar el contenido de materia orgánica (por diferencia), se empleó el método gravimétrico; la finalidad de este análisis fue conocer la porción mineral o inorgánica de los subproductos, siendo esta la parte que queda después de la eliminación del agua y de los componentes orgánicos por combustión. Se emplearon los siguientes materiales y el método respectivo: una mufla (hasta 600° C); balanza analítica; crisoles de porcelana y desecadores.

Los crisoles con la muestra seca (es decir después de la desecación a 65° C durante 48 horas) se colocaron en la mufla a 600° C durante tres horas. Después de haber transcurrido 1 hora se retiraron los crisoles los mismos que fueron colocados en los desecadores y a continuación fueron pesados.

3.2.3 Determinación de la degradabilidad de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO)

Los porcentajes de degradabilidad de la MS y MO, se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ degradabilidad} = \frac{Q_1(\text{g}) - Q_2(\text{g})}{Q_1(\text{g})} * 100$$

Dónde:

Q_1 = Cantidad inicial antes de la incubación ruminal

Q_2 = Cantidad residual después de incubación ruminal

Para la determinación de la degradabilidad de la MS, se procedió a llevar las bolsas a un horno de aire forzado a 65° C por un tiempo de 48 horas, luego se colocaron en un desecador y después se registró su peso. La pérdida de peso se consideró como el valor de degradabilidad.

La degradabilidad de materia orgánica, se calculó en un segundo análisis. Para el efecto se pesó 1 g de muestra en un crisol desecado en estufa a 135° C por dos

horas. El crisol más la muestra, se colocaron en una estufa a 65 °C por 48 horas, después de este tiempo fueron extraídos y colocados en un desecador por 15 minutos. Por diferencia se determinó el porcentaje MS, usando las siguientes formulas:

$$H = \frac{(\text{peso húmedo muestra} - \text{peso seco muestra})}{\text{peso húmedo muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 - H$$

Luego, los crisoles con la muestra seca, se colocaron en una mufla a 600° C por 3 horas. Extraídos los crisoles de la mufla se colocaron en un desecador por 10 minutos y se pesaron. En el cálculo del contenido de cenizas y materia orgánica se usaron las siguientes expresiones matemáticas:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{cenizas}) - (\text{peso crisol vacío})}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia Orgánica} = 100 - \text{Cenizas totales}$$

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2 Propiedades Química.

La composición química en términos de materia seca (MS), orgánica (MO) y materia mineral (MM) de los tratamientos estudiados se muestra en el (cuadro 13). Se puede observar que los residuos sin ser sometidos al proceso de pasteurización e incubación poseen un mayor contenido de MS; sin embargo, el contenido de estos residuos después de su pasteurización, siendo de 45 días de fermentación solida presentando una menor carga de humedad. La cantidad de MS de la cascarilla de arroz en la presente investigación, es similar a los obtenidos por Peña (2012), quien obtuvo buenos resultados en residuos de maíz. En otra investigación similar donde Espinoza (2012), reporto una mayor cantidad de MS, de la cáscara de maracuyá (94.51%), como también de proteína (12.12%), similitud de la MO (90.94%), como también de la MM (9.05%).

CUADRO 13. PROPIEDADES QUÍMICA (en base seca) DE LOS RESIDUOS UTILIZADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN INOCULADOS CON CEPAS DEL GENERO *PLEUROTUS*

Tratamiento	Propiedades Química			
	MS (%)	MO (%)	MM (%)	P (%)
Cáscara de maracuyá *	84.87	90.86	9.14	4.84
Cascarilla de arroz *	92.18	78.33	21.67	0.72
Mezcla al 50% *	90.31	81.85	18.15	1.82
<i>Pleurotus ostreatus</i> + Cáscara de maracuyá	7.17	94.55	5.45	8.96
<i>Pleurotus ostreatus</i> + Cascarilla de arroz	47.41	75.21	24.79	1.44
<i>Pleurotus ostreatus</i> + Mezcla al 50%	31.03	77.33	22.67	2.47
<i>Pleurotus sapidus</i> + Cáscara de maracuyá	9.02	94.65	5.35	7.21
<i>Pleurotus sapidus</i> + Cascarilla de arroz	42.44	76.62	23.38	2.16
<i>Pleurotus sapidus</i> + Mezcla al 50%	26.25	79.54	20.46	2.73

MS: materia seca; MO: materia orgánica; MM: materia mineral; *Material original sin pasteurización

En cuanto a la MO se pudo observar que tanto la cascarilla de arroz, como la mezcla al 50%, sin el proceso de fermentación y sin inóculo, reportaron ser mejores, al comparar con los que fueron sometidos al proceso de fermentación e inoculación, mientras que para la cáscara de maracuyá la mejor representación lo obtuvieron al ser inoculado y pasteurizado.

Sucedendo todo lo contrario para la MM, donde la cáscara de maracuyá resulto mayor sin inóculo y sin pasteurización, a diferencia de la cascarilla de arroz y la mezcla al 50%, que necesitaron del inóculo y la pasteurización para obtener mayores resultados.

En investigaciones parecida donde Montañés *et. al.* (2004), quienes en el análisis de la paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* y sin tratar en la flora ruminal de ovinos, reportaron similitud de la MS, en ambos casos; con y sin tratar el sustrato (92.03 y 92.03%, respectivamente), a los 60 días de fermentación sólida, presentando similitud a la cascarilla de arroz sin inóculo (92.18%); mientras que para la MO, reporto ser superior la cáscara de maracuyá con y sin inóculo, al comparar con la paja tratada con el *Pleurotus florida* (83.07%); siendo para ceniza la cascarilla de arroz y mezcla al 50% con y sin inóculo, quienes reporten mayores resultados, al comparar con la paja de trigo sin tratar que tan solo alcanzo el (10.16%), mientras que la proteína de la paja de trigo sin tratar y tratada (3.36 y 8.50%, respectivamente), resultaron ser superiores a la cascarilla de arroz con o sin inóculo. En otra investigación similar donde WingChing y Alvarado (2009), estudiaron el valor nutricional del heno de transvala inoculado con el hongo del genero *Pleurotus ostreatus*, quienes obtuvieron menores resultados de MS del heno sin inóculo (80.22%), al comparar con los sustratos sin inóculo en la presente investigación, siendo estos quienes reportaron mayores resultados; como también la cascarilla de arroz inoculada con *Pleurotus ostreatus* que resulto ser mayor (47.41%), que el heno de transvala tratado con *Pleurotus ostreatus* con (41.42%).

