

ARTÍCULO ORIGINAL

EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA GLUCOSA Y A LA SENSIBILIDAD DE LA INSULINA EN CRÍAS DE “LLAMA” *Lama glama* EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS – LACHOCC, PERÚ

ASSESSMENT GLUCOSE TOLERANCE AND INSULIN SENSITIVITY IN “LLAMAS”, *Lama glama*, IN THE CENTER OF RESEARCH AND DEVELOPMENT SOUTH AMERICAN CAMELIDS - LACHOCC, PERU

Gilmar Mendoza^{1*}, Mariel Jiménez², Rufino Paucar³ & Irvin Ticlla⁴

^{1,2}Escuela Académico Profesional de Zootecnia (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n Trujillo, Perú. *E-mail: gmendoza1357@gmail.com

^{3,4}Escuela Académica Profesional de Zootecnia (Universidad Nacional de Huancavelica) Av. Universitaria s/n- Paturpampa, Huancavelica, Perú.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la tolerancia a la glucosa y la sensibilidad a la insulina en crías de llama del Centro de Investigación y Desarrollo (Lachocc), localizado en la región de Huancavelica. Se utilizaron 12 crías de llama menores de 1 año en ayuno durante 12 horas. Se determinó una concentración de glucosa e insulina basal de 112.5 ± 10.8 mg/dl y 1.9 ± 1.5 μ IU/L respectivamente. Los tratamientos fueron T0: testigo, T1: glucosa e insulina (dextrosa al 33%, 0.5 g/kg. e insulina 0.2 UI/kg). Las muestras fueron extraídas de la vena yugular antes (línea base, 0 minutos) y a los 5, 10, 15 y 20 minutos después de la administración de los tratamientos. Para el análisis de las muestras se usaron los métodos Glucosa AA colorimétrico Wiener y Elisa Diametra. La concentración máxima promedio de glucosa e insulina fue de 192.8 ± 26.6 mg/dl y 5.2 ± 2.3 μ IU/L respectivamente, estos resultados fueron detectados a los 10 primeros minutos después de la administración de los tratamientos. Se concluye, que las crías tienen tolerancia a la glucosa y sensibilidad a la insulina superior a la de los adultos.

Palabras claves: Llama, glucosa, insulina, tolerancia, sensibilidad, metabolismo.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate glucose tolerance and insulin sensitivity in crias of llama the Center for Research and Development - Lachocc, located in the region of Huancavelica. 12 pups under 1 year llama fasting for 12 hours were used; in which a concentration of glucose and insulin baseline 112.5 ± 10.8 mg / dl and 1.9 ± 1.5 μ IU / L respectively determined; 2 treatments are well established, T0: control, T1: glucose and insulin (. 33% dextrose, 0.5 g / kg and insulin 0.2 IU / kg). Samples were drawn from the jugular vein before (baseline, 0 minutes) and 5, 10, 15 and 20 minutes after administration of treatment. For analysis of samples AA Glucose colorimetric methods and Elisa Wiener Diametra they used. The maximum average glucose and insulin concentration was 192.8 ± 26.6 mg / dl and 5.2 ± 2.3 μ IU / L respectively, these results were detected for the first 10 minutes after administration of treatment. The conclusion is that the llama crias have glucose tolerance and sensitivity than that of adults insulin. However, it is not known if sick offspring retain the adequacy and responsiveness of pancreatic tissue that is likely responsible for the metabolism of glucose in healthy individuals.

Keywords: Llama, glucose, insulin, tolerance, sensitivity, metabolism

Recibido: 04 Noviembre 2015

Aceptado: 03 Diciembre 2015

INTRODUCCIÓN

Los camélidos sudamericanos, constituyen un recurso genético de gran importancia social, económica, cultural y científica para el Perú y algunos de los países de la región andina, su domesticación data de hace unos 6 a 7 mil años. (FAO, 2005).

Las especies domésticas, alpaca y llama, constituyen el principal medio de subsistencia de un vasto sector de la población de las zonas alto andinas del Perú, a través del aporte de fibra, carne, energía de trabajo y otros subproductos. La crianza de alpacas y llamas en el Perú se desarrolla en la región andina de la sierra, particularmente sur y central, a altitudes que van de los 3 800 hasta más de 5 000 metros sobre el nivel del mar. Entre los 3 800 y 4 000 m de altitud, la crianza de alpacas y llamas por lo general se combina con la de otras especies animales y algunos cultivos, pero encima de los 4 000 m la actividad predominante es la crianza de camélidos, en particular alpacas (FAO, 2005; INEI, 1996).

