

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

UNIDAD DE POSTGRADO

**“EFECTOS DE ZONAS GEOGRÁFICAS Y DE
ALIMENTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS
PRODUCTIVOS DE COBAYOS DE LAS LÍNEAS
MEJORADAS DE COSTA Y DE SIERRA”**

TESIS

para optar el Grado Académico de

MAGISTER EN PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN
ANIMAL

AUTOR

WILSON ENRIQUE ROMERO LOZANO

Lima – Perú

2014

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la facultad de Medicina Veterinaria de la UNMSM por haberme recibido e inculcado las mejores enseñanzas en mi formación profesional

Al Dr. Felipe San Martín Howard, por su apoyo incondicional y por ser un excelente colega y amigo

Al Dr. Ronald Jiménez Aliaga, por su importante apoyo en el desarrollo de esta investigación en el IVITA-EL MANTARO

Al Crl. EP Lorgio Soto Requena, por haberme brindado las facilidades para realizar esta investigación

Al Tte. Crl. EP Juan de Dios Casusol Vélez, por su apoyo moral y material en el desarrollo de esta investigación

ÍNDICE

	Pag.	
AGRADECIMIENTOS		ii
RESUMEN		v
ABSTRACT		vi
LISTA DE FIGURAS		vii
LISTA DE CUADROS		viii
LISTA DE ANEXOS		ix
I. INTRODUCCION		10
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA		12
2.1 Generalidades		12
2.2 Características de la crianza		12
2.2.1 Crianza familiar		13
2.2.2 Crianza familiar-comercial		13
2.2.3 Crianza comercial		13
2.3 Mejoramiento genético		14
2.3.1 Líneas mejoradas en la Costa		14
2.3.2 Líneas mejoradas en la Sierra		15
2.4 Consumo		16
2.4.1 Consumo de forraje		17
2.4.2 Consumo de concentrado		18
2.5 Factores medio ambientales que afectan la producción animal		18
2.5.1 Temperatura		19
2.5.2 Altitud		20
III. MATERIALES Y METODOS		22
3.1. Lugar de estudio		22
3.2. Diseño experimental		22
3.3 Líneas genéticas		24
3.4 Altitud		25
3.5 Régimen alimenticio		25

3.6	Animales, instalaciones y agua	28
3.6.1	Animales	28
3.6.1.1	Línea Costa	28
3.6.1.2	Línea Sierra	28
3.6.2	Instalaciones	28
3.6.3	Agua	29
3.7	Parámetros evaluados	29
3.7.1	Ganancia de peso	29
3.7.2	Consumo de alimento	29
3.7.3	Conversión alimenticia	30
3.8	Análisis Estadístico	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1	Altitud	32
4.2	Interacción entre Altitud y Líneas genéticas	34
4.3	Interacción entre Altitud e interacción Líneas genéticas y Régimen alimenticio	36
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	BIBLIOGRAFIA	45
VII.	APENDICES	52
	Anexo 1	52
	Anexo 2	53
	Anexo 3	54
	Anexo 4	57
	Anexo 5	59

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las Líneas de cuyes mejoradas de Costa (Perú) y de Sierra (cuyes “G”) criadas a diferentes altitudes a 180 m (fundo “El Taro”) y a 3,300 m (IVITA – EL MANTARO) y regímenes alimenticios (base concentrado y base forraje) en términos de las variables ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia. Se utilizaron 144 animales machos destetados de 14 +/- 2 días, 72 de la Línea Costa y 72 de la Línea Sierra. La altitud tuvo un efecto negativo con la ganancia de peso y se incrementó el consumo e índice de conversión alimenticia (ICA). En la interacción entre altitud y Líneas genéticas la mayor altitud afectó negativamente la ganancia de peso ($P < .0001$) siendo mayor en la Línea Costa. En consumo la Línea Sierra no se ve afectada por la altitud ($P < .0001$), en cambio la Línea Costa presenta una relación positiva entre el consumo y la altitud, el ICA se vio incrementado con la mayor altitud. La altitud sobre la interacción línea genética y régimen alimenticio fue significativo ($P < .0001$). La altura si bien afecta la ganancia de peso en ambas líneas, la Línea Costa es la más afectada, el alimento concentrado favorece la ganancia de peso además de haber presentado el ICA más óptimo, los cuyes de la Línea Sierra tienen una mejor respuesta con el régimen alimenticio de forraje en ambas altitudes.

Palabras clave: altitud, Líneas de cuyes, regímenes alimenticios, ganancia de peso, consumo, índice de conversión alimenticia (ICA)

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the improved guinea Lines Costa (Peru) and Sierra (guinea pigs "G") reared at different altitudes to 180 m (founded "Taro") and 3300 m (IVITA - THE MANTARO) and diets (base concentrate and forage basis) in terms of the variables weight gain, consumption and feed conversion ratio. 144 animals were used 14 weaned male + / - 2 days, 72 male weanling Costa and Line 72 Line weaned male Sierra. The altitude had a negative effect with weight gain and increased consumption and ICA. In the interaction between altitude and the highest altitude genetic lines negatively affected weight gain ($P < .0001$) was higher in the Coast Line. Sierra on Line consumption is not affected by altitude ($P < .0001$), whereas the Line Costa presents a positive relationship between consumption and altitude, ICA was increased with increasing elevation. The altitude of the interaction genetic line and diet was significant ($P < .0001$). Although height affects weight gain in both lines, the Coast Line is the most affected, concentrated food promotes weight gain in addition to presenting the most optimal ICA, the Sierra Line guinea pigs have a better response to the forage diet in both altitudes.

Key words: altitude, Lines of guinea pigs, diets, weight gain, consumption, feed conversion ratio (ICA)

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Disposición de las repeticiones en los tratamientos del estudio.	14
Cuadro 2. Análisis proximal del alimento concentrado Purina (CUIYINA R), de la alfalfa del fundo “El Taro” – Huaral y de la alfalfa del IVITA – EL MAN_TARO – Huancayo (En base seca y base húmeda, %).	18
Cuadro 3. Cuadrados Medios de las variables ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia (ICA).	22
Cuadro 4. Promedio y desviación estándar de la ganancia de peso de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 180 m de Altitud.	28
Cuadro 5. Promedio y desviación estándar de la ganancia de peso de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 3,300 m de Altitud.	28
Cuadro 6. Promedio y desviación estándar del consumo de alimento de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 180 m de Altitud.	31
Cuadro 7. Promedio y desviación estándar del consumo de alimento de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 3,300 m de Altitud.	31
Cuadro 8. Promedio y desviación estándar del ICA de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 180 m de Altitud.	33
Cuadro 9. Promedio y desviación estándar del ICA de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 3,300 m de Altitud.	33

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Efecto de la altitud sobre la variable ganancia de peso (1a), consumo (1b) e ICA (1c).	23
Figura 2. Interacción entre Altitud y Líneas genéticas sobre las variables ganancia de peso (2a), consumo (2b) e ICA (2c).	25
Figura 3. Interacción entre Altitud e interacción Líneas genéticas y Régimen alimenticio sobre la variable ganancia de peso (3a), consumo (3b) e ICA (3c).	27

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo I. Variable Dependiente: ganancia de peso	43
Anexo II. Variable Dependiente: consumo	44
Anexo III. Variable Dependiente: índice de conversión alimenticia	45
Anexo IV. Interacción de altitud con líneas genéticas para la variable ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia	48
Anexo V. Interacción de altitud, régimen alimenticio y líneas genéticas para la variable ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia	50

I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero roedor originario de los andes de América del Sur. Por su capacidad de adaptación a diversas condiciones se puede encontrar a este animal desde la costa hasta los 4,500 m sobre el nivel del mar y tanto en zonas frías como cálidas (Chauca, 1997). El cuy es considerado en el Perú como una especie animal de interés social por ser fuente alternativa de proteína animal.

La explotación del cuy en el Perú tiene un gran potencial, sin embargo existen muchos aspectos productivos que merecen ser estudiados. Uno de ellos es el de la selección de líneas o tipos de caracteres productivos deseables, a fin de producir mejoras genéticas orientadas principalmente a la obtención de carcasas de mayor peso a menor tiempo.

En el Perú en las dos últimas décadas se ha producido una migración poblacional de las ciudades andinas hacia las de la costa (INEI, 2007). Esta migración ha producido un aumento de la demanda de la carne del cuy lejos de su centro de cría inicial (sierra) y también un incremento de unidades de producción intensiva en la costa, lo que ha llevado a una variación principalmente en el régimen alimenticio de la especie.

Por otro lado, en la sierra se ha producido incremento de los ingresos en la población urbana con el consiguiente aumento en la demanda de la carne de cuy (INEI, 2010). Este aumento en la demanda es explicada además por el incremento del turismo y el retorno como visitante del migrante serrano que radica en la costa. Este aumento de la demanda ha causado cambios en el sistema de crianza en la sierra, tales como mayor intensificación del manejo, uso de reproductores que respondan mejor a esta intensificación y variación en el sistema de alimentación.

En los últimos años se ha realizado programas de mejoramiento de cuyes, lográndose la formación de diversas líneas. Así, se tiene la Línea mejorada Perú desarrollada en la costa (Línea Costa), caracterizada por su precocidad y, por otro lado, la Línea de cuyes G (Línea Sierra), desarrollada en la sierra y presentada en el año 2010, como resultado de investigaciones de la estación experimental IVITA – El Mantaro - Junín.

El desarrollo de líneas de selección y reproductores especializados ha derivado que muchos criadores busquen estos reproductores mejoradores para sus explotaciones, y en ocasiones, estos sean adquiridos por productores de otras regiones; sin embargo, no existe información sobre la respuesta de estas líneas cuando son trasladadas y criadas en regiones diferentes a su zona de origen. Buscando resolver esta interrogante se planteó el presente estudio para evaluar las Líneas de cuyes mejoradas de Costa y de Sierra criadas a diferentes altitudes y regímenes alimenticios en términos de las variables ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades

El cuy, (*Cavia porcellus*), es un mamífero roedor originario de la zona andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia. Se cría fundamentalmente con el objeto de aprovechar su carne. Está clasificado por su anatomía gastrointestinal como un animal de fermentación postgástrica junto con el conejo y la rata. Está considerada como una especie tradicional y propia de la sierra y se asevera que fue criado y consumido desde tiempos inmemoriales, ya que ha sido hallado dentro de los entierros de momias pre-Incaicas e Incas, en donde se ha evidenciado que su crianza y consumo fue muy importante para la población del Perú Antiguo (Aliaga, 2004).

La población de cuyes en Latinoamérica se estima en 35 millones, siendo el Perú el primer productor con 22 millones de cuyes que habitan mayormente en zonas pobres del país. Produciendo 17,000 Tn de carne al año, destinados principalmente al autoconsumo (INIA, 2011).

2.2. Características de la crianza

Se han podido identificar tres diferentes sistemas de producción o de crianza. Siendo estas: el familiar, el familiar-comercial y el comercial.

El 95% se encuentra bajo el sistema de crianza familiar, mientras que el 5% son criados en un sistema comercial y familiar-comercial (INIA, 2011).

2.2.1. Crianza familiar

Este sistema es el más difundido en la región andina. Se caracteriza por desarrollarse fundamentalmente sobre la base de insumos y mano de obra disponibles en el hogar. Los insumos alimenticios empleados son por lo general, malezas, residuos de cosechas y de cocina. El ambiente de crianza es normalmente la cocina, donde la fuente de calor del fogón los protege de los fuertes cambios de temperatura. En otros casos se construyen pequeñas instalaciones colindantes a las viviendas, aprovechando eficientemente los recursos disponibles en la finca. El número de animales está determinado básicamente por el recurso alimenticio disponible. El cuy criado bajo este sistema constituye una fuente alimenticia de bajo costo, siendo ocasionalmente utilizado como reserva económica para los momentos en que la familia requiere de liquidez (Chauca, 1995).

