

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

EAP DE MEDICINA VETERINARIA

**“EFECTO DEL TIPO DE EMPADRE Y TIPO DE
ALIMENTACIÓN SOBRE PARÁMETROS
PRODUCTIVOS EN CUYES”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Silvia Susana Velásquez Carbonero

ASESOR

Amparo Huamán

Lima – Perú

2014

Dedicatoria

A mis padres Santos Velásquez Córdova y María del Carmen Carbonero, por su apoyo incondicional y confianza.

Al Dr. Ronald Jimenez, por el apoyo y la dedicación en la presente tesis.

Agradecimiento

A dios nuestro padre, por darme el privilegio de alcanzar una meta más en mi vida, por cuidarme y no desampararme en los momentos difíciles llenándome de fortaleza y sabiduría para encontrar el camino correcto.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Facultad Medicina Veterinaria, por brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas.

A mi director Dr. Ronald Jiménez Aliaga, a mis asesora dra. Amparo Huamán, al apoyo y asesoraminto del dr. Fernando Carcelén.

Índice de Contenido

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Resumen	vi
Summary	vii
Lista de cuadros	viii
Lista de figuras	ix
I. Introducción	01
II. Revisión Bibliográfica	03
2.1. Generalidades	03
2.2. Situación Actual del cuy en el Perú	03
2.3. Fisiología Reproductiva del cuy	04
2.3.1. Pubertad	04
2.3.2. Ciclo Estrual	05
2.3.3. Ovulación	06
2.3.4. Cópula	06
2.3.5. Gestación	07
2.3.6. Parición	08
2.3.7. Lactancia y Destete	10
2.4. Empadre	13
2.4.1. Sistema de Empadre	13
2.5. Alimentación en cuyes	16
2.5.1. Requerimiento Nutricional	16
2.5.2. Suplementación Energética en la Producción	18
2.6. Insumos Alimenticios para la alimentación de cuyes en Sierra	19
2.6.1. Forraje	20
2.6.1.1. Ryegrass Italiano (<i>loliummultiflorum</i>)	20

2.6.1.2. Trébol rojo (<i>Trifolium Pratense</i>)	20
2.6.1.3. Alfalfa (<i>Medicago Sativa</i>)	21
2.6.2. Suplementos energéticos	21
2.6.2.1. Cebada	21
III. Materiales y Métodos	23
3.1. Lugar y fecha de Ejecución	23
3.2. Animales Experimentales	23
3.3. Manejo Experimental	23
3.4. Tratamientos	24
3.5. Variables Evaluadas	25
3.6. Diseño Experimental	26
3.7. Análisis de datos	26
IV. Resultados y Discusión	27
4.1. Tasa de Fertilidad	29
4.2. Tamaño de Camada	31
4.3. Supervivencia al Nacimiento	33
4.4. Supervivencia al Destete	33
4.5. Peso promedio al Nacimiento	33
4.6. Número de partos por año	33
4.7. Productividad acumulada de segundo y tercer parto	34
4.8. Índice de Productividad anual estimado (IPAE)	34
4.9. Uso Eficiente del celo	36
V. Conclusiones	37
VI. Bibliografía	38

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres tipos de empadre y dos tipos de alimentación sobre parámetros reproductivos, empleando 210 hembras y 30 machos en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2 (tipos de alimentación) x 3 (tres tipos de empadre: postparto, post destete y post descanso). La evaluación correspondió a información de segundo y tercer parto. Se encontró efecto ($p < 0.05$) del tipo de empadre sobre las variables peso promedio al nacimiento, número de partos por año y uso eficiente del celo y un efecto marginal ($p < 0.057$) para la tasa de fertilidad. También hubo efecto del tipo de alimentación ($p < 0.05$) sobre la variable peso promedio al nacimiento. Asimismo se identificó efecto de la interacción tipo de alimento por tipo de empadre cuya interpretación señala que la suplementación tiende a mejorar la tasa de fertilidad, el tamaño de camada y el índice de productividad anual estimado en el empadre post parto y tiende a reducirlo en los empadres post destete y post parto proporcionalmente al tiempo transcurrido desde el parto al inicio del empadre. Se recomienda emplear para crianzas de cuyes en Sierra el empadre post parto con suplementación energética a una ración de forraje verde a discreción o el empadre post destete con alimentación de solo forraje verde a discreción.

SUMMARY

This paper evaluated the effect of three kind of mating and two feeding types on reproductive parameters using a sample of 210 females and 30 males with a complete block design with a factorial arrangement of 2 (feeding types) per 3 (mating types: postpartum, postweaning, post break). The evaluation came from the information of the second and third birth. The results showed an impact ($p < 0.05$) of mating types over variables such average birth weight, numbers of birth per year and the efficient use of heat, on the other hand, there's a marginal effect ($p < 0.057$) on fertility rate. Additionally, there's an influence of the type of feeding ($p < 0.05$) on the average birth weight. Also, other data identify the effect of the interaction between feeding type and mating type which interpretation demonstrated that supplementation tends to improve fertility rate, average birth size and estimated annual productivity index during the mating and postpartum, likewise, it tends to reduce in matings with post weaning and post partum according to the time since the birth to the beginning of the mating. In conclusion, it's recommended to guinea pig breeding the mating post partum with energetic supplementation with a ration of green forage to discretion o the mating post weaning with a feeding based only in a green forage to discretion.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos Nutricionales del cuy	17
Cuadro 2. Distribución de los Tratamientos	26
Cuadro 3. Efecto del tipo de alimentación y momento de Empadre sobre parámetros reproductivos en cuyes	28
Cuadro 4. Efecto del tipo de empadre sobre parámetros reproductivos en cuyes	28
Cuadro 5. Efecto del tipo de alimentación sobre parámetros reproductivos en cuyes	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regulación hormonal en hembras	19
Figura 2. Efecto de la interacción tipo de empadre y tipo de alimentación sobre la tasa de fertilidad en cuyes	30
Figura 3. Efecto de la interacción tipo de empadre y suplementación sobre el tamaño de camada en cuyes	32
Figura 4. Efecto de la interacción tipo de empadre y tipo de alimentación sobre el índice de productividad anual estimado en cuyes	36

I INTRODUCCIÓN

La producción comercial de cuyes sigue siendo una actividad emergente y atractiva como oportunidad de negocio en Perú. Actualmente existe una población importante de granjas, concentradas en los alrededores de Lima, que proveen la mayor proporción de carne de cuy al mercado local y capitalino. Sin embargo la demanda de este producto sigue superando ampliamente a la oferta.

Desde el punto de vista de disponibilidad de recursos la Sierra peruana tiene el mejor potencial para la producción de cuyes (Jiménez, 2007). Las crianzas comerciales existentes en este ámbito se encuentran en crecimiento, muchas de ellas tras una evolución de sus crianzas desde, lo familiar hacia lo comercial.

El desarrollo de todo sistema productivo es dependiente de la innovación tecnológica. Por razones de accesibilidad, clima y coyunturales las crianzas comerciales de Costa se han visto mejor favorecidas que las de Sierra en la generación y uso de tecnologías; es más, varias iniciativas de crianza han fracasado porque las tecnologías que implementaron, y que funcionan en sistemas costeños, no fueron satisfactorias en condiciones de Sierra.

Fisiológicamente una gran proporción de cuyes reproductoras pueden tener crías a intervalos de 68 días, cuando son empadradas en el primer celo post parto y siempre y cuando reciban una ración altamente concentrada y balanceada (Aliaga *et al.*, 2009). No obstante este intervalo puede extenderse a 84 o 100 días cuando la alimentación no corresponde a la exigencia y cuando se pretende mejorar la sobrevivencia de las crías (Higaona, 1995).

El sistema de empadre continuo, donde se tiende a aprovechar el celo post parto, es una tecnología que funciona bien en las crianzas costeñas, dado que el sistema de alimentación, que utiliza una alta proporción de concentrados, garantiza un aporte adecuado de nutrientes, principalmente de energía.

En las crianzas de cuyes en Sierra se emplea en la alimentación una alta proporción de forrajes verdes y rastrojos de cosecha con una mínima y poco frecuente suplementación con concentrados. Estas crianzas emplean variados sistemas de empadre, siendo los más usados: el empadre continuo, empadre post destete y empadre post descanso.

