



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN PECUARIA



RELACIÓN PAJA DE ARROZ (*Oryza sativa*) - GERMINADO HIDROPÓNICO DE MAÍZ (*Zea mays*) EN ENGORDE INTENSIVO DE CAPRINOS EN LAMBAYEQUE

TESIS

Presentada como requisito
Para optar el título profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. YRENE MARYNÉS CORREA ACOSTA

Lambayeque — Perú

2018

**“RELACIÓN PAJA DE ARROZ (*Oryza sativa*) - GERMINADO HIDROPÓNICO DE
MAÍZ (*Zea mays*) EN ENGORDE INTENSIVO DE CAPRINOS EN
LAMBAYEQUE”**

TESIS

**Presentada como requisito
Para optar el título profesional de:**

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR

BACH. YRENE MARYNÉS CORREA ACOSTA

Aprobada por el siguiente jurado

**Ing. Lorenzo Ecurra Puicón
Presidente**

**Ing. José Humberto Gamonal Cruz
Secretario**

**Ing. Benito Bautista Espinoza
Vocal**

**Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Patrocinador**

DEDICATORIA

DEDICO EL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN A:

A mis padres:

Por su sacrificada labor,
el cual me hizo culminar
mi carrera profesional.

A mis hermanos:

Que estuvieron conmigo en todo
momento apoyándome para lograr
esta meta.

AGRADECIMIENTO

A mis padres:

Que gracias a sus consejos y palabras de aliento me han ayudado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero, gracias por enseñarme valores que me han llevado a alcanzar una gran meta. Los quiero mucho.

A mis hermanos:

Gracias por el cariño, apoyo y sobre todo por estar en los momentos más importantes de mi vida. Este logro también es de ustedes.

A mi patrocinador:

Ing. MSc. Napoleón Corrales Rodríguez por el tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de este trabajo de investigación.

A los Ingenieros Zootecnistas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por los conocimientos brindados en mi formación profesional.

ÍNDICE	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	2
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
3.1. Lugar de ejecución y duración del Experimento.....	16
3.2. Tratamientos Evaluados.....	16
3.3. Materiales y equipos.....	16
3.3.1. Animales.....	16
3.3.2. Alimentos.....	16
3.3.3. Instalaciones y Equipo.....	17
3.4. Metodología Experimental.....	18
3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis.....	18
3.4.2. Técnicas Experimentales.....	19
3.4.3. Variables Evaluadas.....	22
3.4.4. Análisis Estadístico.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 Evaluación de peso inicial.....	23
4.2 Evaluación de peso final.....	23
4.3. Incremento de peso vivo.....	24
4.4 Evaluación del consumo de materia seca.....	26
4.4.1 Consumo de materia seca del concentrado	26
4.4.2 Consumo de materia seca del forraje.....	27
4.4.3 Consumo de materia seca total (Forraje y concentrado).....	29
4.5 Evaluación de la conversión alimenticia.....	30
4.5.1 Conversión alimenticia de la materia seca del concentrado.....	30
4.5.2 Conversión alimenticia de materia seca total (Forraje más concentrado).....	32
4.6 Mérito económico.....	33
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
VI RESUMEN.....	36
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	37

VIII. ANEXOS.....	39
8.1. Prueba de homogeneidad de varianza de peso vivo inicial.....	39
8.2 Análisis de regresión lineal.....	39
8.3 Análisis de varianza de peso vivo final ajustado (Kg).....	40
8.4 Análisis de varianza de incremento de peso vivo ajustado.....	40
8.5 Análisis de varianza del consumo de materia seca del concentrado(kg)	41
8.6 Análisis de varianza del consumo de materia seca del Forraje.....	41
8.7 Análisis de varianza del consumo de materia seca total (Forraje más concentrado).....	41
8.8 Análisis de varianza de conversión alimenticia de la materia seca del concentrado.....	41
8.9 Análisis de varianza de conversión alimenticia de la materia seca total (forraje más concentrado).....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventaja comparativa del germinado hidropónico de cebada y cultivo tradicional de alfalfa.....	9
Tabla 2. Fórmula alimento balanceado para engorde de caprinos.....	17
Tabla 3. Peso inicial por caprino por tratamiento (kg).....	23
Tabla 4. Peso vivo final ajustado de caprinos por tratamiento (kg).....	24
Tabla 5. Incremento de peso vivo total ajustado de caprinos por tratamiento.	24
Tabla 6. Incremento de peso vivo diario de caprinos por tratamiento (kg)..	25
Tabla 7. Consumo de materia seca semanal de concentrado por caprino por tratamiento (kg).....	26
Tabla 8. Consumo de materia seca del forraje por caprino por tratamiento (kg)	27
Tabla 9. Resumen desagregado de consumo de materia seca de forraje(kg)	28
Tabla 10 Resumen desagregado de consumo de forraje en base fresca (kg)	29
Tabla 11. Consumo de materia seca total (forraje y concentrado) por tratamiento durante el periodo de evaluación (kg).....	30
Tabla 12. Conversión alimenticia de Materia seca (MS) del concentrado...	31
Tabla 13. Conversión alimenticia de materia seca total por caprino por tratamiento (Kg).....	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Incremento de peso vivo diario por caprino según tratamiento (%)..	25
Gráfico 2. Eficiencia de la conversión alimenticia de la Materia seca (MS) del concentrado.....	31
Gráfico 3. Eficiencia de conversión alimenticia de materia seca total (%)..	33
Gráfico 4. Evaluación comparativa porcentual de la eficiencia del mérito económico (%).....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1A. Peso semanal por caprino por tratamiento (kg).....	39
---	----

I. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Lambayeque, la actividad agrícola principal lo constituye los cultivos de maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*) habiendo relegado la actividad ganadera a segundo plano obligando al ganado caprino a alimentarse en el bosque seco de la provincia el cual se halla depredado por sobre pastoreo y tala de árboles para venta de carbón y quema de yeso en la minera reduciendo la oferta forrajera del mismo. El Germinado Hidropónico (GH) constituye una completa fórmula de proteína, energía, minerales, vitamina E y provitamina A, altamente asimilable por ser un forraje tierno (no mayor de 15 días) debido a que las paredes celulares aún no se han lignificado (Lignina y celulosa escasa) y con bajo nivel de fibra (menor de 18%) por lo que no puede ser suministrado a rumiantes como única fuente alimenticia. Sin embargo, si se combina adecuadamente con la paja de arroz como fuente fibrosa se podría utilizar este insumo que mayormente es quemado y en algunas ocasiones usado como única alternativa de alimentación de caprinos, pero se desconoce el uso correcto de GH de maíz asociado con paja de arroz en la alimentación del ganado caprino por lo que nos planteamos la siguiente pregunta ¿Cuál es la relación optima de paja de arroz (*Oryza sativa*) y germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) en el engorde intensivo de caprinos en Lambayeque?. El objetivo planteado en el presente estudio fue: Determinar la mejor relación entre el germinado hidropónico (G.H.) de maíz (*Zea mays*) y paja de arroz (*Oryza Sativa*) complementado con concentrado para optimizar el engorde intensivo de caprinos en Lambayeque.

II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

2.1. Cultivos hidropónicos: Generalidades, Técnicas de cultivo

REGALADO (2009) señala que el forraje hidropónico (FH) viene a ser el resultado del proceso de germinación de los granos de cereales o leguminosas (cebada, maíz, soya, sorgo) que se realiza durante 9 a 15 días, alcanzando una altura de 20 a 25 cm., y que los animales consumen por completo: tallos, hojas, raizuelas, y restos de semilla.

TARRILLO (2005), recomienda utilizar semillas de cereales limpios de impurezas y que procedan de plantas libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizarse semillas tratadas con fungicidas o preservantes. La semilla debe ser entera, seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo. Para la semilla de cebada, se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de forraje hidropónico por kilo de semilla.

2.2 Proceso de Producción de Forraje verde hidropónico

EDICIONES CULTURALES VER (1992) describe el siguiente proceso de producción de forraje verde hidropónico (FVH) de la siguiente manera:

- **Lavado:** Para realizar el lavado de la semilla se inunda el grano en un depósito con agua, con el fin de retirar todo el material de flote, como lanas y pedazos de basura, granos partidos y cualquier otro tipo de impureza.
- **La pre-germinación:** Consiste en activar la semilla, es decir, romper el estado de latencia en el que se encuentran los factores determinantes de la pre- germinación y son: la temperatura, humedad y oxigenación. Para realizar la pre- germinación la semilla se humedece durante 24 horas con

agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando durante 48 horas en los recipientes debidamente tapados para mantener la humedad relativa alta.

