

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



TESIS

**“FUENTES Y TAMAÑOS DE PARTÍCULAS DE CALCIO COMO
SUPLEMENTO EN LA ALIMENTACIÓN PARA LA CODORNIZ
(*Coturnix coturnix japónica* T y S) EN FASE DE POSTURA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ZOOTECNISTA

ELABORADO POR

CHAVEZ GONZALES, MARICIELO AURELIA

ASESOR

ROBLES HUAYNATE, RIZAL ALCIDES

TINGO MARÍA – PERÚ

2019



"Año de la lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, se reunieron a las 10:00 a.m. del 08 de enero de 2019, para calificar la Tesis titulada "FUENTES Y TAMAÑOS DE PARTÍCULAS DE CALCIO COMO SUPLEMENTO EN LA ALIMENTACIÓN PARA LA CODORNIZ (*Coturnix coturnix japónica* T y S) EN FASE DE POSTURA", presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias **MARICIELO AURELIA CHÁVEZ GONZÁLES**.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "MUY BUENO".

En consecuencia, la sustentante queda capacitada para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para la otorgación del Título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 265°, inciso "b" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 24 de enero de 2019.

Ing. **JUAN LAO GONZÁLES**
Presidente

Ing. **MARCO ANTONIO ROJAS PAREDES**
Miembro

Ing. **WALTER ALBERTO PAREDES ORELLANA**
Miembro

Dr. **RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE**
Asesor

Copia : Archivo

slcp/sec

DEDICATORIA

A **DIOS** por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida por los triunfos y los momentos difíciles que me han hecho superarme cada día como persona y como profesional para poder forjar mi propio camino en este mundo.

A mis padres: **ROLANDO CHAVEZ ALCEDO Y ELISA GONZALES RIOS**, por darme la vida, la oportunidad, por brindarme una educación de valores y sobre todo por creer en mí en todo momento **¡LOS AMO MUCHO!**

A mi pareja: **KENDRIX LA TORRE RUEDA**, por su apoyo constante para el logro de mis objetivos. Y a mi hijo: **KENDRIX AMIR LA TORRE CHÁVEZ**.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a las instituciones y personas que han colaborado para la culminación del presente trabajo de investigación:

- ❖ A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Facultad de Zootecnia, mi Alma Mater, por haberme brindado la oportunidad de formarme como persona y como profesional.
- ❖ A todos los docentes de la Facultad de Zootecnia, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis, por su tiempo compartido y por el desarrollo de nuestra formación profesional.
- ❖ A mi asesor: Dr. RIZAL ALCIDES, ROBLES HUAYNATE, por su dedicación y consejos en la ejecución, redacción y sustentación de esta tesis ¡GRACIAS!
- ❖ A la familia LA TORRE RUEDA por haberme apoyado.

¡GRACIAS POR TODO!

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Bondades de la producción de las codornices.....	4
2.2. Alimentación.....	4
2.3. Fuentes de calcio	5
2.3.1. Carbonato de calcio	5
2.3.2. Conchuela.....	6
2.4. Granulometría	7
2.4.1. Granulometría del carbonato de calcio.....	8
2.4.2. Granulometría de la conchuela	8
2.5. Calidad de la cáscara de huevo	9
2.5.1. Concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara de huevo	9
2.5.2. Porcentaje de huevos rotos	10
2.5.3. Porcentaje de cáscara de huevo influenciada al peso del huevo	11
2.5.4. Dureza de la cáscara de huevo.....	11
2.5.5. Espesor	12
2.5.6. Consumo diario de alimento	13
2.5.7. Conversión alimenticia	13
2.5.8. Porcentaje de postura	14
2.5.9. Peso del huevo	15

2.5.10. Masa de huevo	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Lugar y fecha	17
3.2. Tipo de investigación.....	18
3.3. Componentes en estudio.....	18
3.3.1. Instalaciones y equipo	18
3.3.2. Iluminación.....	19
3.3.3. Animales experimentales	19
3.3.4. Insumos en estudio.....	19
3.3.5. Dietas experimentales y alimentación	20
3.5. Tratamiento en estudio.....	22
3.7. Diseño estadístico	22
3.8. Variables dependientes	23
3.9. Metodología	24
3.8.1. Concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara del huevo	24
3.8.2. Porcentaje de huevos rotos	26
3.8.3. Porcentaje de la cáscara en relación al peso del huevo.....	27
3.8.4. Dureza de la cáscara	27
3.8.5. Espesor de la cáscara	27
3.8.6. Consumo diario de alimento	28
3.8.7. Conversión alimenticia para huevo	28
3.8.8. Porcentaje de postura	28
3.8.9. Peso del huevo	28

3.8.10. Masa del huevo	29
IV. RESULTADOS.....	30
4.1. Parámetros de calidad.....	30
4.1.1. Parámetros químicos	30
4.1.2. Parámetros físicos	32
4.2. Índices zootécnicos	33
V. DISCUSIÓN	35
5.1. Parámetros de calidad.....	35
5.1.1. Análisis químico	35
5.1.2. Parámetros físicos	38
5.2. Índice zootécnico.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES	46
VIII. ABSTRACT.....	47
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
X. ANEXOS	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1.Requerimientos nutricionales de codornices japonesas en fase de cría/recría y postura.....	5
2.Contenido de calcio en muestras de conchuela procedentes del litoral de Pisco y Arequipa.....	7
3.Dietas experimentales y requerimientos nutricionales de las codornices japónica en fase de postura.....	21
4.Concentración de ceniza (Cz), calcio (Ca) y fósforo (P) de la cáscara de huevo de la codorniz ($X \pm DE$, n=28)	30
5.Interacción entre las fuentes y tamaños de partícula, para la concentración de ceniza (g) en la cáscara de huevo de la codorniz	31
6.Interacción entre las fuentes y tamaños de partícula, para la concentración de calcio (mg) en la cáscara de huevo de la codorniz	31
7.Interacción entre las fuentes y tamaños de partícula, para la concentración de fósforo (mg) en la cáscara de huevo de la codorniz.....	32
8.Parámetros físicos de calidad de la cáscara de huevo de las codornices en función a fuentes y tamaños de partículas de calcio ($X \pm DE$, n=28) ..	33
9.Índices zootécnicos de codornices en fase de postura en función a diferentes fuentes de calcio y tamaños de partícula ($X \pm DE$, n=120)	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Interacción de las fuentes en relación a los tamaños de partículas de calcio para la concentración de ceniza en la cáscara de huevo de la codorniz. .	622
2. Interacción de los tamaños de partícula de calcio en relación a las fuentes de calcio para la concentración de ceniza en la cáscara de huevo de la codorniz.....	622
3. Interacción de las fuentes en relación a los tamaños de partículas de calcio para la concentración de calcio en la cáscara de huevo de la codorniz. ..	633
4. Interacción de los tamaños de partícula de calcio en relación a las fuentes de calcio para la concentración de calcio en la cáscara de huevo de la codorniz.....	633
5. Interacción de las fuentes en relación a los tamaños de partículas de calcio para la concentración de fosforó en la cáscara de huevo de la codorniz.	644
6. Interacción de los tamaños de partícula de calcio en relación a las fuentes de calcio para la concentración de calcio en la cáscara de huevo de la codorniz.....	644

RESUMEN

La investigación se realizó en la ciudad de Naranjillo y el análisis químico, se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de La Selva, con el objetivo de evaluar la calidad de la cáscara de huevo y su respectiva producción de huevos de codornices alimentadas con dietas suplementadas con diferentes fuentes y tamaños de partículas de calcio; para ello se utilizaron 120 codornices de 8 meses de edad, las cuales se distribuyeron en cuatro tratamientos con cuatro repeticiones y 15 codornices por repetición; los tratamientos evaluados fueron: T1: Dieta comercial con carbonato de calcio (CaO_3) de 0 a 1.5 mm, T2: Dieta comercial con CaO_3 de 1.5 a 3 mm, T3: Dieta comercial suplementada con conchuela de 0 a 1.5 mm y T4: Dieta comercial suplementada con conchuela de 1.5 a 3 mm, las evaluaciones estadísticas se realizaron utilizando un DCA con arreglo factorial (2 X 2) (2 fuentes de calcio X 2 tamaños de partícula) y los promedios fueron comparados mediante el test Tukey (5%) y para el análisis químico se usó el test de SNK (5%). Los resultados demuestran que, la conchuela de tamaño grande acumuló ($p < 0.05$) mayor concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara del huevo; entretanto, el carbonato de calcio de tamaño pequeño fue la que acumuló ($p < 0.05$) mayor concentración de ceniza, calcio y fósforo; sin embargo, las variables físicas y los índices productivos, no fueron influenciadas ($p > 0.05$) por la suplementación de fuentes y tamaños de calcio. Se concluye que, la conchuela de tamaño grande fue la que acumuló mayor concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara

del huevo; entretanto, el carbonato de calcio de tamaño pequeño acumuló mayor concentración de ceniza, calcio y fósforo.

Palabras clave: Calcio, Cáscara de huevo, Ceniza, Conchuela, Fósforo, Solubilidad

I. INTRODUCCIÓN

Hablar de avicultura significa pensar de inmediato en el pollo de carne o en la gallina ponedora, pero no debemos olvidar que existe cierta producción de otras aves que se crían con muy diferentes objetivos, entre ellos está la crianza del pavo, el pato, el avestruz que se ha puesto tan de moda, y por último a las aves de caza como el faisán, la perdiz y la codorniz, a esta última se refiere el trabajo.

La coturnicultura es una rama de la avicultura cuya finalidad es la de criar, mejorar y fomentar la producción de codornices para aprovechar sus productos, huevos, carne, codornaza, entre otros, este tipo de explotación en los últimos años ha tenido un gran auge sobre todo en la producción de huevos, mostrando unas perspectivas amplias de comercialización e industrialización, en particular de variedades como codorniz japónica, que se consideran de gran interés zootécnico por sus características de corta precocidad y alta postura.

La calidad de la cáscara es un factor importante ya que no menos del 6 al 8% de los huevos producidos por las ponedoras, en condiciones correctas se rompen, tanto en la propia caseta como durante su manipulación y posterior transporte, por ello desde el punto de vista industrial el asunto de la calidad del huevo se ha concentrado principalmente en mejorar la calidad de la cáscara.

También el tamaño de partículas o granulometría es un tema que cada vez adquiere mayor importancia en la avicultura debido a su impacto en la calidad de los alimentos, rendimientos zootécnicos de los animales, calidad de la cáscara de huevo en las ponedoras y la salud de los animales.

Por ello surgió la siguiente pregunta ¿Cuál es el efecto de la calidad en la cáscara de huevo cuando se suplementa en la dieta de las codornices diferentes fuentes y tamaño de las partículas de calcio?, para ello se planteó la siguiente hipótesis: La suplementación de las diferentes fuentes y tamaños de las partículas de calcio, la conchuela granulada con un tamaño de 1.5 a 3 mm reporta una mayor efectividad en la calidad de la cáscara de huevo.

Objetivo general:

Evaluar el efecto del carbonato de calcio, conchuela y cáscara de huevo, así como el tamaño de partícula de 0 a 1.5 mm y de 1.5 a 3 mm de diámetro, como suplemento de calcio en las dietas de las codornices para mejorar la calidad de la cáscara de huevo.

Objetivos específicos:

- ❖ Determinar la concentración ceniza, calcio y fósforo de la cáscara de huevo de las codornices (*Coturnix coturnix japónica*) en fase de postura alimentadas con dietas suplementadas con diferentes fuentes y tamaños de partícula de calcio.
- ❖ Determinar el porcentaje de huevos rotos, porcentaje de la cáscara, la dureza y el espesor de la cáscara de huevo de las codornices (*Coturnix*

coturnix japónica) en fase de postura alimentadas con dietas suplementadas con diferentes fuentes y tamaños de partícula de calcio.