En el área rural el destino de los cuyes para autoconsumo se estima en 33.1% (Aliaga, 2004). En este rubro la carne de cuyes juega un rol importante como fuente proteica de origen animal. El 63% de los ingresos de la crianza es destinado a la compra de otros alimentos. En la región andina se utiliza especialmente especies forrajeras como la alfalfa, ryegrass, trébol rojo y trébol blanco.

2.2.2. Crianza familiar-comercial

Este tipo de crianza nace siempre de una crianza familiar organizada, y está circunscrita a las áreas rurales y especialmente en lugares cercanos a las ciudades donde se puede comercializar este animal. Los productores de cuyes invierten para la crianza recursos económicos en infraestructura, tierra para la siembra de forrajes y mano de obra familiar en la crianza. Los productores que desarrollan la crianza de cuyes disponen de áreas para el cultivo de forrajes o usan subproductos de otros cultivos agrícolas. Las instalaciones que se construyen especialmente para este fin utilizan materiales de la zona (FAO, 1997). En este sistema, por lo general se mantienen entre 100 y 500 cuyes, y un máximo 150 reproductoras, dependiendo de la disponibilidad de recursos alimenticios.

2.2.3. Crianza comercial

Este sistema es más circunscrito a valles cercanos de áreas urbanas y su desarrollo contribuye a cubrir la demanda de carne de cuy en dichas áreas; este sistema hace uso de cuyes de líneas selectas. El desarrollo de este sistema contribuye a ofertar carne de cuyes en las áreas

urbanas. Generalmente una granja comercial está constituida por un número superior a los 1,000 cuyes y mantiene áreas de cultivo para siembra de forraje y utiliza alimento balanceado con los que logra una mejor producción (FAO, 1997).

2.3. Mejoramiento genético

Los cuyes en general que no han sido sometidos a mejoramiento genético son denominados silvestres y los que de alguna manera han sido mejorados genéticamente son denominados mejorados, estos últimos constituyen la mayor población de cuyes en el país (Montes, 1989).

La mejora genética de los cuyes ha llevado a constituir líneas mejoradas con diferentes denominaciones, así tenemos las líneas “UNA La Molina” y “Cieneguilla” estudiadas en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las líneas “Perú”, “Inti” y “Andina” estudiadas en el Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria (INIA) del Ministerio de Agricultura, la línea de cuyes G desarrollada en la estación experimental IVITA – El Mantaro - Junín.

2.3.1. Líneas mejoradas en la Costa

Actualmente el INIA dispone de tres líneas mejoradas promisorias para su cría en la región de la costa. Línea Perú, que es una línea precoz que alcanza un peso promedio de 800 g a la 9na semana de edad comparado a los 400 g que alcanza el cuy criollo. Otra línea de costa es la línea Inti seleccionada por precocidad y corregida por prolificidad que alcanza 750 g a las nueve semanas de edad y un tamaño de camada de tres crías y la línea mejorada prolífica: Andina (Muscari, 1993).

Al realizar los cruzamientos de la línea mejorada Perú con cuyes que no han sido sometidos a un programa de selección, se logra notorias mejoras en la ganancia de peso. Así cuyes 3/4 y 7/8 de la línea mejorada Perú con cuyes criollos registran inclusive mejores ganancias de peso que las líneas mejoradas Inti y Andina (Dulanto, 1999).

La línea Perú obtiene los mayores incrementos de peso semanales entre la 1ra y 3ra semana de edad (Zaldívar, 1988). Por los pesos alcanzados, a esta línea se le considera una línea pesada que fija sus características en su progenie y actúa como mejorador. Puede ser utilizada en un cruce terminal para ganar precocidad. Los parrilleros alcanzan el peso de comercialización entre la 8va y 9na semana de edad. Las hembras entran a empadre a los 56

días con un porcentaje de fertilidad de 98. La conversión alimenticia es de 3.03 con alimento concentrado *ad libitum* más forraje restringido. Como línea mejorada precoz, es exigente en la calidad de su alimento (raciones con 18% de proteína y 3000 Kcal de energía digestible)(Chauca, 2005). Esta línea se adapta a las crianzas comerciales y familiares en las condiciones de la costa central de nuestro país.

2.3.2. Líneas mejoradas en la Sierra

La principal línea mejorada en la región sierra es la Yauris desarrollada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. Los cuyes Yauris son alimentados con forraje y complementados con concentrado. Alcanzan 800 g a las 12 semanas de edad y tienen una buena conversión alimenticia (Arroyo, 1993).

Otra línea mejorada son los cuyes G presentada en el 2010 por la Estación Experimental IVITA - El Mantaro, ubicada en el distrito de El Mantaro, provincia de Jauja, región Junín; a una altitud de 3,200 m (Perulactea Ganadería, 2010).

Los Cuyes G son animales especializados en producción de carne con altos índices de productividad. Para la formación de esta línea se obtuvieron 200 reproductoras y 15 reproductores provenientes de granjas de la región de Junín y en menor proporción de la región de Lima. Instalada la población inicial, se procedió a una reproducción al azar y se registró la información genealógica y el valor obtenido en el criterio de selección para cada cuy que nacía en el plantel. Cada línea fue seleccionada por record individual, por tres generaciones y a partir de la cuarta generación se aplicó el método de prueba de progenie. Los cuyes G son cuyes de sobresalientes parámetros en producción de carne. Así se ha logrado que alcancen un peso de 1 kg en 81 días, alimentándose solo de pasto fresco y afrechillo de trigo. Mientras que otros cuyes logran el mismo peso en 100 días (Yataco, 2011).

Las líneas desarrolladas o abuelos RG fueron cuatro en total, dos paternas: Precoz y cárnica; y dos maternas: Prolífica y lechera.

Los abuelos reproductores RG y el producto cárnico, cuy G, recibieron 80% de forraje y 20% de concentrado. Como forraje verde se empleó una asociación triple de ryegrass italiano, trébol rojo y alfalfa; como forraje seco se usaron rastrojos de avena, cebada o maíz y el sub producto afrechillo de trigo. Se seleccionó para zonas altas y para un régimen alimenticio con predominancia de forraje.

2.4. Consumo

El cuy, especie herbívora monogástrica, tiene dos tipos de digestión: la enzimática, a nivel del estómago e intestino delgado, y la microbiana, a nivel del ciego. La mayor o menor actividad de ambos tipos de digestión depende de la composición de la ración alimenticia consumida lo que contribuye a dar flexibilidad a los sistemas de alimentación de esta especie (Castro, 2006).

El consumo voluntario se define como la cantidad de materia seca consumida cada día cuando a los animales se les ofrece alimento en exceso. La ingestión de alimentos por el animal está controlada por mecanismos fisiológicos que llevan al animal a iniciar y a finalizar el consumo en un momento dado; es un aspecto multifactorial controlado por el hipotálamo y este consumo debe corresponder a las necesidades y requerimientos del estado fisiológico en que el animal se encuentra. Durante la comida, el tracto gastrointestinal secreta una variedad de péptidos como parte del proceso digestivo, los cuales actúan como hormonas o señales locales, para enviar información al sistema nervioso central, produciendo la sensación de saciedad (Araujo, 2006).

Existen dos teorías responsables de la regulación del consumo: la teoría física, relacionada con la capacidad del tracto digestivo y la teoría quimiostática, basada en la densidad calórica de la dieta (Mejía, 2002).

Por otro lado cuando un nuevo alimento está disponible, el animal hace uso de sus instintos para consumirlo. En ratas la experiencia de comer un alimento en particular puede modificar su comportamiento futuro, debido a las asociaciones que el animal desarrolla entre las propiedades sensoriales de los alimentos y las consecuencias digestivas-metabólicas al comer ese alimento. Tal acondicionamiento permite a los animales por experiencia evitar o buscar un alimento en particular (Forbes, 1999).

En la nutrición animal generalmente se han reconocido cuatro aspectos básicos que se deben tomar siempre en cuenta a saber: los requerimientos del animal, el contenido nutricional de los alimentos, su digestibilidad y la cantidad consumida por el animal. Teóricamente, un animal debe consumir hasta satisfacer sus requerimientos nutricionales, pero el consumo está limitado tanto por factores físicos como por estrategias de manejo y factores ambientales.

Cambios en el ambiente influyen en el comportamiento, función y productividad de los animales y esto lo realizan mediante un proceso complejo, que involucra tres aspectos: el consumo voluntario de alimento y agua, el valor nutritivo del alimento consumido y los requerimientos de energía para el mantenimiento del animal. Así las condiciones ambientales afectan directa o indirectamente además del nivel de consumo voluntario del alimento y la utilización de la energía metabolizable consumida (Mejía, 2002).

2.4.1. Consumo de Forraje

Los forrajes normalmente constituyen los alimentos de menor costo comparativo y en base a ellos se debe tratar de cubrir la mayor parte de los requerimientos nutricionales. Se considera a la alfalfa el mejor forraje que se puede dar a los cuyes, pero se puede utilizar con éxito otros forrajes como los tréboles, vicia, avena, ryegrass, kikuyo, pasto elefante, King grass, chala de maíz, leguminosas forrajeras varias etc. (Moncayo, 2005).

La variación en el consumo de forraje está relacionada con las limitaciones físicas, principalmente la limitada capacidad del tracto digestivo. Existe una alta correlación entre el contenido de la pared celular y el consumo (Schreurs *et al.*, 2004).

La ingestión de forraje en los animales en pastoreo depende principalmente de la disponibilidad de forraje y la calidad del mismo. Sin embargo, esto puede ser modificado por factores medioambientales como la temperatura y la duración del día (Ayantunde *et al.*, 2006).

Cuando la alimentación es *ad libitum*, la ingesta de forraje se ve limitada por las restricciones físicas y se refieren a las limitaciones en la degradación y su flujo a través del tracto gastrointestinal. Existen diferencias entre tipos de forraje, basados en las diferentes tasas de pasaje de partículas, por ejemplo este es inferior en gramíneas en relación con las leguminosas como la alfalfa (Bruining *et al.*, 2006).

Por otro lado, la forma y las propiedades físicas del forraje, van a influenciar el nivel de consumo. Así el tamaño de la partícula está asociado con el consumo, y los forrajes molidos o peletizados son consumidos en mayor cantidad y esto se explica porque hay un incremento en la velocidad de pasaje (Araujo, 2006).

Los forrajes más utilizados en la alimentación de cuyes son la alfalfa (*Medicago sativa*), la chala de maíz (*Zea mays*), el pasto elefante (*Pennisetumpurpureum*), la hoja de camote (*Hypomea batata*).

La disponibilidad de alimento verde no es constante a lo largo del año, hay meses de mayor producción y épocas de escasez por falta de agua de lluvia o de riego. En estos casos la alimentación de los cuyes se torna crítica, habiéndose tenido que estudiar diferentes alternativas, entre ellas el uso de concentrado, granos o subproductos industriales (afrecho de trigo o residuo seco de cervecería) como suplemento al forraje (Zaldívar *et al.*, 1989).

2.4.2. Consumo de Concentrado

Se conoce como concentrados a los productos o subproductos de origen vegetal o animal con un alto contenido de materia seca y elevadas concentraciones de nutrientes comparados con los forrajes.

Aunque el cuy puede reproducirse y crecer con una dieta a base de forrajes, en explotaciones donde se crían animales mejorados, para lograr el máximo potencial productivo es necesario el suministro de alimentos concentrados.

