



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE LA CAPTURA DE NITRÓGENO  
MEDIANTE BIOCARBÓN DE RESIDUOS DE PODA EN UN  
PLANTEL AVÍCOLA**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: BYRON BLADIMIR CAJAMARCA ALTAMIRANO**

**DIRECTORA: DRA. LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO.**

Riobamba – Ecuador

2020

**© 2020, Cajamarca Altamirano Byron Bladimir**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Yo, Byron Bladimir Cajamarca Altamirano declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 27 de Julio del 2020

Byron Bladimir Cajamarca Altamirano.


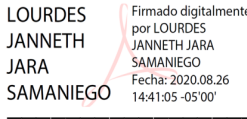
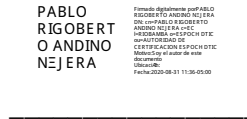
060442690-8

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CAPTURA DE NITRÓGENO MEDIANTE BIOCARBÓN DE RESIDUOS DE PODA EN UN PLANTEL AVÍCOLA”** de responsabilidad del señor Byron Bladimir Cajamarca Altamirano, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>Ing. Luis Miguel Santillan Quiroga</b> <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 LUIS MIGUEL SANTILLAN QUIROGA Firmado digitalmente por LUIS MIGUEL SANTILLAN QUIROGA Fecha: 2020.08.26 12:48:03 -05'00'	26-08-2020
<b>Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego</b> <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO Firmado digitalmente por LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO Fecha: 2020.08.26 14:41:05 -05'00'	26-08-2020
<b>Ing. Pablo Rigoberto Andino Nagera</b> <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 PABLO RIGOBERTO ANDINO NEJERA Firmado digitalmente por PABLO RIGOBERTO ANDINO NEJERA Fecha: 2020-08-31 11:36:05-05	31-08-2020

## **DEDICATORIA**

A Vicente mi padre, Elida mi madre, Efrén y William, mis hermanos, a mis amigos, a todos ustedes dedico este trabajo, por compartir su conocimiento, sabiduría, tiempo y esfuerzo quienes fueron partícipes para formar al ser humano que soy a día de hoy

Byron Bladimir Cajamarca Altamirano

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Jehová por todo lo que he vivido hasta ahora, a mis padres y hermanos, a la iglesia SCT, a mis amigos, Juan Sánchez, Alex Escobar, Alex Morocho, Erick Ureña, Kimberly Sanipatin, Félix Vaca, Diego Carrillo, que me han apoyado durante la realización de este trabajo

A la Dra. Janneth Jara por la constante demostración de conocimiento y paciencia durante la elaboración de este proyecto. Al Ing. Pablo Andino, ya que sin su ayuda esta labor no pudo haber sido realizada.

Byron Bladimir Cajamarca Altamirano

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
<b>1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>3</b>
1.1 Antecedentes de la Investigación.....	3
1.1.1 La industria Avícola en Ecuador.....	3
1.1.2 Biocarbón (Biochar).....	3
1.2 Marco Conceptual.....	5
1.2.1 Producción Avícola.....	5
1.3 Antecedentes.....	8
1.3.1 Adsorción de amoníaco.....	8
1.3.2 La crianza del pollo del engorde.....	9
1.3.3 Alimentación del pollo broiler.....	9
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>11</b>
<b>2 MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>11</b>
2.1 Tipo de Investigación.....	11

2.1	Diseño experimental.....	11
2.2.1	Población de estudio .....	11
2.2	Período de Crianza avícola.....	14
2.2.1	Tamaño de la muestra .....	18
2.3	Análisis de beneficio-costos.....	18
2.4	Análisis estadístico.....	18
2.4.1	Sistema de Variable.....	18
2.4.2	Análisis de Datos .....	18
2.4.3	Análisis de Varianza.....	19
2.4.4	Prueba de Tukey .....	19
2.4.5	Prueba de Kruskal-Wallis.....	19
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>21</b>
<b>3</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS, Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>21</b>
3.1	Obtención del biocarbón.....	21
3.2	Evaluación de Nitrógeno Total (Nt).....	22
3.3	Análisis de normalidad de los datos .....	23
3.4	Análisis de Kruskal-Wallis.....	24
3.5	Análisis costo-beneficio del proyecto .....	25
3.6	Discusión .....	26
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>30</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Ejemplo de valores recomendados para dietas de engorde.....	10
<b>Tabla 1-2</b> Pesaje de los pollos en las diferentes etapas de crecimiento.....	17
<b>Tabla 1-3</b> Contenido de Nitrógeno total en la cama avícola durante la fase experimental a los 15 y 45 días de experimentación .....	22
<b>Tabla 2-3</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks .....	23
<b>Tabla 3-3</b> Tabla de Costo-Beneficio .....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b> Efectos de residuales de planteles avícolas en el ambiente .....	7
<b>Figura 2-1</b> Presentaciones del alimento del ave de engorde.....	9
<b>Figura 1-2</b> Esquema de la pirólisis artesanal.....	12
<b>Figura 2-2</b> Disposición de los tratamientos .....	13
<b>Figura 3-2</b> Camas con biocarbón.....	13
<b>Figura 4-2</b> Criadora.....	14
<b>Figura 5-2</b> Yodo.....	15
<b>Figura 6-2</b> Enrofloxacina .....	14
<b>Figura 7-2</b> Tabla de convertibilidad de alimento.....	15
<b>Figura 1-3</b> Gas producto de la pirólisis .....	21
<b>Figura 2-3</b> Biocarbón obtenido.....	22
<b>Figura 3-3</b> Resultados del estadístico de Kruskal-Wallis.....	24
<b>Figura 4-3</b> Comparación de parejas entre tratamientos.....	25
<b>Figura 5-3</b> Fotografía microscópica de biocarbón de aserrín a diferente temperatura .....	27
<b>Figura 6-3</b> Fotografías de muestras de biocarbón vistas en un microscopio electrónico .....	28
<b>Figura 7-3</b> Molleja de pollo con trozos de biocarbón .....	29

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**Anexo A:** Procesamiento de los residuos

**Anexo B:** Adecuación del Galpón

**Anexo C:** Pesaje de pollos

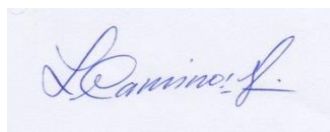
**Anexo D:** Preparación de muestras

**Anexo E:** Pruebas estadísticas

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la adsorción de nitrógeno en un galpón de pollos de engorde utilizando residuos de poda, estos transformados en biocarbón para lo cual se aplicó a la cama en donde son criados, a concentraciones de 10, 20 y 30% del total de la cascarilla de arroz el cual es el material para adsorción de excretas y orines del animal. La obtención del biocarbón se realizó mediante pirólisis artesanal, utilizando desechos de poda y de aserradero (viruta). Se evaluó durante 3 periodos de tiempo al inicio del proceso en el cual la cama se encontraba libre de excretas, al mes de ingreso de las aves y al finalizar el periodo de crianza, se analizó el nitrógeno total de las diferentes concentraciones, los resultados indican que para el final de la experimentación la concentración de nitrógeno a un porcentaje de biocarbón de 0% es de 1,7 para el 10% es de 1,6 para el 20% es 1,2 y para el 30% es 1,2 estos datos sugieren que a mayor concentración de biocarbón, mayor pérdida de nitrógeno, esto puede deberse al tipo de residuo utilizado, al tipo de pirólisis que se utilizó, incluso que el biocarbón aceleró el proceso de degradación de la materia orgánica el cual incrementa la temperatura de la cama ergo el nitrógeno se volatiliza. Se realizó un análisis de costo-beneficio el cual demostró que existen perdidas económicas si se incorpora el biocarbón dentro del proceso de crianza con una pérdida de 0.46 centavos por cada dólar invertido. Se recomienda el control de la temperatura al momento de fabricar biocarbón, además de seguir las normas de bioseguridad durante el periodo de crianza.

**Palabras Clave:** <INGENIERÍA AMBIENTAL>, <RESIDUO DE PODA>, <BIOCARBÓN>, <PIRÓLISIS>, <ADSORCIÓN DE NITRÓGENO>, <POLLOS BROILER>, <CRIANZA DE POLLOS>, <COSTO-BENEFICIO>



19-08-2020

0225-DBRAI-UPT-2020

## **ABSTRACT**

The present work aims at the adsorption of nitrogen in a broiler house using pruning residues, these transformed into biochar for which it was applied to the litter where they are reared, at concentrations of 10, 20 and 30% of the total. of the rice husk which is the material for adsorption of excreta and urine of the animal. Obtaining biochar was done by artisan pyrolysis, using pruning and sawmill waste (shavings). It was evaluated during 3 periods of time at the beginning of the process in which the litter was free of excreta, one month after the entry of the birds and at the end of the rearing period, the total nitrogen of the different concentrations was analyzed, the results indicate that at the end of the experimentation the nitrogen concentration at a biochar percentage of 0% is 1.7 for 10% it is 1.6 for 20% it is 1.2 and for 30% it is 1.2 These data suggest that the higher the concentration of biochar, the greater the loss of nitrogen, this may be due to the type of waste used, the type of pyrolysis that was used, even that the biochar accelerated the degradation process of organic matter which increases the temperature from the ergo bed the nitrogen volatilizes. A cost-benefit analysis was carried out which showed that there are economic losses if biochar is incorporated into the rearing process with a loss of 0.46 cents for every dollar invested. Temperature control is recommended when making biochar, in addition to following biosecurity standards during the aging period.

Keywords: <ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, <PRUNING RESIDUE>, <BIOCARBON>, <PYROLYSIS>, <NITROGEN ADSORPTION>, <BROILER CHICKENS>, <CHICKEN RAISING>, <COST-BENEFIT>

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción y consumo de carne de pollo está en aumento. En Ecuador, el sector avícola, desde el punto de vista económico adquirió gran importancia como una actividad industrial de alta rentabilidad; así, en el año 2015 aportó al PIB un 27% y abasteció de alimentos básicos (huevos y carne) a una población en creciente demanda (Pomboza-Tamaquiza et al., 2018). Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, de los 42572624 de aves (pollitos, pollitas, pollos, pollas, gallinas ponedoras, gallinas reproductoras) el 83,11% provienen de planteles avícolas y el 16,89% son aves de campo (ESPAC, 2017). Datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG), indica que existen 1819 granjas avícolas que generan empleo directo a 32000 personas y como en la cadena de producción se necesita de maíz, soya y balanceados, las fuentes de empleo llegan a 220000 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017)

En su cadena de producción se incorpora la cascarilla de arroz como absorbente de las heces generadas, compuestas por ácido úrico y sulfuro de hidrógeno, producto de la orina del animal que son excretadas en simultáneo. Debido a que la cascarilla de arroz posee sílice en su estructura, no absorbe por completo el fluido líquido y sólido que es excretado. Por la acción microbiológica, el ácido úrico se transforma en amoníaco acumulándose en la cama de las aves. Éste, al ser un gas más pesado que el oxígeno se acumula a nivel del suelo causando malos olores y enfermedades en las aves por lo que el productor necesita incurrir en gastos extras para salvar su inversión.