Al no existir un manejo alimenticio ni reproductivo que demuestre ser productivamente el más apropiado para crianzas comerciales de cuyes en Sierra. El presente estudio plantea evaluar los empadres continuo, post destete y post descanso en combinación con dos tipos de alimentación diferenciados, uno a base de forraje verde y otro a base de forraje verde suplementado con harina de cebada, sobre los parámetros reproductivos en cuyes.

II REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 GENERALIDADES

El cuy (*cavia porcellus*) es clasificado taxonómicamente como perteneciente al orden Rodentia, Suborden Hysticomorpha, familia Caviidae, género *Cavia* y subespecie *Cavia porcellus* (Chauca, 1997).

Es una especie que se originó en los andes sudamericanos y fue domesticada desde períodos preincaicos con intenciones de aprovechar su carne, la misma que hasta ahora es apreciada por sus sobresalientes características organolépticas (tierna, jugosa, suave, agradable), ser digestible, de alto valor proteico y bajo nivel en grasa respecto a otras especies (Aliaga *et al.*, 2009).

2.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL CUY EN EL PERÚ

El Perú es el país de mayor consumo y población de cuyes, pues concentra el 60% de la población de esta especie en Sudamérica (Chauca, 2002). Según Aliaga (1979) la población de cuyes a nivel nacional se mantuvo alrededor de los 20 millones entre los años 1965 y 1971, donde 90% de la población corresponde a la región sierra; asimismo se señala que la producción de carne para esos años fue en promedio 16,500 toneladas al año. Informaciones posteriores del MINAG, reportan una población de aproximadamente 22 millones de animales y una producción de carne de 18,000 toneladas anuales (FAO, 2001).

Históricamente la producción de cuyes se mantuvo estática, limitada al autoconsumo, hasta la década del 90. Desde esa década se argumenta el crecimiento paulatino de las crianzas comerciales. No obstante, lo cierto es que se desconoce la situación actual de la producción de cuyes en Perú.

2.3. Fisiología reproductiva del cuy

El cuy posee excelentes características reproductivas: elevado tamaño de camada, corto intervalo generacional y reducido intervalo parto-parto, este último gracias a que la actividad ovárica se reinicia inmediatamente después del parto a tal punto que puede haber un celo a escasas horas del parto (Sisk, 1976). Todas estas características contribuyen a que los cuyes puedan multiplicar su población por un factor que oscila entre 12 a 20 en el lapso de un año (R. Jiménez, datos no publicados). Sin duda este comportamiento favorece la productividad de carne en esta especie. No obstante, el manejo reproductivo óptimo requiere conocer mejor ciertos eventos reproductivos:

2.3.1. Pubertad:

La pubertad es el evento que marca el inicio de la actividad reproductiva, dado por la gametogénesis y esteroidogénesis (Hafez, 2000).

En los cuyes machos, para quienes consideran que la pubertad se da con la aparición de los primeros espermatozoides normales en el eyaculado, esta ocurre entre los 50 a 70 días de edad, cursando con un crecimiento somático acelerado (Aliaga *et al.*, 2009). Sin embargo Freud (1962) define la pubertad como la edad en que el semen tiene motilidad espermática cuando es colectado por electroeyaculación; evento que se da entre los 77 y 133 días.

En las hembras el evento que marca el inicio de la pubertad es el primer celo. Young *et al.* (1939) realizaron un estudio detallado de medición de la pubertad y encontraron que el primer celo ocurre a los 67.8 ± 21.5 días de edad y además mencionan que la ruptura de la membrana vaginal ocurre antes, a los 58.2 días. Según Aliaga *et al.* (2009) la pubertad se da entre los 45 a 60 días de edad.

Varios estudios en diferentes especies, incluido el cuy, encuentran que el peso corporal tiene alta correlación con el inicio de la pubertad, sugiriendo la posible interacción entre centros hipotalámicos que controlan el peso corporal y la pubertad (Mills and Reed, 1971).

Por tanto la calidad de las raciones que se utilicen durante el crecimiento influencia en acortar la edad de la pubertad (Hafez, 2000; Aliaga, 1979).

2.3.2. Ciclo estrual

Se define como ciclo estrual al intervalo de tiempo entre la aparición de un celo y el siguiente. En los cuyes la presentación de los celos no tiene influencia estacional, el ciclo dura en promedio 16 días, con un rango de 13 a 22 días (Stockard and Papanicolaou, 1917; Young *et al.*, 1935; Vigil, 1971; Aliaga, 1979; Hölting, 1995, Shiet *al.* 2000). Además los dos primeros ciclos son más cortos que los posteriores (Young *et al.*, 1939).

El ciclo estrual presenta cuatro fases: Proestro, estro o celo, metaestro y diestro; las que pueden diferenciarse mediante la técnica de citología vaginal e identificación de células córneas (Vigil, 1971; Aliaga, 1979; Kühnel y Mendoza, 1992, Hölting, 1995).

Proestro

Es el período de preparación del celo previo a la liberación del óvulo maduro. Dura de 1 a 1.5 días (Kühnel y Mendoza, 1992). Se caracteriza por la secreción de FSH y la acción de esta hormona sobre el folículo, el cual madura y produce estrógenos. El incremento de estradiol favorece la irrigación del tracto reproductivo, dando lugar al incremento del volumen del útero. Externamente puede observarse tumefacción de la vulva, congestión del vestíbulo, una ligera secreción serosa y presencia de células nucleadas en la mucosa vaginal (Aliaga 1979). En el caso de hembras púberes antes de la ruptura de la membrana vaginal por primera vez se da un período donde se observa aumento de tamaño de pezones y genitales externos (Mills and Reed, 1971).

Estro

El estro dura de 8 a 24 h (Kühnel y Mendoza, 1992), el frotis vaginal revela células epiteliales escamosas cornificadas, de forma plana, poliédricas, que se arrugan y se vuelven irregulares a medida que el estro va progresando, estas células tenían núcleos muy tenues, en algunas casi imperceptible, mientras que en otras no existía. Durante este estadio no se apreció la presencia de mucus, pero la pared vaginal se mantenía húmeda

Existe un celo después del parto, que se presenta 3 horas después de la parición y con presencia de ovulación, utilizando este celo se logra aumentar el rendimiento reproductivo.

Metaestro

El metaestro dura 1 a 1.5 días (Kühnel y Mendoza, 1992), se observa que en el frotís ya habían regresado los leucocitos entre las células cornificadas, también se observó células epiteliales nucleadas pero en menor cantidad; estas células nucleadas se les observó grandes con núcleo bien picnótico. En esta fase no se apreció la existencia de líquido vaginal, pero sí residuos caseosos.

Diestro

El diestro dura 13 a 15 días (Kühnel y Mendoza, 1992), el frotís consistió en un aumento enorme de leucocitos (polimorfonucleares) y pocas células epiteliales nucleadas en relación al gran número de leucocitos, no existían células epiteliales cornificadas. Este estadio tampoco se apreció moco, pero sí considerable cantidad de material caseoso algo licuefactado.

2.3.3. OVULACIÓN

La ovulación en cuyes es espontánea y ocurre 10h después de iniciado el celo o 1 a 1.5 días posteriores a la apertura vaginal (Sadeuet *al.*, 2007). El día de la ovulación la LH y el estradiol alcanzan los niveles más altos mientras que la FSH alcanza los niveles más bajos (Shiet *al.*, 2000). Después de la ovulación los óvulos tienen aproximadamente 15h de vida a diferencia de los espermatozoides que viven 30h.

El número de óvulos viables varía entre 1 y 5 siendo la mayor frecuencia de 2 a 3 óvulos fecundados viables. Inmediatamente después del parto, de 3 ó 4h se produce un celo con ovulación, lo cual hace fértiles a las hembras, existiendo en consecuencia madres lactantes y gestantes a la vez. (Aliaga *et al.*, 2009).

2.3.4. CÓPULA

La cópula se realiza en cualquier época del año generalmente de noche; la hembra después de la cópula excreta un tapón vaginal color blanco cremoso de 2.5cm de largo por 1cm de ancho aproximadamente. Este tapón es difícil de encontrar pues es muy apetecido y consumido por los cuyes. El tapón vaginal evita el reflujo del semen que fue dejado en la vagina, su presencia es signo evidente de haber ocurrido la cópula (Aliaga *et al.*, 2009).

