

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación del efecto inmunoestimulante de *Ganoderma lucidum* en el desarrollo general de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en etapa de pre-
engorde**

Estudiantes

Daniela Katherine Buenaño Gavilanes

Cristhian Alexander Ochoa Rodríguez

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

María Fernanda Oyuela, M.Sc.

Honduras, agosto de 2023

Autoridades

SERGIO RODRIGUEZ ROYO

Rector

ANA MARGARITA MAIER

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	11
Ubicación Experimental.....	11
Unidad Experimental	11
Tratamientos.....	11
<i>Ganoderma lucidum</i> en Harina.....	12
Manejo de las Unidades Experimentales.....	12
Siembra	12
Alimentación.....	13
Muestreo.....	13
Parámetros de Interés	14
Calidad de Agua	14
Peso Promedio (g).....	15
Ganancia de Peso (g).....	15
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	15
Biomasa (g)	15
Sobrevivencia (%).....	16
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	16
Resultados y Discusión.....	17
Calidad de Agua	17
Peso Promedio	18

Ganancia de Peso.....	19
Índice de Conversión Alimenticia.....	20
Biomasa.....	21
Sobrevivencia.....	22
Conclusiones.....	24
Recomendaciones.....	25
Referencias.....	26
Anexos.....	28

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Distribución de los tratamientos usados en el experimento en tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) de pre-engorde.	12
Cuadro 2 Descripción de la dieta base utilizada.	13
Cuadro 3 Análisis del parámetro de calidad de agua mostrado como un promedio de los datos tomados a lo largo del experimento.	18
Cuadro 4 Análisis del parámetro de peso promedio medido, en muestreos realizados cada nueve días.	19
Cuadro 5 Análisis del parámetro de ganancia de peso diaria, medida en muestreos realizados cada nueve días.	20
Cuadro 6 Análisis del parámetro de Índice de Conversión Alimenticia (ICA), medida en muestreos realizados cada nueve días.	21
Cuadro 7 Análisis del parámetro de biomasa medida en muestreos realizados cada nueve días.	22
Cuadro 8 Análisis del parámetro de sobrevivencia medido en dos muestreos, uno inicial de siembra y uno del final del experimento.	23

Índice de Anexos

Anexo A Ejemplar de Ganoderma lucidum	
Anexo B Ganoderma lucidum triturado	
Anexo C G. lucidum pesado para el tratamiento 1	30
Anexo D G. lucidum para el tratamiento 2	31
Anexo E Alimento diferenciado para los tres tratamientos.....	32
Anexo F Diseño gráfico de DCA de los tratamientos con repeticiones.....	33
Anexo G Unidades experimentales	34
Anexo H Alimento racionado	35
Anexo I Kit para medir calidad de agua	36
Anexo J Indicadores de valores de calidad de agua.....	37
Anexo K Tabla de alimentación de acuerdo con el crecimiento del alevín	38

Resumen

La acuicultura se proyecta como una de las formas de explotación agrícola más eficientes, importantes y sostenibles a nivel internacional para producir proteína animal de alta calidad, por ello se ha visto un aumento en la investigación de este rubro en particular. El uso de inmunoestimulantes naturales se ha visto como una alternativa efectiva al convencional uso de antibióticos, convirtiéndolo en un área interesante de investigación. Este estudio evaluó los efectos del hongo macroscópico, *Ganoderma lucidum* sobre los parámetros productivos de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), evaluando los parámetros de peso promedio, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia, sobrevivencia, biomasa y los parámetros de calidad de agua. El experimento se llevó a cabo en un total de 12 unidades experimentales en las cuales se comenzó con una siembra inicial de 60 alevines con una biomasa uniforme, se usaron tres tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento, donde el tratamiento control (T0) consistió en una dieta base Tilapia EAP, el Tratamiento 1 fue la dieta Tilapia EAP con una inclusión del 0.25% de *G. lucidum* y el Tratamiento 2 fue la dieta Tilapia EAP con una inclusión del 0.5% de *G. lucidum*. Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), un ANDEVA ($P \leq 0.05$), y comparación de medias Duncan. Al finalizar el experimento, se logró apreciar como el Tratamiento 1, Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum*, fue notablemente superior ante el resto de los tratamientos, siendo así el mejor en todos los parámetros productivos, además, los parámetros de calidad de agua no se vieron afectados bajo la suplementación del hongo *G. lucidum* en comparación con el tratamiento control.

Palabras clave: Acuicultura, hongo, inmunoestimulante, pre-engorde

Abstract

Aquaculture is projected as one of the most efficient, important, and sustainable forms of farming at an international level to produce high quality animal protein, which is why there has been an increase in research in this area. The use of natural immunostimulants has been seen as an effective alternative to the conventional use of antibiotics, making it an interesting area of research. This study evaluated the effects of the macroscopic fungus, *Ganoderma lucidum*, on the productive parameters of red tilapia (*Oreochromis* sp.), evaluating the parameters of average weight, weight gain, feed conversion ratio, survival, biomass, and water quality parameters. The experiment was carried out in a total of 12 experimental units in which we started with an initial seeding of 60 fry with a uniform biomass, three treatments were used with four replicates per treatment, where the control treatment (T0) consisted of a diet (Tilapia EAP), Treatment 1 was the diet Tilapia EAP with a 0.25% inclusion of *G. lucidum* and Treatment 2 was the diet Tilapia EAP with a 0.5% inclusion of *G. lucidum*. A Completely Randomized Design (CRD), an ANOVA ($P \leq 0.05$), and Duncan comparison of means were used. At the end of the experiment, it could be seen that Treatment 1, Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum* was notably superior to the rest of the treatments, being the best in all productive parameters, in addition, the water quality parameters were not affected under the supplementation of the *G. lucidum* fungus in comparison with the control treatment.

Keywords: Aquaculture, fungus, immunostimulant, early growth.