La llama (*Lama glama*) es el camélido de mayor tamaño; puede alcanzar un peso adulto de 100 a 120 kg. Fue desarrollado fundamentalmente para el transporte y el abastecimiento de carne. Existen dos razas, *Chaku* y *K'ara*, conocidas también con las denominaciones lanuda y pelada, respectivamente. Se diferencian una de otra por la magnitud de cobertura del cuerpo. Mientras que *Chaku* tiene mayor cobertura de fibra, incluyendo las extremidades, *K'ara* tiene una apariencia de mayor fortaleza corporal con poca cobertura de cuerpo y extremidades. Existen tipos intermedios que pueden confundirse con el "Huarizo", producto del cruce de llama con alpaca, que ocurre frecuentemente en sistemas de crianza mixta como es el caso de la mayoría de pequeños productores (Concha, 2013). La mayor concentración de llamas en el Perú, se encuentra en el departamento de Puno, seguido por Cusco y Huancavelica. La región Junín ocupa el cuarto lugar a diferencia de lo que ocurre en el caso de las alpacas en que esta región ocupa uno de los últimos lugares. La mayor concentración de llamas en un determinado departamento tiene que ver con las necesidades de uso de estos animales para el transporte de insumos agrícolas y de las cosechas pero al mismo tiempo constituyen una importante fuente de proteínas para consumo humano (INEI, 1996).

En los últimos años, una serie de condiciones patológicas se han identificado en llamas y alpacas que aparecen con metabolismo anormal de carbohidratos. Estos incluyen lipidosis hepática, pancreatitis, y atrofia de páncreas con la diabetes mellitus. Con cada una de estas enfermedades, hay acumulaciones anormales de sustrato de energía en la sangre o tejidos. Algunas de estas enfermedades se parecen a las de otros animales domésticos. Otras parecen ser exclusivas de estas especies de camélidos, o los cambios observados en los camélidos afectados son contrarios a los esperados. Por ejemplo, el ganado lechero con lipidosis hepática a menudo tienen hipoglucemia concurrente, mientras que los camélidos con lesiones histológicas similares a menudo son hiperglucémicos. Estas diferencias apoyan la conclusión de que los camélidos procesan carbohidratos de manera diferente a otros animales. Datos recientes sugieren que los camélidos del viejo mundo responden de manera diferente que las ovejas o caballos a demanda de glucosa intravenosa. Los camellos eliminan la glucosa, secretan insulina y suprimen la movilización de ácidos grasos libres. Datos similares obtenidos a partir de los camélidos del nuevo mundo han sido considerados anormales y se utiliza para diagnosticar la diabetes mellitus. Es posible que los camélidos del nuevo mundo se asemejen a los camélidos del viejo mundo en relación a la pobre respuesta de la insulina a la hiperglucemia y a las altas concentraciones de glucosa en sangre en reposo. También es posible que las diferencias fisiológicas en la dinámica de glucosa e insulina son importantes para el desarrollo de varios de los síndromes mencionados anteriormente, tales como por qué camélidos con lipidosis hepática siguen movilizando depósitos adiposos a pesar de suministro aparentemente adecuado de glucosa (Cebra, 2001).

El metabolismo de la glucosa en camélidos sigue siendo un enigma, los animales rumiantes mantienen baja concentración de glucosa en sangre 50-80 mg /dl o de 2.8 – 4.4 mmol/L, comparados con los animales no rumiantes (75- 115 mg/dl) o 4.2-6.3 mmol/L. Los terneros alimentados con leche antes del destete no son rumiantes funcionales y mantendrán una concentración de glucosa en sangre superior similar a los animales no rumiantes. Como el rumen se vuelve funcional, la glucosa en sangre se reducirá a concentraciones de animales adultos. En contraste con los rumiantes, llamas y alpacas mantienen las concentraciones más altas de glucosa en sangre (103-160 mg / dl) o 5.7 a 8.9 mmol / L, más similares a la de los animales no rumiantes. Las llamas y alpacas también despliegan en respuesta hiperglucémico extrema (glucemia concentraciones > 200-300 mg / dl o 11.1-16.6 mmol / L) en respuesta a situaciones aún mínimas de estrés. La glucosa sanguínea elevada puede explicarse en parte por investigaciones

recientes que muestran bajas concentraciones de insulina, una respuesta de la insulina lenta y moderada resistencia a la misma, algo similar a una condición relacionada con la diabetes, en llamas y alpacas. (Galván *et al.*, 2014).

La condición inferior a la insulina también permite la gluconeogénesis no regulada y rápida lipólisis de los adipocitos cuando se enfrentan a un balance energético negativo. La captación periférica disminuida y la utilización de la glucosa requiere un combustible celular alternativo. Aunque los camélidos están bien adaptados a tolerar períodos de desnutrición, alteraciones en el estado de la insulina, aunque en la proteína pueden resultar en una mayor susceptibilidad a la movilización de lípidos exagerada que conduce a lipidosis hepática. En contraste con los rumiantes, los camélidos de todas las edades y estados fisiológicos pueden sucumbir a diferentes grados de lipidosis hepática. El uso de concentraciones hiperosmolares de glucosa para tratar los déficits de energía, es un enfoque terapéutico típico en los rumiantes, no es posible debido a su limitada respuesta de la insulina (Arias, 2007; Elmahdi, 1997).

