

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias de la Salud**

**Ganancia de peso en terneras de raza Holstein y Normando durante dos meses en la hacienda lechera “La Primavera” en Tambillo, Pichincha, Ecuador**

**Andrea Cristina Gross Morillo**

**Medicina Veterinaria**

Trabajo de integración curricular presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Médico Veterinario

Quito, 6 de mayo de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS DE LA SALUD

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Ganancia de peso en terneras de raza Holstein y Normando durante dos meses en la hacienda lechera “La Primavera” en Tambillo, Pichincha, Ecuador**

**Andrea Cristina Gross Morillo**

**Calificación:** \_\_\_\_\_/10

**Nombre del profesor, Título académico** Rommel Lenín Vinueza, DMVZ , M.Sc

**Firma del profesor:** \_\_\_\_\_

Quito, 6 de mayo de 2020

### **Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Andrea Cristina Gross Morillo

Código: 00129968

Cédula de identidad: 1715858062

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2020

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **RESUMEN**

La etapa no productiva en animales de producción láctea contribuye a más de la mitad del costo total de la crianza de novillas lecheras. La presente investigación busca demostrar la importancia de una ganancia de peso adecuada en animales pre púberes y sus implicaciones en la industria lechera.

Palabras clave: producción lechera, novillas, ganancia de peso, peso

## **ABSTRACT**

The non-productive stages in dairy cattle contributes to more than half of the cost of heifer rearing. The following text seeks to demonstrate the importance of adequate weight gain in pre-pubescent cattle and the implications in the dairy industry.

Key words: milk production, dairy heifers, weight gain, weight

**TABLA DE CONTENIDO**

Introducción.....	10
Desarrollo del tema.....	12
Conclusiones.....	30
Referencias bibliográficas .....	31
Anexo A: Cronograma de actividades .....	36
Anexo B: Pesos obtenidos de las 22 terneras durante las 10 semanas .....	37
Anexo C: ANOVA clásico para medidas repetidas.....	38
Anexo D: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	40
Anexo E: Semana 1 .....	41
Anexo F: Semana 2.....	42
Anexo G: Semana 3 .....	43
Anexo H: Semana 4.....	44
Anexo I: Semana 5 .....	45
Anexo J: Semana 6 .....	46
Anexo K: Semana 7 .....	47
Anexo L: Semana 8 .....	48
Anexo M: Semana 9 .....	49
Anexo N: Semana 10.....	50
Anexo O: Regresión lineal .....	51
Anexo P: Gráfico lineal de la ganancia de peso .....	52

Anexo Q: Prueba de Friedman .....	53
Anexo R: Pruebas de rangos de Wilcoxon (Semana 7 vs. Semana 8).....	54
Anexo S: Pruebas de rangos de Wilcoxon (Semana 7 vs. Semana 9) .....	55
Anexo T: Fórmula para el cálculo de GPD .....	56

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla N°1. Comparaciones significativas por parejas.....	16
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

(Este índice se incluye únicamente si el estudiante utiliza figuras en el contenido)

En el cuerpo del documento, los títulos de las tablas deben utilizar el formato:

Figura #. Título de la figura (debe ser autodescriptivo y no debe depender del texto).....	12
Figura N°1. Estadísticos descriptivos.....	15
Figura N°2. Prueba de esfericidad de Mauchly.....	15
Figura N°3. ANOVA para medidas repetidas.....	16

## INTRODUCCIÓN

La crianza de terneras puede ser considerada la operación de mayor trascendencia en la ganadería lechera debido a que la becerro que se encuentra en la etapa del proceso de crianza será una vaca productiva en 1 a 2 años (Gasque-Gómez, 2008). El periodo de cría (siendo este un tiempo de larga duración, ya que comprende entre el nacimiento y el primer parto) es a menudo el segundo o tercer mayor contribuyente al costo total de la producción de leche, ya que crea un retraso en las inversiones de alimentación, mano de obra y todo lo relacionado con el desarrollo de la vaca lechera lactante. Tal plazo se debe al hecho de que los animales jóvenes transcurren casi la mitad de su vida como novillas no productivas en crecimiento (Heinrichs & Jones, 2016). Se ha demostrado que la pubertad ocurre cuando la novilla pesa entre el 40 y 50% de su peso adulto sin importar la edad, siendo el peso corporal un factor clave dentro de este periodo (Solórzano, 2006). Según Bar-Peled et al. (1997), las edades de 3 a 9 meses y un peso corporal de 90 a 230 kg aproximadamente, definen el período de crecimiento crítico durante el cual el crecimiento mamario de una ternera Holstein puede ser influenciado por diversos factores, la nutrición siendo uno de los de mayor impacto y significancia. El crecimiento mamario prepuberal más rápido en relación con el crecimiento corporal se produce durante este período y por lo tanto, el resultado y la rentabilidad de las prácticas de cría de novillas merecen una atención cuidadosa.

La supervisión del crecimiento de los animales es una estrategia que puede ayudar a lograr el éxito en la cría de terneras, siendo esta una de las maneras más eficientes de medir el rendimiento de un sistema de crianza (Heinrichs & Jones, 2016). La labor del médico veterinario en este ámbito se traducirá en satisfacción o frustración para el ganadero debido al impacto directo sobre la economía del negocio (Gasque-Gómez,

2008). Por esta misma razón, cómo se maneja y se administra el sistema de crianza de terneras de un hato lechero es la base que sostiene la rentabilidad productiva. Si bien son diversos los factores que intervienen en la cría de novillas, los objetivos generales se enfocan en asegurar un patrón de crecimiento acorde con los parámetros actuales y producir novillas bien desarrolladas que estén listas para parir a los 22 o 24 meses de edad. Existe un número de enfoques que pueden utilizarse eficientemente, pero todos ellos deben esforzarse por criar novillas de una manera rentable que permita maximizar su potencial de producción durante toda la vida (Gasque-Gómez, 2008; Heinrichs & Jones, 2016).

Durante el periodo de lactancia, el crecimiento se ve afectado significativamente por diversos factores como la genética, el sexo, la duración del periodo de lactancia, la cantidad de leche o de sustituto de leche, el ambiente, el manejo, las prácticas de cuidado y el peso al nacer (Yaylak, 2015). En muchas granjas lecheras, el descuido crónico de la nutrición, un manejo inadecuado y la negligencia de la salud pueden llevar a un crecimiento atrofiado y a una ganancia de peso ineficiente. Esto da lugar a novillas que paren mucho más tarde de los 24 meses de edad y que producen considerablemente menos leche durante su vida que aquellas que se han desarrollado apropiadamente. Las novillas de tamaño inferior no sólo son más pequeñas y menos productivas, sino que también son propensas a tener más problemas en el parto (Heinrichs & Jones, 2016).

## DESARROLLO DEL TEMA

Por lo tanto, el presente trabajo realizará una recopilación y análisis de datos de una población de 22 animales, durante un lapso de 2 meses, que permita monitorear y comparar las ganancias de peso semanales y quincenales de las terneras de una hacienda lechera. La investigación se realizará a través de un estudio descriptivo longitudinal que permita la resolución de la siguiente pregunta:

Pregunta de investigación: ¿La ganancia de peso corporal en las terneras de “La Primavera” varía significativamente cada semana o cada 15 días?

Hipótesis:

- *Ho*: No existe una diferencia significativa entre los pesos de los animales semanalmente y a los 15 días.
- *Ha*: Existe una diferencia significativa entre los pesos de los animales semanalmente y a los 15 días.

Objetivos:

- *Objetivo general*: Determinar si existe una diferencia significativa entre los pesos de las terneras semanalmente o a los 15 días.
- *Objetivos específicos*:
  - Determinar si es que la población sigue una distribución normal o no teniendo en cuenta la presencia de posibles valores atípicos.
  - Comparar los valores de la varianza obtenidos con la prueba de ANOVA clásica inter-sujetos para medidas repetidas.
  - Realizar un análisis de regresión lineal y una curva de crecimiento en base a los valores obtenidos.

### Metodología:

Los datos utilizados en el presente estudio proceden de una base de datos de 22 terneras (17 Holstein y 5 Normando) de la hacienda lechera “La Primavera”, situada en Tambillo, en la provincia de Pichincha, Ecuador. El grupo se conforma por animales neonatos hasta los 11 meses de edad. La hacienda “La Primavera” se encuentra a 3,000 msnm, cuyo clima es típico de la Región Interandina del Ecuador. Los mismos datos presentados aquí también forman parte de *Ganancia de peso y crecimiento de terneros producto de la cruce de las razas Holstein y Normando en la hacienda “La Primavera” (Tambillo, Ecuador)*, sin embargo, el enfoque del estudio se encuentra dirigido hacia las diferencias significativas en la ganancia de peso y altura de la cruz entre las razas Holstein y Normando.

#### Trabajo de campo

Los pesajes iniciaron oficialmente el 07/01/2020 y se realizaron cada semana hasta el 10/03/2020, es decir, 2 meses (Anexo A). Para trabajar con los animales se utilizó overol, gorra, botas de caucho y guantes de examinación. El peso corporal se estimó con una cinta zootécnica (colocada en el extremo para ganado lechero), lo cual permite una rápida estimación del peso del animal midiendo la circunferencia del tórax. La estimación tiene una precisión de entre el 3 y 5% del peso corporal real (Heinrichs & Jones, 2016). La variación de las cintas métricas repetidas por una sola persona o entre diferentes personas es relativamente pequeña, lo que hace que este método sea válido incluso cuando varias personas realizan las mediciones a lo largo del tiempo. Al utilizar la cinta, se aseguró de que el animal esté de pie en una superficie plana con la cabeza erguida. Se tiró de la cinta de forma ajustada, pero no demasiado apretada, alrededor de la circunferencia del corazón, justo detrás de los miembros anteriores y la escápula, colocando la marca e indicando el peso medido a la altura de la cruz, como lo indican Heinrichs & Jones

(2016). Se recopilaron y se tabularon los datos (pesos en kg) en una plantilla Excel, donde se identificó cada animal por nombre, número de arete y fecha de nacimiento, divididos en 7 grupos según sus edades.

#### Análisis de datos

Para el procesamiento de datos, se realizó el análisis estadístico correspondiente a través del programa IBM SPSS. Se corrió una prueba de normalidad (test de Shapiro-Wilk) para determinar si es que la población sigue una distribución normal y un gráfico de cajas para los valores atípicos para cada semana, junto con estadística descriptiva. Debido a que los datos no presentaron una distribución normal, se corrió la prueba de Friedman (junto con la prueba de rangos de Wilcoxon), la cual es la alternativa no paramétrica al ANOVA de una vía para medidas repetidas, el cual se utilizó inicialmente para comparar la ganancia corporal cada semana y cada 2 semanas. Se aplicó el ajuste Greenhouse-Geisser para corregir la violación de la esfericidad y los grados de libertad de la distribución F y la corrección de Bonferroni para evitar el error tipo I. Adicionalmente, se ilustró la ganancia de peso a lo largo de las 10 semanas en un gráfico lineal juntamente con una regresión. Realizado esto, se procedió a analizar los resultados con el fin de determinar si existe o no una diferencia significativa entre los pesos de los animales semanalmente y a los 15 días.

#### Resultados:

En cuanto a la estadística descriptiva (resumida en la Figura N°1), la diferencia semanal con mayor significancia es aquella entre las medias de la semana 7 y 8, con una diferencia de 12 kilos; y la diferencia quincenal con mayor significancia es aquella entre las medias de la semana 7 y 9, con una diferencia de 19.64 kilos. La desviación estándar (*SD*) y el error estándar de la media (*SEM*) representan valores altos para cada semana,

reflejando grados de variación elevados en el grupo y una muestra que no representa el parámetro de la población, respectivamente (McHugh, 2008; Lee et al., 2015).

Estadísticos descriptivos								
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. Desviación	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Estadístico
7-ene.-2020	22	147	38	185	95,68	7,695	36,093	1302,703
14-ene.-2020	22	135	38	173	99,18	7,076	33,187	1101,394
21-ene.-2020	22	140	45	185	98,18	6,990	32,787	1075,013
28-ene.-2020	22	144	49	193	104,09	7,410	34,758	1208,087
4-feb.-2020	22	143	52	195	111,36	7,803	36,598	1339,385
11-feb.-2020	22	151	56	207	111,68	7,290	34,192	1169,084
18-feb.-2020	22	154	56	210	116,09	7,780	36,491	1331,610
25-feb.-2020	22	173	70	243	128,09	8,606	40,365	1629,325
3-mar.-2020	22	180	70	250	135,73	9,388	44,032	1938,779
10-mar.-2020	22	170	77	247	139,18	8,467	39,713	1577,108
N válido (por lista)	22							

Figura N°1. *Estadísticos descriptivos*. N = 22 muestras tomadas semanalmente, donde se detallan los mínimos y máximos estadísticos y la varianza de cada fecha. Generada a través de IBM SPSS.

