

Performance of the fertility and prolificacy at birth in the current populations of three rabbit breeds in Artemisa, Cuba

Comportamiento de la fertilidad y la prolificidad al nacer en las poblaciones actuales de tres razas de conejos en Artemisa, Cuba

D. García¹, Yoleisy García¹, Raquel. E. Ponce de León¹ and Odalys Ginorio²

D. García: 0000-0001-9155-1040

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Empresa de Ganado Menor, Unidad Empresarial de Base "Alquízar" Municipio Alquízar, Artemisa, Cuba

Email: dayronq@ica.co.cu

In order to study the performance of fertility and prolificacy traits at birth (total born and live born), a total of 14 659 records of mating and 8 296 kindlings of the current rabbit populations of California, Chinchilla and New Zealand breeds were used between 2014 and 2017, belonging to a genetic unit. A mixed generalized linear model was used, which considered the fixed effects of breed, month, year and the interactions breed x month and breed x year, in addition to the random effect of the reproducers in its different mating or kindlings. It was found that all sources of variation considered in the model influenced on the analyzed traits, except the interaction of breed per month of mating in fertility, so the studied traits vary depending on the interaction between breeds and environmental conditions (month and year). The highest fertility occurred in the mating of April, March, May and July, and the lowest in January and August. California showed stability over time and remained the most fertile, when there were differences between breeds in the same year. There were divergences between breeds in the kindlings of February, June, September, October, November and December, with superiority of New Zealand, while Chinchilla had a worse performance for 70 % of those months. New Zealand remained the best in three years, with more than 5.6 total born and live born. This breed is ratified as the most promising for reproductive indicators that determine the rabbit productivity.

Key words: *reproduction, breeds, rabbits, productivity.*

At present, the management capacities of animal genetic resources need to be strengthened, due to their importance for the feeding and agriculture. One of the actions included in this management is the characterization of breeds to establish programs of improvement, effective and sustainable, to take advantage of the available biological diversity and to ensure that livestock populations adapt to their productive environments and to the needs of society (FAO 2019). Specifically in those species of economic interest, such as the rabbit, the characterization of the reproductive traits that guarantee the perpetuity of the species, and those that are most affected by the climatic variations, is of vital importance.

In Cuba, the populations with control and sustained genetic improvement, belonging to the genetic units from the western region have been characterized by Ponce de León *et al.* (2002, 2003ab). Due to the outbreaks of the Rabbit Viral Hemorrhagic Disease (Dihigo and Ponce de

Para estudiar el comportamiento de los rasgos de fertilidad y prolificidad al nacer (nacidos totales y vivos), se emplearon 14 659 registros de montas y 8 296 de partos de las poblaciones actuales cuniculas de las razas California, Chinchilla y Nueva Zelanda, entre 2014 y 2017, pertenecientes a una unidad genética. Se utilizó un modelo lineal generalizado mixto, que contempló los efectos fijos de raza, mes, año y las interacciones raza x mes y raza x año, además del efecto aleatorio de la reproductora en sus diferentes montas o partos. Se constató que todas las fuentes de variación consideradas en el modelo influyeron en los rasgos analizados, excepto la interacción de raza por mes de monta en la fertilidad, por lo que los rasgos estudiados varían en función de la interacción entre la raza y las condiciones ambientales (mes y año). La mayor fertilidad se presentó en las montas de abril, marzo, mayo y julio, y las más bajas en enero y agosto. La California mostró estabilidad en el tiempo y se mantuvo como la de mayor fertilidad, cuando hubo diferencias entre razas en un mismo año. Existieron divergencias entre razas en los partos de febrero, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, con superioridad de la Nueva Zelanda, mientras que la Chinchilla tuvo peor desempeño para el 70 % de esos meses. Nueva Zelanda se mantuvo como la mejor en tres años, con más de 5.6 nacidos totales y vivos. Esta raza se ratifica como la más promisoría para indicadores reproductivos que determinan la productividad cunicula.

Palabras clave: *reproducción, razas, conejos, productividad.*

En la actualidad es preciso reforzar las capacidades de gestión de los recursos zoogenéticos, por su importancia para la alimentación y la agricultura. Una de las acciones comprendidas en esta gestión es la caracterización de las razas para establecer programas de mejora, eficaces y sostenibles, sacar partido a la diversidad biológica disponible y garantizar que las poblaciones ganaderas se adecuen a sus entornos productivos y a las necesidades de la sociedad (FAO, 2019). Específicamente en aquellas especies de interés económico, como el conejo, es de vital importancia la caracterización de los rasgos reproductivos que garantizan la perpetuidad de las especies, y de aquellos que resultan más afectados por las variaciones climatológicas.

En Cuba, las poblaciones con control y mejoramiento genético sostenido, pertenecientes a las unidades genéticas de la región occidental han sido caracterizadas por Ponce de León *et al.* (2002, 2003 a y b). Debido a los brotes de la enfermedad vírica hemorrágica del conejo (Dihigo y

León, 2006), these populations have been considerably reduced (Dihigo and Ponce de León, 2006), which caused the repopulation of the genetic units with animals of different breeds and origins, without undergoing a process of genetic improvement. Given these conditions, it is necessary to characterize the performance of the fertility and prolificacy traits at birth of the current rabbit populations from California, Chinchilla and New Zealand breeds in a genetic unit of western Cuba, as a starting point for their genetic improvement.

Materials and Methods

A total of 14659 records of mating and 8296 kindlings were used, from California, Chinchilla and New Zealand breeds, during the period 2014-2017. The animals, reared in a farm, belonged to a rabbit genetic unit from Empresa de Ganado Menor (EGAME), located in Alquízar municipality, Artemisa province.

Each breed was in a building and the animals were housed in individual, commercial-type cages. The mating occurred between animals of the same breed through a rotational system with four family lines. An average ratio of 8 to 10 females per male was established, with the purpose of keeping the inbreeding levels low.