- **La siembra:** Se realiza sobre las bandejas que se han escogido que pueden ser de láminas galvanizadas en forma cuidadosa para evitar daños a la semilla. La densidad de siembra varía de acuerdo con el tamaño de grano a sembrar.
- **La germinación:** Comprende el conjunto de cambios y transformaciones que experimenta la semilla colocada en determinadas condiciones de humedad, aeración y temperatura las cuales le permiten iniciar su vida activa hasta convertirse en la futura planta. Se recomienda utilizar: Semillas, solución de lejía (hipoclorito de sodio al 5.25%) al 1%, solución nutritiva, balanza, aspersor y señalan como procedimiento el siguiente: a) Pesar las semillas; b) Escoger las semillas para eliminar la presencia de semillas partidas, semillas de otra planta, piedras, pajas, etc.; c) Lavar las semillas con agua para eliminar residuos más pequeños y obtener semillas limpias; d) Las semillas deben ser lavadas y desinfectadas previamente con una solución de lejía al 1% (10 ml de lejía en un litro de agua), dejando remojar en esta solución por 30 minutos a 1 hora, luego se enjuaga con agua; e) Las semillas se remojan por 24 horas, añadiendo agua hasta sumergirlas completamente; f) Transcurrido el tiempo, se procede a escurrir el agua y a lavar la semilla. La capa de semillas se nivela en la bandeja y se riega con un nebulizador cada tres horas por 30 segundos, pero solo para mantener húmedas las semillas. La capa de

semillas no debe exceder de 1.5cm; g) Cuando aparezcan las primeras hojitas, aproximadamente al cuarto día si se desea se riega con una solución de (5ml de la solución A y 2ml de la solución B por cada cuatro litros de agua), hasta el séptimo día, los demás días solo se regara con agua; h) La cosecha debe realizarse a los 10 días, con una altura promedio de forraje de 20 a 25cm y se obtiene alrededor de 180 gr de forraje por 30 gr de semilla de cebada, es decir, una relación de 1:6 aproximadamente.

Cuando el forraje tiene un crecimiento normal se observa un crecimiento homogéneo en la capa de raíces y las hojas, pero durante el proceso pueden presentarse problemas y los más frecuentes son: La falta de luz o su mala distribución que ocasionan: a) Etiolación de las plantas con crecimiento alargado y amarillento causado por falta de luz; b) Deformación de la capa radicular por la mala distribución de luz, el efecto puede ser revertido hasta el quinto día girando la bandeja 180°. En el caso del agua tiene un efecto irreversible si hay estancamiento en las bandejas puede causar en los primeros días la pudrición de las semillas. Cuando la planta tiene varios días se produce la pudrición de las raíces (se tornan oscuras) y marchitamiento de la punta de las hojas. La falta de agua produce adelgazamiento de hojas y raíces. La presencia de hongos se debe a temperaturas elevadas, falta de circulación de aire en el ambiente y limpieza deficiente de semillas y ambiente.

TARRILLO (2005), indica los siguientes pasos para el sistema de producción de forraje hidropónico:

Tratamiento de semilla: En esta etapa se inicia el proceso de producción e implica labores de lavado, desinfección, remojo y oreo de la semilla.

Selección de semilla: Se recomienda utilizar semillas de cereales provenientes de lotes libres de impurezas y que procedan de plantas que estén libres de plagas y enfermedades, no debiéndose utilizar semillas tratadas con fungicidas o perseverantes. Además, las semillas tienen que ser idóneas, debe ser entera y seca y tener por lo menos un 85% de poder germinativo.

Lavado: Las semillas son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo que contienen, ya que en ella se encuentran una gran cantidad de microorganismos, este lavado se realiza sumergiéndolas en agua las semillas agitándolas por unos segundos y eliminando el agua sucia. Este procedimiento se hace repitiendo unas tres veces, dependiendo del grado de suciedad de estas.

Desinfección: Las semillas son desinfectadas con el objeto de eliminar microorganismos de la putrefacción y esporas de hongos. Este proceso se realiza sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía (hipoclorito de sodio) al 1%, (10 ml de lejía por cada litro de agua) por espacio de 30 minutos a 2 horas, dependiendo del grado de contaminación de la semilla.

Remojo: Las semillas son puestas en remojo con agua por un espacio de 24 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano e iniciar su actividad enzimática; además de ablandar la cutícula que recubre al grano y facilitar la salida de la raíz.

Oreo: Terminado el proceso de remojo, las semillas son enjuagadas con agua y puestas en un deposito que presenta orificios en la parte inferior, que permite el drenaje del agua, además el deposito será tapado para evitar la pérdida de humedad. En esta etapa las semillas no son regadas y permanecerán por espacio de uno a dos días hasta la aparición del punto de brote de la semilla.

Etapas de germinación: Culminado el oreo de la semilla y cuando está en su “Punto de Germinación” se realiza la siembra en bandejas plásticas o de fibra de vidrio, no se recomienda utilizar bandejas de madera o metálicas. Las bandejas deberán tener orificios a los lados para permitir el drenaje del agua, las cuales son colocadas en estantes de germinación y cubiertas en su totalidad por plástico negro, para que haya oscuridad interior y también evitar pérdida de la humedad. En estos estantes de germinación se recomienda regar mediante nebulización o micro aspersión de 3 a 4 veces al día, en esta área estarán de 4 a 6 días para luego ser trasladados al área de producción. La siembra de las semillas en la bandejas se realiza a una densidad de 5 a 8 kilos de semilla por metro cuadrado de bandeja, es decir una altura de cama de semillas de 1 cm. a 2.5 cm. las cuales son regadas de tres a cuatro días y bajo penumbra. En este periodo se produce una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad (70% a 85%) y temperatura de (18° a 25°C). Esta etapa dura de cuatro a seis días.

Etapas de producción: Las bandejas provenientes del área de germinación se colocan en estantes de producción, donde culminaran su desarrollo de 6

a 8 días más. Esta área presenta mayor iluminación y un riego con “Solución Nutritiva” bajo un sistema re-circulante. Este riego demora sólo unos minutos y se realiza uno a dos veces al día, dependiendo de las condiciones climáticas. Finalmente se realiza la cosecha, desmenuzando el FVH en forma manual o mecánica, para un mejor suministro a los animales.

2.3 Ventajas de los cultivos hidropónicos

El Manual técnico de forraje verde hidropónico de la FAO, (2001), refiere las siguientes ventajas:

Ahorro de agua. En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras. Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre 12 % a 18 %. Esto se traduce en un consumo de 15 a 20 litros de agua por kilo de materia seca obtenida en 14 días.

- **Eficiencia en el uso del espacio.** El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.
- **Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a

partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH.

- **Calidad del forraje para los animales.** El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.3 Mcal/kg) que el FVH (3.2 Mcal/kg). Sin embargo, los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables.
- **Costos de producción.** Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que, considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. La ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, la inversión desciende mucho.

TARRILLO (2005), presenta las siguientes ventajas del FVH:

1. Es un sistema nuevo para producir forrajes: En el mundo agropecuario conocemos tradicionalmente dos sistemas para la producción de forraje:

extensiva e intensiva. La producción de forraje hidropónico es una técnica totalmente distinta.

2. Producción de Forraje Hidropónico bajo Invernadero: Esta producción permite una producción de forraje bajo cualquier condición climática y constante durante todo el año. Los requerimientos de área, agua y energía son mínimos.
3. Requiere poca Agua: En el sistema de producción de forraje hidropónico se utiliza agua recirculada, un invernadero de 480 bandejas requiere de 1000 litros de agua al día (para riego, lavado, desinfección de semilla, etc.) pero en un módulo que produce 500 kg de forraje/día requeriría un aproximado de dos litros de agua por cada kilo de forraje producido.
4. La Producción es constante todo el Año: El Sistema de producción es continuo, es decir todos los días se siembran y cosechan igual número de bandejas.

Tabla 1. Ventaja comparativa del germinado hidropónico de cebada y cultivo tradicional de alfalfa.