Por revisión bibliográfica se conoce que el biocarbón, un material particulado proveniente de la pirólisis de residuos orgánicos, actúa como un agente absorbente y adsorbente de gases de nitrógeno cuando se añade en pilas de compostaje. Por esta razón, en esta investigación se pretende adicionar biocarbón, en diferentes porcentajes, a la cama de pollos broiler para determinar su efecto en la captura de compuestos nitrogenados gaseosos presentes en la cama de pollos con la finalidad de disminuir los malos olores en los galpones avícolas, la posible muerte de los animales y la contaminación ambiental por la presencia de gases efecto invernadero.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la captura de nitrógeno mediante biocarbón añadido a la cama de un galpón de pollos de engorde.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener biocarbón a partir de residuos de poda de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Establecer el porcentaje de retención de compuestos nitrogenados en tres tiempos (0, 15 y 45 días) con concentraciones del 10, 20 y 30% de biocarbón.
- Calcular el beneficio-costos de la implementación del proyecto.

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Antecedentes de la Investigación.

##### 1.1.1 *La industria Avícola en Ecuador*

La industria avícola en Ecuador genera 1272 millones de dólares al año, y da empleo directo a 32000 personas y de forma indirecta se benefician 220000 personas, las provincias con la mayor producción son Guayas con un 22%, Pichincha 16%, Santo Domingo de los Tsachilas 14% (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, 2019). La producción anual de pollo en los años 2018 y 2019 fue de 24357 millones y 27914 millones respectivamente, (CONAVE, 2019).

El incremento de esta actividad ha traído como consecuencia, el deterioro ambiental, sobre todo del aire, debido a las emanaciones de gases efecto invernadero, como amoníaco, óxidos de nitrógeno y de azufre. El nitrógeno que se encuentra en muchos bioelementos son expulsados del organismos animal en forma de excretas u orina en forma de urea, esto debido a la digestión proteica de su dieta, en el que se encuentra nitrógeno y se liberan de esta forma, que al contacto con microorganismos, aire, y los demás elementos ambientales se transformarían en amoniaco, nitritos y nitratos al contacto con el suelo.(Bonet, 2004)

Los olores de las excretas de los animales son generados principalmente por el amoníaco, sulfuro de hidrógeno y metano que les otorgan su olor característico, sin embargo, también se encuentran compuestos que originan olores a partir de la degradación de carbohidratos, grasas y proteínas. Muchos de estos compuestos tienen umbrales de detección olfatoria, pero cuando entran en contacto unos con otros, sus efectos son sinérgicos y el umbral de detección olfatoria puede disminuir (Bonet, 2004). Debido a esto, se está buscando optimizar la eficiencia de las explotaciones avícolas, para poder ser más competitivos y obtener mejores resultados con menores costos económicos y ambientales.

##### 1.1.2 *Biocarbón (Biochar).*

El biocarbón producido durante la pirólisis de la biomasa, es un sólido estable, rico en carbón poroso con gran área superficial, que ha sido utilizado para mejorar la fertilidad del suelo, y remediar los suelos contaminados, pues tiene una gran capacidad de adsorción de contaminantes orgánicos e inorgánicos (Tang et al., 2015). Por esta razón, se está utilizando como un absorbente y/o adsorbente de bajo costo que se puede utilizar para eliminar los contaminantes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente (Zhou et al. 2014), lo que ha proporcionado fuertes incentivos para



desarrollar tecnologías alternativas amigables con el ambiente para el tratamiento de los contaminantes orgánicos.

El biocarbón puede ser producido a partir de residuos de biomasa, residuos provenientes de la agricultura, lodos residuales, algas, vísceras de animales, se debe tener en cuenta que toda la materia que sea dispuesta al proceso de pirólisis debe estar seca, ya que esto implicaría un gasto energético (Brick, Lehmann y Kramer, 2010). El uso de desechos producidos por determinadas industrias para transformarlos en biocarbón, es amigable con el ambiente, y puede abrir un nuevo mercado para la comercialización de diferentes productos, e internalizar las externalidades para las empresas, de esta forma contribuir a la conservación del ambiente (Lehmann and Joseph 2015).

El biocarbón es producido a través termoquímico de la conversión de la biomasa, los procesos termoquímicos incluyen la pirólisis, la gasificación, torrefacción, (seca o húmeda) y el proceso hidrotermal(Lee, Sarmah y Kwon, 2018). La pirólisis es la técnica más utilizada para la conversión de la materia orgánica a biocarbón, este es un proceso térmico que descompone la biomasa, por medio del calor a elevadas temperaturas, en condiciones inertes o de baja concentración de oxígeno, durante la pirólisis los compuestos de la biomasa son térmicamente descompuestos liberando gas, y biocarbón como sólido, durante la fase de vapor los compuestos moleculares pesados se convierten en bioaceite (alquitran) y los de más bajo peso molecular como gases no condensables como el H<sub>2</sub> el CH<sub>4</sub> C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> son expulsados de la cámara de pirólisis. (Lehmann and Joseph, 2015)

La formación del biocarbón por pirólisis está dada por diferentes mecanismos ya que la celulosa se descompone en un rango de 240°C-350°C mientras la hemicelulosa se rompe de 200-260°C, por otro lado, la lignina se descompone en un rango de 280°C y 500°C (Babu, 2012). El proceso termoquímico en la creación del biocarbón es complejo, debido a las diferentes estructuras que contiene la materia prima, (Lignina, Celulosa, etc.) pero no son inherentes en la producción del biocarbón con determinadas propiedades deseadas, además se debe considerar los costos de producción, tiempo de residencia de la materia prima temperaturas para cada materia prima(Lehmann and Joseph, 2015).

En Estados Unidos utilizan el biocarbón producido de forma artesanal, con resultados alentadores en el área de la restauración de bosques, esto debido al estudio acerca de la importancia del carbón que se genera después del incendio forestal(Wilson, 2016). En el año 2015 en la universidad de Wageningen en China se comparó la utilidad del uso de biocarbón producido por hornos artesanales, de los cuales el tipo de biocarbón que obtuvieron fueron óptimos para uso agrícola, además de los bajos costos de producción que implica hacerlo de esta forma(Mia et al., 2015).

En estudios de universidades de Asia y Oceanía, se incorporó biocarbón en la cadena de producción avícola con la finalidad de capturar compuestos nitrogenados con resultados alentadores (Yarrow, 2015). Adicionalmente, existen evidencias de que el biocarbón incrementa la retención de nitrógeno cuando es añadido a pilas de compostaje bajando las emisiones de gases contaminantes al ambiente (Agyarko-Mintah et al., 2017), (Chowdhury, de Neergaard y Jensen, 2014), (Godlewska et al., 2017)

## **1.2 Marco Conceptual**

### ***1.2.1 Producción Avícola***

#### *1.2.1.1 Pollos Broiler*

Los pollos criados para carne son los pollos broiler o de engorde. Son originarios de la selva del subcontinente indio. La industria avícola para pollos de engorde ha crecido debido a la demanda de los consumidores de carne de aves de corral. La crianza diferenciada y una mejor nutrición se ha utilizado para aumentar la masa muscular del animal. Los pollos de engorde comerciales son alimentados para que crezcan muy rápido a fin de aumentar de peso rápidamente y poderlos vender (Farm Animal Welfare Compendium, 2013).

La alimentación del pollo broiler es más importante en el ciclo de producción, ya que está directamente relacionada con el crecimiento de las aves. Es el rubro más alto dentro de la cadena de producción (Neves, Banhazi y Nääs, 2014). En las últimas décadas se ha estudiado algunos mecanismos para reducir el período de crianza con el fin de disminuir costos; se pueden citar modificaciones genéticas y selección de especies. Se ha evaluado la alimentación de gallinas ponedoras y de pollos destinados al consumo, dando como resultado pollos de 2 kg en 37 días; este peso se lograba en 63 días (Shariatmadari, 2012).

Otra etapa crucial es la alimentación del ave en la incubadora una vez que ha roto el cascarón. Las primeras 48 horas son importantes para reducir el riesgo de mortalidad. El ave tiene acceso al agua y alimento y puede mantener un correcto crecimiento muscular, fortaleciendo el sistema inmune del mismo (Willemsen et al., 2010).

En las etapas de crecimiento y de engorde se debe mantener un equilibrio en los nutrientes que contiene el balanceado a ser suministrado, tomando en cuenta que los pollos de engorde necesitan energía para el crecimiento de sus tejidos y las actividades que realizan. Las fuentes de alimentos que proveen energía son los carbohidratos. La proteína también es fundamental en la dieta del pollo de engorde ya que ésta se convertirá en aminoácidos precursores de los tejidos proteicos, tanto en músculos, piel y plumaje. Debe mantenerse en un índice adecuado para no causar

afectaciones al animal. Los macro minerales son necesarios para el metabolismo y la estructura del ave de engorde, el calcio y fósforo, son primordiales para la estructura ósea y el sodio y potasio son necesarios para el metabolismo (Cobb, 2013).

El pollo de engorde, alcanza un peso de 2 kg entre la quinta y sexta semana, para la séptima y octava semana ya han alcanzado un peso de entre 3 a y 4 kg (Cobb 500, 2012), considerado el peso justo para ser comercializado ya que el animal demanda de una mayor cantidad de alimento e implica un coste mayor para el productor. Además, un pollo con un peso superior a 4 kg no es atractivo en el mercado puesto que en los centros comerciales o en tiendas locales, se comercializa por presas.

#### 1.2.1.2 *Cama del pollo broiler*

Es una capa de materia sólida que en avicultura se usa con la finalidad de aislar y absorber la humedad para proporcionar confort a los animales las capas más utilizadas son la cascarilla de arroz, el tamo de cebada, el aserrín, y arena. La cama debe aportar aislamiento térmico pues la temperatura hace que el animal consuma más alimento para contrarrestar el déficit de temperatura. También debe poseer características absorbentes, ya que el excremento del ave contiene orina y heces que humedecen el ambiente y proveen nutrientes para la proliferación de bacterias y hongos patógenos que pueden perjudicar la crianza, además de evitar la formación de amoníaco que es perjudicial para las aves (Ross, 2010).