Introducción

Los productos acuícolas han logrado posicionarse en la dieta de los humanos por su aporte a la seguridad alimentaria como una proteína de alta calidad y rica en ácidos grasos (FAO 2020). En los últimos años a pesar de la pandemia de COVID 19, se registró un récord histórico mundial de producción total de 214 millones de toneladas en el 2020, significando un total de 424,000 millones de USD (FAO 2022).

La tilapia roja (*Oreochromis sp.*) es considerada como uno de los rubros de mayor relevancia en Centro América, y a nivel mundial ocupa el sexto puesto como el cultivo piscícola de mayor importancia económica (Paz et al. 2019). Se prevé que para el 2025 los peces de agua dulce, entre los cuales se encuentra la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), tomen un rol más fuerte, con la posibilidad de llegar a representar el 60% de la producción acuícola mundial (FAO 2016). Tomando en cuenta factores antes mencionados, podemos deducir el impacto del cultivo de la tilapia dentro de la industria piscícola y la necesidad latente de encontrar escenarios productivos más eficientes.

El costo de la alimentación en tilapia puede significar entre el 50% y 60% del costo total de producción (Alicorp 2012). Este valor puede ser una de las principales problemáticas de esta industria, altos valores y baja calidad nutricional. A raíz de ello, la búsqueda de mayor eficiencia, es decir obtener mejores resultados con el empleo de menos recursos, ha promovido el uso de promotores de crecimiento, probióticos e ingredientes de origen natural que aporten al rápido desarrollo de esta especie. Actualmente, los inmuno-potenciadores aportan a un mejor desarrollo de anticuerpos, mejoras del sistema inmunológico , así como una mayor tasa de crecimiento y un mejor desarrollo general de la especie (Pérez et al. 2014).

El hongo *Ganoderma lucidum*, conocido como Reishi o Lingzhi es un hongo basidiomiceto de origen asiático, sin embargo, puede desarrollarse en un rango amplio de escenarios tanto en zonas templadas como tropicales. Su hábitat de crecimiento ideal corresponde a lugares con alta humedad e intensa iluminación (Cör et al. 2018). Conocido por sus propiedades benéficas para la salud humana

y considerado como el hongo de la inmortalidad ya que contiene más de 400 compuestos bioactivos beneficios para la salud (Sanodiya et al. 2009).

Según la literatura este hongo macroscópico está formado por 90% de agua. El hongo en materia seca se conforma por proteína (10-40%), grasa (28%), carbohidratos (3-28%), fibra (3-32%), cenizas (8-10%), vitaminas, ácidos grasos y de metales como calcio, fósforo, magnesio, selenio, hierro, zinc y cobre (Cör et al. 2018). Presentando valores nutricionales ideales en la nutrición acuícola, donde generalmente el mayor problema se encuentra en la proteína y que en el caso de este hongo se encuentra en un porcentaje óptimo, además de aportar con sus beneficios inmuno-estimulantes.

Al proveer el hongo macroscópico y por su fácil poder de adquisición puede significar una gran ventaja su inclusión en la dieta. A pesar de la resistencia a enfermedades características de la tilapia, siguen existiendo afecciones que pueden provocar un alza en la mortalidad de los peces, como por ejemplo se encuentra la septicemia, causada por, entre otras (Yin et al. 2008). En cuanto a farmacología se ha encontrado que el hongo *G. lucidum* tiene propiedades anticancerosas, inmunomoduladoras, antiinflamatorias, hipoglucemiantes, hipolipemiantes y hepatoprotectoras (Ríos 2008). En cuanto a su efecto en peces, más específicamente en tilapia, podemos encontrar efectos benéficos como estímulo en fagocitosis y actividad de lisozima y efectos benéficos en la respuesta inmune no específica.

A raíz de esta información surge la necesidad de evaluar el efecto de la inclusión del hongo macroscópico *Ganoderma lucidum* en la alimentación de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en el desempeño y desarrollo general de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en fase de pre- engorde, usando una dieta base creada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, donde se evaluó la inclusión de esta dieta durante 50 días. En base a lo anterior se determinaron los siguientes objetivos específicos: Evaluar dos niveles de inclusión diferentes de *G. lucidum* en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) por medio de la alimentación y comparar los diferentes parámetros productivos como peso promedio ganancia de peso, índice de conversión alimenticia, biomasa y sobrevivencia, comparar los parámetros fisicoquímicos del agua de los tratamientos a lo largo del experimento.

Materiales y Métodos

Ubicación Experimental

El experimento se realizó en la unidad de acuacultura “Daniel E. Meyer” localizada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, kilómetro 30, carretera Tegucigalpa a Danlí.

La unidad de acuacultura tiene una temperatura promedio de 26 °C, con precipitación anual promedio de 1100 mm y se encuentra a una altura de 800 msnm. Se llevó a cabo este experimento durante los meses de marzo y abril de 2023, ubicando las unidades experimentales bajo en invernadero de “El Trapiche”.

Unidad Experimental

Se usaron 12 tanques plásticos que corresponde a cada unidad experimental, con capacidad de 0.34 m³, con dimensiones de 0.88 m de diámetro y 0.55 m de altura. Se colocaron dentro del invernadero de la unidad de acuacultura y fueron llenados con agua de la Laguna de Monte Redondo.

En cada unidad experimental se sembraron 60 alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con un peso promedio de 0.64 g. Además, se les brindó aireación mediante piedras difusoras de la marca Sweetwater® con dimensiones de 3 cm × 7 cm que fueron conectadas a un blower regenerativo encargado de generar el oxígeno.

Tratamientos

Los tratamientos corresponden a el porcentaje de inclusión del hongo *Ganoderma lucidum* en la dieta de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), la evaluación consistió en 12 unidades experimentales que fueron distribuidas completamente al azar. Se usaron tres tratamientos con cuatro repeticiones. Los tratamientos se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Distribución de los tratamientos usados en el experimento en tilapia roja (Oreochromis sp.) de pre- engorde.