- ❖ Determinar el consumo de alimento diario, la conversión alimenticia por huevo, el porcentaje de postura, el peso del huevo, la masa de huevo de las codornices (*Coturnix coturnix japónica*) en fase de postura alimentadas con dietas suplementadas con diferentes fuentes y tamaños de partícula de calcio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Bondades de la producción de las codornices

CRÍA DE CODORNICES (2009) afirma que una codorniz puede llegar a poner entre 300 a 500 huevos/año, además que su vida útil o comercial es de tres años, su incubación dura 16 días, por esta razón, se logra recuperar rápidamente el costo inicial. También la codorniz hembra puede llegar al pico de postura entre los dos meses y medio a tres meses y esto se va a mantener dentro de cuatro a seis semanas para luego descender lentamente durante todo el año, este animal, además, sufre una muda igual que la gallina y esta dura 28 días (CODORNICES COLOMBIANAS, 2016).

2.2. Alimentación

LÁZARO *et al.* (2005) aconseja que la codorniz en fase de postura requiere de un 2.8 % de calcio y nos menciona que se debe tener en cuenta la relación calcio – fósforo que es de 4:1 para la fabricación de los piensos para dicha fase. Así mismo, CRÍA DE CODORNICES (2009) reportó que la composición química del huevo de la codorniz es 0.08% de calcio, 0.22% de fósforo, 0,13% de cloro, 0.14% de potasio, 0.13% de sodio, 0.19% de azufre, 0.031% de hierro, 0.33% de manganeso, 1.86% de cobre, 0.09% de yodo y 0.04% de magnesio.

Cuadro 1: Requerimientos nutricionales de codornices japonesas en fase de cría/recría y postura

Nutrientes	Postura
Proteína (%)	18.80
Energía metabolizable (kcal/kg)	2800
Grasa (%)	-
Fibra (%)	-
Calcio (%)	2.922
Fósforo disponible (%)	0.304
Lisina (%)	1.233
Metionina (%)	0.543
Treonina (%)	0.777
Triptófano (%)	0.259
Sodio (%)	0.146

Fuente: ROSTAGNO *et al.* (2011)

2.3. Fuentes de calcio

HELLWIG (2000) citado por ENTING Y PÉREZ (2018) viene investigando el intento por ofrecer a los animales diferentes fuentes de calcio a diferentes cantidades a lo largo del proceso de formación de la cáscara del huevo para poder atender de la mejor manera las necesidades fisiológicas del ave.

2.3.1. Carbonato de calcio

ESCOBAR (2017) afirma que el carbonato de calcio (CaO_3) es de origen mineral y que es la fuente de calcio más económica, segura, natural y de mejor disponibilidad (mayor absorción) para el animal con el 64%.

Composición química. - ESCOBAR (2017) menciona que la biodisponibilidad del (CaO_3) es del 86%, entre tanto MELO *et al.* (2006) analizaron la composición mineral y la solubilidad in vitro de las diferentes fuentes de calcio, entre ellas el (CaO_3) con 37% de calcio y con una solubilidad de 19.38%.

2.3.2. Conchuela

La conchuela es un mineral constituido principalmente por (CaO_3) y éste es producido por la naturaleza como resultado de la acumulación de bancos de conchas o caparazones de moluscos marinos en grandes cantidades desde hace once millones de años, a las cuales se suman los nuevos depósitos de dichos materiales correspondientes a los moluscos muertos y varados por el oleaje marino sobre las playas de los litorales de todos los continentes (JARA Y CANELO, 2011); además, FEDNA (2015) indica que esta es una fuente importante de calcio y que la cantidad de calcio depende del tratamiento térmico que se realice.

La conchuela es una fuente alternativa de calcio para las aves, dado a que, este calcio está tan disponible como el de la piedra caliza, pero este es menos soluble y de tamaño más grueso, por lo que se libera más lentamente en el sistema digestivo (ROSTAGNO *et al.*, 2005) y como consecuencia está disponible en horas de oscuridad en el sistema digestivo, período en el cual el ave no come, pero precisa de calcio para la formación de la cáscara (BUENDÍA *et al.*, 2016); asimismo JARA Y CANELO (2011) señalan que

la conchuela suele mejorar la calidad de la cáscara especialmente en aves viejas o condiciones de calor excesivo.

Composición química. – MELO *et al.* (2006) analizaron la composición mineral y la solubilidad in - vitro de la conchuela el cual reporto 35% de calcio y una solubilidad de 26%; mientras BUENDÍA *et al.*, (2016) indica que esta conchuela brinda un aporte de calcio del 28% al 30% cuando ésta se encuentra libre en la arena y no ha sufrido algún cambio térmico; además, por ser este un producto marino aporta yodo.

Cuadro 2: Contenido de calcio en muestras de conchuela procedentes del litoral de Pisco y Arequipa.

Muestra (Nº)	Lugar de Procedencia	Calcio (%)	Laboratorio
1	Pisco	38.68	Inassa
2	Pisco	32.60	Inassa
3	Arequipa	36.96	Inassa
4	Arequipa	32.06	UNALM
5	Arequipa	35.09	UNALM
Promedio	-	35.08	-

Inassa: International Analytical Services S.A.C, UNALM: Universidad Nacional Agraria de la Molina

Fuente: JARA Y CANELO (2011)

2.4. Granulometría

La granulometría del calcio suministrado a la ponedora en el alimento o en la suplementación, es uno de los factores más importantes, pues éstas tienen necesidades de calcio de rápida solubilidad (partículas con tamaño inferior a 1,0mm de diámetro), pero dichas partículas no tendrían el tamaño

suficiente para ser retenidas en la molleja y menos para ser usadas en la etapa oscuras del día (EL SITIO AVICOLA, 2012)

Así mismo, MILES (2000) citado por MURATA *et al.* (2009) señalan que el uso de las fuentes de calcio con distintas granulometrías ha sido una práctica rutinaria en la alimentación de ponedoras dado que, por la noche cuando el trato digestivo del ave este vacío, los huesos es la principal fuente de calcio para la formación de la cáscara, ya que las partículas finas de calcio son rápidamente solubilizadas y, por lo tanto, la granulometría de las fuentes de calcio puede influir en la disponibilidad de este mineral, ya que cuando se utiliza partículas de calcio con menor solubilidad, el tracto digestivo de las aves podrán solubilizarlo en forma gradual.

2.4.1. Granulometría del carbonato de calcio

JARA Y CANELO (2011) reportan que el tamaño óptimo a suministrar en las gallinas ponedoras deberá estar entre 2.5 - 4,5mm y que para maximizar los beneficios se usa entre 70 - 80% de carbonato grueso y el resto suplementarlo con partículas finas (menor a 1 mm), manifiestan también que es frecuente encontrar "piedrecitas" entre la gallinaza, cuando se suministra partículas mayores a 4.5 mm de diámetro, lo que indica un síntoma de la no absorción cálcica.

2.4.2. Granulometría de la conchuela

La conchuela de ostras se clasifica en grano fino el cual posee una granulometría de 0.5 a 2 mm el cual es usado en aves pequeñas y pollos de

engorde, codornices y faisanes; la conchuela de ostra de grano grueso con tamaño de 3 a 5 mm, usado en gallinas de crianza y ponedoras (ABONOMAR, 2010).

2.5. Calidad de la cáscara de huevo

SOUZA Y SIEWERDT (2005) afirman que en la superficie de la cáscara además se encuentra una capa lipídica que tiene como función principal la impermeabilización del huevo, evitando así las pérdidas de agua y protegiendo al embrión contra microorganismos.

En investigaciones realizadas ARIAS (2016) concluye que las fuentes de (CaO_3) (piedra caliza) y conchuela suministradas en la dieta de las gallinas de postura no van a afectar significativamente a la calidad de la cáscara, pero señala que la conchuela al tener un mayor tamaño va a permanecer más tiempo en el tracto digestivo del ave para ser absorbida lentamente.

2.5.1. Concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara de huevo

En investigaciones realizadas en gallinas HY – Line Brown utilizando diferentes concentraciones en el tamaño de partícula de la piedra caliza KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) indican estadísticamente que, la mayor concentración de calcio en la cáscara de huevos se da con piedra caliza tiene la misma concentración en la dieta tanto en tamaño pequeño (0.1 a 0.4 mm) de la partícula como en tamaño grande (2 a 4 mm), además se obtuvo diferencia estadística cuando se realizó la comparación entre la fuente piedra

caliza y la conchuela, en la que mejor concentración de calcio tiene la piedra caliza.

BOTANICAL (2017) señala que la cáscara de huevo de la gallina presenta una concentración de ceniza y calcio del 96.9 gramos y 38 mg respectivamente; asimismo RAO Y ROLAND (1990) citado por MELO (2017) menciona que alimentaron ponedoras con diferentes niveles de carbonato de calcio de 3, 4, 5 y 6%, el cual estaba dividido en diferentes tamaños de partículas de carbonato de Calcio fino (0,5-0,8 mm) y grueso (2-4 mm), observando niveles más bajos de solubilidad y de retención cuando se aumentaron los niveles de Calcio, así mismo se observó con partículas gruesas. El fósforo representa el 0.35% del peso total de la cáscara del huevo de la gallina y se encuentra bajo la forma de fosfato tricálcicos, esta pequeña cantidad de fósforo no está homogéneamente distribuida, sino que se concentra en las capas más extremas (parte superficial de la cáscara), justo debajo de la cutícula orgánica (ESCALANTE, 2017)

2.5.2. Porcentaje de huevos rotos

En trabajos realizados en gallinas ponedoras, MURATA *et al.* (2009) señalan que, cuando se suministra piedra caliza en diferentes tamaños, no se presenta diferencia estadística en el porcentaje de huevos perdidos (huevos fárfara y huevos rotos); asimismo, BUXADE (1987) citado por CHIPAO (2014) señala que la calidad de cáscara queda evidenciada por el hecho de que no menos del 6% al 8% de los huevos producidos por las ponedoras, en

condiciones correctas, se rompen, tanto en la propia caseta como durante su manipulación y posterior transporte.

VIVAR *et al.* (2016) mencionan que el porcentaje de huevos rotos de toda la producción es 1.7% y de los huevos fárfara es de 0.35%; mientras, ROSARIO Y NIEVES (2015) señalan que de la producción en total el 0.77% pertenece a los huevos rotos y el 0.97% pertenece a los huevos fárfara (cáscara delgada)

2.5.3. Porcentaje de cáscara de huevo influenciada al peso del huevo

En investigaciones realizadas en gallinas HY – Line Brown sobre las diferentes concentraciones en el tamaño de partícula de la piedra caliza KORELESKI y ŚWIAŹTKIEWICZ (2004) indican que, no hay diferencia estadística en el porcentaje de cáscara cuando se le suministra la fuente de piedra caliza a diferentes concentraciones de tamaño de partícula (0.1 a 0.4 mm y 2 a 4 mm); además, no hubo diferencia estadística entre la piedra caliza y conchuela. En trabajos realizados en gallinas ponedoras, MURATA (2008) señala que, cuando se suministró piedra caliza en diferentes tamaños, no se va a presentó diferencias ($p>0.05$) para el porcentaje de cáscara de huevo.

2.5.4. Dureza de la cáscara de huevo

KORELESKI y ŚWIAŹTKIEWICZ (2004) indican que la piedra caliza cuando se suministra al 100% de la dieta en tamaños de 0.1 – 0.4 mm, estadísticamente presenta una mejor dureza en el huevo de gallinas, además

realizaron la comparación entre piedra caliza y conchuela, en la que piedra caliza tiene mejor dureza estadísticamente.

MURATA *et al.* (2009) señalan que, en trabajos realizados en gallinas ponedoras, sobre el tamaño de partícula pequeño y grande) de piedra caliza, se indica que no hubo diferencia estadística en la dureza de la cáscara de huevo en torno al tamaño de partícula de la fuente de calcio; asimismo, en investigaciones en gallinas de postura realizada por ESTRADA *et al.* (2013), señalan que, al suministrar diferentes niveles calcio la dureza de la cáscara de huevo se mantenía constante con 0.003 kg/cm².

