

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**“NIVELES SÉRICOS Y CORRELACIONES DEL CALCIO,
FÓSFORO Y MAGNESIO EN CUYES DEL CIP MAJES,
AREQUIPA”.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARY JESUS ORTIZ CHURA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“NIVELES SÉRICOS Y CORRELACIONES DEL CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO
EN CUYES DEL CIP MAJES, AREQUIPA”

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARY JESUS ORTIZ CHURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:



M.Sc. Mario Rubén Zavaleta Gibaja

PRIMER MIEMBRO:



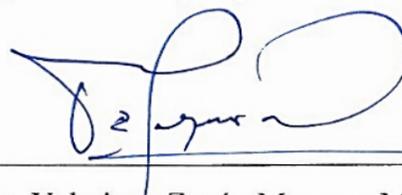
D. Sc. Bilo Wenceslao Calsín Calsín

SEGUNDO MIEMBRO:



Mg. Oscar Henry Espezua Flores

DIRECTOR / ASESOR:



Mg. Valeriano Zenón Maquera Marón

Área : Producción Animal

Tema : Niveles séricos de Ca, P y Mg en cuyes.

Fecha de sustentación: 12 de julio del 2019.

DEDICATORIA

A Dios quien me da la oportunidad de vivir y fuerza para seguir adelante.

A mis amados padres Juana y Julio, y a mis queridos hermanos Edwin, Judith, Alan, Miriam, Abimael y Marluy, por su apoyo infinito.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, por permitirme hacer realidad mi profesión.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, y a sus docentes por brindarme sus conocimientos durante mi formación profesional.

A mi director de tesis, Mg. Valeriano Zenón Maquera Marón, A los docentes miembros del jurado: M. Sc. Mario Rubén Zavaleta Gibaja, D. Sc. Bilo Wenceslao Calsin Calsin y Mg. Oscar Henry Espezua, por las correcciones y sugerencias dadas para la mejora del trabajo de investigación.

Al personal de laboratorio de bioquímica y laboratorio clínico, a los señores Martín Chayña y Vicente Flores, quienes me brindaron su apoyo para la realización del presente trabajo de investigación.

A mis hermanos: Abimael y Miriam por su apoyo incondicional y moral quienes me impulsaron a culminar con este trabajo de investigación.

A Alexis quiero darte las gracias por tu amor y paciencia en todas las cosas que dices y haces.

A mis amigos: José, Luis M. Ericka, Huido y Gaby quienes incondicionalmente estuvieron conmigo brindándome su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Objetivo de la investigación.	14
1.1.1 Objetivo general:.....	14
1.1.2 Objetivos específicos:	14
II. REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1 Generalidades.	15
2.2 Clasificación del cuy.....	15
2.3 Los minerales.	17
2.3.1 Fuentes de minerales para los animales	19
2.3.2 Factores que afectan el consumo de minerales	20
2.4 El Calcio (Ca).....	21
2.4.1 Funciones del calcio.....	21
2.4.2 Absorción del calcio.....	22
2.4.3 El calcio plasmático o sérico en los animales	22
2.4.4 Regulación hormonal del calcio	24
2.4.5 Hipocalcemia	26
2.5 El fósforo (P).....	27
2.5.1 Funciones del fósforo.....	27
2.5.2 Absorción del fósforo.....	29
2.5.3 Niveles plasmáticos o sérico del fósforo y su regulación.....	30
2.6 El Magnesio (Mg).....	32
2.6.1 Funciones del magnesio	32
2.6.2 Absorción del magnesio	34
2.6.3 Niveles plasmáticos o séricos del magnesio	35
2.6.4 Hipermagnesemia	37
2.6.5 Hipomagnesemia	37
2.7 Correlación de calcio fósforo y magnesio.....	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1 Lugar de estudio	40

3.2	Material Experimental.	40
3.2.1	Tamaño de muestra.	40
3.2.2	Materiales y equipos.	40
3.3	Metodología.	42
3.3.1	Elección de animales.	42
3.3.2	Determinación de minerales	42
a)	Determinación del calcio.	42
b)	Determinación del Fósforo.	44
c)	Determinación del Magnesio.	45
3.4	Análisis estadístico	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1	Niveles séricos de Calcio	48
4.1.1	Niveles séricos de calcio según clase.	48
4.1.2	Niveles séricos de calcio según sexo	51
4.2	Niveles séricos de fósforo.	53
4.2.1	Niveles séricos de fósforo según clase animal.	53
4.2.2	Niveles séricos de fósforo según sexo.	56
4.3	Niveles séricos de magnesio	58
4.3.1	Niveles séricos de magnesio según clase animal	58
4.3.2	Niveles séricos de magnesio según sexo	61
4.4	Correlación Ca, P y Mg	63
V.	CONCLUSIONES	65
VI.	RECOMENDACIONES	66
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Calcio sérico (mg/dL) en cuyes según clase.	50
Figura 2. Calcio sérico (mg/dL) en cuyes según sexo.....	52
Figura 3. Fósforo sérico (mg/dL) en cuyes según clase.	55
Figura 4. Fósforo sérico (mg/dL) en cuyes según sexo.....	57
Figura 5. Magnesio sérico (mg/dL) en cuyes según clase.	60
Figura 6. Magnesio sérico (mg/dL) en cuyes según sexo.	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de tamaño de muestra de cuyes según clase y sexo.	40
Tabla 2. Preparación y procedimiento para la determinación del calcio.	43
Tabla 3. Procedimiento para la determinación del fósforo.....	44
Tabla 4. Procedimiento para la determinación de magnesio.	46
Tabla 5. Niveles séricos de calcio (mg/dL) de cuyes del CIP- Majes, según clase animal.....	48
Tabla 6. Niveles séricos de calcio (mg/dL)de cuyes del CIP- Majes, según sexo ...	51
Tabla 7. Niveles séricos de fósforo (mg/dL) de cuyes del CIP - Majes, según clase animal.....	53
Tabla 8. Niveles séricos de fósforo (mg/dL) de cuyes del CIP- Majes, según sexo...	56
Tabla 9. Niveles séricos de magnesio (mg/dL) de cuyes del CIP- Majes, según clase animal.....	58
Tabla 10. Niveles séricos de magnesio (mg/dL) de cuyes del CIP- Majes, según sexo.	61
Tabla 11. Correlaciones de Pearson entre Ca, P y Mg en suero sanguíneo de cuyes..	63

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AMP:	Aminometil propanol.
Am	Absorbancia de la muestra.
As:	Absorbancia del estándar
ATP:	Adenosín trifosfato
Ca:	Calcio
CV:	Coefficiente de variación
Cfk:	Cresolftakein complexona.
DBCA:	Diseño Bloque completo al azar
EE:	Error estándar
mg/ dL:	Miligramo por decilitro
mL:	Mililitro
Mg:	Magnesio
Mmol/L:	Milimol por litro
P:	Fósforo
PTH:	Parathormona
μL:	Microlitro
%:	Porcentaje
r:	Coefficiente de correlación

RESUMEN

La investigación tiene por objetivo determinar los niveles séricos de calcio, fósforo, magnesio y las correlaciones entre calcio/fósforo, calcio/magnesio y fósforo/magnesio en muestras de suero sanguíneo de cuyes procedentes del Centro de Investigación y Producción Majes, ubicada en el distrito de Majes de la provincia de Caylloma, región Arequipa, se utilizaron 40 muestras sanguíneas de cuyes considerando las variables: clase (recría y reproductores) y sexo (machos y hembra) con igual número de repeticiones. El análisis bioquímico se realizó en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano a través de técnica espectrofotométrica; el calcio por el método de la α -cresolftaleína, el fósforo por el método de Fiske-Subbarow y el magnesio por el método de la calmagita. La investigación se condujo utilizando el diseño de doble clasificación sin interacción; los resultados muestran que los niveles séricos de calcio en cuyes, recrías y reproductores al análisis estadístico existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para la variable clase animal; para el efecto sexo, hembras y machos al análisis estadístico no existe diferencia significativa para esta variable; La concentración de fósforo de cuyes en suero sanguíneo para la clase animal existe diferencia significativa entre recrías y reproductores ($P \leq 0.05$), para el efecto sexo no existe diferencia significativa entre hembras y machos; La concentración de magnesio en suero sanguíneo de cuyes para la clase animal de recrías y reproductores se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$), para el efecto según sexo machos y hembras no se encontró diferencia significativa. La correlación de Ca y Mg es moderada positiva ($r = 0.558$) y muy baja positiva para las variables Ca/P ($r = 0.108$) y P/Mg ($r = 0.139$) en los tres casos solo la correlación entre Ca y Mg muestran significancia ($P \leq 0.05$). Se concluye que la edad es influyente en las concentraciones de calcio, fósforo y magnesio y el sexo no es influyente en todas las variables estudiadas.

Palabras Clave: cuyes, minerales, séricos, correlación.

ABSTRACT

The research aims to determine the serum levels of calcium, phosphorus, magnesium and the correlations between calcium / phosphorus, calcium / magnesium and phosphorus / magnesium in blood serum samples of guinea pigs from the Majes Research and Production Center, located in the district of Majes of Caylloma province, Arequipa region, the research used 40 blood samples of guinea pigs considering the variables: class (rearing and breeding) and sex (male and female) with the same number of repetitions. The biochemical analysis was carried out in the Biochemistry Laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the National University of the Altiplano through spectrophotometric techniques; calcium by the method of α -cresolphthalein, phosphorus by the Fiske-Subbarow method and magnesium by the calmagita method. The research was conducted using the double classification design without interaction; the results show that the serum calcium levels in guinea pigs, calves and breeders at statistical analysis there is a significant difference ($P \leq 0.05$) for the animal class variable; for the effect sex, females and males to the statistical analysis there is no significant difference for this variable; The concentration of guinea pig phosphorus in blood serum for the animal class there is a significant difference between breeding and breeding ($P \leq 0.05$), for the sex effect there is no significant difference between females and males; The concentration of magnesium in guinea pig blood serum for the breeding and breeding animal class found a significant difference ($P \leq 0.05$), for the effect according to male and female sex no significant difference was found. The correlation of Ca and Mg is moderate positive ($r = 0.558$) and very low positive for the variable's Ca / P ($r = 0.108$) and P / Mg ($r = 0.139$) in the three cases only the correlation between Ca and Mg show significance ($P \leq 0.05$). It is concluded that age is influential in the concentrations of calcium, phosphorus and magnesium and sex is not influential in all the variables studied.

Keywords: guinea pigs, minerals, serum, correlation.

I. INTRODUCCIÓN

El cuy o cobayo (*Cavia porcellus*) es un mamífero roedor originario de la zona andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, constituyendo un producto alimenticio de alto valor nutritivo; Además, es un recurso biológico que contribuye en la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos económicos. Los países andinos poseen una población aproximada de 35 millones de cuyes, resaltando el Perú con una población de 23 millones (66%) y que se encuentran distribuidas principalmente en la sierra con el 93%, seguido por la costa con el 6% y en la selva con 1% (INIA-DGPA, 2003).

Este recurso animal se caracteriza por su alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, su ciclo reproductivo corto, además de ser una especie herbívora y tener una alimentación versátil que no compite con la alimentación de otros monogástricos, los cuyes pueden encontrarse desde la costa o el llano hasta alturas de 4 500 metros sobre el nivel del mar y en zonas tanto frías como cálidas. (Chauca, 1997)

Todas las formas vivientes requieren elementos inorgánicos o minerales para sus procesos vitales normales; los minerales que tienen función orgánica ya sea en forma elemental o en forma de complejos son principalmente el calcio, fósforo y magnesio. Estos minerales son esenciales para el crecimiento y la reproducción y sus concentraciones varían de acuerdo al tipo de tejido o fluido biológico analizado. En muchos casos, las deficiencias de uno o más minerales se presentan en forma subclínica, problema que demanda el estudio del perfil mineral mediante análisis de laboratorio (Capquequi, 2011).

Los minerales cumplen funciones importantes en el organismo del animal, como componente estructural, constituyentes de los fluidos corporales y tejidos, como electrolitos y catalizadores no proteicos (San Martín, 1999). El calcio, el fósforo y magnesio son esenciales para la función y estructura de los tejidos y la concentración plasmática está regulada por hormonas y la vitamina D, el calcio y el fósforo representan el componente principal mineral del hueso. La carencia de uno de ellos, de ambos o de la vitamina D da lugar a complicaciones como, raquitismo, fracturas y otros problemas; por otro lado, el incremento de los mismos, pueden causar calcificación. Así mismo, la ingestión insuficiente de fósforo se ha relacionado con una baja fertilidad por una aparente disfunción de los ovarios determinando la disminución, inhibición o irregularidad en la presentación del celo en varias especies (Mc Donald y Edwards, 1999). El magnesio es un cofactor de todas las reacciones enzimáticas que involucran al ATP y forma parte del transportador de membrana que mantiene la excitabilidad eléctrica de las células musculares y nerviosas; su disminución contribuye a la formación de cálculos renales, así también la deficiencia de magnesio, puede producir dientes defectuosos, especialmente en los incisivos de los cobayos (Capquequi, 2011).

El examen de los perfiles bioquímicos puede ser influenciados por diferentes factores, entre los principales factores que pueden producir esta variación son el nivel de producción, estado fisiológico y época del año (Lee et al., 1978); también pueden estar asociados a problemas de salud (Adams et al., 1978).

Los perfiles bioquímicos sanguíneos, permiten evaluar el estado fisiológico de los animales; sin embargo, existen pocos estudios de este tipo en animales criados en diferentes altitudes y que permitan dilucidar el significado de las variaciones en la bioquímica clínica de estos animales en comparación con los de

otras latitudes y altitudes. En muchos criaderos de cuyes existen problemas de deficiencia de uno o más minerales, los cuales se presentan en forma subclínica por lo cual no es fácilmente diagnosticada. La deficiencia de uno o más minerales provocan enfermedades metabólicas que conducen a problemas productivos y reproductivos los que se traducen en pérdidas económicas para el productor

Considerando los antecedentes mencionados en cuyes, es notable la escasa información disponible sobre los componentes bioquímicos sanguíneos de esta especie animal bajo distintas condiciones metabólicas. Este trabajo de investigación básico pretende profundizar sobre los conocimientos para establecer el perfil de calcio, fósforo y magnesio sérico en cuyes de distintas etapas productivas (recrea y reproductiva) e influenciadas por el efecto sexo (macho y hembra). Los resultados obtenidos en este estudio serán de utilidad de ayuda complementaria al Médico Veterinario en la prevención, diagnóstico y monitoreo de problemas nutricionales y metabólicos de este animal, debido a que resulta imperativa la caracterización de los valores normales o referenciales en esta especie animal.

1.1 Objetivo de la investigación.

1.1.1 Objetivo general:

- Determinar los niveles séricos de calcio, fosforo, magnesio y sus correlaciones en cuyes (*Cavia porcellus L*) procedentes del CIP Majes.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Determinar los niveles séricos de calcio, fosforo, magnesio en cuyes según clase y sexo.
- Determinar las correlaciones entre calcio/fosforo, calcio/magnesio y fosforo/magnesio en cuyes

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades.

La distribución de la población de cuyes en el Perú se encuentra en casi la totalidad de territorio, gracias a su capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, los cuyes pueden encontrarse desde el llano de la costa hasta los 4 500 metros sobre el nivel del mar y en zonas frías como cálidas. Los principales departamentos productores de cuyes en el Perú son: Ancash, Apurímac, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad y Lima (Chauca 1997; MINAG, 2008).