Tratamiento	Descripción
Tratamiento 0 Control	Tilapia EAP
Tratamiento 1 <i>G.l</i> (0.25%)	Tilapia EAP + 0.25% de <i>Ganoderma lucidum</i>
Tratamiento 2 <i>G.l</i> (0.5%)	Tilapia EAP + 0.5% de <i>Ganoderma lucidum</i>

***Ganoderma lucidum* en Harina**

El hongo macroscópico se localizó con facilidad en los troncos de árboles viejos en la Reserva Biológica Uyuca. Inicialmente se esperaba encontrar los hongos en un estado normal, pero, debido a la temporada y condiciones de sequía en las de recolección se encontraron deshidratados en troncos de árboles caídos. El hongo al haberse encontrado seco no necesitó de un proceso de deshidratación, por lo que solo pasó por un proceso de triturado en el molino del laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ). Una vez triturado, fue añadido a cada una de las dietas dependiendo del nivel de inclusión elegido (T1: 0.25% y T2: 0.5%), como se muestra en el Cuadro 1.

Los ingredientes de la dieta base fueron mezclados y se adicionó las respectivas cantidades del hongo *G. lucidum* de acuerdo con cada tratamiento. Las propiedades físicas del alimento son determinantes para la aceptación de los animales por lo que la textura, color, tamaño tienen gran importancia e influencia en su consumo (Urbano [accessed 2023]). El alimento suministrado fue elaborado en el Centro de Investigación Avícola de Zamorano.

Manejo de las Unidades Experimentales

Siembra

En cada tanque se colocó 60 alevines de tilapia (*Oreochromis sp.*) en etapa de pre- engorde con un peso promedio inicial de 0.64 g teniendo en total 720 animales. Esta actividad se realizó en horas de la mañana para evitar el estrés térmico.

Una vez sembrados los alevines, se brindó a los animales un periodo de adaptación, de cinco días en el cual se suministró el alimento convencional de 45% de proteína, este proceso se realizó previo a iniciar con la alimentación que se evaluó en el experimento.

Alimentación

Se brindó el alimento Tilapia EAP, dieta formulada en la Escuela Agrícola Panamericana. La Tilapia EAP se usó como dieta base a la cual se agregó *G. lucidum* en dos niveles de inclusión. Se ofreció la ración diaria total distribuida en ocho raciones, divididas en dos tiempos por igual (4:00 am y 4:00 pm), la cantidad de alimento suministrado varió en dependencia de la biomasa de cada estanque en dependencia de cada muestreo. Las dietas suministradas se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Descripción de la dieta base utilizada.

Ingredientes (%)	Tratamientos		
	Control Tilapia EAP	Tilapia EAP + 0.25% <i>G. lucidum</i>	Tilapia EAP + 0.5% <i>G. lucidum</i>
Maíz amarillo convencional	10.401	10.151	9.901
Harina de pescado	23.839	23.839	23.839
Semolina de arroz	5	5	5
Harina de coquito	10	10	10
Ganoderma	0	0.25	0.5
Harina de soya	44.41	44.41	44.41
Aceite de palma africana	5	5	5
Enzimas	0.05	0.05	0.05
Premezclas	1.1	1.1	1.1
Mycofix plus 5.0	0.2	0.2	0.2
Carbonato	-	-	-
Fosfato mono cálcico	-	-	-
L-lisina	-	-	-
DL- metionina	-	-	-
L- treonina	-	-	-
Zeolita	3	3	3

Muestreo

El muestreo se realizó periódicamente para comparar los resultados obtenidos a lo largo del experimento y se comenzaron después de los cinco días de acondicionamiento dados a los alevines. Los muestreos se realizaron cada nueve días, donde se pesaron y contaron los peces en cada tanque. Luego de cada muestreo, conociendo la biomasa por tanque, se ajustó la dosis de alimento

suministrado (Anexo K), tomando en cuenta que sea en ocho raciones diarias distribuidas en la mañana y tarde.

El experimento se contó con cinco muestreos, sin embargo, el primer muestreo correspondió al peso inicial de siembra, posterior a esto el muestreo dos se realizó a los nueve días de suministrar el alimento y así paulatinamente hasta el quinto muestreo donde finalizó el experimento tomando en cuenta que, para este momento, los peces no aceptaban el alimento de la misma manera que al inicio. El tiempo de duración del experimento fue alrededor de 50 días.

Parámetros de Interés

Calidad de Agua

El medio (agua), donde se desarrollan las especies acuícolas, posee varios parámetros divididos en físicos, químicos, y biológicos. Los parámetros de calidad de agua de mayor importancia son: temperatura, oxígeno disuelto, pH, amonio, nitrato y nitrito. El agua se obtuvo directamente de la laguna de la unidad de acuicultura y los recambios se realizaron tres veces por semana.

Para medir la temperatura y oxígeno disuelto se usó el medidor YSI® Pro 20A, con muestreos a un día de por medio, expresando la temperatura en grados Celsius (°C) y el oxígeno disuelto en miligramos por litro (mg/L).

Para medir el pH, amonio, se usó el "API test kit" (Anexos I, J) tomando agua de cada estanque y agregando el número de gotas indicado en cada frasco según el parámetro de interés medido. Este proceso se realizó dos veces por semana (lunes y jueves).

La turbidez de cada estanque fue medida con un disco Secchi, este parámetro permite conocer la turbidez del agua causada por material orgánico o minerales. Este parámetro limita a los animales a consumir el alimento ofrecido dado que al ser en forma de harina este se quedaba suspendido durante un cierto periodo en la superficie.