Las hembras deben ser apareadas antes de los 3 meses de edad, las observaciones realizadas al respecto, han indicado que ellas crecen considerablemente durante su primera gestación en el 100% de los casos, lo que demuestra que a partir de esa edad este estado retarda su crecimiento. Si ellas no son apareadas hasta mucho después su crecimiento rápido cesa y por el contrario, empiezan a depositar grasa en su organismo produciéndose como consecuencia una reducción de la fertilidad y si esto ocurre, se observarían partos difíciles y un alto porcentaje de partos con crías nacidas muertas (R. Jiménez, Jauja, comunicación personal)

2.3.5 GESTACIÓN

En los cuyes el período de gestación es de 68 días, son muy prolíficos, a veces hasta con ocho crías por parto. Las crías nacen con pelos, caminan y a las pocas horas de nacidas ya comen solas (Aliaga *et al.*, 2009).

El tamaño de la camada varía con las líneas genéticas (Aranibar y Echevarria, 2014) y las prácticas de manejo, igualmente depende del número de folículos, porcentajes de implantación, porcentajes de supervivencia y reabsorción fetal. Todo esto es influenciado por factores genéticos de la madre y del feto y las condiciones de la madre por efecto de factores ambientales. Las condiciones climáticas de cada año afectan marcadamente la fertilidad, viabilidad y crecimiento. Así mismo el tamaño de la madre también tiene influencia sobre el tamaño de la camada (Dudley, 1976).

La capacidad que tienen las madres para soportar gestaciones de múltiples crías es una excelente característica de esta especie. El peso total de la camada al nacimiento representa entre el 23.6% y 49.2% del peso de la madre, registrándose el menor porcentaje para camadas de una cría y el mayor porcentaje cuando nacen camadas de cinco crías (Chauca *et al.*, 1995).

Durante la gestación las hembras deben ser manipuladas lo menos posible y recibir mayores cuidados. No trasladarlas dentro del galpón ni fuera de ella cuando estén sobre los 50 días de gestación. El peso que desarrolla el vientre muchas veces supera el 50% del peso de la madre (Higaonnaet *al.*, 1989).

Los cuidados de las hembras gestantes deben ser muy prolijos debido a la gran propensión a los abortos por factores de estrés, propias de la especie, tales como hembras empadradas demasiado jóvenes, pozas superpobladas, hembras con exceso de peso o físicamente débiles, cambios bruscos de temperatura, peleas entre animales, movimientos bruscos en el galpón, entre otros.

2.3.6. PARICIÓN

De los partos observados se puede señalar que se produce mayormente en las noches y sin ninguna dificultad, y demora entre 10 y 30 minutos con intervalos de siete minutos entre las crías, la hembra próxima a la parición se aíslan del grupo, inicia las contracciones y dilataciones, y las crías son expulsadas una a una con sus respectivas envolturas fetales; la madre rompe la bolsa con los dientes y se la come, lame y limpia a la cría y finalmente se come los cotiledones. Terminado el acto y en menos de una hora se produce la regresión del útero y la vagina a su estado normal (Chauca, 1997). A veces se presentan algunas particularidades, como son los partos de superfetación y los distócicos. La superfetación es un fenómeno que consiste en que después del parto normal se produce un nuevo alumbramiento; éste puede ocurrir después de tres a cinco días del primer parto. El parto distócico ocurre cuando las crías no pueden nacer, porque los isquiones de la madre son poco abiertos; esto ocasiona la muerte de las crías y/o de la madre. Las causas de los partos distócicos se deben principalmente a: hembras empadradas tardíamente (cinco o seis meses de edad), o hembras pequeñas con machos muy desarrollados (Aliaga *et al.*, 2009).

Durante la parición la hembra debe disponer de cama limpia y seca, con buena alimentación (Jiménez y Huamán, 2010). Las crías nacen maduras debido al largo período de gestación. Nacen con los ojos y oídos funcionales, provistos de incisivos y cubierto de pelo, pueden desplazarse al poco tiempo de nacidas. La madre limpia y lame a sus crías favoreciendo la circulación y proporcionándole su calor.

Las crías inician su lactancia al poco tiempo de nacidas y a las pocas horas de nacidas comienzan a roer y tratar de comer alimento grosero. Las madres pasan a saca después del sexto parto o cuando paren una sola cría, los machos se sacan a partir de los 18 meses de edad. El número de crías por camada puede variar desde 1 hasta 8 con un promedio que se sitúa generalmente entre 2.5 a 3.5 crías por camada. Este parámetro depende de varios factores, siendo los más importantes el manejo, estado sanitario, alimentación y grado de selección. (Aliaga *et al.*, 2009).

La edad al primer parto está influenciada directamente por la edad del empadre, las hembras empadradas entre la octava y décima semana de edad quedan preñadas más fácilmente en el primer celo después de ser expuestas al reproductor (Chaucaet *al.*, 1984).

Cada hembra puede tener cuatro o cinco partos por año; el número de crías por camada varía entre una a seis, y siendo más frecuente que se repita el tamaño de camada de dos. (Chaucaet *al.*, 1984). Según Aranibar y Echevarria (2014) la raza Andina tiende a producir un mayor tamaño de camada que la raza Perú.

La prolificidad es una característica poco heredable, pero fuertemente influenciada por el efecto del medio ambiente, considerándose la alimentación como determinante de la mejora de este parámetro.

El número de crías por camada, resulta ser un factor de selección importante porque ella redundante directamente en la productividad de la madre, por lo que la selección debe orientarse en la búsqueda de hembras que produzcan un mayor número de crías por camada, y que este carácter, seleccionado en base a una repetibilidad alta, permita a las madres destetar el mayor número de crías por año. (Aliaga, 1979)

El periodo entre dos partos continuos influye sobre el peso de las crías al nacimiento; así se encuentra diferencia a favor de la crías concebidas después de un ciclo estral posterior al parto, comparadas con las concebidas aprovechando el celo *postpartum*. Según Aliaga (1979) estos resultados difieren de los obtenidos en otros estudios, donde los pesos son semejantes en animales concebidos tanto en copulación *postpartum* como en copulación post-destete.

El intervalo entre partos es de 74 días, utilizando el celo *postpartum* y de 118 días, utilizando los celos postdestete. El empadre *postpartum* logra un promedio de 4.9 camadas por año y con post-destete 3.1 camadas para el mismo período. La mortalidad de las crías se

incrementa conforme aumenta el tamaño de la camada. Las camadas al nacimiento están conformadas por crías de ambos sexos, no existe una tendencia definida en lo referente a frecuencia de sexos dentro de una camada. Las crías pueden ser de un solo sexo o de ambos sexos, el porcentaje de machos y hembras en una población tiende a igualarse.

2.3.7. Lactancia y Destete.

Después del nacimiento las crías inician su lactancia, es importante la primera leche, denominada calostro que le confiere inmunidad ante las enfermedades. La producción de leche materna y su consumo por las crías, es muy importante para lograr la sobrevivencia de éstos, la secreción láctea es pobre, sin embargo es altamente nutritiva desde el punto de vista proteico y energético (Aliaga *et al.*, 2009).

Las crías se desarrollan dentro del vientre materno durante la gestación y nacen en un estado avanzado de maduración por lo que no son tan dependientes de la leche materna como otros mamíferos (Chauca, 1995). Para optimizar la lactancia es recomendable emplear pozas de maternidad individual, de esta manera las crías lactan mejor y logran mayor tasa de sobrevivencia (Aliaga *et al.*, 2009).

El crecimiento del cuy es rápido durante las dos primeras semanas, que incluso llegan a duplicar su peso al nacimiento (Ordoñez, 1997), debido al valor nutricional de la leche materna, aunque también consume otros alimentos a las pocas horas del nacimiento. En virtud de estos factores es posible realizar destetes precoces (Aliaga *et al.*, 2009).

Lo ideal es mantener varias madres en lactación juntas para equilibrar la carga de crías dada la aceptabilidad de las madres a crías ajenas permitiendo lograr también a los huérfanos (Chauca, 1995; Higaonna, 1989).

El destete se puede efectuar a las dos semanas de edad, o incluso a la primera, sin perjuicio en el crecimiento de la cría, aunque se pueden presentar problemas de mastitis por la mayor producción láctea que se registra hasta los 11 días después del parto. El número de crías por camada influye en la sobrevivencia, y las camadas más numerosas alcanzan mayores porcentajes de mortalidad (Chauca, 1997).