	Cultivo alfalfa convencional	Módulo 480 bandejas de germinado hidropónico
Superficie (m ²)	30000	60
Rendimiento cosecha (kg/tiempo)	por 60000 kg en 4 meses	480 kg en 1 día
Rendimiento (kg)	por año 180 000	175 200

Fuente: Tarrillo (2008)

5. Del punto de vista nutricional: El FVH al alcanzar una altura de 20 a 30 cm es cosechado y suministrado con la totalidad de la planta, es decir, raíz, restos de semilla, tallos y hojas constituyendo una completa fórmula de proteína, energía, minerales y vitaminas altamente asimilables.

Las mejoras obtenidas con el uso de forraje hidropónico en la alimentación animal se da en: ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, mejor producción de leche con mayor contenido de grasa y sólidos totales.

6.Reducción de Costos de Alimentación y de Inversiones: Muchos de los ganaderos en el Perú, que presentan reducido piso forrajero o no disponen de terreno agrícola se ven obligados a comprar forraje. El costo del FVH es inferior a un forraje comprado.

2.3 Densidades de siembra de semilla y producción de FVH

La FAO (2001), recomienda una densidad de siembra de 2,4 a 3,4 kilos de semillas por metro cuadrado, recordando no superar 1,5 centímetros de altura en la bandeja; realizando una cosecha entre los 10 a 15 días de haber sembrado con un rendimiento de 12 a 18 kilos de forraje por cada kilo de semilla.

MOYANO (2012) indica que el comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*) en función del tiempo de cosecha, presenta su pico máximo de contenido proteico en el día décimo a partir del cual empieza a descender levemente hasta el día doce y de allí en adelante presenta un descenso vertiginoso por lo que el tiempo máximo de germinación de las plántulas no debe exceder el día doce.

HERNÁNDEZ (2013) determinó la densidad óptima de siembra para germinado hidropónico (GH) de maíz amarillo duro (*zea mays*) evaluando cuatro niveles de siembra en Lambayeque: 2, 3, 4 y 5 Kg/m² durante 15

días y el mejor comportamiento lo obtuvo con 2 Kg/m², logrando un rendimiento de 5,71 kg de GH/kilogramo de semilla procesada, con la siguiente composición química: PC 11.25 por ciento, FC 7.95 por ciento, EE 3.58 por ciento y CEN 1.02 por ciento, presentando rendimientos por metro cuadrado de 1,77 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,199 kg de proteína cruda, 0.06 kg de extracto etéreo, 0.02 kg de cenizas y 0,14 kg de fibra cruda por metro cuadrado.

PEREZ (2014), utilizando la densidad de siembra de 2 kg /m² recomendado por Hernández (2013) determinó el rendimiento de biomasa del Germinado Hidropónico de maíz (GH) regado con solución hidropónica en sus diferentes etapas de proceso y para lograrlos se implementaron cuatro tratamientos: T0: GH de maíz regado sin solución hidropónica; T1: GH de maíz regado con solución hidropónica en etapa de germinación desde el día 1 al día 4 post siembra de semilla oreada en bandejas; T2: GH de maíz regado con solución hidropónica en la etapa de producción desde el día 4 al día 8 post siembra de semilla oreada en bandejas y T3: GH de maíz regado con solución hidropónica en la etapa de germinación y producción desde el día 1 al día 8 post siembra de semilla oreada en bandejas. La solución hidropónica para el riego de los tratamientos se preparó con una dosis de 0.50 ml de solución A y 0.25 ml de solución B diluidas en 4 litros de agua. Los resultados demostraron la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos obteniendo los mejores resultados con T3,

regando con solución hidropónica desde el día 1 hasta el día 8 post siembra en bandejas presentando rendimientos por metro cuadrado de 1,41 kg de MS en base fresca y en base seca: 0,26 kg de proteína cruda, 0.09 kg de extracto etéreo; 0.05 kg de cenizas y 0,20 kg de fibra cruda por metro cuadrado.

UGAZ (2017) evaluó la interacción optima entre fase lunar y calidad de agua con o sin solución hidropónica en el riego para determinar el rendimiento nutricional de GH (kg/m^2), productividad (Kg GH/kg semilla y kg de MS/kg semilla) y costo de producción de los tratamientos evaluados. Para lograrlos implementó ocho tratamientos productos de la interacción de cuatro fases del factor Fase lunar y dos tipos de agua (agua pura y con solución hidropónica) del factor tipo de agua con 10 repeticiones por tratamiento. La solución hidropónica se aplicó del día 4 al 8 post siembra en bandejas y todo se cosechó a los 15 días de edad. Los resultados demostraron existencia de diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0.05$). Los mejores rendimientos productivos por metro cuadrado se lograron con la fase cuarto creciente con solución hidropónica en agua de riego y expresados en (kg/m^2 fueron GH: 10.51; MS: 1.71; PC: 0.24, FC: 0.24; CEN: 0.059 excepto EE que presentó el segundo lugar con 0.047 kg/m^2 . En productividad (kg GH/kg semilla procesada): 5.25 kg y 0.76 Kg MS/kg de semilla procesada, también presentaron menores costos de producción.

TARRILLO (2005), menciona que para semillas de cebada, trigo y avena se esperan rendimientos de 6 a 8 kilos de FVH por cada kilo de semilla.

CORRALES (2009) indica que los términos utilizados para referirse a la semilla sembrada en el proceso de producción de germinado hidropónico inducen a confusión porque se manejan dos pesos de la semilla durante el proceso: El primer peso se calcula con la semilla seca en función de la densidad de siembra a utilizar y el segundo peso se realiza con la semilla hidratada (oreada) para distribuirla homogéneamente en las bandejas, llamando a este procedimiento “siembra en bandejas” y muchos confunden este término cuando quieren referirse al peso inicial por lo que propone llamar peso de semilla “procesada” a la cantidad de semilla que inicia todo el proceso de producción.

BM EDITORES. (2017) presenta la siguiente composición química de germinado hidropónico para animales: Materia seca: 18.6%; Proteína cruda: 16.8%; Energía metabolizable: 3.21 mcal/kg; Carotenos: 25.1 ul/kg; Vitamina E: 26.3 ul/kg; Vitamina C: 45.1 mg/kg; Calcio: 0.104%; fosforo: 0.47%; magnesio: 0.14%; hierro: 200ppm; Manganeso: 300ppm; Zinc 34 ppm y cobre 8.0 ppm.

DE LA ROSA (2011) precisa que las cabras deben consumir materia seca (MS) en relación con el peso corporal, o la MS consumida debe contener una mayor concentración de nutrientes comparado con los requerimientos nutricionales de otros rumiantes. El retículo-rumen de la cabra es más pequeño de acuerdo con el tamaño corporal, y el tiempo de retención de las partículas de alimento tiende a ser menor. Cabras en lactación y

“

crecimiento consumen 3.5 a 5% de su peso corporal (base seca) por día. Durante el último tercio de la gestación el consumo baja a 2.7 %, debido a que el/los fetos ocupan gran parte de la cavidad abdominal. Los consumos de materia seca por categoría son para el Cabrito lactante: 4.5%; cabra seca: 2.8%; cabra al inicio de la gestación: 3.0%; cabra final gestante: 2.7 %; cabra lactante normal: 4% y cabra lactante alta producción: 5.0%.

GIRAUDO, *et al.* (2014) manifiestan que en las raciones de ovinos y caprinos, el maíz no debe superar el 50% de aportes de la energía requerida. Manifiestan además que el consumo de concentrado en animales jóvenes oscila entre 0.9 y 1.3 kg y en adultos entre 1.5 a 2.0 kg/día y utilizando una ración de engorde para caprinos de descarte con 16% de PC y 2.91 Mcal de EM/kg de materia seca obtuvieron una ganancia de peso diaria de 135 gramos con 60 días en engorde. Respecto al tiempo de engorde los autores mencionan que los periodos de engorde debieran durar en término medio 50 a 60 días, aunque hay muchos ensayos experimentales y emprendimientos comerciales donde el tiempo empleado es mayor. Estos últimos, están asociados a bajas ganancias de peso o a objetivos comerciales de producir animales más pesados. A partir de allí los costos se elevan y si las ganancias han sido normales, las reses se ponen muy pesadas.

2.5 Diseño experimental

PADRON (2009), indica que el diseño completamente al azar (DCR) es el diseño más simple y se usa cuando las unidades experimentales son

homogéneas, y la variación entre ellas es muy pequeña como es el caso de experimentos de laboratorio, invernaderos, gallineros, granjas porcinas, etc. en que las condiciones ambientales son controladas, tal diseño es una prueba con un solo criterio de clasificación.