A continuación, la prueba de esfericidad de Mauchly (Figura N°2) indicó una violación de la suposición de esfericidad ( $\chi^2(2) = 86.21, p = 0.00$ ), por lo tanto, se reportan los resultados corregidos con Greenhouse-Geisser en la Figura N°3, donde se indica que el peso promedio ha cambiado significativamente a lo largo de las semanas [ $F(3.84; 80.64) = 111.91; p = 0.00$ ].

Prueba de esfericidad de Mauchly <sup>a</sup>							
Medida: Peso							
Efecto intra-sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Greenhouse-Geisser	Épsilon <sup>b</sup> Huynh-Feldt	Límite inferior
Semanas	,008	86,219	44	,000	,427	,534	,111

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección  
Diseño intra-sujetos: Semanas

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Figura N°2. *Prueba de esfericidad de Mauchly*. Se rechaza la hipótesis nula de esfericidad ( $\epsilon = 0.427; p < 0.05$ ). Generada a través de IBM SPSS.

**Pruebas de efectos intra-sujetos**

Medida: Peso

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Semanas	Esfericidad asumida	48948,564	9	5438,729	111,912	,000
	Greenhouse-Geisser	48948,564	3,840	12746,807	111,912	,000
	Huynh-Feldt	48948,564	4,807	10183,556	111,912	,000
	Límite inferior	48948,564	1,000	48948,564	111,912	,000
Error(Semanas)	Esfericidad asumida	9185,036	189	48,598		
	Greenhouse-Geisser	9185,036	80,641	113,900		
	Huynh-Feldt	9185,036	100,939	90,996		
	Límite inferior	9185,036	21,000	437,383		

Figura N°3. ANOVA para medidas repetidas - pruebas de efectos intra-sujetos. Los resultados se ajustan con la corrección de Greenhouse-Geisser. Generada a través de IBM SPSS.

Consecuentemente, en la Figura N°3 se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre las observaciones o dentro de los sujetos obtenidas a través de la prueba de ANOVA para medidas repetidas (Anexo C). Las correcciones aplicadas afectan los grados de libertad y la media de la suma de cuadrados, mas no tienen efecto en el valor  $F$  (suma de cuadrados) y el valor  $p$ . Sin embargo, la prueba no señala en qué momentos concretos se dan dichas diferencias. Por lo tanto, en la Tabla N°1 se resumen detalladamente aquellas semanas en las que la significancia corresponde con un valor de  $p < 0.05$ . Semanalmente, la mayor diferencia de medias ocurrió en el transcurso de la semana 7 a la semana 8 ( $I-J = -12.000$ ). Asimismo, quincenalmente, la mayor diferencia de medias ocurrió en el transcurso de la semana 7 a la semana 9 ( $I-J = -19.636$ ).

(I) Semanas	(J) Semanas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup> Límite inferior    Límite superior	
3	4	-5.909*	1.245	0.005	-	-1.210
	5	-13.182*	1.673	0.000	10.608	-6.866
4	5	-7.273*	1.390	0.002	19.498	-2.026
	6	-16.409*	2.297	0.000	12.519	-7.738
7	8	-12.000*	1.999	0.000	25.080	-4.454
	9	-19.636*	2.007	0.000	19.546	-12.060
8	10	-11.091*	1.657	0.000	27.213	-4.837
					17.344	

Tabla N°1. Comparaciones significativas por parejas. Síntesis de resultados estadísticamente significativos. \* La diferencia de medias es significativa en el nivel

0.05. <sup>b</sup> Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni. Adaptada por la autora de los resultados generados por IBM SPSS.

Debido a que la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que los datos no presentan una distribución normal, se corrió la prueba no paramétrica de Friedman y la prueba de rango post-hoc de Wilcoxon para determinar en dónde ocurren las diferencias significativas. En efecto, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los pesos a lo largo del tiempo ( $\chi^2(2) = 178.25, p = 0.00$ , Anexo Q). El análisis post-hoc con pruebas de rango de Wilcoxon (donde se aplicó la corrección de Bonferroni, debido a que se realizaron múltiples comparaciones) dio como resultado un nivel de significancia establecido en  $p < 0.005$ , en donde existen diferencias significativas semanalmente ( $Z = -4.10, p = 0.00$ ) y quincenalmente ( $Z = -4.11, p = 0.00$ ), como se detalla en los Anexos R y S.

Discusión:

Debido a la naturaleza de los datos de la presente investigación (Anexo B), no es posible realizar una comparación directa de los resultados con aquellos obtenidos en otros estudios, donde las muestras se obtuvieron de manera aleatoria de poblaciones grandes de bovinos de numerosos predios lecheros. No obstante, estos permiten establecer un panorama general cuya perspectiva puede funcionar como referencia no solo para la hacienda “La Primavera”, pero para otras explotaciones ganaderas de la región.

Las diferencias significativas entre las medias y las varianzas de las semanas 7-9 corresponden con las edades entre los 3 y 10 meses, los cuales concuerdan con la etapa de mayor crecimiento en terneras (Bar-Peled et al., 1997). Por otra parte, la gran variabilidad de la desviación estándar (*SD*) para cada semana indican que la población no sigue una distribución normal, como lo detectó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

(Anexo D), la cual fue seleccionada para la muestra debido a que existen menos de 50 observaciones. Sin embargo, un mayor número de datos podría tener una distribución normal y el error estándar de la media (*SEM*) disminuiría, como resultado. La falta de una distribución normal también puede darse por los valores atípicos, los cuales se representan en los gráficos de caja y bigotes y en la estadística descriptiva para cada semana (Anexos E – N). En los gráficos de normalidad (Anexos E – N), el crecimiento observado coincide con el normal esperado solamente en una porción reducida de la curva. Según los valores de asimetría y curtosis, la curva es asimétricamente positiva ( $p > 0.00$ ) y la distribución es leptocúrtica ( $p > 0.00$ ), por lo que la distribución apunta hacia la derecha de la media, cuyos valores se encuentran altamente concentrados en torno a la misma. Es posible que los datos representen una muestra sesgada o muy pequeña como para ajustarse a pruebas paramétricas. Por lo tanto, el uso de la prueba no paramétrica de Friedman se ajusta a la desviación marcada de la normalidad (Buthmann, 2010). No obstante, los valores demuestran, tal como indica el ANOVA de una vía para medidas repetidas, diferencias significativas entre los pesos a lo largo de las semanas, lo que confirma la validez de los resultados obtenidos. En cuanto a la regresión lineal, los resultados (Anexo O) indican que no existe una correlación entre la variable independiente (semanas) y la variable dependiente (peso), debido a que la variación total de la variable dependiente que podría explicarse por la variable independiente no es estadísticamente significativa. No obstante, el valor  $p$  está por debajo del nivel de significancia tolerable, por lo que existe la posibilidad de rechazar la hipótesis nula de la prueba. Efectivamente, es posible que exista una correlación positiva, debido a que la ganancia de peso sigue un patrón de crecimiento casi lineal (Anexo P), lo cual puede deberse a bajas y estancamientos individuales de cada animal. En base a lo previamente expuesto, se rechazan las hipótesis nulas y se aceptan las hipótesis alternativas: existen

diferencias significativas en la ganancia de peso tanto semanal como quincenalmente, debido a que el tiempo tiene un impacto sobre el peso de las terneras.

Cabe mencionar el margen de error producido durante cada pesaje, ya que el mismo fue realizado por dos personas distintas que pueden tener una noción diferente de qué tanto se ajusta la cinta zootécnica, y por lo tanto, existe un nivel de variación entre las medidas. El hecho de que en algunas ocasiones los animales no se encontraban en la posición correcta durante la toma del peso también puede contribuir a la obtención de datos no valederos. Dicho esto, se podría mejorar la metodología al tener una sola persona realizando los pesajes y otra asegurándose de una postura correcta del animal, o bien se podrían tomar los pesos con una balanza electrónica si se encontrara aquel recurso disponible.

El crecimiento es uno de los procesos fundamentales durante la vida de un organismo. Dicho proceso está influenciado por el potencial genético, la nutrición y las condiciones ambientales (Krpálková et al., 2014), y se refiere a un aumento en el tamaño lineal, el peso, la acumulación de tejido adiposo y la retención de nitrógeno y agua, siendo este un transcurso altamente complejo e integrado que implica el aumento del número de células y el tamaño celular en diferentes tejidos y la interacción del entorno con los nutrientes, el genotipo y los ejes hormonales (Boro et al., 2016). El desarrollo de las novillas se divide en las etapas isométricas y alométricas. El crecimiento isométrico comprende desde el nacimiento hasta aproximadamente los 3 meses de edad. Durante esta etapa, las células del cuerpo y las células del parénquima mamario se desarrollan a un ritmo similar. Por otra parte, el crecimiento alométrico ocurre aproximadamente desde los 3 a 9 meses de edad y un peso corporal de 90 a 230 kg. Durante esta etapa, el parénquima mamario se desarrolla tres o cuatro veces más rápido que las células del cuerpo (Bar-Peled et al., 1997). También se ha encontrado que el crecimiento de las

glándulas mamarias de las novillas está estrechamente ligado a la maduración gradual de los ovarios (Sejrsen, 1994). Según Bar-Peled et al. (1997), la alimentación intensiva acelera el inicio de la madurez sexual y el desarrollo de la ubre y el útero. Sin embargo, se debe procurar controlar la condición corporal durante el crecimiento, debido a que el desarrollo de las glándulas mamarias puede inhibirse por el depósito de grasa en las glándulas como resultado de la sobrealimentación. La ternera lechera debe ser alimentada de manera restringida y personalizada para que tenga una ganancia de peso diaria (*GPD*) adecuada, de modo que el desarrollo de la glándula mamaria se produzca de manera ininterrumpida y la consiguiente producción de leche no se vea afectada (Sejrsen, 1994).

El tipo de dieta y el nivel de proteínas pueden ser modificados para maximizar la eficiencia del crecimiento y el desarrollo de los conductos mamarios (Sejrsen, 1994). Por lo tanto, un nivel adecuado de nutrición es necesario para el buen funcionamiento del sistema endocrino, ya que influye en la síntesis y en la liberación de las hormonas necesarias para alcanzar un alto peso corporal y una buena reproducción. Por esta misma razón, la madurez sexual está más influenciada por el peso corporal que por la edad del animal (Boro et al., 2016). Una novilla que madura a una edad temprana también parirá a una edad temprana, parirá un mayor número de terneros, completará un mayor número de lactancias y como consecuencia, producirá más leche durante su vida productiva. Una tasa de crecimiento más alta ayuda en un logro temprano del peso objetivo, el cual es esencial para la madurez sexual temprana (Heinrichs, 2017).

El periodo crítico es el previo al destete, ya que en esta etapa están ocurriendo cambios fisiológicos importantes en la ternera. El sistema digestivo madura durante el pre-destete a medida que la ternera pasa de ser un animal monogástrico a un animal rumiante. El cambio más notable en los principales procesos metabólicos durante el desarrollo ruminal es el cambio de un hígado glicolítico a glucogénico. Cuando el rumen

comienza a desarrollarse y la fermentación microbiana aumenta, existen menos carbohidratos disponibles para la digestión postruminal y el suministro dietético de glucosa disminuye. Como resultado, la tasa de gluconeogénesis a partir del lactato disminuye considerablemente en las células hepáticas (Baldwin, 2004). Esta transición resulta en tremendas ramificaciones metabólicas en la tasa de crecimiento de las terneras, ya que los tejidos deben pasar de depender de la glucosa suministrada por la leche al metabolismo de los ácidos grasos de cadena corta como sustratos de energía primaria. Mientras que los cambios físicos más dramáticos que ocurren durante el desarrollo están asociados con el epitelio del rumen, los cambios en la masa intestinal y el metabolismo también ocurren en respuesta a los cambios en la dieta. Para preparar al ternero para el destete, es importante que el cambio a la digestión de rumiantes comience temprano en la vida, y una vez que comience, el desarrollo debe progresar a un ritmo razonable para asegurar una digestión y aprovechamiento eficiente de los nutrientes en los alimentos (Baldwin, 2004). Dicho esto, la manera más eficiente de aumentar el potencial de crecimiento y ganancia corporal de las novillas es mejorar la nutrición en la fase previa a la pubertad (Boro et al., 2016).