La mayor mortalidad se produce en la etapa de lactación. Pero es posible controlarla, por ejemplo en el sistema de cría familiar-comercial la mortalidad durante la lactación se ha podido reducir al 14,7% suministrando alimento *ad libitum*. También contribuye en reducir

la mortalidad hasta un 7% el uso de cercas gazaperas que permiten proteger a las crías del atropello y de la competencia con sus madres por el alimento y el espacio. (Chaucaet *al.*, 1994). Pero si añadimos un alimento especial para los lactantes la mortalidad llega a ser menor (Chauca, 1997; Jiménez y Huamán, 2010).

La concentración de la leche del cuy es alta (oscila por 20%) y permite deducir el por qué las crías pueden soportar un buen crecimiento a pesar de la pobre secreción, las madres poseen dos mamas lo que permite amamantar dos crías fácilmente, tres crías lactan con dificultad y un número mayor se establece competencia entre los más fuertes y hay que suministrar concentrado como suplemento a la leche materna; los gazapos son autosuficientes a los tres días de edad, pero siempre dependen de la leche materna por lo menos unos quince días (Chaucaet *al.*, 1994).

Cuando la temperatura ambiente es inferior a 12°C, es necesario disponer de una fuente de calor durante la lactación y aun una semana después del destete en la etapa de cría. Esta práctica de manejo contribuye a incrementar la tasa de sobrevivencia en la cría comercial (Chauca, 1997).

Conocer el comportamiento de los recién nacidos durante la lactancia es importante para realizar un buen manejo, pues si se realiza un destete brusco a las pocas horas de nacidas se registra hasta 54% de mortalidad. El grado de desarrollo de la cría recién nacida la hace dependiente sólo hasta el séptimo día, al octavo día el 100% de las crías comen alimentos sólidos. Un porcentaje mínimo inicia el consumo de concentrado al cuarto día de nacidos (Chaucaet *al.*, 1995).

La edad de destete va depender de varios factores y podrá realizarse alrededor de los 10 días (Aliaga, 1979) o a las dos semanas (Jiménez y Huamán, 2010). El realizar un destete precoz, necesariamente implica suplementación.

Fisiológicamente hay una gran variación en el grado de madurez de las crías al nacer y en su dependencia exclusiva de los atributos nutricionales de la leche. El cuy nace en un estado avanzado de maduración por lo que amamanta por un corto tiempo en comparación a otras especies y prácticamente toma alimentos desde que nace, preparando al ciego para su función digestiva de adulto (Ordoñez, 1997).

La composición de la leche de cuy varía significativamente durante los 21 días de lactancia, observándose que el contenido de proteína, grasa, sólidos totales y calorías

aumenta progresivamente siguiendo una función cuadrática, siendo el incremento porcentual del inicio al final de la lactancia de 88.4%, 51.6%, 17.6% y 99.6%, respectivamente. El único constituyente que disminuye progresivamente es la lactosa, la cual decrece de 5.84% el primer día *postpartuma* 0.5% el día 21. En comparación con otras especies los cambios en la composición de la leche son más marcados en los cuyes porque el tiempo de lactancia es corto (Anderson y Chavis, 1986).

La mayoría de los nutrientes de la leche aumentan su concentración significativamente durante el período de lactancia, pero a partir del séptimo y octavo día la producción láctea decae en forma rápida debido a que, la lactosa que es el principal controlador del equilibrio osmótico y principal regulador del contenido de agua en la leche, disminuye su concentración. Por esta razón disminuye el volumen de la leche y aumenta en grasa, proteína y sólidos. La rápida reducción en la síntesis de lactosa se debe probablemente a una limitación en la producción de alfa lactoalbumina. La razón de este cambio en el mecanismo del control de la síntesis de la lactosa es probable que sea hormonal, ya que la prolactina, insulina, glucocorticoides y la hormona de crecimiento están implicadas en parte del complejo mecanismo de regulación de la síntesis de la leche (Anderson y Chavis, 1986).

Los lactantes consumen exclusivamente leche hasta el tercer día. A partir del cuarto día el porcentaje de consumo de materia seca respecto al peso vivo empieza a incrementar así como su peso vivo llegando a consumir 3.5% de su peso vivo en materia seca al final de la lactancia. El peso de la cría al nacimiento está influenciado por el tamaño o número de la camada, por el grado de mejoramiento genético y por la nutrición; el ritmo de ganancia de peso está relacionado también con la sanidad, manejo e instalaciones (Chauca, 1997).

Es común que durante la lactancia toda hembra pierda condición corporal por efecto de la producción láctea. Cuando la pérdida de peso es excesiva puede afectar la siguiente gestación, por lo que ante estos casos puede ser recomendable dar un período de descanso antes del siguiente empadre. Pero si la condición corporal se mantiene o se ha reducido escasamente la siguiente gestación se daría sin mayores inconvenientes (Jiménez y Huamán, 2010).

2.4 EMPADRE

Para cualquier sistema de producción animal conviene que las reproductoras se inicien a una edad temprana. En el caso de los cuyes esta edad debe ser posterior la pubertad y puede acortarse hasta la octava semana si reciben una dieta balanceada a discreción. Tomando como referencia de inicio reproductivo tanto en macho como en hembra que los animales alcancen el 60 % del peso vivo adulto (Jiménez y Huamán 2010). En ese sentido las hembras que se inician con un mayor peso tienen una mejor respuesta en tamaño y peso de camada (Chauca, 1997). El inicio reproductivo de hembras con más de cuatro meses corre el riesgo de soldar sus articulaciones ilio sacro pelvianas, lo que produce partos distócicos con mortalidad de crías y madres.

El macho logra el 60 % del peso vivo adulto alrededor de la de los tres meses, su peso de inicio reproductivo es superior al de las hembras, característica favorable para que el macho ejerza dominancia sobre las hembras y se facilite la cópula (Jiménez y Huamán, 2010).

Mientras el macho no supere el año de edad la densidad de empadre puede incrementarse hasta nueve hembras por macho sin que se alteren los parámetros reproductivos (Gamarra *et al.*, 1990). No obstante trabajar con una densidad de 7 hembras por macho tiende a dar mejores resultados (Chauca, 1997).

Las reproductoras requieren del suministro permanente de agua en las crías de Costa y suministro entre mayo a octubre en caso de crías en Sierra para optimizar sus índices reproductivos, debido a que el consumo de agua favorece el mayor consumo de materia seca (Chauca, 1997; Jiménez y Huamán, 2010).

Chauca (1997) recomienda manejar espacios vitales por cuyes en reproducción de 0.1364 a 0.1875 m². No obstante Cáceres *et al.*, (2004) determinó que se da un mejor comportamiento reproductivo con espacios de 0.28 m²/cuy.

La vida productiva de los cuyes machos y hembras reproductoras no debe superar los dos años (Jiménez y Huamán, 2010). Sin embargo en sistemas más intensos se acostumbra descartar a los reproductores antes del año.

2.4.1. Sistemas de empadre

Los sistemas de empadre se diferencian por el tipo de celo que se aprovecha. Los cuyes tienen la particularidad de presentar el primer celo post parto a 3.5 horas del parto, el

segundo a 16 días, el tercero a 32 días y así sucesivamente. Esto se debe a que los cuyes ciclan con normalidad después del parto (Ishii, 1920).

El empadre es el período que el macho permanece con las hembras y los tipos de empadre precisamente varían por el momento en que el macho es juntado con las hembras respecto al parto de estas así como el tiempo que permanece con las hembras. Aliaga *et al.*, (2009) describe siete tipos de empadre. No obstante los tipos de empadre que se practican con mayor frecuencia en la Sierra son tres:

a. Empadre continuo o postpartum.

El empadre continuo consiste en mantener un macho permanentemente con las hembras desde que tanto machos como hembras inician su actividad reproductiva. Este manejo se respalda en que un alto porcentaje (55-80 %) de las hembras presentan celo postparto (Chauca, 1997; Aliaga *et al.*, 2009)). Definitivamente la principal ventaja de este tipo de empadre es el mayor número de partos por año. Pero dada la alta exigencia fisiológica de las reproductoras solo puede darse una respuesta favorable en productividad si se da una correspondencia medioambiental, principalmente en el aporte nutricional de la ración para las reproductoras.