#### 1.2.1.3 *Incidencia en el ambiente por parte de la industria avícola la industria avícola*

El principal contaminante de la industria avícola son los gases de amoníaco, que generan mal olor provocado la formación de sales de amonio y ácido úrico que oscila entre un 40-70% del N total. Durante la ingesta del animal se producen pérdidas de proteína metabólica además de materiales fibrosos que tiene su origen en la materia orgánica nitrogenada que pueden o no haber estado sometidas a actividad microbiana del tracto gastrointestinal del animal. La ilustración 1 indica los efectos residuales avícolas en el ambiente(Lon-wo, 2013).



**Figura 1-1** Efectos de residuales de planteles avícolas en el ambiente

Fuente: (Lon-wo, 2013)

#### 1.2.1.4 *La Pollinaza y el Amoníaco*

La pollinaza es la combinación del excremento de las aves de engorde y el material usado como cama en donde crecen las aves. El amoníaco, un gas producido por el ácido úrico y las proteínas no digeridas excretadas y expuestas al ambiente son un foco e crecimiento para bacterias aeróbicas y anaeróbicas que degradan esta materia. El amoníaco desprendido al ambiente dependerá de la edad de las aves, la cantidad y el tipo de comida suministrada, así como también de la humedad presente por excretas o agua y el tiempo que es acumulado en el galpón (Antillon, 2011).

#### 1.2.1.5 *Pirólisis.*

La Pirólisis es la descomposición termoquímica de la materia orgánica a altas temperaturas en ausencia o baja presencia de oxígeno o con gases inertes. Comparada con la incineración, la pirólisis necesita una menor cantidad de temperatura con bajas emisiones de gases contaminantes como los polibromiatos difenileter (PBDEs)( Czajczyńska et al., 2017). Este proceso llama la atención debido a las utilidades que ofrece para el tratamiento de residuos sean de origen industrial o doméstico. Es atractivo para tratamiento de residuos sólidos este proceso, ya que se puede obtener

biocombustibles como los obtenidos por los residuos de palma africana (JUAN C. ARTEAGA V., ERIKA ARENAS C., L. y B., 2012). En el proceso de creación de biocarbón se debe considerar la temperatura a la cual se somete la materia prima, y también acorde a la cantidad de bioelementos que se encuentran estructuralmente en el interior de la materia, puesto que la capacidad porositiva y adsorptiva del biocarbón dependerá de los factores anteriormente mencionados (Czajczyńska et al., 2017)

### **1.3 Antecedentes**

#### **1.3.1 Adsorción de amoníaco.**

Varios estudios realizados en las universidades de Copenhagen, Lincoln, Arizona, aseveran que al emplear biocarbón para procesos de compostaje, o en adición al suelo, el material puede adsorber nitrógeno y carbono, elementos principales de los gases de efecto invernadero (Chowdhury, de Neergaard y Jensen, 2014; R.D Lentz, 2010; Woolf et al., 2010). En el año 2017 en la universidad de Norwest A&F en China, se realizó un experimento en donde adicionó el 12% de biocarbón a una muestra de lodos residuales sometida a procesos de compostaje, los resultados obtenidos indicaron que hubo captura de gases efecto invernadero, en particular CH<sub>4</sub> (92,85%), N<sub>2</sub>O (92,14%) y el NH<sub>3</sub> (58,03%), pero no de CO<sub>2</sub> (Awasthi et al., 2017).

Christopher Steiner en 2010 demostró que al adicionar biocarbón al 30% del total de las pilas de compostaje de pollinaza, aumentó la velocidad de degradación de la materia orgánica y provocó un leve incremento en el pH. Además, redujo la emisión de gas amonio al ambiente, en un 52% (Steiner et al., 2010). En el marco de estas investigaciones se halla una experiencia realizada por Yao en el 2012 con la finalidad de comprobar los efectos que ocasiona el biocarbón en el suelo con respecto al nitrógeno tanto en su forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en donde colocaron en un ambiente controlado de laboratorio, biocarbón de diferente biomasa, siendo el de bambú el que arrojó mejores resultados con una capacidad de adsorción y reciclaje de nutrientes de un 34% más a comparación del grupo control (Yao et al., 2012).

En estudios realizados sobre la adición de biocarbón en suelos, los resultados varían dependiendo de diversos factores como la naturaleza del biocarbón y la temperatura a la cual fue sometida la materia orgánica. Los resultados fueron poco favorables para el experimento realizado por Lentz en el 2010 en donde demuestra que la cantidad de nitrógeno adsorbido fue baja en comparación al grupo control, posiblemente debido a que la materia orgánica de la que se preparó el biocarbón fue de diversas fuentes sin embargo, fue capaz de capturar otros tipos de sustancias como Mn y Al y Cu, presentes en el material por acción microbiológica (R.D Lentz, 2010)

### ***1.3.2 La crianza del pollo del engorde***

En la realización de este trabajo, se tomaron aves de 10 días de edad, con el fin de evitar el periodo más sensible y el de mayor mortalidad de las aves ya que desarrollan su sistema esquelético y muscular a una alta velocidad (Cobb 2013).

### ***1.3.3 Alimentación del pollo broiler***

Al ser un animal de rápido crecimiento necesita de una dieta que cumpla con su capacidad de engorde acorde al período de desarrollo en el que se encuentra. Se considera además que el lugar donde se almacena el alimento debe estar libre de roedores, ya que éstos son portadores de patógenos que pueden causar enfermedades a los animales en cuestión (AGROCALIDAD, 2013).

Los ingredientes más utilizados para el alimento del pollo de engorde son: trigo, maíz, soja, harina de girasol, harina de colza en mezcla con aceites y grasas, caliza, fosfatos, sal, bicarbonato de sodio, minerales y vitaminas.

El alimento de estas aves se puede obtener en el mercado en diferentes presentaciones, como se presenta en la figura 1-2



**Figura 2-1** Presentaciones del alimento del ave de engorde

**Realizado por:** Cajamarca Byron, 2020

Su alimentación está en función a la etapa de desarrollo. Se les suministra diferentes tipos de alimento, de acuerdo al contenido nutricional. Durante la etapa de incubación el ave utiliza como fuente de nutrición el huevo, durante los primeros días el consumo de alimento es mínimo. Según el manual de la empresa Cobb, la ganancia de peso va con la edad del ave. Así, en los primeros días se recomienda un consumo diario de 13g en el día 1 hasta llegar a 48g en el día 10 (Cobb 500, 2012). El alimento inicial se suministra normalmente durante los primeros 10 días, pero puede estar sujeto a modificaciones en caso de que el animal no alcance los pesos adecuados, con lo que las aves quedan expuestas a enfermedades en dependencia al ambiente al cual está expuesto (Ross

2014). A partir de los 10 o 15 días de edad se empieza con una dieta de crecimiento, el alimento que se sugiere administrar al ave, viene en presentación de mini pellets para evitar el derrame y desperdicio de comida. Los valores aproximados varían entre 54g y 141g(Cobb 500, 2012). Durante esta etapa el animal crece rápidamente, por tanto, se debe mantener un adecuado suministro de agua para desarrollar una buena alimentación, los valores nutricionales de esta etapa deben ser especial en términos de energía y aminoácidos necesarios para su crecimiento (Ross, 2014).

En la etapa final del crecimiento de los pollos de engorde, el alimento debe ser muy bien asimilado debido al alto costo del mismo. El alimento de engorde se suministra a partir del día 25 y dependerá del productor el tiempo que los seguirá alimentando. Cuando llega a los 42 días, el animal consume más de lo que gana en peso. En el día 25 se sugiere una cantidad de 134g de alimento diario por ave y a partir del día 56, se sugiere una cantidad de 245g. Conforme pasan los días se mantiene la misma dosis de alimentación (Cobb 500, 2012). En la figura 1-3 se indica la tabla nutricional para la alimentación de pollos de engorde con los valores en forma de Mega Joules para la energía y en forma de porcentaje para la proteína y aminoácidos necesarios para su desarrollo (Ross 2014).

**Tabla 1-1** Ejemplo de valores recomendados para dietas de engorde.

	Energía (MJ/kg)	Proteína Bruta(%)	Lisina Total (%)	Metionina & Cistina Total (%)
Iniciador	12,65	22-25	1,43	1.07
Crecimiento	13,20	21-23	1,24	0.95
Finalizador	13,40	19-23	1,09	0.86

**Fuente:** MANUAL DE MANEJO DEL POLLO DE ENGORDE ROSS (Ross, 2014)

**Realizado por:** Cajamarca Byron, 2020

Con la finalidad de dar una correcta alimentación, las aves deben ser pesadas al ingreso del galpón y después de ello periódicamente una vez por semana para conocer el peso promedio que ganan los animales y conocer la cantidad de alimento que se debe suministrar; de esta manera se puede evitar un exceso o una deficiencia de alimento (Cobb, 2013).

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Tipo de Investigación

- Por el Nivel de Profundidad: Experimental

Experimental: Se actúa sobre el objeto de estudio al intercalar las concentraciones de biocarbón y verificar si existe una relación directa con el biocarbón y la adsorción del nitrógeno en la cama avícola y el costo que implicaría al productor incorporar el material a la cadena de producción.

Correlacional: Se obtienen datos estadísticos del porcentaje de nitrógeno capturado por el biocarbón en mezcla con la cascarilla de arroz que es comúnmente usada. Se realizó pruebas de normalidad para el análisis de datos y se toma la decisión si proceder con un análisis ANOVA para determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos, y con la corroboración de una prueba de TUCKEY, para establecer estadísticamente los tratamientos que son diferentes si los datos provienen de una distribución normal, en caso de que los datos no provengan de una distribución normal se procederá con la prueba de Kruskal-Wallis.

#### 2.1 Diseño experimental

##### 2.2.1 Población de estudio

###### 2.1.1.1 Alcance

La cama avícola utilizada para la crianza del pollo de engorde, que es utilizada por pequeños y grandes productores, el biocarbón que puede ser obtenido de materia orgánica seca.

###### 2.1.1.2 Elementos

- ❖ Cascarilla de Arroz
- ❖ Biocarbón

###### 2.1.1.3 Unidades Experimentales

##### Producción del biocarbón

El biocarbón se puede obtener mediante un equipo de pirólisis, pero debido al tipo de materia prima (residuos de poda y aserrín) y al volumen, se lo obtuvo de manera artesanal utilizando 2 tanques de hierro. La cantidad de carbón a utilizar en todos los tratamientos fue de 24 kg. Se contó



cascarilla de arroz extra y biocarbón por posibles derrames de agua a la cama. En la figura 2-1 se ilustra la disposición de los tanques. Como fuente de materia orgánica se utilizó residuos de poda de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y residuos de un aserradero local.