La densidad de energía en el alimento es uno de los principales factores que afectan el consumo tanto en monogástricos como en rumiantes. La densidad de energía se incrementa al aumentar la proporción de alimento concentrado en la ración. La adición de alimento concentrado por lo general da lugar a una sustitución del consumo de forraje, con el consiguiente aumento en la concentración de nutrientes consumidos (Faverdin, 2003).

2.5. Factores medio ambientales que afectan la producción animal

Un adecuado equilibrio de los factores medioambientales, como son la temperatura y humedad relativa, permiten un óptimo estado de las instalaciones, sin embargo los estudios realizados sobre estos factores son escasos, razón por la cual el productor no utiliza técnicas adecuadas que permitan dar un manejo eficiente a su explotación afectándose los rendimientos en peso, el consumo de alimento, la natalidad y aumentando la mortalidad.

2.5.1. Temperatura

El clima es uno de los factores naturales más importantes del medio ambiente que afecta al individuo. Al animal debe mantenerse en un ambiente cuya temperatura le permita vivir sin estar expuesto al frío y al calor excesivo. Así podrá utilizar el alimento que ingiere no sólo para producir o perder calor, sino para mantener un funcionamiento normal de su organismo y poder producir eficientemente. A este ambiente se le denomina, ambiente termoneutral (Chauca, 2001).

Los efectos del clima sobre la producción animal son directos e indirectos. Directos porque afectan las necesidades energéticas de los animales e indirectos dado que influyen sobre la disponibilidad de forraje. Se sabe con certeza que la temperatura tiene efecto sobre el consumo de alimento, consumo de agua, producción y composición de la leche y tasa de concepción (Hazard, 2001).

Para el éxito de una explotación es fundamental considerar los factores climáticos, como son la temperatura, la humedad, la dirección de los vientos y la luminosidad. El cuy es muy sensible a condiciones extremas ya sea de frío o calor, afectándose los rendimientos productivos y reproductivos. Su tolerancia máxima al calor es hasta los 44 °C y por debajo de 10 °C. El frío es causa de mortalidad especialmente para las crías recién nacidas. Los rendimientos óptimos se logran con temperaturas que oscilan entre 18 a 22 °C, con una humedad relativa de 45 a 70% (Caycedo, 2000). Las temperaturas elevadas aunadas a una deficiente ventilación producen altas concentraciones de amoníaco en el galpón y se presentan generalmente problemas respiratorios. Asimismo una alta humedad y mala ventilación darán lugar a la presentación de enfermedades infecciosas como la Salmonella.

Un término a tener muy en cuenta es el confort térmico, que se define como el intervalo de temperatura en el cual un animal es capaz de desarrollar su comportamiento con normalidad. El medio térmico no se reduce a la temperatura ambiente, la radiación solar o la humedad del aire, que pueden acentuar la carga térmica, sino también a la circulación del aire o las bajas temperaturas nocturnas que pueden aligerarla. No todos los animales responden de igual manera a un mismo medio térmico; las razas locales son generalmente más resistentes o están mejor equipadas para la termólisis (Chemineau, 1992).

2.5.2. Altitud

El mal de altura es una patología provocada por la baja temperatura y la menor presión de oxígeno (hipoxia) que existe en las zonas elevadas del Perú. Presentándose una hipertensión arterial pulmonar, hipertrofia e insuficiencia cardiaca derecha y en el caso de los pollos ascitis.

El síndrome ascítico es una de las principales causas de mortalidad en aves de producción de carne, siendo la hipoxia el factor desencadenante a la que se suma la respuesta del organismo mediante la liberación de diversas sustancias que conducen al cuadro patológico, tales como endotelina 1 (ET-1), óxido nítrico (ON), prostaglandinas y diversas citoquinas inflamatorias. Vásquez (2012) concluyó que las variaciones en la producción del óxido nítrico afectan de forma directa la proliferación de la musculatura lisa de las arteriolas pulmonares y produce como mecanismo compensatorio una hipertrofia cardiaca derecha.

En pollos de carne expuestos a la altura de Huancayo (3,320 msnm) presentaron una tendencia a disminuir sus niveles plasmáticos de óxido nítrico en comparación con los que eran criados a nivel del mar (Angulo, 2004). El estrés oxidativo generado por la altura es la causa, aunque sea parcial, de la disminución del óxido nítrico que se presenta en pollos de carne y que esta disminución tiene un rol importante en la etiología del mal de altura.

Al estudiar el efecto de la altitud en la producción en cuyes, Burga (1969) señaló que existe superioridad en cuanto a la ganancia de peso en los cuyes nacidos y criados en la costa, que los nacidos y criados en la sierra y recomendó que se evalúe y compare la producción de cuyes y las potencialidades de la crianza en diferentes altitudes. Cueva (1989) al evaluar el efecto de la hipoxia de altura sobre el cuy mejorado, observó que la conversión alimenticia se elevó de 5 a 20.8 durante la primera semana de exposición a la altura, este valor, disminuyó paulatinamente para alcanzar a las siete semanas una conversión alimenticia de 6.8 no presentándose ningún caso de mal de altura. Roca Rey (1998) estudió cuyes provenientes de Cajamarca y Arequipa, y criados en Lima durante ocho semanas, los cuales fueron alimentados con concentrado y alfalfa, no encontrando diferencias en cuanto a ganancia de peso entre ellos.

En humanos que sufren mal de altura presentan una severa disminución en su índice de sensibilidad respiratoria. El aumento de este factor luego de transcurridos tres días puede ser el primer paso necesario en la aclimatación a la altura y servir como un marcador útil de esta adaptación (Noel-Jorand, 1994).

La policitemia es el mecanismo de adaptación a la altura y está determinado por el aumento de glóbulos rojos, hemoglobina y glóbulos blancos y que juegan un rol importante en el proceso de aclimatación a la altura. Se ha demostrado que los grados extremos de policitemia no son benéficos y dejan de cumplir un rol adaptativo. Se ha postulado que el flujo sanguíneo puede bloquearse en las redes capilares, además se ha demostrado que el consumo máximo de O₂ en aclimatados de nivel del mar a 5,350 m de altitud no retorna a los valores de nivel del mar luego de respirar 100% de O₂, por probable dificultad de la sangre de cargarse de O₂ en los vasos pequeños (Acta Andina, 1994).

En el nativo de altura la exposición aguda a la altura da lugar a una menor glicemia que en nativos de la costa; sin embargo la captación de glucosa por las células esta aumentada, mientras que la fosforilación está bloqueada, las cuales condicionan que la glucosa libre dentro de la célula este incrementada, produciéndose un mayor número de descargas por las neuronas del núcleo ventromedial, en los sujetos en la altura, bloqueándose los núcleos laterales y retardando por lo tanto la sensación de hambre, a diferencia de los nativos de la costa (Llerena, 1971). La producción de lactato al esfuerzo físico es menor en la altura que a nivel del mar, lo cual sugiere que si bien la concentración sanguínea de glucosa en la altura es menor que a nivel del mar, la concentración de glucosa dentro de la célula es mayor en la altura que a nivel del mar. Esta situación es exactamente opuesta a la diabetes, donde hay hiperglicemia con glucopenia, en tanto que en la altura ocurriría hipoglicemia con glucocitosis (Hochachka, 1992).

La glándula tiroidea es una de las mayores reguladoras del consumo de oxígeno y de aquí que su estudio en la altura alcanza notable interés e importancia. El hombre de altura frente a las condiciones físicas del medio, ha desarrollado mecanismos compensatorios tales como menor afinidad del oxígeno a la hemoglobina e incremento del 2,3 difosfoglicerato en glóbulos rojos (Pretell, 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en forma simultánea en el fundo “El Taro” de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor San Marcos, ubicado en el Km 2 de la carretera Huaral-Chancay, distrito de Huaral, provincia de Huaral, departamento de Lima, a una altitud de 180 m de altitud y en la estación experimental del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA – EL MANTARO) de la FMV-UNMSM, ubicada en el Km 34 de la carretera Huancayo-Jauja, distrito de El Mantaro, departamento de Junín, a una altitud de 3,300 m de altitud entre octubre y diciembre de 2009.

En la región sierra la temperatura máxima fue de 16.3 °C y la temperatura mínima de 3.2 °C. En la región Costa la temperatura máxima fue de 21.4 °C y la temperatura mínima de 13.9 °C.

3.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2 x 2. Altitud, 180 m y 3,300 m, régimen alimenticio, base concentrado y base forraje y línea genética, Línea Costa y Línea Sierra; teniéndose seis unidades experimentales por

tratamiento y donde la unidad experimental estuvo definida por una poza, conformada por tres cuyes. Según se detalla en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Disposición de las repeticiones en los tratamientos del estudio.

ALTITUD								
180 msnm					3,300 msnm			
REGIMEN ALIMENTICIO								
	Concentrado (*)		Forraje (**)		Concentrado		Forraje	
LINEA GENETICA								
Unidad Experi-mental	Línea Costa	Línea Sierra	Línea Costa	Línea Sierra	Línea Costa	Línea Sierra	Línea Costa	Línea Sierra
1	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	18	18	18	18	18	18	18	18

(*) Concentrado: Concentrado y forraje con predominancia de concentrado.

(**) Forraje: Forraje y concentrado con predominancia de forraje.

3.3. Líneas genéticas

Las líneas genéticas utilizadas fueron la Línea Costa y Línea Sierra; para la Línea Costa se utilizó a la línea mejorada Perú desarrollada por el INIA institución que provee de reproductores a la mayoría de empresas que se dedican a la crianza de cuyes. Los 72 cuyes de esta línea fueron adquiridos de la empresa APRODE que se dedica a la crianza exclusiva de esta línea y se encuentra ubicada en el distrito de Carabayllo.

Los cuyes de la línea mejorada Perú, provienen de ecotipos muestreados en la sierra norte del país que mediante selección en base a peso vivo individual se pudo conformar una línea precoz. Por lo tanto esta línea originaria de Cajamarca y desarrollada en la costa central a una altitud de 250 m de altitud ha demostrado su adaptación a ecosistemas de costa y sierra, desde el nivel del mar hasta altitudes de 3,500 m. Es una línea pesada, con desarrollo muscular marcado y eficiente convertidor de alimento. El color de su capa es alazán con blanco, puede ser combinado o fajado, por su pelo liso corresponde al Tipo 1. Puede o no tener remolino en la cabeza, con orejas caídas, ojos negros aunque existen individuos con ojos rojos. No es un animal poli dátilo, existe predominancia de animales con cuatro dedos en los miembros anteriores y tres en los posteriores (INIA, 2011).

Para la Línea Sierra se utilizó cuyes “G” desarrollados por investigadores del IVITA – EL MANTARO, para la formación de esta línea se tuvieron que reclutar con mucho esfuerzo 200 reproductoras y 15 reproductores provenientes de granjas de la región de Junín y en menor proporción de la región de Lima. Instalada la población inicial, se procedió a una reproducción al azar, registrando información genealógica y el valor obtenido en el criterio de selección para cada cuy que nacía en el plantel. Cada línea fue seleccionada por record individual, por tres generaciones y a partir de la cuarta generación se aplicó el método de prueba de progenie. Los cuyes G son cuyes de sobresalientes parámetros en producción de carne. Así se ha logrado que alcancen un peso de 1 kg en 81 días, alimentándose solo de pasto fresco y afrechillo de trigo. Mientras que otras razas logran el mismo peso en 100 días y con una alimentación en la que abundan vitaminas y hormonas (Yataco, 2011).

Las líneas desarrolladas o abuelos RG fueron cuatro en total, dos paternas: Precoz y cárnica; y dos maternas: Prolífica y lechera.