The animals received a mixed diet, consisting of commercial feed and forages. The feed was offered as meal (17-18 % of crude protein, 10-10.8 MJ of digestible energy and 7-10 % of crude fiber). Sometimes it was mixed with wheat bran and accounted for approximately 70-80 % of the requirement, depending on the category (Lebas *et al.* 1996). It is a bulky food, feasible to pawing, that did not fulfill the requirements of the animal. When there was availability, grass forage was supplied, mainly lignified king grass (*Cenchrus purpureus*) and protein plants, such as tricantera (*Trichantera gigantea*) and titonia (*Tithonia diversifolia*). Additionally, water *ad libitum*.

A semi-intensive rearing system was applied, with mating at 11d after kindlings and weaning at 35 d of age. The heating detection was based on the coloration of the vulva and was carried out at the earliest hours by transferring the female to the cage of the corresponding male. The palpations were carried out after 11 d post-mating to verify pregnancy. At 28 days of proven gestation, wooden nests, with hay or shavings, were placed in the reproducers cages until 15 d after kindlings. The nests were daily checked to detect the kindling and ensure hygiene.

On the day of kindling detection, the living and dead animals were counted, the sum was considered as the number of total born. The litters were not regrouped at birth so as not to affect the genealogy of the animals.

With the total records of mating (14 659) fertility (FERT) was studied as an all or nothing character

Ponce de León, 2006), estas poblaciones se han reducido considerablemente (Dihigo y Ponce de León, 2006), lo que provocó la repoblación de las unidades genéticas con animales de distintas razas y orígenes, sin que se sometieran a un proceso de mejora genética. Ante estas condicionantes, es necesario caracterizar el comportamiento de los rasgos de fertilidad y prolificidad al nacer de las poblaciones actuales de conejos de las razas California, Chinchilla y Nueva Zelanda en una unidad genética del occidente de Cuba, como punto de partida para su mejoramiento genético.

Materiales y Métodos

Se utilizaron 14659 registros de montas y 8296 de partos, de las razas California, Chinchilla y Nueva Zelanda, durante el período 2014-2017. Los animales, criados en condiciones de producción, pertenecían a una unidad genética cunícula de la Empresa de Ganado Menor (EGAME), ubicada en el municipio Alquízar, en la provincia Artemisa.

Cada raza se encontraba en una nave y los animales se alojaron en jaulas individuales, de tipo comercial. Los apareamientos se produjeron entre animales de la misma raza mediante un sistema rotacional con cuatro troncos familiares. Se estableció una relación promedio de 8 a 10 hembras por macho, con el propósito de mantener bajos los niveles de consanguinidad.

Los animales recibieron una alimentación mixta, compuesta por pienso comercial y forrajes. El pienso se ofreció en forma de harina (17-18 % de proteína bruta, 10-10.8 MJ de energía digestible y 7-10 % de fibra bruta). En ocasiones se mezcló con salvado de trigo y representó, aproximadamente, de 70-80 % del requerimiento, según la categoría (Lebas *et al.* 1996). Se trata de un alimento voluminoso, factible al escarbe, que no cumplió los requerimientos del animal. Cuando hubo disponibilidad, se suministró forraje de gramíneas, fundamentalmente de king grass (*Cenchrus purpureus*), muy lignificado, y plantas proteicas, como tricantera (*Trichantera gigantea*) y titonia (*Tithonia diversifolia*). Adicionalmente, se ofertó agua a voluntad.

Se aplicó un sistema semi-intensivo de crianza, con montas a los 11d post-parto y destete a los 35 d de edad. La detección del celo se basó en la coloración de la vulva y se realizó en las horas más tempranas mediante el traslado de la hembra a la jaula del macho correspondiente. Las palpaciones se realizaron pasados los 11 d post-monta para verificar la gestación. A los 28 d de gestación comprobada, se colocaron nidales de madera, con heno o viruta, en las jaulas de las reproductoras hasta los 15 d post-parto. Se revisaron diariamente los nidales para detectar el parto y asegurar la higiene.

El día de la detección del parto se contaron los animales vivos y los que se encontraron muertos, cuya suma se consideró como la cantidad de nacidos totales. No se procedió a reagrupar las camadas al nacer para no afectar la genealogía de los animales.

Con el total de registros de montas (14 659) se estudió la

(FERT = 0 when the mating was not effective, it did not give birth and FERT = 1 when the reproducer was pregnant and gave birth). The variables total born (TB) and live born (LB) were analyzed based on the information of the litters born in each kindling (8 296). As total born, the amount of young rabbits in the litter (alive + dead) was considered at the time of kindling. The live born (LB) were considered as the number of young rabbits at kindling.

The statistical analysis was performed with Statistical Analysis System (SAS) software, version 9.3 (2013). With the help of the PROC MEANS of this package, the general mean descriptive statistics, coefficient of variation and standard deviation for all studied traits were determined. For the characterization of these traits, a mixed generalized linear model was applied using the PROCGLIMMIX. A binomial distribution and logit link function was used for fertility. For total born and live born, the gamma distribution and its corresponding linking function, the log was applied.

For fertility, the model considered the genetic effect of the breed (California, Chinchilla and New Zealand), the environmental effects of the twelve months and four years of mating, in addition to the interactions breed per month and breed per mating year. It also considered the random effect of the reproducer on each reproductive event. For the number of total born and live born, the model was the same, but the month or mating year was replaced by the month or kindling year. In the random effect, the reproducer was considered in each kindling. To determine the differences between means, the Tukey multiple means comparison test, modified by Kramer (Kramer1956), was used.

Results and Discussion

The descriptive statistics of the studied traits are showed in table 1. The general means obtained are lower than those reported by Ponce de León *et al.* (2002, 2003ab) in the national populations of these breeds, reared with restricted feeding and grasses forage. These populations were in the range of 65-71 % fertility, 5.8-6 total born and 5-5.6 live born.