2.5.5. Espesor

CHIPAO (2014) señala que en trabajos realizados en codornices con la suplementación de diferentes fuentes de calcio (fósforo dicálcico y harina de huesos), indica que en el espesor de la cáscara no reporta diferencia estadística entre las fuentes fósforo dicálcico (0.251 mm) y harina de huesos (0.253 mm)

En investigaciones realizadas en gallinas HY – Line Brown sobre las diferentes concentraciones en el tamaño de partícula de la piedra caliza KORELESKI y ŚWIAŹKIEWICZ (2004) indican que no hay diferencia estadística en el espesor de la cáscara cuando se le suministra piedra caliza a diferentes concentraciones de tamaño (0.1 a 0.4 mm y 2 a 4 mm); además, no hubo diferencia estadística entre piedra caliza y conchuela.

Asimismo, SOTO (2004) reporta 0.197 mm de espesor de la cáscara y 0.063 mm de espesor de la membrana, también, JUÁREZ *et al.* (2010)

indican que la cáscara del huevo de la gallina presenta un grosor de 0.31 mm, mientras que la cáscara del huevo de codorniz presenta 0.18 mm, siendo este aproximadamente la mitad del espesor de los huevos de gallina.

2.5.6. Consumo diario de alimento

En trabajos realizados por BUENDÍA *et al.* (2016) señalan que, cuando se les suministra las fuentes carbonato de calcio molido y conchuela en forma de harina por separado a los pollos de carne, se obtiene un mejor resultado estadísticamente el consumo de alimento con la fuente carbonato de calcio en harina

En investigaciones realizadas en gallinas HY – Line Brown sobre las diferentes concentraciones en el tamaño de partícula de la piedra caliza KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) indican estadísticamente que, el mayor consumo de alimento se da en la fuente de piedra caliza con la mayor concentración (80 y 90 %) en el tamaño del calcio (2 – 4 mm), pero cuando la dieta tiene al 100% partículas grandes (2 – 4 mm), el consumo de alimento es bajo, además realizó la comparación entre la fuente piedra caliza y conchuela, en la que mejor resultado obtuvo la piedra caliza con concentraciones del 80 a 90 % en tamaños de 2 – 4 mm

2.5.7. Conversión alimenticia

En investigaciones realizadas en las gallinas HY – Line Brown sobre las diferentes concentraciones en el tamaño de partícula de la piedra caliza KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) indican estadísticamente que, la mejor

conversión alimenticia se da con la piedra caliza en concentraciones que van desde el 0% al 90% con el tamaño del calcio de 2 a 4 mm, pero cuando la dieta tiene al 100% de partículas grandes (2 a 4 mm), la conversión alimenticia es deficiente, además realizaron la comparación entre la fuente piedra caliza y conchuela, en la que no se obtuvo diferencia estadística.

OLIVEIRA (2018) señala que, en trabajos realizados en codornices europeas de 8 a 35 días, se suplementa con fuentes de calcio como el calcario cálcico, carbonato de calcio, harina de concha de mejillones, harina de concha de moluscos y harina de ostras, registraron una conversión alimenticia de 2.97, 2.96, 2.88, 2.91 y 2.86, respectivamente.

2.5.8. Porcentaje de postura

CHIPAO (2014) señala que en trabajos realizados en codornices con la suplementación de diferentes fuentes de calcio (fósforo dicálcico y harina de huesos), indica que el porcentaje de postura es mayor con la fuente fósforo dicálcico (55.9%) y harina de huesos (57.4%), ambas al 100% como suplemento de calcio en la ración.

SAN MIGUEL *et al.* (2016) realizaron evaluaciones sobre las diferentes granulometrías de carbonato de calcio en las gallinas de postura, en la cual se obtuvo que, al suministrar a la dieta tamaños de partículas de 3 mm hasta 6 mm de calcio, se obtuvo estadísticamente un mayor porcentaje de postura, mientras que cuando se suministra a la dieta tamaños de partículas de 9 m, el porcentaje de postura disminuye.

En investigaciones realizadas en gallinas ponedoras de 58 a 73 semanas de edad, SAFAA *et al.* (2009) no encontraron diferencia estadística en la productividad ni en la calidad del huevo cuando se suministra diferentes fuentes de calcio como el carbonato fino ($337 \pm 2,0 \mu\text{m}$), el carbonato grueso ($3.360 \pm 1,3 \mu\text{m}$) y la conchuela ($2.557 \pm 1,5 \mu\text{m}$); entre tanto, GARGUREVICH (2002) reporta un 82% de postura en codornices.

2.5.9. Peso del huevo

CHIPAO (2014) señala que en trabajos realizados en codornices con la suplementación de diferentes fuentes de calcio (fósforo dicálcico y harina de huesos), indica que el peso de huevo no difiere estadísticamente entre las fuentes de fósforo dicálcico (12.10 gramos) y harina de huesos (12.32 gramos)

SAN MIGUEL *et al.* (2016) realizaron evaluaciones sobre las diferentes granulometrías de carbonato de calcio en gallinas de postura, en la cual se obtuvo que, al suministrar diferentes tamaños de partícula de 1, 3, 6 y 9 mm de carbonato de calcio, el peso del huevo no varía estadísticamente.

KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) indican que no hay diferencia estadística en el peso del huevo cuando se suministra a la dieta de las gallinas ponedoras diferentes tamaños de piedra caliza (0.1 – 0.4 mm y 2 – 4mm) y las diferentes concertaciones en el tamaño (0, 90, 80, 60, 50, 40, 20, 10 y 0 %), además de que tampoco hay diferencia estadística entre las fuentes piedra caliza y conchuela.

2.5.10. Masa de huevo

En trabajos realizados en codornices NASCIMENTO (2013) señala que no hay diferencia estadística en la masa del huevo cuando se suministra a la dieta fosfato bicálcico en tamaño pequeño (0.145 mm) y tamaño grande (0.310 mm).

GORRACHATEGUI (1996) señala que en estudios realizados sobre la masa de huevo de codornices alimentadas con dietas con un porcentaje de proteína de 22% y con una energía metabolizable de 2500, 2900 y 3300 kcal/kg tienen una masa de 8.85, 8.56 y 8.63 gramos; mientras VILLANUEVA (2017) reporta que la masa de huevos que se produce en una campaña es de 3 kg por codorniz, lo que equivale a 25 veces su propio peso.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha

El presente trabajo de investigación experimental se ejecutó dentro de una crianza familiar, adecuadamente acondicionada para una explotación intensiva, el cual se encuentra ubicada en la ciudad de Naranjillo, Distrito de Rupa - Rupa, Provincia de Luyando y Departamento de Huánuco; geográficamente ubicada a $9^{\circ}14'49''$ de latitud sur y $75^{\circ}59'31''$ de longitud oeste, con una altitud de 620 msnm., con una humedad relativa promedio de 61.53% con mínimo de 41.97% y máximo de 81.10%, una temperatura promedio de 26.32°C con mínimo de 21.01°C y máximo de 31.62°C

El análisis químico, se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de La Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, Distrito de Rupa - Rupa, Provincia de Leoncio Pardo y Departamento de Huánuco; geográficamente ubicada a $09^{\circ}17'58''$ de latitud sur y $76^{\circ}01'07''$ de longitud oeste, con una altitud de 660 msnm., con una humedad relativa promedio de 84.09%, una temperatura promedio de 24.8°C y una precipitación pluvial media de 3194 mm distribuidos durante todo el año; la zona es considerada como bosque húmedo tropical (UNAS, 2014)

La fase de investigación se inició el 06 de junio del 2018 y concluyó el 19 de agosto de 2018, con una duración de 63 días (9 semanas).

3.2. Tipo de investigación

El trabajo corresponde al tipo de investigación experimental.

3.3. Componentes en estudio

3.3.1. Instalaciones y equipo

El trabajo experimental se realizó dentro de una crianza familiar, adecuadamente acondicionada para una explotación intensiva, en la que se encontraban cuatro módulos con cinco jaulas por modulo, cada jaula con medidas de 0.40 m de ancho x 0.60 m de largo y 0.15 m de altura, con rejillas con una abertura de 10 mm y con una pendiente del 3%, estas jaulas tenían un espacio adecuado para el almacén momentáneo de los huevos, cada jaula albergo 15 codornices hembras (unidad experimental).

Los equipos usados en el ensayo fueron un Termohigrómetro, con mínimos y máximos de temperatura y humedad, una balanza de precisión marca DIGITAL SCALE con 0.01 gramos de sensibilidad y con una capacidad de 100 gramos, una balanza de presión marca CAMRY con 1 gramo de sensibilidad y con una capacidad de 5 kg, se usó también un durómetro artesanal (constaba de un manómetro, el cual se encontraba unido a una manguera de 0.5 mm) y esto a su vez estaba unido a una jeringa de 10 ml) y un vernier digital marca KAMASA con 0.01mm de sensibilidad.

3.3.2. Iluminación

La iluminación fue de 4 horas de luz artificial y 12 horas de luz natural.

3.3.3. Animales experimentales

En el estudio, se usaron 120 codornices hembras de 8 meses de edad, las codornices hembras fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones y 15 codornices por repetición, cada unidad experimental estuvo compuesta por 15 aves; mientras que los machos se ubicaban en una jaula aparte ya que el canto estimula la postura y aseguran la tranquilidad del plantel.

3.3.4. Insumos en estudio

Los insumos usados para la investigación fueron carbonato de calcio y conchuela, todas en dos tamaños (pequeño y grande)

Carbonato de calcio. - Este insumo fue adquirido de la una planta de alimentos “El comedero” situada en Huachipa, este carbonato de calcio fue adquirido en tamaños de 0 a 1.5 mm y mayores a 1.5 a 3 mm, el cual presenta un color blanquecino

Conchuela. - Este insumo se obtuvo de la empresa “PERU CONCHUELA”, el cual comercializa este material, esta conchuela es originada de los yacimientos de Ica, luego de ser adquirido, este insumo este paso por un proceso molienda y luego paso por el proceso de tamiz el cual separo las partículas grandes (mayores a 1.5 – 3 mm) de las pequeñas (0 – 1.5 mm), este proceso se llevó acabo artesanalmente.

Estos insumos mencionados fueron incluidos como fuente de calcio en las dietas de codornices en la fase de postura.

3.3.5. Dietas experimentales y alimentación

Las dietas (Cuadro 3) fueron formuladas mediante el programa Mixit-2, en base a las tablas ROSTAGNO *et al.* (2017) y la preparación del alimento fue cada 20 días en la Planta Procesadora de Alimento Balanceado “El granjero” de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el cual para obtener un buen mezclado en las dietas, se realizó una pre mezcla de los micronutrientes por separado por cada tratamiento, una vez obtenido la pre mezcla se procedió al mezclado final de los insumos en una mezcladora vertical con capacidad de 50 kg por un tiempo de 10 minutos, para luego proceder con el pesaje del alimentó.

En el trabajo de investigación, a las codornices se les proporciono 25 g/ave/día, este fue ofertado tres veces por día, en la cual se suministraba el alimento en horas de la mañana, tarde y noche y el agua fue suministrada ad libitum.

Para ofertar el alimento a las aves, las jaulas estuvieron implementadas con comedero lineal de metal, las cuales contaban con sus respectivas identificaciones, para el sistema de agua se utilizó un bidón de 20 litros con el cual se repartía a las jaulas mediante un sistema de mangueras que terminaban en bebederos tipo copa.