4.2. Degradabilidad ruminal *in situ* (%) de la materia seca

La degradabilidad de la MS. a las 0 horas, demostró que la cáscara de maracuyá sin inóculo (T1) presentó la mayor respuesta (30.91%, $p < 0.05$), seguida por la cáscara inoculada con *P. Ostreatus* (T4, 23.93%) y *sapidus* (T7, 22.03%), los que tuvieron iguales respuestas ($p > 0.05$); mientras que, la cascarilla de arroz inoculada con *P. Ostreatus* (13.24%) presentó respuestas similares ($p > 0.05$) cuando se compararon con la mezcla al 50% de los sustratos inoculados con *P. Ostreatus* y *sapidus* (14.02 y 13.54%, respectivamente). Así mismo tanto la mezcla y la cascarilla de arroz sin inocular, presentaron la menor degradabilidad a este tiempo de incubación (7.16 y 3.04%, respectivamente). (Cuadro 14).

En lo que respecta a las 3 horas de incubación, siendo el T1 quien presentó la mayor respuesta (36.15%, $p < 0.05$), seguidamente por el T4 y T7 con (27.44 y 26.59%, respectivamente) que reportaron ser iguales ($p > 0.05$); siendo T5, T6, T8 y T9 con (15.52, 16.59, 12.40 y 16.39%, respectivamente) quienes resultaron ser significativamente iguales entre sí ($p > 0.05$), tiempo en el cual el T3 y T2, presentaron la menor degradabilidad (8.35 y 3.54 %, respectivamente).

A las 6 horas, el tratamiento que reportó la mayor degradabilidad ($p < 0.05$), fue el T1 con (38.19%), seguido por el T4 y T7 con (30.12% y 27.75%, respectivamente) reportando ser iguales significativamente ($p > 0.05$); resultando el T5, T6, T8 y T9 con (16.04, 18.13, 13.53 y 17.34%, respectivamente) quienes presentaron ser significativamente iguales entre sí ($p > 0.05$), tiempo en el cual el T3 y T2, reportaron las menores respuestas (11.12 y 4.13%, respectivamente).

A las 12 horas de incubación, el tratamiento que reportó una mayor degradabilidad de la MS ($p < 0.50$) fue el T1 con (55.23%), seguido por el T4 con (44.21%), siendo también el T7 quien presentó una mejor respuesta con (37.20%) al ser comparado con T9, T6 y T5 (20.93, 20.43 y 17.84%, respectivamente) quienes mostraron ser significativamente similares entre sí ($p > 0.05$); seguidos por T3 (12.86%) y T8 (16.52%) quienes reportaron igualdad entre sí ($p > 0.05$), siendo el T2 quien obtuvo la menor representación en este tiempo con (4.41%).

A las 24 horas, el tratamiento que presentó la mayor respuesta ($p < 0.05$), fue el T1 con (72.61%), seguido por el T4 (57.46%) y T7 con (57.03%) reportando ser significativamente iguales ($p > 0.05$); siendo el T5, T6, y T9 con (20.72, 24.19 y 24.82%, respectivamente) quienes diferían numéricamente, pero presentaron ser significativamente iguales entre sí ($p > 0.05$), seguidos por el T8 con el (19.65%), tiempo en el cual el T3 y T2, reportaron la menor degradabilidad (13.02 y 4.57%, respectivamente).

Para las 48 horas el tratamiento que obtuvo mejor resultado en la degradabilidad de la MS fue el T1 con (72.83%, $p < 0.05$), seguido por T4 y T7 (63.82 y 63.18%, respectivamente), quienes presentaron igualdad entre sí ($p > 0.05$); mientras que al comparar el T6 (24.98%) y T9 (26.90%), presentaron ser iguales entre sí ($p > 0.05$). De la misma manera, el T5 y T8 (21.22 y 20.74%, respectivamente) reportaron similitud entre ellos ($p > 0.05$), y tanto para el T2 (5.19%) y T3 (15.09%), fueron quienes presentaron la menor degradabilidad en este tiempo de incubación.

Siendo las 72 horas el último tiempo de degradabilidad se puede evidenciar que el mejor de los tratamientos en obtener una alta digestibilidad ($p < 0.05$) sin duda fue el T1 con el (74.71%), seguido por T4 (65.18%) y T7 (64.54%), los que tuvieron iguales respuestas ($p > 0.05$); mientras que el T9 (27.75%) presentó respuestas similares ($p > 0.05$) al comparar con T6 y T8 (26.83 y 24.15%, respectivamente), y siendo el T5 (22.96%) quien presentó mejor respuesta al ser comparado con el T3 y T2 (16.29 y 6.22%), siendo estos últimos quienes reportaron la menor degradabilidad en este tiempo.

CUADRO 14. DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE LA MATERIA SECA (MS) DE NUEVE TRATAMIENTOS EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 HORAS) UTEQ-2013

Variable	TRATAMIENTOS									EEM	P< TRATAMIENTO
	SIN INOCULO			<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>			<i>PLEUROTUS SAPIDUS</i>				
	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
0	30.91 a	3.04 f	7.16 e	23.93 b	13.24cd	14.02 c	22.03 b	10.69 d	13.54cd	0.11	<.0001
3	36.15 a	3.54 e	8.35 de	27.44 b	15.52 c	16.59 c	26.59 b	12.40cd	16.39 c	0.23	<.0001
6	38.19 a	4.13 e	11.12 d	30.12 b	16.04 c	18.13 c	27.75 b	13.53cd	17.34 c	0.19	<.0001
12	55.23 a	4.41 f	12.86 e	44.21 b	17.84de	20.43 de	37.20 c	16.52ef	20.93 d	0.15	<.0001
24	72.61 a	4.57 g	13.02 f	57.46 b	20.72cd	24.19 c	57.03 b	19.65 d	24.82 c	0.16	<.0001
48	72.83 a	5.19 f	15.09 e	63.82 b	21.22 d	24.98 cd	63.18 b	20.74 d	26.90 c	0.21	<.0001
72	74.71 a	6.22 f	16.29 e	65.18 b	22.96 d	26.83 cd	64.54 b	24.15cd	27.75 c	0.16	<.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

4.2.4 Efecto del factor (A) en la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca

En el cuadro 15, se evidencia el alto efecto sobre la degradabilidad ruminal de los sustratos cuando son inoculados con hongos del genero *Pleurotus* (*ostreatus* y *sapidus*), versus el que no recibió el efecto degradativo de estos ($p < 0.05$), tanto así, que en todos los tiempos de incubación (desde las 0 hasta las 72 horas), este comportamiento fue manifestado de la misma manera, sin embargo, no se observó diferencia entre estas dos especies ($p > 0.05$).

