



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**CARACTERIZACIÓN DEL FELINO PRE-DIABÉTICO DE ACUERDO A SU
CONDICION CORPORAL Y SU RESPUESTA AL CAMBIO DE DIETA ALTA EN
PROTEÍNA**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:
IVONNE GRISETL LOZANO VEGA

TUTOR PRINCIPAL:
DRA. SARA DEL CARMEN CABALLERO CHACON.
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA UNAM

COMITÉ TUTORAL
DRA. ANDREA SACHI DÍAZ VILLASEÑOR
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL
DR. JUAN JOSÉ PÉREZ RIVERO CRUZ Y CELIS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA UNAM

MÉXICO D.F.

ENERO, 2015

**CARACTERIZACIÓN DEL FELINO PRE-DIABÉTICO DE ACUERDO A SU
CONDICION CORPORAL Y SU RESPUESTA AL CAMBIO DE DIETA ALTA EN
PROTEÍNA**

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por la formación que me ha brindado, es un orgullo pertenecer a esta casa de estudios.

Gracias a mis asesores: MVZ Dra. Sara del Carmen Caballero Chacón que creyó en el proyecto, Dra. Andrea Sachi Díaz Villaseñor, MVZ Dr. Juan José Pérez Rivero Cruz y Celis, por el apoyo que me brindaron durante esta etapa académica. Gracias por su paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo. Y a los miembros de mí jurado por sus puntos de vista que enriquecen y mejoran este trabajo.

Gracias a los MVZ Claudia Ledezma Martínez, al MVZ Itzcoatl Aquino Díaz, al MVZ Ismael Martínez Cortés; que estuvieron conmigo durante los procedimientos y las labores del proyecto, y me apoyaron cada que lo necesitaba, su apoyo, ayuda y compañía fueron muy importantes para mi.

Gracias a la MVZ Guadalupe Almaraz, que me apoyo y acompaño durante los últimos días de esta etapa y me motivo a seguir adelante olvidando cualquier cosa que me impidiera no concluir este trabajo.

Gracias a todos los propietarios de los gatitos que siguieron hasta el final del trabajo, aun cuando se tuvieron que repetir las pruebas, especialmente a Carolina Chávez Jiménez, y Claudia Ledezma Martínez.

Gracias a los gatitos que donaron su sangre y siguen dejándose querer: Gurrís, Tomas, Chimuelo, Bruno, Argos, Rayitas, Peter, Ninú. Su carácter fuerte e independiente es lo que motivo la idea de este trabajo.

Gracias a mi familia que siempre está presente, a mi hermano Jorge A. Lozano Vega quien me apoyo a transportar los materiales necesarios.

Finalmente Gracias a mí misma por creer una vez más en este proyecto, y no dejar inconcluso este trabajo.

Contenido

Resumen.....	1
Introducción	2
Pre-diabetes, Diabetes subclínica o Diabetes transitoria en gatos.....	4
Evaluación de la Condición Corporal y Diagnóstico de sobrepeso y obesidad en gatos.....	5
Factores relacionados con el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2 en gatos y estado pre-diabético.	9
Alimentos “comerciales” vs “de prescripción”	10
Diagnóstico	13
Justificación	16
Hipótesis	17
Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
Metodología	19
Animales.	19
Características de la dieta.....	21
Mediciones	22
Resultados	23
Peso	23
Glucosa sanguínea	24
Triglicéridos	25
Fructosamina sérica.....	26
Colesterol.....	27
Urea	28
Creatinina	29
Resultados de la Curva oral de tolerancia a la glucosa.....	30
Discusión.....	35
Conclusión	37
Bibliografía.....	38

Resumen

LOZANO VEGA IVONNE GRISETL. CARACTERIZACIÓN DEL FELIO PRE-DIABETICO DE ACUERDO A SU CONDICIÓN CORPORAL Y SU RESPUESTA AL CAMBIO DE DIETA ALTA EN PROTEÍNA. (BAJO LA DIRECCIÓN DE: MVZ DRA. SARA DEL CARMEN CABALLERO CHACÓN, DRA. ANDREA SACHI DÍAZ VILLASEÑOR, MVZ DR. JUAN JOSÉ PÉREZ RIVERO CRUZ Y CELIS.)