**Tanque 1**  
Materia orgánica que se convertirá en biocarbón



Recipiente utilizado para la combustión de materia orgánica (combustible)



Combustión de la materia orgánica para la generación de calor



Biocarbón obtenido

**Figura 1-2** Esquema de la pirólisis artesanal

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

La producción artesanal de biocarbón de los residuos de poda (leña) se inició en un ambiente controlado, logrando llegar a temperaturas entre 200°C y 500°C, valores asumidos debido a que se observó gases de combustión que emanaban de la cámara de pirólisis. Según Lu et al., 2019 este es un indicativo que se llega a dichas temperaturas. En general, se alcanzan temperaturas superiores a los 500°C y como mínimo se necesita 200°C para asegurar la obtención de biocarbón (Lowden y Hull, 2013).

### Diseño de la cama para el pollo de engorde

El galpón avícola en que fue realizado el experimento se encuentra en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para el ingreso y colocación de las aves, se siguió el protocolo propuesto en el Manual del pollo de engorde elaborado por Cobb en 2013. Para evitar la mortalidad, se tomaron las medidas de necesarias para el ingreso de aves adaptando este espacio a las condiciones ambientales de la ciudad Riobamba. Se tomó como

referencia este mismo manual para disponer 10 aves por metro cuadrado, en total 160 aves para todos los tratamientos. El sustrato para la cama fue la cascarilla de arroz, ya que es el material más utilizado en la industria avícola. Se diseñaron 4 tratamientos con 4 repeticiones a diferentes concentraciones de biocarbón en forma aleatoria para que no se vea sesgada la experimentación. Esto se ilustra en la ilustración 2-1.

T2R2	T1R1	T3R3	T0R4	T2R1	T1R2	T3R1	T0R2
T0R1	T3R2	T0R4	T2R2	T1R3	T0R3	T1R4	T2R3

**Figura 2-1** Disposición de los tratamientos

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

Donde

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| <b>T0</b> = Tratamiento 0, blanco de la experimentación                        | <b>R1</b> = Repetición 1 |
| <b>T1</b> = Tratamiento 1, con el 10% de biocarbón en el contenido de la cama  | <b>R2</b> = Repetición 2 |
| <b>T2</b> = Tratamiento 2, con el 20% de biocarbón en el contenido de la cama  | <b>R3</b> = Repetición 3 |
| <b>T3</b> = Tratamiento 3, con el 30% de biocarbón en el contenido de la cama. | <b>R4</b> = Repetición 4 |

El espacio destinado para albergar las 10 aves fue de 1 m<sup>2</sup> según las medidas de seguridad para la cría del pollo de engorde en una superficie de este tipo cabe 10kg de cascarilla de arroz. La experimentación se realizó con el 10% el 20% y el 30% del total de este peso, esto quiere decir 1kg, 2kg, y 3kg de biocarbón para los distintos tratamientos a realizarse, en la figura 2-2 se muestra como las camas fueron colocadas con diferentes cantidades de biocarbón.



**Figura 3-2** Camas con biocarbón

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

## 2.2 Período de Crianza avícola

El galpón tiene un área de 28m<sup>2</sup>, el piso es de cemento, el techo de eternit, y posee ventanas a una altura de 150 cm del suelo para una correcta ventilación. El lugar posee un sistema de agua que provienen de una cisterna. También se cuenta con calefacción y se colocaron trampas para ratas para evitar que se coman el alimento suministrado a los pollos. Una vez preparado el galpón, las aves ingresaron para su período de crianza, tomando en cuenta las medidas de bioseguridad para los animales y para la persona encargada del cuidado de los mismos. Durante la etapa inicial la calefacción en las noches fue clave pues, en Riobamba al tener un clima templado que oscila entre los 12°C y los 20°C (MAG, 2018) se necesitó de un sistema de calefacción que comúnmente son llamadas criadoras, son lámparas que irradian calor que utilizan gas licuado de petróleo (GLP) como combustible. La calefacción se usó hasta la segunda semana de crianza (Figura 2-3). Durante el día se abrían las cortinas para permitir una ventilación adecuada y en la noche se las cerraba para mantener el calor. En el día 20, el plantel avícola fue fumigado con yodo como desinfectante para reducir los patógenos del ambiente (Figura 2-4). Para esto, se disolvió 2mL de yodo en 1 L de agua en una bomba de 10 L. Las aves, al estar expuestas a su propio excremento, pueden contraer enfermedades de tipo bacteriano, fúngico o viral como la *Echerichia. Coli*, diversos tipos de salmonelas o mycoplasmas (Dinev, 2017). Debido a que se presentó congestión de las vías respiratorias de varias aves, durante la cuarta y quinta semana se suministró un medicamento preparado con enrofloxacina al 10% + bromhexina al 0.5%. Las causas de la congestión de las vías respiratorias pudieron ser varias, entre las que se pueden considerar la calidad del pollito, el manejo de las condiciones ambientales, temperatura y humedad en el galpón, calidad de la cama avícola, densidad avícola, ventilación, incluso el tipo de alimentación (Díaz., 2015). Este medicamento se suministró por recomendación del tutor que supervisaba la experimentación.



**Figura 4-2** Criadora

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020



**Figura 2-5:** Yodo

Fuente: maximascotas.com



**Figura 6-2** Enrofloxacina

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

Se trabajó con pollitos de 15 días de edad para evitar la etapa más crítica de su desarrollo, minimizando así el riesgo de mortalidad del ave. Los pollos fueron pesados a partir de los 15 días de edad y de ahí semanalmente para **Figura 5-2** Yodo evaluar su proceso de engorde y de esta manera dosificar su ración alimenticia acorde a la tabla de convertibilidad del manual de Cobb, del año 2012 (Figura 2-3).

<b>Objetivos de desempeño - sistema métrico</b>						
<b>COMO AL NACIMIENTO</b>						
Edad en días	Peso para la edad (g)	Ganancia diaria (g)	Ganancia diaria promedio (g)	Conversión alimenticia acumulada	Consumo diario de alimento (g)	Consumo de alimento acumulado (g)
0	42	0				
1	56	14		0,232	13	13
2	72	16		0,417	17	30
3	89	17		0,573	21	51
4	109	20		0,679	23	74
5	131	22		0,773	27	101
6	157	26		0,841	31	132
<b>7</b>	<b>185</b>	<b>28</b>	<b>26,4</b>	<b>0,902</b>	<b>35</b>	<b>167</b>
8	215	30	26,9	0,958	39	206
9	247	32	27,4	1,012	44	250
10	283	36	28,3	1,053	48	298
11	321	38	29,2	1,097	54	352
12	364	43	30,3	1,126	58	410
13	412	48	31,7	1,150	64	474
<b>14</b>	<b>465</b>	<b>53</b>	<b>33,2</b>	<b>1,165</b>	<b>68</b>	<b>542</b>
15	524	59	34,9	1,177	75	617
16	586	62	36,6	1,191	81	698
17	651	65	38,3	1,206	87	785
18	719	68	39,9	1,221	93	878
19	790	71	41,6	1,235	98	976
20	865	75	43,3	1,250	105	1081
<b>21</b>	<b>943</b>	<b>78</b>	<b>44,9</b>	<b>1,264</b>	<b>111</b>	<b>1192</b>
22	1023	80	46,4	1,284	117	1309
23	1104	81	47,8	1,303	123	1432
24	1186	82	49,3	1,321	130	1562
25	1269	83	50,8	1,337	134	1696
26	1353	84	52,1	1,356	141	1837
27	1438	85	53,6	1,373	148	1985
<b>28</b>	<b>1524</b>	<b>86</b>	<b>54,4</b>	<b>1,402</b>	<b>152</b>	<b>2137</b>
29	1613	89	55,6	1,423	158	2295
30	1705	92	56,8	1,442	163	2458
31	1799	94	58,0	1,460	169	2627
32	1895	96	59,2	1,478	174	2801
33	1993	98	60,4	1,496	180	2981
34	2092	99	61,5	1,512	182	3163
<b>35</b>	<b>2191</b>	<b>99</b>	<b>62,6</b>	<b>1,530</b>	<b>189</b>	<b>3352</b>
36	2289	98	63,6	1,549	193	3545
37	2386	97	64,5	1,568	197	3742
38	2482	96	65,3	1,589	201	3943
39	2577	95	66,1	1,610	205	4148
40	2671	94	66,8	1,631	209	4357
41	2764	93	67,4	1,653	213	4570
<b>42</b>	<b>2857</b>	<b>93</b>	<b>68,0</b>	<b>1,675</b>	<b>216</b>	<b>4786</b>
43	2950	93	68,6	1,697	220	5006
44	3043	93	69,2	1,718	222	5228
45	3136	93	69,7	1,739	225	5453
46	3229	93	70,2	1,759	227	5680
47	3322	93	70,7	1,779	231	5911
48	3414	92	71,1	1,800	233	6144
<b>49</b>	<b>3506</b>	<b>92</b>	<b>71,6</b>	<b>1,819</b>	<b>235</b>	<b>6379</b>
50	3596	90	71,9	1,840	237	6616
51	3685	89	72,3	1,860	239	6855
52	3773	88	72,6	1,880	240	7095
53	3859	86	72,8	1,901	242	7337
54	3944	85	73,0	1,922	243	7580
55	4028	84	73,2	1,943	245	7825
<b>56</b>	<b>4111</b>	<b>83</b>	<b>73,4</b>	<b>1,963</b>	<b>245</b>	<b>8070</b>
57	4192	81	73,5	1,984	245	8315
58	4272	80	73,7	2,004	245	8560
59	4350	78	73,7	2,024	245	8805
60	4427	77	73,8	2,044	245	9050
61	4502	75	73,8	2,065	245	9295
62	4576	74	73,8	2,085	245	9540
<b>63</b>	<b>4649</b>	<b>73</b>	<b>73,8</b>	<b>2,105</b>	<b>245</b>	<b>9785</b>

**Figura 7-2** Tabla de convertibilidad de alimento

Fuente: Cobb 500

Se alimentó a las aves durante 2 semanas con balanceado de etapa inicial, el cual contiene una cantidad de nitrógeno en forma de proteína de 22% a partir de la tercera semana y durante 2 semanas, se suministró un alimento de crecimiento el cual posee en un 19% en forma de proteína; en la etapa final se los alimentó con balanceado de engorde durante 3 semanas. Este balanceado posee en su composición un porcentaje de 18% en proteína bruta. Durante todo el proceso se contó con la supervisión de un ingeniero zootecnista para asegurar un correcto manejo de crianza de los pollos.