2.2 Clasificación del cuy

Los principales estudios de este roedor domestico lo clasifican por el pelaje, pero considerando importante la producción de estas especies como productora de carne. El instituto nacional de investigación agraria (INIA) ha desarrollado a partir de varios años de investigación la creación de razas comerciales de cuyes entre las que se encuentran: la raza Perú, raza Andina y el tipo Inti, pero también en los departamentos de Arequipa y Cajamarca han ido estableciendo sus propios tipos los mismos que tomaron el nombre de su localidad (Chauca et al, 2004).

a. Línea Perú

Esta línea se caracteriza por tener, un desarrollo muscular marcado, es precoz y eficiente convertidor de alimento. El color de su capa es alazán con blanco; puede ser combinada o fajada, por su pelo liso corresponde al Tipo A. Puede o no tener remolino en la cabeza, orejas caídas, ojos negros, y, dentro de este tipo, puede haber también cuyes de ojos rojos, lo que no es recomendable (Cáritas del Perú, 2015).

Esta línea de cuy, fue seleccionada por su mayor peso a la edad de comercialización, se caracteriza por su precocidad, ya que se obtienen pesos de 800

g a los 2 meses de edad y tiene conversiones alimenticias de 3.8 al ser alimentada en buenas condiciones con concentrados balanceados. Su prolificidad promedio es de 2.3 crías nacidas vivas. El color de su pelaje es blanco con rojo siendo su pelo liso y pegado al cuerpo, sin remolinos (Chauca, 1997).

b. Línea Inti

Se caracteriza por poseer un pelaje lacio y corto, además de presentar color bayo (amarillo) en todo el cuerpo o combinado con blanco. Posee una forma redondeada. Es la raza que mejor se adapta al nivel de los productores logrando los más altos índices de sobrevivencia. A las diez semanas alcanza los 800 gramos, con una prolificidad de 3.2 crías por parto. Es una raza intermedia entre la raza Perú y la Andina; es un animal prolífico y se adapta fácilmente a diferentes pisos altitudinales (Cáritas del Perú, 2015).

Esta línea fue seleccionada por su precocidad y corregida por su prolificidad, es de mayor adaptación a nivel de productores de cuyes; se trata de un animal de ojos negros intermedio entre las líneas descritas anteriormente, su pelo es de color bayo con blanco liso y pegado al cuerpo, pudiendo presentar remolino en la cabeza (Chauca, 1997).

c. Línea Andina

Se caracteriza por su alta prolificidad y alta incidencia de gestación post parto. La raza andina se adapta a los ecosistemas de costa, sierra y selva alta, desde el nivel del mar hasta los 3500 m. (Caritas del Perú, 2015).

Chauca (1997), menciona que esta línea fue seleccionada por el tamaño de la camada, independientemente del peso de la misma; se caracteriza por ser prolífica, pudiendo obtener además de 3.2 crías por parto y un mayor número de tiempo por

unidad de tiempo, como consecuencia de su mayor presentación de celo postpartum. El color de su capa es preferentemente blanco, de pelo liso pegado al cuerpo y ojos negros.

2.3 Los minerales.

Los nutrientes son cualquier elemento o compuesto químico necesario para el metabolismo de un ser vivo; sustancias como proteínas, glúcidos, lípidos, vitaminas y sales minerales son de importancia en los diversos procesos bioquímicos que permiten la vida. Cada compuesto es requerido en diferentes cantidades por lo que la clasificación generalizada en términos nutricionales es de macro y micronutrientes (Albuja, D., 2012).

Los minerales representan de 4,3 a 4,7% de la masa total de los animales superiores. Estos minerales se encuentran en el organismo en tres formas: como iones, en forma de sales no disociadas y en combinaciones de compuestos orgánicos. Estas tres formas presentan su importancia particular; sin embargo, son las formas iónicas las de mayor importancia (Hernández, 1999).

De los 90 elementos, cerca de 40 son esenciales en el organismo animal. Algunos de estos elementos están en pequeñas cantidades (≤ 50 mg/kg de materia seca), son los elementos traza. Otros se encuentran en mayores proporciones, son los macroelementos y comprenden la mayor parte de las cenizas, entre ellos se encuentran el calcio, fósforo, potasio, sodio y magnesio. Entre los factores que afectan la concentración de minerales en los tejidos animales incluyen: la especie, el tipo de tejido, tipo músculo, el sexo, la edad, el tipo de crianza y la dieta (Mahgoub *et al.*, 2012).

El dotar a los animales en una alimentación insuficiente el calidad y cantidad, trae como consecuencias una serie de trastornos; en reproductores los problemas frecuentes son: retraso de la fecundación, muerte embrionaria, abortos y nacimiento de crías débiles y pequeñas con alta mortalidad. Para lograr que los cuyes tengan buena producción y crezcan rápidamente, se les debe suministrar un alimento adecuado de acuerdo a sus requerimientos nutritivos, los nutrientes son sustancias que se encuentran en los alimentos y que el animal utiliza para mantenerse, crecer y reproducirse. (Mullo, 2009).

El organismo del cuy, necesita de minerales para el desarrollo normal de funciones importantes para la vida. Si la ingestión de estos no se realiza de forma continua y sistemática se pueden producir una serie de reacciones irreversibles que pueden incluso ocasionar la muerte del animal. (EcuRed, 2017).

Las funciones de los minerales en el organismo animal son numerosas, pudiendo agruparse en los siguientes: como elementos plásticos, como iones y en los procesos de biocatálisis. Como elementos plásticos funcionan, fundamentalmente, el calcio y el fósforo, en forma de carbonatos, los que son responsables de la dureza de huesos y otros tejidos duros. En menor proporción en este aspecto intervienen también el flúor y el magnesio. Como iones participan fundamentalmente los macroelementos en los procesos relacionados con el equilibrio iónico o electrolítico. En los procesos de biocatálisis muchos minerales actúan como cofactores de enzimas, entre ellas el magnesio, el zinc y otros. Además de estos aspectos, los minerales intervienen en todas las funciones biológicas, prácticamente (Hernández, 1999).

Existen factores que afectan los valores bioquímicos sanguíneos como el genotipo, edad, factores nutricionales, ambientales y hormonales. La composición de los pastizales, pastos, el estrés, el parto, los factores climáticos entre otros, alteran en gran medida los valores en animales de granja (Schalm et al., 1975).

2.3.1 Fuentes de minerales para los animales

Los animales pueden obtener los minerales a partir de las siguientes fuentes (perez, 2010)

1. agua: el agua es rica en Na, Cl, Mg, I, Co y S. En ciertas regiones el agua puede contener elementos tóxicos como el arsénico, fluor, plomo, cadmio, nitratos y nitritos.
2. Suelo: es una fuente de Co, Se, Mb y I. El consumo del suelo puede ser indirecto a través del pastoreo, o bien directo, lo cual denota una deficiencia.
3. Alimento.

▪ Vegetales

- Cereales: Son deficientes en Ca, K, Na, Cu, Mn y Zn.
- Pastas de oleaginosas: Son más ricas en minerales que los cereales
- Melaza: Es alta en Mn, K y S, y baja en P y Zn.
- Pajas: Son deficientes en minerales excepto en K y Fe.

▪ Animales

- Subproductos animales: Son excelentes fuentes de minerales excepto en Mg.

- Excretas: Son buenas fuentes de minerales, pero contienen demasiado Ca con respecto al P, exceso de Fe y Cu (hasta 686 ppm).

4. Compuestos inorgánicos:

Se incluyen tanto fuentes naturales como roca fosfórica, conchas marinas, cascara de huevo, etc., así como las presentaciones comerciales.

2.3.2 Factores que afectan el consumo de minerales

Los factores más importantes que afectan el consumo de minerales están los siguientes (Reid y Horvath, 1980):

- tipo de forraje consumido.
- Estación del año.
- Energía y proteína disponible en los alimentos.
- Requerimientos individuales.
- Contenido de minerales en el agua de bebida.
- Palatabilidad de la mezcla mineral
- Disponibilidad de la mezcla mineral.
- Formas físicas de los minerales.
- Presencia de parásitos, sobre todo hematófagos.

Los niveles satisfactorios de nutrientes para crecimiento de cuyes en calcio 1,20 %, fósforo 0,60 %, magnesio 0,35 %, potasio 1,40 %. Siendo los niveles más importantes en la nutrición del cuy y la relación de calcio y fósforo de la dieta, evita una lenta velocidad de crecimiento, rigidez en las articulaciones y mortalidad. (Talavera, 1976).

2.4 El Calcio (Ca).

2.4.1 Funciones del calcio.

El calcio es el mineral que se encuentra en mayor proporción en el organismo del animal. La mayor cantidad se encuentra en los huesos en forma de fosfatos y carbonatos es de allí la principal fuente de obtención de calcio por parte del organismo animal en casos de déficit del organismo, dicho mecanismo regulado hormonalmente (Guyton y Hall, 2006).

En un 99% se encuentra en los huesos, el 1% restante se encuentra en los tejidos blandos y fluidos del cuerpo y es esencial en el funcionamiento del sistema nervioso, cardíaco y la actividad muscular. Alrededor del 1% existe en el estado iónico, involucrado en diversas funciones fisiológicas, tales como: contracción muscular, transmisión de impulsos nerviosos, la activación de las reacciones enzimáticas, el funcionamiento de las membranas celulares. (Anderson y Guttman, 1988)

El calcio plasmático representa solo el 2% del total del calcio del organismo, mientras que el 98% restante se encuentra en tres formas: en un 46% como calcio libre o calcio iónico, en un 40% unido a las proteínas y en el 14% restante formando complejos solubles con el bicarbonato, el citrato, el fosfato y el sulfato. Cerca del 80% del calcio esta unido a la albumina y el 20% restante a las globulinas. Las funciones son: constituyente fundamental de la estructura ósea, actúa sobre la secreción hormonal (fundamentalmente a nivel de la paratiroides), estabiliza la membrana celular. Interviene en la coagulación sanguínea. en la excitabilidad neuromuscular y en la transmisión nerviosa (Salgado y Vilardell, 1996). Observándose fluctuaciones fisiológicas debido al sexo, edad, embarazo, actividad física y cambios estacionales (Wiener, 2000).

2.4.2 Absorción del calcio

El ingreso del calcio al organismo se realiza mediante combinaciones orgánicas unido a las proteínas o a los ácidos grasos o en forma de sales, como carbonatos, fosfatos y cloruros de calcio. La absorción del calcio ocurre por el intestino delgado influyendo en ello varios factores, todos los elementos que favorecen el pH ácido del contenido intestinal incrementan la absorción del calcio. Esto está dado por el hecho de que a pH ácidos se producen sales ácidas de calcio que son más solubles y por ello más fáciles de absorber. Por el contrario, cuando el pH se hace más alcalino se producen fosfatos y carbonatos neutros más insolubles y con ello menos calcio absorbido (Tortora, 2008).

Otro factor requerido para la absorción del calcio es la vitamina D, que incrementa el transporte activo, a nivel del intestino delgado, requerido para la absorción del calcio. De igual manera actúan los azúcares, las proteínas y las grasas favoreciendo la absorción del calcio, ya que por diversas vías actúan disminuyendo el pH intestinal. Una vez absorbido el calcio se localiza en todo el organismo, bien en forma iónica como Ca^{2+} , o bien en forma de complejos orgánicos unidos a proteínas o bien en forma de sales difusibles o no (Cunningham, 2003).

2.4.3 El calcio plasmático o sérico en los animales.

El nivel de calcio plasmático, está regulado entre límites muy estrechos, y principalmente por la parathormona (PTH). El calcio existe en el plasma en tres formas: calcio iónico, calcio difusible pero no ionizado y proteinato cálcico; aproximadamente el 40% del calcio circula combinado con las proteínas plasmáticas, y en esta forma no se difunde a través de la membrana capilar, aproximadamente el 10% del calcio se difunde a través de la membrana capilar,

pero está combinado con otras sustancias del plasma y los líquidos intersticiales (Guyton, 1997).

En la mayoría de los animales la concentración sanguínea del Ca es de 10 mg/dL o 2.5mM (Shimada, 2003); encontrándose en gran cantidad en el plasma sanguíneo, siendo los niveles normales en la mayoría de las especies de 9.0 – 11.0 mg/dL, distribuyéndose en tres formas: Calcio iónico (46-47%), formando compuestos con ácidos orgánicos y en estado coloidal (Bondi, 1988).

La concentración total de calcio en el suero fluctúa entre 8.7 – 10.6 mg/dL. son máximos en el momento del nacimiento y luego disminuye en el periodo neonatal. Se normaliza en el estado adulto, para bajar su nivel después. Cuando se moviliza el calcio óseo, por ejemplo, por la inmovilización prolongada de los huesos por fractura, se observa hipercalcemia. También se observa en el carcinoma de mama por lesiones osteolíticas, en el tratamiento por estrógenos y andrógenos, hiperparatiroidismo, linfomas, leucemias y en todo proceso carcinomatoso que tenga compromiso óseo. Los niveles bajos pueden manifestarse por tetania cuando su nivel baja a 6 ó 7 mg/dL. se encuentra hipocalcemia en el hipoparatiroidismo quirúrgico. Deficiencia de vitamina D, tratamiento prolongados con anticonvulsionantes pancreatitis aguda e insuficiencia renal con uremia (Gilberto, 1993).

La cantidad normal de calcio en plasma sanguíneo de mamíferos domésticos es de 9-11 mg/dL. Su regulación está a cargo de la parathormona y la calcitonina. Cuando esta concentración decae se libera parathormona y hay una movilización más intensa de minerales del hueso, el cual actúa como almacén en el metabolismo del Ca y P (Kolb, 1979).

En un estudio realizado en Kanagawa-Japón, sobre los valores químicos de minerales en el suero sanguíneo de cuyes machos y hembras del tipo Weiser-Maples, se determinó el contenido de calcio sérico por el método de OCPC (ortocresoltaleína complexona), encontrándose un promedio de 10 mg/dL, no habiendo diferencia entre machos y hembras (Kitagaki *et al.*, 2005).

Se ha determinado niveles séricos de calcio en cuyes mejorados de tipo I de la raza Perú de la granja Export Perú Global SAC del distrito de Mañazo, de la provincia y Región Puno. Se utilizaron 10 machos y 10 hembras. Los resultados fueron de 7.97 ± 0.42 mg/dL y 7.67 ± 0.31 mg/dL para machos y hembras, respectivamente ($P > 0.05$), siendo el promedio general de 7.72 ± 0.25 mg/dL (Capquequi, 2011).

Los valores bioquímicos del suero de los animales domesticos puede variar según los factores geográficos (altitudinal y latitudinal) y disponibilidad de alimentos (Fowler y Zinkl, 1989). El nivel de calcio sanguíneo depende del tipo de alimentación y es un reflejo del equilibrio entre la absorción, retirada o deposición en el hueso y excreción via orina o heces, además los valores de calcio en el organismo no son constantes y varían según edad (Church, 1974). El sexo no es influyente en los niveles séricos de calcio, pero si la edad y procedencia del animal (Serna, 1985). Además, la hipervitaminosis D que ocurre en pasturas secas y forrajes conservados como heno, cursan con hipercalcemia (Kraft, 1998).

2.4.4 Regulación hormonal del calcio

Calcitonina. – Esta hormona de naturaleza proteica es secretada por la tiroides y ejerce el efecto contrario a la PTH. Actúa mediante dos tipos de acciones: de forma inmediata produce una disminución en la actividad de los osteoclastos y probablemente también un efecto osteolítico en la membrana osteocítica,

desplazando el equilibrio a favor del depósito de calcio en el sistema de sales óseas de rápido intercambio; y un efecto más prolongado reduciendo la formación de nuevos osteoclastos. Durante periodos de exceso o déficit prolongado de calcio, sólo la PTH parece tener una importancia real en el mantenimiento de la calcemia, la hipocalcemia y la hipercalcemia tienen diversas manifestaciones en los mamíferos (García Sacristán, 1995).