Table 1. Descriptive statistics of the pre-weaning traits

Traits	General mean	Coefficient of variation, %	Standard deviation
Fertility, %	58.3	84.5	0.5
Total born	5.3	41.2	2.2
Live born	5.1	46.3	2.4

Chino and Zamora (2009), in a study developed in Spain with these three breeds, reported for these traits means higher than those of this study. These authors reported values between 68 and 75 % for fertility, while prolificacy at birth reached 8.2 young rabbits.

fertilidad (FERT) como un carácter de todo o nada (FERT=0 cuando la monta no fue efectiva, no parió y FERT=1 cuando la reproductora quedó gestante y parió). Las variables nacidos totales (NT) y vivos (NV) se analizaron a partir de la información de las camadas nacidas en cada parto (8 296). Como nacidos totales se consideró la cantidad de gazapos en la camada (vivos + muertos) en el momento que se detectó el parto. Se consideraron los nacidos vivos (NV) como la cantidad de gazapos vivos al parto.

El análisis estadístico se realizó con el software Statistical Analysis System (SAS), versión 9.3 (2013). Con ayuda del PROC MEANS de este paquete se determinaron los estadígrafos descriptivos media general, coeficiente de variación y desviación estándar para todos los rasgos estudiados. Para la caracterización de dichos rasgos se aplicó un modelo lineal generalizado mixto mediante el PROCGLIMMIX. Se utilizó para la fertilidad una distribución binomial y función de enlace logit. Para los nacidos totales y vivos, se aplicó la distribución gamma y su función de enlace correspondiente, la log.

Para la fertilidad, el modelo consideró el efecto genético de la raza (California, Chinchilla y Nueva Zelanda), los efectos ambientales de los doce meses y los cuatro años de monta, además de las interacciones raza por mes y raza por año de monta. También comprendió el efecto aleatorio de la reproductora en cada evento reproductivo. Para el número de nacidos totales y vivos, el modelo fue el mismo, pero se sustituyó el mes o año de monta por el mes o año de parto. En el efecto aleatorio, se consideró la reproductora en cada parto. Para determinar las diferencias entre medias se empleó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, modificada por Kramer (Kramer1956).

Resultados y Discusión

Los estadígrafos descriptivos de los rasgos estudiados se presentan en la tabla 1. Las medias generales obtenidas son inferiores a las informadas por Ponce de León *et al.* (2002, 2003 a y b) en las poblaciones nacionales de estas razas, criadas con alimentación restringida y forraje de gramíneas. Estas poblaciones estuvieron en el rango de 65-71 % de fertilidad, 5.8-6 nacidos totales y 5-5.6 nacidos vivos.

Chino y Zamora (2009), en un estudio desarrollado en España con estas tres razas, informaron para estos rasgos medias superiores a las del presente trabajo. Estos autores refirieron para la fertilidad valores entre 68 y 75 %, en tanto que la prolificidad al nacer alcanzó los 8.2 gazapos.

Baltazar *et al.* (2014), in Mexico, and Gallego (2016), in Colombia, when using a feed that fulfill the nutritional requirements of the species, obtained averages of more than 7.7 total born and 7.4 live born. These results are also higher to those of this research, because it did not fulfill the nutritional requirements.

The fact that the commercial food provided to the populations under study did not fulfill the nutritional requirements of the rabbit implies the deterioration of the reproductive performance of these animals (de Blas and Wiseman 2010 and Naturil *et al.* 2016). It may also have influenced the characteristics of the studied populations, although these are the same breeds. Kontsiotis *et al.* (2014) and Asemota *et al.* (2017) have related factors such as those mentioned with the decrease in reproductive performance in the species.

Table 2 shows a summary of the analysis of variance, for fertility and prolificacy traits at birth. It was verified that all sources of variation (genetic and non-genetic) considered in the model influenced on the analyzed traits ($P < 0.001$), with the exception of the interaction of breed per mating month for fertility. This reaffirms the influence of the effects of breed, month and year on these reproductive traits, since the results coincide with the causes of variation referred to in studies carried out with the same breeds by Ponce de León *et al.* (2002, 2003a) in the western national and imported populations (Ponce de León *et al.* 2003b). They also correspond to those of Vaillant (2012) in the eastern region of the country, and those of Baltazar *et al.* (2014) in Mexico.

Baltazar *et al.* (2014), en México, y Gallego (2016), en Colombia, al utilizar un pienso que cumplía con los requerimientos nutricionales de la especie, obtuvieron promedios de más de 7.7 nacidos totales y 7.4 nacidos vivos. Estos resultados son también superiores a los de esta investigación, debido a que en ella no se cumplieron los requerimientos nutricionales.

El hecho de que el alimento comercial proporcionado a las poblaciones en estudio no cumpliera los requerimientos nutricionales del conejo implica el deterioro del comportamiento reproductivo de estos animales (de Blas y Wiseman 2010 y Naturil *et al.* 2016). También pueden haber incidido las características propias de las poblaciones estudiadas, aunque se trata de las mismas razas. Kontsiotis *et al.* (2014) y Asemota *et al.* (2017) han relacionado factores como los mencionados anteriormente con la disminución del comportamiento reproductivo en la especie.

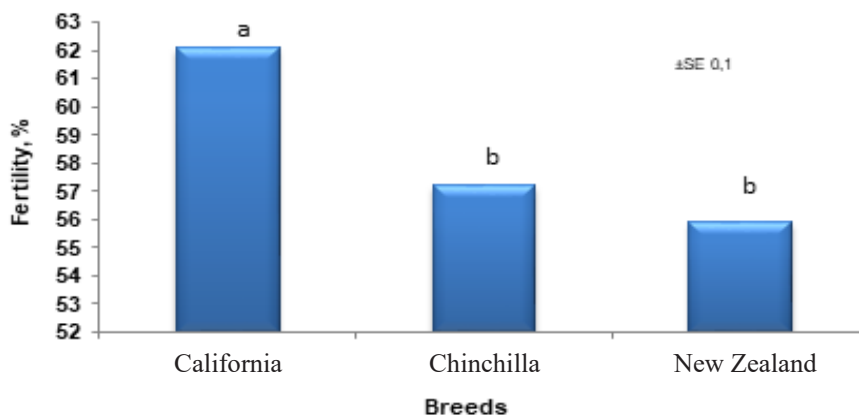
En la tabla 2 se presenta un resumen del análisis de varianza, para los rasgos de fertilidad y prolificidad al nacer. Se constató que todas las fuentes de variación (genéticas y no genéticas) consideradas en el modelo influyeron en los rasgos analizados ($P < 0.001$), con excepción de la interacción de raza por mes de monta para la fertilidad. Esto reafirma la influencia de los efectos de raza, mes y año en estos rasgos reproductivos, pues los resultados coinciden con las causas de variación referidas en estudios desarrollados con las mismas razas por Ponce de León *et al.* (2002, 2003a) en las poblaciones nacionales del occidente y en las importadas (Ponce de León *et al.* 2003b). También se corresponden con los de Vaillant (2012) en la región oriental del país, y con los de Baltazar *et al.* (2014) en México.