**Tabla 1-2** Pesaje de los pollos en las diferentes etapas de crecimiento

		
<p>Toma de peso a los 15 días de edad</p>	<p>Toma de peso 30 días de edad</p>	<p>Toma a los 45 días de edad</p>

### **2.2.1 Tamaño de la muestra**

#### **2.2.1.1 Muestras de cama avícola.**

En cada uno de los tratamientos se tomaron 3 muestras de 200 g, al inicio (día 0), a los 15 y a los 45 días de iniciada la investigación. La técnica de muestreo fue la de suelos en zigzag para obtener una muestra homogénea y representativa. Dicha técnica consiste en tomar muestras en diagonal, con el fin de cubrir toda la zona de muestreo manteniendo parámetros uniformes (AGROCALIDAD, 2018), Para evitar las deposiciones frescas, las muestras fueron tomadas en la mañana antes de alimentar a las aves. En las 48 muestras se medirá el nitrógeno total mediante kjeldahl por el método colorimétrico HACH 10072, el mismo que presenta un 95% de confiabilidad para la extracción del nitrógeno (HACH, 2010).

### **2.3 Análisis de beneficio-costo**

Se realizó el análisis de costo beneficio, tomando en cuenta los materiales, mano de obra y transporte, que implica la producción con la finalidad de evaluar la rentabilidad del producto, para ser incorporada en la cadena productiva de los pollos de engorde que se calculó con la siguiente ecuación (Comisión Europea Dirección General de Política Regional, 2006)

$$B - C = \frac{\text{Beneficios} - \text{contrabeneficios}}{\text{Costos}}$$

### **2.4 Análisis estadístico**

#### **2.4.1 Sistema de Variable**

##### **2.4.1.1 Hipótesis**

- El biocarbón adsorbe nitrógeno en mayor porcentaje que la cascarilla de arroz.
- Incorporar biocarbón a la cama avícola es beneficioso para el productor.

##### **2.4.2 Análisis de Datos**

Para analizar los datos se debe reconocer en primera instancia si los datos provienen de una distribución normal o no, si los datos provienen de una distribución normal se procederá con el análisis de varianza ANOVA, de no ser el caso se tomará pruebas no paramétricas en este caso al ser de varias variables la más adecuada es la de Kruskal-Wallis.

### 2.4.3 *Análisis de Varianza*

Es un método estadístico utilizado para medir la variabilidad en los tratamientos. Se centra en la medición de los tratamientos en cuanto a sus medias poblacionales, tomando en cuenta la comparación entre varianzas. Si  $F_0$  es grande, se contradice la hipótesis de que no existe un cambio en los tratamientos, pero si  $F_0$  es pequeño se confirman los cambios suscitados en los tratamientos (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

### 2.4.4 *Prueba de Tukey*

Consiste en utilizar las medias muestrales, comparándolas entre sí, cuando se detectan diferencias significativas durante el ANOVA. Se declaran significativamente diferentes los pares de medias cuya diferencia muestral en valor absoluto sea mayor que  $T_a$ . (Gutiérrez y De la Vara, 2008)

$$T_a = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{\frac{CM_E}{n}}$$

<b>TÉRMINO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b><math>T_a</math></b>	Estadístico de Tukey
<b><math>CM_E</math></b>	Es el cuadrado medio del error, $n$ es el número de observaciones por tratamiento
<b><math>K</math></b>	Es el número de tratamientos
<b><math>N - k</math></b>	Es igual a los grados de libertad para el error
<b><math>\alpha</math></b>	Es el nivel de significancia prefijado y el estadístico
<b><math>q_{\alpha}(k, N - k)</math></b>	son puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado,

### 2.4.5 *Prueba de Kruskal-Wallis*

La prueba de Kruskal-Wallis es similar al ANOVA de un factor completamente aleatorizado. Las ventajas de utilizar este estadístico frente al ANOVA son dos: 1) no necesita establecer supuestos sobre las poblaciones originales tan exigentes como los del estadístico F (normalidad, homocedasticidad); y 2) permite trabajar con datos ordinales. Por contra, si se cumplen los supuestos en los que se basa el estadístico F, la potencia de éste es mayor que la que es posible alcanzar con el estadístico H de Kruskal-Wallis. Ahora bien, teniendo en cuenta que en muchas situaciones reales resulta demasiado arriesgado suponer normalidad y homocedasticidad (especialmente si las muestras son pequeñas y/o los tamaños muestrales desiguales), y considerando además que en otras situaciones el nivel de medida de los datos puede no ir más allá del ordinal, la prueba de Kruskal-Wallis\* representa una excelente alternativa al ANOVA de un factor completamente aleatorizado (Antonio Pardo, 2008).



$$H = \frac{12 \sum n_j (\bar{R}_j - \bar{R})^2}{N(N+1)}$$

<b>Término</b>	<b>Description</b>
<b>H</b>	Estadístico de Kruskal-Wallis
<b><math>n_j</math></b>	Número de observaciones en el grupo j
<b>N</b>	Tamaño total de la muestra
<b><math>\bar{R}_j</math></b>	Promedio de los rangos en el grupo j
<b><math>\bar{R}</math></b>	Promedio de todos los rangos
<b><math>t_i</math></b>	Número de valores iguales en el $i^{\text{ésimo}}$ conjunto de empates

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS, Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Obtención del biocarbón.

Se partió de 60 kg de materia orgánica formada por desechos de poda y aserradero. Durante el proceso la materia perdió la mitad de su peso debido a la transformación de la lignina, celulosa y hemicelulosa en gases volátiles (Lu et al., 2019), quedando al final 30 kg de biocarbón la cual estuvo a un rango de 500°C y como mínimo 200°C, la combustión de los gases que salen de la cámara de pirólisis se presenta en la figura 3-1 la cual indica la transformación de las biomoléculas anteriormente mencionadas que se volatilizan a esos rangos de temperatura(Lu et al., 2019).



**Figura 1-3** Gas producto de la pirólisis

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

La pirólisis duró cerca de 6 horas, sin embargo, se esperó 2 horas para que los tanques se enfríen. Partiendo de 10 kg de materia orgánica se logró obtener 5kg de biocarbón, por lo que este proceso se repitió 6 veces para poder obtener los 30 kg necesarios para la fase experimental.



### Figura 2-3 Biocarbón obtenido

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

#### 3.2 Evaluación de Nitrógeno Total (Nt)

Las muestras tomadas de los diferentes tratamientos, fueron secadas para someterlas a la prueba de Kjendall, por el método HACH 10072, se realizaron 2 repeticiones por muestra. Los resultados del contenido de nitrógeno total a lo largo del experimento se presentan en la Tabla 1-3. Los datos que se tomaron al inicio de la experimentación indicaron la misma concentración de nitrógeno, 0.92% en los 4 tratamientos para cada dosificación de biocarbón esto debido al contenido de nitrógeno que la cascarilla de arroz posee en su interior (Pullopaxi, 2019) (Moreno, 2019).

**Tabla 1-3** Contenido de Nitrógeno total en la cama avícola durante la fase experimental a los 15 y 45 días de experimentación

Datos a los 15 días de experimentación			Datos a los 45 días de experimentación	
Tratamientos	Concentración de Nt en mg(%)	Concentración de Nt en mg(%)	Concentración de Nt en mg(%)	Concentración de Nt en mg(%)
M0	3,6	3,4	1,9	1,8
M0	3,4	3,5	1,5	1,6
M0	3,2	3,8	1,6	1,6
M0	3,6	3,3	1,6	1,7
M1	3	2,8	1,8	1,0
M1	3,2	3,0	1,4	2,3
M1	3,1	3,3	1,2	1,4
M1	2,9	3,1	1,7	1,6
M2	2,6	2,2	1,2	1,5
M2	2,8	2,7	1,6	1,3
M2	2,1	2,5	0,7	0,8
M2	2,2	2,1	1,4	1,1
M3	1,9	1,6	1,2	1,6
M3	1,5	1,4	1,7	1,0
M3	1,6	1,8	0,9	1,0
M3	1,7	2,0	1,1	1,3

**Nt: Nitrógeno total**

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

Los contenidos de Nt al inicio del experimento (día 0), antes del ingreso de las aves al galpón no presentan diferencias puesto que las camas estuvieron formadas por la mezcla de cascarilla de arroz y biocarbón.

A los 15 días de iniciado el experimento hubo un aumento de Nt con respecto al día 0 debido a la presencia de las deyecciones de las aves. Sin embargo, conforme aumentó el contenido de biocarbón, disminuyó el porcentaje de Nt.

El tratamiento finalizó en el día 45 de experimentación, tiempo que correspondió a 55 días de edad de los pollos. Los resultados indican una disminución del contenido de Nt en todos los tratamientos, inclusive en el blanco. Se observó que el comportamiento de disminución de porcentaje de Nt en el día 15 se mantuvo pues, a mayor concentración de biocarbón se presentó una mayor pérdida de Nt.

### 3.3 Análisis de normalidad de los datos

Mediante el software IBM SPSS se analizó si los datos provenían de una distribución normal la cual se indica en la Tabla 2-3 analizando los datos presentados en la tabla 1-3 por medio de los estadísticos de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks, al ser un número menor a 50 datos por tratamiento, se tomó el estadístico de Shapiro-Wilks.

**Tabla 2-3** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
M0	,836	20	,003
M1	,850	20	,005
M2	,902	20	,046
M3	,898	20	,039

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

$H_0$ = Los datos provienen de una distribución normal.

$H_1$ = Los datos no provienen de una distribución normal.

El valor de significancia (p-Valor) en todos los tratamientos es inferior al nivel de significancia con el que se trabajó (0.05), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, que menciona que los datos no provienen de una distribución normal.

### 3.4 Análisis de Kruskal-Wallis

La prueba de Kruskal-Wallis que se observa en la figura 3-3 se presentan los resultados arrojados por el software IBM SPSS que realizó el estadístico en cuestión

	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
<b>1</b>	La distribución de en porcentaje es la misma entre las categorías de tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,030	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

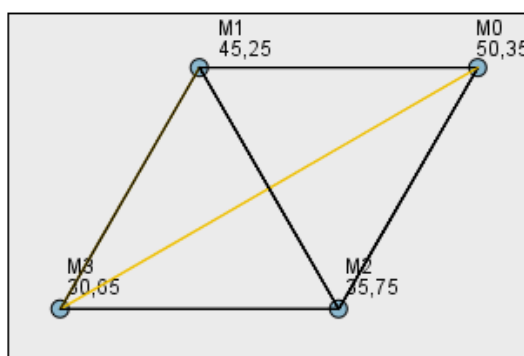
**Figura 3-1** Resultados del estadístico de Kruskal-Wallis  
Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

$H_0$ = No existe diferencias significativas en el contenido de Nt en los tratamientos.