Paratohormona (PTH). -la PTH es producida y secretada por las células principales de la glándula paratiroidea, Cuando se da una ligera disminución de la concentración del calcio iónico en los líquidos extracelulares produce el aumento del ritmo de secreción de PTH por la glándula paratiroidea. La PTH actúa junto con la vitamina D para lograr, siempre que sea preciso, un aumento de la calcemia en sangre implicando para ello la acción de distintos órganos. La activación de este sistema hormonal produce en los huesos la resorción de calcio y fosfato mediante dos efectos diferentes: el primero de acción muy rápida, que tiene lugar en minutos produciendo una remoción de las sales óseas desde la matriz ósea en la vecindad de osteocitos que se encuentran dentro del propio hueso y en la vecindad de los osteoblastos a lo largo de la superficie ósea; el segundo mecanismo necesita para su desarrollo varios días, produce una activación de los osteoclastos existentes y posteriormente un aumento en la formación de nuevas células osteoclásticas (Cunningham, 2003).

La PTH es la principal hormona en el control y la protección del organismo frente a la hipocalcemia. A nivel renal aumenta la reabsorción tubular de calcio y magnesio y la excreción renal de fosforo y bicarbonato; la acción de la hormona sobre el túbulo distal afecta solo el 10% que se absorbe a este nivel, ya que el 90% del calcio filtrado es reabsorbido por un proceso independiente de la PTH no

saturable y es ligado al transporte del sodio en el túbulo proximal y en el asa de Henle. A nivel del hueso aumenta la resorción ósea; también estimula la formación de huesos nuevos, pero su efecto neto es aumentar la liberación de calcio y fosfato a la sangre. a nivel del intestino facilita la absorción de calcio en forma indirecta. (Fernández A, 2011).

2.4.5 Hipocalcemia

La etiología de la hipocalcemia es la disminución de la producción de la PTH. Y la causa de la disminución de la secreción PTH es la hipermagnesemia. Posiblemente la hipermagnesemia produzca una depleción intracelular de magnesio que interfiere con la secreción de la PTH y con la respuesta de las células del hueso a la PTH. La causa más frecuente de la hipocalcemia es la hipoalbuminemia, por lo que es recomendable medir los niveles de albúmina en sangre. (Moe, 2005).

El déficit de calcio cursa con tetania, hiperexcitabilidad de las fibras nerviosas, convulsiones, anormalidades en la estructura ósea (osteoporosis, osteomalacia y raquitismo) y en animales de experimentación a los que se les sometió a concentraciones extraordinariamente bajas se pudo observar dilatación del corazón, cambios en la actividad de enzimas celulares y alteraciones en la coagulación sanguínea (Cunningham, 2003).

En cuyes se puede presentar hipocalcemia, las hembras gestantes pueden desarrollar deficiencia de calcio aguda en la demanda metabólica del parto y la lactancia, esta condición se ve más en las hembras multíparas, obesas y estresadas, la deficiencia de calcio se desarrolla antes o inmediatamente después del parto, los animales afectados pueden ser asintomáticos y mueren repentinamente sin mostrar ninguna señal, o pueden mostrar deshidratación, depresión, anorexia, espasmos musculares y convulsiones. (Kahn y Line, 2007).

Entre las condiciones fisiológicas que hacen variar los niveles de calcio se encuentran la edad, el sexo, la estación y la gestación. Durante la gestación, el calcio total declina paralelamente a la albúmina sérica (Burtis et al., 2006).

2.5 El fósforo (P)

2.5.1 Funciones del fósforo

Es el segundo mineral más abundante del organismo y tiene más funciones conocidas en el organismo que cualquier otro elemento. Su mayor concentración se encuentra en los huesos, donde se localiza el 85% del fósforo del organismo. Además de su rol vital en el desarrollo y mantenimiento del tejido esquelético, tiene también una función especial en el crecimiento celular y juega un papel clave en muchas otras funciones metabólicas (Hernández, 2004).

El fósforo es un elemento multifuncional que forma parte del tejido óseo constituyendo la hidroxiapatita, al igual que con el calcio, su mayor concentración se encuentra en los huesos y dientes, donde se localiza 85% del fósforo del organismo, participa en la composición del tejido nervioso y el resto se encuentra ampliamente distribuido en los tejidos blandos (Shimada, 2003).

El fósforo en el esqueleto se encuentra como parte de cristal de hidroxiapatita, mientras que, el que se encuentra en los tejidos blandos se encuentra en su mayoría en formas inorgánicas; en el suero sanguíneo se encuentra tanto en forma inorgánica como orgánica. Al igual que el calcio, el fósforo es un componente estructural del esqueleto, pero además es componente de los fosfolípidos, actúa en el metabolismo energético como un componente del ATP y de fosfato de creatina; es un componente como fosfato de RNA y ADN y constituyente de varios sistemas enzimáticos (Morrison, 1977).

El fósforo también participa en todos los procesos fisiológicos que implican una ganancia o pérdida de energía que se realiza mediante formación o la destrucción de "enlaces fosfato" que acumula energía. Sumado a ello cumple con mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-básico, la formación de fosfolípidos y consecuencia en transporte de ácido grasos y en la formación de aminoácidos y proteínas. El fósforo también está implicado en el control del apetito y la eficiencia de la utilización de los alimentos (Hernández, 2004). En todas las especies domesticas la deficiencia de calcio y fósforo se caracterizan por pérdida de apetito y un crecimiento anormal en animales jóvenes (Underwood 2003).

Los tejidos blandos son capaces de contener entre un 0,15-0,20% de fósforo en forma de fosfoproteínas, nucleoproteínas, fosfolípidos, fosfato creatinina, ATP, glucosa-6-fosfato, etc. Un 75% de fósforo está presente en los huesos, el 25% restante en tejidos blandos como fosfoproteínas, nucleoproteínas, fosfolípidos, que son esenciales en la estructura orgánica, transporte de nutrientes y utilización de energía. La carencia produce crecimiento lento, apetito pobre, reducida utilización de energía huesos frágiles, conversión alimenticia baja y concepción baja. Es constituyente esencial de los tejidos óseo y muscular y participa en la composición del tejido nervioso. Su concentración en la circulación está regulada entre otros factores por los niveles de vitamina D y las glándulas endocrinas observándose variaciones fisiológicas de acuerdo a la edad, ingesta, actividad física, gestación, etc. (Wiener, 2000).

El fósforo desempeña en el organismo animal más funciones que cualquier otro elemento mineral. Además, el fósforo se encuentra en las fosfoproteínas, en los ácidos nucleicos y en los fosfolípidos. Este elemento juega un rol importante en el metabolismo de los carbohidratos al formar los hexafosfatos y los adenosin di- y

trifosfatos. Funciona en el metabolismo energético como componente de sustancias ricas en energía como el ADP, ATP y fosfocreatina. Las reacciones metabólicas de los carbohidratos, proteínas y lípidos se realizan a través de compuestos intermediarios fosforilados. El fósforo forma parte de los fosfolípidos, que son importantes en el transporte de lípidos y su metabolismo, y como componente de las membranas celulares. El fosfato forma parte del RNA Y DNA, componentes celulares vitales esenciales para la síntesis proteica (Mc Donald y Edward, 1995; Bondi, 1988).

2.5.2 Absorción del fósforo

La absorción del P ocurre en el intestino delgado en condiciones ácidas; siendo las pérdidas fecales altas, con lo que la digestibilidad verdadera de P es del orden del 60-70%, elevándose su absorción hasta un 90% cuando la ingesta alimenticia disminuye, que por el contrario su absorción desciende con la edad. También su absorción es favorecida por el sodio y perjudicada por altos niveles de hierro y aluminio por la formación de fosfatos insolubles. Además de la presencia de vitamina D la absorción de calcio y fósforo depende de los numerosos factores que afectan a su solubilidad en el punto de contacto con las membranas de absorción (Mufarrege, 1999; Bondi, 1988).

La absorción de fósforo en el intestino se lleva a cabo por transporte activo y difusión pasiva, atraviesa la pared intestinal contra un gradiente de concentración en presencia de Ca y requiere de sodio (Na). La vitamina D tiene una función importante en la absorción del fósforo. la absorción está directamente relacionada con su concentración en la dieta (Villanueva, 2010). A diferencia del calcio, la absorción de fosfatos se lleva principalmente en el yeyuno y la vitamina “D” no parece favorecerla de manera directa, sino indirectamente por el transporte de fosfato

junto con el calcio; mientras tanto que la disminución de la concentración de fósforo sanguíneo incrementa la síntesis de 1,25-hidroxi-D3, aumenta la absorción de fosfatos a nivel intestinal y sube el nivel de calcio sérico, lo que causa un decremento de la parathormona; asimismo, se incrementa la retención renal de fosfatos (este último independiente de la vitamina D y PTH) (Shimada, 2003)

La baja ingestión de fósforo se ha asociado con una disminución de la fertilidad, crecimiento retardado, debilidad muscular generalizada, enflaquecimiento, crías con raquitismo. Existen muchos casos en el mundo de que una suplementación con fósforo aumento la fertilidad del ganado vacuno en pastoreo. También puede verse afectada la producción de leche por una deficiencia de este elemento (Mc Donald y Edward, 1995; Villanueva, 2010).

2.5.3 Niveles plasmáticos o sérico del fósforo y su regulación

El fósforo en el suero sanguíneo de los animales domésticos oscila entre 2.0 y 8.0 mg/100 mL. Su deficiencia tiende a desarrollar raquitismo debido a una falta de fijación de fosfato tricálcico en los huesos (Dukes, 1981). La concentración de fosfatos inorgánicos del plasma oscila entre 3-4 mg/dL (Kolb, 1979).

El nivel de fosforo en el plasma sanguíneo es de 4-9 mg/100 mL, principalmente en forma inorgánica; los glóbulos rojos contienen de 35-45 mg/mL en forma de fósforo orgánico (Shimada, 2003). Los valores de fosforo séricos en los animales domésticos es de 4 mg/dL a 9 mg/dL y gran parte del fosfato del plasma esta ionizado, pero una pequeña cantidad se encuentra formando complejos con proteínas, lípidos y carbohidratos (Bondy, 1998).

El nivel plasmático de fosfato inorgánico y su concentración, no está tan estrechamente regulado como la del calcio. El efecto de la PTH es aumentar el

calcio y reducir el fosfato sérico, mientras que la vitamina D es elevar el calcio y los fosfatos (Flórez, 2005).

La hormona paratiroidea reduce la excreción renal de calcio y aumenta la excreción renal de fosfato, debida a la disminución de la resorción tubular proximal de los iones fosfato. Además, incrementa el ritmo de resorción de los iones magnesio e iones hidrógeno. La PTH incrementa la absorción intestinal de calcio y fosfato, a través del fomento de la formación de 1,25-dihidroxicolecalciferol a partir de la vitamina D en los riñones (Guyton, 1997).

La concentración de fósforo inorgánico sérico parece tener un efecto directo o indirecto en procesos que podrían contribuir a la hemólisis de los eritrocitos cuando los animales están, entre otras, bajo situaciones de estrés metabólico con altas demandas energéticas como son el crecimiento, la gestación el parto y la lactancia (Forchetti et al., 2006).

Un estudio realizado en Kanagawa-Japón, sobre los valores químicos de minerales en el suero sanguíneo de cuyes machos y hembras del tipo Weiser-Maples, se determinó el contenido de fósforo inorgánico por el método enzimático, siendo el promedio de 6,2 mg/dL, sin diferencia estadística entre sexos (Kitagaki et al., 2005).

Se ha determinado los niveles séricos de fósforo en cuyes mejorados de tipo I de la raza Perú de la granja Export Perú Global SAC del distrito de Mañazo, de la provincia y Región Puno. Se utilizaron 10 machos y 10 hembras. Los resultados fueron de $4,13 \pm 0,20$ mg/dL y de $4,43 \pm 0,22$ mg/dL, en machos y hembras, respectivamente ($P > 0,05$), siendo el promedio general de $4,28 \pm 0,15$ mg/dL (Capquequi, 2011).

En 24 cobayos (12 machos y 12 hembras) se determinaron niveles séricos de fósforo. El resultado en cuyes machos es de 6,47 mg/dL y en hembras 6,88 mg/dL ($P>0,05$) (Jakubowsky et al., 1998).

2.6 El Magnesio (Mg)

2.6.1 Funciones del magnesio

El magnesio está relacionado estrechamente con el calcio y fósforo. Cerca del 70% total orgánico forma parte del esqueleto, de ahí que se le considere también un mineral osteotrófico; el resto se encuentra distribuido en forma muy similar al fósforo, formando parte de más de 80 reacciones enzimáticas en el organismo. Tiene una destacada participación en la mayoría de las enzimas de fosforilación, principalmente en la hexoquinasa y la fructoquinasa cuya fuente de energía es al complejo ATP; en el mecanismo de la contracción muscular donde se inhibe la acción del ATP de la miosina, al contrario del calcio que la estimula, y en la transmisión del impulso nervioso, fundamentalmente como modulador de este sistema (Álvarez, 2001).

El 60% del magnesio del organismo se encuentra en los huesos y el resto está repartido entre músculos y otros tejidos blandos. El magnesio cumple un rol muy importante en la fisiología animal, participa en el metabolismo energético a través de la activación del ATP, en la transferencia de fosfatos de alta energía y es el ion activador de muchas enzimas involucradas en el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas, el magnesio es un mediador en mecanismos de conducción y transporte a través de las membranas. Es esencial en la preservación de estructuras macro moleculares del DNA, RNA, ribosomas, en la formación del hueso y mantenimiento de la presión osmótica; la hipomagnesemia está muy asociada a la deficiencia de otros iones como el P, K, Ca (Wiener, 2000).

El magnesio es un cofactor de muchas reacciones enzimáticas que involucran al ATP y forma parte de la bomba de membrana que mantiene la excitabilidad eléctrica de las células musculares y nerviosas. Una de las características más significativas del magnesio es la distribución no uniforme del ion en los compartimentos, líquidos del organismo; más de la mitad de los depósitos corporales totales se localizan en el hueso y menos de 1% en el plasma (Morrison, 1977).

El magnesio forma parte, o actúa como activador de numerosas enzimas importantes en el metabolismo energético de las células e interviene en la excitabilidad neuromuscular, como consecuencia de la carencia de magnesio se estaciona el crecimiento de los animales jóvenes, aumenta el metabolismo basal, disminuye el aprovechamiento de los alimentos y aumenta el depósito de calcio en el hueso (sobrem mineralización), generación y transmisión del impulso nervioso, contracción muscular y cardíaca (Kolb, 1979).

El magnesio es el cuarto catión más abundante del organismo y el segundo en importancia dentro de la célula. Interviene en procesos bioquímicos primitivos como la fotosíntesis y adhesión celular, actúa como regulador de la estructura del ribosoma, en el transporte de la membrana, síntesis de proteína y ácidos nucleicos (Aranda, et al., 2000).

El magnesio es un ion útil en diferentes funciones del organismo, se encuentra dentro de las células y sobre todo en el tejido óseo. Está unido en gran parte a las moléculas de ATP que tiene un papel muy importante en la vía de la fosforilación (que es una de las principales vías de producción de energía del organismo).

También el Mg es esencial para la actividad de la bomba de Na y Ca (Reid y Horvath, 1980).

Este micronutriente ayuda en la regulación de la transmisión neuromuscular, de la contracción muscular y de la síntesis de proteína. Es muy raro la deficiencia de magnesio. Se observa en ciertas condiciones de salud, tal como la diarrea crónica. Esta condición puede contribuir a pérdidas excesivas de magnesio, lo cual resulta en debilidad y calambres musculares (Anderson y Guttman, 1988).