En condiciones de Costa, donde se maneja una alimentación concentrada en alta proporción y el forraje verde viene a ser prácticamente un suplemento, de tal manera que el aporte de nutrientes alcanza 17 % de proteína cruda y 3 Mcal de ED/Kg/MS, puede llegarse a obtener índices de productividad al destete de hasta 0.89. Así mismo la actividad de rotar los machos y reemplazar a los machos con dificultad para la monta contribuye a mejorar la respuesta productiva (Chauca, 1997).

Algunos productores de Sierra aplican el empadre continuo principalmente por la facilidad de su manejo, pues la manipulación de animales es mínima y solo se limita al retiro de los cuyes destetados. Pero como el tipo de alimentación que emplean tiene alta proporción de forraje verde, no se llega a satisfacer la demanda de nutrientes que exige este tipo de empadre y consecuentemente la respuesta en productividad es pobre, principalmente por una alta mortalidad de lactantes (R. Jiménez, Jauja, Comunicación personal).

b. Empadre postdestete

Algunos productores de Sierra, apelando a su criterio y experiencia optan por manejar un sistema de empadre que consiste en introducir el macho luego de destetar las crías. Esta modalidad de empadre obedece a la observación que hacen los productores y les permite concluir que las hembras se mantienen bastante delgadas durante la lactación y que una vez retiradas las crías, las hembras comienzan a recuperar peso y ya es posible iniciar el siguiente empadre. Obviamente cuando ocurre la suplementación de las reproductoras durante la lactación con alimentos concentrados ricos en energía, las reproductoras llegan con mejores condiciones para iniciar el empadre después del destete.

La aplicación del empadre post destete en condiciones de Sierra es técnicamente más viable que el empadre continuo, dadas las restricciones nutricionales que tiene el utilizar el empadre continuo en condiciones de Sierra. Además el empadre post destete tiene otras ventajas, entre ellas:

- Hay mayor eficiencia en el uso del macho, pues en el empadre post destete solo se requiere una tercera parte de los machos que demanda un sistema de empadre continuo.
- Las crías nacidas son más vigorosas debido a que las reproductoras producen una mejor calidad de gametos.
- Las crías obtenidas son más homogéneas en edad y peso, es decir tienen igualdad de condiciones competitivas, característica que favorece la sobrevivencia de las crías lactantes.
- Es más fácil identificar a las hembras con problemas reproductivos.

c. Empadre post descanso

En el empadre post descanso el ingreso de los machos ocurre una semana posterior al destete de las crías. Este tipo de empadre lo emplean productores que alimentan a sus cuyes exclusivamente con forraje verde y son consecuentes con ajustar el manejo reproductivo con lo que nutricionalmente aportan en sus sistemas. Es decir observan que las reproductoras pierden mucha condición corporal durante lactación que empadraslas inmediatamente después de esta etapa resultaría en vano. Por cuanto prefieren que las reproductoras recuperen peso y condición corporal durante una semana para luego ser empadradas.

El empadre post descanso posee similares ventajas al empadre post destete con la desventaja de obtener un menor número de partos por año que los otros tipos de empadre.

2.5. Alimentación en cuyes

En la crianza de cuyes, el tipo de alimentación que se ponga en práctica estará sujeto a la disponibilidad y costo de los insumos en la región (Bustamante, 1993), habiendo diferencias entre sistemas productivos. En un sistema de producción familiar, la alimentación tiene como principales insumos a los residuos de cocina y algún forraje, mientras que, en un sistema de producción comercial, además de los pastos cultivados se adquieren otros insumos alimenticios que en suma representan entre 50 a 70% del costo de producción (Taborga, 2003; R. Jiménez, datos no publicados). En este último sistema la ración puede ser forraje más suplementos, o concentrado sólo con agua y vitamina C (Chauca, 1997).

Los insumos más comúnmente empleados en la alimentación de cobayos en Sierra son:

- a. Pastos cultivados perennes: Alfalfa, ryegrass italiano, trébol rojo, dactylis.
- b. Pastos cultivados anuales: Avena, cebada, vicia.
- c. Rastrojos de cosecha: Maíz chala, paja de cebada, paja de avena, paja de trigo, broza de arveja.
- d. Subproductos agrícolas: cebada grano, maíz grano, trigo grano, zanahoria, papa.

Es todavía escaso el número de unidades productivas en las crianzas comerciales, que apenas llega a representar el 5% de las crianzas a nivel nacional. El 95% de criadores están bajo sistemas familiares o semi-comerciales, donde aún es ineficiente el manejo alimenticio (MINAG, 2004).

En el caso del valle del Mantaro, una de las principales zonas de producción de cuyes en el Perú, las crianzas están conformadas por pequeñas unidades productivas semi-comerciales, que alimentan a los cuyes con forraje más algún suplemento, pero los insumos utilizados y la proporción de éstos son diferenciados entre las granjas, no habiendo un manejo sistemático de la producción como en otras especies (Coronado *et al.*, 2007).

2.5.1. Requerimiento nutricional

El cuy es un roedor herbívoro fermentador postgástrico, aunque se trata de un animal rustico y versátil en alimentación, es importante tomar en cuenta los requerimientos nutritivos específicos en la elaboración de raciones alimenticias adecuadas para una mayor eficiencia productiva en los sistemas de crianza comercial. Zaldívar *et al.* (1988) ha realizado estimaciones y ha elaborado una tabla de requerimientos nutricionales para cuyes (Cuadro 1) ajustado a las condiciones de campo, pues la tabla publicada por la NRC (1978) se midió en base a necesidades de cuyes de laboratorio (Gómez y Vergara, 1994).

El suministro de forraje verde en la ración aporta adecuadamente los requerimientos de vitaminas y minerales, en especial de agua y vitamina C, pero en un sistema de crianza comercial el aporte de proteína, energía, y fibra en la dieta, depende directamente del manejo alimenticio que realice el productor (Rico *et al.*, 1994). Aunque Quintana *et al.* (2013), demostró en cuyes en crecimiento que el principal nutriente restrictivo en el forraje es la energía.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales del cuy.

NUTRIENTE	VALOR
Proteína cruda, %	20
Energía Digestible, Mcal/kg	2.8
Fibra, %	15
Grasa, %	1
Minerales:	
Calcio, %	1.2
Potasio, %	1.4
Magnesio, %	0.35
Fósforo, %	0.6
Cobalto, mg	0.002 ^(a)
Vitaminas:	
A, mg/kg de peso vivo	2
B1, mg/kg de ración	4-6.5
B2, mg/kg de ración	3
B6, mg/kg de ración	16
B12	(^b)
C, mg/kg de peso vivo	10
E, mg/día	1.5
K, mg/kg de ración	50
Ácido fólico, mg/kg de ración	3-6
Ácido pantoténico, mg/kg de ración	15-20
Colina, g/kg de ración	1-1.5
	20-30

Niacina, mg/kg de ración

^a: Valor total por animal

^b: La síntesis bacteriana del tracto intestinal probablemente aporte la vitamina B12 requerida

Fuente: Zaldivaret *et al.*, 1988

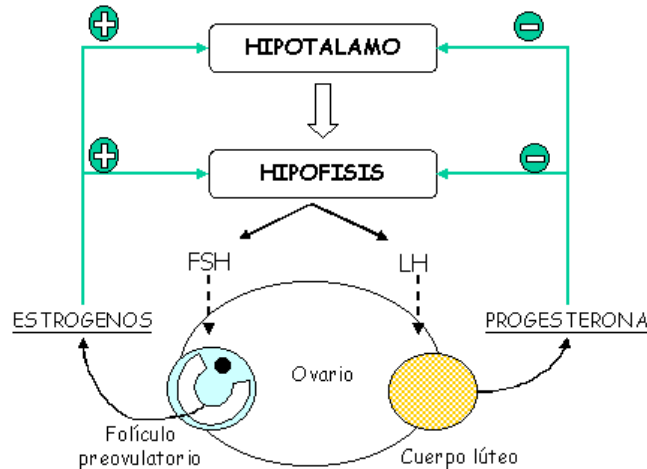
2.5.2. Suplementación energética en la reproducción

Por lo general en cualquiera de los tipos de empadre que se emplea en la Sierra, la alimentación es manejada a base de una ración de forraje verde o henificado y un suplemento cuya naturaleza varía durante el año, según la disponibilidad de insumos alimenticios (Chauca, 1997).