La crianza de los abuelos, reproductores RG y producto cárnico cuy G fueron criados y seleccionados con una alimentación suficiente, balanceada e higiénica. Se utilizó forraje (80%) y concentrado (20%). Como forraje verde se empleó una asociación triple: ryegrass italiano,

trébol rojo y alfalfa, como forraje seco rastrojo de avena, cebada o maíz y el concentrado fue afrechillo de trigo. Por lo tanto esta línea ha sido seleccionada para esta altitud y para un régimen alimenticio con predominancia de forraje.

3.4. Altitud

Se consideró dos altitudes: a 180 m en el fundo “El Taro” (Región Costa) y 3,300 m sobre el nivel del mar en el IVITA – EL MANTARO (Región Sierra), ver lugar de estudio 3.1.

3.5. Régimen alimenticio

En ambos regímenes se ofreció concentrado y forraje, diferenciándose en la cantidad que se ofrecía de cada uno.

En el régimen concentrado se utilizó el producto comercial de la empresa Purina S.A. (CUYINA R) y cuyo análisis proximal porcentual se detalla en el Cuadro 2. Se suministró el 9% del peso vivo de los animales, expresado en materia seca (MS). La ración fue suministrada en los comederos dos veces al día, a las 08:00 y 17:00 horas. El residuo se pesó al día siguiente antes del suministro de la primera fracción de la ración diaria a fin de obtener el consumo diario por poza.

En el régimen concentrado se utilizó como forraje la alfalfa que se suministró al 1% del peso vivo de los animales, expresado en MS. La alfalfa usada fue cosechada en estado de floración en la tarde y fue colocada sobre una tarima para emplearla en la alimentación de los cuyes al día siguiente. El forraje fue suministrado a las 08:00 y 17:00 horas. El residuo se pesó al día siguiente antes de la colocación de la fracción de forraje correspondiente y así se obtuvo el consumo diario por poza.

En el régimen forraje se utilizó la alfalfa suministrada al 9% del peso vivo de los animales, expresado en MS. La alfalfa se cosechó en la tarde y se colocó sobre una tarima para luego emplearla en la alimentación de los cuyes del día siguiente.

La alfalfa usada en la región costa para ambos regímenes alimenticios fue sembrada en el fundo “El Taro” – (Huaral) y la alfalfa usada en la Región Sierra para ambos regímenes alimenticios fue sembrada en el IVITA – EL MANTARO (Huancayo).

El análisis proximal de la alfalfa usada en ambas regiones se detalla en el Cuadro 2. El forraje fue suministrado dos veces al día, a las 08:00 y 17:00 h. El residuo se pesó al día siguiente antes de suministrar el forraje correspondiente a fin de obtener el consumo diario por poza.

El concentrado utilizado en este régimen con predominancia de forraje fue el mismo producto empleado en el régimen con predominancia de concentrado y se suministró el 1% del peso vivo de los animales, expresado en MS. La ración fue suministrada en los comederos en dos partes a las 08:00 h y 17:00 horas. El residuo se pesó al día siguiente antes de suministrar el concentrado para obtener el consumo diario por poza.

Cuadro 2: Análisis proximal del alimento concentrado Purina (CUIYINA R), de la alfalfa del fundo “El Taro” – Huaral y de la alfalfa del IVITA – EL MANTARO – Huancayo
(En base seca y base húmeda, %)

	CONCENTRADO		ALFALFA fundo “El Taro”		ALFALFA IVITA – EL MANTARO	
	BASE HUMEDA	BASE SECA	BASE HUMEDA	BASE SECA	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	9.7		80.2		79.1	
Proteína	15.6	17.3	3.9	19.9	4.1	20.2
Extracto Etéreo	4.2	4.7	0.6	3.3	0.7	3.1
Fibra cruda	11.5	12.8	4.3	21.6	4.3	20.2
Cenizas	6.8	7.5	1.4	7.3	1.9	9.2
Extracto no nitrogenado	52.5	57.7	9.5	47.9	9.8	45.4

3.6. Animales, instalaciones y agua

3.6.1. Animales

Se utilizaron 144 animales machos destetados de 14 +/- 2 días, 72 machos destetados de la Línea Costa y 72 machos destetados de la Línea Sierra. Para la formación de los planteles se realizó una selección al azar.

3.6.1.1. Línea Costa

A partir de los 72 cuyes de la línea Costa se seleccionó al azar 36 cuyes que se ubicaron en el fundo “El Taro” en 12 pozas. Los 36 cuyes de Línea Costa restantes fueron transportados el mismo día hacia el IVITA – EL MANTARO.

3.6.1.2. Línea Sierra

A partir de los 72 cuyes de la Línea Sierra se seleccionó al azar 36 cuyes y se ubicaron en el IVITA – EL MANTARO en 12 pozas asignadas para esa línea, los 36 cuyes de Línea Sierra restantes fueron transportados al día siguiente hacia el fundo “El Taro” en Huaral.

3.6.2 Instalaciones

El experimento se realizó, en ambas altitudes, en el interior de galpones construidos con una base de ladrillos y cemento, piso de cemento, separadores de madera, protección con malla metálica, techo de eternit, mantas de polietileno y claraboya que permite seguridad, luminosidad y ventilación necesaria. Los galpones disponían de agua potable y energía eléctrica todo el día.

Se contó con un ambiente que servía como almacén de alimento concentrado. Las raciones diarias de alfalfa y concentrado fueron pesadas usando una balanza digital con una sensibilidad de 0.5 g. Asimismo, la alfalfa fue cortada en la tarde del día anterior y colocada en una tarima de madera.

Se utilizaron en cada altitud 24 pozas construidas sobre el piso de cemento y construidas con marcos de madera, recubierta con malla metálica, las que a su vez contaban con una tapa de madera recubierta de malla metálica para darles seguridad. Cada poza tenía una área de 0.333 m que sirvieron para alojar a los tres cuyes correspondientes a cada unidad experimental, considerando un área de 0.111 m² por animal (Valverde, 2006). El piso de cemento fue cubierto con paja de cebada o aserrín con un espesor de 5 cm que sirvió como cama para los cuyes, la misma que fue cambiada en forma semanal.

Para el suministro del concentrado y el agua se contó con comederos y bebederos de arcilla de forma ovalada.

3.6.3. Agua

El agua se suministró diariamente *ad libitum* en bebederos de arcilla para ambos regímenes alimenticios y altitudes, durante las ocho semanas que duró el experimento.

3.7. Parámetros evaluados

3.7.1. Ganancia de peso

Los animales fueron pesados individualmente en la mañana (08:00 h) al inicio como semanalmente antes de proporcionarle los alimentos del experimento. La ganancia de peso total se determinó mediante la diferencia entre el peso vivo inicial (peso al destete) y el peso vivo a la octava semana de evaluación (10ma semana de edad). Para el registro del peso se contó con una balanza digital con una sensibilidad de 0.5 g.

3.7.2. Consumo de alimento

El consumo del forraje se estimó diariamente por cada poza (unidad experimental) determinándose por diferencia entre lo ofrecido y el residuo que fue pesado al día siguiente antes del suministro de alfalfa. El consumo diario del concentrado se determinó para cada poza por la diferencia entre lo ofrecido y el residuo, que fue pesado al día siguiente, antes del suministro diario de concentrado.

3.7.3. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia (CA), se obtuvo dividiendo la cantidad promedio por animal de alimento consumido por animal sobre la ganancia de peso en el mismo periodo. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$CA = \frac{\text{Alimento consumido, MS Kg/ animal / periodo}}{\text{Ganancia total peso vivo, kg}}$$

3.8. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el ANDEVA donde se midió el efecto de los factores principales y sus interacciones. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = u + Z_j + A_k + L_l + (ZxA)_{jk} + (ZxL)_{il} + (AxL)_{kl} + (ZxAxL)_{jkl} + e_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} es la observación en el individual

u es la media poblacional

Z_j es el efecto de la altitud j-esima

A_k es el efecto del sistema de alimentación k-esima

L_l es el efecto de la línea mejorada l-esima

$(ZxA)_{jk}$ es la interacción de la altitud con el sistema de alimentación

$(ZxL)_{il}$ es la interacción de la altitud con la línea mejorada

$(AxL)_{kl}$ es la interacción del sistema de alimentación con la línea mejorada

$(ZxAxL)_{jkl}$ es la interacción de la altitud con el sistema de alimentación con la línea mejorada y

e_{ijkl} es el error aleatorio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de la crianza de cuyes en la Costa y en la Sierra ha derivado que muchos criadores busquen reproductores mejoradores para sus explotaciones y los adquieran de otras regiones; sin embargo no existe información sobre la respuesta de reproductores cuando son trasladados y criados en regiones diferentes a su zona de origen. En base a lo señalado se planteó el presente estudio a fin de evaluar y comparar el comportamiento de Líneas de cuyes mejoradas de Costa y de Sierra en diferentes altitudes y regímenes alimenticios. Obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 3. Cuadrados Medios de las variables ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia (ICA).

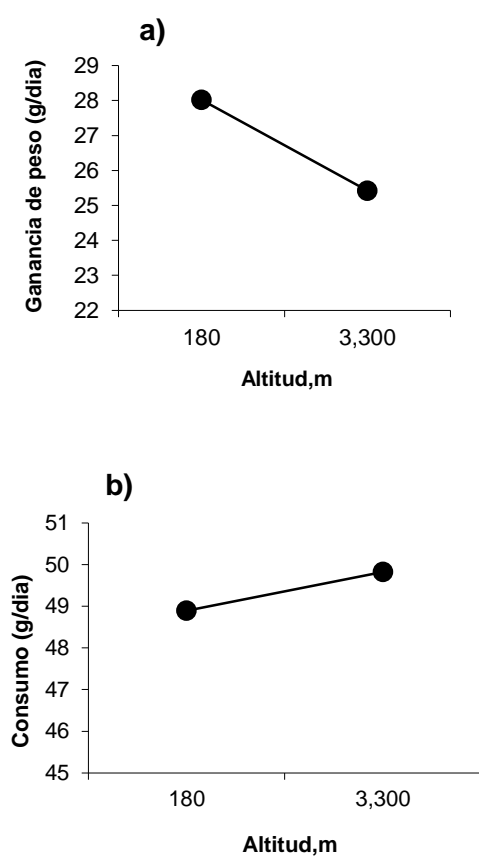
Fuente	G. L.	Cuadrados Medios		
		Ganancia Peso	Consumo	ICA
alt	1	80.6267521	10.350919	7.57635208
alim	1	7.6560188	5773.950052	85.73380208
alt*alim	1	26.7754687	84.402552	0.75250208
lin	1	23.6461687	213.911852	0.42751875
alt*lin	1	3.2188521	28.075502	2.18026875
alim*lin	1	101.1231021	15.334102	6.09900208
alt*alim*lin	1	2.2837688	0.274519	0.12505208

Al análisis de varianza se obtuvieron diferencias ($P < .0001$) para los efectos simples y efectos simples-simples de las variables ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia (ICA).

En vista de la diferencia de los efectos simples y sus interacciones y en función a los objetivos propuestos en el presente estudio se analizaron el efecto principal altitud y luego las interacciones con los otros efectos: líneas genéticas y régimen alimenticio (efecto simple y efecto simple-simple).

4.1 Altitud

En la Figura 1, se presenta el efecto de la altitud sobre las variables del estudio. Con los promedios calculados por SAS se elaboró los diagramas de medias para las variables: Ganancia de peso, consumo e índice de conversión alimenticia (ICA).