2.6.2 Absorción del magnesio

El 90% del magnesio ingerido se absorbe en el intestino, el resto en estomago e intestino grueso. Actualmente se admite la existencia de dos sistemas de transporte intestinal para el catión, uno mediado por transportador y saturable a bajas concentraciones, y una difusión simple que se da a altas concentraciones. La absorción intestinal del magnesio dietético ocurre según gradientes de concentración en el suero sanguíneo de modo que si los niveles séricos son bajos la absorción en el intestino es alta y viceversa. De todos modos, la absorción es baja (10 a 20% en adultos y cerca del 30% en jóvenes) y ocurre en mayor grado en intestino grueso 35% y en intestino delgado 25% (Macintyre y Robinson, 1969).

Los animales herbívoros ingieren magnesio con las plantas verdes, ya que éste forma parte de la clorofila y en la dieta suministrada (Álvarez, 2001). El principal lugar de absorción del magnesio es en todos los animales adultos es el intestino delgado, una vez absorbido, el ion es transportado a los distintos tejidos, siendo en el óseo donde se encuentra en mayor proporción (Aranda, et all., 2000). Su absorción se produce, sobre todo, en yeyuno e íleon, por un sistema de transporte saturable y por difusión pasiva, y no es estimulada por la $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (Flórez, 2005). Es importante indicar que el magnesio es un mineral sin depósito y cuyo

nivel plasmático depende fundamentalmente de la ingesta diaria y que no está regulado por el sistema humoral (Kaneko, 1989).

2.6.3 Niveles plasmáticos o séricos del magnesio

Este mineral no cuenta con mecanismo de control efectivo que regule sus concentraciones sanguíneas y mantenga eficientemente los valores constantes. No obstante, se conoce que el contenido de magnesio en el plasma sanguíneo, se encuentra, en parte ligado a las proteínas al igual que el calcio. La competencia por los mismos receptores proteicos ocasiona que disminuya los niveles de proteína magnésico y aumente el calcio iónico cuando los niveles de calcio aumentan. La excreción renal y urinaria juega también un papel importante en la regulación de la magneemia (Álvarez, 2001).

Es importante saber que el Mg es un mineral sin depósito, cuyo nivel plasmático depende fundamentalmente de la ingesta diaria. No está regulado por el sistema humoral. El magnesio plasmático también depende de la concentración de otros cationes como el Ca^{++} y K^+ puesto que compiten a nivel renal con los mismos mecanismos de absorción tubular (De Luca, L. 2002).

Siendo la mayor parte del magnesio circulante es ultrafiltrable, el 95% de mismo es reabsorbido a nivel del túbulo renal, siendo el riñón el principal responsable de la regulación de los niveles de magnesio en el estrecho margen de sus valores de normalidad (1,8-2,2 mg/dL). La hipercalcemia, la depleción de fosfatos y la expansión de volumen disminuyen la capacidad de reabsorción. La aldosterona y la PTH también modulan la excreción renal de magnesio (Bushinsky, 1999).

En los animales, la concentración promedio del magnesio en la sangre es de 2-3 mg/dL. Los valores por debajo de éste se consideran frecuentemente como una hipomagnesemia (Espinosa, 1982). El magnesio es el catión intracelular más abundante. La concentración normal de magnesio es de 2-3 mg/dL, parte del cual se encuentra en forma iónica y el resto unido a proteínas (Moe, 2005).

Los niveles normales de magnesio en plasma son de 1.8 a 2.0 mg/dL, valores por debajo de 1.0 a 1.2 mg/dL indican su deficiencia (Mufarregge, 1999). El nivel de magnesio en el plasma sanguíneo de los animales es de 1.8-3.2 mg/dL. Con valores inferiores a 1.0 mg/dL se observan síntomas clínicos de enfermedad como tetania, calambres violentos en distintos grupos de músculos (kolb, 1979).

Se ha determinado los niveles séricos de magnesio en cuyes mejorados de tipo I de la raza Perú de la granja Export Perú Global SAC del distrito de Mañazo, de la provincia y Región Puno. Se utilizaron 10 machos y 10 hembras. Los resultados fueron de 2.93 ± 0.09 mg/dL y 2.73 ± 0.10 mg/dL en cuyes machos y hembras, respectivamente ($P > 0.05$), siendo el promedio general de 2.82 ± 0.07 mg/dL (Capquequi, 2011).

En 24 cobayos (12 machos y 12 hembras) se determinaron niveles séricos de magnesio, encontrándose 2,77 mg/dL en machos y 2,64 mg/dL en hembras. No existiendo diferencia estadística (Jakubowsky et al., 1998).

El magnesio en la sangre se distribuye en un 75% en glóbulos rojos (6.0 meq/L.) y un 25% en el suero (1.5 - 2.0 meq/L), ligado a las proteínas, su concentración parece variar según las distintas especies de mamíferos (Church, 1977).

En el organismo, el magnesio se encuentra estrechamente relacionado al calcio y al fósforo. Cerca del 70% se encuentra formando parte del esqueleto y el resto repartido entre los demás tejidos y líquidos orgánicos (Mc Donald y Edwards, 1995).

2.6.4 Hipermagnesemia

En vacas, una hipocalcemia aguda suele estar acompañada de otras alteraciones plasmáticas que comprenden fundamentalmente el magnesio, el fósforo y la glucosa. En la vaca normal, la relación Ca:Mg es de 4:1, hay cuadros en donde esta relación puede alterarse, por ejemplo, en el posparto, en donde la hipocalcemia va acompañada de una hipermagnesemia (Perna, 2009).

Entre las condiciones que causan hipermagnesemia se encuentran la fiebre de la leche (Stockham & Scott, 2008).

Es raro encontrar hipermagnesemia a no ser que exista insuficiencia renal, o en individuos que toman exceso de compuestos que contengan magnesio (Moe, 2005).

2.6.5 Hipomagnesemia

Es un desbalance metabólico que se caracteriza por la reducción de los niveles de magnesio en la sangre. Esta condición compromete la función neuromuscular y la sintomatología que presentan los animales afectados depende del grado de disminución del nivel de magnesio. Cuando la hipomagnesemia es moderada el animal reduce el consumo de alimentos, se muestran nerviosos, reduce la síntesis de grasa láctea y la producción total de leche cuando la hipomagnesemia se vuelven más severas se contraen los músculos de la cara, hombros y flancos. las vacas se ponen nerviosas, irritables brahman y orinan frecuentemente. Al progresar este

desorden metabólico el animal muestra espasmos tetánicos de los músculos (Goff, 1998; NRC, 1980).

Cuando los niveles de magnesio en el plasma son de 1,1 a 1,8 mg/100ml la hipomagnesemia se considera moderada, mientras que cuando son menores a 1.1 es severa bajando el potencial de membranas de los nervios centrales y periféricos a niveles cercanos al umbral, lo cual resulta un estado de hiperexcitabilidad (Sánchez J., 2000). La hipomagnesemia generalmente está asociada a la hipocalcemia y la hipofosfatemia, lo cual complica aún más el desorden metabólico (Goff, 1998; Mayland, 1988)

Este puede producirse por cuatro mecanismos fisiopatológicos; la disminución de la ingesta de magnesio, redistribución o translocación de magnesio del extracelular al intracelular, pérdida gastrointestinal de magnesio y pérdida renal de magnesio (Rondon, H.,2006)

2.7. Correlación de calcio fósforo y magnesio.

La interrelación entre el sistema hormonal y los niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio son tan estrechas que, con frecuencia, la interpretación de los cambios debe ser realizada en conjunto para que tenga sentido fisiopatológico. Aunque la regulación de la cinética del magnesio no está tan clara como en el caso del calcio y el fósforo, circunstancias que aumentan los niveles de calcio y fósforo promoverían una pérdida renal de magnesio. El magnesio se ha involucrado en el mecanismo de sensor del calcio de la PTH y, a través de la misma, participaría de la regulación del calcio, siendo la hipermagnesemia una de las causas de hipocalcemia (Rodríguez et al., 2004).

En estudios serológicos realizados en 32 conejos criados en altura la correlación Ca y P es alta y positiva ($r=0,503$) y altamente negativa entre Ca y Mg ($r=-0,93$) y Mg y P ($r=-0,515$) (Carcausto, 2017).

Se determinó la correlación existente entre el Ca, el P y el Mg en alpacas hembras según su condición reproductiva y condición fisiológica, para lo cual se utilizaron 120 muestras sanguíneas obtenidas de 60 alpacas primerizas y 60 multíparas en diferentes estadios reproductivos. La correlación existente entre Ca y P fue positiva y significativa ($r=0,364$) ($p\leq 0.01$); positiva y significativa entre Ca y Mg ($r=0.226$) ($p\leq 0.05$); y, positiva no significativa entre P y Mg ($r=0,117$) ($p>0.05$) (Mamani, 2008).

En otro estudio utilizando muestras de suero sanguíneo de 120 alpacas considerando los factores: condición fisiológica y lugar de procedencia las correlaciones entre Ca y P son positiva y baja ($r=0.116$), entre Ca y Mg es negativa y muy baja ($r=-0.009$) y entre P y Mg es positiva y baja ($r=0.209^*$) (Mollehuanca, 2018)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el “Centro de Investigación y Producción Majes”, ubicada en el distrito de Majes de la provincia de Caylloma, región Arequipa. La granja se localiza en las coordenadas 16° 21´ 10” de latitud Sur y 72° 17´ 46” de longitud Oeste y a una altitud de 1410 m. (SENAMHI, 2015). Mientras que las muestras sanguíneas obtenidas fueron analizadas en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano Puno a 3825 m.

3.2 Material Experimental.

3.2.1 Tamaño de muestra.

Para la ejecución del trabajo se utilizaron 40 cuyes, clínicamente sanos. En la Tabla 1 se muestra la distribución de los animales por clase y sexo.

Tabla 1. Distribución de tamaño de muestra de cuyes según clase y sexo.

Clase	Sexo		Total
	Macho	Hembra	
Recría	10	10	20
Reproductores	10	10	20
Total	20	20	40

3.2.2 Materiales y equipos.

De campo:

- Cuaderno para el registro de toma de muestra.

De muestreo:

- Caja Tecnopor con hielo.
- Tubos vacutainer de 10 mL.
- Gradillas
- Alcohol yodado.
- Algodón.
- Registros

Obtención de suero:

- Centrífuga
- Viales de plástico de 5 mL
- Pipetas graduadas
- Cronómetro

Análisis de laboratorio:

- Congeladora
- Espectrofotómetro UV (Genesys 20)
- Tubos de prueba de 10 mL
- Pipetas graduadas
- Micropipetas automáticas
- Baño María
- Gradillas
- Cronómetro

Reactivos:

- Kits para la determinación de Ca, P y Mg (Wiener Lab. ®).

3.3 Metodología.

3.3.1 Elección de animales.

La selección de animales se realizó al azar, y fueron distribuidas en dos grupos experimentales: 20 hembras (10 reproductoras y 10 de recría) y 20 machos (10 reproductores y 10 de recría), clínicamente sanos. Los animales previamente al muestreo de sangre fueron alimentados durante 15 días con una dieta a base de alfalfa con la finalidad de acostumbramiento al manejo, a las instalaciones y a la dieta.

Las muestras de sangre se obtuvieron a las 9:00 am mediante sangría al beneficio de los animales en ayuno, la sangre se colectó en tubos de ensayo sin anticoagulante para inmediatamente ser centrifugados a 3000 rpm durante 15 minutos, luego se obtuvo el suero sanguíneo, los que se conservaron en viales de plástico esterilizados de 5 mL los cuales fueron rotulados y conservados en congelación a -20°C hasta su análisis en el laboratorio de Bioquímica de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la UNA, por espectrofotometría, con tres repeticiones por muestra.

3.3.2 Determinación de minerales

Las determinaciones de Ca, P y Mg se realizaron mediante técnicas colorimétricas- espectrofotométricas utilizando kits de Wiener lab ®.

a) Determinación del calcio.

El calcio reacciona con la cresolftalein complexona (cfx) a pH 11, para formar un color púrpura que se mide fotocolorimétricamente a 575 nm de longitud de onda. La intensidad del color púrpura es proporcional a la concentración de calcio en la muestra (Wiener, 2000).

Reactivos

- Reactivo Cfx: solución de cresolftalein complexona 3.7 mmol/L.
- Buffer: solución de aminometil propanol (AMP) 0.2 mol/L. En metanol 35% v/v para pH final 11.
- Standard: solución de calcio 10 mg/dL.

Procedimiento

Se realizó el siguiente protocolo:

Se preparó el siguiente juego de tubos donde se colocó, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Preparación y procedimiento para la determinación del calcio.

Reactivo	B	S	M
Estándar μL	-	10 μL	-
Suero μL	-	-	10 μL
	-	25 μL	25 μL
Reactivo cfk μL	-	-	-
Reactivo buffer (mL)	-	1.7 mL	1.7 mL

1. En dos tubos marcados con S (estándar) y M (Muestra) se colocó en cada una 25 μL de reactivo cfk y buffer 1.7 mL.
2. Se mezcló inmediatamente y se realizó la lectura de la absorbancia de ambos tubos en el espectrofotómetro a 570 nm de longitud de onda, llevado a cero el espectrofotómetro con agua destilada.
3. Luego se agrega al tubo S 10 μL de la solución estándar y al tubo M 10 μL de muestra (solución ácida) mezclándolos inmediatamente.
4. Después de 10 minutos se realiza una segunda lectura a 570 nm.
5. Se realizó el cálculo con la siguiente fórmula:

$$[\text{Calcio}](\text{mg/dL}) = \frac{[\text{estandar}]}{A_s} \times A_m$$

Donde:

A_m = Absorbancia de la muestra.

A_s = Absorbancia del estándar.

[estándar] = Concentración del estándar (10 mg/dL)

- ✚ Se expreso los resultados en miligramos de calcio por dL de suero sanguíneo (mg/dL).

b) Determinación del Fósforo.

El fosfato inorgánico reacciona en medio ácido con el molibdato para dar un complejo fosfomolibdico que se mide espectrofotométricamente a 340 nm de longitud de onda (Wiener, 2000).

Reactivos

- Reactivo de trabajo: solución de molibdato de amonio 2 mmol/L en ácido sulfúrico al 1%.
- Standard: solución estabilizada de fosfatos equivalentes a 4 mg/dL de fósforo inorgánico.

Procedimiento.

Se realizó el siguiente protocolo de acuerdo a la Tabla 3:

Tabla 3. Procedimiento para la determinación del fósforo.

Reactivo	B	S	M
Estándar μL	-	10	-
Suero μL	--	-	10
Reactivo ácido mL	1mL	1mL	1mL

1. Se dispusieron 3 tubos marcados con B (blanco), S (estándar), y M (muestra).
2. Al tubo S se agregó 10 μL de la solución estándar y al tubo M 10 μL de muestra (solución ácida),
3. Luego se agregaron a los 3 tubos 1 mL del reactivo de trabajo.
4. Se mezclaron e incubaron 10 minutos a temperatura ambiente.
5. Finalmente se realizó la lectura en espectrofotómetro UV a 340 nm de longitud de onda, calibrando previamente del espectrofotómetro con agua destilada.
6. Se realizó el cálculo con la siguiente fórmula:

$$[\text{Fósforo}](\text{mg/dL}) = \frac{[\text{estandar}]}{A_s} \times A_m$$

Donde:

A_m = Absorbancia de la muestra.

A_s = Absorbancia del estándar.