A través de la evolución, los camélidos sudamericanos están específicamente adaptados a ambientes extraños, el camello se sabe que es capaz de ayunar durante largos periodos de tiempo y utilizar la energía de la dieta de manera muy eficiente. El requerimiento para el mantenimiento de energía es de tan solo 314 KJ / kg esto es aproximadamente dos tercios del requerimiento para el ganado vacuno, del mismo modo, el requerimiento de mantenimiento de energía digestible en llama es 37% más bajo que en las ovejas. En el metabolismo energético de los camélidos, la glicemia, representa el punto clave para la obtención de ATP, presenta en los camélidos diferencias con respecto a otros rumiantes. Ellos presentan valores normales variables de 90-120mg/dL respecto a valores mucho más bajos de los otros rumiantes aproximadamente 60mg/dL (Ommaya, 1995).

Valores tan elevados pueden ser justificados por algunos factores como la actividad hepática especializada y en particular del ciclo de la urea y la escasa sensibilidad periférica a la insulina. Una de las patologías evidenciadas en los camélidos es el síndrome hiperglicémico o hiperosmolar (Dahlborn *et al.*, 1992; Ehlmedi *et al.*, 1997; Cebra *et al.*, 200, 2001, 2004).

Al considerar a estas situaciones fisiopatológicas como debidas a una deficiencia absoluta o relativa de insulina tiene el inconveniente de no estimular los estudios tendientes a comprender porque se desarrolla hiperglucemia en presencia de tasas normales o aumentadas de secreción de insulina. Es por eso, que el motivo de la presente investigación fue evaluar la tolerancia a la glucosa y la sensibilidad a la insulina en crías de llama del centro de investigación y desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc de Huancavelica.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc, ubicado a 32 km de la vía carretera Huancavelica-Pisco, en zona húmeda subalpino-subtropical; entre los 4,225 hasta los 4,850 m.s.n.m., región de Huancavelica, durante los meses de Octubre a Diciembre del 2014.

Tamaño de muestra

Para estimar el tamaño de la muestra se utilizó el coeficiente de confianza basado en la distribución normal estándar para un nivel de 95%, mediante la siguiente fórmula:

Cálculo del tamaño de muestra para estimar parámetros numéricos en poblaciones finitas

$$n = \frac{N * Z_{1-\alpha/2}^2 * S^2}{d^2 * (N - 1) + Z_{1-\alpha}^2 * S^2}$$

Para:

N= 100

α =	0.005
$1-\alpha$ =	0.95
$Z_{1-\alpha/2}$ =	1.96
S =	1.8758998
S^2 =	3.5
d =	1

Dónde:

N =	Tamaño de la población
α =	Error de alfa
$1-\alpha$ =	Nivel de confianza
S =	Desviación estándar
S^2 =	Varianza
d =	Precisión

Calculando:

$$n = \frac{100 * 1.96^2 * 3.5}{1^2 * (100 - 1) + 1.96^2 * 3.5} = n = 11.9574 = n = 12$$

Metodología:

.Selección de los animales

Se seleccionaron aleatoriamente 12 crías machos de llamas de 1 año de edad, correspondiente al fenotipo k'ara, procedentes del hato de llamas del Centro de Investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos – Lachocc.

.Diseño experimental

Se empleó el diseño completamente al azar, con 2 tratamientos y 12 unidades experimentales.

.Tratamientos:

Tratamiento control (T_0): se usaron 6 animales a los cuales no se les aplicó ni glucosa o insulina, solo se les extrajo muestras de sangre cada 5 minutos durante 20 minutos, para la determinación de los niveles normales de glucosa e insulina en su sangre.

Tratamiento con aplicación de glucosa e insulina (T_1): Animales a los cuales, se les aplicó glucosa en dosis de 0.5g/kg, y luego se les extrajo muestras de sangre cada 5 minutos durante 10 minutos. Después se les administró insulina en nivel de 0.2 μ U/kg, y después se les extrajo muestras de sangre cada 5 minutos durante 10 minutos. Este procedimiento se realizó inmediatamente luego de extraer la glucosa basal.

.Obtención de muestras

Las llamas fueron identificadas y sometidas a un ayuno de 12 horas previo a la toma de muestras. Estas fueron tomadas a las 6:00 am, determinando los niveles basales de glucosa e insulina, luego se pesan los animales para determinar las cantidades de glucosa e insulina a dosificar. Las muestras de sangre se obtuvieron de la vena yugular, introduciendo un catéter 22 Gx 1 $\frac{1}{4}$, conectado a un extensor de 15 cm en los tiempos establecidos. Este estuvo heparinizado con el fin de evitar la coagulación dentro del sistema y permitir así el muestreo con un menor stress para el animal. La colección de sangre fue en tubos al vacío con anticoagulante para evitar la hemólisis y fueron colocados en un cooler con hielo para conservarlos y ser transportados al laboratorio para el análisis correspondiente.