Cuadro 3: Dietas experimentales y requerimientos nutricionales de las codornices japónica en fase de postura

Insumos	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Maíz amarillo molido	42.02	42.02	41.25	41.25
Torta de soya	31.65	31.65	32.60	32.60
Afrecho de trigo	11.80	11.80	10.30	10.30
Aceite de palma	3.44	3.44	3.93	3.93
Carbonato de calcio	7.56	7.56	0.00	0.00
Conchuela	0.00	0.00	8.80	8.80
Enzima (Avizyme®)	0.01	0.01	0.01	0.01
Sal común	0.36	0.36	0.12	0.12
Fosfato monobicalcico	0.87	0.87	0.89	0.89
Cloruro de colina	0.12	0.12	0.12	0.12
L-Lisina 78.4%	0.18	0.18	0.18	0.18
DL-Metionina 99%	0.23	0.23	0.23	0.23
Afalban	0.05	0.05	0.05	0.05
Bicarbonato de sodio	1.50	1.50	1.50	1.50
BMD 10%	0.05	0.05	0.05	0.05
BHT	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla vit + min.	0.12	0.12	0.12	0.12
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Proteína total, %	20.489	20.489	20.427	20.427
EM, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
Grasa, %	6.442	6.442	6.863	6.863
Fibra bruta, %	3.050	3.050	2.924	2.924
Calcio, %	3.158	3.158	3.158	3.158
Fósforo disponible, %	0.327	0.327	0.327	0.327
Sodio, %	0.155	0.155	0.155	0.155
Lisina digestible, %	1.107	1.107	1.107	1.107
Metionina digestible, %	0.498	0.498	0.498	0.498
Treonina digestible, %	0.675	0.675	0.675	0.675
Triptófano digestible, %	0.232	0.232	0.232	0.232

BMD: Bacitracin methylene disalicylate, BHT :Butil Hidroxil Tolueno (antioxidante), EM: Energía metabólica

3.4. Variables independientes

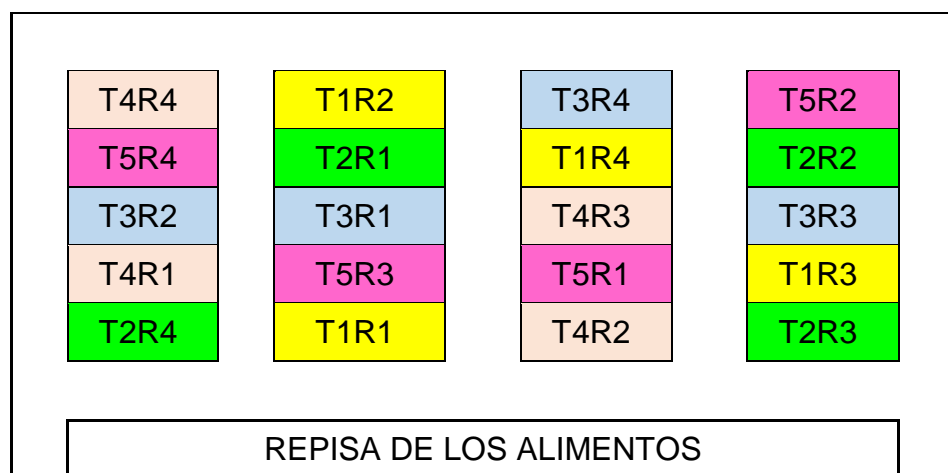
- ❖ Fuentes de calcio
- ❖ Tamaños de partícula

3.5. Tratamiento en estudio

Los tratamientos en estudio serán:

- ❖ T1 : Dieta comercial con carbonato de calcio en partícula de 0 a 1.5 mm
- ❖ T2 : Dieta comercial con carbonato de calcio en partículas mayores a 1.5 a 3 mm
- ❖ T3 : Dieta comercial suplementada con conchuela en partícula de 0 a 1.5 mm
- ❖ T4 : Dieta comercial suplementada con conchuela en partículas mayores a 1.5 a 3 mm

3.6. Croquis de distribución de los tratamientos



3.7. Diseño estadístico

El trabajo estuvo conducido bajo un Diseño completamente al azar, con arreglo factorial (2 X 2) (2 fuentes de calcio x 2 tamaños de partícula) en el

cual los animales fueron distribuidos en 4 tratamientos y 4 repeticiones y cada repetición con 15 codornices.

El modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + T_j + (F_i \times T_j) + e_{ijkl}$$

Dónde:

- Y_{ijkl} : i – ésima fuente de calcio de la j – ésimo tamaño de partícula
- μ : Media poblacional
- F_i : Efecto del i – ésima fuente de calcio (Carbonato de calcio y conchuela)
- T_j : Efecto del j – ésimo tamaño de partícula (0 a 1.5 mm y >1.5 a 3 mm)
- $(F_i \times T_j)$: Efecto de la interacción del i – ésima fuente de calcio y del j – ésimo tamaño de partícula
- e_{ijkl} : Error experimental.

Para el análisis de varianza se usó el Software estadístico InfoStat (INFOSTAT, 2018) y para las interacciones del análisis químico el test de SNK ($p < 0.05$) y las diferencias entre los promedios de cada tratamiento se realizó utilizando el test Tukey ($p < 0.05$),

3.8. Variables dependientes

Parámetros de calidad

❖ Análisis químico

- ✓ Concentración de ceniza en la cáscara de huevo, %
- ✓ Concentración de calcio en la cáscara de huevo, %
- ✓ Concentración de fósforo en la cáscara de huevo, ppm

❖ Parámetros físicos

- ✓ Número de huevos rotos, %
- ✓ Porcentaje de cáscara en función del huevo, %
- ✓ Dureza de la cáscara, gf/cm^3
- ✓ Espesor de la cáscara, μm

Índices zootécnicos

- ❖ Consumo diario de alimento, g
- ❖ Conversión alimenticia para huevo, kg/kg
- ❖ Producción de huevos, %
- ❖ Peso de huevo, g
- ❖ Masa de huevo, g

3.9. Metodología

3.8.1. Concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara del huevo

Para esta evaluación, se obtuvieron 7 muestras por cada repetición, a las cuales se les extrajo la cáscara, estas muestras fueron sacadas del día 0, 30 y 60. Para el análisis de las muestras, estas fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía para determinar la concentración de materia seca, ceniza, fósforo y calcio; el procedimiento que se uso fue el siguiente:

Para determinar la humedad, primero se procedió a secar las muestras en una estufa a 105°C por 24 horas, luego, estas cáscaras pasaron

por un mortero de porcelana hasta que la muestra quede en polvo, muy aparte en una balanza analítica se pesaron crisoles, se tararon y se colocó la muestra con un mínimo de peso de 2 gramos y con máximos de peso de 2.044 gramos, estos fueron llevados a la estufa a 105°C por 24 horas y luego de ser sacados, se pusieron en una campana desecadora y se dejaron por 15 minutos, luego estos crisoles con las muestras fueron pesadas en una balanza analítica.

Así mismo, los crisoles con las muestras fueron trasladadas a la mufla a una temperatura de 600°C por 5 horas, luego se sacaron y se pasaron a una campana desecadora por 15 minutos, para luego ser pesados en una balanza analítica.

Luego se pasó a realizar a digestión acida, para realizar este proceso, las muestras pasaron a ser humedecidas con agua destilada para luego echarles 2 ml de ácido clorhídrico completo (HCl) a cada muestra, estas muestras fueron llevadas a una campana extractora de gas en la cual adentro se encontraba la estufa, allí se colocaron las muestras hasta que queden húmedas, luego se echaron 4 ml de ácido clorhídrico al 50% a estas mismas muestras y siguieron en la estufa hasta que estas muestras queden húmedas, luego se volvieron a echar 2 ml de ácido clorhídrico completo (HCl) a las mismas muestras y siguieron en la estufa hasta que estas muestras queden secas.

Muy aparte se hizo hervir agua destilada y esta fue echada en los crisoles con la muestra seca, con una bagueta artesanal se mezclaron las muestras con el agua y estas se echaron en las fiolas con embudos y papeles de filtro y esto se realizó para filtrar la muestra, este proceso se repitió hasta que

el crisol quede limpio, luego se enrazo con agua destilada en las fiolas y se mezcló la muestra para que quede homogénea.

Para preparar las disoluciones para determinar la cantidad de calcio, se usó una micro pipeta de 10 – 100 µl y de 1000 – 5000 µl de la marca DRAGON LAB, el cual separó 0.1 ml de muestra y se colocó en tubos de ensayo y se adiciono 9.9 ml de agua, esto se realizó por cada fiola, la disolución preparada fue 1/10, 1/100, 1/1000.

Para preparar las disoluciones para determinar la cantidad de fósforo, se usó una micro pipeta de 10 – 100 µl y de 1000 – 5000 µl de la marca DRAGON LAB, el cual separó 0.1 ml de muestra y se colocó en tubos de ensayo y se adiciono 9.9 ml de óxido de lantano 0.5 (La₂O₃), esto se realizó por cada fiola, la disolución preparada fue 1/10, 1/100, 1/1000. Estas muestras fueron llevadas al espectro fotómetro modelo SPECTRA 55B, con el cual se obtuvo datos, que luego fueron procesados.

Las evaluaciones fueron realizadas según el manual de análisis químico de suelos, plantas y agua de BAZAN (1996).

3.8.2. Porcentaje de huevos rotos

Para esta parte la investigación, se contabilizo todos los huevos quebrados o con roturas finas detectables a simple vista, esto fue expresado con el porcentaje de la producción total de cada repetición, esto se llevó a cabo por un periodo de 63 días.

$$\text{Huevos rotos (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de huevos rotos} \times 100}{\text{Producción de huevos}}$$

3.8.3. Porcentaje de la cáscara en relación al peso del huevo

Para esta parte de la investigación, se tomaron 7 huevos en la cual a cada huevo se le retiró la parte interna, luego esta cáscara se ponía a secar y se procedía al proceso de pesaje, para ello se utilizó una balanza de precisión marca DIGITAL SCALE con 0.01 gramos de sensibilidad. Para realizar los cálculos se añadió el peso del huevo, estas mediciones fueron realizadas cada semana.

$$\text{Cáscara (\%)} = \frac{\text{Peso de la cáscara (g)} \times 100}{\text{Peso del huevo (g)}}$$

3.8.4. Dureza de la cáscara

Para esta evaluación, se tomaron 7 huevos, que se pusieron en un durómetro artesanal para medir la fuerza con la que la cáscara es capaz de romperse, esto se colocó para el lado de los polos del huevo y se ejerció presión con el durómetro artesanal, estas mediciones fueron realizadas cada semana.

3.8.5. Espesor de la cáscara

Para esta evaluación, se tomaron 7 huevos que se usaron para el peso de la cáscara, para el cual se usó un vernier digital marca KAMASA con 0.01mm de sensibilidad y se tomaron las muestras de la parte ecuatorial de cada huevo.

3.8.6. Consumo diario de alimento

Para la evaluación de consumo diario de alimento, se pesó el alimento suministrado diariamente y se sacó la diferencia con el alimento sobrante.

3.8.7. Conversión alimenticia para huevo

Para determinar la conversión alimenticia (C.A), se sumó la cantidad de alimento consumido durante los 63 días y se restó el alimento sobrante al final de la evaluación, este resultado se dividió entre la cantidad de huevos producidos por cada repetición durante el mismo periodo, para obtener los resultados, se usó la siguiente formula:

$$C.A = \frac{\text{Total del consumo de alimento (g)}}{\text{Total de huevos producidos (g)}}$$

3.8.8. Porcentaje de postura

Para la evaluación de la producción de huevos, se determinó la cantidad de huevos producidos por cada repetición (15 codornices), esto fue realizado diariamente en un periodo de 63 días, para obtener los resultados, se usará la siguiente formula:

$$\text{Postura (\%)} = \frac{\text{Número de huevos producidos diariamente}}{\text{Número de codornices}} \times 100$$

3.8.9. Peso del huevo

Para esta parte de la investigación se pesó en forma unitaria 7 huevos por cada repetición, para ello se utilizó una balanza de precisión marca

DIGITAL SCALE con 0.01 gramos de sensibilidad, estas mediciones fueron realizadas durante 9 semanas.

3.8.10. Masa del huevo

Para la evaluación de la masa de huevo, se determinó el porcentaje de postura de cada repetición, luego se pesó de todos los huevos de cada repetición (15 codornices) con una balanza de presión marca CAMRY con 1 gramo de sensibilidad, esto pesos se realizaron diariamente por un periodo de 63 días, y para obtener los resultados, se usó la siguiente formula:

$$\text{Masa del huevo} = \frac{\% \text{ de producción} \times \text{peso diario de los huevos (g)}}{100}$$

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros de calidad

4.1.1. Parámetros químicos

En el Cuadro 4 se observa el Promedio \pm desviación estándar del análisis químico en relación a la concentración de ceniza (Cz), calcio (Ca) y fósforo (P) en la cáscara de huevos de la codorniz en el último día del ensayo.