Para la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS en esta investigación fue de 38.32% a las 72 h., por efecto de la cepa *Pleurotus ostreatus*, reportando ser mayor de principio a fin pudiéndose asociar esto a la mayor actividad degradativa de este hongo. Siendo menor a los reportados en investigaciones similares como la de Peña (2012), quien evaluó la composición química y degradabilidad *in situ* de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del genero *Pleurotus*, reportando la mayor degradabilidad de la MS de los residuo de maíz, el *Pleurotus ostreatus* con el 47.41% a las 96 h., de incubación. Por otra parte en investigaciones parecidas donde Montañés *et. al.* (2004) quienes evaluaron el efecto de la alimentación con paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* en la flora ruminal de ovinos, manifiestan que obtuvieron el 67.37% de MS en la degradabilidad *in vivo*, que resulto ser mayor a los reportados en esta investigación; siendo de la misma manera en otra investigación similar, donde WingChing y Alvarado (2009), quienes reportaron un 52.48% de la MS en la degradabilidad *in vitro* del heno de transvala inoculado con *Pleurotus ostreatus*.

CUADRO 15. EFECTO DEL FACTOR (A) DE LA MS EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	HONGOS			EEM	P< TRATAMIENTO
	SIN INOCULO	<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	<i>PLEUROTUS SAPIDUS</i>		
Periodo de incubación(h)					
0	13.78 c	17.06 a	15.41 b	0.39	<.0001
3	16.01 b	19.84 a	18.45 a	0.67	0.0027
6	17.81 b	21.42 a	19.54 ab	0.53	0.0006
12	24.27 b	27.49 a	24.88 b	0.44	0.0002
24	30.01 b	34.12 a	33.83 a	0.73	0.0014
48	30.96 b	36.67 a	36.94 a	0.88	0.0002
72	32.40 b	38.32 a	38.81 a	0.67	<.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

4.1.2. Efecto del factor (B) en la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca

La degradabilidad ruminal de los sustratos estudiados, demuestran que en todos los tiempos de incubación (desde las 0 hasta las 72 horas) la cáscara de maracuyá presentó los mayores valores ($p < 0.05$), seguida por la mezcla de los residuos al 50% y por la cascarilla de arroz (Cuadro 17).

Al evaluar el efecto del tipo de sustrato en la degradabilidad de la MS, conforme aumentaba el periodo de incubación ruminal, siendo cáscara de maracuyá con el (68.14%) a las 72 h. la que mayor representación tubo al comparar con investigaciones como la de WingChing y Alvarado (2009), quienes obtuvieron menores resultados de la MS en la digestibilidad *in vitro* del heno de transvala sin ser tratada, alcanzando el (46.82%); en otra investigación similar, como la de Barragán (2013), quien reporto mayores resultados al evaluar la cinética de degradabilidad ruminal *in situ* de seis subproductos agrícolas empleados en la nutrición de rumiantes, para esta autora la degradabilidad *in situ* de la MS de la cáscara de maracuyá fue (72.33%) a las 72 h; siendo para la misma autora quien presente mayores resultados para la cascarilla de soya en todos los tiempos de degradación con un (35.59%) desde las 0 h., de incubación, al comparar con cascarilla de arroz con (17.77%), a las 72 h, y la mezcla al 50% con el (23.62%). En investigaciones similares donde Peña (2012), reporta el (46.05%) de degradabilidad de la MS, a las 72 h., para el rastrojo de maíz sin inoculo, siendo mayor al comparar con cascarilla de arroz y mezcla al 50%, en esta investigación. En investigaciones parecidas como la de Montañés *et. al.*, (2004), quienes reportaron altos valores de degradabilidad de la MS, en la digestibilidad *in vivo* de la paja de trigo sin tratar, al obtener el (64.03%), mostrando ser superior a la cascarilla de arroz y mezcla al 50%.

CUADRO 16. EFECTO DEL FACTOR (B) DE LA MS EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	SUSTRATOS			EEM	P< TRATAMIENTO
	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%		
Periodo de incubación(h)					
0	25.62 a	8.99 c	11.65 b	0.39	<.0001
3	30.06 a	10.49 c	13.77 b	0.67	0.0027
6	32.02 a	11.23 c	15.53 b	0.53	0.0006
12	45.54 a	12.97 c	18.12 b	0.44	0.0002
24	62.44 a	14.92 c	20.62 b	0.73	0.0014
48	66.54 a	15.72 c	22.32 b	0.88	0.0002
72	68.14 a	17.77 c	23.62 b	0.67	<.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

4.2 Degradabilidad ruminal *in situ* (%) de la materia orgánica

La degradabilidad de la MO, a las 0 horas, siendo el T1 quien presento la mayor respuesta (27.50%, $p < 0.05$), seguido por el T4 (22.29%) y T7 (20.48%), presentando respuestas similares ($p > 0.05$); mientras que T8 (10.81%) presento respuestas similares ($p > 0.05$) al comparar con T5, T6 y T9 (12.20, 13.91 y 12.51%, respectivamente), y donde tanto el T3 (8.15%) y T2 (1.51%) presentaron la menor degradabilidad en este tiempo de incubación (Cuadro 17).

Para las 3 horas de incubación, el T1 fue quien reporto ser mayor (33.17%, $p < 0.05$), seguido por T4 y T7 (25.53 y 25.04%, respectivamente), reportando ser significativamente iguales entre sí ($p > 0.05$); de la misma manera, tanto para el T5, T6, T8 y T9 (14.31, 16.05, 12.73 y 15.58%, respectivamente), quienes reportan menores resultados y presentan ser iguales estadísticamente entre si ($p > 0.05$), mientras que el T3 (9.09%) y T2 (1.94%), presentaron la menor degradabilidad en este tiempo.

A las 6 horas de incubación, la mayor respuesta la presento el T1 quien reporto el (35.06%, $p < 0.05$), seguido por T4 y T7 (28.43 y 26.40%, respectivamente), reportando ser significativamente iguales entre si ($p > 0.05$); mientras que el T5 (14.81%) y T8 (14.02%) presentando respuestas similares ($p > 0.05$) al comparar con T6 y T9 (17.79 y 16.69%, respectivamente), seguido por el T3 (11.81%), mientras que T2 (2.57%), presentó la menor degradabilidad en este tiempo de incubación.

Siendo para las 12 horas de incubación, el T1 quien demostró la mayor respuesta (52.70%, $p < 0.05$), seguida por el T4 (42.45%), siendo T7 menor (35.61%) pero a su vez mayor, al ser comparado con T6 y T9 (20.13 y 20.75%, respectivamente), quienes resultaron ser significativamente iguales ($p > 0.05$), y a su vez, mostrando ser mayores que T5, T3 y T8 (16.78, 14.21 y 16.34%, respectivamente), los cuales también resultaron ser iguales entre si

($p > 0.05$), mientras que el T2 (2.64%) fue quien reporto la menor degradabilidad.

Nuevamente a las 24 horas de incubación, el tratamiento que mostro mayor resultado fue el T1 con (70.41%, $p < 0.05$), seguido por T4 y T7 (55.91 y 55.77%, respectivamente), quienes reportaron significancia entres si ($p > 0.05$); mientras que el T9 y T6 (25.68 y 24.15%, respectivamente), aunque presentaron igualdad ($p > 0.05$), resultaron ser mejores ($p < 0.05$) al ser comparados con T5 y T8 (20.17 y 20.26%, respectivamente) quienes de la misma manera reportaron ser iguales entre si ($p > 0.05$), tiempo en el cual T3 (14.28%) y T2 (2.77%) presentaron la menor degradabilidad.