.Datos registrados

- Nivel de glucosa
- Nivel de insulina.
- Tiempo de administración

➤ Intervalo de muestreo

.Parámetros evaluados

-Concentración de glucosa en plasma:

**Prueba bioquímica Glucosa AA colorimétrico Wiener
Suero o plasma**

Se obtuvo suero de la manera usual y plasma recolectado con anticoagulantes comunes.

Condiciones de reacción

- Longitud de onda: 505nm en espectrofotómetro
- Temperatura de reacción: 37°C
- Tiempo de reacción: 5 minutos
- Volumen de muestra: 10µl
- Volumen de reactivo: 1 ml
- Volumen final de reacción: 1.01 ml

-Concentración de insulina:

Prueba Insulina-Elisa Diametra: Leer la absorbancia (E) a 450 nm frente al blanco en un plazo de 5 minutos.

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó estadística descriptiva (promedios, varianzas, desviación estándar). Las medias de los tratamientos se compararon con la prueba T de Student, al 0,05 nivel de significancia. Los datos fueron procesados con Microsoft Excel 2013 y analizados con el software SPSS versión 2.

RESULTADOS

Determinación del nivel de glucosa basal: Los niveles de glucosa basal (mg/dl) de los animales evaluados, se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Concentración de glucosa basal en crías de llama

Animales	Glucosa Basal (mg/dl)
1	105,1
2	131
3	105,1
4	131
5	106,2
6	108,3
7	106,2
8	108,3
9	102,6
10	122
11	102,6
12	122

En la tabla 2, se muestra la estadística descriptiva del nivel de glucosa basal en crías de llama, donde la media es 112,5 mg/dl, la cual está dentro del rango, que es entre 90 a 140 mg/dl. El coeficiente de variación es 9,6%, lo cual indica una menor variabilidad con respecto al nivel de glucosa.

Tabla 2. Estadística descriptiva del nivel de glucosa basal en crías de llamas

Parámetro	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	CV
Glucosa basal	12	102,6	131	112,5	10,8	9.6

Determinación del nivel de insulina basal

Los niveles de insulina basal ($\mu\text{U/L}$) de cada animal evaluado, se muestran a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Niveles de Insulina basal en crías de llama

Animales	Insulina basal ($\mu\text{U/L}$)
1	1,5
2	1,1
3	1,5
4	1,1
5	1
6	5
7	1
8	5
9	1,4
10	1,5
11	1,4
12	1,5

En la tabla 4, se muestra la estadística descriptiva de los niveles normales de insulina de cada animal ($1.9 \pm 1.5 \mu\text{U/L}$).

Tabla 4. Estadística descriptiva del nivel basal de insulina

Parámetro	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Insulina Basal	12	1	5	1,9	1,5

Niveles de glucosa en los tratamientos a los 10 minutos después de aplicar glucosa exógena: En la tabla 5, se puede apreciar la prueba de normalidad para los valores de glucosa e insulina en las crías de llama. El valor de p calculado fue de 0,20 para el tratamiento testigo y de 0.182 para el tratamiento con glucosa e insulina, esto indica que los valores de ambos tratamientos tienen una distribución normal.

Tabla 5. Prueba de Normalidad de los valores de glucosa e insulina en crías de llamas

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	GL	Sig.
Testigo	0,235	8	0,200
Glucosa e Insulina	0,243	8	0,182

La estadística descriptiva de los tratamientos para el monitoreo con glucosa a los 10 minutos se exhibe en la tabla 6. Se calculó una media de 115.9 ± 4.2 y 192.8 ± 26.6 mg/dl para el T_0 y T_1 respectivamente.

Tabla 6. Estadística descriptiva de los niveles de glucosa por tratamiento

Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	C.V
Testigo (T_0)	8	115,9	4,2	3.6
Glucosa(0.5g/kg) e Insulina (0.2 IU/kg)(T_1)	8	192,8	26,6	13.8

La tabla 7, exhibe la prueba T de Student, determinándose un valor de p de 0,000. Esto nos indica que entre los promedios de ambos tratamientos existen diferencias altamente significativas a los 10 minutos de aplicar glucosa exógena.

Tabla 7. Prueba T de Student de la glucosa por tratamiento

Valor de t	GL	Sig.
-8,095	7	0

Niveles de glucosa en los tratamientos a los 10 min. de la aplicación de insulina exógena:

En la tabla 8, se puede apreciar la prueba de normalidad donde se observan los valores de p calculado para el tratamiento testigo de 0,080 y para el tratamiento con glucosa e insulina de 0,2, indicando que ambos tratamientos se encuentran dentro de una distribución normal.