Se ha observado que en otras especies como la caprina, ovina y cuy, que cuando se incrementa la suplementación energética y proteica, por encima de las necesidades de mantenimiento, en una etapa anterior al empadre, se produce un mayor número de crías al parto (Forcada *et al.*, 1992; Acero, 2007; Aliaga *et al.*, 2009).

La influencia de los nutrientes que proveen estos alimentos sobre el tamaño de camada, está dada principalmente por el contenido energético de la ración ofrecida en la etapa reproductiva (McDonald *et al.*, 1986). En ovejas, se ha observado que el aporte de energía por encima del requerido para el mantenimiento, cinco semanas antes del empadre, redujo el número de atresia de los folículos más grandes (2-3 mm) en el ovario (Downing y Scaramuzzi, 1991). Este tipo de aporte energético produjo también concentraciones bajas de progesterona (P4) (O'Callaghan *et al.*, 2000), hormona que reduce la pulsación de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona folículo estimulante (FSH) en la hipófisis anterior (Figura 1), por tanto ambos efectos favorecerían una mayor tasa de ovulación (Arthur *et al.*, 1991; Tanaka *et al.* 2004).

Figura 1. Regulación hormonal en hembras.



Al parecer el aporte energético y proteico favorece la presencia del factor de crecimiento análogo a la insulina (IGF-1), el cual ejerce un efecto estimulador en la formación de folículos preovulatorios (Davidson *et al.*, 2002). Martínez de Acurero *et al.* (1986) y Acurero (2000) evaluaron el efecto de diferentes relaciones energía:proteína en raciones antes del empadre en ovejas, concluyendo que la suplementación energética es de mayor importancia que la proteica en esta etapa.

2.6. Insumos alimenticios para la alimentación de cuyes en Sierra

En el valle del Mantaro los cuyes son alimentados mayormente con forraje como ración única, sin embargo, la conveniencia de suplementarlos con subproductos agrícolas es evidente debido a su disponibilidad y bajo costo para el productor (Laforé *et al.*, 1999). La combinación de forraje más suplemento de tipo energético, aportan adecuadamente el nivel de proteína y de energía requerido para la producción de cuyes (Jiménez, 2007).

En la Sierra es observable dos Estaciones diferenciadas: La estación seca (mayo a octubre) y la estación lluviosa (noviembre a abril) y en cada una de ellas ocurre la producción estacional de los insumos, con variaciones tanto en calidad como en cantidad.

Sin embargo se pueden aplicar procedimientos de conservación al momento que se presenten excedentes, para su posterior utilización.

A continuación presentamos una descripción de los principales forrajes y concentrados disponibles y utilizados en el valle del Mantaro.

2.6.1. Forraje

Debido a las características del Valle del Mantaro, como son la precipitación pluvial, el suelo, la altura y la temperatura, la presencia de forrajes está limitada a aquellas especies capaces de adaptarse a estas condiciones y que son utilizadas para la alimentación de animales, principalmente ganado vacuno, ovino y cuyes. Existiendo entre las más conocidas el ryegrass italiano (*Lolium multiflorum*), el ryegrass inglés (*Lolium perenne*), el pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), alfalfa (*Medicago sativa*), el trébol rojo (*Trifolium pratense*), y el trébol blanco (*Trifolium repens*) (Malpartida, 1992; INIA, 2005).

2.6.1.1. Ryegrass italiano (*Lolium multiflorum*)

Es una gramínea adaptada a las condiciones climáticas del valle del Mantaro y puede tolerar temperaturas mínimas de 3 a 4 C°. Esta pastura puede ir asociado con tréboles o alfalfa y se emplea en la alimentación de herbívoros domésticos.

Contiene aproximadamente 2.57 Mcal de Energía digestible (ED)/kg materia seca (MS) y 9.6% de proteína cruda (PC). Los animales domésticos que lo consumen la prefieren más que a las leguminosas, aunque posee un alto contenido de fibra (25.7%) (Laforé *et al.*, 1999). Por tal razón, cuando está asociada con leguminosas ofrecen una buena complementación nutricional para los cuyes (Villamizar, 1983; Campos, 2003).

2.6.1.2. Trébol rojo (*Trifolium pratense*)

Es una leguminosa también adaptada a las condiciones del Valle del Mantaro. Es cultivada mayormente para la alimentación de ganado vacuno, dado su alto valor proteico (PC: 22.86%) y baja fibra (8.8%), permite buenos resultados en la producción de carne y leche. Por sus atributos nutricionales también es un excelente alimento para los cuyes (Campos, 1993). Frecuentemente es asociado con gramíneas como el ryegrass italiano para

compensar su bajo contenido proteico y para disminuir el riesgo de meteorismo (Muslera y Ratera, 1991; Laforé *et al.*, 1999).

2.6.1.3 Alfalfa (*Medicago sativa*)

La alfalfa es considerada uno de los forrajes más balanceados para cuyes, por su contenido nutricional, siendo factible su uso asociado con gramíneas de menor valor nutricional. Al compararse con otros forrajes, la mayor digestibilidad de la alfalfa estaría influenciada por un alto contenido de ácidos grasos insaturados a un temprano estado vegetativo (Caycedo, 2000; Laforé, 1999).

Como ocurre con otras leguminosas, la alfalfa contiene factores anti nutritivos, principalmente saponinas y taninos solubles. La presencia de saponinas se relaciona con su efecto protector frente a hongos e insectos fitófagos, pero son hidrolizadas por la flora cecal, por lo que los herbívoros fermentadores post-gástricos como conejos y cuyes son poco sensibles a niveles altos de saponinas en la dieta (De Blas *et al.*, 2003).

Ortiz (1989) señala a la temperatura como un factor limitante para el desarrollo de la alfalfa, al punto que permanece en un estado de dormancia durante épocas con temperaturas muy bajas como las registradas en la Sierra Central. Sin embargo, en la actualidad existen variedades de alfalfa que no duermen en el frío y producen sus brotes con cierta restricción en este período.

2.6.2. Suplementos energéticos

En el valle del Mantaro se tiene disponibilidad de recursos adecuados para una crianza comercial a gran escala. No obstante son desaprovechados debido a la falta de aplicación de tecnologías ya conocidas, como la suplementación energética y proteica en etapas reproductivas críticas; cuya práctica se puede realizar con insumos locales como la cebada, la avena y el trigo, cuya disponibilidad y bajo costo, favorecen su utilización en la mejora nutricional de la ración de cuyes reproductores (Jiménez, 2007).

2.6.2.1. Cebada

El grano de cebada es frecuentemente utilizado como suplemento en las raciones de los rumiantes, pues contribuye a satisfacer los requerimientos de energía de éstos, gracias a que

es altamente digestible, por su baja fibra (12.82%) y puede aportar aproximadamente 3.68 Mcal de ED/kg MS (Laforé *et al.*, 1999). Su utilización en la alimentación de cuyes ha demostrado mejoras interesantes en parámetros de crecimiento (Lozada *et al.*, 2013, Quintana *et al.*, 2013)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El estudio se realizó entre enero y diciembre del 2008 en la Unidad de Investigación en Cuyes de la Estación Experimental IVITA - El Mantaro de la FMV - UNMSM, ubicada en el km 34 de la carretera Huancayo – Jauja, distrito de El Mantaro, provincia de Jauja, departamento de Junín; a una altitud de 3320 msnm, con una temperatura ambiental que oscila entre 19.9 °C y -1.8 °C y una precipitación pluvial promedio anual de 770 mm.

3.2. Animales Experimentales

Se emplearon 210 hembras reproductoras y 30 machos reproductores, todos ellos animales de la Unidad en Investigación en Cuyes de la Estación IVITA EL Mantaro, mejorados por selección en ganancia de peso.

El estudio se inició agrupando las hembras aleatoriamente en núcleos reproductivos de 7 hembras desde que estas tenían 600 g de peso. Cuando las hembras alcanzaron 800 g de peso se inició el empadre introduciendo al grupo un macho de 1200 g con fertilidad probada. Para ello el macho estuvo previamente con un par de hembras por 20 días, luego de diagnosticar la gestación de las hembras se catalogó al macho como reproductivamente probado.