La medición corporal y el pesaje de las novillas permiten la comparación con estándares objetivos, de manera que pueden indicar, dado el caso, un problema en el programa de crianza. Dentro de los estándares se encuentra el peso objetivo, el cual simplemente es una estimación del peso al que una vaquilla individual alcanzará la pubertad. Un aumento diario moderado en el rango de 0,5 kg/día será usualmente adecuado para asegurar que las novillas lleguen a su primer parto (Heinrichs & Jones, 2016). La selección del peso objetivo puede basarse en el peso medio del grupo de novillas o en un porcentaje del peso esperado de la madurez. Basándose en la genética y en el tamaño esperado en la adultez, se puede seleccionar un peso objetivo y adaptar el programa de

alimentación para cumplir con la ganancia diaria promedio requerida. De esta manera, se alimenta a las novillas para que alcancen un porcentaje determinado de su peso corporal objetivo. Así pues, el concepto de peso objetivo es una de las mejores herramientas de gestión para la cría de ganado lechero (Heinrichs & Jones, 2016).

Asimismo, las tablas de crecimiento también deben utilizarse para evaluar el progreso y el rendimiento de un programa de manejo de novillas y para detectar cualquier problema importante que pueda estar ocurriendo, ya que mostrarán las áreas problemáticas en las que los individuos o grupos enteros de animales están por debajo de la talla o el peso, o bien con sobrepeso, todos ellos buenos indicadores de alimentación o manejo inadecuado (Heinrichs & Jones, 2016). Los gráficos de crecimiento indican varios percentiles de la población, lo que permite a un productor comparar una novilla individual con todas las demás y establecer objetivos de crecimiento. También es importante tener en cuenta que la edad del animal al parto está altamente correlacionada con la rentabilidad del animal y el hecho de que el peso corporal después del parto está altamente correlacionado con la producción de leche de la primera lactancia (Hoffman, 2015).

Por consiguiente, existen curvas de crecimiento y ganancia de peso estandarizadas de acuerdo a la raza. En los EE.UU., en el caso de la raza Holstein, el mantener a la mayoría de las novillas cerca del percentil 75 y el predio completo entre la mediana y el percentil 95 es una meta alcanzable (Jones, 2017). En base a lo expuesto previamente y en los valores presentados en las publicaciones *Weekly Growth Rates* (2015) y *Growth Charts for Dairy Heifers* (Jones, 2017) de la Universidad de Wisconsin-Madison, una novilla de 10 meses de edad puede pesar aproximadamente entre 278 – 318 kg (613 – 700 lb) si ésta se encuentra entre el percentil 75 y el percentil 95 con una *GPD* de 1.86 lb/día (0.8 kg/día). Al comparar estos estándares con el peso final de las novillas de 10 meses, es evidente que existe una diferencia sorprendente. Animales de 191 kg como “Brocha”

y de 222 kg como “Alegría” (Anexo B), se encontrarían entre los percentiles 5 y 25, y serían el equivalente a animales entre los 6 y 7 meses de edad. Es una diferencia importante, dado que los valores encontrados en la investigación se encuentran en los percentiles más bajos en comparación. Es posible, incluso, que los percentiles más altos del país apenas alcancen la mediana de dichos estándares productivos de países de primer mundo como los Estados Unidos. Lo último podría atribuirse a diversos factores, como la nutrición, el manejo y la genética, ya que los animales de raza Holstein de tipo americano tienden a ser más grandes y pesados que aquellos de tipo neozelandés (Roche et al., 2006), como los animales utilizados en el presente informe.

En el pasado, numerosos estudios han examinado las tasas de crecimiento de las novillas antes y después de la pubertad utilizando una variedad de tratamientos. Es posible lograr un rango muy grande de ganancia promedio diaria cambiando el programa de nutrición de las terneras. Como resultado, ningún estudio podría incluir suficientes tratamientos para cubrir el rango necesario para entender completamente el crecimiento en animales jóvenes. Para abordar este problema y tratar de determinar la tasa óptima de ganancia de las novillas lecheras prepúberes, Zanton & Heinrichs (2005) publicaron un estudio que combinó y analizó todos los estudios sobre el crecimiento en terneras Holstein publicados en todo el mundo entre los años 1990 y 2005. Este estudio realizó un meta-análisis y examinó los efectos del aumento de peso corporal en la etapa previa a la pubertad y el peso corporal promedio al nacer en la producción de leche en la primera lactancia, en donde no se encontró una relación lineal entre la ganancia media diaria y la producción de leche, como muchos experimentos habían supuesto. Sin embargo, se encontró que tanto una ganancia media diaria reducida como aumentada reduce la producción de leche, y por lo tanto, se estableció un rango recomendado de 1.6 a 1.9 lb/día (0.7 – 0.8 kg/día) (Zanton & Heinrichs, 2005). En efecto, la mayoría de los

investigadores han encontrado un impacto negativo del alto promedio de *GPD* en novillas en la producción de leche de la primera lactancia. En particular, el período previo a la pubertad es crítico porque puede ocurrir una reducción del parénquima mamario (Capuco et al., 1995). Por otra parte, en algunos de los estudios no se encontraron tales efectos (Kertz et al., 1998) y en algunos, el parénquima mamario se redujo solo si la *GPD* se encontraba sobre 0.7 kg/día (Abeni et al., 2000) y 0.9 kg/día (Knight & Sorensen, 2001), lo que corrobora el motivo del rango recomendado por Zanton & Heinrichs (2005). ok

Basándose en lo anteriormente expuesto, es evidente que existe una diferencia considerable entre los valores de “La Primavera” y aquellos correspondientes a los estándares internacionales. Adicionalmente, la *GPD* (1.3 lb/día, Anexo T) es de 0.6 kg/día (consumiendo un mínimo de 2.2% de su peso vivo en kg de materia seca), lo cual se encuentra debajo del rango recomendado de 0.7 – 0.8 kg/día. Esto puede deberse a ciertas deficiencias en el manejo, como bebederos y comederos vacíos varias veces al día, bebederos y comederos sucios, suministro inadecuado de agua limpia, forraje de mala calidad, ventilación inadecuada e índice de humedad medio en los corrales y camas húmedas. Un consumo de alimento inferior a 2.3 – 3.0% del peso corporal, ofrecer ensilaje húmedo como único forraje y por lo tanto, forrajes enmohecidos, suplementación mineral deficiente, programas de desparasitación y vacunación inadecuados, la ausencia de un grupo de transición después del destete y la falta de registros y monitoreo del crecimiento son otros errores frecuentes en la crianza de terneras lecheras (Gasque-Gómez, 2008). Cabe recalcar que las terneras mal alimentadas no suelen recibir la energía y las proteínas adecuadas para satisfacer sus necesidades de crecimiento. El alojamiento y la ventilación inadecuados pueden contribuir a un crecimiento deficiente causando problemas respiratorios subclínicos, y pueden anular un buen programa de alimentación.

El nivel de manejo y saneamiento también pueden afectar el crecimiento de las terneras (Heinrichs & Jones, 2016).ok

En el Ecuador, existe la costumbre de atribuir una producción deficiente a la genética propia de la región. No obstante, el problema no es la mala genética (mayoritariamente importada); es la nutrición y el manejo deficientes, ya que en numerosas ocasiones no cumplen con los requerimientos mínimos necesarios. Éstos últimos pueden darse por falta de capacitación, por factores económicos, culturales, sociales, entre otras numerosas causas. Debido a esto, los sistemas de crianza de terneros deben optimizarse para poder producir terneras que suben de peso más rápido para así llegar a la pubertad en una edad más temprana.

El objetivo de la cría de terneras es obtener vacas lecheras de máximo rendimiento durante su vida productiva con el menor costo de producción posible (Boro et al., 2016). Los sistemas de crianza de terneras varían a nivel regional, nacional e internacional debido a la variación entre climas, altitudes, grupos genéticos, culturas ganaderas y otros factores que dependen de la región. Consecuentemente, no es posible elaborar un sistema de crianza de talla única para todo tipo de animales y zonas geográficas. Sin embargo, existen pautas generales que son válidas para cualquier sistema de crianza, sea este intensivo, semintensivo o de pastoreo post destete (Gasque-Gómez, 2008). Debido a que las etapas en las que se divide la crianza de terneras corresponden con periodos de tiempo en los que ocurren cambios anatómicos y fisiológicos importantes, el conocimiento total de los mismos es elemental para una comprensión adecuada de la cría de becerras. Por consiguiente, la misma se resume en el cumplimiento de factores clave, como lo son la desinfección del cordón umbilical y un lugar limpio y seco al momento del nacimiento, el suministro de calostro (4 litros en las primeras 12 horas), leche entera y un iniciador en forma de grano (entre los 7 y 10 días de edad) que permita un desarrollo ruminal rápido

y un destete temprano (entre las semanas 5 y 8 de edad) (Gasque-Gómez, 2008). También es importante que el albergue esté adecuadamente construido y ventilado y sea capaz de proteger a los animales del viento y de la lluvia. Cabe mencionar la importancia de un descorne temprano entre los 4 a 6 días de edad para evitar que las vaquillas se lastimen entre ellas, ya que la dominancia de algunas sobre las subordinadas se expresa en agresión y en un consumo de alimento superior. En base a lo mencionado, “La Primavera” se encuentra actualmente corrigiendo los problemas del suministro de agua limpia, humedad del ambiente y de la cama y el estado de sanidad de bebederos, comederos y corrales, los cuales están siendo limpiados y desinfectados semanalmente con compuestos de amonio cuaternario. También se procura el cumplimiento y seguimiento periódico de los calendarios de vacunación y desparasitación. No obstante, todavía existen diversos elementos que requieren de una inversión por parte del ganadero, y es en esta parte en donde la labor del médico veterinario se destaca.

La inversión más importante que puede realizar un productor durante la crianza de terneras es aquella enfocada en la alimentación y la nutrición apropiadas de sus animales. La especialización en la industria y la presión para tomar decisiones económicas y ambientales acertadas ha creado la necesidad de evaluar continuamente cada decisión de gestión lechera. Una hoja de cálculo que evalúa el costo de criar una novilla de reemplazo proporciona a las operaciones lecheras la capacidad de tomar decisiones sobre los animales basadas en una evaluación económica precisa, teniendo en cuenta de que existe una amplia gama de variaciones en los métodos y la gestión de la crianza de terneras. Saber lo que cuesta criar una novilla de reemplazo es esencial cuando se evalúa la rentabilidad y la productividad de una operación (Gabler et al., 2000).

El ganadero debe tener claro que el mayor componente del costo de la cría de novillas es el costo del alimento. Los mayores costos de mantenimiento se dan en un

mayor peso corporal, menor ganancia diaria y períodos de alimentación más largos. Se debe tener en mente que los costos de alimentación por unidad de peso corporal son los más bajos durante los primeros 6 meses, cuando los nutrientes se convierten más eficientemente en ganancia de peso (Kertz et al., 1998). El costo de la alimentación contribuye, aproximadamente, a más del 60% del costo total. Esta información debería animar a la industria a seguir adquiriendo métodos y fuentes de alimentación más económicos para los animales, por lo tanto, el método más económico para adquirir novillas de reemplazo tiene importantes implicaciones en la rentabilidad de la operación lechera, pero, como se mencionó anteriormente, se puede evaluar la rentabilidad mediante el uso de una hoja de cálculo de análisis de costos precisa (Gabler et al., 2000)

En un estudio realizado por Mourits et al. (2000), se encontró que el aumento de la *GPD* por encima de 0.9 kg/día en las novillas prepúberes y un logro máximo de *GPD* de 1.1 kg/día durante el período post puberal permite alcanzar el primer parto a los 20.5 meses de edad con 563 kg de peso corporal, lo que equivale a un ahorro de alimento de \$107/novilla/año. En el caso de “La Primavera”, las terneras entre los 3 y 6 meses de edad consumen entre 2.2 y 2.5 kg de alimento por día, el cual se compone por balanceado (\$0.57/kg) y pasto (\$0.15/kg), resultando en una *GPD* de aproximadamente 0.6 kg/día. En el lapso de las 10 semanas de la presente investigación, el costo total (únicamente en alimentación) de las 22 terneras fue de \$1,809. Bajo este sistema de crianza, las novillas son incorporadas al primer servicio a los 24 meses de edad. Por lo tanto, las novillas de “La Primavera” atraviesan su primer parto mucho después del objetivo esperado. Dicha circunstancia puede mejorarse y cambiar al hacer entender al ganadero que es posible que sus animales reciban su primer servicio mucho antes, ahorrando costos de alimento.