[estándar] = Concentración del estándar (4 mg/dL)

- ✚ Los resultados se expresaron en miligramos de fósforo por dL de suero sanguíneo (mg/dL).

c) Determinación del Magnesio

El magnesio forma un complejo coloreado, al reaccionar con la calmagita en solución alcalina. El EGTA, elimina la interferencia del calcio. El complejo coloreado es medido a 520 nm de longitud de onda (Wiener, 2000).

Reactivos

- 2 Methyl - 2 Amino – 1 – propanol 10 ml/L.
- EGTA 210 $\mu\text{mol/L}$
- Calmagita 170 $\mu\text{mol/L}$
- Standard: Magnesio 2 mg/dL ó 0.82 mmol/L .

Procedimiento

Se realizó el siguiente protocolo, como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Procedimiento para la determinación de magnesio.

Reactivo	B	S	M
Estándar μL	-	10	-
Suero μL	-	-	10
Reactivo ácido mL	1mL	1mL	1mL

1. Se dispusieron 3 tubos marcados con B (blanco), S (estándar), y M (muestra).
2. Al tubo S se agregó 10 μL de la solución estándar y al tubo M 10 μL de muestra (solución ácida).
3. Luego se agregaron a los 3 tubos 1 mL del reactivo de trabajo.
4. Se incubó 5 minutos a temperatura ambiente para luego realizar la lectura a 520 nm. de longitud de onda en el espectrofotómetro.
5. Se realizó el cálculo con la siguiente fórmula:

$$[\text{Magnesio}] (\text{mg/dL}) = \frac{[\text{estandar}]}{A_s} \times A_m$$

Donde:

A_m = Absorbancia de la muestra.

A_s = Absorbancia del estándar.

[estándar] = Concentración del estándar (4 mg/dL)

- Los resultados se expresaron en miligramos de magnesio por dL de suero sanguíneo (mg/dL).

3.4 Análisis estadístico

El trabajo fue conducido en un diseño de doble clasificación sin interacción, cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo sexo (tratamiento)

β_j = Efecto del j-ésimo clase animal (bloque)

ε_{ij} = Efecto del Error Experimental

$i = 1, 2$

$j = 1, 2$

Los resultados de la concentración de calcio, fósforo y magnesio fueron evaluados mediante el análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software SAS. Asimismo, para la determinación de las correlaciones entre variables (tres minerales) se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, cuya fórmula es:

$$r = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} * \sqrt{N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}}$$

Donde:

r: Coeficiente de correlación de Pearson.

Σxy : Sumatoria de los productos de ambas variables.

Σx : Sumatoria de los valores de la variable independiente.

Σy : Sumatoria de los valores de la variable dependiente.

Σx^2 : Sumatoria de los valores al cuadrado de la variable independiente.

Σy^2 : Sumatoria de los valores al cuadrado de la variable dependiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis estadístico según clase y sexo de los niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio en cuyes se muestran en el anexo 1 cuyos principales parámetros estadísticos descriptivos se presentan en las siguientes tablas.

4.1 Niveles séricos de Calcio

La concentración sérica de calcio (mg/dL.) de cuyes del CIP Majes, según clase y sexo, se muestran en las siguientes tablas.

4.1.1 Niveles séricos de calcio según clase

La Tabla 5, muestra las concentraciones de calcio (mg/dL) en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes, según clase animal.

Tabla 5. Niveles séricos de calcio (mg/dL) de cuyes del CIP- Majes, según clase animal.

Clase animal	N°	Promedio ± EE	CV (%)	Valores Extremos	
				Mínimo	Máximo
Recría	20	10,18±0.22 ^a	6,90	9,13	11,52
Reproductores	20	8,27±0.23 ^b	8,60	7,23	9,86
TOTAL	40	9,22±0.38	12,91	7,23	11,52

Los resultados obtenidos de concentración de calcio en suero sanguíneo en cuye se encuentran dentro de los parámetros reportados citado por Moreno (1983) reporto limites normales de 5.3mg/100ml a 12mg/100ml; al igual que Jakubowski et al. (1998) reporto un promedio de 7.6mg/dL. a 9.2 mg/dL.

La diferencia existente para la clase animal, donde los cuyes recrias muestran niveles de calcio más alto que los cuyes reproductores, se debería a la edad de los animales; es decir, los cuyes recrias aún están en crecimiento y, por lo tanto sus huesos no están completamente mineralizados, por lo cual sus niveles de calcio

séricos son superiores a los cuyes reproductores que son de mayor edad , tal como lo manifiesta Smith (2001) quien realizó un trabajo donde encontró variabilidad en la concentración de calcio según la edad del animal, siendo la concentración de calcio en los recién nacidos de 10.0 mg/dL, en juveniles de 9.53 mg/dL y en adultos de 8.8 mg/dL, concluyendo que los animales más jóvenes son los que poseen mayor concentración de este mineral, descendiendo en función a la edad del animal.

Por otro lado, Church (1974) indica que el nivel de calcio sanguíneo depende del tipo de alimentación y es un reflejo del equilibrio entre la absorción, retirada o deposición en el hueso y excreción vía orina o heces, además los valores de calcio en el organismo no son constantes y varían según edad del animal, como el encontrado en el presente estudio. Por su parte Wiener (2000) señala que se han observado fluctuaciones fisiológicas de los niveles de calcio plasmáticos debido a la edad, gestación, actividad física y cambios estacionales.

Asimismo, Repetto et al. (2004), indican que los requerimientos de minerales en animales en crecimiento son mayores que animales adultos y que no están en producción, estos requerimientos de minerales son relativamente bajos, requiriéndose sólo para compensar las pérdidas endógenas.

Estos valores similares a la mayoría de animales se atribuyen a que en el organismo animal existe un complejo sistema regulador del metabolismo del calcio representado por la vitamina D y las hormonas calcitonina y paratohormona, así lo indica Cunningham (2003) y García Sacristán (1995).

Calsey y King (1980) reporta los valores de 10.64 mg/dL, atribuible a la edad del animal en cuyes de 3 semanas de edad de igual manera Capquequi (2011) quien estudiando 20 cuyes mejorados de tipo I de la raza Perú del distrito de Mañazo,

Puno, reporta valores inferiores en niveles séricos de calcio de cuyes con un promedio general de $7.72 \pm 0,25$ mg/dL.

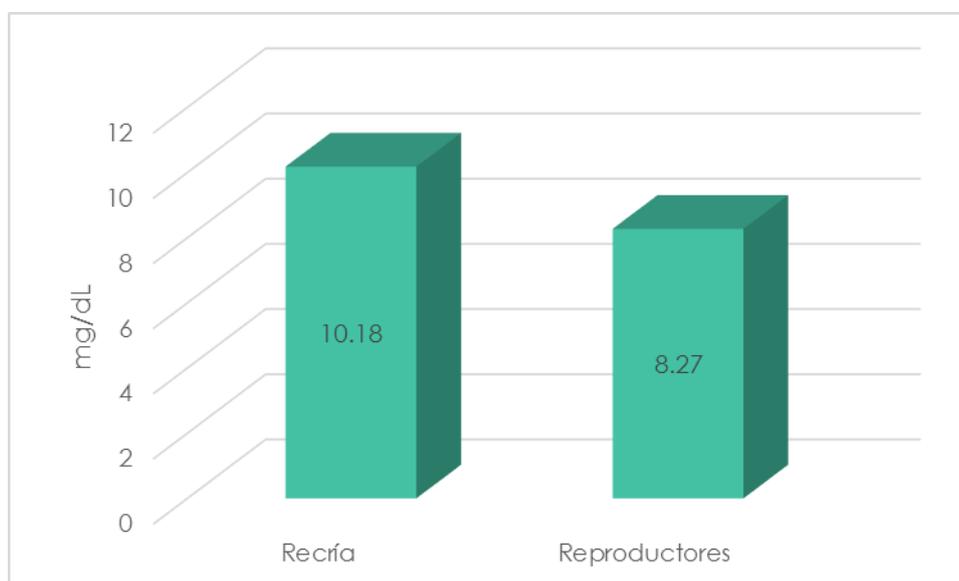


Figura 1. Calcio sérico (mg/dL) en cuyes según clase.

Comparando el promedio de calcio sanguíneo del presente estudio con otras especies cercanas al cuy, se tiene el estudio realizado por Carcausto (2017), utilizando 32 muestras sanguíneas de conejos criollos en altura quien reporta valores de 13,34 mg/dL en jóvenes y de 8,90 mg/dL en adultos con promedio general de 7,79 mg/dL, Verde y Gómez (1987), quienes analizando calcio sérico en 72 conejos machos de cruce industrial para carne Neozelandés blanco x Californianos de 40-45 días de edad, determinaron los niveles de calcio de 14,66 mg/dL, diferencia atribuida a la localización geográfica (Zaragoza, España), altitud, condiciones de crianza y técnica analítica utilizada (analizador bioquímico automatizado). Así lo corroboran Fowler y Zinkl (1989) al señalar que el valor bioquímico del suero de los animales domésticos puede variar según los factores geográficos (altitudinal y latitudinal) y disponibilidad de alimentos.

Estos valores similares a la mayoría de animales se atribuyen a que en el organismo animal existe un complejo sistema regulador del metabolismo del calcio representado por la vitamina D y las hormonas calcitonina y paratohormona, así lo indica Cunningham (2003) y García Sacristán (1995).

4.1.2 Niveles séricos de calcio según sexo

En la Tabla 6, se muestran las concentraciones de calcio (mg/dL.) en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes, según sexo.

Tabla 6. Niveles séricos de calcio (mg/dL) de cuyes del CIP. Majes, según sexo .

Sexo	N°	Promedio \pm EE	CV (%)	Valores Extremos	
				Mínimo	Máximo
Hembra	20	9,14 \pm 0.35	12,21	7,23	11,16
Macho	20	9,31 \pm 0.41	13,8	7,23	11,52
TOTAL	40	9,22 \pm 0.38	12,91	7,23	11,52

Los valores reportados están dentro de los parámetros referenciales establecidos para la especie; Kitagaki et al. (2005) quien reporta similitud en promedio general en hembras y machos con valores de 10 mg/dL, de calcio en cuyes y Antinoff (2004) reportó valores de 8.3 mg/dL como mínimo a 12 mg/dL de máximo de calcio.

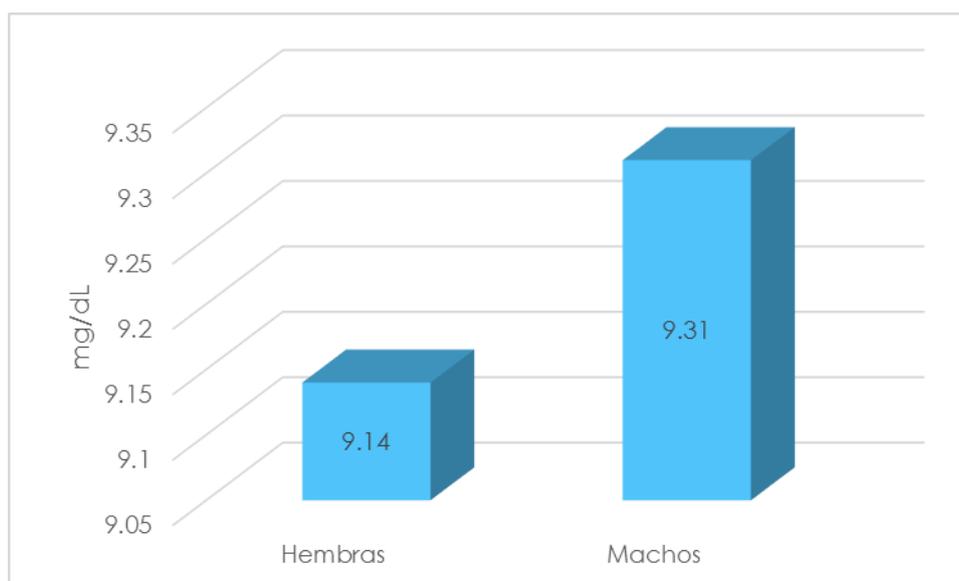


Figura 2. Calcio sérico (mg/dL) en cuyes según sexo.

Para comparar el nivel de calcio de los cuyes con otras especies, se menciona a Antinoff (2004), quien reportó en conejos valores de 5.6 mg/dL a 14.3 mg/dL; hámster 5mg/dL a 12.3 mg/dL; ratón 3.2 mg/dL a 8.53 mg/dL; rata de 5.3 mg/dL a 13.3 mg/dL, se observa que los valores encontrados en este estudio se encuentran dentro de los parámetros establecido.

Jones (1992) para conejos determinó un promedio general de 11.63 mg/dL; Calsey y King (1980) reportaron valores generales de calcio sérico en conejos de 13.16 mg/dL ; ratas 10.08 mg/dL y ratones 9.88 mg/dL. las variaciones en cuanto a las concentraciones de calcio se podrían explicar que son causa de la fisiología, tipo de alimentación; existen factores que afectan los valores bioquímicos sanguíneos como el genotipo, factores nutricionales, ambientales y hormonales. Y lugar de estudio.

Respecto al efecto del sexo los resultados obtenidos son similares a lo citado por Capquequi (2011) quien reportó no significativa en las variables hematológicas y bioquímicas en cuyes, corroborado con los reportes de Serna (1985) quien señala

que el factor sexo y procedencia no es influyente en los niveles séricos de calcio. En un estudio realizado sobre los valores químicos de minerales en el suero sanguíneo de cuyes machos y hembras; los datos obtenidos fueron similares en ambos sexos 10 mg/dL; de igual manera Jakubowski et al. (1998) no encontró diferencia estadística.

El efecto según sexo es similar los reportados por Chineke et al. (2006), Schalm et al. (1975), quienes mencionan que el sexo no tiene efectos significativos estadísticamente en las variables hematológicas y bioquímicas en cuyes.

4.2 Niveles séricos de fósforo.

Las concentraciones de fósforo (g/dL) en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes se muestran en las tablas siguientes según clase y sexo.

4.2.1 Niveles séricos de fósforo según clase animal

En la Tabla 7, se muestra las concentraciones de fósforo (mg/dL) en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes según clase animal.

Tabla 7. Niveles séricos de fósforo (mg/dL) de cuyes del CIP. Majes, según clase animal.

Clase animal	N°	Promedio ± EE	CV (%)	Valores Extremos	
				Mínimo	Máximo
Recría	20	5,20±0.23 ^a	13,87	3,69	7,06
Reproductores	20	4,93±0.18 ^b	11,66	3,35	5,82
TOTAL	40	5,06±0.21	13	3,35	7,06

La concentración promedio de fósforo en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes fue de 5.06±0.21 mg/dL, siendo de 5.20±0.23 mg/dL en cuyes de recría y de 4.93±0.18 mg/dL en cuyes reproductores; al análisis estadístico existen diferencias para esta variable ($P \leq 0.05$), por lo que la clase animal es influyente en los niveles séricos de fosforo en cuyes.

La diferencia de los niveles de fósforo en cuyes recrias que en reproductores, se debería a la edad del animal, los cuyes recria están en crecimiento y, por lo tanto sus huesos no están completamente mineralizados, por lo cual sus niveles de fósforo sérico son superiores a los cuyes reproductores que son de mayor edad, como lo manifiesta Smith (2001) la movilización de fósforo en los huesos se evidencia de mayor forma en individuos jóvenes, donde las hormonas del crecimiento incrementan la reabsorción de fósforo a nivel renal, además de conocerse que en cuyes la concentración de fósforo tiene variabilidad en relación a la edad del animal decreciendo en los animales según la edad, donde los recién nacidos poseen mayor concentración de fósforo.