Table 2. Analysis of variance, F value and probability for fertility, total born and live born.

Sources of variation	gl	Fertility, %		No.Born			
				Total		Live	
		F value	P value	F value	P value	F value	P value
Breed	2	17.98	<.0001	76.48	<.0001	56.93	<.0001
Mating month/kindling	11	8.46	<.0001	13.72	<.0001	12.91	<.0001
Mating year/kindling	3	9.33	<.0001	33.49	<.0001	23.62	<.0001
Breed x month of mating/kindling	22	1.31	0.1475	2.48	0.0008	2.22	0.0008
Breed x year of mating/kindling	6	3.15	0.0044	11.23	<0.0001	11.35	<.0001

Fertility. The effect of the breed on this indicator is shown in figure 1. Out of the breeds in this unit, California was the one that achieved the highest fertility average with respect to the other two, which had approximately 5 % fewer effective mating. Ponce de León *et al.* (2003ab) found another performance pattern for these breeds. The New Zealand, in both cases, was the breed with the highest fertility rate, followed by California and Chinchilla. It should be highlighted that, in both cases, the fertility referred by these authors was

Fertilidad. El efecto de la raza en este indicador se presenta en la figura 1. De las tres razas presentes en esta unidad, fue la California la que logró el mayor promedio de fertilidad con respecto a las otras dos, que tuvieron aproximadamente 5 % menos de montas efectivas. Ponce de León *et al.* (2003ab) encontraron otro patrón de comportamiento para estas razas. La Nueva Zelanda, en ambos casos, fue la raza de mayor por ciento de fertilidad, seguida por la California y Chinchilla. Cabe destacar que, en ambos casos, la fertilidad referida por estos autores fue



^{ab} Means with non coinciding superscripts in the same column differ at $P < 0.05$ (Kramer 1956).

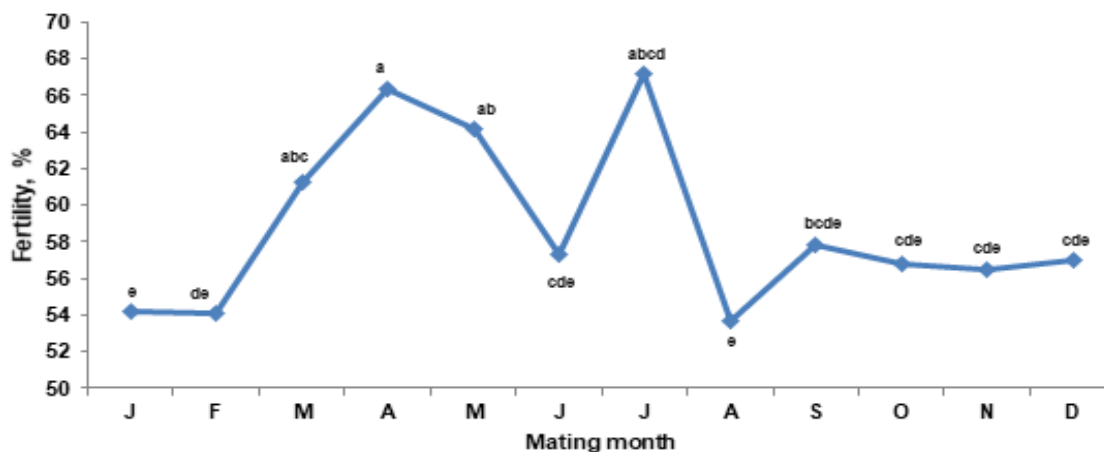
Figure 1. Effect of breed on fertility

superior to what was found in this study.

The performance of this indicator in the different mating months studied is shown in figure 2. The highest fertility (66.4 %) occurred when the mating were made in April, although the one obtained for March, May and July does not differ from the highest average, with values higher than 61 %. The lowest fertility occurred when the mating occurred in January and August, with a difference of 13 percentage units compared to April. In the rest of the months of the year, fertility did not differ from that reported in January and August.

superior a lo encontrado en el presente estudio.

El comportamiento de este indicador en los diferentes meses de monta estudiados se muestra en la figura 2. La mayor fertilidad (66.4 %) se presentó cuando las montas se realizaron en abril, aunque la obtenida para marzo, mayo y julio no difiere del mayor promedio, con valores superiores a 61 %. La fertilidad más baja se presentó cuando las montas se produjeron en enero y agosto, con diferencia de 13 unidades porcentuales con respecto a abril. En el resto de los meses del año, la fertilidad no difirió de la informada en enero y agosto.



^{abcde} Means with non coinciding superscripts differ at $P < 0.05$ (Kramer 1956).