La mayoría de los gatos obesos pueden llegar a desarrollar DM2 no insulino dependiente sin embargo, ésta no es detectada por los dueños en etapas iniciales. Ya que no se han determinado los valores de la concentración de glucosa en sangre que definan al estado pre-diabético en gatos. Caracterizando al paciente felino pre-diabético; se daría una intervención oportuna. Algunos rasgos importantes a considerar como factores predisponentes para desarrollar DM2 son: la condición corporal (obesidad o sobrepeso), la edad, el género (macho y hembras), el estado reproductivo (castrado o entero), la raza, la composición de la alimentación. Por este motivo se comparó el efecto de una dieta específica para diabéticos en los analitos séricos en gatos clínicamente sanos, machos, castrados, de 6 años de edad en adelante y con diferentes condiciones corporales. Administrada durante un mes, en la concentración en suero de los siguientes parámetros: glucosa, colesterol, triglicéridos, insulina, urea, creatinina y fructosamina. Además de realizar curvas de tolerancia a la glucosa. Los resultados de este ensayo indican que existe un efecto significativo de la dieta sobre las variables peso, concentración de glucosa en sangre, insulina, triglicéridos, proteínas totales, globulinas y bicarbonato.

Introducción

La diabetes mellitus es una enfermedad común de perros y gatos y es comparable a la diabetes de los humanos, sin embargo perros y gatos no padecen el mismo tipo de diabetes mellitus; ya que en los perros el tipo de diabetes mellitus es el tipo 1 (DM1), la cual es inmunomediada; mientras que, en los gatos es más frecuente que padezcan diabetes mellitus tipo 2 (DM2), sin embargo, no siempre es diagnosticada oportunamente. Se estima que la DM2 en gatos tiene una prevalencia del 0.5 % (1), variando en relación a la población estudiada (2; 3; 4). Siendo diagnosticada oportunamente tiene mayores probabilidades de remisión con una modificación en la dieta (5; 6; 7). Sí no es tratada oportunamente el animal empieza a presentar la signología relacionada con DM2 insulino dependiente como: polifagia, polidipsia, poliuria, es entonces cuando el dueño se percata de que hay problemas y el tratamiento nutricional ya no es suficiente por lo que se tiene que tratar con inyecciones subcutáneas de insulina (5; 8). La DM2 es el resultado de la inhabilidad de la insulina para actuar en su sitio de acción (resistencia a la insulina) ya que la secreción de insulina suele ser suficiente como para prevenir la cetosis, incluso se puede secretar insulina a valores más elevados de los normales. A pesar de esto, el organismo desarrolla una resistencia a sus efectos y con el tiempo un agotamiento de la producción de insulina produciendo su deficiencia (9; 8; 10). Existen otros tipos de diabetes menos comunes en gatos las cuales son secundarias a enfermedades pre-existentes. Se han encontrado factores fuertemente relacionados con el desarrollo de resistencia a la insulina y DM2 (11).

El gato doméstico (*Felis catus*) se considera una especie carnívora estricta (12; 13). Debido al proceso de domesticación; en la actualidad individuos de esta especie habitan en las ciudades y pueden vivir en la calle o dentro de la casa de sus dueños cambiando sus hábitos alimenticios ya que se les alimenta con dieta comercial como croquetas que son ofrecidas a libre acceso y son generalmente ricas en hidratos de carbono y grasas lo que contribuye a desarrollar sobrepeso u obesidad (unos de los principales factores predisponentes en gatos para el desarrollo de diabetes mellitus) junto con la actividad física limitada. Durante el desarrollo de la obesidad, es posible establecer medidas preventivas que eviten que

los gatos desarrollen DM2, por lo que es necesario establecer las bases para estudiar el estado pre-diabético. Sin embargo, no hay pruebas o estudios que determinen el estado pre-diabético en el gato. Algunos autores indican que hay estadios tempranos de la DM2, en los cuales aún puede haber remisión de la enfermedad sin mencionar que se trate de un estado pre-diabético (5). En sitios web se menciona el estado pre-diabético sin dar valores establecidos para definir este “estatus” (14). Por lo que este estudio está encaminado a definir los analitos que se modifican o se ven afectados durante el estado pre-diabético de acuerdo a la condición corporal en gatos machos castrados, mayores a 6 años de edad.

Pre-diabetes, Diabetes subclínica o Diabetes transitoria en gatos.