3.3 Manejo experimental

Una vez constituidos los núcleos reproductivos, las reproductoras fueron alojadas en pozas de 1.5 x 1.5 m de área y 0.5 m de altura, construidas a base de madera de eucalipto y

malla metálica cuadrada de una pulgada. Mientras que los machos estuvieron en pozas individuales de 0.8 x 0.8 m de área y 0.5 m de altura de poza, construidas también con madera de eucalipto y malla metálica.

Antes del ingresar a los animales a las pozas experimentales, estas se dotaron de cama a base de paja de cebada por 5 cm de espesor. Desde la constitución de los núcleos reproductivos hasta antes de iniciar el empadre las reproductoras y reproductores elegidos para el estudio fueron alimentados únicamente con forraje verde, el cual estuvo constituido por una pastura asociada conformada por alfalfa variedad california 55, ryegrass italiano de la variedad Belinda y trébol rojo variedad Quinequelli. Alimento que se suministró a discreción, para lo cual diariamente se ofrecía entre 500 a 700 g de forraje verde por cuy. Este manejo se mantuvo hasta después del primer parto, momento en que los animales se alimentaron de acuerdo a lo señalado para cada tratamiento.

Los 30 núcleos reproductivos conformados por 7 hembras cada uno y sus respectivos 30 machos probados iniciaron simultáneamente el primer empadre por espacio de 30 días. Los tratamientos se aplicaron después del primer parto.

3.4 Tratamientos

En el presente estudio se aplicaron seis tratamientos producto de la combinación de tres tipos de empadre por dos tipos de alimentación, los cuales definimos a continuación:

Tipos de empadre utilizados

Empadre post parto (EPP). En el segundo empadre el macho ingresa el día 60 después de iniciado el primer empadre y permanece con las hembras por un período de 30 días.

Empadre post destete (EPD). En el segundo empadre el macho ingresa después de destetarse a la última cría y permanece con las hembras por un período de 30 días.

Empadre post descanso (EPDO). En el segundo empadre el macho ingresa siete días después de destetarse a la última cría y permanece con las hembras por un período de 30 días.

Tipos de alimentación utilizados

Forraje verde (FV). Este tipo de alimentación consistió en ofrecer forraje verde a discreción, para lo cual se suministraba diariamente 800 g de la pastura asociada por cuy.

Forraje verde más harina de cebada (FV+HC). Este tipo de alimentación consistió en ofrecer además de lo señalado en el tipo de alimentación anterior (forraje verde) harina de cebada en un período previo y posterior al inicio del empadre.

Los tratamientos tuvieron la siguiente combinación de tipos de empadre y tipo de alimentación:

T1: Se empleó el EPP y FV.

T2: Se empleó el EPD y FV.

T3: Se empleó el EPDO y FV.

T4: Se empleó el EPP y FV+HC. Se realizó la suplementación con 30 g de harina de cebada por cuy por día desde el día 65 de iniciado el empadre anterior hasta 7 días posteriores al parto de la última hembra.

T5: Se empleó el EPD y FV+HC. Se realizó la suplementación con 30 g de harina de cebada por cuy por día desde 7 días después del último parto hasta 7 días después del destete.

T6: Se empleó el EPDO y FV+HC. Se realizó la suplementación con 30 g de harina de cebada por cuy por día desde el destete por un período de 14 días.

Los animales fueron evaluados por tres partos, pero la información para el estudio se recogió del segundo y tercer parto.

3.5. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron las que se definen a continuación:

Tasa de fertilidad: Proporción de hembras preñadas respecto a hembras empadradas.

Tamaño de camada: Crías totales nacidas entre total de hembras paridas.

Sobrevivencia al nacimiento: Proporción de crías nacidas vivas respecto a crías totales.

Sobrevivencia al destete: Proporción de crías logradas al destete respecto a crías nacidas vivas.

Peso promedio al nacimiento: Peso de la camada entre el número de crías totales.

Número de partos por año: Resulta de dividir 365 entre el intervalo promedio parto-parto.

Productividad acumulada de segundo y tercer parto: Expresa la cantidad de crías destetadas obtenidas por reproductora en el segundo y tercer parto.

Índice de productividad anual estimado: Resulta de multiplicar los valores de las variables anteriores. Estima la cantidad de crías destetadas que produce una hembra reproductora por año.

Uso eficiente del celo: Proporción de celos aprovechados respecto a celos presentados.

3.6. Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial: 2 (tipo de alimentación) x 3(tipo de empadre), con 5 unidades experimentales por tratamiento y cada unidad experimental constituida por un núcleo de 7 reproductoras de primer empadre), las cuales se evaluaron entre el segundo y tercer empadre. El diseño se muestra en el cuadro2:

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos

Tipo de alimentación		FV			FV+HC		
Tipo de empadre		EPP	EPD	EPDO	EPP	EPD	EPDO
Tratamiento		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	I	A1	B1	C1	D1	E1	F1
	II	A2	B2	C2	D2	E2	F2
	III	A3	B3	C3	D3	E3	F3
	IV	A4	B4	C4	D4	E4	F4
	V	A5	B5	C5	D5	E5	F5

3.7. Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianzaempleando el paquete estadístico SAS 9.1 (SAS, 1990).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los seis tratamientos del presente estudio para las variables de respuesta: tasa de fertilidad, tamaño de camada, sobrevivencia al nacimiento, sobrevivencia al destete, número de parto por año, índice de productividad y uso eficiente del celo se muestran en el cuadro 3. El efecto del tipo de empadre sobre las variables de respuesta se presenta en el cuadro 4. Del mismo modo el efecto del tipo de alimentación sobre las mismas variables se presenta en el cuadro 5. A continuación se identifica y explica los hallazgos más relevantes en cada una de las variables.

Cuadro 3. Efecto del tipo de alimentación y momento de empadre sobre parámetros reproductivos en cuyes.

Alimentación	Forraje verde			Forraje verde + harina de cebada		
	Empadre post parto	Empadre post destete	Empadre post descanso	Empadre post parto	Empadre post destete	Empadre post descanso
Fertilidad (%) ³	66	93	90	74	87	59
Tamaño de camada ³	2.5	3.6	3.8	3.4	2.9	3.4
Sobrevivencia al nacimiento (%)	92	83	77	83	84	92
Sobrevivencia al destete (%)	94	95	90	96	82	92
Peso promedio al nacimiento (g) ¹	148	137	139	141	149	120
Número de partos por año ¹²	3.6	3.6	3.3	4.5	3.7	3.1
Productividad acumulada de 2do y 3er parto al destete	3.2	5.04	4.54	4	3.58	3.74
Índice de productividad anual (crías/reproductora/año) ³	6	9	7.5	9.4	6.6	6.3
Uso eficiente del celo (%) ¹	39	16	57	63	23	56

¹Variables de respuesta que tienen efecto ($p < 0.05$) del tipo de empadre.

²Variables de respuesta que tienen efecto ($p < 0.05$) del tipo de alimentación.

³Variables de respuesta que tienen efecto ($p < 0.05$) de la interacción tipo de empadre por tipo de alimentación.

Cuadro 4. Efecto del tipo de empadre sobre parámetros reproductivos en cuyes.

Empadre	Empadre post parto	Empadre post destete	Empadre post descanso
Fertilidad (%)	70 ^b	88 ^a	74 ^{ab}
Tamaño de camada	2.96	3.26	3.59
Sobrevivencia al nacimiento (%)	85	83	80
Sobrevivencia al destete (%)	90	88	87
Peso promedio al nacimiento (g)	144.4 ^a	141.6 ^{ab}	128.6 ^b
Número de partos por año	4.18 ^a	3.65 ^b	3.37 ^b
Productividad acumulada de 2do y 3er parto al destete	3.6	4.31	4.14
Índice de productividad anual estimada (crías/reproductora/año)	7.71	7.83	6.90
Uso eficiente del celo (%)	52 ^a	21 ^b	56 ^a

Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Cuadro 5. Efecto del tipo de alimentación sobre parámetros reproductivos en cuyes.

Alimentación	Forraje Verde	Forraje Verde +Harina de Cebada
Fertilidad (%)	81	73
Tamaño de camada	3.31	3.23
Sobrevivencia al nacimiento (%)	82	83
Sobrevivencia al destete (%)	89	87
Peso promedio al nacimiento (g)	141.13	135.3
Número de partos por año	3.57 ^b	3.89 ^a
Productividad acumulada de 2do y 3er parto al destete	4.26	3.77
Índice de productividad anual estimada (crías/reproductora/año)	7.52	7.44
Uso eficiente del celo (%)	38	48

Letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0.05$).