Figure 2. Effect of mating month on fertility

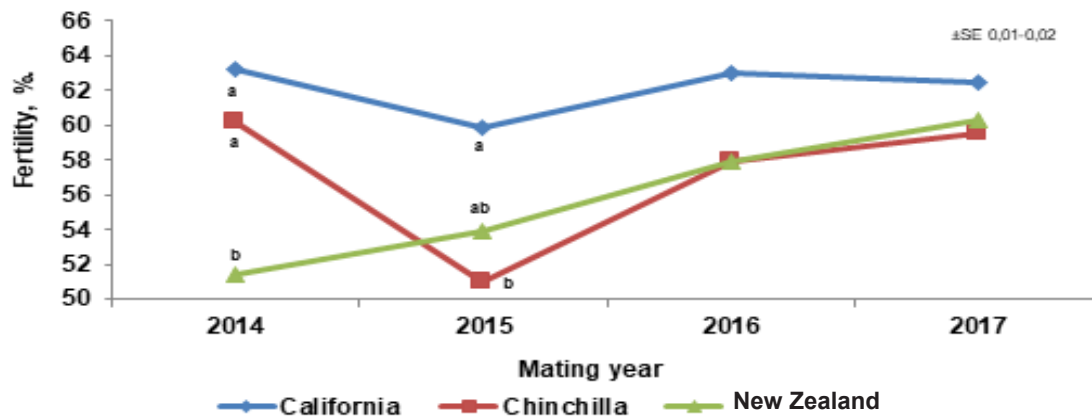
The low fertility found in eight of the twelve mating months studied is due to deficiencies in reproductive management and constant variations in diet. Ponce de León *et al.* (2003b) reported for fertility values of 56.7 and 60.8 % in the bimesters May-June and July-August, respectively. Two of the mating months with the lowest fertility (June and August) identified in this study are among the bimesters referred by these authors, who attribute the low fertility to the worsening of the

La baja fertilidad que se encontró en ocho de los doce meses de monta estudiados obedece a deficiencias en el manejo reproductivo y a variaciones constantes en la alimentación. Ponce de León *et al.* (2003b) informaron para la fertilidad valores de 56.7 y 60.8 % en los bimestres mayo-junio y julio-agosto, respectivamente. Dos de los meses de montas con más baja fertilidad (junio y agosto) identificados en este trabajo se encuentran entre los bimestres referidos por estos autores, quienes atribuyen

nutritional level, in terms of quality, composition and requirements, as well as the inadequate reproductive management and health problems. Asemota *et al.* (2017) relate the low fertility to the influence of high temperatures.

Although in this study July and August correspond to the rainy season, the unit where these populations were reared did not have forage areas to replace the fiber deficit in the diet. Therefore, the forage supplied did not satisfy the volumes necessary for the animal mass of the unit.

The breed per mating year interaction was analyzed based on the differences between breeds in the same year (figure 3). These differences were found only in the years 2014 and 2015, in which California maintained its merit order, as the breed of highest percent of pregnant females with respect to covers, while Chinchilla and New Zealand varied their pattern. In 2014, Chinchilla had the same fertility as California, and it was New Zealand with the lowest average. While in 2015, Chinchilla obtained nine percentage units less than California, while New Zealand did not differ from these two.



^{ab} Means with non coinciding superscripts in the same year differ at $P < 0.05$ (Kramer 1956).

Figure 3 Effect of the interaction breed per mating year on fertility.

In 2016 and 2017, there were no differences between breeds, which may be due to an improvement in the quality of the received feeding and in the reproductive management. It may also be due to the incorporation of replacement animals, selected by a behavioral test performed at the reproducers stock, and to the stability of the unit's technical personnel.

In general, for this trait, advantages were identified in the California breed, due to its stability over time (years of kindlings) and superiority in performance with respect to the other two, despite being inferior in relation to the potential of the species.

Prolificacy at birth. The three breeds generally showed a similar performance for total born and live born in the different months of kindlings, due to the high correlation between these traits (Mantovani *et al.*

la baja fertilidad al empeoramiento del plano nutricional, en cuanto a calidad, composición y requerimientos, así como al inadecuado manejo reproductivo y a problemas de salud. Asemota *et al.* (2017) relacionan la baja fertilidad a la influencia de las altas temperaturas.

A pesar de que en este estudio julio y agosto corresponden a la época lluviosa, la unidad donde se criaron estas poblaciones no disponía de áreas forrajeras para suplir el déficit de fibra en la dieta. Por tanto, el forraje suministrado no satisfizo los volúmenes necesarios para la masa animal de la unidad.

La interacción raza por año de monta se analizó a partir de las diferencias entre razas en un mismo año (figura 3). Estas diferencias se encontraron solo en los años 2014 y 2015, en los que la California mantuvo su orden de mérito, como la raza de mayor por ciento de hembras gestantes respecto a las cubiertas, mientras que la Chinchilla y Nueva Zelanda variaron su patrón. En 2014, la Chinchilla tuvo igual fertilidad que la California, y fue la Nueva Zelanda la de menor promedio. En tanto que en 2015, la Chinchilla obtuvo nueve unidades porcentuales menos que la California, mientras que la Nueva Zelanda no difirió de estas dos.

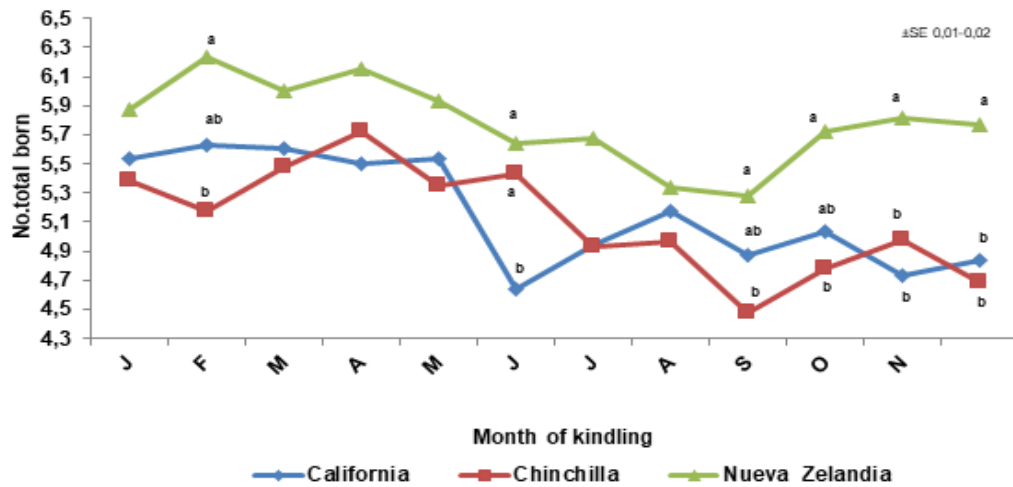
En 2016 y 2017 no se encontraron diferencias entre razas, lo que se puede deber a la mejora en la calidad de la alimentación recibida y en el manejo reproductivo. Puede obedecer además, a la incorporación de animales de reemplazo, seleccionados por una prueba de comportamiento realizada al plantel de reproductores, y a la estabilidad en el personal técnico de la unidad.