Para las 48 horas, el tratamiento que obtuvo mayor respuesta fue el T1 (70.49%, $p < 0.05$), seguido por T4 (62.58%) y T7 (62.29%), presentando similitud entre sí ($p > 0.05$), donde T6 y T9 (25.48 y 28.03%) reportaron semejanza entre si ($p > 0.05$) y mayores al ser comparados con T3, T5 y T8 con (16.16, 21.03 y 21.62%, respectivamente) quienes también presentaron ser significativamente iguales entres si ($p > 0.05$), y siendo el T2 quien reporto la menor respuesta (3.31%) de degradabilidad.

Siendo las 72 horas el último tiempo de incubación, se puede notar que el tratamiento de mejor representación fue el T1 (72.64%, $p < 0.05$), seguido por T4 (63.94%) y T7 (63.60%) mostrando similitud entre si ($p > 0.05$); mientras que T6 y T9 (27.35 y 28.93%, respectivamente) resultaron ser similares ($p > 0.05$) al compararlos con T8 (25.47%), seguidos de T5 (22.22%), donde T3 con (17.42%), fue mejor que T2 (4.33%) quien fue el que obtuvo los valores más bajos de degradabilidad de la MO en esta investigación.

CUADRO 17. DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE LA MATERIA ORGANICA (MO) NUEVE TRATAMIENTOS EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	TRATAMIENTOS									EEM	P< TRATAMIENTO
	SIN INOCULO			<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>			<i>PLEUROTUS SAPIDUS</i>				
	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
0	27.50 a	1.51 e	8.15 d	22.29 b	12.20 c	13.91 c	20.48b	10.81cd	12.51 c	0.14	<.0001
3	33.17 a	1.94 e	9.09 d	25.53 b	14.31cd	16.05 c	25.04b	12.73cd	15.58 c	0.24	<.0001
6	35.06 a	2.57 e	11.81d	28.43 b	14.81cd	17.79 c	26.40b	14.02cd	16.69cd	0.20	<.0001
12	52.70 a	2.64 f	14.21e	42.45 b	16.78def	20.13de	35.6 c	16.34 ef	20.75 d	0.15	<.0001
24	70.41 a	2.77 g	14.28f	55.91 b	20.17 d	24.15cd	55.77b	20.26 d	25.68 c	0.16	<.0001
48	70.49 a	3.31 f	16.16e	62.58 b	21.03 de	25.48cd	62.29b	21.62de	28.03 c	0.21	<.0001
72	72.64 a	4.33 f	17.42e	63.94 b	22.22 d	27.35 c	63.60b	25.47cd	28.93 c	0.17	<.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

4.2.1 Efecto del factor (A) en la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia orgánica

En el (Cuadro 18), se demuestra el alto efecto sobre la degradabilidad ruminal de los sustratos cuando son inoculados con hongos del genero *Pleurotus* (*ostreatus* y *sapidus*), al comparar con el que no recibió el efecto degradativo de estos ($p < 0.05$), tanto así, que en todos los tiempos de incubación (desde las 0 hasta las 72 horas), este comportamiento fue manifestado de la misma manera, sin embargo, solo se observó diferencia entre estas dos especies a las 0 y 12 horas ($p > 0.05$).

En la degradabilidad ruminal *in situ* de la MO, en esta investigación, siendo la cepa *Pleurotus sapidus* y *ostreatus* quienes reportaron ser iguales en casi todos los tiempos de incubación ruminal con un (39.33 y 37.84%), respectivamente, a las 72 h. Resultados menores al comparar con investigaciones similares donde Peña (2012), quien obtuvo la mayor degradabilidad de la MO de los residuo de maíz, con el *P. Ostreatus* siendo del (43.08%) a las 72 h., de incubación ruminal. Mientras que en otra investigación similar donde Montañés *et. al.* (2004), reportaron altos valores de MO en la degradabilidad *in vivo* de la paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* manifestando el (90.78%), utilizada en la alimentación de borregos.

CUADRO 18. EFECTO DEL FACTOR (A) DE LA (MO) EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	HONGOS			EEM	P< TRATAMIENTO
	SIN INOCULO	<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	<i>PLEUROTUS SAPIDUS</i>		
Periodo de incubación(h)					
0	12.38 c	16.13 a	14.60 b	0.42	<.0001
3	14.73 b	18.63 a	17.78 a	0.71	0.0030
6	16.48 b	20.34 a	19.03 a	0.59	0.0008
12	23.25 b	26.45 a	24.23 b	0.45	0.0003
24	29.11 b	33.41 a	33.90 a	0.68	0.0002
48	29.26 b	36.36 a	37.31 a	0.89	<.0001
72	31.46 b	37.84 a	39.33 a	0.66	<.0001

EEM= Error estándar de la media.

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$).

4.2.2. Efecto del factor (B) en la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia orgánica

La degradabilidad ruminal de los sustratos estudiados, demuestran que en todos los tiempos de incubación (desde las 0 hasta las 72 horas) la cáscara de maracuyá presentó los mayores valores ($p < 0.05$), seguida por la mezcla de los residuos al 50% y por la cascarilla de arroz (Cuadro 19).

Al evaluar el efecto del sustrato en la degradabilidad de la MO, los mayores porcentajes de digestibilidad conforme aumentaba el periodo de incubación ruminal, los presentó la cáscara de maracuyá con (66.73%) a las 72 h., para esta investigación. Al comparar con investigaciones similares siendo Barragán (2013), quien reporto mayores resultados de este sustrato con (69.96%) a las 72 h. Siendo la misma autora quien presente mayores resultados para la cascarilla de soya en todos los tiempos de degradación con un (30.14%) desde las 0 h., de incubación, al comparar con mezcla al 50% con (24.56%) y cascarilla de arroz con (17.34%), a las 72 h. Al igual como en otra investigación parecida donde Peña (2012), quien al obtener el (27.64%), desde las 24 h., de degradabilidad de la MO para el rastrojo de maíz sin inóculo, siendo mayor al comparar con mezcla al 50% y cascarilla de arroz (24.56 y 17.34%) respectivamente, en esta investigación. Al igual como en otras investigaciones similares, donde Montañés *et. al.* (2004), quienes reportaron altos valores de degradabilidad de la MO al obtener el (88.14%) para la paja de trigo sin ser inoculada, mostrando ser superior a la cascarilla de arroz y mezcla al 50% e incluso a la cáscara de maracuyá.