$H_1$ = Existe diferencia significativa en al menos un tratamiento.

En la prueba de Kruskal-Wallis realizada por el software, menciona que sea rechazada la hipótesis nula la cual, y se acepta la hipótesis alternativa, la cual menciona que se existe diferencia significativa en al menos 1 tratamiento. La figura 3-4 indica que en los tratamientos de las concentraciones de 0 y 30% son diferentes estas al ser inferiores al valor de significancia con que opero de 0.05, no siendo así los valores de las demás concentraciones que presentan un número mayor al de 0.05.

### Comparaciones por parejas de tratamientos



Cada nodo muestra el rango promedio de muestra de tratamientos.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de prueba	Estándar Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajust.
M3-M2	5,100	7,312	,697	,485	1,000
M3-M1	14,600	7,312	1,997	,046	,275
M3-M0	19,700	7,312	2,694	,007	,042
M2-M1	9,500	7,312	1,299	,194	1,000
M2-M0	14,600	7,312	1,997	,046	,275
M1-M0	5,100	7,312	,697	,485	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es ,05.

**Figura 4-3** Comparación de parejas entre tratamientos

Realizado por: Cajamarca Byron, 2020

### 3.5 Análisis costo-beneficio del proyecto

En la Tabla 5-3 se desglosan los costos de operación del proyecto. Es importante indicar que para la elaboración del biocarbón se empleó residuos de poda que no representan ningún valor económico, pero la leña utilizada en el proceso fue adquirida.

**Tabla 3-1** Tabla de Costo-Beneficio

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO (\$)	Costo Total (\$)
Leña	Kilogramos	60	2	14
Tanque de metal pequeño	Unidad	1	6	6

Tanque de metal grande	Unidad	1	10	10
Materia prima	Unidad	10	0	0
<b>Subtotal 1</b>				30
Pollos Broiler	Unidad	160	1,5	240
Balanceado	Kilogramos	1000	26	312
Morocho	Kilogramos	1000	20	30
Antibióticos	Mililitro	100	5	10
Cascarilla de arroz	Kilogramos	20	2	10
Cal	Kilogramos	1	3	3
<b>Subtotal 2</b>				605
Mano de obra	Horas	42	1,5	63
Análisis de nitrógeno	Unidad	48	12	576
<b>Subtotal 3</b>				1274
Venta de pollos	Unidad	150	4,5	675
Venta de abono	Kilogramos	400	2	20
<b>Total de ingresos</b>				695
<b>Egresos</b>				1274
				579
Costo/ Beneficio				0,54

**Realizado por:** Cajamarca Byron, 2020

En la tabla 3-4 se aprecia el costo que implica incorporar el biocarbón. En el diseño de costo-beneficio, dentro de la cadena de producción se obtuvo una pérdida de 46 centavos por cada dólar invertido, en parte a que los precios de venta de los pollos varían de acuerdo a la oferta y demanda y/o situaciones externas.

### 3.6 Discusión

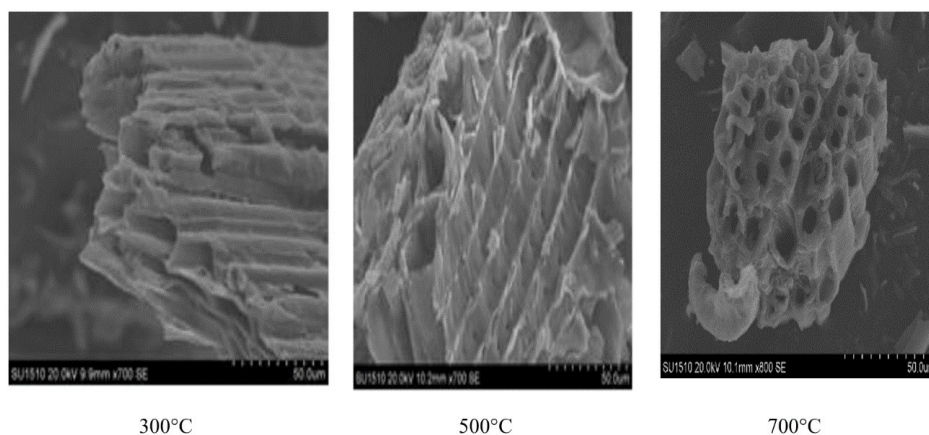
Los resultados obtenidos indicaron que el contenido de nitrógeno en el blanco (1,7% en el día 45 de la investigación) concordó con los datos reportados en una investigación sobre el contenido de nitrógeno en la pollinaza (Chastain, Camberato y Skewes, 2010). Sin embargo, en la fase de experimentación, en los diferentes tratamientos se evidenció que a mayor concentración de biocarbón existió una mayor pérdida de nitrógeno. Así, las muestras obtenidas a los 15 y 45 días indicaron una disminución del contenido de nitrógeno a medida que se aumentaba el porcentaje de carbón en la cama. En el día 45, el blanco presentó la mayor concentración de nitrógeno (1,7%), dato cercano que concuerda con una investigación realizada con pollinaza en Pakistán (1,82% de Nt) (Jamal y Fawad, 2018). En el Manual para el manejo de aves de la FAO, 2013 se obtuvieron valores inferiores de nitrógeno, 1,30% y 1,35% en la cama de aves de engorde y ponedoras respectivamente (Williams, 2013).

Los porcentajes de nitrógeno en las camas en las que se añadió biocarbón, no concordaron con datos obtenidos en otras investigaciones (compostaje o aplicado a estiércol)(Clough et al., 2013). Esto posiblemente pudo deberse a que el tipo de biocarbón que se utilizó se obtuvo de residuos de poda y de aserradero (aserrín). Éstos al estar constituidos por celulosa, hemicelulosa y lignina, no formaron poros adecuados para la adsorción de compuestos nitrogenados. En una investigación realizada en 2012, se demostró que las superficies porosas del biocarbón tienen carga negativa, por lo que no es fácil la adsorción de elementos de la misma carga como los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) (Zhang et al., 2012).

El tipo de material del que se obtiene el biocarbón y la temperatura empleada es importante como lo demostró una investigación realizada por Lei Zhou, en el año 2019. Al utilizar biocarbón proveniente de la cascarilla de arroz, aserrín, carrizo, y cáscaras de huevo para la adsorción de Fósforo (P) y Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a temperaturas de 300, 500 y 700°C respectivamente, se determinó que el biocarbón no adsorbió fósforo ni nitratos, pero en algunos casos ayudó a la liberación de estos componentes. Sin embargo, el biocarbón obtenido a 700°C de la cáscara de huevo tuvo efectos positivos (Zhou et al. 2019).

Christoph Steiner en 2010, demostró que añadir biocarbón al proceso de compostaje de desechos avícolas, reducía las emisiones atmosféricas de nitrógeno en un 52%. Adicionalmente, este material aceleraba el proceso de degradación de los desechos avícolas (Steiner et al. 2010). Incluso se demostró que el biocarbón era capaz de adsorber metales pesados presentes en aguas residuales siendo el Cr(III), Cd(II) y el Pb(II) los metales que fueron analizados (Zhao et al. 2019).

Los rangos de temperatura que se alcanza en una pirólisis artesanal no siempre son constantes y oscilan entre los 200°C y los 500°C por lo que corresponde a una pirólisis lenta (Bridgwater, Meier y Radlein 2008). A estas temperaturas, el biocarbón presenta poca porosidad. En la figura 3-3 se puede apreciar los poros que se forman a diferentes temperaturas.

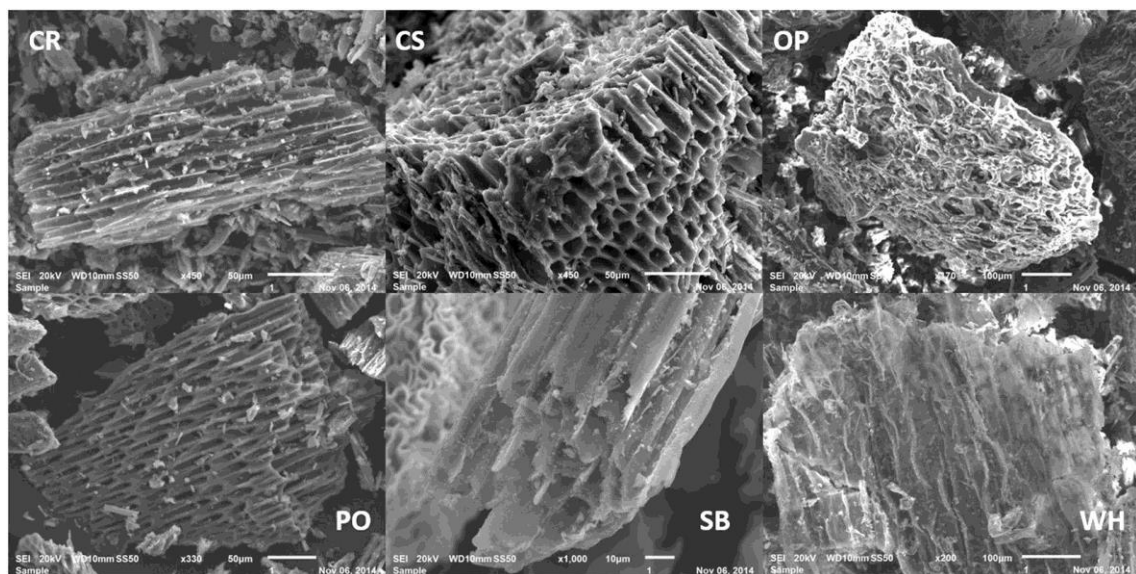


**Figura 5-3** Fotografía microscópica de biocarbón de aserrín a diferente temperatura  
Fuente: (Zhou et al. 2019)



La capacidad porosa del biocarbón realizada por pirólisis artesanal fue baja y pudo incidir en la adsorción de los elementos deseados. Una investigación realizada por Ahmadvand en 2017 en la cual se realizó un experimento para la adsorción de nitratos a partir de biocarbón de residuos de nuez por pirólisis a diferentes temperaturas (300, 400, 500°C), demostró que el biocarbón más efectivo fue el obtenido a 500°C lo que sugiere que la superficie porosa incide de forma directa en el mecanismo de adsorción. Por otro lado, el obtenido a 300°C presentó los valores más bajos de adsorción de nitratos (Ahmadvand et al., 2018). En la figura 3-3, se puede observar el tamaño del poro.