Asimismo, la genética de los animales también requiere la atención del productor. El cruce de razas disminuirá el peso, la altura y la *GPD* de las novillas. Al tener una

hembra más pequeña como la que se obtiene en una cruce de Holstein x Jersey, un productor lechero puede reducir sus costos de mantenimiento. Existen diferencias genéticas sustanciales entre las razas de vacas lecheras y los grupos de toros dentro de una raza para el tamaño y la tasa de crecimiento de las novillas de reemplazo (Boro et al., 2016). Las investigaciones han demostrado los beneficios económicos de parir novillas lecheras por primera vez a los 24 meses de edad (Hoffman & Funk, 1992). Coffey et al. (2006) llegaron a la conclusión de que las vacas seleccionadas por su alto mérito genético para la producción de leche crecían más rápidamente en los primeros años de vida que las de mérito genético medio. Mäntysaari et al. (2002) también determinaron que la selección genética para la producción de leche da lugar a un mayor potencial genético de crecimiento. Como resultado, queda claro que el potencial genético puede explotarse y manifestarse en altas producciones lácteas. Sin embargo, este no sirve de nada sin la nutrición adecuada, ya que la misma es la responsable de manifestar dicho potencial. Por lo tanto, se deben elaborar sistemas de alimentación eficientes y ajustados a la realidad del predio y de la región, con el fin de manejar un negocio rentable. Lo último es posible al evitar pérdidas de producción relacionadas con una tasa de crecimiento lenta (Hoffman & Funk, 1992), que más bien son el reflejo de una falta de ganancia. El ganadero no está perdiendo dinero; el problema es que no lo está ganando. Para ponerlo en perspectiva, una vaca que tiene solamente un parto menos del promedio implica una ternera menos, lo que a su vez se traduce en cientos de litros de leche no vendidos y en miles de dólares no ganados. De esta manera, queda claro que la vida útil promedio de un solo animal va sumando centavos que hacen una gran diferencia en los ingresos de la industria.

Las ganancias en la producción de la primera lactancia logradas mediante el aumento de la *GPD* de las terneras antes del destete son pequeñas y representan menos del 3% de la variación en la producción de leche de la primera lactancia. Entonces, la

genética, la salud y otras prácticas de manejo de las granjas lecheras representarían el 97% de la producción real de leche observable. Además, cualquier *GPD* mejorada que se quiera lograr en las terneras antes del destete es mucho más barato de hacer mediante el aumento de la ingesta de iniciador para terneros en combinación con un programa razonable de leche o de sustituto de leche (Heinrichs, 2017).

## CONCLUSIONES

La tasa de crecimiento influye considerablemente en la edad de la pubertad y, en última instancia, en la edad del primer parto. Por lo tanto, una tasa de crecimiento estable y eficiente del animal es deseable en la empresa lechera para producir novillas lecheras de alta calidad, que exhiben madurez sexual a un costo mínimo. Así pues, en la actualidad, la optimización del crecimiento de los animales lecheros se ha convertido en un área de interés para la investigación, especialmente en el Ecuador. Además, optimizar el peso corporal para la producción potencial de leche es elemental para satisfacer la necesidad de una gran población de ganado (5.2 millones, INEC, 2011) y, por lo tanto, cumplir con el objetivo de producción de leche para 14.4 millones de habitantes en el país (INEC, 2010). Es necesario seguir investigando en este ámbito productivo para determinar una estrategia que permita acelerar el crecimiento magro de las novillas lecheras sin reducir posteriormente la lactogénesis de la vaca, teniendo en cuenta los recursos disponibles del país.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Abeni, F., Calamari, L., Stefanini, L., & Pirlo, G. (2000). Effects of Daily Gain in Pre- and Postpubertal Replacement Dairy Heifers on Body Condition Score, Body Size, Metabolic Profile, and Future Milk Production1. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1468-1478. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75019-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75019-3)

*Average-daily-gain-calculator.pdf*. (s. f.). Recuperado 6 de abril de 2020, de <https://imesd.k12.or.us/sites/imesd.k12.or.us/files/File/college-prep/average-daily-gain-calculator.pdf>

Baldwin, R. L. (2004). *Rumen Development, Intestinal Growth and Hepatic Metabolism In The Pre- and Postweaning Ruminant—ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030204700612>

Bar-Peled, U., Robinzon, B., Maltz, E., Tagari, H., Folman, Y., Bruckental, I., Voet, H., Gacitua, H., & Lehrer, A. R. (1997). Increased Weight Gain and Effects on Production Parameters of Holstein Heifer Calves That Were Allowed to Suckle from Birth to Six Weeks of Age. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2523-2528. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76205-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76205-2)

Boro, P., Naha, B., Madkar, A., Saikia, D., Prakash, C., Godara, A., Sahoo, S., Patel, J., & Chandrakar, J. (2016). The effects of heifer growth on milk production and efficiency. *international journal of science and nature*, 7, 220-227.

Buthmann. (2010). *Dealing with Non-normal Data: Strategies and Tools*.

<https://www.isixsigma.com/tools-templates/normality/dealing-non-normal-data-strategies-and-tools/>

Capuco, A. V., Smith, J. J., Waldo, D. R., & Rexroad, C. E. (1995). Influence of Prepubertal Dietary Regimen on Mammary Growth of Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*, 78(12), 2709-2725. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76902-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76902-8)

Coffey, M., Hickey, J. M., & Brotherstone, S. (2006). Genetic Aspects of Growth of Holstein-Friesian Dairy Cows from Birth to Maturity. *Journal of dairy science*, 89, 322-329. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72097-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72097-5)

Gabler, M. T., Tozer, P. R., & Heinrichs, A. J. (2000). Development of a Cost Analysis Spreadsheet for Calculating the Costs to Raise a Replacement Dairy Heifer1. *Journal of Dairy Science*, 83(5), 1104-1109. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74975-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74975-7)

Gasque-Gómez, R. (2008). *Enciclopedia Bovina UNAM*.

[https://www.academia.edu/8275187/Enciclopedia\\_Bovina\\_UNAM](https://www.academia.edu/8275187/Enciclopedia_Bovina_UNAM)

Heinrichs, J., & Jones. (2016). *Monitoring Dairy Heifer Growth*. Penn State Extension.

<https://extension.psu.edu/monitoring-dairy-heifer-growth>

Heinrichs, J. (2017). *Economics and Effects of Accelerated Calf Growth Programs*.

Penn State Extension. <https://extension.psu.edu/economics-and-effects-of-accelerated-calf-growth-programs>

Hoffman, P. C., & Funk, D. A. (1992). *Applied Dynamics of Dairy Replacement Growth and Management—ScienceDirect*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030292780126>

Hoffman, P. (2015). *Optimum Growth Rates for Holstein Replacement Heifers*. 2nd ed.

[ebook] Madison: Marshfield Agricultural Research Station, p.5. Disponible en:

<https://fyi.extension.wisc.edu/heifermgmt/files/2015/02/optimumgrowthrates.pdf>

[Recuperado el 6 Abr. 2020].

INEC. (2010). *Resultados del Censo 2010*. [en línea] Instituto Nacional de Estadística y

Censos. Disponible en: <<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>>

[Recuperado el 6 Abr. 2020].

INEC. (2011). *Reporte Estadístico del Sector Agropecuario*. [en línea] Instituto

Nacional de Estadística y Censos. Disponible en: <

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf)

[content/descargas/Presentaciones/espac\\_2010.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf)> [Recuperado el 6 Abr.

2020].

Jones, C. (2017). *Growth Charts for Dairy Heifers*. Penn State Extension.

<https://extension.psu.edu/growth-charts-for-dairy-heifers>

- Kertz, A. F., Barton, B. A., & Reutzel, L. F. (1998). Relative Efficiencies of Wither Height and Body Weight Increase from Birth Until First Calving in Holstein Cattle. *Journal of Dairy Science*, *81*(5), 1479-1482.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75712-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75712-1)
- Knight, C. H., & Sorensen, A. (2001). (PDF) *Windows in early mammary development: Critical or not?*  
[https://www.researchgate.net/publication/11753412\\_Windows\\_in\\_early\\_mammary\\_development\\_Critical\\_or\\_not](https://www.researchgate.net/publication/11753412_Windows_in_early_mammary_development_Critical_or_not)
- Krpálková, L., Cabrera, V. E., Vacek, M., Štípková, M., Stádník, L., & Crump, P. (2014). Effect of prepubertal and postpubertal growth and age at first calving on production and reproduction traits during the first 3 lactations in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *97*(5), 3017-3027.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2013-7419>
- Lee, D. K., In, J., & Lee, S. (2015). Standard deviation and standard error of the mean. *Korean Journal of Anesthesiology*, *68*(3), 220-223.  
<https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.3.220>
- Mäntysaari, P., Ojala, M., & Mäntysaari, E. A. (2002). Measures of before and after breeding daily gains of dairy replacement heifers and their relationship with first lactation milk production traits. *Livestock Production Science*, *75*(3), 313-322.  
[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00329-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00329-3)

McHugh, M. L. (2008). Standard error: Meaning and interpretation. *Biochemia Medica*, 18(1), 7-13. <https://doi.org/10.11613/BM.2008.002>

Mourits, M. C. M., Galligan, D., Dijkhuizen, A. A., & Huirne, R. B. M. (2000). Optimization of Dairy Heifer Management Decisions Based on Production Conditions of Pennsylvania. *Journal of dairy science*, 83, 1989-1997. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75076-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75076-4)

Roche, J. R., Berry, D. P., & Kolver, E. S. (2006). Holstein-Friesian Strain and Feed Effects on Milk Production, Body Weight, and Body Condition Score Profiles in Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 89(9), 3532-3543. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72393-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72393-1)

Sejrsen, K. (1994). Relationships between nutrition, puberty and mammary development in cattle. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53(1), 103-111. <https://doi.org/10.1079/PNS19940014>

Solórzano, H. (2006). *Manual de procedimientos para los trabajadores del área de ganadería lechera de la Hacienda San Rafael, Bucay, Ecuador*. 36.

*SPSS Repeated Measures ANOVA - 2 Within-Subjects Factors*. (s. f.). Recuperado 3 de abril de 2020, de <https://www.spss-tutorials.com/spss-repeated-measures-anova-2-within-subjects-factors/#reporting-table>

Stroet, D. L., Calderon Diaz, J., Stalder, K., Heinrichs, A., & Dechow, C. D. (2016).

Association of calf growth traits with production characteristics in dairy cattle.

*Journal of Dairy Science*, 99. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10738>

University of Wisconsin-Madison (2015). *Weekly Growth Rates*. [imagen] Disponible en:

<https://fyi.extension.wisc.edu/heifermgmt/files/2015/02/weeklygrowthrates.pdf>

[Recuperado el 6 Abr. 2019].

Yaylak, E., Orhan, H., & Daşkaya, A. (2015). Some Environmental Factors Affecting

Birth Weight, Weaning Weight and Daily Live Weight Gain of Holstein Calves.

*Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 3(7), 617-622.