4.1. Tasa de fertilidad

Según los resultados presentados en el cuadros 3, el tipo de empadre tiene un efecto marginalmente significativo ($p < 0.057$) sobre la tasa de fertilidad en cuyes. Siendo el empadre post destete (88%) de mayor fertilidad que el empadre post parto (70%), pero similar al empadre post descanso (74%) (Cuadro 4).

Los resultados de la variable tasa de fertilidad también señalan que existe interacción de los factores tipo de empadre por tipo de alimentación (Figura 2), según esta información cuanto más tarde el ingreso del macho reproductor al empadre, como ocurre con el empadre post descanso, se observa una mayor disminución en los valores de tasa de fertilidad bajo un manejo de alimentación con forraje verde y suplementados con harina de cebada. Un comportamiento opuesto ocurre con el empadre post parto, pues en este caso la suplementación con harina de cebada estimuló un incrementó en el valor de la tasa de fertilidad.

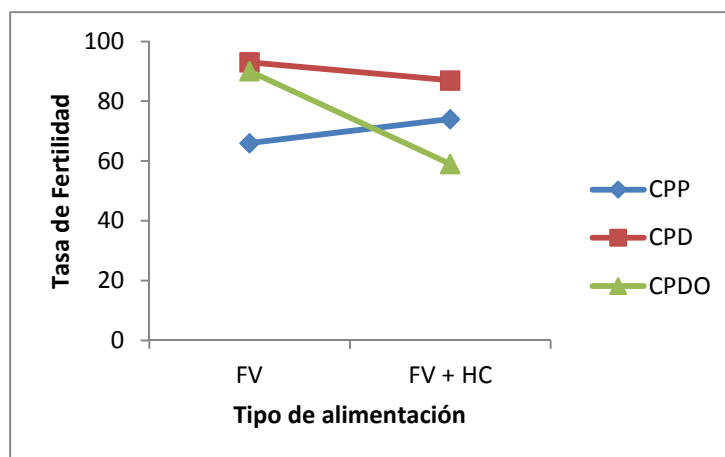


Figura 2. Efecto de la interacción tipo de empadre y tipo de alimentación sobre la tasa de fertilidad en cuyes.

Delos tres tipos de empadre el post destete es el que tiene una mejor respuesta en tasa de fertilidad (88%) y el que tiene menor variación por efecto del tipo de alimentación. Es decir no hay mayor ventaja de suplementar energéticamente reproductoras que se manejan con empadre post descanso.

La disminución de la fertilidad en los cuyes que se alimentaron con forraje verde más harina de cebada y se manejaron con empadre post destete y post descanso, probablemente se deba a que las hembras al recibir un mayor aporte energético acumulan más tejido adiposo y tienden a la obesidad, evento que inhibe la fertilidad en cuyes (Michel y Bonnet, 2011). En animales con sobrepeso la hormona leptina ejerce un efecto negativo en la reproducción a nivel del eje hipotálamo – hipófisis – gónada, ya que modula la secreción de GnRh y como consecuencia se dan cambios en las secreciones de LH y FSH, hormonas encargadas del ciclo estral. Las concentraciones altas de leptina en el ovario también pueden suprimir la producción de estradiol e interferir en el desarrollo de los folículos dominantes y a la maduración de ovocitos (Santiani, 2010). Por lo tanto los resultados que se observaron sugieren que el sobrepeso y la hormona leptina tienen un efecto negativo en la tasa de fertilidad.

Aliaga *et al.*, (1984) señala que 74 a 80 % de las cuyes hembras paridas presentan celo postparto y aproximadamente el 70% llega a ser fertilizada. Datos que permiten determinar que la tasa de fertilidad en el empadre postparto oscila entre 52 a 56 %. Cifra superada por

los valores obtenidos en el presente estudio (66 - 74%, cuadro 3). El mismo autor también refiere que la suplementación permanente con concentrado balanceado en un nivel de 3.5% del peso vivo puede incrementar la fertilidad hasta 97 % cuando se emplea el empadre postparto, respecto al empadre controlado (79 %) que realiza el empadre cada 90 días manteniendo al macho por períodos de empadre de 34 días. Pero si en el empadre controlado en vez de una suplementación permanente se ofrece concentrado a discreción (flushing) desde 15 días antes del inicio del empadre por 30 días, la fertilidad aumentó hasta 93% y había un ahorro de suplemento.

De lo expresado en el párrafo anterior y lo observado en los resultados del presente estudio se infiere que el empadre post parto responde favorablemente en fertilidad a suplementaciones parciales o permanentes. Mientras que el empadre controlado puede experimentar una respuesta variable a la suplementación.

Es importante mencionar que al comparar los tipos de empadre en términos de fertilidad el empadre post parto tiene ventaja porque la oportunidad de fertilizar a una hembra es mayor a la que se puede dar en un empadre controlado con tiempos limitados para este objetivo.

4.2. Tamaño de camada

Los resultados del tamaño de camada se presentan en el cuadro 3. No se observa influencia alguna de los factores tipo de empadre (Cuadro 4) ni del tipo de alimentación (Cuadro 5). Pero se observa efecto de la interacción tipo de empadre por tipo de fertilidad (Fig. 3), bastante similar a lo observado en la variable fertilidad. Donde la suplementación con harina de cebada a una ración de forraje verde mejora el tamaño de camada en las cuyes reproductoras manejadas con el empadre post parto y lo reduce cuando se emplea el empadre post destete y post descanso. El efecto no solo está relacionado a la viabilidad de los gametos y embriones sino también al número de óvulos liberados por celo.

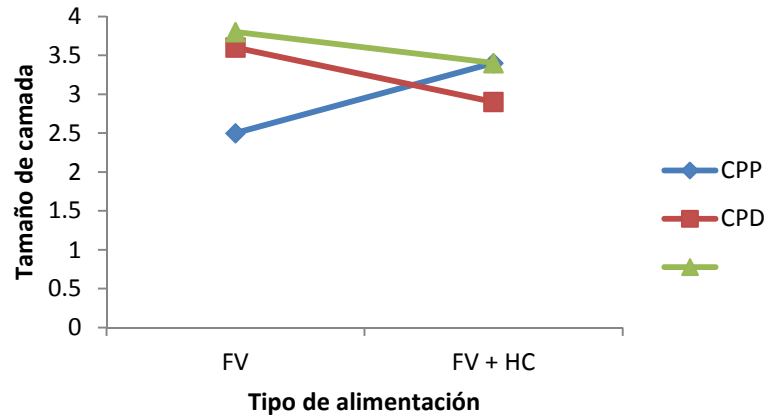


Figura 3. Efecto de la interacción tipo de empadre y suplementación sobre el tamaño de camada en cuyes.

El tipo de empadre post descanso expresa los mejores valores en tamaño de camada, el mismo que no responde favorablemente a la suplementación energética, si no por el contrario afecta negativamente su valor.

El menor tamaño de camada en las hembras suplementadas con harina de cebada con empadre post destete y post descanso, respecto a las no suplementadas; también esta relacionada a los efectos negativos de la obesidad. El aumento de leptina, producto del sobrepeso observado en los grupos post destete y post descanso, conlleva a una sobre estimulación del ovario y como consecuencia hiperestrogenismo, que puede tener un efecto perjudicial en la receptividad del endometrio al momento de la implantación, esto generaría una tasa de implantación menor en hembras obesas y por tanto un tamaño de camada reducida. (Santiani, 2010)

La obesidad se encuentra asociada a la resistencia a la insulina y la hiperinsulinemia, a su vez, los niveles altos de insulina están asociados a una reducción en la producción de glicodelina y IGFBP1 (proteína transportadora del factor de crecimiento parecido a la insulina), la glicodelina se encuentra en niveles elevados en hembras con pérdidas recurrentes y la IGFBP1 ha sido involucrada en procesos de adhesión del embrión en el tejido materno (Barrios De Tomasi, 2013).

Según lo reportado por Aliaga et al., (1984) la suplementación con concentrado integral de manera permanente tiene una mejor respuesta en tamaño de camada en el empadre post