Resultado similar fue el encontrado por Kitagaki et al. (2005), quien analizando el plasma sanguíneo de cuyes del tipo Weiser – Maples, determinaron que los niveles de fósforo inorgánico fueron de 6,2 mg/dL.; Dukes,(1981), Church (1974), y Kraft (1998) quienes indican que el fósforo en el plasma sanguíneo de los herbívoros domésticos varía entre 4 y 8 mg/dL, Por su parte Shimada (2003) y Bondi (1998) establecen un rango de 4 a 9 mg/dL de fósforo sérico para los animales domésticos.

La concentración de fosforo (promedio y valores extremos) se encuentran dentro de los valores referenciales para la especie citado por Capquequi (2011) quien cifra un promedio general de 4.28 mg/dL, en cuyes mejorados de tipo I de la raza Perú procedentes de la granja Export Perú Global SAC, del distrito de Mañazo.

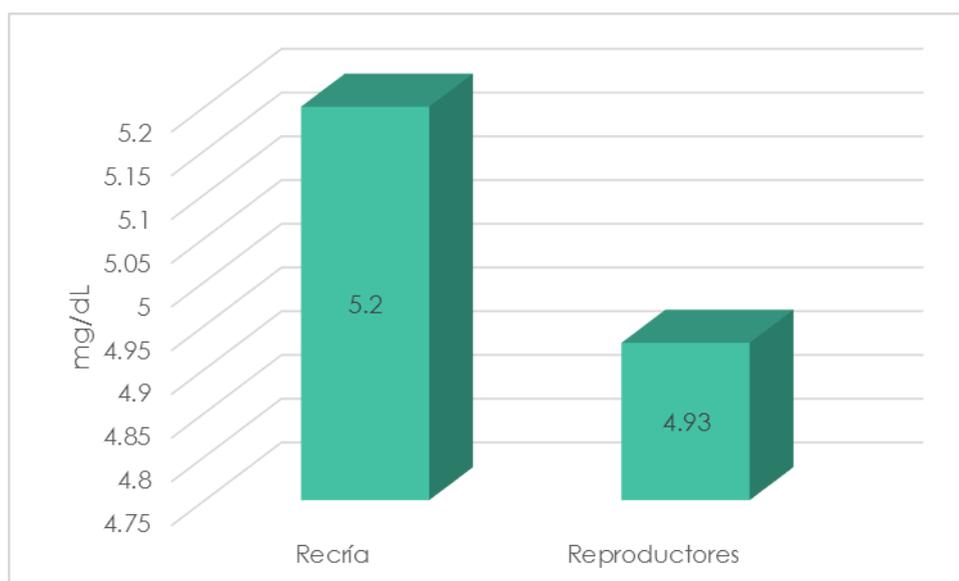


Figura 3. Fósforo sérico (mg/dL) en cuyes según clase.

Los valores obtenidos son concordantes a lo indicado por Church (1974) quien indica que el fósforo en el plasma sanguíneo de los herbívoros domésticos varía entre 4 y 8 mg/dL y que en la edad juvenil es más alto, declinando en adultos. Esto es atribuible a que, en los animales jóvenes, la movilización de fósforo es mayor que en los adultos por las demandas mayores que se tiene por el crecimiento de tejidos, energía y metabolismo intermediario.

Para el efecto según edad animal, Carcausto (2017) reporta diferencia estadística ($P \leq 0,01$) entre jóvenes (8,24 mg/dL) y adultos (7,35 mg/dL) considerando que los niveles séricos en jóvenes son mayores que en adultos en conejos, tal como se reporta en el presente estudio.

Calsey y King (1980) reportaron promedios generales de fosfato sérico en conejos 7.25 mg/dL y ratas 6.60 mg/dL. las variaciones ligeramente superiores, probablemente se deba al efecto de la especie animal, metodología empleada y lugar de estudio, al igual que Mc Donal *et al.* (1995) reporta que la concentración sérica de fósforo varía según la especie y edad del animal.

Las diferencias en concentraciones se deben probablemente al tipo de alimentación; existen factores que afectan los valores bioquímicos sanguíneos como el genotipo, la edad, factores nutricionales, ambientales. La composición de los pastizales, pastos, el estrés, el parto, los factores climáticos nutricionales bajos entre otros alteran en gran medida los valores en animales de granja tal como refiere Chineke et al. (2006).

Fortchetti et al. (2006) menciona que la concentración de fósforo inorgánico en sangre parece tener un efecto directo o indirecto en procesos que podrían contribuir a la hemólisis de los eritrocitos cuando los animales están, entre otras, bajo situaciones de estrés metabólico con altas demandas energéticas como son la gestación, el parto y la lactancia.

4.2.2 Niveles séricos de fósforo según sexo

En la Tabla 8, se muestra las concentraciones de fosforo (mg/dL) en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes, según sexo.

Tabla 8. Niveles séricos de fósforo (mg/dL) de cuyes del CIP. Majes, según sexo.

Sexo	N°	Promedio \pm EE	CV (%)	Valores Extremos	
				Mínimo	Máximo
Hembra	20	4,98 \pm 0.21	13,46	3,57	7,06
Macho	20	5,15 \pm 0.22	12,69	3,35	7,06
TOTAL	40	5,06 \pm 0.21	13	3,35	7,06

La concentración promedio de fósforo según sexo es de 4.98 \pm 0.21 mg/dL en cuyes hembras y de 5.15 \pm 0.22 mg/dL en cuyes machos, al análisis estadístico no existe diferencia significativa para esta variable ($P > 0.05$), por lo que el sexo no influye en los niveles séricos de fosforo en cuyes.

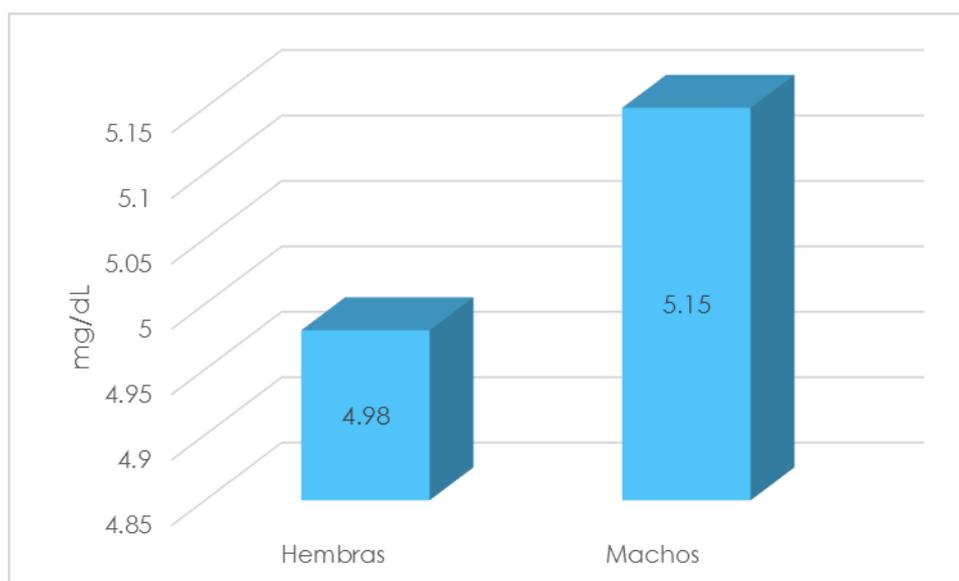


Figura 4. Fósforo sérico (mg/dL) en cuyes según sexo.

La diferencia de fósforo no es tan marcada entre machos y hembras. Al respecto, Glerean y Plantalech (2000), indican que, durante la gestación, los niveles séricos de fósforo están normales o levemente disminuidos, así como, Por su parte, Flórez (2005) indica que el nivel plasmático de fosfato inorgánico y su concentración, no está tan estrechamente regulado como la del calcio y que el efecto de la PTH es aumentar el calcio y reducir el fosfato sérico, mientras que la vitamina D es elevar el calcio y los fosfatos.

Respecto al efecto sexo los resultados obtenidos son similares a los citados por Capquequi (2011) en cuyes mejorados de tipo I de la raza Perú del distrito de Mañazo indican que los niveles de fósforo fueron de 4,13 y de 4.43 mg/dL, en machos y hembras, respectivamente, no habiendo diferencia significativa entre machos y hembras ($P>0.05$). comparando los valores del trabajo de investigación son ligeramente superior a los valores establecidos de los parámetros, esto probablemente podría atribuirse como a la zona de estudio al tipo de alimentación, al tipo de crianza que recibieron los cuyes. Al respecto Underwood (2003) indica

que las leguminosas contienen generalmente un poco más de fosforo que las gramíneas.

En relación en otras especies podemos apreciar que Carcausto (2017) en conejos de altura reporto valores en machos de 8,02 mg/dL y en hembras 7,57 mg/dL; Antinof (2004) en conejos reporto un valor promedio de 2.3 mg/dL a 6.69 mg/dL; en hámster 3.0 md/dL a 9.9 mg/dL; se observa que los valores encontrados en el estudio estrían dentro del rango: Kaneko (1989) reporto valores de fosforo inorgánico en conejos de 3.68 mg/dL a 4.61 mg/dL, concentraciones que se encuentran muy cercanas a lo encontrado en el presente estudio.

4.3 Niveles séricos de magnesio

Las concentraciones de magnesio (mg/dl) sérica en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes se muestran en las tablas siguientes.

4.3.1 Niveles séricos de magnesio según clase animal

En la Tabla 9, se muestra las concentraciones de magnesio (g/dL) en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes, según clase animal.

Tabla 9. Niveles séricos de magnesio (mg/dL) de cuyes del CIP. Majes, según clase animal.

Clase animal	N°	Promedio ± EE	CV (%)	Valores Extremos	
				Mínimo	Máximo
Recría	20	2,83±0.13 ^a	14,37	2,40	3,80
Reproductores	20	2,32±0.12 ^b	16,77	1,34	3,00
TOTAL	40	2,57±0.15	18,33	1,34	3,80

La concentración promedio de magnesio en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes fue de 2.57±0.15 mg/dL, siendo de 2.83±0.13 mg/dL en cuyes de recría y de 2.32±0.12 mg/dL en cuyes reproductores, al análisis estadístico existe

diferencia para esta variable ($P \leq 0.05$), por lo que la clase animal es influyente en los niveles séricos de magnesio en cuyes.

La diferencia existente para la clase animal, donde los cuyes recria muestran niveles séricos de magnesio elevados que, en cuyes reproductores, al igual que el calcio y fosforo, se deberían a la diferencia de edades, los cuyes recria están en crecimiento y dado que sus huesos están en crecimiento y su metabolismo es mayor que en adultos, por lo cual sus niveles de magnesio séricos son superiores al de los reproductores que son de mayor edad.

Mc Donald y Edwards (1995) señalan que el magnesio cumple un rol muy importante en la fisiología animal, participa en el metabolismo energético a través de la activación del ATP, es activador de muchas enzimas involucradas en el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas; el 60 - 70% del magnesio se encuentra en los huesos y el resto está repartido entre el músculo y otros tejidos blandos. El magnesio en el organismo actúa como factor que participa en el metabolismo, es decir que este elemento desempeña funciones metabólicas (Hoffmann y Volker, 1968) la diferencia estadística con respecto a los valores de magnesio suero sanguíneo, para la clase animal, se debería probablemente a que los cuyes recria tienen un mayor metabolismo que los cuyes reproductores, sus requerimientos de magnesio son mayores y, por lo tanto, los niveles séricos de magnesio es mayor. También se debería probablemente a que las cuyes recria reabsorben de manera más eficiente el magnesio a nivel renal, lo cual explicaría los niveles séricos de magnesio sean más altos frente a cuyes reproductores de mayor edad, como lo señala Bushinsky (1999) al señalar que la mayor parte del magnesio circulante es ultrafiltrable, el 95% del mismo es reabsorbido a nivel del túbulo renal,

siendo el riñón el principal responsable de la regulación de los niveles de magnesio en el estrecho margen de sus valores de normalidad (1.8-2.2 mg/dL).

El valor de la concentración del magnesio promedio encontrados en el presente estudio se encuentra dentro de los parámetros establecidos para la especie por Loed (1989) reporta valores de 2.35 mg/dL a 2.95 mg/dL; asimismo Moreno (1989); Antinoff (2004) reporta valores para el magnesio sérico en el rango de 1.8 mg/dL a 3 mg/dL ; Espinosa (1982) reporta valores de magnesio en sangre de 2,5 mg/100mL a 3 mg/100mL ; Espinosa (1982) reporta valores de magnesio en sangre de 2,5 mg/100mL a 2.3 mg/100mL); Kolb (1979) reporta valores de 1.8 – 3.2 mg/100 mL.

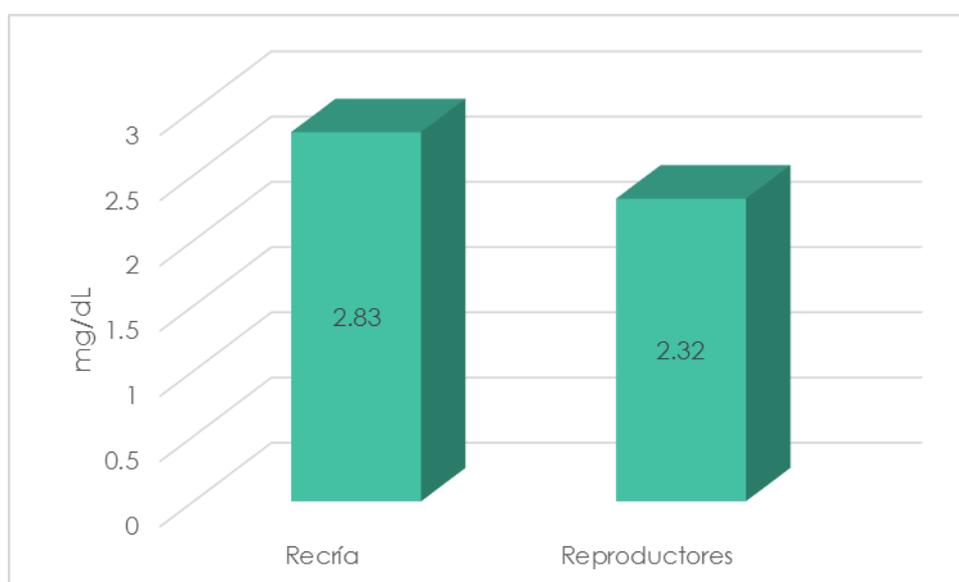


Figura 5. Magnesio sérico (mg/dL) en cuyes según clase.

Para la variable según edad Carcausto (2017) reporta valores promedio en conejos jóvenes 1,72 mg/dL y adultos de 3,30 mg/dL con una media general e de 2,51 mg/dL, estas diferencias se deben probablemente a la especie, la composición de la dieta, pastos, el estrés, el parto, los factores climáticos nutricionales bajos entre otros que alteran en gran medida los valores en animales de granja tal como refiere Chineke et al. (2006).

4.3.2 Niveles séricos de magnesio según sexo

En la Tabla 10, se muestra las concentraciones de magnesio (mg/dL) en suero sanguíneo de cuyes (*cavia porcellus*) del CIP.Majes, según sexo.

Tabla 10: Niveles séricos de magnesio (mg/dL) de cuyes del CIP. - Majes, según sexo.

Sexo	N°	Promedio \pm EE	CV (%)	Valores Extremos	
				Mínimo	Máximo
Hembra	20	2,52 \pm 0.16	20,06	1,86	3,80
Macho	20	2,63 \pm 0.14	16,83	1,34	3,51
TOTAL	40	2,57 \pm 0.15	18,33	1,34	3,80

La concentración promedio de magnesio en suero sanguíneo de cuyes del CIP. Majes fue de 2.57 \pm 0.15 mg/dL, siendo de 2.52 \pm 0.16 mg/dL en cuyes hembras y de 2.63 \pm 0.14 md/dL en cuyes machos, al análisis estadístico no existen diferencias para esta variable ($P > 0.05$).