Peso Promedio (g)

Este parámetro hace alusión al peso que presentan cada alevín dentro de cada unidad experimental, varía según el número de individuos presentes y el crecimiento que han tenido a lo largo del muestreo. Se usó la fórmula 1 para calcular el peso promedio:

$$\text{Peso promedio (g)} = \frac{\text{Peso total de peces}}{\text{Número de peces}} \quad [1]$$

Ganancia de Peso (g)

La ganancia de peso diaria representa el peso ganado por cada alevín en un tiempo determinado, en el presente experimento se determinó este parámetro en cada muestreo, comprendido cada nueve días. Se usó la fórmula 2 para calcular la ganancia de peso diario:

$$\text{Ganancia de peso (g)} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Tiempo(días)}} \quad [2]$$

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El ICA hace referencia a la eficiencia de un animal para convertir el alimento suministrado en masa, es un factor que permite ver el desempeño del animal durante el tiempo en el cual fueron suministradas las dietas. Se calculo el ICA para cada tanque con la fórmula 3:

$$\text{ICA} = \frac{\text{Alimento suministrado}}{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}} \quad [3]$$

Biomasa (g)

Corresponde al peso total de los peces presentes en cada unidad experimental. Este parámetro fue de gran ayuda para determinar la cantidad de alimento a suministrar periódicamente. Se usó la fórmula 4 para determinar esta variable:

$$\text{Biomasa (g)} = \text{Peso promedio de pez por tanque} \times \text{N}^\circ \text{ de peces por tanque} \quad [4]$$

Sobrevivencia (%)

Porcentaje que demuestra los animales sobrevivientes durante el periodo experimental. Para calcular este valor se realiza un conteo de la densidad final y se resta al valor inicial de 60 alevines, sacando un promedio por tratamiento y se presentan los valores como porcentajes.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) (Anexo F), de tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno con un total de doce unidades experimentales. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con medidas repetidas en el tiempo (MRT) con un nivel de confianza de $P \leq 0.05$ con el programa Statistical Analysis System (SAS® 2015 v9.4); en caso de ser necesario las medias se compararon mediante la prueba DUNCAN.

Resultados y Discusión

Calidad de Agua

El crecimiento de los peces depende de la cantidad de una buena tasa de alimentación, frecuencia de alimentación, una buena densidad del cultivo y las condiciones ambientales óptimas para alcanzar su máximo potencial (Akalu 2021)

La temperatura recomendada para el óptimo desarrollo de la tilapia es de 25-32 °C (Saavedra 2006). La temperatura corporal de los organismos acuáticos influye directamente en su crecimiento y desarrollo metabólico. Durante el experimento la temperatura varió constantemente, además al estar bajo el invernadero este valor incrementaba, sin embargo, se mantuvo la mayor parte del tiempo dentro del rango estimado, a pesar de varios días tener temperaturas altas como los 34 °C. Se puede ver en el Cuadro 3 en el tratamiento Tilapia EAP + 0.5% de *G. lucidum*, el valor promedio es más elevado tomando en cuenta que un estanque borde que correspondía a este tratamiento estaba cerca de una puerta del invernadero (Anexo G).

La concentración de oxígeno disuelto en cada tratamiento se mantuvo dentro del rango estimado, para este parámetro se tomó en cuenta la moda, en los tres tratamientos fue el mismo lo que explicaba que existía una constante igualdad en todos los estanques, se considera una de las variables más importantes en la producción acuícola, la tilapia puede soportar niveles bajos como 3 mg/L, sin embargo, no corresponde a los niveles ideales.

Para el pH se recomienda un rango de 7 a 9 (Saavedra 2006), valores fuera de este rango pueden provocar fallos respiratorios, pérdidas de pigmentación y mayores secreciones de mucosidad. no obstante, la tilapia es un animal que puede resistir grandes cambios en alcalinidad y salinidad. En promedio este parámetro se mantuvo dentro de lo estipulado como se observa en Cuadro 3, no causando ningún efecto en el experimento.

La turbidez recomendable en sistemas de producción acuícola es de valores menores a 30 cm (Saavedra 2006). Tomando en cuenta el uso de agua de la laguna de acuicultura los valores siempre se mantuvieron inferiores a lo esperado, permitiendo visibilidad del alimento a los peces Cuadro 3.

En cuanto al amonio, según la guía del API Master Test Kit se recomienda que los niveles deben siempre mantenerse en 0 mg/L, como menciona Nicovita (2013) los valores de amonio deben permanecer entre 0.01 a 1 mg/L, valores superiores a 2 mg/L pueden ser críticos para el desarrollo del animal, sin embargo, los niveles de tolerancia de la tilapia son entre 0.6 a 2 mg/L. Este parámetro químico del agua se ve influenciado por factores directos del animal como excretas, orines y desechos de alimento. Altas temperaturas y elevados niveles de pH hacen el amonio más toxico, y concentraciones altas de este parámetro puede provocar daños en el metabolismo, baja la resistencia a enfermedades, afectan la respiración y causa lesiones en órganos internos (Nicovita 2013). Durante el experimento los niveles de amonio se mantuvieron dentro del rango, nunca se salió del rango máximo como tal, pero para fines del experimento, cuando se observaban valores elevados de 1 mg/L se realizaba el recambio de agua en ese momento, tomando en cuenta que la calidad de agua de la laguna de Monte Redondo ya tenía niveles altos de amonio.

Cuadro 3

Análisis del parámetro de calidad de agua mostrado como un promedio de los datos tomados a lo largo del experimento.

Variable	Tilapia EAP	Tilapia EAP + 0.25% <i>G. lucidum</i>	Tilapia EAP + 0.5% <i>G. lucidum</i>	Rangos óptimos
Temperatura (°C)	28.9	28.7	29.5	25-32
Oxígeno (mg/L)	6.1	6.1	6.1	>3
pH	7.5	7.7	7.8	7-9
Turbidez (cm)	20	20	20	<30
Amonio (mg/L)	0.62	0.75	0.67	0.6-2

Peso Promedio

En los pesos promedios de la densidad de siembra, que se ven reflejados en el Muestreo 1, se buscó mantener la mayor uniformidad posible para evitar un efecto en el resto del experimento. En el transcurso del experimento las variables no presentaron diferencias ($P > 0.05$), sino hasta el final del experimento donde el tratamiento de Tilapia EAP + 0.25% de *G. lucidum* tuvo una diferencia entre los otros dos tratamientos Tilapia EAP y Tilapia EAP + 0.5% de *G. lucidum* (Cuadro 4).