<https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i7.617-622.392>

Zanton, G. I., & Heinrichs, A. J. (2005). Meta-Analysis to Assess Effect of Prepubertal

Average Daily Gain of Holstein Heifers on First-Lactation Production\*. *Journal*

*of Dairy Science*, 88(11), 3860-3867. <https://doi.org/10.3168/jds.S0022->

0302(05)73071-X

**ANEXO A:** Cronograma de actividades

<b>2020</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>				<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
<i>Recolección de datos</i>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>					
<i>Análisis y discusión de datos</i>				<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
<i>Finalización y entrega del informe</i>							<b>X</b>	<b>X</b>
								<b>X</b>

El pesaje semanal se conformó por las siguientes fechas del presente año 2020:

- *Enero:* 7, 14, 21, 28
- *Febrero:* 4, 11, 18, 25
- *Marzo:* 3, 10

**ANEXO B:** Pesos obtenidos de las 22 terneras durante las 10 semanas

Nombre	7-ene.-2020	14-ene.-2020	21-ene.-2020	28-ene.-2020	4-feb.-2020	11-feb.-2020	18-feb.-2020	25-feb.-2020	3-mar.-2020	10-mar.-2020
Alegria	185	173	185	193	195	207	210	243	250	247
Alejo	90	80	80	92	98	95	98	110	115	116
Andrés	52	53	57	63	69	73	73	75	92	84
Arturo	72	90	81	85	93	95	98	107	115	116
Brocha	146	146	136	158	174	130	162	180	185	191
Carlos	64	69	72	73	85	86	95	100	114	123
Diamante	72	75	75	82	85	97	100	120	123	116
Elena	105	115	116	128	126	135	142	143	166	165
Gema	87	94	86	98	102	100	96	110	112	120
Mariposa	94	97	97	96	112	102	112	118	116	128
Mongol	96	98	94	99	107	107	116	124	127	141
Nachos	94	99	100	99	104	115	112	122	128	140
Napoleón	97	99	94	96	113	108	108	132	127	130
Nora	178	173	167	177	193	192	204	209	247	222
Panza	112	127	127	129	147	141	133	167	163	165
Playa	71	90	83	90	86	90	98	104	107	115
Sandra	62	69	70	74	83	93	93	99	103	120
Sara	114	108	105	106	115	115	116	128	146	146
Sonador	83	90	90	102	100	113	116	120	130	141
Témpera	97	99	97	102	103	102	104	123	121	135
Uva	96	100	103	99	108	105	112	114	129	124
Viajero	38	38	45	49	52	56	56	70	70	77

*Los datos fueron anotados en un cuaderno para luego ser tabulados en una plantilla en*

*Excel.*

## ANEXO C: ANOVA clásico inter-sujetos para medidas repetidas

## Comparaciones por parejas

Medida: Peso

(I) Semanas	(J) Semanas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-3,500	1,671	1,000	-9,807	2,807
	3	-2,500	1,614	1,000	-8,593	3,593
	4	-8,409 <sup>*</sup>	1,606	,002	-14,471	-2,347
	5	-15,682 <sup>*</sup>	1,562	,000	-21,577	-9,786
	6	-16,000 <sup>*</sup>	2,426	,000	-25,156	-6,844
	7	-20,409 <sup>*</sup>	1,969	,000	-27,842	-12,976
	8	-32,409 <sup>*</sup>	2,345	,000	-41,263	-23,555
	9	-40,045 <sup>*</sup>	2,849	,000	-50,799	-29,292
	10	-43,500 <sup>*</sup>	2,349	,000	-52,368	-34,632
	2	1	3,500	1,671	1,000	-2,807
3		1,000	1,132	1,000	-3,273	5,273
4		-4,909	1,371	,079	-10,083	,265
5		-12,182 <sup>*</sup>	1,541	,000	-18,000	-6,364
6		-12,500 <sup>*</sup>	2,253	,001	-21,006	-3,994
7		-16,909 <sup>*</sup>	1,988	,000	-24,414	-9,404
8		-28,909 <sup>*</sup>	2,628	,000	-38,832	-18,987
9		-36,545 <sup>*</sup>	3,332	,000	-49,124	-23,967
10		-40,000 <sup>*</sup>	2,535	,000	-49,568	-30,432
3		1	2,500	1,614	1,000	-3,593
	2	-1,000	1,132	1,000	-5,273	3,273
	4	-5,909 <sup>*</sup>	1,245	,005	-10,608	-1,210
	5	-13,182 <sup>*</sup>	1,673	,000	-19,498	-6,866
	6	-13,500 <sup>*</sup>	1,623	,000	-19,628	-7,372
	7	-17,909 <sup>*</sup>	1,677	,000	-24,241	-11,577
	8	-29,909 <sup>*</sup>	2,279	,000	-38,513	-21,305
	9	-37,545 <sup>*</sup>	3,053	,000	-49,070	-26,021
	10	-41,000 <sup>*</sup>	2,195	,000	-49,286	-32,714
	4	1	8,409 <sup>*</sup>	1,606	,002	2,347
2		4,909	1,371	,079	-,265	10,083
3		5,909 <sup>*</sup>	1,245	,005	1,210	10,608
5		-7,273 <sup>*</sup>	1,390	,002	-12,519	-2,026
6		-7,591	2,020	,052	-15,217	,035
7		-12,000 <sup>*</sup>	1,468	,000	-17,543	-6,457
8		-24,000 <sup>*</sup>	2,051	,000	-31,744	-16,256
9		-31,636 <sup>*</sup>	2,748	,000	-42,011	-21,262
10		-35,091 <sup>*</sup>	1,923	,000	-42,349	-27,833
5		1	15,682 <sup>*</sup>	1,562	,000	9,786
	2	12,182 <sup>*</sup>	1,541	,000	6,364	18,000
	3	13,182 <sup>*</sup>	1,673	,000	6,866	19,498
	4	7,273 <sup>*</sup>	1,390	,002	2,026	12,519
	6	-,318	2,519	1,000	-9,826	9,190
	7	-4,727	1,835	,793	-11,656	2,201
	8	-16,727 <sup>*</sup>	2,048	,000	-24,460	-8,995
	9	-24,364 <sup>*</sup>	2,762	,000	-34,791	-13,936
	10	-27,818 <sup>*</sup>	2,190	,000	-36,085	-19,552
	6	1	16,000 <sup>*</sup>	2,426	,000	6,844
2		12,500 <sup>*</sup>	2,253	,001	3,994	21,006
3		13,500 <sup>*</sup>	1,623	,000	7,372	19,628
4		7,591	2,020	,052	-,035	15,217
5		,318	2,519	1,000	-9,190	9,826
7		-4,409	1,680	,712	-10,750	1,931
8		-16,409 <sup>*</sup>	2,297	,000	-25,080	-7,738
9		-24,045 <sup>*</sup>	2,667	,000	-34,115	-13,976
10		-27,500 <sup>*</sup>	2,144	,000	-35,593	-19,407

7	1	20,409 <sup>a</sup>	1,969	,000	12,976	27,842
	2	16,909 <sup>a</sup>	1,988	,000	9,404	24,414
	3	17,909 <sup>a</sup>	1,677	,000	11,577	24,241
	4	12,000 <sup>a</sup>	1,468	,000	6,457	17,543
	5	4,727	1,835	,793	-2,201	11,656
	6	4,409	1,680	,712	-1,931	10,750
	8	-12,000 <sup>a</sup>	1,999	,000	-19,546	-4,454
	9	-19,636 <sup>a</sup>	2,007	,000	-27,213	-12,060
	10	-23,091 <sup>a</sup>	1,456	,000	-28,588	-17,593
	8	1	32,409 <sup>a</sup>	2,345	,000	23,555
2		28,909 <sup>a</sup>	2,628	,000	18,987	38,832
3		29,909 <sup>a</sup>	2,279	,000	21,305	38,513
4		24,000 <sup>a</sup>	2,051	,000	16,256	31,744
5		16,727 <sup>a</sup>	2,048	,000	8,995	24,460
6		16,409 <sup>a</sup>	2,297	,000	7,738	25,080
7		12,000 <sup>a</sup>	1,999	,000	4,454	19,546
9		-7,636	2,142	,082	-15,721	,449
10		-11,091 <sup>a</sup>	1,657	,000	-17,344	-4,837
9		1	40,045 <sup>a</sup>	2,849	,000	29,292
	2	36,545 <sup>a</sup>	3,332	,000	23,967	49,124
	3	37,545 <sup>a</sup>	3,053	,000	26,021	49,070
	4	31,636 <sup>a</sup>	2,748	,000	21,262	42,011
	5	24,364 <sup>a</sup>	2,762	,000	13,936	34,791
	6	24,045 <sup>a</sup>	2,667	,000	13,976	34,115
	7	19,636 <sup>a</sup>	2,007	,000	12,060	27,213
	8	7,636	2,142	,082	-449	15,721
	10	-3,455	2,033	1,000	-11,129	4,220
	10	1	43,500 <sup>a</sup>	2,349	,000	34,632
2		40,000 <sup>a</sup>	2,535	,000	30,432	49,568
3		41,000 <sup>a</sup>	2,195	,000	32,714	49,286
4		35,091 <sup>a</sup>	1,923	,000	27,833	42,349
5		27,818 <sup>a</sup>	2,190	,000	19,552	36,085
6		27,500 <sup>a</sup>	2,144	,000	19,407	35,593
7		23,091 <sup>a</sup>	1,456	,000	17,593	28,588
8		11,091 <sup>a</sup>	1,657	,000	4,837	17,344
9		3,455	2,033	1,000	-4,220	11,129

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

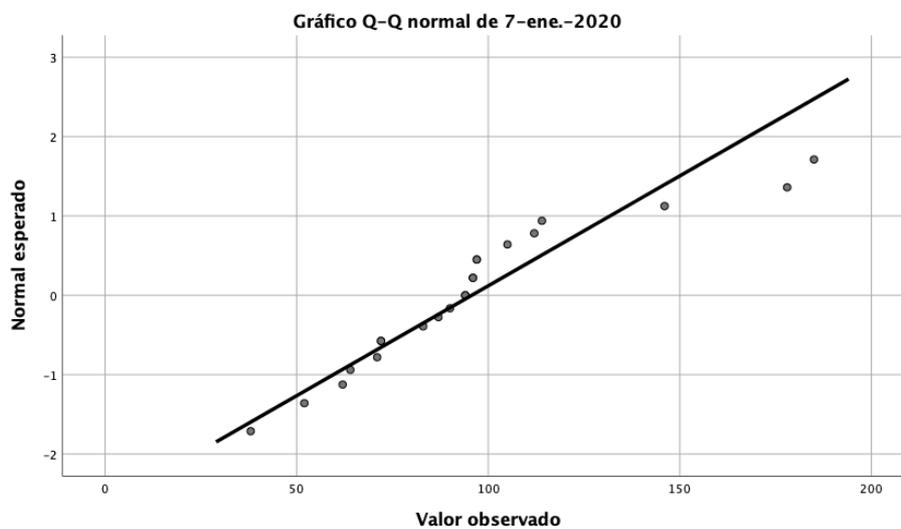
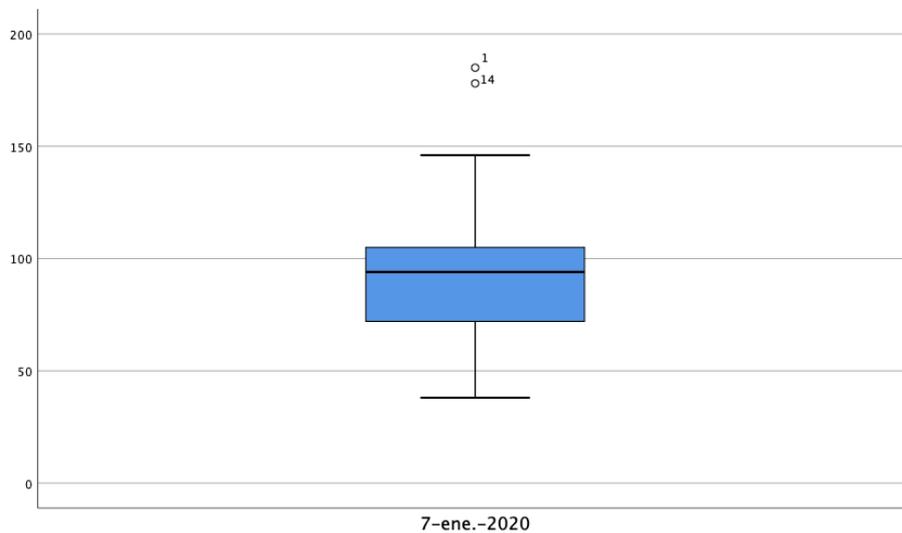
**ANEXO D: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk****Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
7-ene.-2020	,213	22	,011	,895	22	,024
14-ene.-2020	,217	22	,008	,920	22	,076
21-ene.-2020	,190	22	,037	,913	22	,054
28-ene.-2020	,251	22	,001	,880	22	,012
4-feb.-2020	,233	22	,003	,877	22	,011
11-feb.-2020	,234	22	,003	,851	22	,004
18-feb.-2020	,274	22	,000	,846	22	,003
25-feb.-2020	,234	22	,003	,859	22	,005
3-mar.-2020	,279	22	,000	,822	22	,001
10-mar.-2020	,209	22	,013	,877	22	,011