Los experimentos factoriales son aquellos que estudian simultáneamente dos o más factores, y se diferencian de los experimentos simples en que éstos solamente estudian un factor. Los experimentos factoriales no constituyen en si un diseño experimental, más bien se deben realizar en cualquiera de los diseños experimentales. Los experimentos factoriales son útiles en investigaciones en las cuales se sabe poco de varios factores.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La primera fase de campo se realizó del 10 de octubre al 4 de noviembre de 2017 en Caserío Tranca Sasápe- Mórrope y debido a causas externas que afectaron a los animales se volvió a implementar en el sector Naranjal – distrito de Lambayeque del 2 de enero al 27 de marzo de 2018 durante 8 semanas, correspondiendo los resultados a esta evaluación.

3.2. TRATAMIENTOS EVALUADOS

Se establecieron cuatro tratamientos:

T0: Caprinos alimentados con maíz chala más concentrado.

T1: Caprinos alimentados con 25% de paja de arroz y 75% de GH de maíz más concentrado.

T2: Caprinos alimentados con 50% de paja de arroz y 50% de GH de maíz más concentrado.

T3: Caprinos alimentados con 75% de paja de arroz y 25% de GH de maíz más concentrado.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Animales

- Se utilizaron 20 caprinos de dos meses de edad.

3.3.2. Alimentos

- Maíz Chala (*Zea mays*) como fuente forrajera de T0 cuyo valor nutricional fue: MS: 23.0%; PC: 7.80%; NDT: 59.10% y FC: 24.86%.

“

- 67.5 kg de maíz para producir Germinado hidropónico cosechado a los 14 días de edad cuyo valor nutricional fue MS: 18.6%; PC: 16.8%; NDT: 75% y FC: 14.01%.
- Paja de arroz cuyo contenido nutricional fue MS: 89.0%; PC: 4.5%; NDT: 42.3% y FC: 35.84%.
- Alimento balanceado para engorde de caprinos según recomendaciones de Giraudo, *et al* (2014).

Tabla 2. Fórmula alimento balanceado para engorde de caprinos.

Insumo	%
Harina integral de soya	8.00
Maiz grano	33.00
Torta de soya	12.00
Harina zapote	15.00
Melaza de caña	4.30
Heno de alfalfa 2da	25.00
Sal común	0.50
Bicarbonato de sodio	1.00
Premezcla Vitamin- Mineral	
Carne	0.20
Carbonato de calcio	1.00

APORTE NUTRICIONAL	
MS (%)	87.96
PC (%)	17.51
NDT (%)	63.50
FC (%)	10.81
Ca (%)	0.80
P (%)	0.30

3.3.3 Instalaciones y equipo

3.3.3.1 Instalaciones

- 4 corrales de 2m x 2m para engorde de caprinos.
- Cuarto de producción de Germinado Hidropónico de maíz.

3.3.3.2 Equipo

- 1 torre de hidroponía.
- 24 bandejas plásticas para hidroponía de 33 cm x 45 cm.
- 02 baldes para lavado y remojo de semilla.
- 02 baldes para oreo de semilla.
- Equipo de riego por aspersión manual.
- 1 Balanza de precisión con capacidad de 30 kg.
- 1 aretador para caprinos.
- 4 comederos lineales.
- 4 bebederos.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Diseño de Contrastación de las Hipótesis

Se hizo el siguiente planteamiento estadístico de hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre tratamientos

Ha: Si existe diferencia entre tratamientos

Para tomar la decisión de rechazar una de las hipótesis estas fueron contrastadas mediante un Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones (5 por tratamiento), cuyo modelo aditivo lineal según PADRON (2009) es:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable aleatoria observable correspondiente al i -ésimo tratamiento y j -ésima repetición.

μ = Medía general.

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

t = Número de tratamientos.

3.4.2. Técnicas Experimentales

Para el engorde de caprinos con germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) y paja de arroz (*Oryza sativa*) más concentrado de engorde, se emplearon 20 caprinos de dos meses de edad, machos, asignando cinco a cada tratamiento para la realización del estudio. A continuación, se detalla el proceso seguido en granja:

- Identificación de la zona de estudio para implementar el engorde intensivo experimental para el estudio.
- Diseño y fabricación de corrales de engorde y habilitación para la zona de producción de Germinado Hidropónico de maíz.
- Aprovisionamiento de paja de arroz y evaluación de maíz para la producción de Germinado Hidropónico.
- Formulación y preparación de concentrado para engorde de caprinos.
- Preparación de Germinado hidropónico siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se emplearon 24 bandejas para el estudio.
- Para comprar el maíz se calculó el área de bandeja (0.1485m²) y con la densidad de 2 kg/m² recomendados por Hernández (2013) se obtuvo 0.297 kg de maíz por bandeja y considerando un 80% de pureza se calculó 0.371 kg de semilla bruta por cada bandeja.

Luego se procedió cada 2 días de la siguiente manera:

- Día 1: Limpieza de impurezas.
- 1er lavado de la semilla con agua pura para eliminar impurezas.
- Desinfección con hipoclorito de sodio (1ml /1000 ml) durante dos horas.
- 2do lavado de la semilla con agua pura para eliminar el hipoclorito de sodio.
- Remojo durante 24 horas en agua pura.
- Eliminación de agua y traslado de semilla a baldes de oreo.

Días 2 - 3:

- Oreo de la semilla por 48 horas.
- Pesado en húmedo y división entre cuatro.
- Siembra en cuatro bandejas debidamente identificadas.
- Ingreso de bandejas a cámara oscura.

Día 4 - 7:

- Riego con agua pura 3 veces al día: 7 am, 2 pm y 7 pm.

Día 8-14:

“

- Traslado de la semilla germinada a la cámara de producción.
- Riego 4 veces al día: 6 am, 12 m, 6 pm y 10 pm.

Día 14:

- Cosecha de todas las bandejas.
- Oreo de Germinado hidropónico cosechado por 24 horas.

Día 15:

- Suministro a Caprinos según tratamiento.
- Compra de 20 caprinos de dos meses de edad.
 - Acostumbramiento por una semana al nuevo alimento y sistema de engorde.
 - Pesado y asignación de animales a cada tratamiento al azar.
 - Registro semanal de peso de animales en ayunas.
 - Cálculo de consumo semanal equivalente equivalente al 4% del peso vivo en materia seca y considerando que se trata de engorde intensivo de caprinos con forraje y concentrado se asignó 60% del consumo de materia seca al concentrado y 40% al consumo de materia seca del forraje. En esta fracción se consideró el maíz chala, la paja de arroz y el Germinado Hidropónico de maíz. Una vez calculado el consumo de materia seca de cada tratamiento se procedió a convertir a tal como ofrecido considerando la materia seca de maíz chala (23%); del concentrado (88%); paja de arroz (89.85%) y Germinado Hidropónico de maíz (18.60%).

- El alimento se pesó antes de suministrar a cada tratamiento. Adicionalmente se pesaron los residuos de comida diaria.
- Se consideró un registro de mortalidades, en caso de presentarse, indicando el tratamiento y fecha y posible causa que pudiera haberla ocasionado.

La misma operación se repitió en el segundo periodo de aplicación del estudio en Lambayeque.

3.4.3. Variables Evaluadas

La información obtenida permitió generar y evaluar las siguientes variables:

- Ganancia de peso en etapa de engorde de caprinos.
- Conversión alimenticia en caprinos engordados con sistema intensivo.
- Mérito económico de los tratamientos evaluados.

3.4.4. Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento. El Análisis de varianza para determinar el valor de F_c y averiguar si había diferencias entre los tratamientos se realizó utilizando el programa estadístico Infostat V.17 y para analizar cual tratamiento fue mejor se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de peso inicial

Con información del cuadro A1 se realizó el análisis de prueba de homogeneidad de varianza aplicado al peso inicial de los caprinos asignados aleatoriamente a cada tratamiento y la prueba de Levene (Anexo 8.1) demostró que no existieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los pesos iniciales de los tratamientos evaluados, pero numéricamente el peso los caprinos de T0 superaron el peso vivo promedio de los caprinos de T1 en 6.97%, a los de T2 en 8.71% y T3 en 7.36%.

Tabla 3. Peso inicial por caprino por tratamiento (kg).