Cuadro 4

Análisis del parámetro de peso promedio medido, en muestreos realizados cada nueve días.

	Tilapia EAP	Tilapia EAP + 0.25% <i>G. lucidum</i>	Tilapia EAP + 0.5% <i>G. lucidum</i>	Valor P
Muestreo 1	0.6425	0.6475	0.6275	0.8964
Muestreo 2	1.9975	2.0175	1.8875	0.3995
Muestreo 3	2.7025	2.7200	2.6975	0.8835
Muestreo 4	3.5975	3.7975	3.5425	0.1031
Muestreo 5	5.6425 ^b	5.9975 ^a	5.305 ^c	0.0001
E.E. ±	0.3865	0.4143	0.3666	

Ganancia de Peso

Se puede observar en el Cuadro 5 que durante el muestreo 1 y 2 en los tres tratamientos no existe diferencia ($P > 0.05$). En el muestreo 4 no se observa una diferencia con respecto al control (Tilapia EAP), pero se encontró una diferencia ($P \leq 0.05$) entre la Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum* y Tilapia EAP + 0.5% *G. lucidum*. En la última etapa del experimento se observó una mayor ganancia de peso con Tilapia EAP + 0.25% de *G. lucidum*, asumiendo un mayor consumo de alimento en este tratamiento.

De acuerdo con la FAO ([updated 2017]), el tamaño de partícula del alimento debe ir conforme con el crecimiento y el tamaño de la boca de la tilapia, puesto que en el caso de usar partículas muy finas, se vuelve una limitante dificultando el que el pez atrape todo el alimento, haciendo que se disuelva en el agua y el pez no lo consuma. Por ello la textura de la dieta en harina fue una limitante en el periodo experimental por el crecimiento de los peces y su preferencia por partículas de mayor tamaño. Es de gran importancia adaptar el tamaño de las partículas del alimento a la boca del pez, favoreciendo su utilización y reduciendo pérdidas.

Cuadro 5

Análisis del parámetro de ganancia de peso diaria, medida en muestreos realizados cada nueve días.

	Tilapia EAP	Tilapia EAP + 0.25% <i>G. lucidum</i>	Tilapia EAP + 0.5% <i>G. lucidum</i>	Valor P
Muestreo 1	-	-	-	-
Muestreo 2	0.1232	0.1245	0.1145	0.3668
Muestreo 3	0.0641	0.0639	0.0736	0.3776
Muestreo 4	0.10638889 ^{ab}	0.11972222 ^a	0.09388889 ^b	0.0237
Muestreo 5	0.1525 ^{ab}	0.16923077 ^a	0.13557692 ^b	0.0040
E.E.±	0.0818	0.0812	0.0824	

Índice de Conversión Alimenticia

El índice de conversión alimenticia (ICA) es uno de los parámetros más influyentes a tomar en cuenta entre los parámetros productivos de peces de engorde. Boyd (2022) menciona que el ICA en tilapia comúnmente ronda entre el 1.2 al 2.2 y esto puede depender de varios factores como el tipo y frecuencias de alimentación, calidad de agua, especie usada, entre otros; además, el ICA tiene una estrecha relación con los costos de producción, demanda de oxígeno y el crecimiento de los peces. De acuerdo con la FAO [updated 2017], la frecuencia de alimentación es determinada por la especie y etapa de desarrollo, en el caso de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) presentan mejores desarrollos con más frecuencias de alimentación y mientras más pequeños son más veces se debe suministrar el alimento. Esto reduce pérdidas económicas, mejora la uniformidad en el crecimiento, evita la agresión entre peces y mejora las condiciones de calidad de agua al disminuir la pérdida de nutrientes en el agua.

Por ello para llevar a cabo nuestro experimento decidimos usar una frecuencia de alimentación de ocho raciones diarias, cuatro en la mañana y cuatro en la tarde, las raciones diarias fueron calculadas de acuerdo con el peso vivo de los tanques. Todo recibieron la misma cantidad de alimento y en los mismos tiempos, esto gracias a que a la hora de siembra se buscó una densidad uniforme.

Como se aprecia en el Cuadro 6, en un principio la aceptación del alimento fue buena, en el muestreo 2 y 3 no presentamos diferencia ($P > 0.05$), con los dos últimos muestreos el muestreo 4 y

5, el alimento la Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum* presentó una mejoría significativa frente al tratamiento de Tilapia EAP + 0.5% *G. lucidum*, a pesar de ello en ningún muestreo se presentó una diferencia significativa con la dieta Tilapia EAP (control).

Cuadro 6

Análisis del parámetro de Índice de Conversión Alimenticia (ICA), medida en muestreos realizados cada nueve días.

	Tilapia EAP	Tilapia EAP + 0.25% <i>G. lucidum</i>	Tilapia EAP + 0.5% <i>G. lucidum</i>	Valor P
Muestreo 1	-	-	-	-
Muestreo 2	1.1421	1.0701	1.3053	0.3819
Muestreo 3	3.0174	2.6407	2.5802	0.1649
Muestreo 4	2.30939202 ^{ab}	1.88928318 ^a	2.47923603 ^b	0.0328
Muestreo 5	1.63775941 ^{ab}	1.44701177 ^a	2.01840098 ^b	0.0383
EE ±	0.19544962	0.17801003	0.17801003	

Biomasa

La biomasa es un parámetro que toma en cuenta dos aspectos importantes, el crecimiento de los peces y su sobrevivencia, a ello se debe el que se priorice este parámetro frente a otros, ya que este se convierte en el indicador general sobre la producción que tendremos. De acuerdo con Soliveres (2015), la biomasa es un parámetro que permite el adecuado manejo de la explotación, después de todo con ello determinas la cantidad y tamaño de peces que tienes y con ello determinas la cantidad de alimentación necesaria permitiéndote optimizarlo.