CUADRO 19. EFECTO DEL FACTOR (B) DE LA (MO) EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	SUSTRATOS			EEM	P< TRATAMIENTO
	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%		
Periodo de incubación(h)					
0	23.42 a	8.17 c	11.52 b	0.42	<.0001
3	27.91 a	9.66 c	13.57 b	0.71	<.0001
6	29.96 a	10.47 c	15.43 b	0.59	<.0001
12	43.59 a	11.96 c	18.39 b	0.45	<.0001
24	60.72 a	14.35 c	21.34 b	0.68	<.0001
48	65.09 a	15.32 c	23.22 b	0.89	<.0001
72	66.73 a	17.34 c	24.56 b	0.66	<.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

4.3 Biodisponibilidad de ceniza de nueve tratamientos en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas)

En la biodisponibilidad de ceniza de acuerdo al tiempo de incubación ruminal; la mayor respuesta a la 0 horas de incubación, la presento el T1 con (64.17%, $p < 0.05$), seguido por T4 y T7 con (51.91 y 49.00%, respectivamente), siendo significativamente iguales entre si ($p > 0.05$), donde T2 (8.29%) presento similitud, al ser comparado con T5, T6, T8 y T9 (16.39, 14.39, 9.69 y 17.55%, respectivamente), que a pesar de ser diferentes numéricamente, reportaron ser significativamente iguales entre si ($p > 0.05$), donde la menor respuesta de biodisponibilidad la reporto el T3 con el (4.07%) (Cuadro 20).

En lo que respecta a las 3 horas de incubación, el T1 y T4 fueron mayores ($p < 0.05$) con el (66.79 y 58.50%, respectivamente), presentando ser significativamente iguales entre si ($p > 0.05$), seguido por T7 con un (52.05%); mientras que el T2 con el (9.23%) reporto ser similar ($p > 0.05$) al ser comparado con T5, T6, T8 y T9 (18.85, 17.75, 11.31 y 19.44%, respectivamente), y siendo el T3 quien presento la menor biodisponibilidad en este tiempo (4.73%).

A las 6 horas, el tratamiento que reporto mayor biodisponibilidad ($p < 0.05$) fue el T1y T4 con el (69.26 y 60.32%, respectivamente), presentando igualdad entre si ($p > 0.05$), seguido por T7 con un (53.89%), tiempo en el cual tanto T2, T3, T5, T6, T8 y T9 con (9.63, 6.44, 19.42, 19.94, 12.53 y 19.94%, respectivamente) a pesar de haber sido diferente numéricamente, resultaron ser significativamente iguales entre si ($p > 0.05$).

Para las 12 horas de incubación, el tratamiento que presento una mayor biodisponibilidad de ceniza ($p < 0.05$) fueron T1 y T4 con (85.82 y 74.84%, respectivamente), presentando ser significativamente iguales entre si ($p > 0.05$), seguidos por T7 presentando un (65.35%); mientras que T2 con (11.02%) y T8 con (15.25%) resultaron ser iguales ($p > 0.05$) al ser comparados con T5, T6 y T9 (20.69, 20.94 y 20.72%, respectivamente), siendo el T3 (7.10%) quien presente la menor respuesta en este tiempo.

Nuevamente a las 24 horas el tratamiento que reporto mayor porcentaje de biodisponibilidad de ceniza ($p < 0.05$) fue el T1 con (94.57%), seguido por T4 y T7 con el (82.07 y 77.43%, respectivamente), presentando ser significativamente iguales entres si ($p > 0.05$); siendo nuevamente T8 con (17.74%) reportando ser significativamente igual ($p > 0.05$) a T5, T6 y T9 con (22.04, 22.67 y 21.76%, respectivamente), seguido por T2 con (11.49%), y el T3 con (7.54%) fue quien presento menor resultado en este tiempo.

Para las 48 horas el tratamiento que obtuvo mejor resultado en la biodisponibilidad de ceniza ($p < 0.05$) fue el T1 con (94.49%), seguido de T4 con (86.61%), siendo T7 otro de los tratamientos que presento buenos resultados (78.86%); mientras que T8 con (19.35%) reporto ser significativamente igual ($p > 0.05$) al compararlo con T5, T6 y T9 con (23.21, 23.51 y 22.41%, respectivamente), tiempo en el cual T3 con (9.84%) y T2 con (11.98%) quienes reportaron las menores respuestas, y a su vez mostraron ser igualdad entre si ($p > 0.05$)

Siendo las 72 horas el último tiempo de incubacion, se puede notar que el mejor de los tratamientos en obtener una alta biodisponibilidad ($p < 0.05$) sin duda fue el T1 con (95.99%), seguido por T4 con el (88.56%), y T7 quien reporto ser mejor con el (81.12%) al compararlo con T5, T6, T8 y T9 con (25.20, 25.53, 20.11 y 23.90%, respectivamente), siendo estos significativamente iguales entres si ($p > 0.05$); mientras que T2 y T3 fueron quienes alcanzaron la menor biodisponibilidad con el (13.02 y 11.64%, respectivamente).

CUADRO 20. BIODISPONIBILIDAD DE CENIZA DE NUEVE TRATAMIENTOS EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	TRATAMIENTOS									EEM	P< TRATAMIE NTO
	SIN INOCULO			PLEUROTUS OSTREATUS			PLEUROTUS SAPIDUS				
	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
0	64.17 a	8.29 cd	4.07d	51.91 b	16.39 c	14.39 cd	49.00 b	9.69 cd	17.55c	0.42	<.0001
3	66.79 a	9.23 cd	4.73 d	58.50ab	18.85 c	17.75 c	52.05 b	11.31cd	19.44 c	0.40	<.0001
6	69.26 a	9.63 cd	6.44 c	60.32ab	19.42 c	19.94 c	53.89 b	12.53cd	19.94 c	0.44	<.0001
12	85.82 a	11.02 cd	7.10 d	74.84ab	20.69 c	20.94 c	65.35 b	15.25cd	20.72 c	0.39	<.0001
24	94.57 a	11.49 de	7.54 e	82.07 b	22.04 c	22.67 c	77.43 b	17.74cd	21.76 c	0.29	<.0001
48	94.49 a	11.98 e	9.84 e	86.61 b	23.21 d	23.51 d	78.86 c	19.35 d	22.41d	0.21	<.0001
72	95.99 a	13.02 e	11.64 e	88.56 b	25.20 d	25.53 d	81.12 c	20.11 d	23.90d	0.22	<.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

4.3.1. Efecto del factor (A y B) de la Biodisponibilidad de ceniza de nueve tratamientos en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas)

En cuanto a la biodisponibilidad de ceniza para el efecto de las cepas, siendo a las 0, 3, 6, 12 y 24 horas de incubación ruminal, tanto la cepa de hongo *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sapidus* y sin inoculo, resultaron ser significativamente iguales ($p>0.05$) entre si, mientras que a las 48 y 72 horas el *P. Ostreatus* fue quien reporto la mayor biodisponibilidad ($p<0.05$), al comparar con *P. Sapidus* y sin inoculo, quienes presentaron igualdad entre si ($p>0.05$) (Cuadro 21).