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Peso Total (kg)	40.20	37.40	36.70	36.80
Promedio/animal (kg)	8.04a	7.48 ^a	7.34a	7.36a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.2. Evaluación de peso vivo final

Semanalmente se pesaron los caprinos de cada tratamiento y el peso de cada animal en la octava semana de evaluación (tabla 3) se analizó con el peso vivo inicial mediante el análisis de co-varianza y se encontró diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), demostrando que si hubo influencia del peso vivo inicial en el peso vivo final, motivo por el cual se ajustaron los pesos mediante regresión (anexo 8.2) cuyos resultados se aprecian en la tabla 4 y al aplicar el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) donde todos los tratamientos que recibieron paja de arroz y GH de maíz (T1, T2 y T3) superaron al peso final

de T0 pese a que estos presentaron mayor peso vivo (PV) al inicio del estudio.

Tabla 4. Peso vivo final ajustado de caprinos por tratamiento (kg).

Nº de caprino	T0	T1	T2	T3
1	13.78	15.23	15.12	14.50
2	15.11	15.67	14.96	14.86
3	14.09	14.21	14.99	14.71
4	13.40	14.57	14.98	14.98
5	13.76	15.52	15.32	14.74
Total	70.14	75.20	75.36	73.81
Promedio	14.03b	15.04a	15.07 ^a	14.76 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.3. Incremento de peso vivo

Para calcular el incremento de peso se sustrajo del peso final ajustado el peso inicial de cada caprino de cada tratamiento y al aplicar el análisis de varianza (Anexo 8.4) si se hallaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) donde todos los tratamientos que recibieron paja de arroz y Germinado Hidropónico de maíz y entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) superaron el incremento de peso vivo de los caprinos que solo recibieron maíz chala y concentrado (T0) lo cual se debería a la presencia de Germinado Hidropónico (GH) de maíz que aportó mayor riqueza nutricional y mejor digestibilidad.

Tabla 5. Incremento de peso vivo total ajustado de caprinos por tratamiento (kg).

Nº de caprino	T0	T1	T2	T3
1	6.58	7.73	7.02	8.30
2	6.61	7.87	8.86	6.66
3	7.09	8.21	7.99	8.71
4	4.30	6.57	7.58	7.78
5	5.36	7.42	7.22	5.54
Incremento Total/tratamiento	30	38	39	37
Promedio/tratamiento	5.99b	7.56 ^a	7.73 ^a	7.40 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

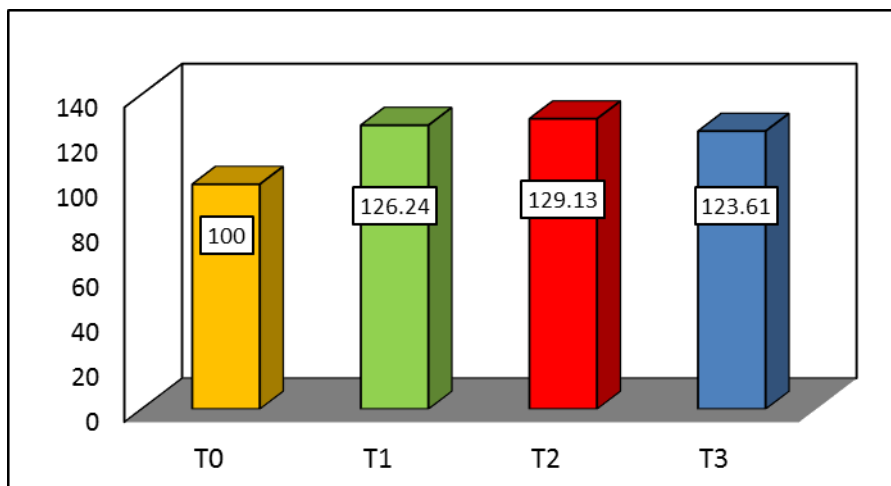
Para calcular el incremento de peso vivo diario por caprino de cada tratamiento al resultado total de cada uno se dividió entre 56 días de estudio lográndose el mejor resultado con el tratamiento que recibió 50% de Germinado Hidropónico de maíz y 50% de paja de arroz más concentrado de engorde (T2) con 138 g de incremento de PV diario en 56 días de evaluación superando ligeramente a los 135 g con 60 días de engorde reportado por Giraudo *et al* (2014) y la ganancia diaria de este autor fue similar a la de T1 y ligeramente superior a la de T3 que presentó 132 g de incremento de peso diario. La menor ganancia de peso diario del estudio lo presentaron los caprinos que sólo recibieron maíz chala y concentrado (T0).

Tabla 6. Incremento de peso vivo diario de caprinos por tratamiento (kg).

	T0	T1	T2	T3
Incremento PV/animal/día	0.107 ^b	0.135 ^a	0.138 ^a	0.132 ^a

Al evaluar de manera comparativa porcentual tomando como base a T0 se aprecia que el incremento de T1 superó en 26.24% al peso de T0, el de T2 lo superó en 29.13% y el de T3 lo superó en 23.61%.

Grafico 1. Incremento de peso vivo diario por caprino según tratamiento (%)



4.4 Evaluación del consumo de materia seca

4.4.1 Consumo de materia seca del concentrado

El consumo de materia seca (MS) de 4% del peso vivo se realizó según recomienda De La Rosa (2011) y a la información semanal presentada en la tabla 7 se aplicó el análisis de varianza (Anexo 8.5) y no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) pero numéricamente el mayor consumo de MS del concentrado lo presentaron los animales que solo lo complementaron con maíz chala (T0) superando en 0.19 % al consumo de materia seca de concentrado de T1; en 0.52 % al consumo de materia seca de concentrado de T2 y en 2.61 % al consumo de materia seca de concentrado de T3 que complementaron con 75% de paja de arroz y 25% de Germinado Hidropónico (T3). Esta reducción de concentrado podría deberse a que los animales consumieron mayor porcentaje de fibra de la paja de arroz y energía del GH de este tratamiento y compensaron la necesidad nutricional con menos concentrado.

Tabla 7. Consumo de materia seca semanal de concentrado por caprino por tratamiento (kg).

	T0	T1	T2	T3
Semana 1	1.52	1.41	1.40	1.41
Semana 2	1.66	1.57	1.56	1.55
Semana 3	1.79	1.70	1.71	1.70
Semana 4	1.95	1.89	1.86	1.85
Semana 5	2.03	2.05	2.03	1.85
Semana 6	2.12	2.20	2.20	2.16
Semana 7	2.24	2.34	2.35	2.30
Semana 8	2.40	2.52	2.51	2.46
Total	15.70	15.67	15.62	15.29
Promedio/sem.	1.96 ^a	1.96 ^a	1.95 ^a	1.91 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Al convertir el consumo de materia seca a consumo diario de concentrado en base fresca (TCO) considerando una materia seca de 88.6% se obtuvo un consumo promedio diario de 0.32 kg (T0); 0.32 kg (T1); 0.32 kg (T2) y 0.31 kg (T3).

4.4.2 Consumo de materia seca del forraje

Al aplicar el análisis de varianza (anexo 8.6) no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$) pero numéricamente el mayor consumo de materia seca de forraje se logró con los caprinos del tratamiento que recibió 25% de paja de arroz y 75% de Germinado hidropónico de maíz (T1) con 10.45 kg durante todo el periodo de evaluación, superando en 0.71% al consumo de MS de forraje de los caprinos que solo recibieron maíz chala como fuente forrajera (T0); superando a los que recibieron 50% de paja de arroz y 50% del Germinado Hidropónico de maíz (T2) en 0.39% y asimismo superó en 1.41 % al consumo de MS de forraje de los caprinos que recibieron 75% de paja de arroz y 25% del Germinado Hidropónico de maíz (T3).

Tabla 8. Consumo de materia seca del forraje por caprino por tratamiento (kg).

	T0	T1	T2	T3
Semana 1	1.01	0.94	0.93	0.94
Semana 2	1.10	1.04	1.04	1.03
Semana 3	1.10	1.14	1.14	1.14
Semana 4	1.30	1.26	1.24	1.23
Semana 5	1.36	1.36	1.35	1.34
Semana 6	1.41	1.46	1.47	1.44
Semana 7	1.49	1.56	1.57	1.54
Semana 8	1.60	1.68	1.68	1.64
Total	10.38a	10.45 ^a	10.41a	10.31 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la tabla 9 se presenta el consumo desagregado de materia seca del forraje por tratamiento coincidiendo con el consumo total de materia seca de forraje visualizado en la tabla 8.