En este caso, se toma en cuenta el muestreo 1 como muestreo de siembra, de esta forma se lleva un control de uniformidad a la siembra y se elimina cualquier factor que pueda interferir en resultados reales. Con los muestreos 2 y 3 se observa que no existe ninguna diferencia ($P > 0.05$). En el caso del muestreo 4 se observa que el tratamiento Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum* presenta una diferencia ($P \leq 0.05$) con el tratamiento Tilapia EAP + 0.5% *G. lucidum*, sin embargo, el tratamiento control Tilapia EAP no presente ninguna diferencia ($P > 0.05$), con ninguno de los otros tratamientos. En el muestreo 5 se vuelve evidente que el tratamiento Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum* es el que presenta los mejores rendimientos frente a los otros dos tratamientos, esto puede ser debido a que

este tratamiento presentó mejores niveles de sobrevivencia en el experimento, esto sumado con su ganancia de peso diaria superior da como resultado un mejor peso en biomasa.

Cuadro 7

Análisis del parámetro de biomasa medida en muestreos realizados cada nueve días.

	Tilapia EAP	Tilapia EAP + 0.25% <i>G. lucidum</i>	Tilapia EAP + 0.5% <i>G. lucidum</i>	Valor P
Muestreo 1	38.55	38.85	37.65	0.9777
Muestreo 2	113.185	118.015	104.005	0.6535
Muestreo 3	149.2775	158.3875	145.0425	0.3989
Muestreo 4	197.4675 ^{ab}	214.82 ^a	189.085 ^b	0.0211
Muestreo 5	302.6975 ^b	335.5125 ^a	281.2525 ^b	0.001
E.E. ±	20.6863	22.8818	19.4226	

Sobrevivencia

El Cuadro 8 indica como la inclusión de *Ganoderma lucidum* en la dieta de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) mostró una diferencia ($P \leq 0.05$) en los dos tratamientos que contenían el hongo macroscópico. La dieta Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum* presentó mayor porcentaje de sobrevivencia, relacionándolo con los resultados anteriores Cuadro 4, 5, 6 y 7 donde este tratamiento ha dado resultados positivos en los parámetros productivos, por lo que se puede asumir que la inclusión en 0.25% es ideal para desarrollo y crecimiento de los peces. Tomando en cuenta que en las 12 unidades experimentales se colocaron el mismo número de animales (60 tilapias) y considerando que la densidad de animales por estanque influye en la mortalidad de la especie, al igual que la alimentación (Granda 2022).

Este parámetro se refleja hasta el final del experimento, donde se observan los valores porcentuales de sobrevivencia de cada tratamiento, teniendo al tratamiento Tilapia EAP + 0.25% *G. lucidum* con mayor sobrevivencia, posterior al tratamiento Tilapia EAP (control) y finalmente al tratamiento Tilapia EAP + 0.5% *G. lucidum*. Durante el periodo experimental hubo distintos factores que influyeron en la tasa de mortalidad, un claro ejemplo es la presencia de saprolegniasis en estanques de Tilapia EAP. Por otro lado, como mencionamos una unidad experimental del tratamiento

Tilapia EAP + 0.5% *G. lucidum* estaba en el borde junto a una puerta por lo que se asume el ingreso de otros animales depredadores.

Cuadro 8

Análisis del parámetro de sobrevivencia medido en dos muestreos, uno inicial de siembra y uno del final del experimento.

	Tilapia EAP	Tilapia EAP + 0.25% <i>G. lucidum</i>	Tilapia EAP + 0.5% <i>G. lucidum</i>	Valor P
SOB%	89.15 b	93.32 a	87.9 b	0.0020
E.E ±	0.06255331	0.05859167	0.06368254	

Conclusiones

El nivel de inclusión (0.25%) de *Ganoderma lucidum* en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) mostró tener efectos positivos en el desempeño y desarrollo general de los animales en etapa pre-engorde, teniendo resultados superiores en peso promedio, biomasa y sobrevivencia.

La suplementación del hongo macroscópico, en tres niveles de inclusión no influyó negativamente en los parámetros de calidad de agua evaluados.

Recomendaciones

Realizar el experimento en etapa engorde hasta cosecha para evaluar parámetros físicos, exámenes de sangre y su influencia en la calidad de la carne.

Suministrar el alimento en una diferente presentación, como puede ser por ejemplo en forma de pellets, para que incentive al consumo de los peces.

Referencias

- Akalu B. 2021. The Main Factors Affecting Growth Performance of *Oreochromis niloticus*. Journal of Fisheries & Livestock Production, 9(8): 1-9. <https://www.omicsonline.org/open-access/the-main-factors-affecting-growth-performance-of-oreochromis-niloticus-l-1758-in-aquaculture-system.pdf>.
- Alicorp. 2012. Manual de crianza tilapia: Nicovita. Lima: [sin editorial].
- Boyd C. 2022. Un bajo índice de conversión alimenticia es el principal indicador de una acuicultura eficiente - Responsible Seafood Advocate. [sin lugar]: Global Seafood Alliance; [actualizado el 4 de jun. de 2023; consultado el 4 de jun. de 2023]. <https://www.globalseafood.org/advocate/un-bajo-indice-de-conversion-alimenticia-es-el-principal-indicador-de-una-acuicultura-eficiente/>.
- Cör D, Knez Ž, Knez Hrnčič M. 2018. Antitumour, Antimicrobial, Antioxidant and Antiacetylcholinesterase Effect of *Ganoderma lucidum* Terpenoids and Polysaccharides: A Review. Molecules. 23(3). eng. doi:10.3390/molecules23030649.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. [actualizado el 15 de nov. de 2017]. Nutrición y Alimentación de los Peces: Frecuencia de alimentación de los peces durante el día. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 4 de jun. de 2023]. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.htm.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 224 p. ISBN: 978-92-5-309185-0; [consultado el 16 de ene. de 2023].
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. El estado mundial de la pesca y la agricultura: La sostenibilidad en acción. Roma: Food & Agriculture Org. ISBN: 978-92-5-132756-2.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. [sin lugar]: FAO. ISBN: 978-92-5-136369-0.
- Granda H. 2022. Comparación de los parámetros de producción obtenidos en 8 estanques de producción de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) en una explotación piscícola con sistema de recirculación en el municipio de rio negro, Santander. Santander, Colombia: [sin editorial].
- Meyer DE. 2004. Introducción a la acuicultura. Zamorano: [sin editorial] (163). https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/65716580/_5_INTRODUCCION_A_LA_ACUICULTURA-libre.pdf?1613610432=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DINTRODUCCION_A_LA_ACUACULTURA.pdf&Expires=1685892662&Signature=KYAWYOxJiBz99XTckbFZG5esmWw22NLZAc4mKVslZgqWFvr0M9k6TV-cZoFbBMLCij3bQvsIh8tvLJyVZvL0Ld0vXPA1L7ddHlvp52RdFDyBEUXvNkUBP-a2B4YmMbf1QTqUf0JHsrzORE7qPSJZgA059WGTybe6WAeriP2ny1FDMc-je1i9sB7X-mYyL2A6n2Tw5J8Jvzlau50vd7dv5pShRgcETzPriiltYowy2d33LAReEAfYPP6V0pzQThmCXpdDTDMj~CfmLuYtv7xJcrWNdBCNziUZ~VQuIKgfHW~Az-9bfRL9QIQHBjC3j3QsMva3dqaOoeSNAsfgGquQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.
- Nicovita. 2013. Amonio en el cultivo del tilapia. [sin lugar]: Nicovita; [actualizado julio de 2013]. <https://conocimientosweb.net/dcmt/ficha14886.html>.