En cuanto a la biodisponibilidad de ceniza de los sustratos estudiados, demuestran que en todos los tiempos de incubación (desde las 0 hasta las 72 horas) la cáscara de maracuyá presentó los mayores valores ($p<0.05$), seguida por la mezcla de los residuos al 50% y por la cascarilla de arroz, demostrando similitud entre si ($p>0.05$) (Cuadro 22).

En investigaciones parecidas donde WingChing y Alvarado (2009), siendo quienes reportaron una menor cantidad de ceniza del heno de transvala inoculado con *Pleurotus ostreatus*, reportando una disponibilidad del (19.95%), siendo inferior a los valores reportados en esta investigación, donde se alcanzó un (46.43 y 41.70%) respectivamente, al utilizar cepas de hongo *Pleurotus ostreatus* y *sapidus*, de la misma manera presentando valores inferiores el heno de transvala sin tratar reportando el (12.09%), al comparar con los sustratos estudiados en esta investigación.

CUADRO 21. EFECTO DEL FACTOR (A) DE LA BIODISPONIBILIDAD DE CENIZA EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	HONGOS			EEM	P< TRATAMIENTO
	SIN INOCULO	<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	<i>PLEUROTUS SAPIDUS</i>		
Periodo de incubación(h)					
0	25.51 a	27.56 a	25.41 a	1.77	0.6320
3	26.92 a	31.70 a	27.60 a	1.54	0.0862
6	28.44 a	33.22 a	28.78 a	1.60	0.0892
12	34.65 a	38.82 a	33.77 a	1.67	0.1026
24	37.87 a	42.26 a	38.97 a	1.33	0.0804
48	38.93 b	44.44 a	40.20 b	1.01	0.0031
72	40.22 b	46.43 a	41.70 b	1.04	0.0014

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

CUADRO 22. EFECTO DEL FACTOR (B) DE LA BIODISPONIBILIDAD DE CENIZA EN SIETE TIEMPOS DE INCUBACIÓN (0, 3, 6, 12, 24, 48 Y 72 Horas) UTEQ-2013

Variable	SUSTRATOS			EEM	P< TRATAMIENTO
	CASCARA DE MARACUYA	CASCARILLA DE ARROZ	MEZCLA AL 50%		
Periodo de incubación(h)					
0	55.02 a	11.45 b	12.00 b	1.77	<.0001
3	59.11 a	13.13 b	13.97 b	1.54	<.0001
6	61.15 a	13.86 b	15.44 b	1.60	<.0001
12	75.34 a	15.65 b	16.25 b	1.67	<.0001
24	84.69 a	17.09 b	17.32 b	1.33	<.0001
48	86.82 a	18.18 b	18.58 b	1.01	<.0001
72	88.56 a	19.44 b	20.35 b	1.04	<.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$). **EEM**= Error estándar de la media.

CAPÍTULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La cáscara de maracuyá sin inóculo (T1), resultó ser mayor, en términos de materia seca (MS), materia mineral (MM), y proteína (P). Donde la cascarilla de arroz es mayor sin inóculo (T2), en términos de materia seca, y materia orgánica (MO), siendo superior en la materia mineral (MM), y proteína (P), con el uso del *Pleurotus ostreatus*. Similar para el caso de la mezcla al 50%. Rechazando la hipótesis para la cáscara de maracuyá de que se mejorara la composición química con el hongo *Pleurotus ostreatus*, pero si se acepta la hipótesis para la cascarilla de arroz y mezcla al 50%, al ser inóculado.
- El tratamiento que reportó la mejor degradabilidad en todos los tiempos de incubación ruminal, fue la cáscara de maracuyá sin inóculo (T1), tanto para la materia seca (MS), materia orgánica (MO), como para la materia mineral (MM). Mientras que para la cascarilla de arroz (T5) y mezcla al 50% (T6), con el uso de hongo del género *Pleurotus ostreatus*, se optimizó la degradabilidad tanto la (MS) y (MO). Concluyendo que se rechaza la hipótesis donde menciona que, la degradabilidad de la cáscara de maracuyá, será mayor con la siembra del hongo *Pleurotus ostreatus*. Pero si aceptándola para el caso de la cascarilla de arroz y mezcla al 50%, con el uso del hongo.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de la cáscara de maracuyá sin inóculo ya que ésta presentó mejores resultados de degradabilidad tanto MS y MO y una alta biodisponibilidad de ceniza (MM).

En cuanto a la combinación o mezcla al 50% de estos dos sustratos también se la puede utilizar al inocular cepas de hongo tanto del género *Pleurotus ostreatus* como *Pleurotus sapidus* ya que sus resultados fueron superiores que la mezcla sin inóculo, siendo esta otra manera eficiente de aprovechar la cascarilla de arroz, mostrando además un equilibrio desde la fermentación sólida ya que al combinar los sustratos, la cascarilla de arroz absorbía la humedad de la cáscara de maracuyá mostrando una adecuada conservación.

Se recomienda utilizar la cascarilla de arroz siempre y cuando esta sea inóculada con cepas de hongo del género *Pleurotus*, ya que esta obtuvo una excelente respuesta en esta investigación y resultando de gran importancia, pudiendo ser esta utilizada para balancear dietas o como suplemento en la alimentación bovina, debido a que se produce en grandes cantidades sin ser aprovechada.

Emplear estos resultados en el campo como una alternativa para abaratar costos de producción y por ende aportar al mejoramiento de la alimentación sobre todo en épocas secas cuando existe una carencia de alimento para los rumiantes.