Tabla 8. Prueba de Normalidad para el análisis de los tratamientos

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Testigo (T_0)	0,402	8	0,080
Glucosa e Insulina (T_1)	0,167	8	0,200

En la tabla 9, se tiene la estadística descriptiva de los tratamientos a los 10 minutos, donde se encontró una media de $114,5 \pm 1,9$ para el T_0 y $149 \pm 24,6$ mg/dl para el T_1 .

Tabla 9. Estadística descriptiva por tratamientos de los niveles de glucosa.

Tratamientos		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Nivel de glucosa	Tratamiento testigo (T_0)	8	114,5	1,9	0,6769
	Tratamiento con insulina exógena (T_1)	8	149	24,6	8,6843

La prueba T de Student en la tabla 10 muestra el p calculado de 0.005 para el nivel de glucosa, esto quiere decir que en ambos tratamientos existen diferencias altamente significativas entre los promedios después de la aplicación de insulina exógena a los 10 minutos.

Tabla 10. Prueba T de Student para cada tratamiento.

Valor de t	GL	Sig
-3,969	7,09	0,005

Niveles de Insulina en los tratamientos a los 10 min. de aplicar glucosa exógena: En la tabla 11, la prueba de normalidad muestra el valor de *p* calculado para el testigo de 0,06 y para el tratamiento con glucosa e insulina de 0,077, demostrando así que ambos tratamientos se encuentran dentro de una distribución normal.

Tabla 11. Prueba de Normalidad para los niveles de insulina para cada tratamiento

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	0,407	8	0,060
Glucosa e Insulina	0,306	8	0,077

Se tiene en la tabla 12 la estadística descriptiva para los niveles promedio de insulina a los 10 minutos para el tratamiento testigo (T_0) y para el tratamiento con glucosa exógena (T_1) fueron de 1.7 y 5.2 μ U/L respectivamente.

Tabla 12. Estadística descriptiva de los niveles de insulina a los 10 minutos de la aplicación de glucosa exógena.

	Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Nivel de insulina	Tratamiento testigo	8	1,7	0,7	0,2632
	Tratamiento con glucosa exógena	8	5,2	2,3	0,83

La prueba T de Student se muestra en la tabla 13, en la cual el valor de *p* calculado es de 0,001; esto indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios del nivel de insulina luego de los 10 minutos de la aplicación de glucosa exógena.

Tabla 13. Prueba T de Student de los tratamientos.

Valor de t	GL	Sig.
-4,048	14	0,001

Niveles de insulina en los tratamientos a los 10 min. después de aplicar insulina exógena:

En la tabla 14, teniendo en cuenta la significación de los estadísticos de Kolmogorov- Smirnov, podemos observar que el *p* calculado es 0,07 y 0,156 para el T_0 y T_1 respectivamente, por lo que esto indica que ambos tratamientos se encuentran dentro de una distribución normal.

Tabla 14. Prueba de Normalidad para el análisis de los tratamientos.

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Testigo (T_0)	0,339	8	0,07
Glucosa e Insulina (T_1)	0,249	8	0,156

La estadística descriptiva para los niveles de insulina se observa en tabla 15, mostrando promedios de $1.5 \pm 0.5 \mu$ UI/L para el tratamiento testigo y $184.5 \pm 44 \mu$ UI/L para el tratamiento con insulina exógena después de los 10 minutos de aplicación.

Tabla 15. Estadística descriptiva de los niveles de insulina por tratamiento.

	Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Nivel de insulina	Tratamiento testigo	8	1,5	0,5	0,2353
	Tratamiento con insulina exógena	8	184,5	44	15,5689

La tabla 16, muestra la prueba T de Student para el análisis de los tratamientos, dando así un *p* calculado de 0.000, este valor indica que existen diferencias significativas en ambos procesos.

Tabla 16. Prueba de Student para cada tratamiento

Valor de t	GL	Sig.
-11,742	7,003	0,00

Niveles de glucosa e insulina luego de la aplicación de los tratamientos en los diferentes intervalos de tiempo: En la Fig. 1, se puede apreciar los niveles de glucosa en el grupo Testigo; donde la glucosa en sangre es con corta diferencia constante y en el grupo donde se aplicó glucosa e insulina; los niveles de glucosa alcanzaron su punto máximo a los 5 min. (212.1 mg/dl) después de aplicar glucosa exógena, descendiendo a los 10 min en 38.5 mg/dl. Luego de la aplicación de insulina exógena el nivel de glucosa disminuyó a los 15 min. en 14.4 mg/dl; y a los 20min. en 20.3 mg/dl, llegando a un nivel de 138.9 mg/dl. La glucemia fue incrementada en 183.5% a los 5 min. en el grupo donde se aplicó glucosa exógena con respecto al grupo testigo, luego de la aplicación de insulina exógena la glucemia descendió hasta 122.6% a los 20 min.