Muchos gatos diabéticos son obesos y no presentan signos específicos de diabetes (14; 15), esto puede ser indicativo de un estado pre-diabético o como lo mencionan otros autores existe DM2 subclínica o DM transitoria (6). La DM transitoria es relativamente frecuente en el gato diabético. Alrededor de un 20% de los gatos diabéticos suelen pertenecer a esta categoría. La diabetes transitoria se caracteriza por una remisión espontánea, es decir, los signos clínicos como poliuria y polidipsia desaparecen, la glucemia se normaliza y la glucosuria también desaparece. Generalmente, esto sucede al cabo de 1 a 4 meses del inicio del tratamiento. Tras la resolución de la DM, la secreción de insulina inducida por la glucosa se normaliza. No obstante, la densidad de las células beta del páncreas está disminuida y la patología de los islotes pancreáticos continua presente. Se menciona que, la mayoría de estos casos constituyen estadios subclínicos de DM2 (15). En humanos, una persona es diagnosticada como pre-diabética cuando los valores de glucosa en sangre en ayuno de 12 horas es entre 100 a 125 mg/dL y es diabético si su glucemia es de 126 mg/dL o mayor a estos valores. En la mayoría de los gatos los valores de glicemia mayores a 360 mg/dl, son diagnóstico de DM2, o si la glicemia es de 216 a 360 mg/dl, la fructosamina sérica ha aumentado a más de 370 y hay signología característica también es diagnosticado como DM2. En casos con hiperglicemias leves, como glucosa entre 130 y 180 mg/dl y el motivo de consulta es por poliuria y polidipsia, se deben descartar otros trastornos que no sean DM clínica como por ejemplo hiperglicemia post-prandial, estrés, resistencia a la insulina o DM2 sub clínica (15). Sin embargo en los gatos a diferencia de los humanos, no se ha establecido el punto de corte que delimite a partir de que valores de glucosa sanguínea un gato es pre-diabético o diabético. Tampoco se realizan exámenes preventivos de manera cotidiana para evaluar la glucemia o el riesgo de desarrollar DM2, aunque sí se ha reconocido la importancia de la condición corporal (obesidad o sobrepeso), la dieta, el estilo de vida, la edad, el sexo, la castración, e incluso la predisposición racial, como factores predisponentes para desarrollar DM2 (16; 9; 15; 9; 4; 6).

La proporción de gatos con diabetes transitoria parece haber aumentado (alcanza un 70% en algunos estudios), lo cual podría estar relacionado con las recientes recomendaciones dietéticas de administrar un alimento alto en proteínas y bajo en carbohidratos. Se necesitan más estudios para poder determinar si la mejoría se debe al alto contenido proteico (49-57%), al bajo contenido en carbohidratos (18%), o a ambos. También se ha confirmado que el porcentaje de remisión de los gatos diabéticos es más elevado que el anteriormente indicado, si reciben un alimento alto en proteínas (alrededor del 54% de proteínas, el 8% de carbohidratos en MS). Se ha observado remisión de la DM en aproximadamente el 50% de los gatos tratados con insulina en 4 semanas. Es interesante comentar que la remisión fue precedida de una pérdida significativa de peso.

Una de las características de los gatos diagnosticados con DM2 es que padecen de obesidad. Se ha descrito, que en el momento del diagnóstico de DM2 entre el 70 y 80% de los gatos son claramente obesos. Los animales obesos tienen aproximadamente 4 veces más probabilidades de desarrollar diabetes, en comparación con gatos que presentan peso y condición corporal óptima, debido a la insulinoresistencia asociada (8; 5; 4). De hecho, se menciona que gatos que pesan más de 6.5 kg tienen una mayor predisposición a la diabetes (5). El desarrollo de obesidad disminuye un 52 % la sensibilidad de los tejidos a la insulina (16). Se considera que esta resistencia en los humanos y en los gatos es el resultado de una combinación de factores que alteran la función secretora de la célula beta del páncreas, así como la sensibilidad de los tejidos periféricos a la insulina (16). Con la falta de actividad, y una alimentación rica en carbohidratos, se generará una alta demanda de insulina para mantener la glicemia dentro de los valores fisiológicos normales (hiperinsulinemia). Si esto se mantiene durante largos periodos de tiempo promueve el agotamiento de las células beta del páncreas y apoptosis por glucotoxicidad lo que promueve el desarrollo de DM2 (5; 17).

Evaluación de la Condición Corporal y Diagnóstico de sobrepeso y obesidad en gatos.

La composición corporal puede medirse utilizando diferentes técnicas que difieren según el objetivo perseguido: investigación, consulta veterinaria especializada o general. En general, las técnicas disponibles para determinar la cantidad de tejido adiposo se clasifican como a continuación se indica:

Exploración clínica: En este caso son las medidas morfométricas, la puntuación de la condición corporal, mediciones sucesivas del peso corporal, fotografías sucesivas. (18)

Procedimientos experimentales: Como son los análisis químicos, técnicas de dilución, potasio corporal total, densitometría, conductividad eléctrica corporal total y análisis por activación de neutrones, la medida de la composición corporal mediante la técnica de dilución del deuterio y la evaluación del gasto energético básico son técnicas de evaluación del gato obeso.