Tabla 9. Resumen desagregado de consumo de materia seca de forraje (kg).

Semana de evaluación	T0	T1		T2		T3	
	100% Chala	25% Paja A.	75%GH maíz	50% Paja A.	50% GH maíz	75% Paja A.	25% GH maíz
Semana 1	1.01	0.24	0.71	0.47	0.47	0.71	0.24
Semana 2	1.10	0.26	0.78	0.52	0.52	0.78	0.26
Semana 3	1.10	0.29	0.86	0.57	0.57	0.85	0.28
Semana 4	1.30	0.31	0.94	0.62	0.62	0.92	0.31
Semana 5	1.36	0.34	1.02	0.68	0.68	1.01	0.34
Semana 6	1.41	0.37	1.10	0.73	0.73	1.08	0.36
Semana 7	1.49	0.39	1.17	0.78	0.78	1.15	0.38
Semana 8	1.60	0.42	1.26	0.84	0.84	1.23	0.41
sub Total MS	10.38	2.61	7.84	5.21	5.21	7.73	2.58
Total, MS Forraje/tratam.	10.38	10.45		10.41		10.31	
Prom./día/caprino/Tratam.	0.19a	0.19a		0.19 ^a		0.18 ^a	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Al convertir el consumo de materia seca de forraje a consumo diario de forraje en base fresca (TCO) considerando una materia seca de 23%, 89.85% y 18.6% para maíz chala, paja de arroz y Germinado Hidropónico (GH) de maíz respectivamente se obtuvo el consumo el consumo promedio diario de 810 g de maíz chala (T0); 50 g de paja de arroz y 750 g de GH de maíz (T1); 100 g de paja de arroz y 500 g de GH de maíz (T2) y 150 g de paja de arroz más 250 g de GH de maíz (T3). Se aprecia que el consumo de forraje en base fresca de T3 se reduce casi a la mitad de los consumos de forraje verde de los tratamientos (T0 y T1) debido al alto contenido de materia seca de la panca que satisface el nivel de fibra diaria de los

caprinos y el GH de este tratamiento y compensa su necesidad de agua en el bebedero. En segundo orden de ahorro de forraje en base fresca (TCO) se ubica T2 que ahorra en 25% el consumo de forraje en base fresca respecto a T0 y T1. El tratamiento con mayor consumo de forraje en base fresca lo presentó el testigo (T0).

Tabla 10. Resumen desagregado de consumo de forraje en base fresca (kg).

Semana de evaluación	T0	T1		T2		T3	
	M. Chala	Paja A.	GH maíz	Paja A.	GH maíz	Paja A.	GH maíz
Semana 1	4,39	0,26	3,79	0,52	2,51	0,79	1,26
Semana 2	4,80	0,29	4,21	0,58	2,79	0,86	1,39
Semana 3	4,80	0,32	4,60	0,63	3,06	0,95	1,53
Semana 4	5,65	0,35	5,08	0,69	3,34	1,03	1,66
Semana 5	5,89	0,38	5,50	0,75	3,63	1,12	1,80
Semana 6	6,15	0,41	5,91	0,82	3,94	1,20	1,94
Semana 7	6,50	0,43	6,30	0,87	4,22	1,28	2,07
Semana 8	6,95	0,47	6,77	0,93	4,50	1,37	2,21
Total	45,13	2,91	42,15	5,80	27,99	8,60	13,85
Prom. /día	0,81	0,05	0,75	0,10	0,50	0,15	0,25
Prom. Forraje V./ día/caprino (kg)	0,81	0,80		0,60		0,40	

4.4.3 Consumo de materia seca total (Forraje y concentrado)

Al realizar el análisis de varianza (Anexo 8.7) no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) pero numéricamente si comparamos los consumos con el testigo que solo recibió maíz chala como fuente forrajera (T0) se aprecia que los caprinos que recibieron 75% de Germinado Hidropónico y paja de arroz (T1) consumieron 0.17% más que T0; pero los que recibieron 50% de paja de arroz y 50 % de Germinado Hidropónico de maíz (T2), consumieron 0.19% menos materia seca total que los de T0 y los que recibieron 75% de paja

de arroz y 25% de Germinado Hidropónico de maíz (T3) consumieron 1.85% menos materia seca total que los de T0.

Tabla 11. Consumo de materia seca total (forraje y concentrado) por tratamiento durante el período de evaluación (kg).

	T0	T1	T2	T3
Semana 1	2.53	2.35	2.34	2.35
Semana 2	2.76	2.61	2.60	2.59
Semana 3	2.90	2.84	2.84	2.84
Semana 4	3.25	3.15	3.10	3.08
Semana 5	3.39	3.41	3.38	3.19
Semana 6	3.53	3.66	3.67	3.61
Semana 7	3.74	3.90	3.92	3.84
Semana 8	4.00	4.20	4.19	4.10
Total	26.08	26.13	26.03	25.60
Prom./sem.	3.26 ^a	3.27 ^a	3.25 ^a	3.20 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

4.5 Evaluación de la conversión alimenticia

4.5.1 Conversión alimenticia de la materia seca del concentrado

El análisis de varianza de la conversión alimenticia de la materia seca del concentrado (Anexo 8.8) demostró que si existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) y al aplicar la prueba de comparación múltiple de Duncan los mejores resultados se lograron con los caprinos alimentados con 50% de paja de arroz y 50% de GH de maíz más concentrado (T2) con 2.03 y la conversión alimenticia menos eficiente de materia seca del concentrado la presentaron los caprinos alimentados sólo con maíz chala más concentrado (T0), esto se debería al mayor aprovechamiento de la fuente forrajera por el elevado porcentaje de GH de maíz que es altamente digestible (90%) debido a su temprana edad de cosecha realizada a los catorce días de edad con el correcto nivel de paja

de arroz versus el maíz chala que se cosecha a los noventa días de edad cuya digestibilidad es de 65 a 70%.

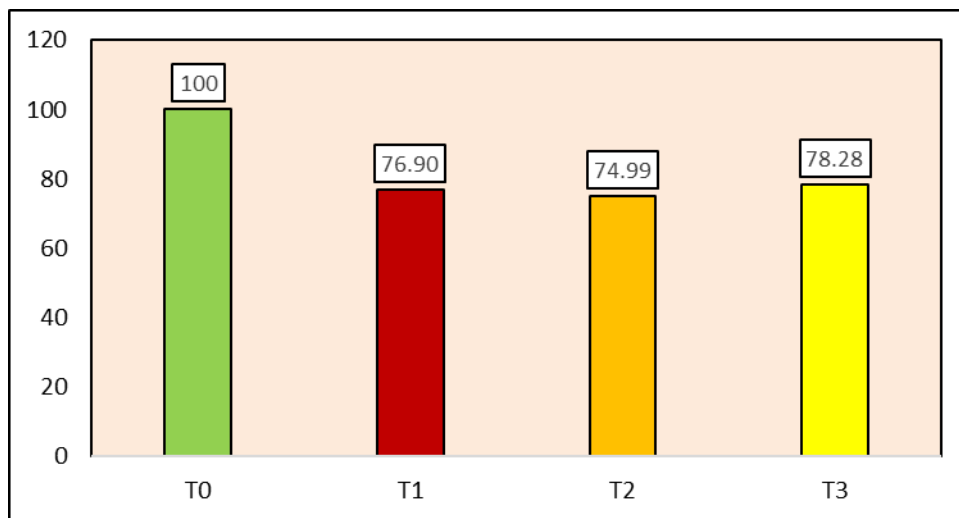
Tabla 12. Conversión alimenticia de Materia seca (MS) del concentrado.

Nº de caprino	T0	T1	T2	T3
1	2.39	2.03	2.23	1.84
2	2.38	1.99	1.76	2.29
3	2.22	1.91	1.96	1.76
4	3.66	2.39	2.06	1.96
5	2.93	2.11	2.16	2.76
Total	13.56	10.43	10.17	10.62
C.A MS cdo. prom./tratam	2.71b	2.09 ^a	2.03a	2.12 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Al realizar un análisis comparativo porcentual tomando como base la CA de materia seca del concentrado de T0 se puede apreciar que este fue el menos eficiente de todos, superando en 23.10% a la CA de T1; en 25.01% a la CA de T2 y en 21.72% a la CA de T3 como se ve en la gráfica 2.