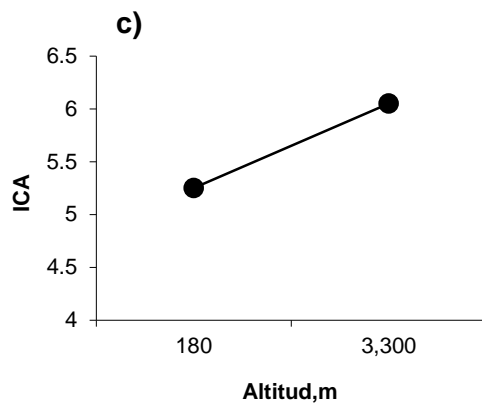


Figura 1. Efecto de la Altitud sobre las variables ganancia de peso (1a), consumo (1b) e ICA (1c)

En esta figura se observa que la altitud al pasar de 180 m a 3,300 m sobre el nivel del mar, afecto negativamente la ganancia de peso (1a), mientras que se incrementó el consumo de alimento (1b). Este incremento en el consumo con la menor ganancia de peso al incrementarse la altitud, dio como consecuencia un incremento en el ICA (1c).

4.2 Interacción entre Altitud y Líneas genéticas

En la figura 2 se presenta el efecto de la interacción de la altitud y las líneas genéticas evaluadas sobre las variables del estudio.

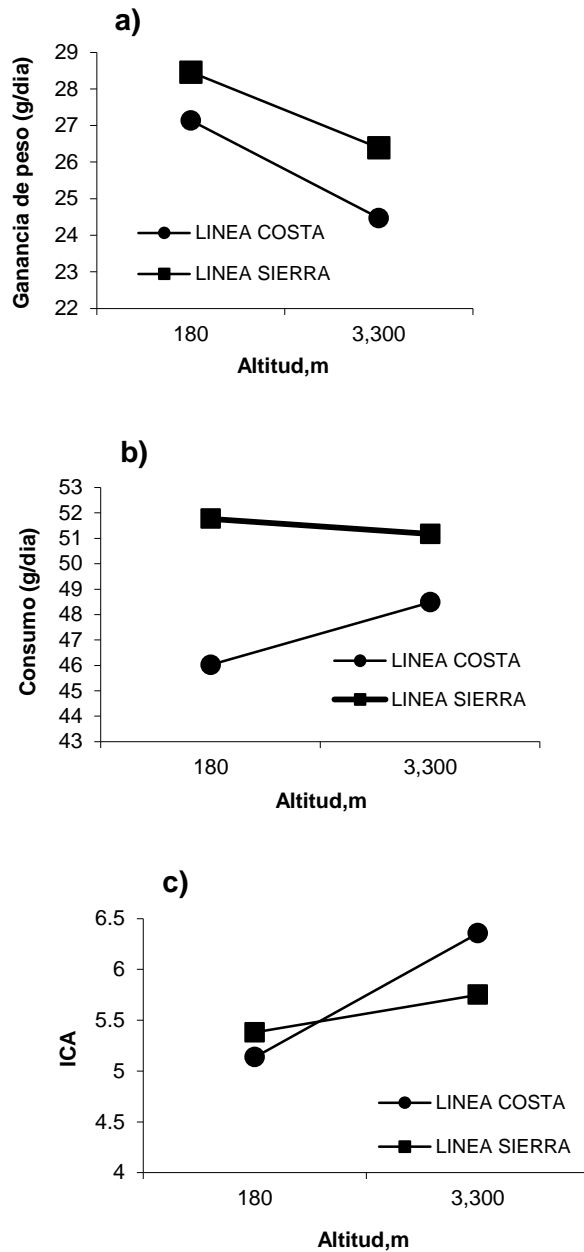


Figura 2. Interacción entre Altitud y Líneas genéticas (efecto simple) sobre las variables ganancia de peso (2a), consumo (2b) e ICA (2c)

Al evaluar el efecto simple de la interacción entre altitud y líneas genéticas para la variable ganancia de peso (Fig. 2a), se observó que en ambas líneas genéticas la mayor altitud afectó negativamente la ganancia de peso; sin embargo, este efecto negativo fue mayor en la Línea Costa ($P < .0001$) (Anexo 4).

Como resultado del incremento del consumo y de una disminución marcada de la ganancia de peso al pasar de 180 m a 3,300 m sobre el nivel del mar, especialmente en la Línea Costa.

4.3 Interacción entre Altitud e interacción Líneas genéticas y Régimen alimenticio

En la figura 3 se presenta el efecto de la interacción entre la Altitud e interacción Líneas Genéticas y Régimen alimenticio sobre las variables del estudio.

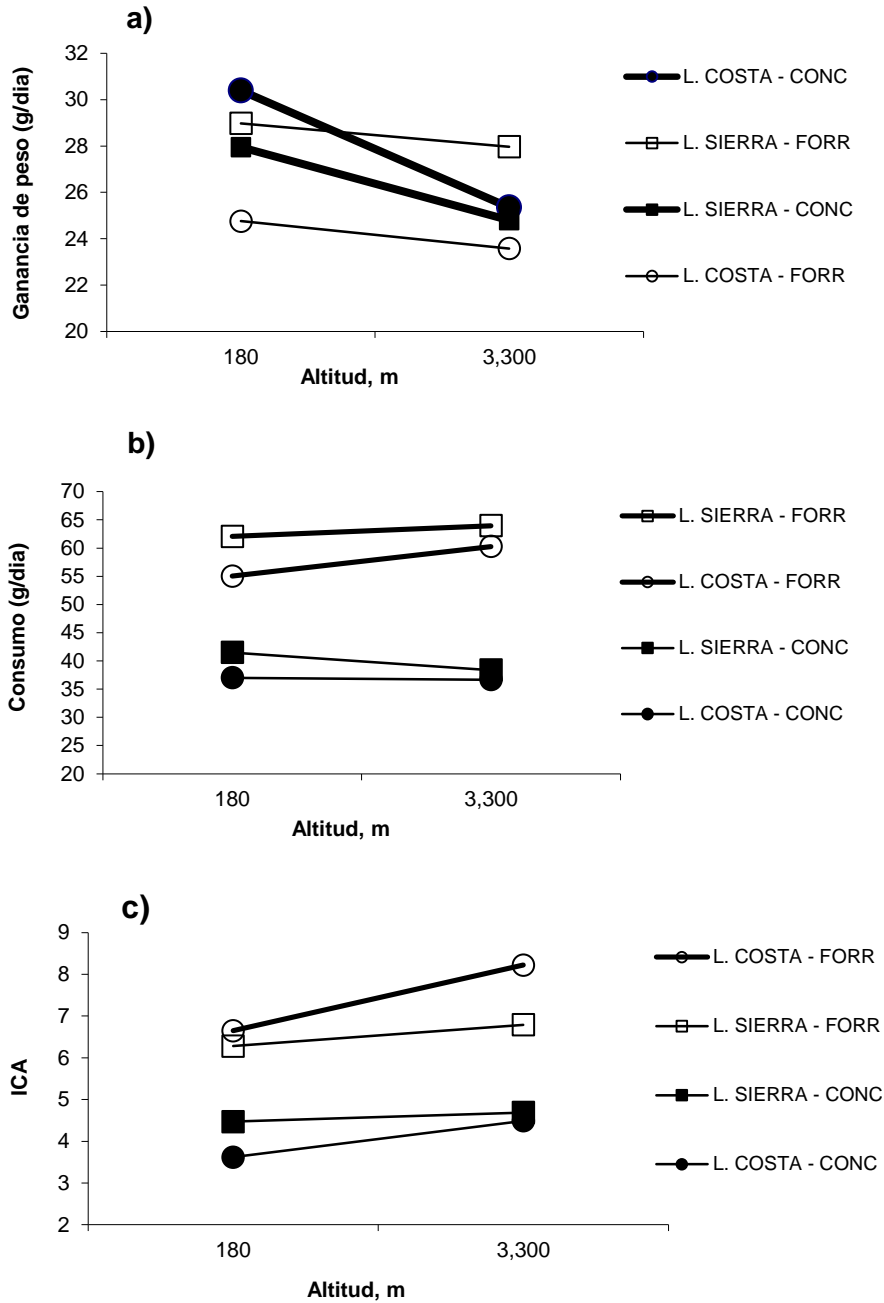


Figura 3. Interacción entre Altitud e interacción Líneas genéticas y Régimen alimenticio sobre la variable ganancia de peso (3a), consumo (3b) e ICA (3c)

Para la variable ganancia de peso (Fig. 3a) el efecto simple-simple de la altitud sobre la interacción línea genética y régimen alimenticio fue significativo ($P<.0001$). A 180 m de altitud la Línea Costa con Régimen Concentrado respondió mejor que la Línea Costa con Régimen Forraje y la Línea Sierra en ambos regímenes alimenticios. Sin embargo a 3,300 m de altitud la Línea Sierra con el Régimen Forraje fue superior a la Línea Sierra con Régimen Concentrado y a la Línea Costa en ambos regímenes alimenticios.

Cuadro 4. Promedio y desviación estándar de la ganancia de peso de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 180 m de altitud (g).

SEMANAS	Régimen Concentrado				Régimen Forraje			
	Línea Costa		Línea Sierra		Línea Costa		Línea Sierra	
	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>
1	12	0.2	10	0.3	8	0.2	11	0.2
2	16	0.4	13	0.5	11	0.4	14	0.4
3	22	1.2	19	1.5	15	1.0	19	0.9
4	28	1.8	24	1.9	20	1.2	26	1.7
5	32	2.1	26	2.6	26	2.6	30	2.5
6	38	1.7	35	2.3	33	1.9	36	2.6
7	43	2.3	41	2.0	39	2.3	41	2.5
8	52	2.0	46	2.8	46	2.4	50	2.7

Cuadro 5. Promedio y desviación estándar de la ganancia de peso de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 3,300 m de altitud (g).

SEMANAS	Régimen Concentrado				Régimen Forraje			
	Línea Costa		Línea Sierra		Línea Costa		Línea Sierra	
	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>
1	6	0.2	7	0.3	4	0.2	11	0.3
2	11	0.5	11	0.4	7	0.4	15	0.7
3	16	0.9	15	0.8	11	0.6	19	1.0
4	21	2.0	21	1.7	20	1.8	25	2.2
5	27	2.0	27	2.2	26	2.6	29	2.4
6	34	3.4	32	2.1	32	1.0	35	2.8
7	40	1.9	39	1.9	38	1.7	41	1.8
8	47	2.7	47	3.0	45	2.1	49	2.3

En el cuadro 4 en la variable ganancia de peso, la Línea Costa sometida a Régimen Concentrado a 180 m de altitud, presenta una ganancia de peso constante, en cambio cuando se le alimenta con forraje disminuye notablemente. Esta situación se acentúa por el efecto de la altura (cuadro 5) donde las dos primeras semanas la ganancia de peso es muy baja, logrando recuperarse en las últimas semanas.

Al estudiar los efectos de la altitud en la producción de cuyes, Burga (1969) señala que los cuyes nacidos y criados en la costa superan en ganancia de peso a aquellos nacidos en la costa y criados en la sierra; Así mismo el ICA en ambos grupos fue de 5.2 y 12 respectivamente, tendencia parecida a lo hallado en el presente estudio donde la altura afectó la ganancia de peso y el ICA, principalmente en cuyes de la Línea Costa alimentados con el Régimen Forraje.

En humanos se ha demostrado que la exposición a la altitud presenta muchos desafíos fisiológicos, como pérdida de peso combinado con los riesgos inherentes asociados a los ambientes extremos (Wing Gaia, 2014). Así se ha observado que la absorción o utilización de la proteína es afectada (San Miguel *et al.*, 2002). La hipoxia causada por el aumento de la altitud induce a disfunciones del hipotálamo, pituitaria, sistema endocrino y sistema inmunológico, dando lugar a la supresión del crecimiento y desarrollo, así como inhibición de las funciones reproductivas, metabólicas e inmunes (Chen *et al.*, 2012).