Técnicas aplicables al trabajo clínico: Son la absorciometría dual de rayos X (DEXA), impedancia bioeléctrica, tomografía computarizada, resonancia magnética. (18)

Determinación del peso corporal

Es la técnica más sencilla y debe incluirse en la exploración clínica de todos los gatos, sobre todo al final del periodo de crecimiento. Esta técnica proporciona una medida aproximada de las reservas energéticas corporales y de los cambios de peso con respecto al equilibrio energético y proteico. En el animal sano, el peso corporal varía poco de un día a otro. Puede haber grandes variaciones entre básculas diferentes. Algunas desventajas de esta técnica es que el peso corporal puede verse alterado por la deshidratación o el acúmulo de líquidos. El edema o la ascitis pueden enmascarar una disminución de la masa grasa o de la masa magra. Del mismo modo, el crecimiento masivo de un tumor o una organomegalia producen variaciones de peso. También influye la raza, que implica variabilidad en el peso entre individuos. Se recomienda pesar regularmente al gato a lo largo de su vida, y más aún desde que se hace adulto, ya que esto puede constituir un indicador de los cambios de la composición corporal, y proporcionar una herramienta importante para la prevención de la obesidad. O utilizarse como referencia más precisa del peso corporal óptimo para cada individuo. Por ejemplo: cuando el peso ideal fue

registrado durante una visita previa al sobrepeso y el gato tenía una condición corporal óptima (una puntuación de 3/5 o 5/9). Se considera una referencia más precisa del peso corporal óptimo para cualquier individuo (18). En otro caso, se puede estimar el peso ideal a partir del peso y condición corporal actual. El peso ideal puede estimarse a partir del peso y condición corporal actual. Suponiendo que cualquier punto por encima de 5 (en una escala de 9) o cualquier medio punto por encima de 3 (en una escala de 5) corresponde a un aumento del peso corporal de entre un 10 y un 15%, puede aplicarse una ecuación matemática sencilla para estimar el peso ideal.

Peso actual = 8 kg

Condición corporal actual = 5/5 o 9/9 (sobrepeso de ~40%)

Peso ideal = $100/140 \times 8 \text{ kg} = 5,7 \text{ kg}$

Puntuación de la condición corporal (PCC)

La puntuación de la condición corporal es un método semicuantitativo subjetivo, rápido y fácil de realizar, que evalúa la composición corporal. Todos los sistemas de puntuación de la condición corporal requieren la evaluación visual y palpación para determinar el tejido adiposo subcutáneo, abdominal y de la musculatura superficial (costillas, columna vertebral y cintura). Existen diferentes sistemas de puntuación, pero los más usados son el sistema de 5 puntos (en el que una PCC de 3 se considera ideal) y el sistema de 9 puntos (en el que se considera ideal una PCC de 5). Se ha diseñado un algoritmo de 7 puntos para que los propietarios puedan evaluar a sus animales (19). La técnica de puntuación de la condición corporal tiene como desventaja que está sujeta a variaciones en función de la persona que realiza la medida y no proporciona una información cuantitativa precisa sobre las variaciones del cociente entre la masa magra y la masa grasa. Al igual que el peso corporal, proporciona una valoración general de la condición corporal pero no permite distinguir entre compartimentos corporales y no proporciona información cuantitativa precisa relativa a la alteración del cociente entre la masa magra y la masa grasa. (20)

Escala de Condición Corporal

(Modificado de Laflamme DP. Development and validation of a body condition score system for cats: A clinical tool, 1997.) (21)






<p style="text-align: center;">E S C A L A B O D Y C O N D I C I O N S C O R P O R A L</p>		<p style="text-align: center;">A B A J O D E L I D E A L</p>	<p>1. Las costillas son visibles en gatos de pelo corto. No se palpa tejido adiposo subcutaneo. Vertebras lumbares y sus procesos tansversos facilmente palpables. <5% de Grasa Corporal</p> <p>2. Costillas visibles en gatos de pelo corto. Vertebras lumbares obvias. Cintura marcada. No se palpa tejido adiposo. Vertebras lumbares obvias. Cintura marcada destras de las costillas. Minimo de la almohadilla de tejido adiposo abdominal. Del 5 al 15% de Grasa Corporal</p>
			
		<p>IDEAL</p>	<p>3. Costillas facilmente palpables con un minimo de cobertura de tejido adiposo. Cintura notable detras de las costillas. Bien proporcionado. Tejido adiposo abdominal minimo. Del 16 al 25% de Grasa Corporal</p>
		<p style="text-align: center;">A R R I B A D E L I D E A L</p>	<p>4. Costillas palpables con recubrimiento de tejido adiposo. Cintura y almohadilla de tejido adiposo abdominal distinguibles. Costillas de difícil palpación con capa de tejido adiposo moderada. Cintura poco discernible. Obvio redondeo del abdomen. Del 26 al 35 % de Grasa Corporal</p> <p>5. Costillas no palpables con exceso de coberura de grasa. Ausencia de la cintura. Obvio redondeo del abdomen y almohadilla de tejido adiposo abdominal prominente. Distención del abdomen sin cintura. >35 % de Grasa Corporal</p>
			

Figura 1: Escala de calificación de la condición corporal en gatos, basada en 5 puntos.