Cuadro 4: Concentración de ceniza (Cz), calcio (Ca) y fósforo (P) de la cáscara de huevo de la codorniz ($\bar{X} \pm DE$, n=28)

Factores	Cz, %	Ca, %	P, ppm
Fuentes de calcio			
CAR	70.97 \pm 0.06	2.14 \pm 2.04	508 \pm 0.03 a
CON	69.60 \pm 0.04	2.15 \pm 1.20	392 \pm 0.06 b
Tamaño de partícula			
Pequeño	73.17 \pm 0.04 a	2.25 \pm 1.08 a	472 \pm 0.06 a
Grande	67.46 \pm 0.05 b	2.04 \pm 1.58 b	429 \pm 0.10 b
Fuentes	0.0557	0.0717	0.0001
Tamaño	0.0001	0.0001	0.0001
Inter. (F×T)	0.0019	0.0001	0.0001
C. V (%)	4.54	4.55	6.11

ab: Diferentes letras minúsculas en la misma columna para cada factor indican diferencias significativas (SNK, 0.05), Cz: Ceniza, Ca: Calcio, P: Fósforo, Inter (FXT): Interacción de la fuente con el tamaño de partícula, C.V: Coeficiente de variación, Car: Carbonato de calcio, Con: Conchuela

En el Cuadro 5, 6 y 7 se detalla la interacción que existe entre la fuente y tamaño de partícula, para las concentraciones de Ceniza (g), calcio (Ca) y fósforo (P) en la cáscara de huevo de la codorniz, analizadas en el último día del ensayo.

Cuadro 5: Interacción entre las fuentes y tamaños de partícula, para la concentración de ceniza (%) en la cáscara de huevo de la codorniz

Fuentes	Tamaño	
	Pequeño	Grande
Carbonato de calcio	73.39 aA	67.74 aB
Conchuela	70.40 bA	68.00 aB

AB: Diferentes letras mayúsculas en la misma fila de cada parámetro, indican diferencias significativas (SNK, 0.05), ab: Diferentes letras minúsculas de la misma columna, indican diferencia significativa (SNK, 0.05), trabajado con el 100% de materia seca

Cuadro 6: Interacción entre las fuentes y tamaños de partícula, para la concentración de calcio (%) en la cáscara de huevo de la codorniz

Fuentes	Tamaño	
	Pequeño	Grande
Carbonato de calcio	2.26 aA	2.01 bB
Conchuela	2.19 bA	2.12 aB

AB: Diferentes letras mayúsculas en la misma fila de cada parámetro, indican diferencias significativas (SNK, 0.05), ab: Diferentes letras minúsculas de la misma columna, indican diferencia significativa (SNK, 0.05), trabajado con el 100% de materia seca

Cuadro 7: Interacción entre las fuentes y tamaños de partícula, para la concentración de fósforo (ppm) en la cáscara de huevo de la codorniz

Fuentes	Tamaño	
	Pequeño	Grande
Carbonato de calcio	508 aA	508 aA
Conchuela	424 bA	352 bB

AB: Diferentes letras mayúsculas en la misma fila de cada parámetro, indican diferencias significativas (SNK, 0.05), ab: Diferentes letras minúsculas de la misma columna, indican diferencia significativa (SNK, 0.05), trabajando con el 100% de materia seca

4.1.2. Parámetros físicos

En el Cuadro 8, se muestra el promedio \pm desviación estándar de los huevos rotos (Rotos), porcentaje de cáscara en función al peso del huevo (Cas), dureza de los huevos (Dure) y espesor de la cáscara de huevo de las codornices en fase de postura de 32 a 41 semanas de edad, alimentadas con dietas suplementadas con diferentes fuentes de calcio y tamaños de partícula.

Cuadro 8: Parámetros físicos de calidad de la cáscara de huevo de las codornices en función a fuentes y tamaños de partículas de calcio ($\bar{X} \pm DE$, n=28)

Factores	Rotos, %	Cas, %	Dure, gf/cm ³	Espesor, μm
Fuentes de calcio				
CAR	13.00 \pm 4.93	11.03 \pm 0.75	87.21 \pm 6.16	203.20 \pm 3.81
CON	10.33 \pm 2.53	11.08 \pm 0.50	89.24 \pm 4.25	203.22 \pm 3.88
Tamaño de partícula				
Pequeño	12.17 \pm 4.96	11.00 \pm 0.63	88.25 \pm 6.80	202.32 \pm 4.72
Grande	11.16 \pm 3.09	11.11 \pm 0.064	88.20 \pm 3.48	204.10 \pm 2.34
Fuentes	0.2204	0.7060	0.4891	0.9907
Tamaño	0.6342	0.3661	0.9863	0.3816
Inter. (F×T)	0.5833	0.4416	0.9642	0.3920
C. V (%)	35.45	5.77	6.48	1.92

Rotos: Huevos rotos, Cas: cáscara en función al peso del huevo, Dure: Dureza, Inter. (F×T): Interacción de la fuente por tamaño, C.V: Coeficiente de variación, Car: Carbonato de calcio, Con: Conchuela

4.2. Índices zootécnicos

En el Cuadro 9, se observa el promedio \pm desviación estándar del consumo diario de alimento (CDA), conversión alimenticia para huevo (CA), porcentaje de postra (Post.), peso de huevo (PH) y masa de huevo (MH) de codornices en fase de postura de 32 a 41 semanas de edad, alimentadas con dietas suplementadas con diferentes fuentes de calcio y tamaños de partícula.

Cuadro 9: Índices zootécnicos de codornices en fase de postura en función a diferentes fuentes de calcio y tamaños de partícula ($\bar{X} \pm DE$, n=120)

Factores	CDA, g	CA, kg/kg	Post, %	PH, g	MH, g
Fuentes de calcio					
Carbonato de Calcio	24.82 ± 0.35	2.65 ± 0.08	82.45 ± 2.60	11.38 ± 0.12	9.38 ± 0.24
Conchuela	24.63 ± 0.57	2.64 ± 0.18	82.35 ± 6.14	11.39 ± 0.22	9.37 ± 0.63
Tamaño de partícula					
Pequeño	24.58 ± 0.61	2.60 ± 0.13	83.75 ± 4.79	11.32 ± 0.22	9.48 ± 0.47
Grande	24.92 ± 0.21	2.69 ± 0.13	81.05 ± 4.16	11.44 ± 0.09	9.27 ± 0.46
Fuentes	0.3333	0.8398	0.9650	0.9169	0.9742
Tamaño	0.1801	0.1984	0.2842	0.2269	0.4211
Inter. (F×T)	0.7331	0.6856	0.7103	0.7076	0.7688
C. V (%)	1.90	5.30	5.85	1.58	5.36

CDA: Consumo de alimento diario, CA: Conversión alimenticia para huevo, Post: Postura, PH: Peso del huevo, MH: Masa de huevo, Inter. (F×T): Interacción de la fuente por el tamaño, C.V: Coeficiente de variación

V. DISCUSIÓN

5.1. Parámetros de calidad

5.1.1. Análisis químico

En el Cuadro 4 se observa que las fuentes de calcio (carbonato de calcio y conchuela) y tamaños de partícula (pequeña y grande) no influenciaron en la concentración de ceniza (Cz) y calcio (Ca) en la cáscara de huevo, pero si hubo influencia ($p < 0.05$) sobre la concentración de fósforo (P) obtenida de la cáscara de huevo de la codorniz al final del ensayo, además, se presentó interacción ($p < 0.05$) entre ambos factores evaluados; asimismo, la fuente carbonato de calcio acumuló mayor cantidad de fósforo con 508 ppm, caso contrario se da con la fuente conchuela que acumuló 392 ppm de fósforo.

Los resultados obtenidos son inferiores al mencionado por BOTANICAL (2017), quien señala que la cáscara de huevo de la gallina presenta una concentración de ceniza y calcio del 96.9 % y 38 mg, respectivamente; así mismo, se obtuvo en el ensayo con las codornices valores que oscilan entre los 69.69 a 70.97% de ceniza y de 2.14 a 2.15% de calcio.

FLORES (1994) citado por CHIPAO (2014) señala que la cantidad de fósforo que se concentra en la cáscara de huevo de la gallina es de 21 mg, siendo este resultado mayor a lo obtenido en el ensayo con las codornices con valores que oscilan entre los 392 a 508 ppm de fósforo.

Las aves de postura es uno de los animales que aprovecha más eficientemente la relación calcio - fósforo, ya que para que se pueda absorber el calcio del intestino, es necesario el fósforo además de la vitamina D

Con respectó al tamaño de partículas (Cuadro 4), se observa que cuando el tamaño de la partícula de la fuente de calcio es pequeño se observa una mejor acumulación en la concentración de ceniza, calcio y fósforo con 73.17%, 2.25% y 472 ppm, respectivamente; mientras que, cuando el tamaño de partícula de calcio es grande se observa menor acumulación de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara de huevo.

En investigaciones realizadas en las gallinas HY – Line Brown sobre las diferentes concentraciones en el tamaño de partícula de la piedra caliza KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) señalan que la mayor acumulación de calcio en la cáscara de huevo se da cuando la fuente de calcio es piedra caliza, la cual contiene el 50% en tamaño pequeño (0.1 a 0.4 mm) y 50% en tamaño grande (2 a 4 mm).

Asimismo, RAO Y ROLAND (1990) citado por MELO (2017) menciona que alimentaron gallinas ponedoras con diferentes niveles de carbonato de calcio de 3%, 4%, 5% y 6%, el cual estaba dividido en diferentes tamaños de partículas de carbonato de calcio pequeño (0.5 a 0.8 mm) y grande (2 a 4 mm), observando niveles más bajos de solubilidad y de retención cuando se aumentaron los niveles de calcio; asimismo, se observó con partículas gruesas.

Cuando se suministra a las aves de postura partículas grande de calcio, la solubilidad de éstas es más lenta cuando interacciona con el ácido

clorhídrico de la molleja, por ende, cuando se requiera calcio, este se usará del alimento y no de los huesos, y con ello se disminuirá la cantidad de huevos rotos, pero esto depende de la fuente que se esté tratando y de la pureza de la fuente de calcio.

El en Cuadro 5 se muestra la interacción entre los factores estudiados (fuentes de calcio y tamaño de partícula), en donde se detalla el desdoblamiento de la concentración de ceniza, observándose que las partículas pequeñas de las fuentes de calcio registraron ($p < 0.05$) mayor concentración de ceniza en la cáscara de huevo, en relación a las fuentes de calcio de tamaño grande. Estos resultados obtenidos, no concuerdan con lo establecido por SITIO AVÍCOLA (2016) que señala que al alimentar a las gallinas con partículas grande de calcio se va a mejorar la concentración de ceniza en la cáscara de huevo.

La concentración de ceniza de la cáscara de huevo es directamente proporcional a la cantidad de calcio de esta, ya que, si la concentración de ceniza disminuye, la producción de huevos y la calidad del huevo también van a disminuir.

El en Cuadro 6 se muestra la interacción entre los factores estudiados (fuentes de calcio y tamaño de partícula), donde se detalla el desdoblamiento de la concentración de calcio, observándose que las partículas pequeñas de las fuentes de calcio acumulan ($p < 0.05$) mayor concentración de calcio en la cáscara de huevo, en relación a las fuentes de calcio de tamaño grande.

DEOBALD *et al.* (1936) citado por UNDERWOOD (1983) nos menciona que la falta de calcio en la dieta va a hacer que el contenido de ceniza

disminuye gradualmente. Estos resultados concuerdan con lo obtenido a lo largo del ensayo, ya que, a mayor concentración de calcio en la cáscara de huevo de la codorniz, mayor será el porcentaje de cáscara en función al peso del huevo y menor será el porcentaje de huevos rotos.

En el Cuadro 7 se detalla la interacción entre los factores estudiados (fuentes de calcio y tamaño de partícula), en donde se detalla el desdoblamiento función a la concentración de fósforo, observándose que se acumula mayor e igual cantidad de fósforo cuando la fuente de carbonato de calcio sin importar el tamaño de partícula; asimismo, se acumula mayor concentración de fósforo en la fuente conchuela en tamaño de partícula pequeña.

ESCALANTE (2017) indica que el fósforo se encuentra en la cáscara de huevo bajo la forma de fosfato tricálcicos, el cual representa el 0.35% del peso total de la cáscara del huevo de la gallina; además, menciona que este fósforo no se encuentra homogéneamente distribuida en la cáscara, sino que se concentra en las capas más extremas (parte superficial de la cáscara), justo debajo de la cutícula orgánica.