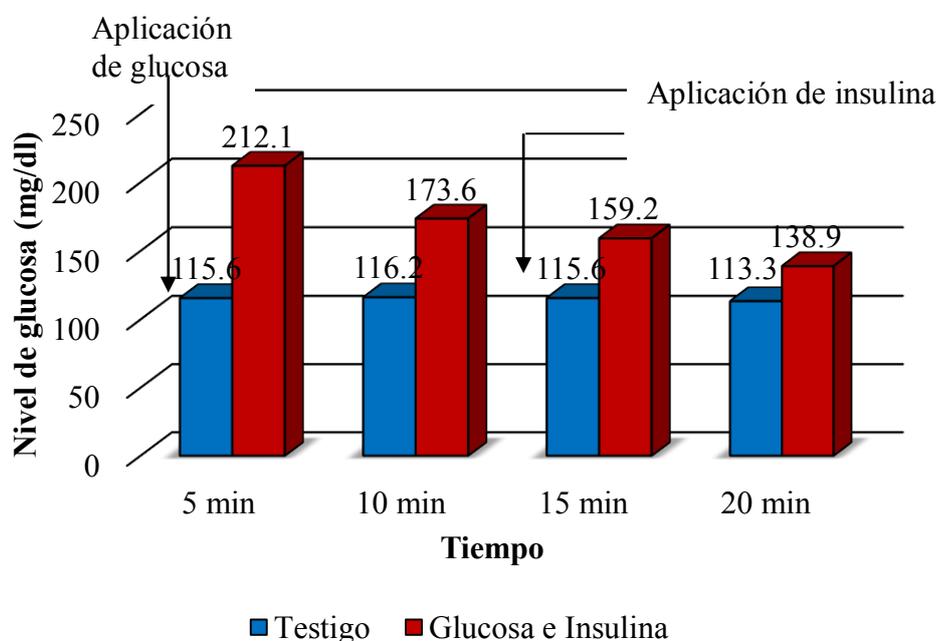


Fig. 1. Niveles de glucosa después de la aplicación de los tratamientos.

En la Fig. 2, podemos observar que los niveles de insulina en el Testigo son casi constantes, mientras que en el T₁, los niveles de insulina se presentan con aplicación de glucosa exógena, es así que se puede distinguir la secreción de insulina normal del animal para poder metabolizar la *Sagasteguiana* 2(1): Enero – Junio

glucosa, siendo esta secreción a los 5 min de 5.35 $\mu\text{UI/L}$, aumentando en un 4.1 $\mu\text{UI/L}$ y a los 10 min 5.10 $\mu\text{UI/L}$, aumentando 2.95 $\mu\text{UI/L}$ respecto al testigo. A los 15 y 20 minutos la insulina en sangre fue de 198.25 y 170.7 $\mu\text{UI/L}$ respectivamente; debido a la aplicación de insulina exógena, notándose un incremento de la insulina en sangre de 196.5 y 168.7 $\mu\text{UI/L}$ con respecto al testigo. En la Fig. 3, se tiene la comparación de los niveles promedio de glucosa en sangre después de la aplicación de glucosa exógena la cual fue de 192.8 mg/dl a los 5 y 10 min, y de 149 mg/dl después de los 15 y 20 min de aplicar insulina exógena.

En la Fig. 4, se observan las diferencias de los niveles de insulina después de la aplicación de glucosa e insulina exógena en cada intervalo de tiempo. Siendo así que el punto máximo promedio para el nivel de insulina en sangre fue a los 15 y 20 min, con un valor de 184.48 $\mu\text{UI/L}$, y el valor promedio mínimo fue de 5.23 $\mu\text{UI/L}$ a los 5 y 10 min.

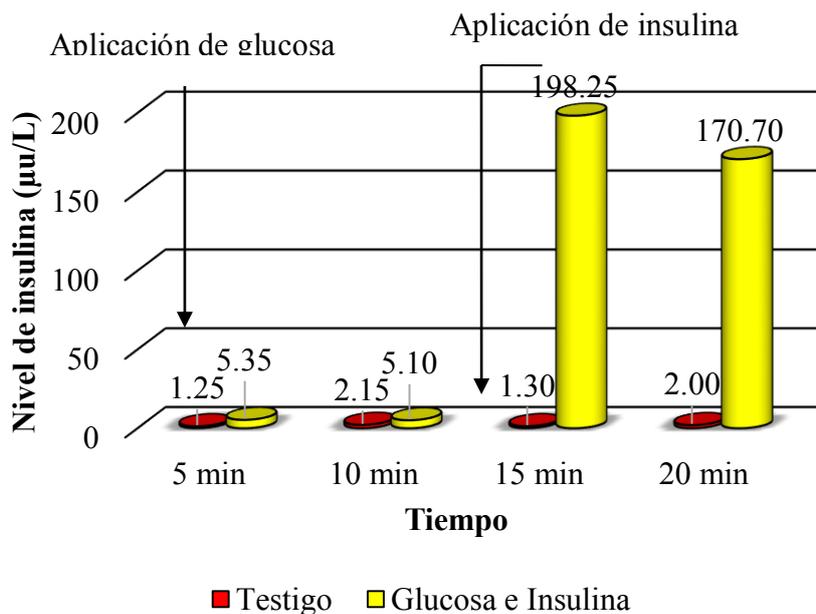


Fig. 2. Niveles de insulina en sangre después de la aplicación de los tratamientos