Factores relacionados con el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2 y estado pre-diabético en gatos.

Existen factores que predisponen a los animales y en especial al gato a desarrollar D2 como son: los factores genéticos, fisiológicos y medioambientales.

Entre los factores genéticos: Se pueden mencionar ciertas razas de gatos que tienen una mayor predisposición a desarrollar esta enfermedad tal es el caso de los gatos de razas puras como Birmano, Burmes (22) y el Siamés, que tienen un alto riesgo de desarrollar diabetes (4; 23),



Figura 2: Gato de la raza Búrmes. Esta raza tiene tendencia a desarrollar DM2

Factores Fisiológicos: Los gatos machos tienen una mayor predisposición a la diabetes que las hembras (5; 1; 4; 24). La edad es considerada un factor predisponente para desencadenar la diabetes tipo 2, y ocurre con mayor frecuencia en gatos mayores de 6 años de edad, teniendo una mayor incidencia en un rango de 9 a 13 años de edad (4; 8; 25). La castración también es considerada un factores predisponente (9) (26). La castración puede reducir significativamente los requerimientos de la energía de mantenimiento así como aumentar la ingesta de alimentos espontánea (26). Es a menudo mencionada como un factor que contribuye en la obesidad por la deficiencia de hormonas gonadales que son activadores del metabolismo (4; 27). Con una ingesta superior a lo requerido se tiene la tendencia a almacenar el exceso de energía; esto conduce al aumento de

tejido adiposo en el tejido visceral, y dentro del tejido muscular, desencadenando la resistencia a la insulina (28).

Entre los factores ambientales: Podemos encontrar el nivel de actividad física, y la alimentación. Se ha observado que, gatos que se encuentran gran parte del día en casa son propensos a la obesidad, ya que, el simple hecho de que al detectar la ausencia del dueño durante todo el día incrementa la frecuencia de alimentación de manera anormal por aburrimiento, aunado a la restricción de espacio y ejercicio los animales tienen una tendencia a pasar más horas dormidos. Algo común en los gatos caseros es que se les proporciona alimentación *ad libitum*. Con esto, se alimentan frecuentemente y pueden consumir alimento a lo largo del día entre 9 a 16 veces. La alimentación *ad libitum* podría considerarse como una característica importante y decisiva de la alimentación, sin embargo, la composición de la dieta tiene mucho que ver con el desarrollo de obesidad y la resistencia a la insulina (6).

Alimentos “de valor” vs “prescripción”

Los alimentos para gatos “de valor” son aquellos a los que se tiene fácil acceso debido al bajo costo y a la disponibilidad para su adquisición en tiendas y supermercados. No son aptos para suministrar una dieta equilibrada, ya que un alimento comercial para gatos debe cubrir, en teoría, las necesidades nutrimentales de los gatos (Figura 3). Sin embargo, entre las diferentes marcas existen diferencias que no cumplen estos preceptos. (6). En teoría su diseño es tal que les permite ser la única fuente de alimento al día para el animal consumidor, ya que su balance cubrirá todas las necesidades de crecimiento, mantenimiento y/o reproducción. Cumpliendo con los requerimientos de proteína, grasa y minerales del individuo. (29). Los alimentos comerciales secos (croquetas) para gatos contienen entre 6 y 12 por ciento de humedad, y un 88 por ciento o más de materia seca. Entre sus ingredientes se incluyen cereales, productos de carne de res, cerdo, ave o pescado, algunos productos lácteos, suplementos vitamínicos y minerales. A muchos se les agrega grasa u otro ingrediente para acentuar el sabor. Cualquiera que sea su presentación, los alimentos para gatos deben cubrir completamente las necesidades energéticas, incluso las más elevadas, que corresponden a animales muy activos o estresados, hembras gestantes o cachorros y lactantes. De acuerdo