a. Corrección de significación de Lilliefors

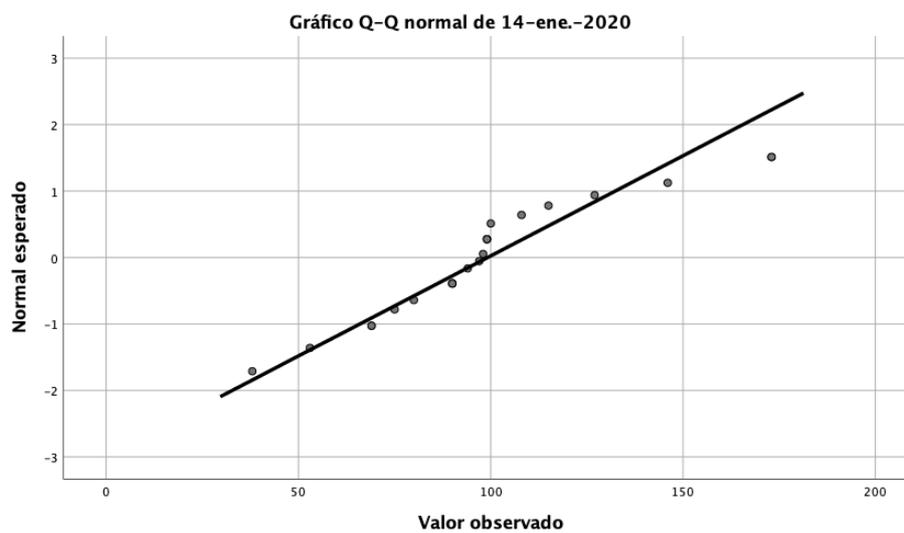
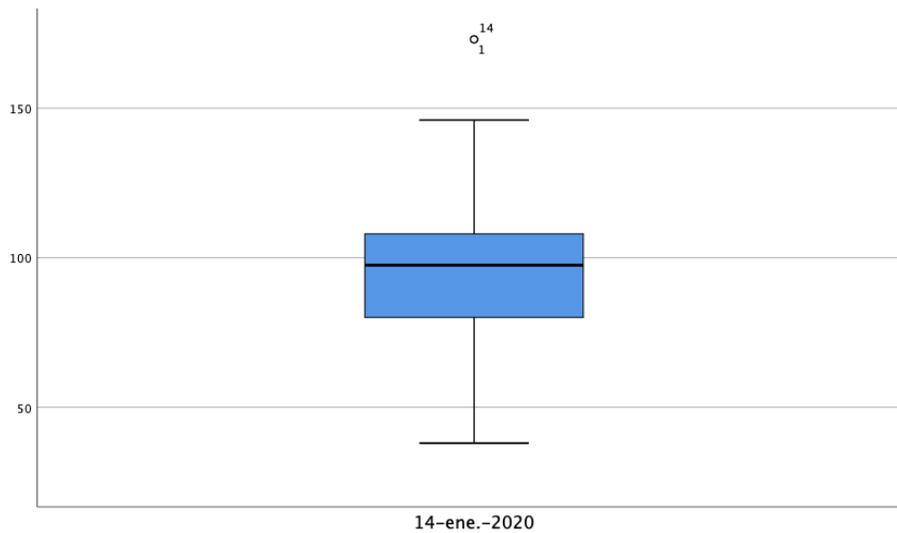
**ANEXO E: Semana 1 (07/01/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes  
y curva de distribución**

		Estadístico	Error estándar	
7-ene.-2020	Media	95,68	7,695	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	79,68	
		Límite superior	111,68	
	Media recortada al 5%	93,89		
	Mediana	94,00		
	Varianza	1302,703		
	Desviación estándar	36,093		
	Mínimo	38		
	Máximo	185		
	Rango	147		
	Rango intercuartil	35		
	Asimetría	1,136	,491	
	Curtosis	1,533	,953	



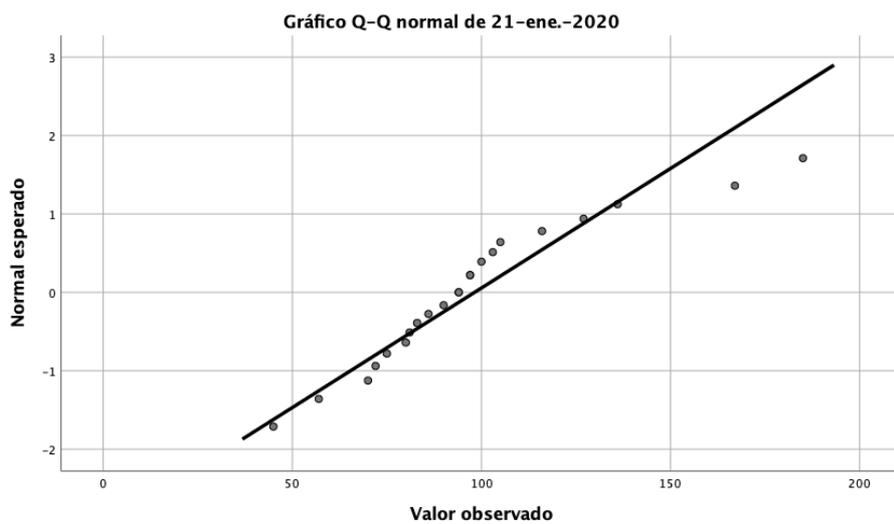
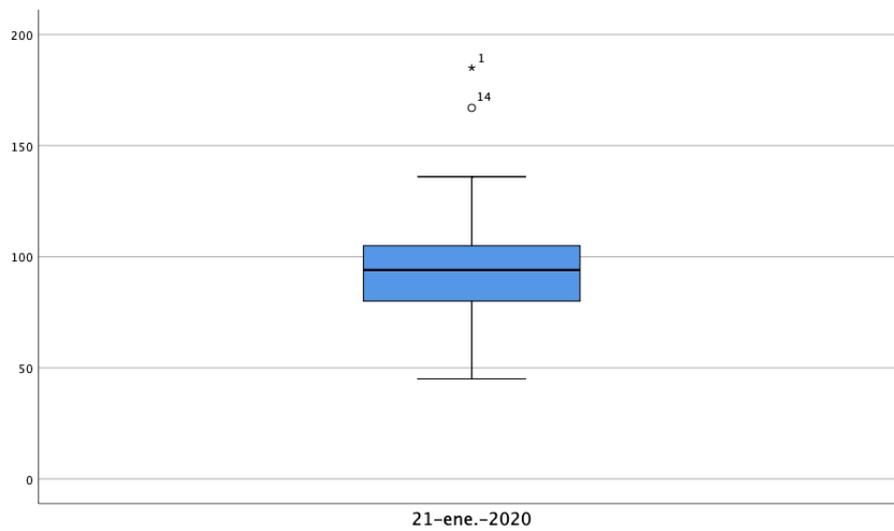
**ANEXO F: Semana 2 (14/01/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes  
y curva de distribución**

14-ene.-2020	Media		99,18	7,076
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	84,47	
		Límite superior	113,90	
	Media recortada al 5%		98,40	
	Mediana		97,50	
	Varianza		1101,394	
	Desviación estándar		33,187	
	Mínimo		38	
	Máximo		173	
	Rango		135	
	Rango intercuartil		31	
	Asimetría		,755	,491
	Curtosis		,992	,953



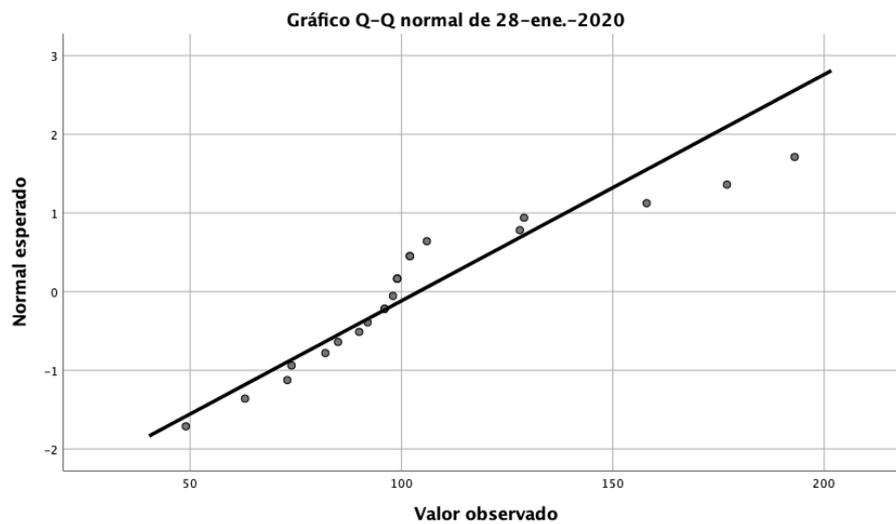
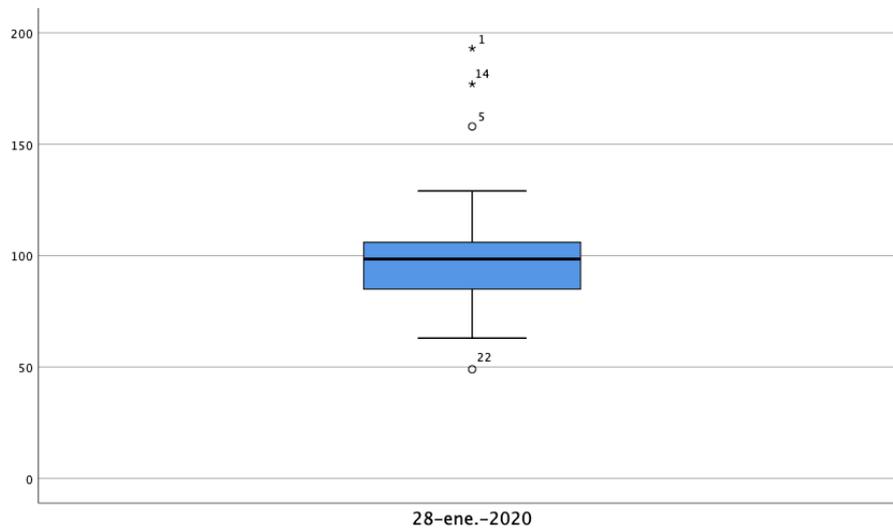
**ANEXO G: Semana 3 (21/01/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes  
y curva de distribución**

21-ene.-2020	Media		98,18	6,990
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	83,64	
		Límite superior	112,72	
	Media recortada al 5%		96,34	
	Mediana		94,00	
	Varianza		1075,013	
	Desviación estándar		32,787	
	Mínimo		45	
	Máximo		185	
	Rango		140	
	Rango intercuartil		29	
	Asimetría		1,151	,491
	Curtosis		1,710	,953



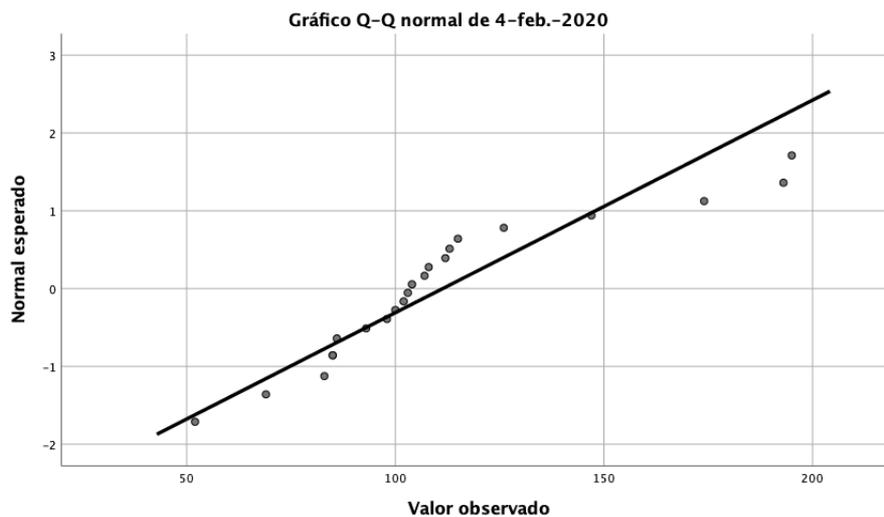
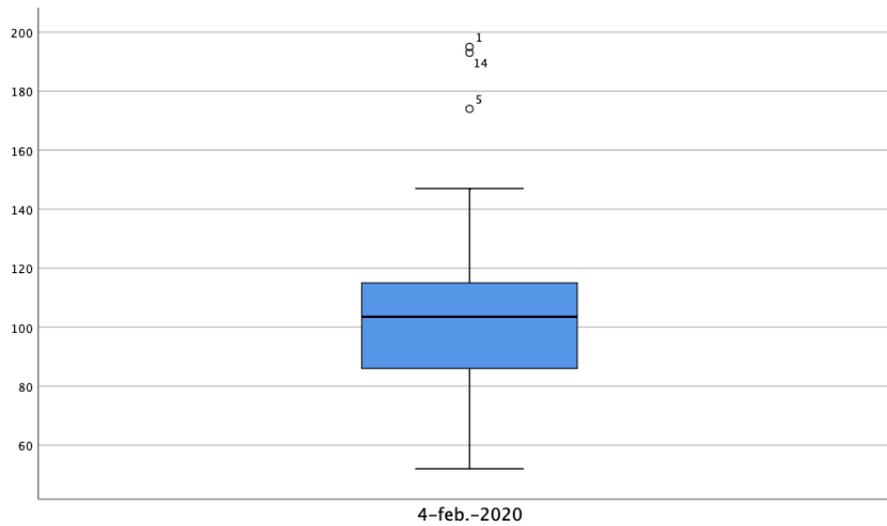
**ANEXO H: Semana 4 (28/01/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes  
y curva de distribución**