Para el efecto sexo los resultados del estudio son ligeramente inferiores a lo referido por Capquequi (2011) quien reporta en machos un promedio de 2.93 \pm 0.09 mg/dL con valores extremos de 2.46 a 3.4 mg/dL y en hembras un promedio de 2.73 \pm 0.10 mg/dL con valores extremos de 2.26 a 3.36 mg/dL promedio cercano del presente estudio. Así mismo Jakubowski et al. (1998) reportó en cuyes machos 2.77 mg/dL, y en hembras 2.64 mg/dL, no encontró diferencia estadística.

Comparando los resultados del trabajo de investigación con otros estudios de la misma especie, observamos una ligera hipermagnesemia por Carcausto (2017) en conejos quien reporta valores promedio de magnesio en hembras es de 3,34 mg/dL y en machos 1,66 mg/dL. Estas diferencias respecto a estudios en otras regiones son confirmadas por los reportes de Schreiner et al. (2005) quienes indican

que los factores ambientales, factores intraespecíficos de cada especie y factores de manejo influyen en la variación de los componentes bioquímicos.

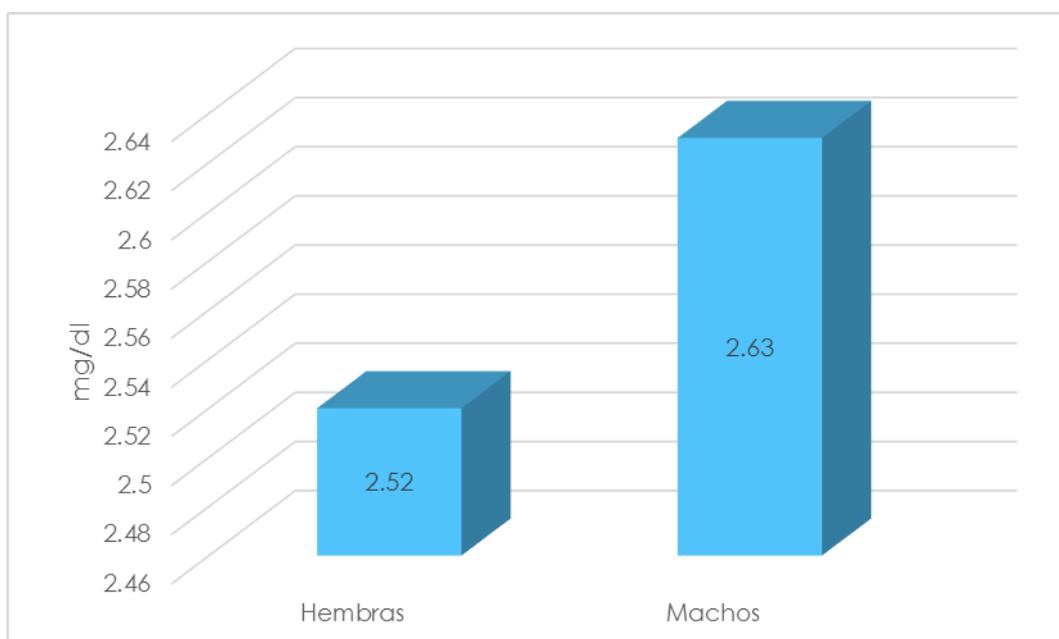


Figura 6. Magnesio sérico (mg/dL) en cuyes según sexo.

Comparando con otras especies, podemos apreciar que Jones (1999) para conejos reportó una concentración promedio de magnesio de 1.7 mg/dL; Kaneko (1989) en conejos reportó los valores promedio de 2.06 mg/dL a 2.40 mg/dL en hámster de 2.21 mg/dL a 2.50 mg/dL, valores que son ligeramente inferiores encontrados a los parámetros establecidos, diferencia que se atribuye al efecto de la especie animal, régimen alimenticio y lugar de estudio. Antinof (2004) en hámster encontró valores de 1.9 mg/dL a 3.5 mg/d, en ratas con valores de 1.66mg/dL a 4.40 mg/dL; observándose que el parámetro se encuentra dentro de los parámetros encontrados.

Probablemente una de las razones por la cual no se encontró diferencia estadística entre sexo, se deba a que los cuyes de la misma forma, y bajo un mismo sistema de manejo, Underwood (2003) indica que las especies leguminosas en la

alimentación son más ricas en magnesio que las gramíneas; además los cobayos pueden absorber magnesio del heno de gramíneas y alfalfa dos veces más eficientes que los corderos.

Kolb (1979), indica que en valores inferiores a 1.0 mg/mL de magnesio sérico, se observa síntomas clínicos de enfermedad como tetania, calambres violentos en distintos grupos de músculos.

4.4 Correlación Ca, P y Mg

Se ha realizado las correlaciones entre estos tres elementos en los animales de estudio, encontrándose resultados mostrados en la Tabla 11.

Tabla 11: Correlaciones de Pearson entre Ca, P y Mg en suero sanguíneo de cuyes.

Variables	Ca	P	Mg
Ca	1,0000	0,1080	0,5588
P		1,0000	0,1397
Mg			1,0000

El análisis de correlación entre las variables en el presente estudio reveló que existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables calcio y magnesio ($r = 0,5588$). Mientras que para las variables calcio y fósforo, fósforo y magnesio, no se evidenció una asociación significativa entre dichas variables ($r = 0,1080$ y $0,1397$) respectivamente.

Estas correlaciones indican que los tres minerales están relacionados, en cuanto a su movilización y metabolismo, la correlación positiva moderada entre calcio y magnesio, la correlación positiva baja entre calcio y fosforo, la baja correlación entre fosforo y magnesio encontradas en el presente estudio y corroboradas por, Rodríguez et al. (2004) mencionan que la interrelación entre el

sistema hormonal y los niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio son tan estrechas que, con frecuencia, la interpretación de los cambios debe ser realizada en conjunto para que tengan sentido fisiopatológico. El magnesio se ha involucrado en el mecanismo de sensor del calcio de la PTH y, a través de la misma, participaría de la regulación del calcio, siendo la hipermagnesemia una de las causas de hipocalcemia, tal como se ha encontrado en el presente estudio.

Los valores encontrados en el presente estudio son similares a los reportados en conejos por Carcausto(2017) quien reporta correlación positiva entre el Ca y el P ($r=0,503$) y altamente negativa entre Ca y Mg ($r=-0,93$) y Mg y P ($r=-0,515$), diferimos en la correlación entre calcio y magnesio ya que en el presente estudio es positiva moderada y en caso del autor en mención es negativa y significativa.

V. CONCLUSIONES

- La clase animal (recrea y reproductiva) influye significativamente sobre la concentración sérica de calcio, fósforo y magnesio en cuyes.
- El sexo (hembra y macho) no influyó sobre la concentración de calcio, fósforo y magnesio en cuyes del CIP Majes.
- El coeficiente de correlación entre Ca y Mg fue moderado, e indica una relación positiva (directa) entre estas dos variables; y para Ca/P y P/Mg el coeficiente de correlación fue baja y no se encontró asociación significativa para estas variables.

VI. RECOMENDACIONES

- Proseguir estudios de los minerales Ca, P y Mg en cuyes considerando otras variables y factores influyentes como la raza, tipo de alimentación, época del año y otros.
- Considerar estudios respecto a los niveles plasmáticos de calcio entre hembras gestantes y vacías.
- En base a los resultados encontrados se recomienda la monitorización del perfil metabólico con la finalidad de observar el estatus de la salud del animal.
- Se recomienda que se implemente registros de los animales respecto a la edad, peso, sexo, etc.
- Se recomienda que al obtener las muestras del cuye “sangre” evitemos causar hemólisis desintegración de los eritrocitos (glóbulos rojos).

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, L. 2001.** Crianza de cuyes: Proyecto de Sistemas de producción. Lima, Perú. INIA. p. 23-33.
- Albuja, D. M. 2012.** Determinación de hierro y zinc por absorción atómica de llama en tejidos y vísceras de cobayos (*Cavia porcellus*), alimentados con alfalfa (*Medicago sativa*) o concentrado de pescado. Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales Escuela De Ciencias Químicas. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Álvarez, J. 2001.** Bioquímica Nutricional y Metabólica del Bovino en el Trópico, 1º Ed., Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Antinof, J. 2004.** Small Mamml and Rabbit. Clinical pathology. Houston, TX, USA.
- Anderson, R. y H. Guttman. 1988.** Trace minerals and exercise. En: E.S. Horton & R.L. Terjung (Eds). Exercise, nutrition, and energy metabolism (pp. 180-195). New York: Macmillan Publishing Company.
- Aranda, P. , Planell, E. y Llopis, J. 2000.** Magnesio. Departamento de fisiología e instituto de nutrición y tecnología de los alimentos. Facultad de Farmacia. Campus de cartuja. Universidad de Granada . 18071 Granda, España.
- Azab M.E., Hussein. A., Abdel-Maksoud. 1999.** Changes in some hematological and biochemical parameters during prepartum and postpartum periods in female Bala di goats. Small Ruminant Research 34, pp 77-85.

- Batllorí, P.C y I. M. Lasaro.1991.** Influencia de la nutrición en la patología cunicola. Escuela superior de agricultura de Barcelona universidad politécnica de Cataluña – España.
- Benjamín, M. 1990.** Manual de Patología Veterinaria. Editorial LIMUSA. México.
- Berry, D. P. and J. J. Crowley. 2013.** Cell biology symposium: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle¹, Journal of Animal Science, 91, pp. 1594-1613.
- Bondi, A. 1988.** “Nutrición animal”. Primera edición. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza – España.
- Burtis, C., E. Ashwood & D. Bruns. 2006.** Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics. Fourth Edition. Elsevier Inc.
- Bush, M. 1982.** Manual de Laboratorio Veterinario de Análisis Clínicos. Editorial ACRIBIA. Zaragoza – España.
- Bushinsky, D. 1999.** Calcium, magnesium and phosphorous: renal handling and urinary excretion. Editado por Favus MJ. 4o ed. American Society for Bone and Mineral Research. Lippincott Williams Wilkins.
- Cabrera, A. 1953.** Los roedores argentinos de la familia Cavidae. Buenos Aires, AR. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Pub. No. 6. p. 22-56; 48-56
- Calsey, D. And King, J. 1980.** Clinical Chemical Values for Some Common Laboratory Animals. England.

- Campbell, T. 2012.** Química Sanguínea en Vertebrados Menores. Department of Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine & Biomedical Sciences, Colorado State University, Fort Collins, USA.
- Capquequi, C. 2011.** Determinación de los niveles de calcio fosfor y magnesio en el suero sanguíneo del cuy (*cavia porcellus* l.). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. - U.N.A. Tesis. Puno, Perú.
- Caritas del Perú. (2015).** Manejo técnico de la crianza de cuyes en la sierra del Perú. Programa PARA Buenaventura. Primera edición. Lima, Perú.
- Carcausto P. 2017.** Determinación De Los Niveles De Calcio, Fósforo Y Magnesio En Suero Sanguíneo Del Conejo Doméstico (*Oryctolagus Cuniculus*) En Altura. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Una – Puno.
- Cevallos, A. 2001.** Análisis de resultados de perfiles metabólicos en lechería. Rev. Col. Cienc.
- Chineke, C. A., A. G. Ologun, & C.O. N. Ikeobi. 2006.** Haematological parameters in rabbit breeds and crosses in humid tropics. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(11), 2102-2106.
- Chauca, L. 1997.** Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Coordinación de Crianzas Familiares Instituto Nacional de Investigación Agraria La Molina, Perú-FAO.
- Church, D. 1974.** Fisiología digestiva y nutrición de los animales domesticos 1ra edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Cunningham, J. G. 2003.** Fisiología veterinaria. 3ra Edición. Elsevier.
- De Luca, L. 2002.** Fisilogia del magnesio.Splementacion Animal. Laboratorios Bunet S.A. Argentina.

Díaz, J. 2013. Calcio y embarazo. Rev Med Hered; Pag. 24:237-241.

Dukes, H. 1981. Fisiología de los animales domésticos. 4^o edición. Editorial Aguilar.
Madrid. España.

EcuRed. 2017. Cuy. Editorial *EcuRed*.

<http://www.ecured.cu/index.php?title=cuy&oldid=2947737>.

Espinosa, J. E. 1982. Mineral Status of Llamas and Sheep in the Bolivian altiplano.

Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, In the Loumel of Natutron, Vol.
Na 12.

Fehr, M. y Rappold, S. 1997. Urolitiasis in 20 guinea pigs (*cavia porcellus*).
<http://www.wurnet.de/miltglieder/werzel/urolith.htm>.

Fenner, N. 1993. Medicina Veterinaria. Manual de diagnóstico rápido. 1^o Edición.
Editorial LIMUSA S.A. México.

Forchetti, O., C. Maffrand, C. Vissio, C. Boaglio y G. Cufre. 2006. Hipofosfatemia y
fragilidad osmótica eritrocítica en cabras. Facultad de Agronomía y Veterinaria.
Universidad Nacional de Río Cuarto.

Flores, W. 2005. Farmacología Humana 4^{ta} edición. Editorial MASSON, Barcelona,
España.

Flecknell, P. 2003. Anesthesia in rodents and rabbit. Editado por McKelvey, D. Wayne
Hollingshead, K. 3 ed Missouri. Usa Mosby.

Fowler, W. and Zinkl, D. 1989. Referente ranges for hematologic and serum
biochemical values in Llamas (*Lama Glama*). Journal of Veterinary Research.

- Friedrich, T. 2014).** Producción de alimentos de origen animal. Actualidad y perspectivas, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48(1), pp. 5-6.
- Ganong, W. 2006.** Fisiología Médica 16° Edición. Manual Moderno. México.
- García-Sacristán, A. 1995.** Fisiología Veterinaria. Interamericana Mc Graw-Hill.
- Gazquez, A. 1991.** Patología Veterinaria. Editorial McGRAW – HILL – INTERAMERICANA de España.
- Glerean, M y L. Plantalech 2000.** Osteoporosis en el embarazo y lactancia. Medicina; 60: 973-981.
- Gilberto, A. 1993.** Interpretación Clínica del Laboratorio. Cuarta Edición, Editorial Medica Panamericana Bogota – Colombia.
- Goff, J.P. 1998.** Ruminant hipomagnesemic tetanies. Current Veterinary Therap: Food Animal Practice. 4th Ed. Edited by Jimmy L. Howard. W.B. Sauder. Philaelfhia, Pa. USA. Pp 1-9.
- Guyton, A. 1997.** Tratado de fisiología médica, 9a Edición, Editorial Interamericana S.A. México.
- Guyton, A. C. y J.E. Hall. 2006.** Textbook of medical physiology. Eleventh Edition. Elsevier-Saunders.
- Harper, M. 1980.** Manual de Bioquímica fisiológica. 4° Edición. Editorial INTERAMERICANA México.
- Hernández, F. 1999.** Bioquímica animal. Ministerio de Educación Superior. La Habana.
- Hernández, J. (2004).** Sitio Argentino de producción animal. www.produccion-animal.com.ar .