- Paz PE, Martínez Turcios AD, Chávez Chávez JI. 2019. Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. Ceiba. (0843):1–6. doi:10.5377/ceiba.v0i0843.5824.
- Pérez R, Romeu B, Lastre M, Morales Y, Cabrera O, Gonzáles E, Sifontes S, Pérez O. 2014. Inmunopotenciadores para la acuicultura. VacciMonitor. 1(23):24–31. <http://scielo.sld.cu/pdf/vac/v23n1/vac05114.pdf>. <http://scielo.sld.cu/pdf/vac/v23n1/vac05114.pdf>.
- Ríos JL. 2008. Ganoderma lucidum, un hongo con propiedades inmunoestimulantes. [sin lugar]: [sin editorial]. p. 135–146 (vol. 2). Revista de Fitoterapia (8). https://www.fitoterapia.net/php/descargar_documento.php?id=4573&doc_r=sn&num_volumen=21&secc_volumen=5958.
- Saavedra MA. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua: [sin editorial].
- Sanodiya BS, Thakur GS, Baghel RK, Prasad GBKS, Bisen PS. 2009. Ganoderma lucidum: a potent pharmacological macrofungus. [sin lugar]: [sin editorial]. p. 717–742 (vol. 10). Curr Pharm Biotechnol (8). eng. doi:10.2174/138920109789978757.
- Soliveres E. 2015. Estimación de biomasa de peces en granjas marinas mediante ultrasonidos [Tesis doctoral]. España: Universitat Politècnica de València, Institut per a la Gestió Integrada de Zones Costaneres. 288 p; [consultado el 6 de abr. de 2023]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58612/Soliveres%20-%20Estimaci%C3%B3n%20de%20biomasa%20de%20peces%20en%20granjas%20marinas%20mediante%20ultrasonidos.pdf?sequence=1>.
- Urbano T. [consultado el 16 de jun. de 2023]. Acuicultura – Tipos de alimentos, nutrición y manejo: El sostén elemental de la acuicultura. [Colombia]: [Agrotendencias]. <https://agrotendencia.tv/agropedia/acuicultura/alimentos-para-acuicultura/>.
- Yin G, Ardó L, Jeney Z, Xu P, Jeney G. 2008. Chinese Herbs (*Lonicera japonica* and. Philippines: [sin editorial]. p. 269–282. http://www.fhs-afs.net/daa_vi_files/20.pdf.