De manera general, para este rasgo se identificaron ventajas en la raza California, por su estabilidad en el tiempo (años de partos) y superioridad en el comportamiento con respecto a las otras dos, a pesar de ser inferior con relación al potencial de la especie.

Prolificidad al nacer. Las tres razas manifestaron, generalmente, un comportamiento similar para los nacidos totales y vivos en los distintos meses de parto, debido a la alta correlación existente entre estos rasgos

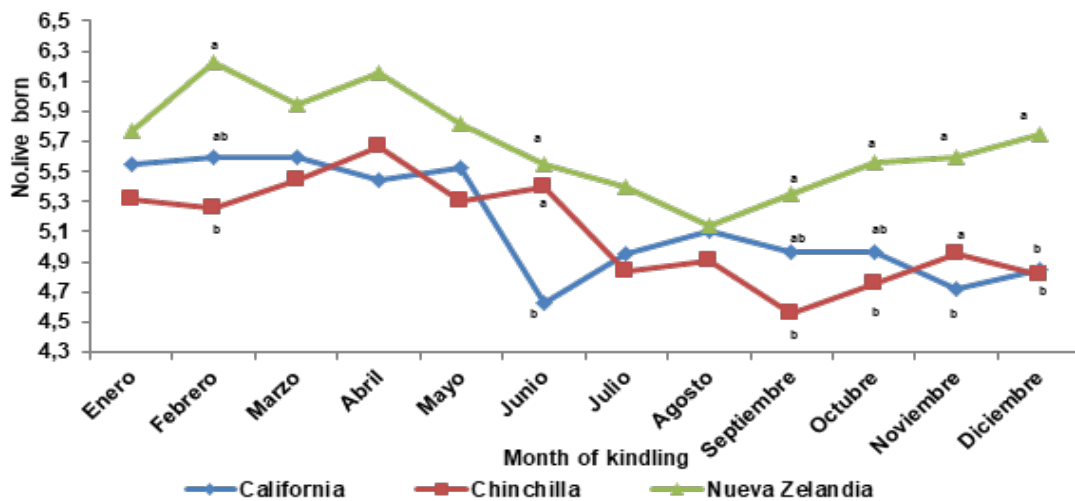
2008). When analyzing the differences between breeds in the same month of kindlings, these differences were showed, when kindlings occurred in February, June, September, October, November and December (figures 4 and 5).

(Mantovani *et al.* 2008). Al analizar las diferencias entre razas en un mismo mes de parto, se manifestaron estas divergencias, cuando los partos ocurrieron en febrero, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (figuras 4 y 5).



^{ab} Means with non coinciding superscripts in the same month differ at $P < 0.05$ (Kramer 1956).

Figure 4. Effect of the interaction breed per month of kindling on total born.



^{ab} Means with non coinciding superscripts in the same month differ at $P < 0.05$ (Kramer 1956).

Figure 5. Breed per month of kindling interaction for live born

In the months in which there were differences between breeds, New Zealand always showed superiority, with more than 5.6 total born young rabbits and 5.3 live born. In February, September and October, California had the same performance as New Zealand and Chinchilla. The latter showed the lowest values, with almost a young rabbit born less than the New Zealand. In June, California, with 4.6 total born and live born, moved to last place in merit order, moving away from Chinchilla and New Zealand in more than one young rabbit born.

In the kindling of the last two months of the year, the Chinchilla and California breeds did not differ among themselves, but from New Zealand, which

En los meses en los que hubo diferencias entre razas, la Nueva Zelanda siempre demostró superioridad, con más de 5.6 gazapos nacidos totales y 5.3 vivos. En febrero, septiembre y octubre, la California tuvo igual comportamiento que la Nueva Zelanda y la Chinchilla. Esta última manifestó los valores más bajos, con casi un gazapo nacido menos que la Nueva Zelanda. En junio, la California, con 4.6 nacidos totales y vivos, pasó a último lugar en orden de mérito, al apartarse de la Chinchilla y Nueva Zelanda en más de un gazapo nacido.

En los partos de los dos últimos meses del año, las razas Chinchilla y California no difirieron entre ellas, pero sí de la Nueva Zelanda, que superó los 5.5 nacidos totales (figura 4). Para los nacidos vivos, el

exceeded 5.5 total born (figure 4). For live born, the performance described above was only in December, since in November Chinchilla had the same performance as New Zealand, both different from California, with live litters of 4.7 (figure 5). The Chinchilla, in 70 % of the six months in which there were differences between breeds, was the worst performance for these prolificacy indicators.

The differences found in the performance of these two indicators (total born and live born) for the three breeds in the months of kindlings February, June, September, October, November and December, can be mainly attributed to the effect of technical staff on reproductive management, in addition to the instability in the persons that worked in the unit during the study time. To these conditions were added the changes in the formulation of the concentrated food, which did not allow an adaptation period by the animals to the new diet, and had restrictions and problems in the feeding, as well as the decrease of the reproductive performance of these breeds. According to Naturil *et al.* (2016), prolificacy at born can reach 33.3 %.

The breeds in interaction with the four years of kindlings, for total born and live born, revealed differences between them for the conditions existing in the same year (figures 6 and 7). In 2014, feeding and management conditions affected the three breeds equally, while for both traits these differences were found in the last three years of kindlings (2015, 2016 and 2017).

New Zealand was the first in merit order in those three years, with more than 5.6 total born and live born. The California and Chinchilla, without differences between them, had the worst averages, with litters of less than 5.4 young rabbits born (figure 5 and 6). Only in 2015, for live born were differences between the performance of California and Chinchilla, being the latter the one with the lowest means (figure 7).