CAPÍTULO VI

6. LITERATURA CITADA

- Barragán, K. 2013. Evaluación cinética de degradabilidad ruminal de seis subproductos agrícolas empleados en la nutrición de rumiantes, finca experimental, La maría. Tesis de Ingeniera Agropecuario. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Bermeo, R. 2005. Comportamiento productivo de borregas mestizas alimentadas con dietas en base a banharina y cáscara de maracuyá. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Superior Politécnica del Chimborazo. 20 pp.
- Bermúdez, R.; C. Donoso; E. Martínez; H. Ramos; Morris. 2002. Efecto de la luz en la concentración de micosteroides de *Pleurotus ostreatus* Var. Florida. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición.16:13-18.
- Bonilla, C. y W. González. 2004. Caracterización y evaluación de los residuos sólidos biodegradables producidos en el campus universitario como sustrato en el proceso de compostaje. Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia.
- Corporación Colombia Internacional. Perfil del producto N° 19. (en línea). Consultado el 5 de Sept. del 2013. Disponible en: http://www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/Perfil%20de%20Productos/perfil%20producto%2019%20final.pdf
- Coello, C. 2012. "Evaluación del crecimiento y producción de biomasa de dos cepas del género *Pleurotus* spp. cultivadas en un medio agar con diferentes sustratos". Tesis de ingeniero agroindustrial. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Chávez, 2008. Investigación de los hongos ostra de la reserva gran Sumaco y su aplicación en la gastronomía del cantón Tena. Tesis de administrador gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito 12 pp.
- Echeverría, M; O. López. 2010. "Caracterización Energética de la Cascarilla de Arroz para su Aplicación en la Generación de Energía Termoeléctrica. Tesis para optar por el título de ingeniero mecánico. Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Espinoza, I. 2012. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados de cáscara de maracuyá (*Pasiflora edulis*). Máster en zootecnia y gestión sostenible: ganadería ecológica e integrada. Universidad de Córdoba 14 pp.
- Gutiérrez, S.; C. Saucedo; P. Gaime; C. Augur. 1999. Comparación de dos métodos para la selección de cepas para su uso en fermentaciones en medio sólido; Crecimiento Radial y longitudinal. Memorias VIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Oaxaca. Sociedad Mexicana de Bioingeniería. A.C. p. 104.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2011. Resumen ejecutivo. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa ESPAC. (en línea). Consultado el 27 de Abril del 2013. Disponible en: http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=startdown&id=1516&lang=es&TB_iframe=true&height=250&width=800
- III Censo Agropecuario, 2000. (en línea): consultado el 5 de Mayo 2013. Disponible en: <http://www.agroecuador.com/HTML/Censo/Censo.htm>
- López, S. 2005. *In vitro* and *In situ* techniques for estimating digestibility. In: Dijkstra J, Forbes JM, France J, editores. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism, 2nd ed. London: CABI Publishing; p.87-121.

- Manterola, H. 1999. Los Residuos Agrícolas y su uso en la Alimentación de Rumiantes. Santiago: Ministerio de Agricultura de Chile. 222 pp.
- Mera, J. 2005. Dosificación de Ergosterol de *Pleurotus ostreatus* Irradiado con Luz Ultravioleta. Tesis de Dr. en Bioquímica y Farmacia.- Riobamba; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. 25-28 pp.
- Miles, P. y S. Chang. 1995. Biología de las setas: Fundamentos básicos y acontecimientos actuales, Bogotá. World Scientific. 206 pp.
- Montañez, O., M. Ortega., M. Cobos. 2004. Efecto de la alimentación con paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* en la flora ruminal de ovinos. Revista Cubana de ciencias agrícolas. Tomo 8, N°3; 249-257 pp.
- Mueckay, M. 2009. "Obtención de la Pectina a partir de Desechos Industriales de Maracuyá. Visitado el 23-05-2013. (En línea): <http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencion-pectina2.shtml#xrevision>
- Mushworld. 2004. Mushroom growers handbook 1: oyster mushroom cultivation. MushWorld – Heineart. INC. Corea. Translation: CERZOS (UNS-CONICET). Argentina.
- Peña, M. 2012. Composición química y degradabilidad *in situ* de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del genero *Pleurotus*. Tesis de Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Ramos, G. 2007. "*Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de palma aceitera como importante fuente proteica para la dieta humana". Escuela Superior Politécnica Chimborazo. 37 pp.

- Ramos, S. 1999. Producción de *Pleurotus ostreatus*, florida sobre Residuales de Cacao. Tesis de Magíster en Biotecnología. Riobamba; Escuela Superior Politécnica Chimborazo: Escuela de Posgrados y Educación Continua. pp 95-98.
- Suarez, C. 2010. Obtención in vitro de micelio de hongos comestibles, shiitake (*Lentinula edodes*) y orellanas (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) a partir de aislamientos de cuerpos fructíferos, para la producción de semilla. Tesis de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Colombia. 20-22 pp.
- Toledo, M. 2008. Residuos de maíz y quínua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles "*Pleurotus ostreatus*". Tesis de Grado de Ingeniero en Biotecnología Ambiental. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Ecuador. 47 pp.
- Valverde, A. 2006. "Estudio sobre el uso de la cascarilla de arroz en los molinos del Departamento del Tolima". Tesis de Maestría en Eficiencia Energética, CEEMA, UCF.
- Valverde, A; B. Sarria; J. Monteagudo. 2007. "Análisis Comparativo de las Características Fisicoquímicas de la Cascarilla de Arroz". Universidad Tecnológica de Pereira. Revista Scientia et Technica. Vol. 5, N° 37; 255-260 pp.
- WingChing, R. y G. Alvarado. 2009. Valor nutricional del heno de transvala inoculado con el hongo *Pleurotus ostreatus* sp. Agronomía Costarricense. 33 (1): 147-153.

I. ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MS) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 0 HORAS.

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	1818.90	227.36	214.95	<.0001
Bloques (r-1)	2	7.39	3.69	3.50	0.0550
Factor A		48.31	24.16	17.88	<.0001
Factor B		1436.82	718.41	531.70	<.0001
Factor A*B		333.77	83.44	61.76	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	16.92	1.06		
Total t.r-1	26	1843.22			

C.V% 6.67

ANEXO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MS) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 3 HORAS.

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	2509.19	313.65	70.63	<.0001
Bloques (r-1)	2	1.69	0.84	0.19	0.8282
Factor A		67.87	33.93	8.40	0.0027
Factor B		1976.71	988.36	244.55	<.0001
Factor A*B		464.60	116.15	28.74	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	71.05	4.44		
Total t.r-1	26	2581.94			

C.V% 11.63

**ANEXO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MS)
DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 6 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	2672.24	334.03	116.79	<.0001
Bloques (r-1)	2	0.59	0.29	0.10	0.9023
Factor A		58.78	29.39	11.41	0.0006
Factor B		2167.65	1083.83	420.88	<.0001
Factor A*B		445.80	111.45	43.28	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	45.76	2.86		
Total	t.r-1	2718.59			

C.V% 8.63

**ANEXO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MS)
DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 12 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	6452.30	806.53	405.38	<.0001
Bloques (r-1)	2	0.46	0.23	0.12	0.8918
Factor A		52.69	26.34	14.69	0.0002
Factor B		5518.35	2759.17	1538.01	<.0001
Factor A*B		881.26	220.31	122.81	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	31.83	1.98		
Total	t.r-1	26			

C.V% 5.52

**ANEXO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MS)
DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 24 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	13373.84	1671.73	828.76	<.0001
Bloques (r-1)	2	54.47	27.23	13.50	0.0004
Factor A		93.83	46.91	9.73	0.0014
Factor B		12116.87	6058.43	1257.06	<.0001
Factor A*B		1163.13	290.78	60.33	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	32.27	2.01		
Total	t.r-1				

C.V% 4.34

**ANEXO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MS)
DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 48 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	14651.66	1831.45	490.30	<.0001
Bloques (r-1)	2	68.09	34.04	9.11	0.0023
Factor A		205.27	102.63	14.45	0.0002
Factor B		13744.68	6872.34	967.49	<.0001
Factor A*B		701.71	175.42	24.70	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	59.76	3.73		
Total	t.r-1				