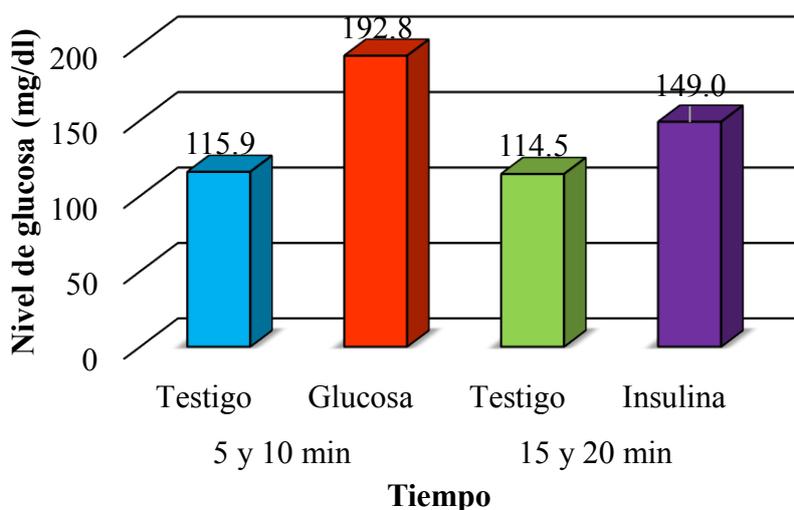


Fig. 3. Comparación de los niveles promedio de glucosa después de la aplicación de glucosa e insulina exógena.

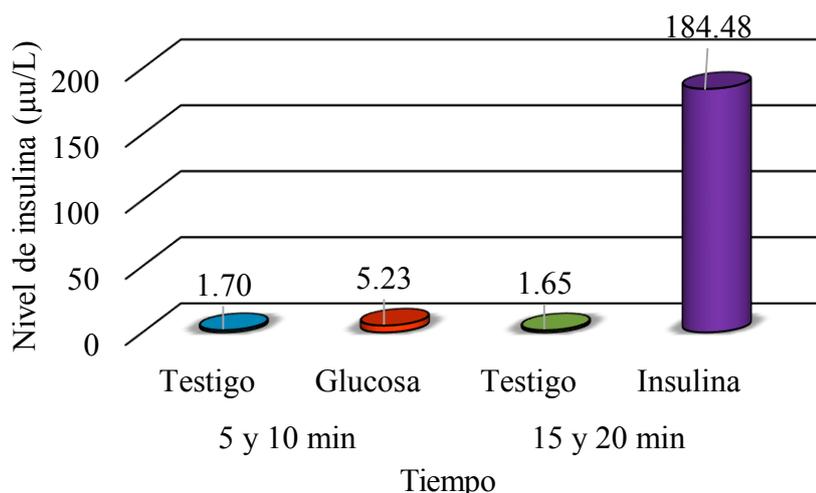


Fig. 4. Comparación de los niveles promedio de insulina en sangre después de la aplicación de los tratamientos en los diferentes intervalos de tiempo.

DISCUSIÓN

El promedio de la glucosa e insulina basal en crías de llama menores de 1 año, sometidas a un ayuno previo de 12 horas, fue de 112.5 ± 10.8 mg/dl y 1.9 ± 1.5 µU/L respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Cebra (2013), quien en una investigación sobre los valores séricos en alpacas y llamas en dos estaciones del año en el departamento de Huancavelica; en condiciones de aproximación al perfil metabólico de las especies, determinó que los niveles de glucosa basal en llamas oscilan entre 90 – 140 mg/dl y en alpacas entre 90 – 120 mg/dl. En cuanto al nivel de insulina basal, Cebra (2001), reportó en una investigación que las concentraciones basales de insulina están en un rango < 6 µU/ml para ambas especies.

Los camélidos en estudio tuvieron un incremento significativo en la concentración de glucosa sérica inmediatamente después de los 10 minutos de la aplicación intravenosa. La concentración promedio de glucosa en el testigo fue de 115.9 ± 4.2 mg/dl y en el tratamiento con glucosa e insulina fue de 192.8 ± 26.6 mg/dl. Valores tan elevados pueden ser justificados por algunos factores como la actividad hepática especializada y en particular del ciclo de la urea (Concha, 2013) y la escasa sensibilidad periférica a la insulina (Dahlborn, 1992; Ehlmedi, 1997; Cebra *et al.* 2000, 2001, 2004).