El nivel de fósforo en rangos óptimos es importante en relación al nivel de calcio ya que su interacción puede mejorar la calidad de cáscara, el aumento de calcio y disminución del fósforo mejora la calidad de cáscara

5.1.2. Parámetros físicos

En el Cuadro 8 se observa que las fuentes de calcio (carbonato de calcio y conchuela) y tamaños de partícula (pequeña y grande) no

influenciaron ($p>0.05$) sobre el porcentaje de huevos rotos (Rotos), porcentaje de cáscara en función al peso del huevo (Pcas), dureza y espesor de la cáscara del huevo de codorniz, de 31 a 41 semanas de edad; además, no se presentó interacción ($p>0.05$) entre ambos factores evaluados. sin embargo, las codornices reportaron una menor cantidad de huevos rotos, un mayor porcentaje de cáscara en relación al peso del huevo, una mejor dureza y mejor espesor con la fuente conchuela con 10.33%, 11.08%, 89.24 gf/cm³ y 203.22 μ m, respectivamente; caso contrario se dió con la fuente carbonato de calcio.

KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) indican que cuando se le suministra a la dieta de las gallinas, conchuela y piedra caliza, ésta última, reporta menor porcentaje de rotura de los huevos; además, no existe diferencia en el porcentaje de cáscara de huevo de las gallinas cuando se les suministra conchuela y piedra caliza.

En trabajos realizados en gallinas ponedoras, MURATA *et al.* (2009) señala que, cuando se suministró piedra caliza en diferentes tamaños, no se presentó diferencia estadística en el porcentaje de cáscara de huevo. El porcentaje de huevos rotos es inversamente proporcional a la cantidad de cáscara que posee el huevo, ya que, a mayor porcentaje de cáscara, menor cantidad de huevos rotos se tendrá, debido a que esta cáscara es menos porosa.

ESTRADA *et al.* (2013) señala que la dureza de la cáscara de huevo de gallina se mantiene constante (0.003 kg/cm²), cuando se le suministra a la dieta diferentes niveles de calcio. CHIPAO (2014) señala que cuando se suministra en la dieta de las codornices fósforo dicálcico y harina de huesos, el espesor de la cáscara fue de 0.251 mm y 0.253 mm, respectivamente.

El porcentaje de huevos rotos es alto, el porcentaje de cáscara en relación al peso del huevo es baja, dureza y espesor de la cáscara de huevo son bajas, esto se puede dar debido a la procedencia del calcio, ya que algunas fuentes de calcio tienden a ser más duras, poco porosas y presentar bajas solubilidades; y al poseer una baja solubilidad, el calcio no va a hacer correctamente absorbió, y estos están relacionados con lo analizado ya que son directamente proporcionales las variables medidas.

En función al tamaño de partícula (Cuadro 5), se observa menor porcentaje de huevos rotos, mayor porcentaje de cáscara de huevo y mejor espesor de la cáscara de huevo, cuando el tamaño de la partícula de la fuente de calcio es grande; así mismo, se observa que la fuente carbonato de calcio se obtienen una mejor dureza de la cáscara de huevo con 88.25 gf/cm^3 .

MURATA *et al.* (2009) señala que, en trabajos realizados en gallinas ponedoras, cuando se suministró diferentes tamaños de partículas de piedra caliza, no se observaron diferencia ($p>0.05$) en el porcentaje de huevos rotos y porcentaje de cáscara en relación al peso de huevo.

Además, KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) señalan que no hay diferencia estadística cuando las gallinas se alimentaron con dietas suplementadas con piedra caliza (100% como suplemento en la dieta de las gallinas) a tamaños de 0.1 a 0.4 mm y de 2 a 4 mm; mientras, que en el espesor de la cáscara no fue influenciada en relación al tamaño de partícula de calcio.

En el caso del porcentaje de los huevos rotos, porcentaje de cáscara en relación al peso del huevo y espesor de la cáscara, se observa que se obtiene un mejor resultado cuando se suministra la fuente de calcio en tamaño

grande, esto se da debido a que, a mayor tamaño de partícula de calcio, más lento va a ser la absorción y el ave va a poder utilizar este calcio en la noche, ya que a esta hora se produce la formación de la cáscara.

5.2. Índice zootécnico

En el Cuadro 4 se observa que las fuentes de calcio (carbonato de calcio y conchuela) y tamaños de partícula (pequeña y grande) no influenciaron ($p>0.05$) sobre el consumo diario de alimento (CDA), conversión alimenticia (CA), porcentaje de postura (Post), peso del huevo (PH) y masa del huevo (MH) de la codorniz de 31 – 41 semanas de edad; también, no se presentó interacción ($p>0.05$) entre ambos factores evaluados. Sin embargo, numéricamente las codornices reportaron un mayor consumo diario de alimento con la fuente carbonato de calcio con 24.82 gramos, mientras que la fuente conchuela reportó un menor consumo de alimento con 24.63 gramos, respectivamente.

En trabajos realizados por BUENDÍA *et al.* (2016) señalan que, cuando se les suministra carbonato de calcio molido y conchuela en forma de harina por separado a los pollos de carne, se obtiene un mejor resultado estadísticamente en el consumo de alimento con la fuente carbonato de calcio en molido.

En el consumo de alimento se observa que numéricamente se obtuvo un menor resultado cuando se suministró la fuente conchuela, esto se da porque esta fuente es de origen marino que contiene sal (JARA Y CANELO, 2011) y esto hace que no sea tan apetecible y por ende el consumo de alimento se reduce y el consumo de agua aumente por la sal de esta fuente de calcio.

Asimismo, se observa que en el ensayo se obtuvo mejor conversión alimenticia y peso del huevo con la fuente conchuela con 2.64 kg/kg y 11.39 gramos, respectivamente; mientras que se obtuvo una deficiente conversión alimenticia para huevo con la fuente carbonato de calcio con 2.65 kg/kg y 11.38 gramos, respectivamente.

KORELESKI y ŚWIAŹKIEWICZ (2004) trabajaron con gallinas HY – Line Brown y realizaron comparaciones entre piedra caliza y conchuela, observándose ($P>0.05$) semejantes en la conversión alimenticia para huevo y el peso del huevo. La conversión alimenticia no varía, cuando se le suministra diferentes fuentes de calcio, debido a que estos suplementos son elementos minerales, los cuales no contiene proteínas, carbohidratos o lípidos; así mismo el peso del huevo se mantiene constante ya que este aumenta con la edad del ave según lo menciona CHIPAO (2014).

Además, las codornices reportaron un mayor porcentaje de postura y masa de huevo con carbonato de calcio con 82.45% y 9.38 gramos respectivamente; asimismo, se reportó un menor resultado con la fuente conchuela 80.35% y 9.37 gramos, respectivamente.

CHIPAO (2014) señala que no observó hay diferencia ($p>0.05$) para el porcentaje de postura, cuando se le suministró fósforo dicálcico (55.9%) y harina de huesos (57.4%) a la dieta de las codornices; asimismo, el porcentaje de postura está dentro del rango observado por GARGUREVICH (2002) con una postura del 82%; mientras que la masa de huevo obtenido en el ensayo es superior al reportado por GORRACHATEGUI (1996) con 8.56 gramos.

El porcentaje de postura de las codornices, se mantiene constante debido a que estos animales tienen las mismas condiciones y el mismo tipo de alimento con los mismos requerimientos nutricionales, mientras que la masa de huevo es directamente proporcional al porcentaje de postura ya que, para obtener la masa de huevos, se requiere de la cantidad de huevos producidos (%) y el peso promedio de los huevos.

Con respecto al tamaño de partículas (Cuadro 4), se observa que cuando el tamaño de la partícula de las fuentes de calcio es pequeño se observa un mejor resultado en el porcentaje de postura, conversión alimenticia y masa de huevo; mientras, que cuando el tamaño de partícula de calcio es grande se observa un mejor consumo de alimento y peso del huevo en las codornices.

BUENDIA *et al.* (2016) mencionan que, en los pollos de carne, el carbonato de calcio y conchuela en tamaño pequeño, no influyen en la ganancia de peso; asimismo, KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ (2004) reportaron mejores resultados del consumo de alimento con piedra caliza en tamaños de 2 a 4 mm con un 80 a 90% en la dieta.

En trabajos realizados con gallinas SAN MIGUEL *et al.* (2016) obtuvieron una eficiente conversión alimenticia para huevo y un mayor porcentaje de postura cuando se le suministra a la dieta un tamaño de partícula de calcio de 9 mm, pero se obtiene una deficiente conversión alimenticia y un peso de huevo que estadísticamente no varía cuando se le suministra a la dieta partículas de calcio de 1,3 y 6 mm. Asimismo, señalan un mayor porcentaje de postura, cuando se le suministra a la dieta partículas de calcio de 1, 3 y 6 mm, caso contrario se daba cuando el tamaño de partícula fue de 9 mm (SAN

MIGUEL *et al.*, 2016). Mientras, NASCIMENTO (2013) señala que la masa de huevo no cambia cuando a la dieta se le suministra diferentes tamaños de fosfato dicálcico (0.145 y 0.310 mm).

Cuando el tamaño de partícula de la fuente de calcio es suministrado, en tamaño pequeño o grande, no va a ver diferencia en el consumo diario de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de postura, peso de huevo y masa de huevo; debido a que el calcio es un mineral, y este solo va a influir en la formación de la cáscara y en prevención de algunas enfermedades que produce la deficiencia o exceso de este mineral.

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el ensayo, con la suplementación de diferentes fuentes y tamaños de partículas de calcio en la alimentación de las codornices en fase de postura de 32 a 41 semana de edad, se llega a las siguientes conclusiones:

- ❖ El carbonato de calcio de tamaño pequeño fue la que acumuló mayor concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara de huevo de la codorniz
- ❖ La conchuela de tamaño grande acumuló mayor concentración de ceniza, calcio y fósforo en la cáscara del huevo de la codorniz.
- ❖ En los parámetros físicos y los índices productivos no hubo diferencia cuando se suministraron las diferentes fuentes y tamaños de partículas de calcio en la dieta de las codornices.

VII. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en la evaluación, se puede recomendar lo siguiente:

- ❖ Usar carbonato de calcio en tamaño pequeño (0 – 1.5 mm) o usar conchuela de tamaño grande (1.5 a 3 mm) en la dieta de las codornices en fase de postura, para mejorar la calidad de la cáscara de huevo.
- ❖ Continuar con los trabajos de investigación en relación a la absorción de calcio en la tibia y la disponibilidad del calcio.
- ❖ Realizar trabajos de investigación adicionando fitasa a las diferentes fuentes de calcio para determinar la calidad de la cáscara de huevo de la codorniz.
- ❖ Repetir la investigación en diferentes etapas de postura de las codornices para determinar cómo influyen la fuentes y tamaños de partículas frente a la edad del ave.

VIII. ABSTRACT

The research took place in the city of Naranjillo and the chemical analysis was done at the Universidad Nacional Agraria de La Selva's soil laboratory, with the objective of evaluating the quality of the egg shell and the respective egg production of the quails, fed with diets supplemented with different sources and sizes of calcium particles; to do this, 120, eight month old quails were used, which were distributed into four treatments with four repetitions and fifteen quails per repetition; the evaluated treatments were: T1: commercial diet with calcium carbonate (CaO_3) of 0 to 1.5 mm T2: commercial diet with CaO_3 of 1.5 to 3 mm T3: commercial diet supplemented with conchuela of 0 to 1.5 mm and T4: commercial diet supplemented with conchuela of 1.5 a 3 mm, the statistical evaluations were done using a CRD (DCA in Spanish) with a factorial arrangement (2 X 2) (two calcium sources X two particle sizes) and the averages were compared using the Tukey (5%) test and for the chemical analysis, the SNK (5%) test was used. The results demonstrate that the large size of conchuela accumulated ($p < 0.05$) the greatest concentration of ash, calcium and phosphorous in the eggshell; meanwhile, the small size of calcium carbonate was that which accumulated ($p < 0.05$) the greatest concentration of ash, calcium and phosphorous; nonetheless, the physical variables and the productive indices were not influenced ($p > 0.05$) by the supplementing of calcium sources and sizes.