28-ene.-2020	Media		104,09	7,410
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	88,68	
		Límite superior	119,50	
	Media recortada al 5%		102,22	
	Mediana		98,50	
	Varianza		1208,087	
	Desviación estándar		34,758	
	Mínimo		49	
	Máximo		193	
	Rango		144	
	Rango intercuartil		27	
	Asimetría		1,195	,491
	Curtosis		1,478	,953



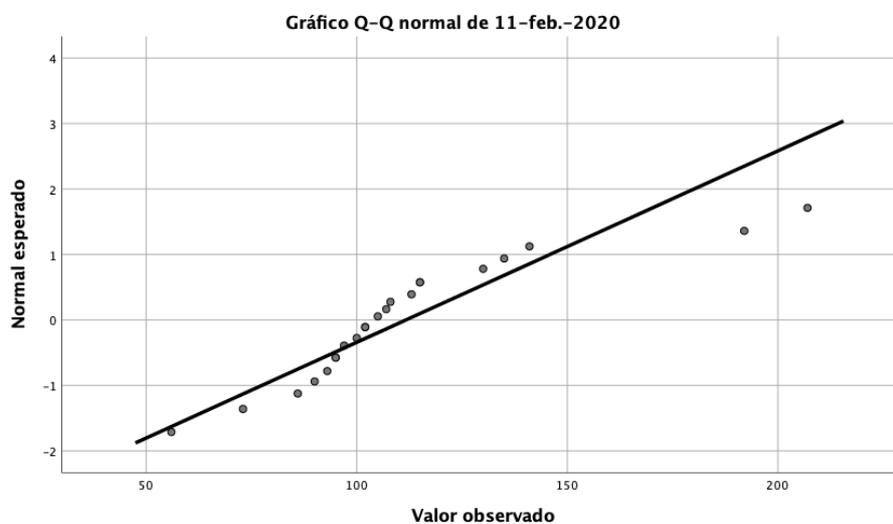
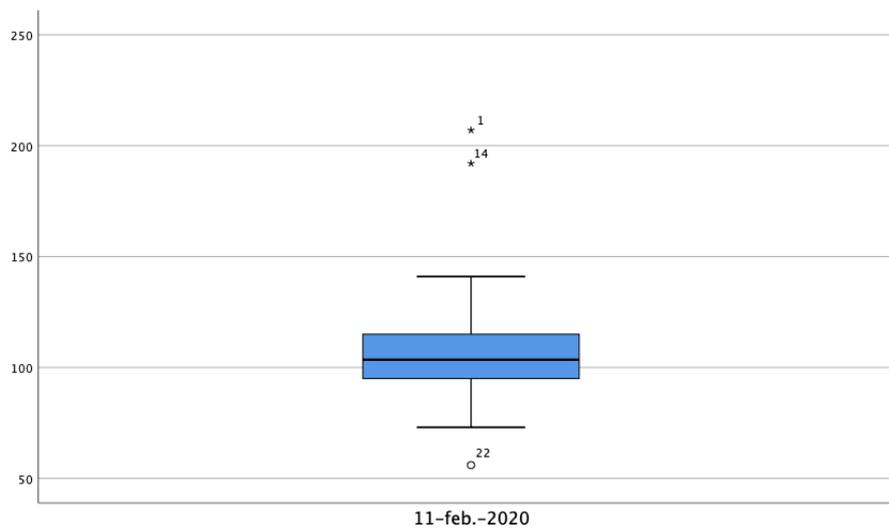
**ANEXO I: Semana 5 (04/02/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes y curva de distribución**

4-feb.-2020	Media		111,36	7,803
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	95,14	
		Límite superior	127,59	
	Media recortada al 5%		109,94	
	Mediana		103,50	
	Varianza		1339,385	
	Desviación estándar		36,598	
	Mínimo		52	
	Máximo		195	
	Rango		143	
	Rango intercuartil		32	
	Asimetría		1,122	,491
	Curtosis		1,051	,953



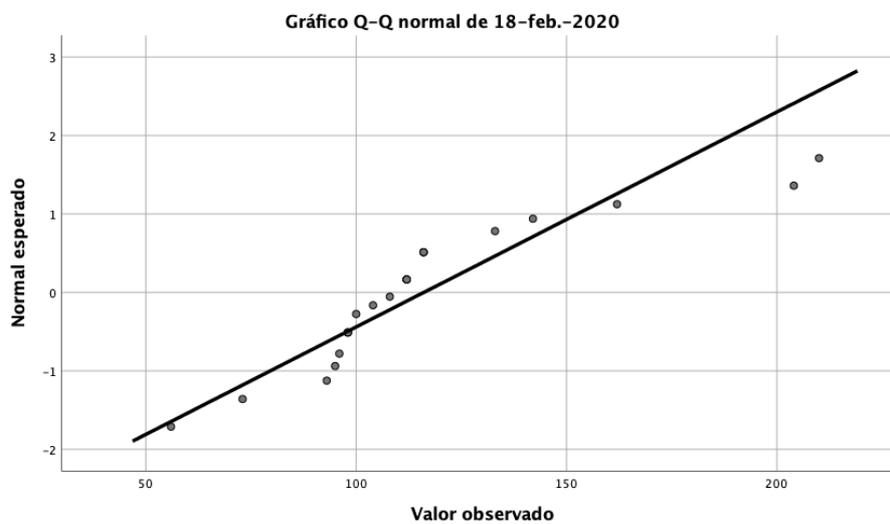
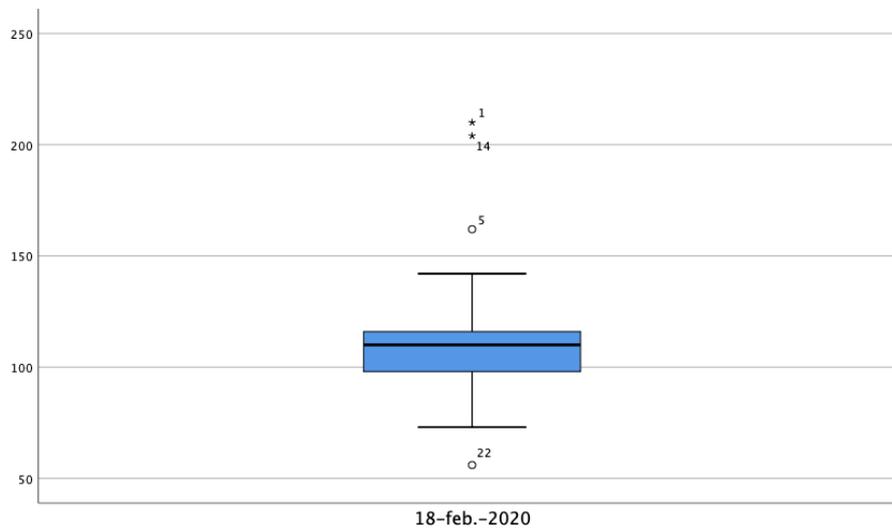
**ANEXO J: Semana 6 (11/02/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes y curva de distribución**

11-feb.-2020	Media		111,68	7,290
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	96,52	
		Límite superior	126,84	
	Media recortada al 5%		109,47	
	Mediana		103,50	
	Varianza		1169,084	
	Desviación estándar		34,192	
	Mínimo		56	
	Máximo		207	
	Rango		151	
	Rango intercuartil		24	
	Asimetría		1,504	,491
	Curtosis		2,929	,953



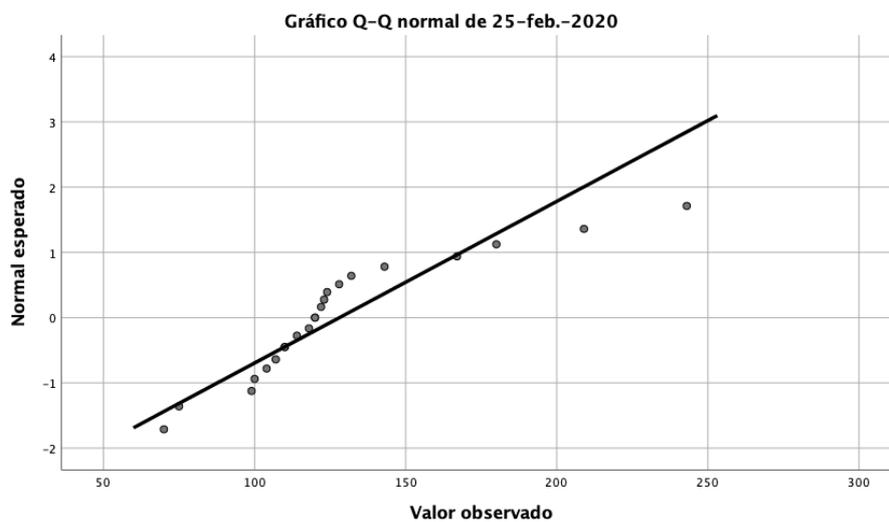
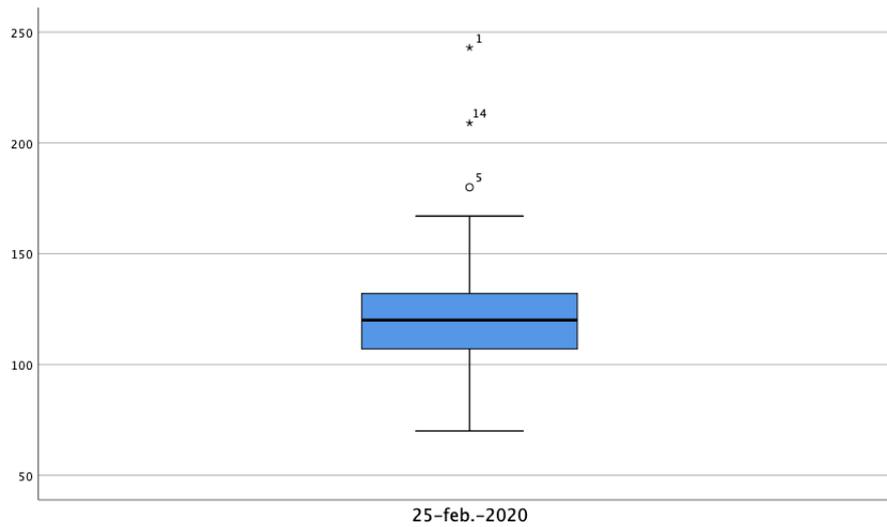
**ANEXO K: Semana 7 (18/02/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes  
y curva de distribución**

18-feb.-2020	Media		116,09	7,780
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	99,91	
		Límite superior	132,27	
	Media recortada al 5%		114,16	
	Mediana		110,00	
	Varianza		1331,610	
	Desviación estándar		36,491	
	Mínimo		56	
	Máximo		210	
	Rango		154	
	Rango intercuartil		23	
Asimetría		1,375	,491	
Curtosis		2,241	,953	