con la Asociación Americana de Controles Oficiales Alimentarios (AAFCO) se recomienda que el alimento balanceado de un gato adulto contenga un mínimo de 26 por ciento de proteína (porcentajes calculados en alimentos libres de agua) (30). Sin embargo el gato es un carnívoro estricto, sus presas naturales, como los ratones, contienen entre un 70% y un 80% de agua. En materia seca (MS), esta dieta contiene aproximadamente un 55-60% de proteínas, un 35% de materia grasa, y menos de un 10% de carbohidratos, la mayoría de los alimentos industriales secos para gatos contienen niveles elevados de carbohidratos, principalmente en forma de almidón de cereales (6; 12). En alimentos muy digestibles, el nivel de carbohidratos no debería superar el 40% sobre MS. Esto marca una diferencia significativa con las dietas conocidas como “de prescripción” las cuales solo se consiguen en hospitales veterinarios y tienen un mayor costo. Un ejemplo es que las dietas para pacientes felinos diabéticos (como la utilizada en este ensayo) son bajas en carbohidratos y ricas en proteínas. La definición de un alimento “alto en proteínas y bajo en carbohidratos” varía según los autores, pero en general, hace referencia a un contenido (respecto a la materia seca) de un 50% o superior de proteínas y de un 15% o inferior de carbohidratos (6; 31). En gatos que consumen un alimento alto en proteínas (54% de MS) no se observa una hiperglucemia posprandial, salvo cuando se añadían cantidades bastante elevadas de carbohidratos. Esto explica probablemente en parte, por qué los alimentos altos en proteínas, es decir, próximos a su dieta carnívora, son beneficiosos para controlar el metabolismo de los nutrientes en el gato diabético. (6)

Requerimientos mínimos nutricionales de un gato adulto.

Requerimientos nutricionales de un gato adulto		
Elemento	Unidades	Requerimientos
Proteína Cruda	%	26
Arginina	%	1.04
Histidina	%	0.31
Isoleucina	%	0.52
Leucina	%	1.24
Lysina	%	0.83
Metionina	%	0.2
Metionina - Cistina	%	0.4
Fenilalanina	%	0.42
Fenilalanina-Tirosina	%	1.53
Treonina	%	0.73
Triptofano	%	0.16
Valina	%	0.62
Grasa Cruda	%	9
Acido Linoleico	%	0.6
Acido Araquidónico	%	0.02
Minerales	%	1
Calcio	%	0.8
Fosforo	%	0.6
Potasio	%	0.2
Sodio	%	0.3
Cloro	%	0.08
Magnesio	%	80
Hierro	mg/kg	15
Cobre	mg/kg	8.4
Manganeso	mg/kg	7.6
Zinc	mg/kg	75
Yodo	mg/kg	1.8
Selenio	mg/kg	0.3
Vitaminas y Otros		
Vitamina A	IU/kg	6668
Vitamina E	IU/kg	280
Vitamina D	IU/kg	40
Vitamina K	mg/kg	0.1
Tiamina	mg/kg	5.6
Riboflavina	mg/kg	4
Acido pantoténico	mg/kg	5.75
Niacina	mg/kg	60
Piridoxina	mg/kg	4
Acido Fólico	mg/kg	0.8
Biotina	mg/kg	0.07
Vitamina B12	mg/kg	0.02
Colina	mg/kg	2400
Taurina	%	0.1

Figura 3: Requerimientos mínimos nutricionales en MS de mantenimiento del gato adulto. (30)

Diagnóstico

En humanos el diagnóstico de prediabetes se da al realizar la medición de la glucemia después de 8 horas de ayuno. Y los valores de la concentración de la glucosa sanguínea se encuentran entre 100 y 125 mg/dL. Este es un nivel alto de glucemia en ayunas, pero que no es tan alto (por encima de 125 mg/dL) como para considerarse dentro del diagnóstico de diabetes. También se utiliza el examen de tolerancia oral a la glucosa. Se mide la concentración de glucosa en sangre con ayuno y 2 horas después de beber una solución glucosada. Sí después de las 2 horas se encuentran concentraciones de glucosa en sangre entre 140 y 199 mg/dL se considera prediabetes. En los gatos no están definidos estos valores. De manera cotidiana el diagnóstico de DM2 felina se ha basado en los signos clínicos característicos de la enfermedad: Poliuria, polidipsia, polifagia, pérdida de peso. Además de estos signos, se debe tomar en cuenta la historia clínica del gato, ya que en esta, se encuentran los factores que predisponen al desarrollo de obesidad y diabetes. Sí ya existe cetoacidosis por DM2 insulinodependiente se encuentran además: depresión, vomito, anorexia, azotemia, hiponatremia, hiperfosfatemia, cetonemia y cetonuria. Los valores de glucosa en sangre para un gato diabético son mayores a 200mg/dL (los valores fisiológicos normales de glucosa en sangre son de 69 mg/dL a 142 mg/dL). La concentración de glucosa en sangre se puede medir mediante el uso de un glucómetro (32) y la comprobación de la presencia de glucosuria con tiras reactivas para orina confirman el diagnóstico de DM2. Se debe demostrar la existencia de hiperglucemia persistente para diagnosticar la DM2, por medio de la medición las concentraciones de proteínas glucosiladas como la fructosamina sérica y diferenciar de hiperglucemia por estrés. Ya que en los gatos, los valores de glucemia con estrés pueden aumentar drásticamente superando los 360 md/dL.