En humanos se ha observado que la altitud afecta la ganancia de peso. Así las poblaciones del Tíbet por la altitud en la que viven son de bajo peso corporal explicado por las bajas temperaturas y los bajos niveles de oxígeno, quienes ejercen un efecto catabólico directo con un incremento en el consumo de calorías (Lhamo *et al.*, 2010).

En pollos de engorde se ha observado un efecto similar. Así (Rodríguez, 2012) encontró que los pollos criados a nivel del mar ganaron más peso que los criados en altura. El autor explica este resultado a que la baja presión parcial de oxígeno ambiental fuerza al animal a disminuir su requerimiento de oxígeno a nivel tisular, lo que se logra con la disminución del metabolismo, y por lo tanto, decrecimiento de la ganancia de peso corporal.

Este mayor efecto negativo de la altura en la Línea Costa puede ser explicado a que esta línea ha sido seleccionada para una alta tasa de crecimiento, situación similar a lo que ocurre en pollos de engorde quienes por sus altos niveles productivos muestran una menor capacidad de consumo de O₂, producción de calor y producción de hormonas de la glándula tiroideas, lo que

produce una disminución de la capacidad de adaptación metabólica a cambios ambientales, y por lo tanto a un aumento de la incidencia del mal de altura (Luiting, 2007). En pollo de engorde, sin embargo, se ha encontrado diferencias entre líneas genéticas, como en el caso de la línea Ross que obtiene mayor peso a nivel del mar, pero menor peso en la altura comparada a la línea Cobb-Vantress, demostrando que la primera tiene una menor adaptación a la altura (Rodríguez, 2012).

En humanos, cuando son expuestos a la altura presentan cambios en las funciones cardiovasculares, perfiles de lípidos y composición corporal. La diferencia observada en el patrón de aclimatación de dos grupos étnicos puede ser debido a la variación genética/étnica de dos poblaciones (Vats *et al.*, 2013). En niños se encontró retraso del crecimiento cuando son permanentemente expuestos a la altitud presentando una forma fenotípica de adaptación y una moderada reducción lineal en el crecimiento (Argani *et al.*, 2008). La Altitud produjo una demora en el crecimiento de los niños tibetanos, además de tener un efecto adverso sobre el peso corporal (Dang *et al.*, 2008).

En humanos la exposición a la altitud conduce a una pérdida de peso considerable, por discrepancia entre el aporte calórico y gasto de energía debido al aumento del metabolismo basal (Kayser, 1992). La pérdida de peso en la altura es debido a una pérdida inicial de agua y posteriormente a la pérdida de masa grasa y muscular, para contrarrestarla se debe mantener una alta y variada ingesta de nutrientes. El peso corporal disminuyó progresivamente debido al efecto de la altitud, principalmente por la reducción de la grasa corporal (Guilland *et al.*, 1985).

La hipoxia genera además otros trastornos que afectan al individuo como la alteración del sueño y la respiración, en humanos hay una cierta recuperación en el sueño después de una semana, y vuelve a la normalidad después de dos semanas. Por el contrario, los trastornos respiratorios durante el sueño no mejoran hasta pasadas las dos semanas después de la exposición a la altitud (Sargent *et al.*, 2013). Además, se presenta disminución de las funciones olfativas (Altundag *et al.*, 2013). (Zhang *et al.*, 2013) señala que los cambios en la materia gris en el sistema nervioso puede estar relacionada a la función respiratoria deteriorada.

El proceso de aclimatación a la hipoxia es posible así en ratas puede ser completado en 8-11 días (Yamamoto *et al.* 1993), en humanos el tiempo de adaptación puede ser de unas 12 semanas (Berglund, 1992).

Para la variable consumo (Fig. 3b) se observa que en ambas líneas existe un mayor consumo en el Régimen Forraje con respecto al Concentrado y este consumo se ve ligeramente incrementado por la altitud. Este mayor consumo de forraje se debe probablemente a la menor concentración de energía de este alimento con respecto al concentrado, motivo por el cual en ambas líneas trataran de compensar sus requerimientos a través de un mayor consumo de Forraje y así cubrir sus requerimientos.

Cuadro 6. Promedio y desviación estándar del consumo de alimento de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 180 m de altitud (g).

SEMANAS	Régimen Concentrado				Régimen Forraje			
	Línea Costa		Línea Sierra		Línea Costa		Línea Sierra	
	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>
1	43.8	2.2	44.9	1.8	52.8	1.5	69.5	1.7
2	58.4	1.9	58.4	1.7	72.6	1.3	88.5	1.6
3	80.3	1.7	85.3	2.6	99.0	5.8	120.1	2.5
4	102.2	1.7	107.8	2.5	132.0	2.0	164.3	2.9
5	116.8	3.2	171.6	4.2	171.6	4.2	189.6	4.4
6	138.7	3.5	157.2	2.9	217.8	2.7	227.5	6.4
7	157.0	3.2	184.1	2.7	257.4	11.8	259.1	4.7
8	189.0	4.7	206.5	2.2	303.6	4.6	316.0	4.2

Cuadro 7. Promedio y desviación estándar del consumo de alimento de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 3,300 m de altitud (g).

SEMANAS	Régimen Concentrado				Régimen Forraje			
	Línea Costa		Línea Sierra		Línea Costa		Línea Sierra	
	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>	<i>PROM</i>	<i>DS</i>
1	27.6	1.1	32.9	1.5	34.0	2.4	74.8	2.4
2	50.6	1.7	51.7	1.5	59.5	2.2	102.0	7.0
3	73.6	2.0	70.5	2.0	93.5	1.5	129.2	7.3
4	96.6	2.4	98.7	2.9	170.0	3.3	170.0	3.2
5	125.0	3.8	126.9	3.2	221.0	4.9	197.2	3.7
6	156.4	3.3	150.4	5.4	272.0	21.1	238.0	23.5
7	184.0	3.9	183.1	3.5	323.0	3.3	278.8	3.3
8	216.2	4.0	220.9	6.5	382.5	3.7	333.2	7.4

Al revisar los valores de consumo (Cuadro 6 y 7), la Línea Costa registra menor consumo cuando es alimentada bajo el Régimen Concentrado, aunque ocurre un aumento moderado cuando está sometida al Régimen Forraje y aún más a una altitud de 3,300 m (Cuadro 7). Además, si bien el animal limita el consumo de forraje por la capacidad del tracto digestivo y por la tasa de pasaje de partículas, en este caso en el estudio se utilizó alfalfa, forraje que se caracteriza por tener una alta velocidad de pasaje y por lo tanto posee un mayor potencial de consumo (Bruining *et al.* 2006).

La Línea Sierra se ve ligeramente afectada por la altitud, en cambio la Línea Costa presenta una relación positiva entre el consumo y la altitud. Sin embargo, al verse afectado en ambas líneas genéticas la ganancia de peso, el ICA se vio incrementado con la mayor altitud (Fig. 3c). Estos resultados son debidos a una mejor adaptación de la Línea Sierra comparados con la Línea Costa cuando son trasladados de zonas de menor a mayor altitud. Esta mayor adaptación de la Línea Sierra se explica a que son líneas generadas a partir de animales autóctonos, resistentes al factor altura, con un menor metabolismo basal y eficiente conversión alimenticia de los insumos de la zona (Schlecht *et al.*, 2005).

La Línea Sierra en este estudio estuvo conformado por los cuyes G, esta línea ha sido seleccionada para la altitud y para un régimen alimenticio con predominancia de forraje y logran pesos de 1 kg en 81 días, alimentándose solo de pasto fresco y afrechillo de trigo, a diferencia de otras razas que logran el mismo peso en 100 días y con una alimentación con concentrado suplementada con vitaminas y hormonas (Yataco, 2011).

El consumo en la Línea Sierra bajo el Régimen Concentrado es superior al registrado por la Línea Costa en ambas regiones geográficas, demostrando una mayor capacidad de consumo y con el Régimen Forraje registra un alto consumo en ambas regiones geográficas, debido a que esta línea fue desarrollada para ser explotada con este tipo de régimen alimenticio. En humanos se presentaron cambios metabólicos incluyendo aumento de la tasa metabólica basal y la disminución de la disponibilidad de oxígeno en los tejidos periféricos metabólicos (Hill, 2011). Estos cambios fueron estudiados en perros de raza mastín tibetano donde se detectó la presencia de genes que tienen roles en la respuesta a la hipoxia (EPAS1 , SIRT7 , PLXNA4 y MAFG). Demostrando la diversidad genética del mastín tibetano y posibles mecanismos para la adaptación a la hipoxia (Vats *et al.*, 2013).

Para la variable ICA (Fig. 3C), este fue superior en el Régimen Forraje comparado al Régimen Concentrado y se vio afectado en la misma tendencia por la altitud (Cuadro 8 y 9).

Cuadro 8. Promedio y desviación estándar del ICA de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 180 m de altitud.

SEMANAS	Régimen Concentrado				Régimen Forraje			
	Línea Costa		Línea Sierra		Línea Costa		Línea Sierra	
	PROM	DS	PROM	DS	PROM	DS	PROM	DS
1	3.65	0.21	4.5	0.23	6.6	0.27	6.32	0.19
2	3.65	0.1	4.49	0.21	6.6	0.23	6.33	0.26
3	3.66	0.2	4.55	0.33	6.61	0.49	6.34	0.41
4	3.66	0.26	4.51	0.26	6.62	0.34	6.34	0.42
5	3.66	0.27	6.65	0.57	6.65	0.57	6.35	0.53
6	3.65	0.19	4.51	0.33	6.62	0.43	6.35	0.54
7	3.65	0.24	4.5	0.16	6.61	0.39	6.34	0.33
8	3.64	0.19	4.5	0.29	6.58	0.37	6.33	0.33

Cuadro 9. Promedio y desviación estándar del ICA de los tratamientos durante las ocho semanas del estudio a 3,300 m de altitud.

SEMANAS	Régimen Concentrado				Régimen Forraje			
	Línea Costa		Línea Sierra		Línea Costa		Línea Sierra	
	PROM	DS	PROM	DS	PROM	DS	PROM	DS
1	4.6	0.29	4.7	0.25	8.52	0.75	6.8	0.24
2	4.61	0.32	4.7	0.19	8.54	0.78	6.79	0.27
3	4.48	0.36	4.71	0.32	8.52	0.43	6.83	0.68
4	4.64	0.55	4.72	0.33	8.56	0.82	6.84	0.54
5	4.64	0.23	4.73	0.42	8.56	0.74	6.83	0.46
6	4.64	0.43	4.71	0.26	8.5	0.66	6.79	0.33
7	4.61	0.26	4.7	0.2	8.52	0.42	6.81	0.34
8	4.62	0.3	4.7	0.17	8.52	0.43	6.8	0.41

Los resultados sobre el ICA coinciden con otros estudios (Lozada, 2013), donde la suplementación con concentrado en la alimentación de cuyes contribuye a incrementar significativamente la ganancia de peso y mejorar el ICA de cuyes alimentados con una dieta basada en alfalfa verde. El concentrado al tener mayor nivel energético nutricional registra un menor consumo y por lo mismo una mejor conversión alimenticia (Morales, 2011).

El incremento en el ICA también ha sido observado por Cueva (1989) quien al evaluar el efecto de la hipoxia de altura sobre el cuy mejorado, observó que el ICA a nivel del mar fue de 5.0 elevándose a 20.8 durante la primera semana de exposición a una altitud de 3,200 m, sin embargo, luego de la primera semana el ICA en estos cuyes expuestos a la altura disminuyó paulatinamente y a la séptima semana alcanzó un valor de 6.8, si bien aún superior al de nivel del mar (5.0) pero menos elevado.