The differences between breeds in the last three

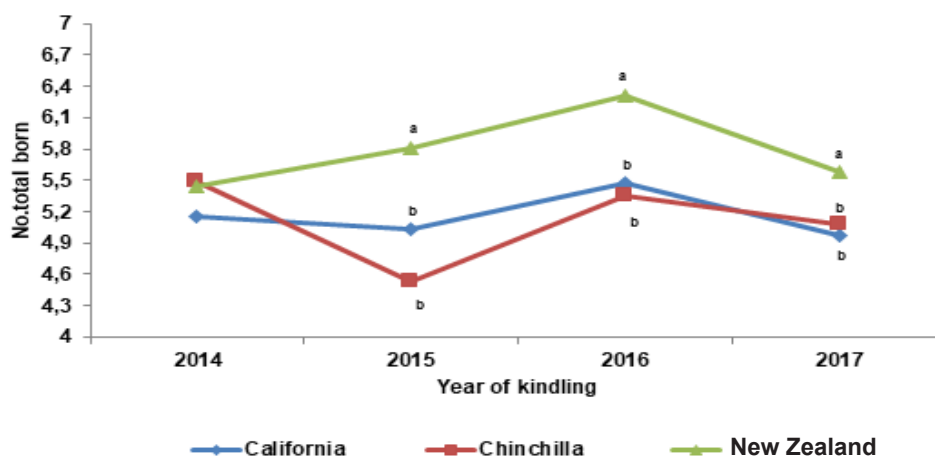
comportamiento antes descrito solo se presentó en diciembre, pues en noviembre la Chinchilla tuvo igual desempeño que la Nueva Zelanda, ambas diferentes de la California, con camadas nacidas vivas de 4.7 (figura 5). La Chinchilla, en 70 % de los seis meses en los que se manifestaron diferencias entre razas, fue la de peor desempeño para estos indicadores de prolificidad.

Las diferencias encontradas en el comportamiento de estos dos indicadores (nacidos totales y vivos) para las tres razas en los meses de parto febrero, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, se pueden atribuir fundamentalmente al efecto del personal técnico en el manejo reproductivo, además de la inestabilidad en el personal que laboró en la unidad durante el tiempo de estudio. A estas condiciones se unieron los cambios en la formulación del alimento concentrado, que no posibilitaron un período de adaptación por parte de los animales a la nueva dieta, y trajeron consigo restricciones y problemas en la alimentación, así como la disminución del comportamiento reproductivo de estas razas. Según Naturil *et al.* (2016), la prolificidad al nacer puede llegar hasta 33.3 %.

Las razas en interacción con los cuatro años de parto, para los nacidos totales y vivos, revelaron diferencias entre ellas para las condiciones existentes en un mismo año (figuras 6 y 7). En el 2014, las condiciones de alimentación y manejo afectaron a las tres razas por igual, mientras que para ambos rasgos dichas diferencias se encontraron en los últimos tres años de parto (2015, 2016 y 2017).

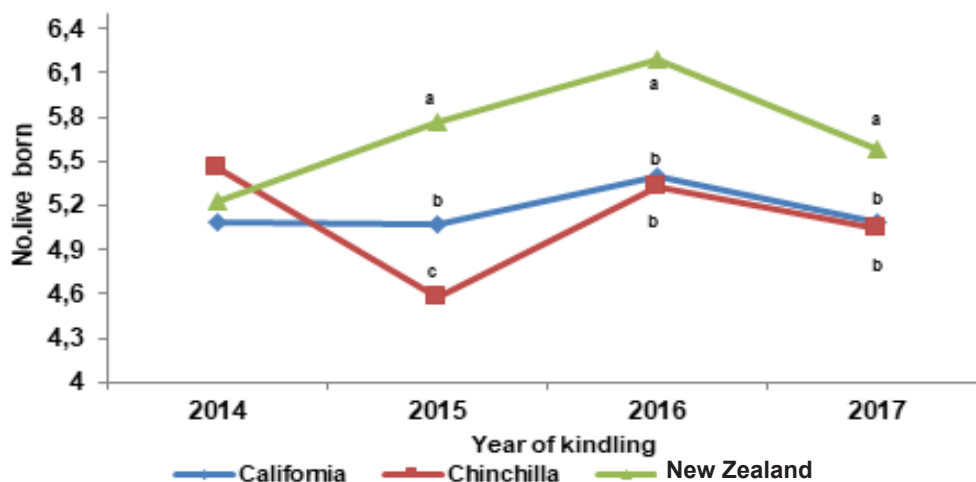
La Nueva Zelanda fue la primera en orden de mérito en esos tres años, con más de 5.6 nacidos totales y vivos. La California y Chinchilla, sin diferencias entre ellas, tuvieron los peores promedios, con camadas de menos de 5.4 gazapos nacidos (figura 5 y 6). Solo en 2015, para los nacidos vivos se encontraron divergencias entre el comportamiento de la California y la Chinchilla, siendo esta última la que tuvo las medias más bajas (figura 7).

Las diferencias entre razas en los últimos tres años para



^{ab} Means with non coinciding superscripts in the same year differ at $P < 0.05$ (Kramer 1956).

Figure 6. Effect of the interaction breed per year of kindling for total born



^{ab} Means with non coinciding superscripts in the same year differ at $P < 0.05$ (Kramer 1956).

Figure 7. Breed per year of kindling interaction for live born.

years for these two prolificacy traits were contrary to that found for fertility, where the differences occurred in the first two years of kindling. This is due to that the poor reproductive management of animals was affected in fertility, an aspect that was subsequently improved with technical advice and staff training. For prolificacy at born, divergences between breeds may be due to the way in which each of breeds faced constant changes in feeding, differences in work with the replacement of the reproducers stock and the appearance of health problems.