Anexos

Anexo A

Ejemplar de Ganoderma lucidum



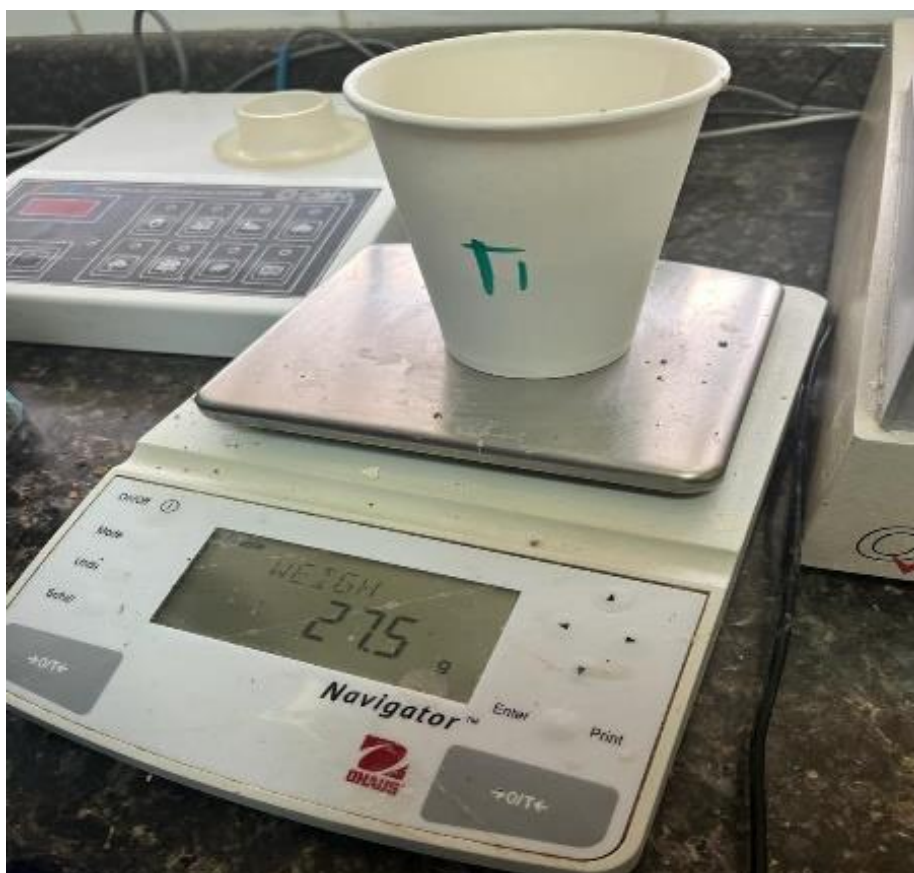
Anexo B

Ganoderma lucidum triturado



Anexo C

G. lucidum pesado para el tratamiento 1



Anexo D

G. lucidum para el tratamiento 2



Anexo E

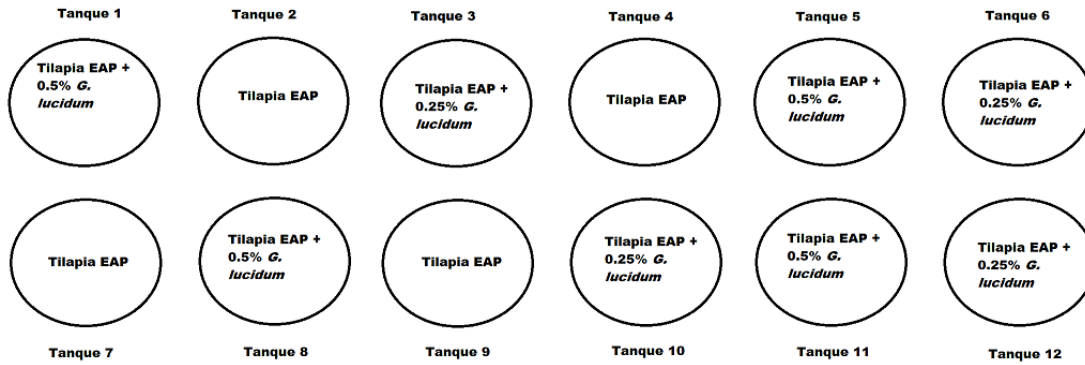
Alimento diferenciado para los tres tratamientos



Anexo F

Diseño gráfico de DCA de los tratamientos con repeticiones

TESIS *Ganoderma lucidum*



Anexo G

Unidades experimentales



Anexo H

Alimento racionado



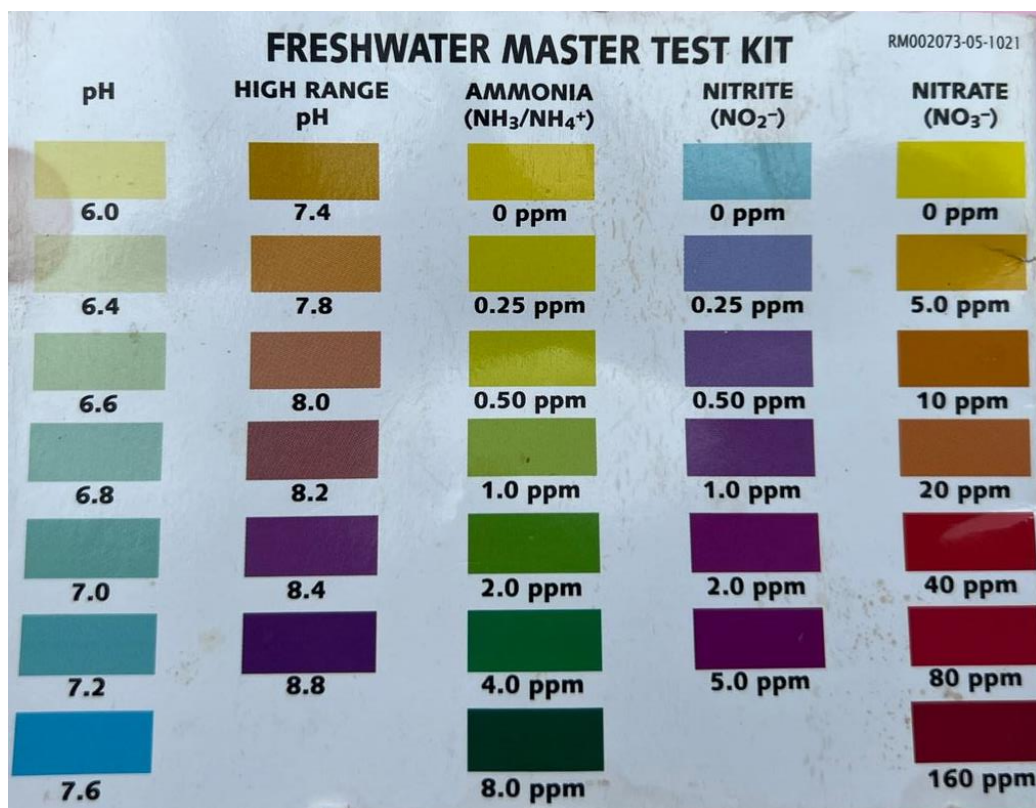
Anexo I

Kit para medir calidad de agua



Anexo J

Indicadores de valores de calidad de agua



Anexo K

Tabla de alimentación de acuerdo con el crecimiento del alevín

	Días	% Consumo Peso Vivo	Promedio de peso vivo (g)	Gramos	Alimento por día	Alimento por ración (8 raciones)
Muestreo 1	9	20%	0.64	827.7	92.0	11.5
Muestreo 2	9	20%	2	1034.6	287.4	35.9
Muestreo 3	9	20%	2.7	1222.2	388.0	48.5
Muestreo 4	9	20%	3.64	1412.3	523.1	65.4
Muestreo 5	9	20%	5.64	2188.2	810.5	101.3