C.V% 5.54

**ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MS)
DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 72 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	14699.91	1837.48	823.28	<.0001
Bloques (r-1)	2	38.71	19.35	8.67	0.0028
Factor A		229.04	114.52	27.70	<.0001
Factor B		13658.78	6829.39	1651.76	<.0001
Factor A*B		812.08	203.02	49.10	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	35.71	2.23		
Total	t.r-1	26			

C.V% 4.09

**ANEXO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MO)
DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 0 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	1492.63	186.57	112.88	<.0001
Bloques (r-1)	2	2.34	1.17	0.71	0.5068
Factor A		63.80	31.90	19.95	<.0001
Factor B		1156.06	578.03	361.37	<.0001
Factor A*B		272.76	68.19	42.63	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	26.44	1.65		
Total	t.r-1	26	1521.42		

C.V% 8.94

**ANEXO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU* (MO)
DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 3 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	2149.34	268.66	55.13	<.0001
Bloques (r-1)	2	5.25	2.62	0.54	0.5933
Factor A		75.68	37.84	8.18	0.0030
Factor B		1661.76	830.88	179.68	<.0001
Factor A*B		411.89	102.97	22.27	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	77.97	4.87		
Total t.r-1	26	2232.57			

C.V% 12.94

**ANEXO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MO) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 6 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	2313.12	289.14	91.07	<.0001
Bloques (r-1)	2	5.88	2.94	0.93	0.4161
Factor A		69.39	34.69	11.02	0.0008
Factor B		1847.78	923.89	293.40	<.0001
Factor A*B		395.93	98.98	31.43	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	50.79	3.17		
Total t.r-1	26	2369.80			

C.V% 9.56

**ANEXO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MO) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 12 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	5929.96	741.24	370.92	<.0001
Bloques (r-1)	2	0.38	0.19	0.10	0.9095
Factor A		48.48	24.24	13.49	0.0003
Factor B		5029.00	2514.50	1398.87	<.0001
Factor A*B		852.47	213.11	118.56	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	31.97	1.99		
Total t.r-1	26	5962.32			

C.V% 5.73

**ANEXO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MO) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 24 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	12527.29	1565.91	745.45	<.0001
Bloques (r-1)	2	41.78	20.89	9.94	0.0016
Factor A		124.87	62.43	14.91	0.0002
Factor B		11247.25	5623.62	1342.67	<.0001
Factor A*B		1155.17	288.79	68.95	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	33.60	2.10		
Total t.r-1	26	12602.68			

C.V% 4.50

**ANEXO 13. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MO) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 48 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	13890.14	1736.26	464.45	<.0001
Bloques (r-1)	2	67.91	33.95	9.08	0.0023
Factor A		287.82	143.91	20.28	<.0001
Factor B		12878.83	6439.41	907.49	<.0001
Factor A*B		723.49	180.87	25.49	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	59.81	3.73		
Total	t.r-1	26	14017.87		

C.V% 5.59

**ANEXO 14. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MO) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 72 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	13976.78	1747.09	719.92	<.0001
Bloques (r-1)	2	31.95	15.97	6.58	0.0082
Factor A		314.60	157.30	40.00	<.0001
Factor B		12807.65	6403.82	1628.52	<.0001
Factor A*B		854.52	213.63	54.33	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	38.82	2.42		
Total	t.r-1	26	14047.57		

C.V% 4.30

**ANEXO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MM) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 0 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	12048.22	1506.03	103.41	<.0001
Bloques (r-1)	2	274.97	137.49	9.44	0.0020
Factor A		26.57	13.28	0.47	0.6320
Factor B		11248.67	5624.33	199.29	<.0001
Factor A*B		772.98	193.24	6.85	0.0016
Error (t-1)(r-1)	16	233.02	14.56		
Total	t.r-1	26	12556.22		

C.V% 14.58

**ANEXO 16. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MM) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 3 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	13329.69	1666.21	128.13	<.0001
Bloques (r-1)	2	176.55	88.27	6.79	0.0073
Factor A		120.38	60.19	2.82	0.0862
Factor B		12460.21	6230.10	291.57	<.0001
Factor A*B		749.09	187.27	8.76	0.0004
Error (t-1)(r-1)	16	208.06	13.00		
Total	t.r-1	26	13714.31		

C.V% 12.55

**ANEXO 17. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MM) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 6 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	13863.07	1732.88	108.18	<.0001
Bloques (r-1)	2	159.83	79.92	4.99	0.2070
Factor A		128.20	64.10	2.77	0.0892
Factor B		12989.10	6494.55	280.92	<.0001
Factor A*B		745.76	186.44	8.06	0.0007
Error (t-1)(r-1)	16	256.30	16.01		
Total t.r-1	26	14279.21			

C.V% 13.27

**ANEXO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MM) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 12 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	22308.25	2788.53	220.20	<.0001
Bloques (r-1)	2	252.84	126.42	9.98	0.0015
Factor A		131.15	65.57	2.59	0.1026
Factor B		21161.09	10580.54	418.14	<.0001
Factor A*B		1016.00	254.00	10.04	0.0002
Error (t-1)(r-1)	16	202.61	12.66		
Total t.r-1	26	22763.71			

C.V% 9.95

**ANEXO 19. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MM) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 24 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	28395.54	3549.44	530.34	<.0001
Bloques (r-1)	2	183.25	91.62	13.69	0.0003
Factor A		93.83	46.91	2.91	0.0804
Factor B		27322.89	13661.44	846.98	<.0001
Factor A*B		978.81	244.70	15.17	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	107.08	6.69		
Total	t.r-1	26	28685.88		

C.V% 6.51

**ANEXO 20. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MM) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 48 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	29033.15	3629.14	974.35	<.0001
Bloques (r-1)	2	106.73	53.36	14.33	0.0003
Factor A		149.68	74.84	8.10	0.0031
Factor B		28100.84	14050.42	1520.50	<.0001
Factor A*B		782.62	195.65	21.17	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	59.59	3.72		
Total	t.r-1	26	29199.48		

C.V% 4.68

**ANEXO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DEGRADABILIDAD *IN SITU*
(MM) DE NUEVE TRATAMIENTOS, TIEMPO 72 HORAS.**

F de V	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fisher Calculada	Probabilidad
Tratamientos (t-1)	8	29189.36	3648.67	962.04	<.0001
Bloques (r-1)	2	114.32	57.16	15.07	0.0002
Factor A		189.06	94.53	9.72	0.0014
Factor B		28287.54	14143.77	1454.77	<.0001
Factor A*B		712.75	178.18	18.33	<.0001
Error (t-1)(r-1)	16	60.68	3.79		
Total	t.r-1	26	29364.36		

C.V% 4.55