Fructosamina sérica. Hiperglucemia persistente y valores de fructosamina en gatos.

Las fructosamina son proteínas séricas (generalmente albumina) que se unen de forma irreversible a la glucosa sérica. Su concentración es directamente proporcional a la concentración de glucosa en sangre. Cuanto mayor sea la cifra

media de glucemia durante las 2 - 3 semanas precedentes a la medición, mayor será la concentración sérica de fructosamina. La importancia de la medición de la concentración de fructosamina sérica radica en que no se ve afectada por incrementos bruscos de la concentración de glucosa, como sucede con la hiperglucemia inducida por el estrés (33), lo cual es muy común en gatos.

Para medir las concentraciones séricas de fructosamina se utiliza valorización colorimétrica automatizada con el uso de cloruro de nitroazul tetrazolio (15; 34) .

Valores de referencia de Fructosamina. (35)

Gato	Valores de Fructosamina (µmol/L)
Gatos sanos, No diabéticos.	190–365
Gatos recientemente diagnosticados	350–730
Gatos diabéticos con control:	
Excelente control	350–400
Buen control	400–450
Control aceptable	450–500
Control deficiente	>500

Figura 4: Valores de referencia de la fructosamina sérica en gatos, para el control de la hiperglucemia. (35)

Las curvas de tolerancia a la glucosa en gatos se realizan solo de manera experimental. Son pruebas más elaboradas y se utilizan para analizar el metabolismo de la glucosa.

Las más utilizadas normalmente son las siguientes:

- **La prueba intravenosa de tolerancia a la glucosa (IVGTT):** Se administra una dosis constante de insulina y se miden los parámetros del metabolismo de la glucosa partiendo de la cantidad de glucosa que debe administrarse para mantener la glucemia dentro de los valores habituales. Durante la IVGTT, la tolerancia a la glucosa se obtiene calculando la vida media plasmática de la glucosa (T1/2, valor superior de referencia: aproximadamente entre 75 y 80 min). Del mismo modo, se determinan la sensibilidad a la insulina y el perfil de secreción de la insulina. Aunque la prueba de la IVGTT se lleve a cabo la mayor parte del tiempo en condiciones normalizadas, en un estudio se sugiere que no es posible establecer normas de referencia para esta prueba. Factores ambientales como la alimentación, el hábitat,

el modo de vida y el equipo del laboratorio ejercerán una gran influencia en los resultados. Por lo tanto, la curva de respuesta a una inyección IV de glucosa es el factor que urge evaluar, más que las concentraciones absolutas de glucosa y de insulina. En el mismo estudio, se propuso emplear una dosis mínima de 0,8 g/kg de glucosa (suele utilizarse una dosis de 1 g/kg), ya que las dosis más bajas utilizadas en determinados estudios no permiten una evaluación completa de la respuesta insulínica en gatos de diferente peso y condición corporal.

- **La prueba de estimulación con arginina (PEA):** Se establece un valor fijo de glucemia y se obtienen los parámetros del metabolismo de la glucosa de las concentraciones de glucosa e insulina durante el período de la prueba. Esta prueba permite distinguir fácilmente un gato normal de uno diabético, pero no diferencia los gatos que sufren una diabetes permanente de los gatos que tienen una diabetes transitoria.

En este ensayo se empleó una prueba de tolerancia a la glucosa, con mediciones de insulina.

Justificación

La mayoría de los gatos obesos pueden llegar a desarrollar DM2 no insulino dependiente sin embargo, ésta no es detectada por los dueños en etapa inicial. Durante la etapa inicial de la diabetes es posible generar su remisión por medio del tratamiento nutricional. Sin embargo no se han determinado los valores de la concentración de glucosa en sangre que definan al estado pre-diabético en gatos, para cuando el dueño se percató de que quizá hay algún problema con el gato es porque ya pasa al estado en el que se ha desarrollado DM2 insulino dependiente, caracterizando al paciente felino pre-diabético; se daría una intervención oportuna. Algunos rasgos importantes a considerar como factores predisponentes para desarrollar DM2 son: la condición corporal (obesidad o sobrepeso), la edad, el género (macho y hembras), el estado reproductivo (castrado o entero), la raza, la composición de la alimentación. Por otra parte el diagnóstico de la DM2 está dado por analitos sanguíneos obtenidos de pruebas de laboratorio de uso común como la fructosamina, la glucosa sérica, los triglicéridos, el colesterol, etc. Los cuales serían de gran utilidad, si se estimaran los valores que definan al estado pre-diabético en los gatos domésticos.