Gráfico 2. Eficiencia de la conversión alimenticia de la Materia seca (MS) del concentrado.



4.5.2 Conversión alimenticia de materia seca total (Forraje más concentrado)

Para calcular la conversión alimenticia de la materia seca total consumida se dividió el consumo total entre el incremento de peso total de cada tratamiento y el análisis de varianza (Anexo 8.9) demostró que si existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) y al aplicar la prueba de comparación múltiple de Duncan la mejor conversión alimenticia lo presentaron todos los tratamientos que recibieron GH de maíz, no habiendo diferencias significativas entre ellos, pero numéricamente la CA de materia seca total lo presentaron los caprinos que recibieron 50% de paja de arroz y 50% de Germinado Hidropónico de maíz más concentrado (T2) con 3.39 y la menos eficiente la presentaron los caprinos que solo recibieron maíz chala más concentrado (T0) con 4.51.

Tabla 13. Conversión alimenticia de materia seca total por caprino por tratamiento (Kg).

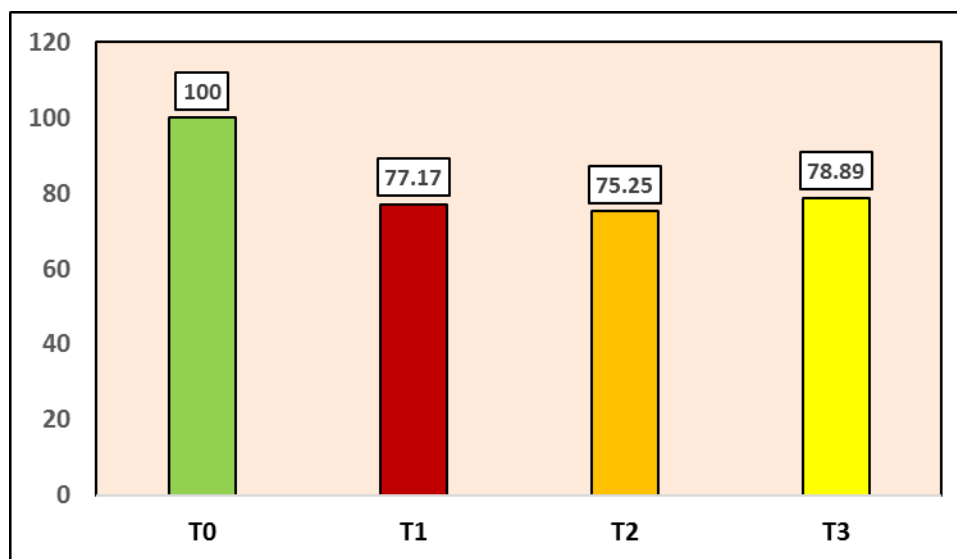
Nº de caprino	T0	T1	T2	T3
1	3.96	3.38	3.71	3.08
2	3.95	3.32	2.94	3.84
3	3.68	3.18	3.26	2.94
4	6.07	3.98	3.43	3.29
5	4.87	3.52	3.61	4.62
Consumo Total/tratamiento	22.53	17.38	16.95	17.77
C.A Total prom. /tratan	4.51b	3.48a	3.39a	3.55 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Al realizar un análisis comparativo porcentual tomando como base la CA de materia seca del concentrado de T0 se puede apreciar que este fue

menos eficiente que la CA de T1 en 22.83%, de T2 en 24.75% y 21.11% menos eficiente que la CA de T3.

Gráfico 3. Eficiencia de conversión alimenticia de materia seca total (%).



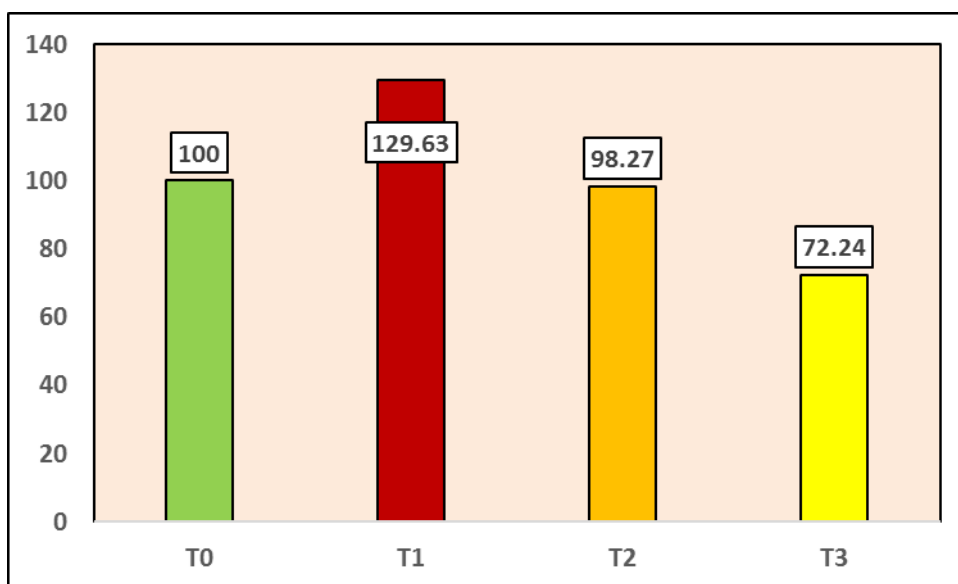
4.6 Mérito económico

Para calcular el mérito económico de los tratamientos evaluados se dividió el costo total de alimentación de cada tratamiento entre el incremento de peso de cada uno. Los costos de alimentación se calcularon multiplicando los consumos totales por el costo por kg de cada insumo considerando: S/.0.50 para el maíz chala; S/.0.20 para la paja de arroz; S/.1.20 para el Germinado Hidropónico de maíz y S/.1.25 para el kg de concentrado. El mérito económico obtenido para cada tratamiento fue T0: 1.50; T1: 1.94; T2: 1.47 y para T3 fue: 1.08. Estos resultados estuvieron influenciados además del incremento de peso por el costo del Germinado Hidropónico de maíz. Al realizar un análisis comparativo porcentual tomando como base el mérito económico de T0 se puede apreciar que este fue 29.63% más económico

“

que el ME de T1; pero 1.73% más caro que T2 y 27.76% más caro que T3, debido a que el costo de alimentación de T3 tuvo 75% de materia seca de paja de arroz y 25 % de GH de maíz.

Gráfico 4. Evaluación comparativa porcentual de la eficiencia del mérito económico (%).



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La relación de paja de arroz y Germinado Hidropónico de maíz (GH) si influye en el engorde intensivo de caprinos.
- La mejor conversión alimenticia se logró con la relación 50% de paja de arroz y 50% de Germinado Hidropónico de maíz considerando una relación 60% de concentrado y 40% de forraje con un consumo de materia seca de 4% del peso vivo.
- El mejor mérito económico se logró con la relación 75% de paja de arroz y 25% de Germinado Hidropónico de maíz debido al bajo precio de adquisición de paja de arroz y elevado costo de GH de maíz.

5.2 Recomendaciones

- No engordar caprinos de diferente procedencia.
- Engordar caprinos intensivamente en la relación 75% de paja de arroz y 25% de GH de maíz y variar a la relación de 50% de paja de arroz y 50% de Germinado Hidropónico de maíz considerando una relación 60% de concentrado y 40% de forraje con un consumo de materia seca de 4% del peso vivo cuando los costos lo ameriten.