It is concluded that the large size of conchuela was that which accumulated the greatest concentration of ash, calcium and phosphorous in the eggshell; meanwhile, the small size of the calcium carbonate accumulated the greatest concentration of ash, calcium and phosphorous.

Keywords: Ash, Calcium, Conchuela, Eggshell, Phosphorous, Solubility

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABARCA, L. 2011. Análisis del cascara del huevo. [En línea]: (www.wattagnet.com/articles/10749-analisis-del-cascara-del-huevo, 04 de junio del 2017)
- ABONOMAR. 2010. Conchilla. Granulometría de la Conchilla. [En línea]: (www.Albodoma.com/552/594, 24 de mayo del 2016)
- ARIAS, A. 2016. Factores relacionados con el metabolismo y suplementación con calcio en gallinas ponedoras. Tesis Ing. Zootecnista. Bogota, Colombia. Universidad de la Salle Facultad de Ciencias Agropecuarias. 76 p.
- BAZAN, R. 1996. Manual para el análisis químico de suelos, planta y agua. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- BOTANICAL. 2017. Propiedades de la cáscara de huevo. [En línea]: (www.botanical-online.com/cáscaradehuevo propiedades, 03 de junio del 2017)
- BUENDÍA, M., VERGARA, V., CRUZ, J., ADAMA, E. 2016. Adición de agregado calcáreo y conchuela en dietas de pollos de carne y su efecto en la producción. Universidad nacional de Trujillo. Agroindustrial Science. p. 195 – 198.
- CHIPAO, F. 2014. Efecto del fosfato dicálcico y harina de huesos sobre la producción y la calidad del huevo de codorniz de dos diferentes edades.

Tesis Ing. Zootecnista. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 51 p.

CODORNICES COLOMBIANAS. 2016. Coturnicultura. [En línea]: (codornicecolombianas.com/index.php?option=com, 2 de junio del 2016)

CRIA DE CODORNICES. 2009. Cría de codornices (coturnicultura). Introducción. [En línea]: (tomy-criadecodornices.blogspot.pe/2009/05/cria-de-codornices-coturnicultura, 2 de junio del 2016)

ESCALANTE, V. 2017. Evaluación de calcio y fósforo fino y grueso en la dieta de gallinas ponedoras en dos frecuencias de suministro sobre la calidad de la cáscara de huevo. Tesis Ing. Zootecnista. Lima- Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina.

ENTING, H., PÉREZ, P. 2018. Optimización de la puesta y la calidad del huevo. [En línea]: (www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1205508428a.pdf, 4 de agosto 2018)

ESCOBAR, G. 2017. Carbonato de calcio en la nutrición animal. [En línea]: (www.engormix.com/MA-avicultura/productos/carbonato-calcio-nutricion-animal_pr30555, revisado el 03 de junio del 2017)

ESTRADA, A., FERNÁNDEZ, T., RODRÍGUEZ, C. 2013. Evaluación del efecto de diferentes niveles de calcio y fósforo y la adición de un metabolito de la vitamina d (25-oh-d3) en el alimento sobre la respuesta productiva y la calidad del cascarón de la gallina de postura. Convención Nacional ANECA.

FEDNA. 2015. Ingredientes para piensos. Fuentes de calcio. La conchilla de ostras y de moluscos. [En línea]:

(www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-calcio, 6 de septiembre del 2015)

GARGUREVICH, J. 2002. Niveles de Carbonato de calcio en la producción de huevos de codorniz desde la etapa de pre postura al pico de producción. Tesis Ing. Zootecnista. Lambayeque – Perú. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. 34 p.

GORRACHATEGUI, M. 1996. Alimentación de aves alternativas: codornices, faisanes y perdices. IBERICA DE NUTRICIÓN ANIMAL S.L. 63 p.

GUIOTECA. 2012. Nutrición. ¿Cómo aprovechar el calcio de las cáscaras de los huevos?. [En línea]: (www.guioteca.com/nutricion/%C2%BFcomo-aprovechar-el-calcio-de-las-cascaras-de-los-huevos/, revisado el 7 de noviembre del 2015)

KORELESKI y ŚWIĄTKIEWICZ. 2004. Calcium from limestone meal and grit in laying hens diet – effect on performance, eggshell and bone quality. Journal of Animal and Feed Sciences. 11 p.

JARA, W.; CANELO, D. 2011. Conchuela en la alimentación de las aves. Características de la conchuela. Composición química. [En línea]: (www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/conchuela-alimentacio-aves-t3841-p0, 24 de mayo del 2016)

LÁZARO R., SERRANO P., CAPDEVILA J. 2005. Nutrición y alimentación de avicultura complementaria: codornices. Departamento de producción animal. Universidad Politécnica de Madrid. XXI CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDN. [En línea]: (http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/15_02_29_FEDNA4, 03 de junio del 2017)

- JUÁREZ, A.; GUTIÉRREZ, E.; SEGURA, J.; SANTOS, R. 2010. Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspatio en Michoacan, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 12. 109 – 115.
- NASCIMENTO, M. 2013. Níveis de cálcio e de fósforo em dietas para codornas japonesas utilizando fosfato bicálcico com duas granulometrias. Mg ciencias veterinarias. Alegre, Brasil. Universidade Federal do Espírito Santo. 84 p.
- NAVES, M. 2005. Pó da casca de ovo como fonte de cálcio: Qualidade nutricional e contribuição para o aporte adequado de cálcio. *Rev. De pró – reitoria de Extensão e Cultura*. 24 – 26.
- MASCOTAS. 2012. alimentación. ¿Qué comen las gallinas? [En línea]: (mascotas.hola.com/elminizoo/alimentacion-que-comen-las-gallinas/219, 10 de noviembre del 2015)
- MELO, T, MENDONÇA, P., MOURA, A., LOMBARDI, C., FERREIRA, R., NERY, V.; 2006. Solubilidad *in vitro* de algunas fuentes de calcio utilizadas en alimentación animal. *Rev. REDALYC.ORG*. Córdoba – España. 55(211). 297 – 300.
- MURATA, L., ARIKI, J., SANTANA, A., MORALES, R. 2009. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. *Rev. BIOTEMAS*. 22(1):103-110.
- OLIVEIRA, T. 2018. Influência de diferentes fontes de cálcio sobre o desempenho de codornas de corte. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Federal de Alagoas. Rio Lago – Brasil. 31p.

- ROSARIO Y NIEVES. 2015. Producción y calidad de huevos de codornices alimentadas con dietas con harina de residuos aserrados de carnicerías. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXV, N° 2, 139 – 144 p.
- ROSTAGNO, H., ALBINO, L., DONZELE, J., GOMES, P., OLIVEIRA, R., LOPES, D., FERREIRA, A., BARRETO, S. 2005. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. Trad. por William Narváez y Luis Páez. 2 ed. Viçosa – Brasil. 186 p.
- ROSTAGNO, H., ALBINO, L., DONZELE, J., GOMES, P., OLIVEIRA, R., LOPES, D., FERREIRA, A., BARRETO, S., EUCLIDES, R. 2011. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. Trad. por Carolina Salguero y Jorge Prada. 3 ed. Viçosa – Brasil. 259 p.
- ROSTAGNO, H., ALBINO, L., HANNAS, M., DONZELE, J., SAKOMURA, N., PERAZZO, F., SARAIVA, A., TEIXEIRA, M., RODRIGUES, P., OLIVEIRA, R., BARRETO, S., BRITO, C. 2017. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. Trad. por Carolina Salguero. 4 ed. Viçosa – Brasil. 488 p.
- SAN MIGUEL, R., MEJIA, G., LOZANO, L., CASTAÑEDA, R. 2016. Evaluación de diferentes granulometrías de calcio en la alimentación de gallinas ponedoras. Revista Ciencia y Agricultura. Tunja (Boyacá) – Colombia. Vol. 13. 67-72.
- SITIO AVÍCOLA. 2012. El calcio y fósforo como protagonistas en la nutrición de ponedoras. [En línea]: (elsitioavicola.com/articles/2137/el-calcio-y-fasforo-como-protagonistas-en-la-nutrician-de-ponedoras, 12 de mayo del 2015)
- SOTO, A. 2004. efecto del almacenamiento y edad de la ponedora sobre la calidad del huevo de codorniz (*coturnix coturnix* japónica)

- SOUZA, L., SIEWERDT, F. 2005. Aves e ovos. Pelotas: Editora da Universidade UFPEL. 137 p.
- UNAS. 2014. Facultad de forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- UNDERWOOD, E. 1983. Los minerales en la nutrición del ganado. Calcio y fósforo. ACRIBIA. Zaragoza – España. 211p.
- VILLANUEVA, R. 2017. Efecto de tres niveles de mananoligosacaridos en el Comportamiento productivo de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japónica* L.) en la etapa final de postura. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 88 p.
- VIVAR, L., MINCHALA, C. 2016, evaluación de dos tipos de fitasa sobre la productividad y calidad del huevo en codornices. Universidad De Cuenca. Facultad de ciencias agropecuarias. Medicina veterinaria y zootecnia, Cuenca – Ecuador

ANEXOS

Anexo 1: Precio de los insumos (kg)

Insumos	Precio, S./kg
Maíz amarillo molido	0.95
Torta de soya	1.98
Afrecho de trigo	0.76
Aceite de palma	2.5
Carbonato de calcio	0.2
Conchuela	0.88
Cáscara de huevo	0.58
Enzima	25
Sal común	0.5
Fosfato monodicalcico	3.3
Cloruro de colina	3.1
L - lisina	7
DL - metionina	14
Afalban	5.5
Bicarbonato de sodio	2
BMD® 10% (Bacitracin methylene disalicylate)	8.5
BHT (Butil Hidroxi Tolueno)	13.5
Premix postura	32

Anexo 2: Precio promedio del alimento de los tratamientos (S/.)

Tratamientos	Precio, S/./kg
T1	1.38
T2	1.38
T3	1.45
T4	1.45

Anexo 3: Peso inicial, peso final y ganancia de peso de las codornices en fase de postura

Factores	PI, g	PF, g	GP, g
Fuentes	0.3452	0.3184	0.2232
Tamaño	0.9288	0.3534	0.7123
Inter. (F×T)	0.2769	0.4746	0.3805
C. V (%)	1.60	0.50	55.05
Fuentes			
Carbonato de calcio	184.01 ± 2.58	177.68 ± 1.05	- 6.33 ± 2.40
Conchuela	182.56 ± 3.12	178.133 ± 0.62	- 4.43 ± 3.24
Tamaño de partícula			
Pequeño	183.35 ± 2.94	177.69 ± 1.06	- 5.66 ± 2.98
Grande	183.22 ± 2.99	178.12 ± 0.62	- 5.10 ± 3.04

PI: Peso inicial, PF: Peso final, GP: Ganancia de peso

Anexo 4: ANVA de la concentración de ceniza

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.00586975	0.00586975	3.74	0.0557
Tamaño	1	0.05843027	0.05843027	37.23	<.0001
F x T	1	0.01597911	0.01597911	10.18	0.0019
Error	108	0.16950678	0.00156951		
Total correcto	111	0.24978591			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 5: ANVA de la concentración de calcio

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	4.9011683	4.9011683	3.310	0.0717
Tamaño	1	112.4399631	112.4399631	75.93	<.0001
F x T	1	36.1169096	36.1169096	24.39	<.0001
Error	108	159.9407067	1.4809325		
Total correcto	111	313.3987476			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 6: ANVA de la concentración de fósforo.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.58275535	0.58275535	498.12	<.0001
Tamaño	1	0.05784512	0.05784512	49.44	<.0001
F x T	1	0.04505945	0.04505945	38.52	<.0001
Error	108	0.12635082	0.00116991		
Total correcto	111	0.81201074			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 7: ANVA del porcentaje de huevos rotos

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	28.60161865	28.60161865	1.67	0.2204
Tamaño	1	4.0795479	4.07954790	0.24	0.6342
F x T	1	5.43687338	5.43687338	0.32	0.5833
Error	12	205.3294861	17.1107905		
Total correcto	15	243.447526			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 8: ANVA del porcentaje de cáscara en función al peso del huevo