El tipo de materia prima utilizada, también influye en los resultados. Así, la investigación realizada por Batista en el año 2018 indicó que el biocarbón de la cáscara de coco presentó una mayor superficie de adsorción. En algunos casos, estas diferencias no son estadísticamente significativas debido a los pequeños rangos que se manejan. Sólo el biocarbón de lechuguín fue el que presentó poros que se confunden con polvo o ceniza debido a su estructura celular, esto se ilustra en la figura 3-4 (Batista et al., 2018).



Diferencia de poro, de Izquierda a derecha la nomenclatura CR= trozos de carbón, CS=Cáscara de coco, OP= Cáscara de naranja, PO= Racimo de palma africana, SB= Bagazo de caña de azúcar, WH= Lechuguín

**Figura 6-3** Fotografías de muestras de biocarbón vistas en un microscopio electrónico

Fuente: (Batista et al., 2018)

Muchas de estas investigaciones fueron realizadas en laboratorios en condiciones controladas. En cambio, la presente investigación fue realizada en campo y con especies vivas. El comportamiento de las aves pudo incidir en la experimentación puesto que su conducta natural, es rascar la cama y tomar baños de ‘tierra’. Esto provocaría que la uniformidad de la concentración de biocarbón pudiera ser dispersada en la cama e incidiera en la adsorción de nitrógeno. En la figura 3-4 se aprecia que las aves se comían el biocarbón, pues se encontraron rastros en la molleja de las aves luego de ser faenadas.



**Figura 7-3** Molleja de pollo con trozos de biocarbón  
**Realizado por:** Byron Cajamarca

Una explicación adicional que ayudaría a comprender los bajos porcentajes de adsorción de nitrógeno por acción del biocarbón añadido en la cama de las aves, estaría relacionada con el aumento de la temperatura lo cual ayudaría a volatilizar compuestos nitrogenados. Como se mencionó, el biocarbón ha sido utilizado en procesos de compostaje para reducir las pérdidas de nitrógeno por adsorción (Sanchez-Monedero et al. 2018). Una investigación realizada en 2010 por Chen de la universidad de Zhejiang al compostar excretas de cerdo, indicó que al añadir biocarbón en una concentración del 6 al 9% ocasionó un incremento de temperatura en tan solo 1 día a 50°C, en cambio el grupo control (sin biocarbón) tardó 4 días en entrar en dicha fase (Chen et al. 2010). Tomando en consideración que el biocarbón, en mezclas con materia orgánica, puede incrementar la temperatura y como consecuencia la actividad microbiana, el nitrógeno total en estado volátil, pudo haberse dispersado dentro del galpón avícola en el último mes de crianza ayudado por el movimiento natural de las patas de los pollos, provocando una pérdida de contenido de nitrógeno en la cama. Esto explicaría el olor a amoníaco en el plantel avícola, sin que esto haya influido en la salud de las aves. Esto se deduce por el índice de mortalidad de un 5% (Cobb, 2013), que concuerda con el presentado en la investigación.

Se debe tomar en consideración el descenso de nitrógeno en las camas avícolas, estas al tener una concentración de nitrógeno inferior a los blancos, visto desde el punto de vista productivo que la proteína suministrada en el alimento fue consumida, y asimilada por las aves, esto debido a que el biocarbón en la molleja de las aves, faculto dicha asimilación, existen diversos artículos que secundan esta experiencia, como es el caso de Dim que en 2018 alimento aves de engorde añadiendo biocarbón a la mezcla de su dieta alimenticia, dando como resultados que en muchos ciertos casos, las aves incrementaban su peso, y en otros conservaban el mismo peso de los que no fueron alimentados con biocarbón en su alimentación además de que aquellos que consumieron biocarbón el conteo de coliformes totales y fecales fue reducido (Dim et al., 2018).

## CONCLUSIONES

- 1 Transformar los residuos de poda en biocarbón de forma artesanal es posible, pero debido a que no se pueden controlar parámetros como la temperatura no se pudo obtener un biocarbón con características uniformes. Entre las ventajas de trabajar con el método artesanal se puede destacar su fácil elaboración por lo que puede ser tomado como una alternativa viable para el tratamiento de residuos orgánicos, evitando la emisión a la atmósfera de gas metano ( $\text{CH}_4$ ), un gas efecto invernadero mucho más contaminante que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que se produce al momento de su fabricación. También ayudaría a la captura de carbón por lo que puede ser empleado en la recuperación de suelos contaminados y en labores agrícolas.
- 2 Los porcentajes de captura de nitrógeno a diferentes concentraciones de biocarbón añadidos en cama fueron bajos. Uno de los motivos podría ser el tipo de biocarbón utilizado, ya que al ser obtenido mediante una pirólisis lenta, presenta poros pequeños, dejando poco espacio para la adsorción del nitrógeno. Adicionalmente, la materia prima de la cual se obtuvo el biocarbón no fue uniforme ya que, al ser una mezcla de biomasa, la estructura celular fue variada: compacta para el aserrín y blanda para los desechos de poda. Además, los procesos de degradación de los residuos, propios de esta actividad podrían haber incrementado la temperatura volatilizando los compuestos nitrogenados.
- 3 El costo-beneficio de la incorporación del biocarbón en la cadena de producción avícola no es rentable, debido a los costos asociados a su obtención y su baja captación de nitrógeno. El uso tradicional de la cascarilla de arroz como material para la cama de las aves sigue siendo una opción viable.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe controlar la temperatura a la cual se obtiene el biocarbón, pues incide directamente en el tamaño y la uniformidad de los poros y por tanto en su capacidad de adsorción de nitrógeno.
- Seguir las normas de bioseguridad para evitar enfermedades de tipo respiratorio, además de las normas sobre el cuidado de las aves para minimizar su índice de mortalidad.

## BIBLIOGRAFÍA

AGROCALIDAD, 2013. Guía de Buenas Prácticas Avícolas Incidencia de Alimentos. . ISBN 2013000022.

AGROCALIDAD, 2018. Muestreo para análisis de suelo. [en línea], Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/05-INTSFA10.-Rev3.-Vigente.pdf>.

AGYARKO-MINTAH, E. et al, 2017. Biochar increases nitrogen retention and lowers greenhouse gas emissions when added to composting poultry litter. *Waste Management* [en línea], vol. 61, pp. 138-149. ISSN 18792456. DOI 10.1016/j.wasman.2016.11.027. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.027>.

AHMADVAND, M. et. al, 2018. The relationship between the characteristics of Biochar produced at different temperatures and its impact on the uptake of NO<sub>3</sub> - -N. *Environmental Health Engineering and Management* [en línea], vol. 5, no. 2, pp. 67-75. ISSN 2423-3765. DOI 10.15171/ehem.2018.10. Disponible en: <https://doi.org/10.15171/EHEM.2018.10>.

ARENAS, E. et al., Obtención de biocombustibles producto de la pirolisis rápida de residuos de palma africana (*elaeis guineensis jacq.*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, vol. 10, no. 2, pp. 144-151. ISSN 1909-9959.

AWASTHI, M.K. et al., 2017. Evaluation of biochar amended biosolids co-composting to improve the nutrient transformation and its correlation as a function for the production of nutrient-rich compost. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 237, pp. 156-166. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2017.01.044. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.044>.

BABU, B. V., 2012. Biomass pyrolysis: a state-of- the-art review. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, vol. 6, no. 3, pp. 246-256. ISSN 1932104X. DOI 10.1002/bbb.

BATISTA, E.M.C.C. et al., 2018. Effect of surface and porosity of biochar on water holding capacity aiming indirectly at preservation of the Amazon biome. *Scientific Reports*, vol. 8, no. 1, pp. 1-9. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-018-28794-z.

BONET, J.C. y J., 2004. Producción Ganadera y Contaminación Ambiental. *Sitio Argentino de Producción Animal*, vol. 45.

BRICK, S., LEHMANN, J. y KRAMER, J., 2010. Biochar : Assessing the Promise and Risks To Guide U . S . Policy Author. , no. November.

BRIDGWATER, A. V, MEIER, D. y RADLEIN, D., 2008. An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic Geochemistry*, vol. 30, pp. 188. ISSN 0146-6380. DOI 10.1016/S0146-

6380(99)00120-5.

CHASTAIN, J.P., CAMBERATO, J.J. y SKEWES, P., 2010. Poultry Manure Production and Nutrient Content. *Production*, no. October 2014, pp. 1-17.

CHEN, Y.X. et al., 2010. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. *Chemosphere* [en línea], vol. 78, no. 9, pp. 1177-1181. ISSN 00456535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2009.12.029. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.12.029>.

CHOWDHURY, M.A., DE NEERGAARD, A. y JENSEN, L.S., 2014. Potential of aeration flow rate and bio-char addition to reduce greenhouse gas and ammonia emissions during manure composting. *Chemosphere* [en línea], vol. 97, pp. 16-25. ISSN 00456535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2013.10.030. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.030>.

CLOUGH, T. et al., 2013. A Review of Biochar and Soil Nitrogen Dynamics. *Agronomy*, vol. 3, no. 2, pp. 275-293. ISSN 2073-4395. DOI 10.3390/agronomy3020275.

COBB, 2013. Guía de Manejo del Pollo de Engorde. 4.

COBB 500, 2012. Rendimiento Y Nutrición De. *Manual Cobb Pollo de engorde* [en línea], pp. 14. ISSN 08870446. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b2046e/b2046e.pdf>.

COMISIÓN EUROPEA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA REGIONAL, 2006. Orientación sobre la metodología para realizar análisis costes-beneficios. [en línea], pp. 6, 8. Disponible en: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docoffic/2007/working/wd4\\_cost\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/2007/working/wd4_cost_es.pdf).

CZAJCZYŃSKA, D. et al., 2017. Potentials of pyrolysis processes in the waste management sector. *Energy Procedia*, vol. 123, pp. 387-394. ISSN 18766102. DOI 10.1016/j.egypro.2017.07.275.

DIM, C.E. et al, 2018. Effect of dietary inclusion of biochar on growth performance, haematology and serum lipid profile of broiler birds. *Agro-Science*, vol. 17, no. 2, pp. 9. ISSN 1119-7455. DOI 10.4314/as.v17i2.2.

FARM ANIMAL WELFARE COMPENDIUM, 2013. The Life of: Broiler chickens Chickens. *Compassion in world Farming*, vol. 48, no. 4, pp. 8. ISSN 14219778. DOI 10.1159/000492292.