VI. RESUMEN

En el distrito de Mórrope, provincia de Lambayeque del 10 de octubre al 4 de noviembre de 2017 se realizó el primer experimento y por problemas externos que afectaron a los animales se volvió a implementar en el distrito de Lambayeque del 2 de enero al 27 de marzo de 2018 con el objetivo evaluar la relación óptima de paja de arroz (*Oryza sativa*) y Germinado Hidropónico (GH) de maíz (*Zea mays*) en engorde intensivo de caprinos considerando un consumo de materia seca diaria de forraje y concentrado en la relación 40%-60%. Las variables evaluadas fueron: Peso vivo inicial (PVi) y final (PVf), Ganancia de peso (GPV), Consumo de materia seca del concentrado (CMSc), Consumo de materia seca total (CMSt), Conversión alimenticia (CA) de materia seca del concentrado (CAc), CA de la materia seca total (CA MSt) y Mérito económico (ME). Los tratamientos variaron en la fracción del forraje entre la relación paja de arroz y GH de maíz siendo T0: 100% Maíz chala; T1: 25% de paja de arroz y 75% de GH de maíz; T2: 50 % de paja de arroz y 50 % de GH de maíz y T3: 75 % de paja de arroz y 25 % de GH de maíz. todos recibieron un concentrado con 17.51% PC; 63.5% NDT; 10.81% FC y 3.5 % EE. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con igual número de repeticiones por tratamiento (5 cabritos) y se evaluaron durante 56 días. En PVi y CMSc no hubo diferencias estadísticas ($p>0.05$) pero en PVf, GPV, CMSt, CAc, CA_t si hubo diferencias estadísticas ($p<0.05$). La prueba de Duncan indicó que los mejores resultados se lograron con la relación 50% de paja de arroz y 50% de GH de maíz, pero el mejor mérito económico por efecto del costo del GH de maíz lo presentó la relación 75 % de paja de arroz y 25 % de GH de maíz.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- CORRALES, R. 2009. La hidroponía como alternativa en la producción de forrajes. Apuntes de clase de la Asignatura Manejo de Pasturas. Facultad Ingeniería Zootecnia Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- DE LA ROSA, S. (2011) Manual de producción caprina. En línea. Visitado el 10 de octubre de 2017. Disponible en: <https://ppryc.files.wordpress.com/2011/04/capitulo-3.pdf>
- GIRAUDO, C; VILLAR, M; VILLAGRA, S. 2014. Engorde de ovinos y caprinos a corral. Ediciones INTA. Argentina. En línea. Consultado el 10 de octubre de 2017. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_engorde_ovinos.pdf
- BM EDITORES. 2017. Germinados y Forraje Hidropónico para como complemento nutricional. En línea. Visitado el 10 de octubre de 2017. Disponible en: <http://bmeditores.mx/germinados-forraje-hidroponico-para-como-complemento-nutricional/>
- EDICIONES CULTURALES VER. 1992. Cultivos Hidropónicos. Industria Agroquímica, S.A., fascículo 9, Bogotá, Colombia.152 p.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2001. Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 68 p.
- HERNANDEZ, H. 2013. Densidad optima de siembra para el Germinado Hidropónico (GH) de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en cuatro niveles de

siembra. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 51 p.

PADRON, E. 2009. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México. 224 p.

PEREZ, M. 2014. Periodo adecuado de suministro de soluciones hidropónicas en el agua de riego de germinado hidropónico de maíz (*Zea mays*) para optimizar su producción en Lambayeque. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 48 p.

REGALADO, F. 2009. Cultivos hidropónicos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú, 48 p.

TARRILLO, H. 2005. Forraje Verde Hidropónico Manual de Producción. 1ª Edición propia y revisada por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 41p.

UGAZ, Y. 2017. Influencia del ciclo lunar en la producción de Germinado Hidropónico de maíz (*Zea mays*) con solución nutritiva. Tesis. Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ingeniería zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú. 66 p.

VIII. ANEXOS

Cuadro 1.A Peso semanal por caprino por tratamiento (kg).

Tratamiento	N° animal	Semana								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
T0	1	7.20	8.00	8.80	9.60	10.40	11.00	11.80	12.60	13.60
	2	8.50	9.20	10.00	10.90	11.60	12.50	13.60	14.80	15.60
	3	7.00	8.40	9.20	10.00	11.00	12.20	13.20	13.00	13.80
	4	9.10	10.10	10.90	11.60	12.50	13.30	12.10	13.10	14.20
	5	8.40	9.40	10.40	11.20	12.50	11.50	12.40	13.20	14.20
T1	1	7.50	8.80	9.70	10.50	11.60	12.50	13.40	14.40	15.20
	2	7.80	8.20	9.10	10.00	11.20	12.00	13.00	14.20	15.80
	3	6.00	7.00	7.90	8.90	9.80	10.80	11.70	12.60	13.40
	4	8.00	9.00	10.10	10.90	11.80	12.80	13.70	13.90	14.80
	5	8.10	9.00	9.80	10.60	11.80	12.80	13.60	14.60	15.80
T2	1	8.10	9.00	9.80	10.60	11.40	12.60	13.60	14.50	15.40
	2	6.10	7.20	8.20	9.00	10.20	11.30	12.40	13.40	14.20
	3	7.00	8.00	9.00	9.90	10.80	11.60	12.70	13.60	14.70
	4	7.40	8.30	9.40	10.40	11.20	12.20	13.10	13.80	14.90
	5	8.10	9.20	10.00	10.90	11.80	12.60	13.70	14.70	15.60
T3	1	6.20	7.20	8.00	9.00	9.80	10.80	11.80	12.70	13.80
	2	8.20	9.00	9.80	10.80	11.60	12.60	13.40	14.30	15.20
	3	6.00	7.40	8.30	9.10	10.20	11.20	12.10	13.20	13.90
	4	7.20	8.40	9.20	10.20	11.00	11.80	12.80	13.60	14.80
	5	9.20	10.00	10.90	11.60	12.40	13.50	14.30	14.80	15.60

8.1 Prueba de homogeneidad de varianza de peso vivo inicial

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
0,946	3	16	0,442

8.2 Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
PV Final (kg)	20	0.40	0.37	0.49	41.84	44.83

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	10.83	1.12	8.47	13.19	9.64	<0.0001		
PV Inicial (kg)	0.52	0.15	0.21	0.83	3.50	0.0026	12.62	1.00

“

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.77	1	4.77	12.22	0.0026
PV Inicial (kg)	4.77	1	4.77	12.22	0.0026
Error	7.03	18	0.39		
Total	11.80	19			

8.3 Análisis de varianza de peso vivo final ajustado (kg)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PVFinAjustado	20	0.50	0.41	3.17

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.53	3	1.18	5.39	0.0094
Tratamiento	3.53	3	1.18	5.39	0.0094
Error	3.50	16	0.22		
Total	7.03	19			

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2186 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	15.07	5	0.21 A
T1	15.04	5	0.21 A
T3	14.76	5	0.21 A
T0	14.03	5	0.21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

8.4 Análisis de varianza de incremento de peso vivo ajustado

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Inc. PV/día ajustado	20	0.38	0.27	13.75

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.59	3	3.20	3.29	0.0479
Tratamiento	9.59	3	3.20	3.29	0.0479
Error	15.55	16	0.97		
Total	25.14	19			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.9719 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	7.73	5	0.44 A
T1	7.56	5	0.44 A
T3	7.40	5	0.44 A
T0	5.99	5	0.44 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

“

8.5 Análisis de varianza del consumo de materia seca del concentrado (kg)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cons.MS Cdo. (kg)	32	3.6E-03	0.00	18.66

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	3	4.5E-03	0.03	0.9914
Tratamiento	0.01	3	4.5E-03	0.03	0.9914
Error	3.69	28	0.13		
Total	3.71	31			

8.6 Análisis de varianza del consumo de materia seca del Forraje

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cons. MS FV (kg)	32	8.8E-04	0.00	18.80

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.5E-03	3	4.9E-04	0.01	0.9989
Tratamiento	1.5E-03	3	4.9E-04	0.01	0.9989
Error	1.67	28	0.06		
Total	1.67	31			

8.7 Análisis de varianza del consumo de materia seca total (Forraje más concentrado)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cons. MS Total	32	2.2E-03	0.00	18.69

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	3	0.01	0.02	0.9960
Tratamiento	0.02	3	0.01	0.02	0.9960
Error	10.30	28	0.37		
Total	10.32	31			

8.8 Análisis de varianza de conversión alimenticia de la materia seca del concentrado

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CA MS de Cdo.	20	0.39	0.28	17.09

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.51	3	0.50	3.45	0.0419
Tratamiento	1.51	3	0.50	3.45	0.0419
Error	2.34	16	0.15		
Total	3.86	19			

“

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1465 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2	2.03	5	0.17	A
T1	2.09	5	0.17	A
T3	2.12	5	0.17	A
T0	2.71	5	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

8.9 Análisis de varianza de conversión alimenticia de la materia seca total (forraje más concentrado)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CA de MSTotal	20	0.38	0.27	17.08

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.06	3	1.35	3.33	0.0463
Tratamiento	4.06	3	1.35	3.33	0.0463
Error	6.50	16	0.41		
Total	10.56	19			

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.4062 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2	3.39	5	0.29	A
T1	3.48	5	0.29	A
T3	3.55	5	0.29	A
T0	4.51	5	0.29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)