V. CONCLUSIONES

1. La altura si bien afecta la ganancia de peso en ambas líneas, la Línea Costa es la más afectada.
2. El alimento concentrado favorece la ganancia de peso además de haber presentado el ICA más óptimo.
3. Los cuyes de la Línea Sierra tienen una mejor respuesta con el régimen alimenticio de forraje en ambas altitudes.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Acta andina. 1994. La contribución francesa a los estudios de la fisiología de altura. Artículo de Revisión Histórica en el Centenario de la Primera Expedición Científica a los Andes. 1889-1989. 1994; 3 (1): 3 – 18.
2. Aliaga, L. 2004. Avances y logros tecnológicos más sobresalientes en crianzas familiares. 14-23 p.
3. Altundag, A. 2013. The effect of high altitude on olfactory functions. Division of Otorhinolaryngology, Istanbul Surgery Hospital, Sisli, 34365, Istanbul, Turkey, aaltundagkbb@gmail.com. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2013 Nov 20.
4. Arroyo, O. 1993. La comunicación y la investigación pecuaria. Universidad Nacional del Centro-Huancayo. 128 p.
5. Ayantude, A. 2006. Los consumos de forraje y comportamiento de alimentación de la Jornada y / o ganado Noche de pastoreo en los pastizales del Sahel. Internacional de Investigación Ganadera (ILRI), el ICRISAT-SC, BP 12404 Niamey, Níger, Animal Producción del Grupo de Sistemas de Wageningen Instituto de Ciencia Animal (WIAS), Marijkeweg40, 6709PG Wageningen, Países Bajos.
6. Angulo, P. 2004. Efecto del stress medioambiental por altura en los niveles plasmáticos de óxido nítrico en pollos de carne. Rev Soc Quim. Perú 70 N° 4 (209-216).

7. Araujo, O. 2006. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia. Maracaibo, Zulia 4011, Venezuela.
8. Argnani, L. 2008. Growth and nutritional status of Tibetan children at high altitude. Department of Evolutionistic Experimental Biology, University of Bologna, Bologna, Italy. Coll Antropol. 2008 Sep;32(3):807-12.
9. Berglund, B. 1992. High-Altitude training. Aspects of haematological adaptation. Department of Medicine, Karolinska Hospital, Stockholm, Sweden. Sports Med. 1992 Nov;14(5):289-303.
10. Burga, E. 1969. Efecto de la altura sobre el crecimiento y engorde del cobayo. Tesis ing. Zoot. Lima: Universidad Nacional Agraria. 49 p.
11. Bruining, M. 2006. De admisión y de la cinética ruminal en vacas lecheras de pastoreo, maíz y ensilaje de alfalfa. Grupo de Nutrición Animal, Instituto de Wageningen Animal Sciences (WIAS), Universidad Agrícola de Wageningen, Marijkeweg 40, 6709PG Wageningen, Países Bajos.
12. Castro, F. 2006. Requerimientos nutritivos del cuy. Departamento: Sanidad Animal. Facultad Medicina Veterinaria. Universidad de Granma. Cuba. 54 p.
13. Caycedo, A. 2000. Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Universidad de Nariño. Colombia. 41 p.
14. Chauca, L. 1995. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en los países andinos. Revista Mundial de Zootecnia. 19 p.
15. Chauca, L. 1997. Importancia de la crianza de cuyes en Latinoamérica y sistemas de producción. INIA. 13 p.
16. Chauca, L. 2001. Evaluación del crecimiento de cuyes mejorados alimentados con raciones de diferente densidad nutricional. INIA. 42 p.

17. Chauca, L. 2005. Generación de líneas mejoradas de cuyes de alta productividad. INIA-INCAAGRO. 36 P.
18. Chen, XQ. 2012. High altitude hypoxia induces disorders of the brain-endocrine-immune network through activation of corticotropin-releasing factor and its type-1 receptors. Division of Neurobiology and Physiology, Department of Basic Medical Sciences, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi*. 2012 Nov;28(6):481-7.
19. Chemineau, P. 1992. Medio ambiente y reproducción animal. Institut national de la recherche agronomique (INRA), Laboratoire de neuroendocrinologie sexuelle, Station de physiologie de la reproduction, 37380 Nouzilly, Francia.
20. Cueva, S. 1989. Efecto de la hipoxia de la altura sobre el cuy mejorado. Tesis Ing Zoot. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 53 p.
21. Dang, S. 2008. High altitude and early childhood growth retardation: new evidence from Tibet. Department of Health statistics, Faculty of Public Health, College of Medicine, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China. *dangshaonong@yahoo.com.cn*. *Eur J Clin Nutr*. 2008 Mar;62(3):342-8. Epub 2007 Mar 7.
22. Dulanto, M. 1999. Parámetros productivos y reproductivos de tres líneas puras y dos grados de cruzamiento entre líneas de cuyes. Tesis Ing Zoot. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 64 p.
23. FAO. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). 36 p.
24. Faverdin, P. 2003. Regulación lipostática en el consumo de alimento en animales. INRA N., la estación de Recherche sur la Vache Laitière, 35590 Saint-Gilles, Francia, Nantes 2ENV, Laboratorio de Gestión de la Santé Animale, BP 3013, 44087 Nantes cedex03, Francia.
25. Forbes, J. 1999. Comportamiento de Alimentación Natural y Selección. Centro de Ciencia Animal alimentación, Instituto de Agricultura y Biotecnología de la Universidad de Leeds, Leeds LS2 9JT, capítulo Reino Unido.

26. Guillard, JC. 1985. Nutritional alterations at high altitude in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1985, 54(5):517-23.
27. Hazard, S. 2001. Alimentación de vacas lecheras. INIA Carillanca. Colombia. 16 p.
28. Hill, NE. 2011. Imperial college London. *JR Army Med Corps.* 2011 Mar;157(1):43-8.
29. Hochachka, PW. 1992. Enzyme mechanisms for pyruvate to lactate flux attenuation: A study of sherpas, quechuas and hummingbirds. *Int. J. Sports Med* 13:S119-S122.
30. INEI, 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. INEI – Perú. 68 p.
31. INEI, 2010. Boletín Técnico N° 01 Marzo 2010 – Condiciones de vida en el Perú. INEI – Perú. 37 p.
32. Kayser, B. 1992. Nutrition and high altitude exposure. Department of Physiology, CMU, Genève, Switzerland. *Int J Sports Med.* 1992 Oct;13 Suppl 1:S129-32.
33. INIA, 2011. Producción de cuyes. Perú. 27 p.
34. Lozada, P. 2013. Efecto de la inclusión de cebada grano y semilla de girasol en una dieta basada en forraje sobre el momento óptimo de beneficio de cuyes. *Rev. investig. vet. Perú* v.24 n.1 Lima 2013.
35. Lhamo, Y. 2010. La obesidad en mayores de 30-70. Vida de tibetanos a diferentes altitudes en las caras norte y sur del monte Everest. *Int J Environ Res Public Health.* 2010 April; 7(4): 1670–1680.
36. Luiting, P. 2007. El papel de la variación genética en el consumo de alimento y sus aspectos fisiológicos: Los resultados de los experimentos de selección. Instituto Roslin (Edimburgo), Roslin, Midlothian EH25 9PS, Reino Unido.
37. Llerena, L. 1971. Glicemia y ácidos grasos no esterificados (AGNE) en cambios agudos de altitud. III Congreso Boliv. Endocrinol. Caracas, Venezuela. Resumen 24.

38. Montes, T. 1989. Crianza de cuyes. Programa de investigación en carnes. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.98 p.
39. Morales, A. 2011. Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (*cavia porcellus*) de la raza Perú. Rev. investig. vet. Perú v.22 n.3 Lima jul./sep. 2011.
40. Mejía, H. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Acta Universitaria, septiembre-diciembre, año / vol. 12, Número 003 de la Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, pp 56-63.
41. Moncayo, R. 2005. Crianza comercial de cuyes y costos de producción. Criadero Ayuquicuy, Ecuador.
42. Muscari, J. 1993. Mejoramiento genético y conservación de germoplasma. Tesis Ing Zoot. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.32 p.
43. Noel Jorand, M. 1994. Cambios en la sensibilidad respiratoria humana inducidos por la hipoxia aguda de altura. Neuroreport: August 15, 1994 Somatosensory Systems.
44. Pretell, E. 1992. Función tiroidea en condiciones ambientales de altura. Acta Andina 1:46.
45. Perulactea ganadería. 2010. Investigadores peruanos del IVITA – Mantaro Logran Cuyes de Alto Rendimiento. Escrito por Perulactea Ganadería en 02/11/2010 en Noticias Nacionales.
46. Roca Rey, L. 1998. Evaluación de indicadores productivos de cuyes mejorados, procedentes de Cajamarca, Lima y Arequipa. Tesis Ing Zoot. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 64 p.
47. Rodríguez, J. 2012. Comparación histológica del espesor de la capa media de las arteriolas pulmonares en pollos de carne Cobb-Vantress y Ross expuestos a hipoxia. Revista de investigaciones veterinarias Perú v.23 n.2 Lima abril./jun 2012.

48. San Miguel, JL. 2002. Effect of high altitude on protein metabolism in Bolivian children. Instituto Boliviano de Biología de Altura, Facultad de Medicina, Universidad Mayor de San Andrés, P.O. Box 641 La Paz, Bolivia. josanto10@yahoo.es. High Alt Med Biol. 2002 Winter;3(4):377-86.
49. Sargent, C. 2013. The impact of altitude on the sleep of young elite soccer players (ISA3600). Appleton Institute for Behavioural Science, Central Queensland University, , Adelaide, Australia. Br J Sports Med. 2013 Dec;47 Suppl 1:i86-92. doi: 10.1136/bjsports-2013-092829.
50. Schlecht, E. 2005. La influencia del medio en el consumo de alimento en ganado de las zonas semiáridas de África. Instituto de Producción Animal en los Trópicos y la Universidad de Subtropics Hohenheim, D-70593 Stuttgart, Alemania.
51. Schreurs, V. 2004. Utilización fisiológica de proteínas de la dieta: Las interacciones entre la frecuencia de comidas y fuente de proteínas. Grupo de Fisiología, Ciencias Animales de Wageningen Institutode (WIAS), Haarweg 10, 6709 PJ Wageningen, Países Bajos, 2 Departamento de Dietética y NutritionalPhysiology, Universidad Agrícola de Varsovia, ulNowoursynowska 166, PL 02-787 Varsovia, Polonia.
52. Valverde, N. 2006. Evaluación de cuatro áreas de crianza por animal en el crecimiento de cuyes. Tesis Ing Zoot. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 68 p.
53. Vásquez, M. 2012. Rol de óxido nítrico en la hipertrofia arteriolar pulmonar y ventricular cardiaca derecha en pollos a nivel del mar y expuestos a hipoxia de la altura. Rev Inv Vet Perú 2012; 23(1): 1-12.
54. Vats, P. 2013. Changes in cardiovascular functions, lipid profile, and body composition at high altitude in two different ethnic groups. Department of Biochemical Sciences, DIPAS, Delhi, India. High Alt Med Biol. 2013 Mar;14(1):45-52. doi: 10.1089/ham.2012.1071.
55. Wing Gaia, SL. 2014. Nutritional Strategies for the Preservation of Fat Free Mass at High Altitude. Division of Nutrition, University of Utah, 250 South 1850 East, Salt Lake City, UT 84112, USA. stacie.wing@health.utah.edu. Nutrients. 2014 Feb 13;6(2):665-681.
56. Yamamoto, C. 1993. De-acclimatization process of rats acclimatized to high altitude hypoxia. Department of Endocrinology and Metabolism, Division of Molecular and Cellular

Adaptation, Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University, Nagoya, Japan.
Environ Med 1993;37(1):31-4.