- Hoffmann, G. y H. Volker. 1968.** Anatomía y fisiología de las aves domésticas. 1ra edición. Editorial Acriba, Zaragoza, España.
- Jakubowsky, J.; Luetzelschwab, V.; Aesbischer, B.; Vogel, P. 1998.** Stability of clinical chemistry parameter values in minipig serum under different storage conditions.
- Jones, R. 2001.** Problemas de post-parto y lactancia.
[URL:http://www.porcicultura.com/artículos.](http://www.porcicultura.com/artículos)
- Jones, R. 1992.** Normal values for some biochemical constituents in rabbits. University of Portsmouth. Europa.
- INIA-DGPA. 2003.** Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección General de Promoción Agraria.
- Kalantar-Zadeh, K., L. Gutekunst, R. Mehrotra, C. P. Kovesdy, R. Bross, C. S. Shinaberger, N. Noori, R. Hirschberg, D. Benner, A. R. Nissenson, and J. D. Kopple. 2010.** Understanding sources of dietary phosphorus in the treatment of patients with chronic kidney disease. Clin J Am Soc Nephrol 5(3):519-530
- Kaneko, J. 1989.** Clinical Biochemistry of domestic animals. Academic Press.
- Kahn, C.; Line, S. 2007.** Manual de Merck de veterinaria. 6ta Edición. Editorial Océano.
- Kolb, E. 1979.** Fisiología Veterinaria. Segunda reimpresión. Editorial ACRIBIA. Zaragoza España.
- Kraft, H. 1998.** Métodos de laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria de mamíferos domésticos. Editorial ACRIBIA S.A España.

- Kitagaki, M.; Yamaguchi, M.; Nakamura, M.; 2005.** Age – related changes in hematology and serum chemistry of weiser – Maples guinea pigs (*Cavia porcellus*). Tokio Japon.
- Larson, L. y Malbruck, H. 1978.** Relationship between Early Postpartum Blood Composition and Reproductive Performance in Dairy Cattle. *J.Dairy Sci.*, 63: 283-289.
- Lehninger, A. 1998.** Bioquímica. 2º Edición. Editorial OMEGA S.A. Barcelona - España.
- León, A., D. Blanco, A. Peña, M. Ronda y B. Gonzáles. 2011.** Valores hematológicos y bioquímicos de las ratas Sprague Dawlwy producidas en CENPALAB.: SPRD. *REDVET* Vol 12 N° 11.
- Lee, A., A. Twardock, R. Bubar, J. Hall and C. Davis. 1978.** Blood metabolic profiles: Their use and relation to nutritional status of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 61: 1652 - 1670.
- Lynch, J. 1987.** Métodos de laboratorio. 2º EDICION. Editorial INTERAMERICANA. México.
- Mahgoub, O., I. T. Kadim and E. C. Wobb. 2012.** Goat meat production and quality. CAB International, UK.
- Macintyre, I., and C.J. Robinson. 1969.** Mg and the gut: experimental and clinical observation. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 162, 865-873.
- Mamani, P. E. 2008.** Efecto Del Último Tercio de gestación, parto y primer tercio de lactación sobre los niveles de calcio, fosforo y magnesio en alpacas hembras del CIP La raya. Tesis Fac. Med. Vet. Y Zoot, UNA-Puno.

- Maxine, B. 1991.** Manual de patología veterinaria. 3° Edición. Editorial LIMUSA. México.
- Mc Donald, P. y R. Edwards. 1999.** Nutrición animal. 5ta Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Medina, M. 2009.** Efecto de la alimentación con alfalfa y heno de avena sobre los niveles de algunos componentes bioquímicos sanguíneos en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el Título de Médico veterinario y Zootecnista. UNA, Puno.
- Moe, S.M. 2005.** Disorders of calcium, phosphorus, and magnesium. *Am J Kidney Dis*; 45: 213-8.
- Mollehuanca, J.** Niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio en alpacas huacaya púberes y adultas post parto en cuatro centros de producción del Perú. Tesis para optar el Título De Médico Veterinario Y Zootecnia. UNA, Puno.
- Moreno, L. 1983.** Animales de laboratorio, cría, manejo y control sanitario. Instituto Nacional de Investigación Agrarias Madrid- España.
- Morris, E. y O Dell (1971).** Magnesium Deficiency in the Guinea Pig. Mineral Compositiom of Agricultural Chemistry. University of Missouri, Columbia, Missouri.
- Morrison, F. 1977.** Compendio de alimentación de ganado, Cap. 6: Los Minerales en la alimentación del ganado. Editorial Hispano – América. México.
- Mosby M. 1982.** Enciclopedia mosby de medicina y laboratorio clínico.
- Murray, R., P. Mayes, D. Granner y V. Rodwell. 2004.** Bioquímica de Harper, Décimo séptima Edición

- Mullo, G. L., 2009.** Aplicación del promotor natural de crecimiento (SEL-PLEX) En la alimentación de cuyes mejorados (*cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento-engorde -gestación- lactancia. Escuela superior de Chimborazo. Facultad de ciencias pecuarias Escuela de ingeniería zootécnica. Riobamba, Ecuador.
- Mufarrege, D. 1999.** Los minerales en la alimentación de vacunos para carne. Trabajo de Divulgación Técnica. INTA Argentina.
- Nseabasi N. E., M. E. Williams, U. Akpabio, and E. A. Offiong. 2014.** Haemato-logical Parameters and Factors Affecting Their Values Agricultural Science Volume 2, Issue 1 (2014), 37-47
- NRC. 1980.** Mineral tolerance of domestic animals. National Research Council, Washington, D. C. 577p.
- Noonan, D. 1994.** The Guinea Pig (*Cavia porcellus*). The Institute of Medical and Veterinary Science. Australia.
- Oblitas, F. 2012.** Uso de los perfiles metabólicos en el diagnóstico y prevención de trastornos metabólicos nutricionales en vacas lecheras. Sistema de revisiones en Investigación.
- Talavera, R. 1976. Citado por Perú cuy, 2010.** Manejo de cuyes. Lima, Perú. Pág. 22, 32. <http://www.somoscuyperu.com/2012/04/alimentacion-de-reproductores.html>
- Perez, A. 2010.** Minerales en la nutrición animal.wordpress.com weblog
- Quesemberry, K. 2005.** Biology hematologic and serum biochemical values of rodents. 3ra Edition in Carpenter j. W. editor. st. Louis.
- Reid, R. y D. Horvath. 1980.** Ciencia de Alimentos. Química del suelo y los problemas de mineral en la finca. Editorial Trillas, México.

- Repetto, J.; Donovan, A. y García Mata, F. 2004.** Motivar, Bs. As. 2(18): 6-7.
Laboratorios Biotay. Sitio Argentino de Producción Animal - www.produccion-animal.com.ar
- Rodríguez, I.; Pérez, C.; España, F.; Dorado, J.; Hidalgo, M. Y Sanz J. 2004.**
Departamento de Medicina y Cirugía Animal. Facultad de Veterinaria.
Universidad de Córdoba. Campus Universitario de Rabanales. Córdoba. España.
Centro de Investigación y Formación Agraria “Alameda del Obispo”. Junta de Andalucía. Córdoba. España.
- Romdon, B. H. 2006.** Hipomagnesemia. Facultad de medicina. Universidad mayor de santos marcos. Lima. Perú. Pag. 38-48.
- San Martín, F. 1999.** Nutrición de forrajes en Alimentación y nutrición de camelidos sudamericanos. IVITA- UNMSM-Lima.
- SENAMHI. 2015.** Boletín hidrometeorológico zonal, agosto 2015. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Dirección Zonal Arequipa.
- Sanchez, J. M. I. 2000.** Hipomagnesemia un desbalance metabólico subestimado en la producción de ganado lechero en costa rica. Nutrición animal tropical, vol. 6.N01.
- Sencara, W. 2015.** Niveles Séricos de Glucosa, Colesterol, Proteínas Totales en Conejos (*Oryctolagus Cuniculus*) Domésticos de Altura. Tesis para optar en Título de Médico veterinario y Zootecnista. UNA, Puno.
- Serna, C. 1985.** Niveles plasmáticos de calcio, fósforo, magnesio y cobre en alpacas (lamas pacos). F.M.V.Z.-U.N.A. Tesis. Puno, Perú
- Schalm, O. W., N. C. Jain, & E. J. Carroll. 1975.** Veterinarity haematology (3rd ed., p.15-218). USA: Lea & Fabiger, Philadelphia.

- Schreiner, M.; M. Sherraden; M. Clancy; L. Johnson; J. Curley; M. Zhan; S. Beverly; and M. Grinstein-Weiss. 2005.** “Assets and the Poor: Evidence from Individual Development Accounts”, pp. 185–215.
- Smith CL, A. T. Meter, and D. G. Pugh. 2001.** Reproduction in llamas and alpacas. A review. *Theriogenology*. 41, 573 – 592.
- Shimada. A. 2003.** *Nutrición Animal*. 1° Edición. Editorial Trillas. Mexico.
- Stockham, S., and M. Scott. 2008.** *Fundamentals of veterinary clinical pathology*. Second Edition. Blackwell Publishing.
- Underwood, E. 2003.** *Los minerales en la nutrición del ganado* 3ra edición. Editorial, Acibia, España.
- Urrego.E. 2009.** *Producción De Cuyes (Cavia Porcellus)*. Estación Experimental Agropecuaria La Molina Del Instituto Nacional De Investigación Agraria (INIA) Del Peru. Archivo De Internet Manual Crianzadecuyes.Doc.
- Verde, M. y J. Gómez. 1987.** Parámetros sanguíneos de interés clínico en conejos normales. *Rev. Bol. Cun.* Vol. I, N°38, 2: 40-47.
- Villanueva, L.; A. Figueroa y S. Villanueva. 2010.** Concentraciones séricas de calcio y magnesio en mujeres con preeclampsia severa. *Ginecol. Obstet. Méx*; 69(7):277-281.
- Villavicencio, M. 1996.** *Bioquímica. Serie ciencias Tomo I y II* 1° CONCYTEC. Lima-Perú.
- Zaldivar, M. 1986.** Estudio de la edad de empadre de cuyes hembras (*Cavia porcellus*) y su efecto sobre el tamaño y peso de camada. Tesis M.sc. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú, 1986. 119p.

Wiener Lab. 2000. Información del producto, Métodos colorimétricos para fluidos biológicos. Rosario, Argentina.

ANEXOS

Anexo I. Contenido de calcio (mg/dL) en suero sanguíneo de cuyes según clase y sexo.

CLASE	JOVENES		ADULTOS	
	HEMBRA	MACHO	HEMBRA	MACHO
1	11.164	11.164	8.452	8.069
2	10.652	11.522	8.851	7.945
3	10.488	9.559	8.322	8.069
4	10.990	10.167	8.452	9.858
5	9.413	10.990	8.182	7.233
6	9.486	10.488	7.822	7.348
7	9.858	9.486	7.233	7.701
8	9.128	9.858	8.069	8.452
9	9.858	9.707	8.195	9.858
10	9.707	9.858	8.452	8.851
PROMEDIO	10.074	10.280	8.203	8.338
DS	0.702	0.724	0.438	0.931
CV	6.970	7.043	5.335	11.167
EE	0.222	0.229	0.138	0.295
MAX	11.164	11.522	8.851	9.858
MIN	9.128	9.486	7.233	7.233

Anexo 2. Contenido de fósforo (mg/dL) en suero sanguíneo de cuyes según clase y sexo.

CLASE	JOVENES		ADULTOS	
	HEMBRA	MACHO	HEMBRA	MACHO
1	4.921	5.146	5.371	4.697
2	7.056	5.034	5.258	4.921
3	5.034	5.371	4.809	5.034
4	5.146	5.146	5.146	5.034
5	5.258	5.034	5.034	5.146
6	5.146	5.258	4.921	5.820
7	5.034	7.056	3.573	5.708
8	4.809	5.034	4.809	4.921
9	3.685	5.034	4.921	3.348
10	4.697	5.146	5.034	5.034
PROMEDIO	5.079	5.326	4.888	4.966
DS	0.826	0.618	0.497	0.668
CV	16.264	11.607	10.169	13.457
EE	0.261	0.196	0.157	0.211
MAX	7.056	7.056	5.371	5.820
MIN	3.685	5.034	3.573	3.348

Anexo 3. Contenido de magnesio (mg/dL) en suero sanguíneo de conejos según clase y sexo.

CLASE	JOVENES		ADULTOS	
	HEMBRA	MACHO	HEMBRA	MACHO
1	2.397	2.947	1.861	2.381
2	3.511	3.511	1.861	2.392
3	3.798	2.670	3.003	2.386
4	2.670	2.670	1.861	2.941
5	2.947	2.725	2.343	2.936
6	2.457	2.725	2.289	2.375
7	2.451	2.891	2.348	1.338
8	2.402	3.003	2.289	2.343
9	2.947	3.114	2.370	2.381
10	2.397	2.397	2.235	2.375
PROMEDIO	2.798	2.865	2.246	2.385
DS	0.504	0.305	0.343	0.436
CV	18.007	10.660	15.255	18.288
EE	0.159	0.097	0.108	0.138
MAX	3.798	3.511	3.003	2.941
MIN	2.397	2.397	1.861	1.338

Anexo 4: Análisis de variancia para calcio.

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	36.63604805	18.31802402	36.25	<.0001
Error	37	18.69704673	0.50532559		
Corrected Total	39	55.33309478			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	1	36.34551602	36.34551602	71.92	<.0001
SEXO	1	0.29053203	0.29053203	0.57	0.4531

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CALC Mean
0.662100	9.203385	0.710863	7.723925

Prueba de Tukey

GRUPO	Mean	N	EDAD
A	10.1772	20	1
B	8.2707	20	2

Prueba de Tukey

GRUPO	Mean	N	SEXO
A	9.14	20	2
A	9.31	20	1

Anexo 5: Análisis de variancia para el fósforo.

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.02359090	0.51179545	1.19	0.3152
Error	37	15.89324470	0.42954715		
Corrected Total	39	16.91683560			

<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Type I SS</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr > F</i>
<i>EDAD</i>	1	0.75790090	0.75790090	1.76	0.1922
<i>SEXO</i>	1	0.26569000	0.26569000	0.62	0.4366

<i>R-Square</i>	<i>Coeff Var</i>	<i>Root MSE</i>	<i>CALC Mean</i>
0.060507	12.94077	0.655398	5.064600

Prueba de Tukey

<i>GRUPO</i>	<i>Mean</i>	<i>N</i>	<i>EDAD</i>
A	5.2023	20	1
B	4.9270	20	2

Prueba de Tukey

<i>GRUPO</i>	<i>Mean</i>	<i>N</i>	<i>SEXO</i>
A	5.1461	20	2
A	4.9831	20	1

Anexo 6: Análisis de variancia para el magnesio.

<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr > F</i>
Model	2	2.77009450	1.38504725	8.68	0.0008
Error	37	5.90469340	0.15958631		
Corrected Total	39	8.67478790			

<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Type I SS</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F Value</i>	<i>Pr > F</i>
<i>EDAD</i>	1	2.66359210	2.66359210	16.69	0.0002
<i>SEXO</i>	1	0.10650240	0.10650240	0.67	0.4192

<i>R-Square</i>	<i>Coeff Var</i>	<i>Root MSE</i>	<i>CALC Mean</i>
0.319327	15.52323	0.399483	2.573450

Prueba de Tukey

GRUPO Mean N EDAD

A 2.8315 20 1

B 2.3154 20 2

Prueba de Tukey

GRUPO Mean N SEXO

A 2.6251 20 2

A 2.5219 20 1

Anexo 7: coeficiente de correlación de pearson.

	<i>CAL</i>	<i>FOS</i>	<i>MAG</i>
<i>CAL</i>	1.00000	0.10803	0.55881
<i>FOS</i>	0.10803	1.00000	0.13975
<i>MAG</i>	0.55881	0.13975	1.00000
		0.5070	0.0002
		0.5070	0.3898
		0.0002	0.3898