When making a comprehensive evaluation of the obtained results in this study, it can be concluded that the performance of fertility and prolificacy at birth in the current populations of three rabbit breeds also vary depending on the interactions between breeds and environmental conditions (month and year). Out of the three breeds, California was the one that showed some potential advantage for fertility, showing a more stable performance over time (month and year). For those of prolificacy at born, reproductive indicators that determine the productivity of the species, New Zealand is ratified. As in previous racial populations, the need to stabilize and improve the nutritional and management environment to increase production levels is evident.

estos dos rasgos de prolificidad fueron contrarias a lo hallado para la fertilidad, donde las diferencias se presentaron en los dos primeros años de parto. Esto obedece a que en la fertilidad incidió el deficiente manejo reproductivo que se daba a los animales, aspecto que mejoró posteriormente con la asesoría técnica y la capacitación del personal. Para la prolificidad al nacer, las divergencias entre razas se pueden deber a la forma en que cada una de las razas enfrentó los cambios constantes en la alimentación, a las diferencias en el trabajo con el reemplazo del plantel de reproductores y a la aparición de problemas de salud.

Al hacer una valoración integral de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que el comportamiento de la fertilidad y la prolificidad al nacer en las poblaciones actuales de tres razas de conejos también varía en función de las interacciones entre la raza y las condiciones ambientales (mes y año). De las tres razas, la California fue la que mostró cierta ventaja potencial para la fertilidad, al presentar el comportamiento más estable en el tiempo (mes y año). Para los de prolificidad al nacer, indicadores reproductivos que determinan la productividad de la especie, se ratifica a la Nueva Zelanda. Al igual que en las poblaciones raciales anteriores, se evidencia la necesidad de estabilizar y mejorar el ambiente nutricional y de manejo para aumentar los niveles productivos.

References

- Asemota, O.D., Aduba, P., Bello-Onaghise, G. & Orheruata, A.M. 2017. "Effect of temperature-humidity index (THI) on the performance of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in the humid tropics". *Archivos de Zootecnia*, 66(254): 257–261, ISSN: 0004-0592, DOI: 10.21071/az.v66i254.2330
- Baltazar, O.E., Becerril, C.M., Martínez P.A., Rosendo, P.A. & Torres, H.G. 2014. Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento reproductivo en conejas Nueva Zelanda, California y Chinchilla. In: V Congreso Americano de Cunicultura, México, p. 113, Available: <http://world-rabbit-science.com/Other-Proceedings/America-2014-5th-Congress/Paper-pdf/113-Ortega-Baltazar.pdf>
- Bélanger, J., & Pilling, D. 2019. The state of the world's biodiversity for food and agriculture. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome, Italy, 572 pp, ISBN: 978-92-5-131270-4, Available: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- Chino, R.E. & Zamora, M.M. 2009. Evaluación productiva de los sementales de tres razas y una línea genética del modelo de cunicultura de la FES Cuautitlán. In: XXXIV Simposium de Cunicultura de Asescu, Facultad de Estudios Superiores

- de Cuautitlán, UNAM, México
- De Blas, C & Wiseman, J. 2010. The nutrition of rabbit. 2nd Ed. Ed. CABI Publishing, University Press, Cambridge, U.K, p. 222-232, ISBN: 0-85199-279-X
- Dihigo, L.E. & Ponce de León, R.E. 2006. The Cuban rabbit production, an alternative for the meat production. Nowadays situation. In: Memorias del 3er Congreso de Cunicultura de las Américas, Maringá, Brasil, p. 37-40
- Gallego, F. 2016. “Efectos del cruzamiento entre las razas de conejos Nueva Zelanda y California sobre caracteres de la camada al destete”. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1): 115–121, ISSN: 0123-4226, DOI: 10.31910/ruca.v19.n1.2016.116
- Kontsiotis, V.J., Bakaloudis, D.E., Tsiompanoudis, A.C. & Xofis, P. 2014. “Body condition variation of wild rabbit population in the north-east Mediterranean island of Lemnos—Greece”. *Journal of Vertebrate Biology*, 63(2): 87–94, ISSN: 2694-7684, DOI: 10.25225/fozo.v63.i2.a6.2014
- Kramer, C. Y. 1956. “Extension of Multiple Range Tests to Group Means with Unequal Numbers of Replications”. *Biometrics*, 12(3): 307–310, ISSN: 0006341X, DOI: 10.2307/3001469
- Lebas, F., Coudert, P., de Rochambeau, H., & Thébault, R.G. 1996. El conejo. Cría y patología. Colección FAO: Producción y sanidad animal, no. 19, Roma, Italia, p. 269, ISBN 92-5-303441-6
- Mantovani, R., Sartori, A., Mezzadri, M., & Lenarduzzi, M. 2008. Genetics of maternal traits in a new synthetic rabbit line under selection. In: *Procedures 9th World Rabbit Congress*, Verona, Italy, p. 169-174
- Naturil-Alfonso, C., Lavara, R., Vicente, J.S. & Marco-Jiménez, F. 2016. “Effects of female dietary restriction in a rabbit growth line during rearing on reproductive performance and embryo quality”. *Reproduction in Domestic Animals*, 51(1): 114–122, ISSN: 0936-6768, DOI: 10.1111/rda.12653
- Ponce de León, R., Guzmán, G., Quesada, M.E., Mora, M. & Febles, M. 2002. “Environmental effects on reproductive and pre-weaning performance of rabbit purebreds”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 36(2): 105–115, ISSN: 2079-3480
- Ponce de León, R., Guzman, G., Pubillones, O., Gonzalez, J. & Mora, M. 2003a. “Reproductive and pre-weaning performance of purebred imported rabbits”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 37(4): 349–356, ISSN: 2079-3480
- Ponce de León, R., Guzmán, G., Quesada, M.E., Mora, M. & Febles, M. 2003b. “Comparative reproduction of purebred rabbits in commercial conditions”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 37(4): 339–347, ISSN: 2079-3480
- SAS. 2013. User’s guide statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Valliant, M. 2012. Comportamiento pre destete de cuatro razas de conejos en la unidad cunicula “El Modelo” en Santiago de Cuba. MSc Thesis. Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, p. 31

Received: June 6, 2019

Accepted: February 3, 2020