GODLEWSKA, P. et al., 2017. Biochar for composting improvement and contaminants reduction. A review. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 246, no. May, pp. 193-202. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2017.07.095. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.095>.

GUTIERREZ, H. y DE LA VARA, R., 2008. *Análisis y diseño de experimentos*. S.l.: s.n. ISBN 9789701065266.

HACH, 2010. Nitrogen , Total. , pp. 1-8.

JAMAL, A. y FAWAD, M., 2018. Application of different organic manures in optimizing optimum yield for wheat in calcareous soil. , vol. 20, no. July, pp. 23-30.

LEE, J., SARMAH, A.K. y KWON, E.E., 2018. Production and Formation of Biochar. *Biochar from Biomass and Waste*, pp. 3-18. DOI 10.1016/b978-0-12-811729-3.00001-7.

LEHMANN AND JOSEPH, 2015. *Biochar for Environmental Management*. S.l.: s.n. ISBN 9781844076581.

LON-WO, E., 2013. La Producción Avícola y la Contaminación Ambiental. *Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos* [en línea]. IA HABANA: s.n., pp. 29-34. Disponible en: [http://avpa.ula.ve/eventos/viii\\_encuentro\\_monogastricos/memorias/conferencia-5.pdf](http://avpa.ula.ve/eventos/viii_encuentro_monogastricos/memorias/conferencia-5.pdf).

LOWDEN, L. y HULL, T., 2013. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. *Fire Science Reviews*, vol. 2, no. 1, pp. 4. ISSN 2193-0414. DOI 10.1186/2193-0414-2-4.

LU, X. et al., 2019. Effect of Pyrolysis Temperature on the Characteristics of Wood Vinegar Derived from Chinese Fir Waste: A Comprehensive Study on Its Growth Regulation Performance and Mechanism. *ACS Omega*, vol. 4, no. 21, pp. 19054-19062. ISSN 24701343. DOI 10.1021/acsomega.9b02240.

MAG, 2018. Boletín de Precipitación y Temperatura Boletín de Precipitación y Temperatura: Ministerio de Agricultura y Ganadería. ,

MIA, S. et al., 2015. Production of Biochar for Soil Application : A Comparative Study of Three Kiln Models. *Pedosphere: An International Journal* [en línea], vol. 25, no. 5, pp. 696-702. ISSN 1002-0160. DOI 10.1016/S1002-0160(15)30050-3. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)30050-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(15)30050-3).

NEVES, D.P., BANHAZI, T.M. y NÄÄS, I.A., 2014. Feeding behaviour of broiler chickens: A review on the biomechanical characteristics. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, vol. 16, no. 2, pp. 1-16. ISSN 1516635X. DOI 10.1590/1516-635x16021-16.

R.D LENTZ, J.A.I., 2010. Biochar and Manure Aff ect Calcareous Soil and Corn Silage Nutrient Concentrations and Uptake. *Environmental Quality* [en línea], pp. 1033-1043. DOI

10.2134/jeq2011.0126. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22751045>.

ROSS, 2010. Manual de manejo 2010. [en línea]. S.l.: Disponible en: [http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf).

ROSS, 2014. Manual de Manejo 2014. *Solla, Excelencia avícola*, vol. 2, pp. 35.

SANCHEZ-MONEDERO, M.A. et al, 2018. Role of biochar as an additive in organic waste composting. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 247, no. September 2017, pp. 1155-1164. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2017.09.193. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.193>.

SHARIATMADARI, F., 2012. Plans of feeding broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, vol. 68, no. 1, pp. 21-30. ISSN 00439339. DOI 10.1017/S0043933912000037.

STEINER, C. et al., 2010. Reducing Nitrogen Loss during Poultry Litter Composting Using Biochar. , pp. 1236-1242. DOI 10.2134/jeq2009.0337.

TANG, J. et al, 2015. Bioresource Technology Preparation and characterization of a novel graphene / biochar composite for aqueous phenanthrene and mercury removal. *BIORESOURCE TECHNOLOGY* [en línea], vol. 196, pp. 355-363. ISSN 0960-8524. DOI 10.1016/j.biortech.2015.07.047. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.047>.

WILLEMSEN, H. et al., 2010. Delay in feed access and spread of hatch: Importance of early nutrition. *World's Poultry Science Journal*, vol. 66, no. 2, pp. 177-188. ISSN 00439339. DOI 10.1017/S0043933910000243.

WILLIAMS, C.M., 2013. *Revisión del desarrollo avícola*. S.l.: s.n. ISBN 9789253080670.

WILSON, 2016. Biochar for Forest Restoration in the Western United States. , vol. 15, pp. 1-19.

WOOLF, D. et al., 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, vol. 1, no. 5. ISSN 20411723. DOI 10.1038/ncomms1053.

YAO, Y. et al., 2012. Chemosphere Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate , ammonium , and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere* [en línea], vol. 89, no. 11, pp. 1467-1471. ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2012.06.002. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.06.002>.

ZHANG, M. et al., 2012. Synthesis of porous MgO-biochar nanocomposites for removal of phosphate and nitrate from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal* [en línea], vol. 210, pp. 26-32. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2012.08.052. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2012.08.052>.



ZHAO, J.J. et al., 2019. Comparison of biochars derived from different types of feedstock and their potential for heavy metal removal in multiple-metal solutions. *Scientific Reports*, vol. 9, no. 1, pp. 1-12. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-019-46234-4.

ZHOU, L. et al., Phosphorus and nitrogen adsorption capacities of biochars derived from feedstocks at different pyrolysis temperatures. *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 8, pp. 1-16. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w11081559.

ZHOU, Y. et al., 2014. Bioresource Technology Biochar-supported zerovalent iron for removal of various contaminants from aqueous solutions. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 152, pp. 538-542. ISSN 0960-8524. DOI 10.1016/j.biortech.2013.11.021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.11.021>.

## ANEXOS

### Anexo A: Procesamiento de los residuos





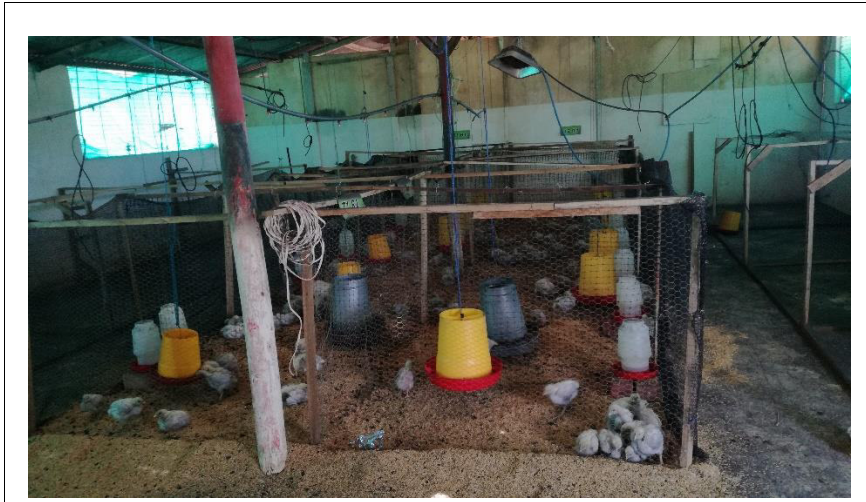


**Anexo B: Adecuación del Galpón**





Anexo C Pesaje de pollos



**Anexo D** Preparación de muestras



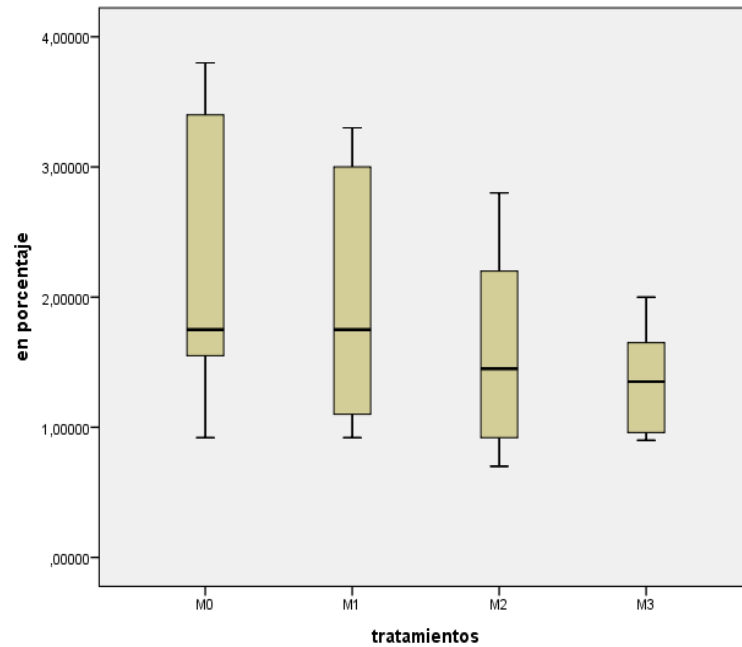
## Anexo E Pruebas estadísticas

### Pruebas de normalidad

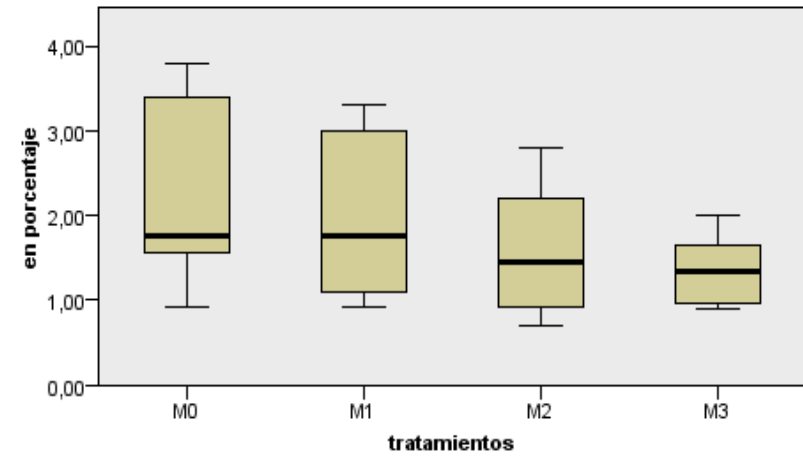
tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
en porcentaje M0	,223	20	,010	,836	20	,003
M1	,198	20	,038	,850	20	,005
M2	,149	20	,200*	,902	20	,046
M3	,175	20	,112	,898	20	,039

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors



### Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



<b>N total</b>	80
<b>Estadístico de contraste</b>	8,947
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>Significación asintótica (prueba bilateral)</b>	,030

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.