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.05824068	0.05824068	0.14	0.706
Tamaño	1	0.33535683	0.33535683	0.82	0.3661
F x T	1	0.24288383	0.24288383	0.60	0.4416
Error	108	43.97303863	0.40715777		
Total correcto	111	44.60951997			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 9: ANVA de la dureza de la cáscara de huevo

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.00001662	0.00001662	0.51	0.4891
Tamaño	1	0.00000001	0.00000001	0.00	0.9863
F x T	1	0.00000007	0.00000007	0.00	0.9642
Error	12	0.00039169	0.00003264		
Total correcto	15	0.00040840			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 10: ANVA del espesor de la cáscara de huevo

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.00000000	0.00000000	0.00	0.9907
Tamaño	1	0.00001252	0.00001252	0.83	0.3816
F x T	1	0.00001196	0.00001196	0.79	0.3920
Error	12	0.00018207	0.00001517		
Total correcto	15	0.00020656			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 11: ANVA del consumo diario de alimento

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.22364642	0.22364642	1.02	0.3333
Tamaño	1	0.44583883	0.44583883	2.03	0.1801
F x T	1	0.02682749	0.02682749	0.12	0.7331
Error	12	2.64130515	0.22010876		
Total correcto	15	3.3376179			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 12: ANVA de la conversión alimenticia

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.00083795	0.00083795	0.04	0.8398
Tamaño	1	0.03638253	0.03638253	1.85	0.1984
F x T	1	0.00337761	0.00337761	0.17	0.6856
Error	12	0.23553886	0.23553886		
Total correcto	15	0.27613695	0.27613695		

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 13: ANVA del porcentaje de postura

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.0465309	0.0465309	0.00	0.965
Tamaño	1	29.16967113	29.16967113	1.26	0.2842
F x T	1	3.35865987	3.4565987	0.14	0.7103
Error	12	278.5424878	23.211874		
Total correcto	15	311.1173497			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 14: ANVA del peso del huevo

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.00036433	0.00036433	0.01	0.9169
Tamaño	1	0.05211799	0.5211799	1.62	0.2269
F x T	1	0.00474021	0.00474012	0.15	0.7076
Error	12	0.38547772	0.03212314		
Total correcto	15	0.44270025			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Anexo 15: ANVA de la masa de huevo

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F - valor	Pr > F
Fuente	1	0.00027637	0.00027637	0.0000	0.9742
Tamaño	1	0.17519889	0.17519889	0.6900	0.4211
F x T	1	0.02283333	0.02283333	0.0900	0.7688
Error	12	3.0301405	0.25251171		
Total correcto	15	3.22844909			

Gl: Grados de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F x T: Fuentes por tamaño

Figura 1: Interacción de las fuentes en relación a los tamaños de partículas de calcio para la concentración de ceniza en la cáscara de huevo de la codorniz.

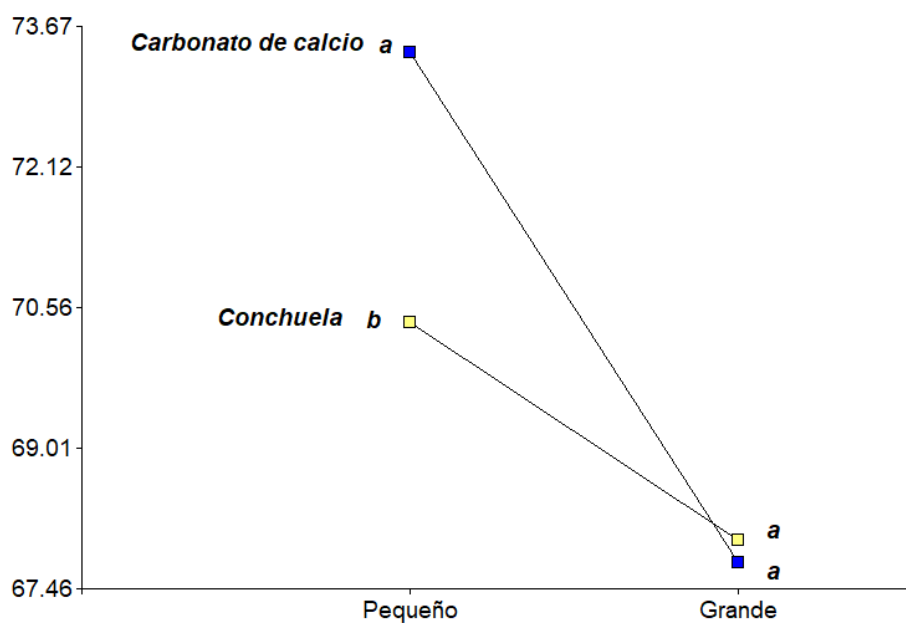


Figura 2: Interacción de los tamaños de partícula de calcio en relación a las fuentes de calcio para la concentración de ceniza en la cáscara de huevo de la codorniz.

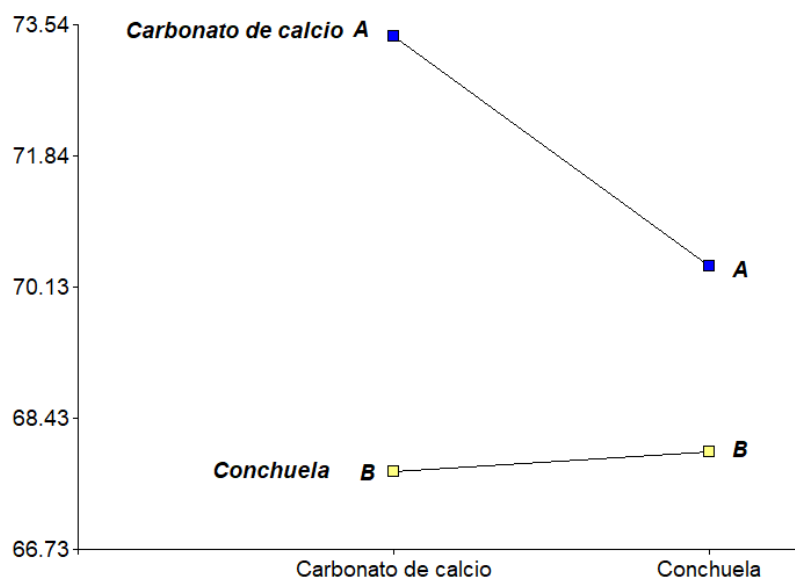


Figura 3: Interacción de las fuentes en relación a los tamaños de partículas de calcio para la concentración de calcio en la cáscara de huevo de la codorniz.

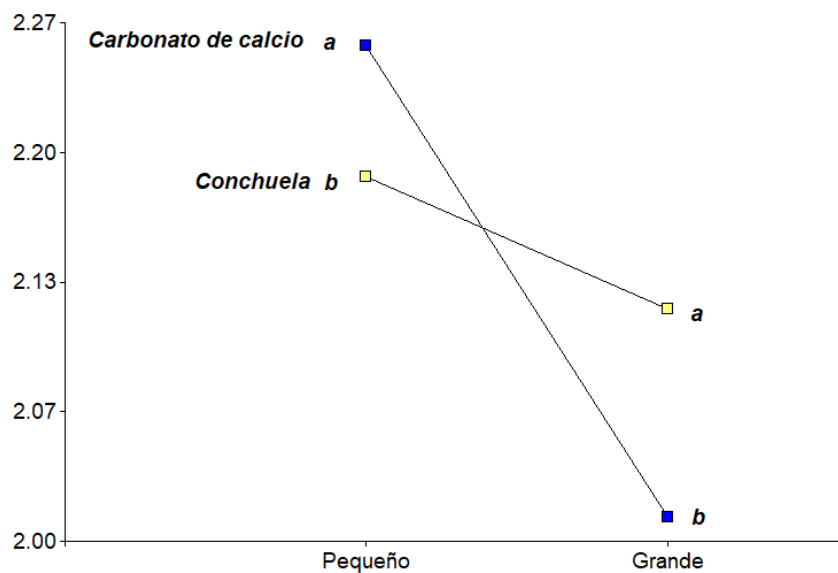


Figura 4: Interacción de los tamaños de partícula de calcio en relación a las fuentes de calcio para la concentración de calcio en la cáscara de huevo de la codorniz.

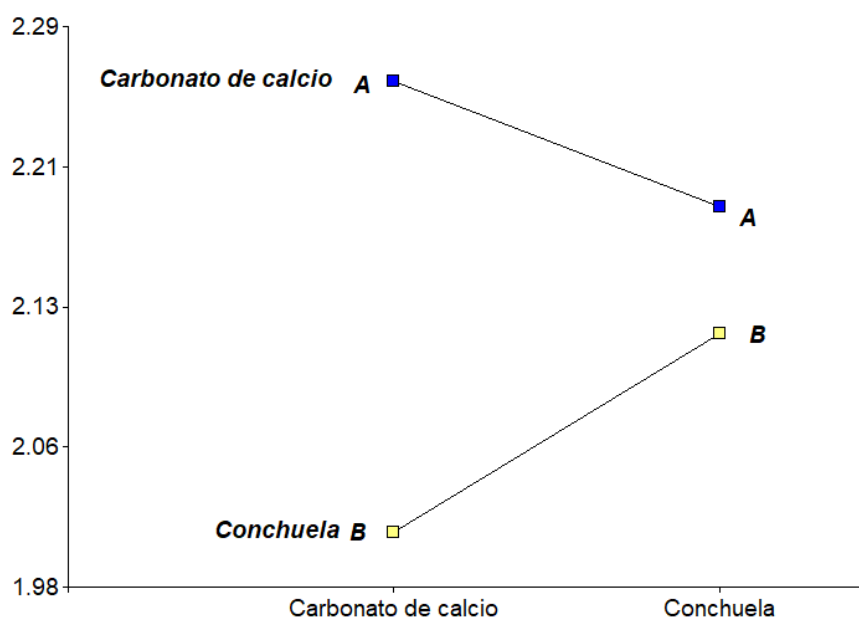


Figura 5: Interacción de las fuentes en relación a los tamaños de partículas de calcio para la concentración de fósforo en la cáscara de huevo de la codorniz.

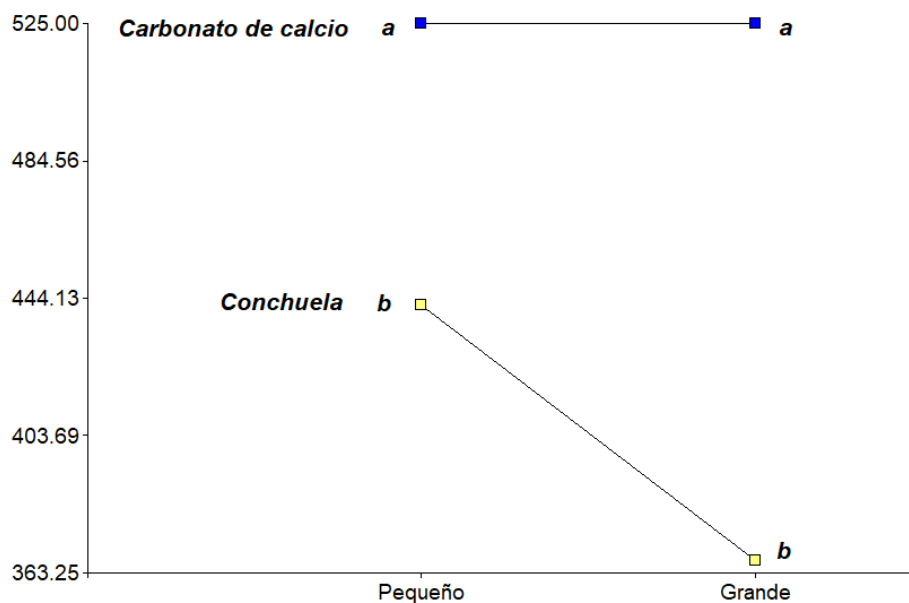


Figura 6: Interacción de los tamaños de partícula de calcio en relación a las fuentes de calcio para la concentración de calcio en la cáscara de huevo de la codorniz.