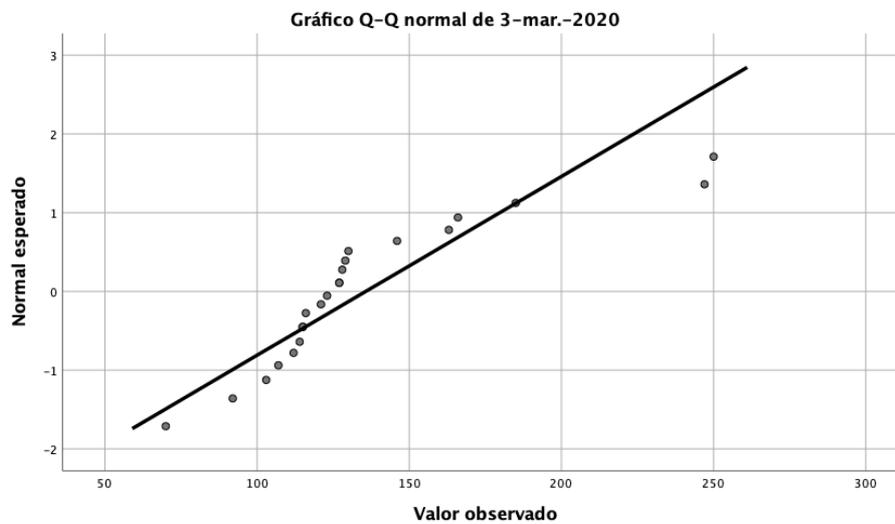
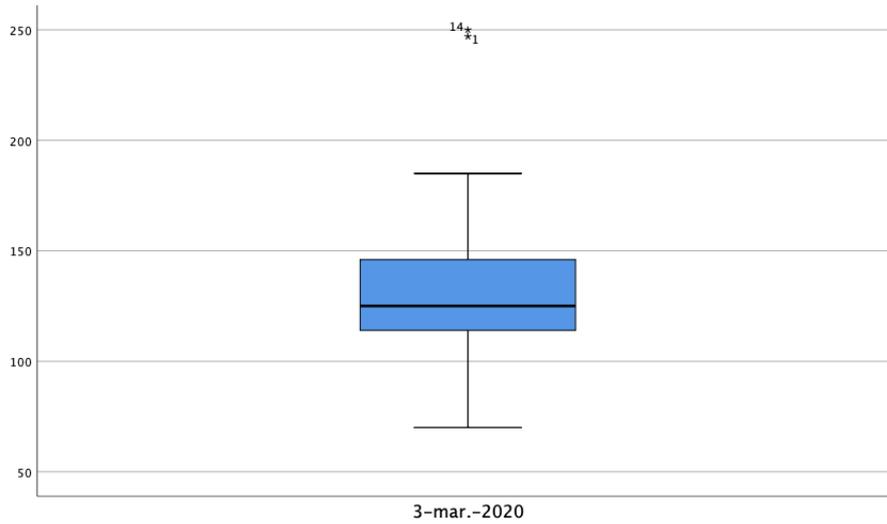
**ANEXO L: Semana 8 (25/02/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes  
y curva de distribución**

25-feb.-2020	Media		128,09	8,606
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	110,19	
		Límite superior	145,99	
	Media recortada al 5%		125,08	
	Mediana		120,00	
	Varianza		1629,325	
	Desviación estándar		40,365	
	Mínimo		70	
	Máximo		243	
	Rango		173	
	Rango intercuartil		29	
	Asimetría		1,446	,491
	Curtosis		2,449	,953



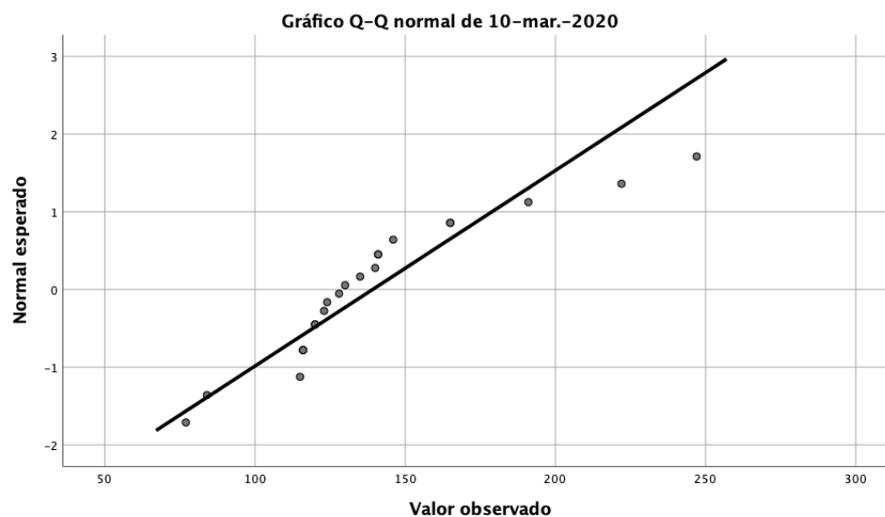
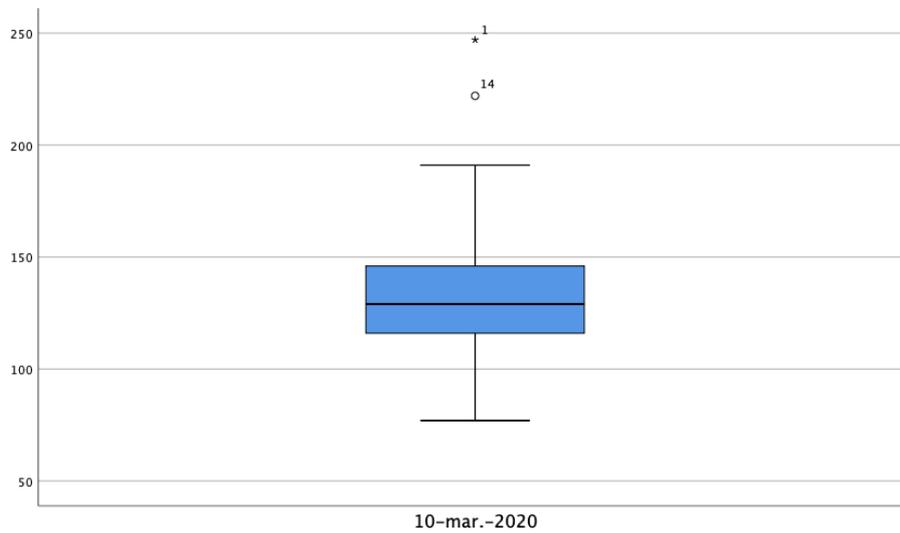
**ANEXO M: Semana 9 (03/03/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes  
y curva de distribución**

3-mar.-2020	Media		135,73	9,388
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	116,20	
		Límite superior	155,25	
	Media recortada al 5%		132,93	
	Mediana		125,00	
	Varianza		1938,779	
	Desviación estándar		44,032	
	Mínimo		70	
	Máximo		250	
	Rango		180	
	Rango intercuartil		37	
	Asimetría		1,568	,491
	Curtosis		2,531	,953



**ANEXO N: Semana 10 (10/03/2020) – Estadística descriptiva, gráfico de caja y bigotes y curva de distribución**

10-mar.-2020	Media		139,18	8,467
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	121,57	
		Límite superior	156,79	
	Media recortada al 5%		136,74	
	Mediana		129,00	
	Varianza		1577,108	
	Desviación estándar		39,713	
	Mínimo		77	
	Máximo		247	
	Rango		170	
	Rango intercuartil		35	
	Asimetría		1,264	,491
	Curtosis		2,028	,953



## ANEXO O: Regresión lineal

### Resumen del modelo<sup>b</sup>

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,371 <sup>a</sup>	,138	,134	36,460

a. Predictores: (Constante), Tiempo

b. Variable dependiente: Peso (kg)

### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	46279,463	1	46279,463	34,814	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	289791,374	218	1329,318		
	Total	336070,836	219			

a. Variable dependiente: Peso (kg)

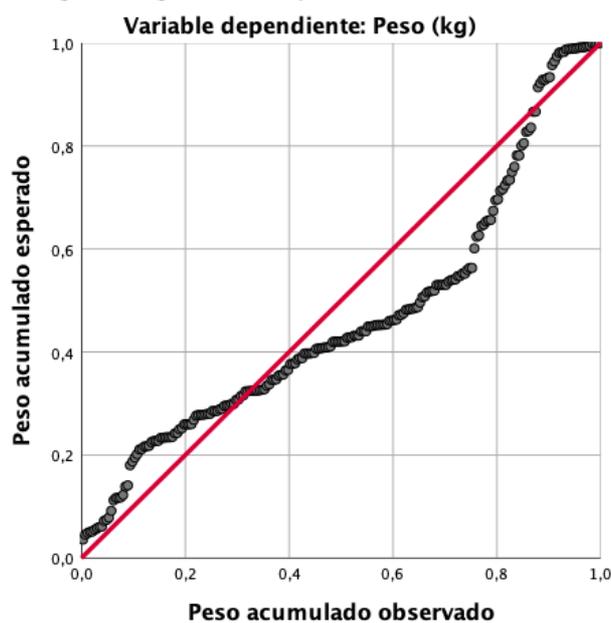
b. Predictores: (Constante), Tiempo

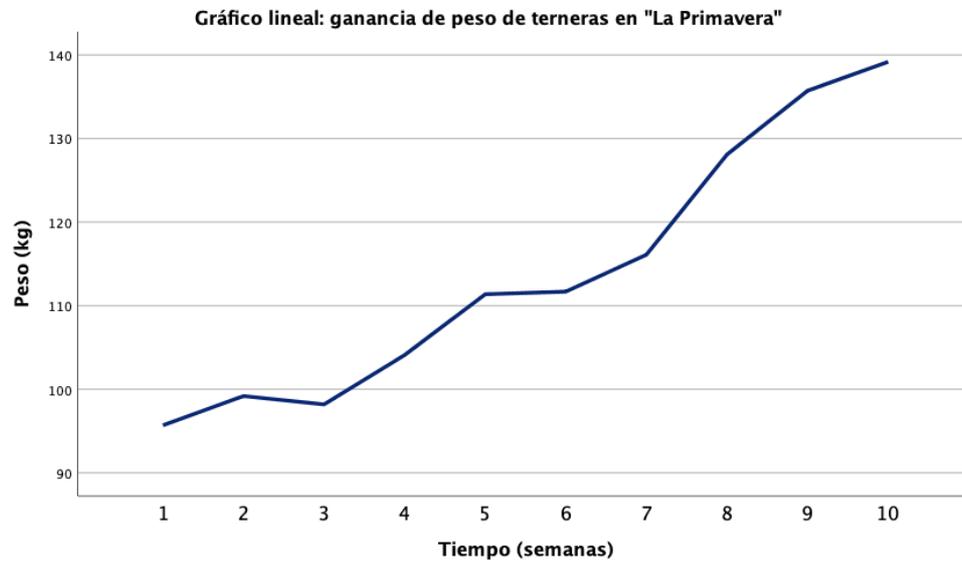
### Coefficientes<sup>a</sup>

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Correlaciones		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Orden cero	Parcial	Parte
1	(Constante)	86,155	5,310		16,225	,000			
	Tiempo	5,050	,856	,371	5,900	,000	,371	,371	,371

a. Variable dependiente: Peso (kg)

### Gráfico de regresión: ganancia de peso de terneras en "La Primavera"



**ANEXO P: Gráfico lineal de la ganancia de peso**

**ANEXO Q: Prueba de Friedman****Estadísticos de prueba<sup>a</sup>**

N	22
Chi-cuadrado	178,257
gl	9
Sig. asintótica	,000

a. Prueba de Friedman

## ANEXO R: Pruebas de rangos de Wilcoxon (Semana 7 vs. Semana 8)

### Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
25-feb.-2020 - 18-feb.-2020	Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	,00	,00
	Rangos positivos	22 <sup>b</sup>	11,50	253,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	22		

a. 25-feb.-2020 < 18-feb.-2020

b. 25-feb.-2020 > 18-feb.-2020

c. 25-feb.-2020 = 18-feb.-2020

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

		25-feb.-2020 - 18-feb.-2020
Z		-4,109 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)		,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

## ANEXO S: Pruebas de rangos de Wilcoxon (Semana 7 vs. Semana 9)

### Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
3-mar.-2020 - 18-feb.-2020	Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	,00	,00
	Rangos positivos	22 <sup>b</sup>	11,50	253,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	22		

a. 3-mar.-2020 < 18-feb.-2020

b. 3-mar.-2020 > 18-feb.-2020

c. 3-mar.-2020 = 18-feb.-2020

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

		3-mar.-2020 - 18-feb.-2020
Z		-4,112 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)		,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

**ANEXO T:** Fórmula para el cálculo de *GPD* (ganancia de peso diaria)

$$\frac{(\textit{Peso final} - \textit{peso inicial})}{(\textit{Fecha final} - \textit{fecha inicial})}$$

$$\frac{\textit{Total de kg ganados}}{\textit{\# días}}$$

**Fuente:** Average-daily-gain-calculator.pdf. (s. f.)