57. Yataco, Y. 2011. Cuyes de altura para la mesa peruana. Investigación en Medicina Veterinaria. www.unmsm.com.
58. Zaldivar, M. 1988. Evaluación económica del crecimiento de 4 líneas de cuyes. Tesis ing. Zoot. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.71 p.
59. Zaldivar, M. 1989. Determinación de la edad optima de destete en cuyes. Sistema de producción animal. Vol 4. 123 p.
60. Zhang, J. 2013. Adaptative modulation of adult brain gray and white matter to high altitude: structural MRI studies. Departament of Physiology and Neurobiology, Medical College of Xiamen University, Xiamen, Fujian, China. zhangjiaxing@xmu.edu.cn. Plos One. 2013 Jul 16;8(7):e68621. doi: 10.1371/journal.pone.0068621.

VII. APENDICES

The SAS System
The GLM Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
alt	2	1 2
alim	2	1 2
lin	2	1 2

Number of Observations Read	48
Number of Observations Used	48

Anexo I

Dependent Variable: gan

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	245.3301313	35.0471616	449.96	<.0001
Error	40	3.1155500	0.0778887		
Corrected Total	47	248.4456812			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	gan Mean
0.987460	1.044506	0.279086	26.71938

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
alt	1	80.6267521	80.6267521	1035.15	<.0001
alim	1	7.6560188	7.6560188	98.29	<.0001
alt*alim	1	26.7754687	26.7754687	343.77	<.0001
lin	1	23.6461687	23.6461687	303.59	<.0001
alt*lin	1	3.2188521	3.2188521	41.33	<.0001
alim*lin	1	101.1231021	101.1231021	1298.30	<.0001
alt*alim*lin	1	2.2837688	2.2837688	29.32	<.0001

Anexo II

Dependent Variable: cons

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	6126.299498	875.185643	6087.74	<.0001
Error	40	5.750483	0.143762		
Corrected Total	47	6132.049981			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	cons Mean
0.999062	0.768239	0.379160	49.35438

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
alt	1	10.350919	10.350919	72.00	<.0001
alim	1	5773.950052	5773.950052	40163.2	<.0001
alt*alim	1	84.402552	84.402552	587.10	<.0001
lin	1	213.911852	213.911852	1487.96	<.0001
alt*lin	1	28.075502	28.075502	195.29	<.0001
alim*lin	1	15.334102	15.334102	106.66	<.0001
alt*alim*lin	1	0.274519	0.274519	1.91	0.1747

Anexo III

Dependent Variable: ica

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	102.8944979	14.6992140	2286.18	<.0001
Error	40	0.2571833	0.0064296		
Corrected Total	47	103.1516813			

R-Square 0.997507
 Coeff Var 1.419355
 Root MSE 0.080185
 ica Mean 5.649375

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
alt	1	7.57635208	7.57635208	1178.36	<.0001
alim	1	85.73380208	85.73380208	13334.3	<.0001
alt*alim	1	0.75250208	0.75250208	117.04	<.0001
lin	1	0.42751875	0.42751875	66.49	<.0001
alt*lin	1	2.18026875	2.18026875	339.10	<.0001
alim*lin	1	6.09900208	6.09900208	948.58	<.0001
alt*alim*lin	1	0.12505208	0.12505208	19.45	<.0001

The SAS System 08:47 Monday, September 28, 2009 68

Level of alt	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	24	28.0154167	2.12942323	48.8900000	10.3040781	5.25208333	1.28314145
2	24	25.4233333	1.66193619	49.8187500	12.6485890	6.04666667	1.58398141

Level of alim	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	24	27.1187500	2.29566759	38.3866667	1.97646515	4.31291667	0.42336621
2	24	26.3200000	2.28013730	60.3220833	3.41513508	6.98583333	0.76030267

Level of Lin	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	24	26.0175000	2.67307062	47.2433333	10.8030401	5.74375000	1.84942955
2	24	27.4212500	1.62129125	51.4654167	11.8576843	5.55500000	1.02268190

Level of alt	Level of alim	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	1	12	29.1616667	1.30982881	39.2483333	2.35483963
1	2	12	26.8691667	2.21332107	58.5316667	3.69179639
2	1	12	25.0758333	0.44473605	37.5250000	1.00137633
2	2	12	25.7708333	2.30518963	62.1125000	1.93989749

Level of alt	Level of alim	N	Mean	Std Dev
1	1	12	4.04083333	0.44561415
1	2	12	6.46333333	0.20737903
2	1	12	4.58500000	0.12116855
2	2	12	7.50833333	0.75499348

Level of alt	Level of lin	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	1	12	27.5725000	2.95416540	46.0141667	9.4101874

Level of alt	Level of lin	N	Mean	Std Dev
1	1	12	5.13333333	1.58564202

Level of alt	Level of lin	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	2	12	28.4583333	0.57096144	51.7658333	10.7426283
2	1	12	24.4625000	0.96819537	48.4725000	12.3358392
2	2	12	26.3841667	1.68032712	51.1650000	13.3562954

Level of alt	Level of lin	N	Mean	Std Dev
1	2	12	5.37083333	0.94739315
2	1	12	6.35416667	1.95563270
2	2	12	5.73916667	1.10239787

Level of alim	Level of lin	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	1	12	27.8683333	2.65533026	36.8408333	0.46266930
1	2	12	26.3691667	1.65607673	39.9325000	1.65536113
2	1	12	24.1666667	0.64452002	57.6458333	2.77632346
2	2	12	28.4733333	0.58183617	62.9983333	1.02554494

Level of alim	Level of lin	N	Mean	Std Dev
1	1	12	4.05083333	0.45691571
1	2	12	4.57500000	0.12702899
2	1	12	7.43666667	0.83062226
2	2	12	6.53500000	0.27437532

Level of alt	Level of alim	Level of lin	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
1	1	1	6	30.3883333	0.36279011	37.0133333	0.40113173
1	1	2	6	27.9350000	0.17751056	41.4833333	0.22393451
1	2	1	6	24.7566667	0.19643489	55.0150000	0.46547825
1	2	2	6	28.9816667	0.16845375	62.0483333	0.29539239

Level of alt	Level of alim	Level of lin	N	Mean	Std Dev
1	1	1	6	3.61666667	0.04718757
1	1	2	6	4.46500000	0.05319774
1	2	1	6	6.65000000	0.09208692
1	2	2	6	6.27666667	0.05006662

Level of alt	Level of alim	Level of lin	N	-----gan-----		-----cons-----	
				Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
2	1	1	6	25.3483333	0.37301028	36.6683333	0.48848405
2	1	2	6	24.8033333	0.34320062	38.3816667	0.45402276
2	2	1	6	23.5766667	0.19966639	60.2766667	0.36025917
2	2	2	6	27.9650000	0.31020961	63.9483333	0.24612328

Level of alt	Level of alim	Level of lin	N	-----ica-----	
				Mean	Std Dev
2	1	1	6	4.48500000	0.06833740
2	1	2	6	4.68500000	0.06024948
2	2	1	6	8.22333333	0.15539198
2	2	2	6	6.79333333	0.05428321

Least Squares Means

alt	lin	gan LSMEAN	cons LSMEAN	ica LSMEAN
1	1	27.5725000	46.0141667	5.13333333
1	2	28.4583333	51.7658333	5.37083333
2	1	24.4625000	48.4725000	6.35416667
2	2	26.3841667	51.1650000	5.73916667

Anexo IV

alt*lin Effect Sliced by prod for gan

Lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	58.032600	58.032600	745.07	<.0001
2	1	25.813004	25.813004	331.41	<.0001

alt*lin Effect Sliced by prod for cons

Lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	36.260417	36.260417	252.23	<.0001
2	1	2.166004	2.166004	15.07	0.0004

alt*lin Effect Sliced by prod for ica

Lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	8.942604	8.942604	1390.85	<.0001
2	1	0.814017	0.814017	126.60	<.0001

Least Squares Means

alt	alim	lin	gan LSMEAN	cons LSMEAN	ica LSMEAN
1	1	1	30.3883333	37.0133333	3.61666667
1	1	2	27.9350000	41.4833333	4.46500000
1	2	1	24.7566667	55.0150000	6.65000000
1	2	2	28.9816667	62.0483333	6.27666667
2	1	1	25.3483333	36.6683333	4.48500000
2	1	2	24.8033333	38.3816667	4.68500000
2	2	1	23.5766667	60.2766667	8.22333333
2	2	2	27.9650000	63.9483333	6.79333333

alt*alim*lin Effect Sliced by alt*alim for gan

alt	alim	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	18.056533	18.056533	231.82	<.0001
1	2	1	53.551875	53.551875	687.54	<.0001
2	1	1	0.891075	0.891075	11.44	0.0016
2	2	1	57.772408	57.772408	741.73	<.0001

alt*alim*lin Effect Sliced by alt*lin for gan

alt	lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	95.147008	95.147008	1221.58	<.0001
1	2	1	3.286533	3.286533	42.20	<.0001
2	1	1	9.416408	9.416408	120.90	<.0001
2	2	1	29.988408	29.988408	385.02	<.0001

Anexo V

alt*alim*lin Effect Sliced by alim*lin for gan

alim	lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	76.204800	76.204800	978.38	<.0001
1	2	1	29.422008	29.422008	377.74	<.0001
2	1	1	4.177200	4.177200	53.63	<.0001
2	2	1	3.100833	3.100833	39.81	<.0001

alt*alim*lin Effect Sliced by alt*alim for cons

alt	alim	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	59.942700	59.942700	416.96	<.0001
1	2	1	148.403333	148.403333	1032.28	<.0001
2	1	1	8.806533	8.806533	61.26	<.0001
2	2	1	40.443408	40.443408	281.32	<.0001

alt*alim*lin Effect Sliced by alt*lin for cons

alt	lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	972.180008	972.180008	6762.42	<.0001
1	2	1	1268.757675	1268.757675	8825.40	<.0001
2	1	1	1672.060208	1672.060208	11630.7	<.0001
2	2	1	1960.963333	1960.963333	13640.3	<.0001

alt*alim*lin Effect Sliced by alim*lin for cons

alim	lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	0.357075	0.357075	2.48	0.1229
1	2	1	28.861008	28.861008	200.76	<.0001
2	1	1	83.055408	83.055408	577.73	<.0001
2	2	1	10.830000	10.830000	75.33	<.0001

alt*alim*lin Effect Sliced by alt*alim for ica

alt	alim	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	2.159008	2.159008	335.79	<.0001
1	2	1	0.418133	0.418133	65.03	<.0001
2	1	1	0.120000	0.120000	18.66	0.0001
2	2	1	6.134700	6.134700	954.14	<.0001

alt*alim*lin Effect Sliced by alt*lin for ica

alt	lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	27.603333	27.603333	4293.18	<.0001
1	2	1	9.846408	9.846408	1531.42	<.0001
2	1	1	41.925408	41.925408	6520.70	<.0001
2	2	1	13.335208	13.335208	2074.04	<.0001

alt*alim*lin Effect Sliced by alim*lin for ica

alim	lin	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	1	2.262008	2.262008	351.81	<.0001
1	2	1	0.145200	0.145200	22.58	<.0001
2	1	1	7.426133	7.426133	1154.99	<.0001
2	2	1	0.800833	0.800833	124.55	<.0001