La hiperglucemia transitoria puede acompañar a la excitación emocional como la venipunción en los mamíferos por aumento de la norepinefrina y epinefrina (Garry, 1989), y este fue el método empleado para colectar las muestras de sangre. El cortisol y otras hormonas del estrés pueden causar una mayor hiperglucemia en camélidos que en especies con una mayor producción y sensibilidad de la insulina (Cebra, 2002). Además, la hiperglucemia que se observó puede ser atribuible al arreo de los animales, donde el glucógeno almacenado se usó para generar energía (Kaneko, 2008). Este estrés puede, además, ser la razón de las diferencias en los niveles de glucosa.

Se ha reportado que alpacas y llamas pueden mostrar hiperglucemia por una menor respuesta de la insulina y una resistencia de insulina moderada, algo similares a una condición de diabetes; por lo que la tasa de metabolismo de glucosa en camélidos es más lenta que las de otros mamíferos domésticos (Cebra, 2002). Esto puede explicar los valores altos para glucosa sanguínea de las llamas en comparación con otras especies.

Por último, las diferencias de los valores séricos de todos estos elementos bajo estudio en comparación con otros reportes pueden deberse a las diferentes condiciones climáticas,

variaciones estacionales, localización geográfica, variaciones individuales de cada animal; así como a las técnicas de manejo de la muestra y del laboratorio (Daniel, 2011).

En conclusión las crías de llama metabolizan glucosa más lentamente que otras especies de animales domésticos, principalmente por una débil respuesta de la insulina y bajo consumo celular. Esta respuesta puede perjudicar la asimilación de glucosa exógena, así como hacer que llamas y alpacas sean propensas a desordenes parecidos a la diabetes cuando abundantes agentes glucogénicos endógenos o exógenos están presentes.

CONCLUSIONES

- Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), en cuanto al nivel de glucosa, con medias de $115,9 \pm 4,2$ en el grupo de los animales Testigo y $192,8 \pm 26,6$ mg/dl en grupo de crías donde se les aplicó glucosa e insulina.
- En cuanto al nivel de glucosa, luego de la aplicación de insulina exógena, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$), encontrándose promedios de $114,5 \pm 1,9$ en el grupo Testigo y en el T₁ de $149 \pm 24,6$ mg/dl.
- Para los niveles de insulina después de la aplicación de glucosa exógena, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$), hallándose medias de $1,7 \pm 0,7$ y $5,2 \pm 2,3$ μ UI/L en el Testigo y en el T₁ respectivamente.
- Se presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$), en con respecto al nivel de insulina luego de la aplicación de insulina exógena, encontrándose promedios de $1,5 \pm 0,5$ μ UI/L en el Testigo y $184,5 \pm 44$ μ UI/L en el T₁.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J.** 2007. Modelos animales de intolerancia a la glucosa y diabetes tipo 2. Marzo Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>.
- Cebra, C.** 2001. Effects of exogenous insulin on glucose tolerance in alpacas, Am J Vet 62:1544-1547, 62:682-686
- Cebra, C.** 2002. Glucose tolerance testing in llamas and alpacas. AJVR, 62(5).
- Cebra, C.** 2000. Intravenous glucose tolerance testing in llamas and alpacas, Am J Vet.
- Cebra, C.** 2013. Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health, 1^o ed.
- Cebra, C.** 2004. Disorders os carbohydrate or lipid metabolism in camelids. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19460644>.
- Concha, P.** 2013. Perfil bioquímico sanguíneo hepático de vicuñas (*Vicugna vicugna*) criadas en cautiverio en Lima. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php>.
- Daniel, A.** 2011. Camélidos sudamericanos: historia, usos y sanidad animal. SENASA-Buenos aires.
- Dahlborn, K.** 1992. Glucose regulation in the camel. In Proceedings of the 1st International Camel Conference, Dubai, UAE, (pp 414-415).
- Elmahdi, B.** 1997. Comparative aspects of glucose tolerance in camels, sheep, and ponies, Comp Biochem Physiol A Physiol 118:147-151.
- FAO.** 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en el Perú. Documento FAO
- Galván, C.; C. Rúgeles & O. Vergara.** 2014 Variación de las concentraciones séricas de glucosa y proteínas durante el día en ovinos de diferente sexo. Rev Med Vet.; (28):57-66.
- Garry, F.** 1989. Clinical pathology of llamas. Vet clin north am food anim pract. 5:55 – 70.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática(INEI) . 1996. III Censo Nacional Agropecuario (III CENAGRO), Lima (Perú).
- Kaneko, J.** 2008. Clinical biochemistry of domestic animals, 6th ed.
- Ommaya, A.** 1995. *Lama glama* (the South American camelid, llama): a unique model for evaluation of xenogenic islet transplants in a cerebral spinal fluid driven artificial organ, Transplant Proc 27:3304-3307.