Hipótesis

Se determinara las variables séricas que determinen el estado pre-diabético en gatos, basándose en la condición corporal y cuantificando la concentración de las variables asociadas a DM2 después de administrar durante un mes una dieta de prescripción para gatos diabéticos.

Objetivo general

Determinar si una dieta alta en proteína administrada durante un mes, mejora los parámetros bioquímicos séricos utilizados para el diagnóstico de diabetes en la práctica clínica en gatos machos castrados mayores de 6 años de edad con diferentes condiciones corporales CC3, CC4, CC5.

Objetivos específicos

- a) Evaluar el efecto de una dieta para el control de la DM2 administrada durante un mes, en los parámetros bioquímicos séricos.
- b) Determinar si la dieta por sí sola, es capaz de utilizarse como profiláctico para el desarrollo de la DM2.
- c) Obtener los parámetros séricos que definan el estado pre-diabético en gatos.

Metodología

Animales.

Criterios de inclusión:

De 30 gatos machos, todos castrados, de tres condiciones corporales (CC) diferentes, raza Domestico mexicano se seleccionaron. 10 animales a los cuales se evaluó por medio de la historia clínica, y tomando en cuenta la condición corporal por medio de 2 técnicas de exploración clínica. Se determinó el peso corporal y se utilizó la puntuación de la condición corporal (escala de 5 puntos).

Se establecieron 3 grupos de individuos felinos, mayores a 6 años de edad, castrados, con sobrepeso u obesidad.

1. Gatos machos mayores a 6 años de edad, con una condición corporal normal o CC 3 de 5 puntos. (Grupo control).
2. Gatos machos mayores a 6 años de edad, castrados con sobrepeso o CC 4 de 5 puntos.
3. Gatos machos mayores de 6 años de edad, castrados con obesidad o CC 5 de 5 puntos.

Se les realizó la prueba de SIDA felino y leucemia viral felina. Se hicieron estudios de hematología, química sanguínea completa, fructosamina sérica e insulina. A estos animales se les realizó la curva de tolerancia a la glucosa oral. Y se les administró una dieta con 46% PC sin ninguna otra fuente de alimento durante un mes. Al finalizar el periodo de dieta, se realizaron de nuevo los análisis de hematología, bioquímica sanguínea completa, determinación de las concentraciones de fructosamina sérica y la curva de tolerancia a la glucosa oral.

Se seleccionaron 4 gatos en 2 con CC=3 y 2 con CC>3; a los cuales se les realizó la determinación de la concentración de insulina sérica. Todas las mediciones se realizaron con un ayuno de 8 horas.

Toma de muestras

Las muestras sanguíneas para los análisis de hematología, bioquímica sanguínea, determinación de concentración de fructosamina y curvas de tolerancia a la glucosa fueron obtenidas bajo anestesia general. Se utilizó isofluorano como anestésico general y xilacina al 2% como tranquilizante. El muestreo se realizó por medio de la colocación de un catéter endovenoso heparinizado. Utilizando la vena cefálica. El catéter fue colocado 1 hora antes de la toma de muestras. Se obtuvieron 2 tubos de sangre, uno de 3 ml (color lavanda) y otro de 5 ml (color amarillo), después de verter la sangre en los dos tubos. Se cuantificó la concentración de glucosa en sangre. Esta primera medición de la concentración de glucosa fue considerada como la muestra basal para las curvas de tolerancia a la glucosa oral.

Curva de tolerancia a la glucosa oral en gatos.

Las curvas de “tolerancia a la glucosa” se realizaron adaptando la técnica de la prueba intravenosa de tolerancia a la glucosa (IVGTT). Se tomó la muestra basal en ayuno y en lugar de administrar la glucosa vía I.V., el bolo de glucosa se administró vía oral, depositando la solución glucosada directamente al estómago por medio de una sonda endogástrica del número 5 F que se retiró inmediatamente después de haber administrado la solución glucosada. Después de 15 min posteriores a la administración de la solución glucosada, se tomó la muestra marcada como tiempo 1 o muestra 1. Se tomaron en total 8 tiempos con intervalos de 15 min entre uno y otro completando una curva total de 105 minutos (figura 5).

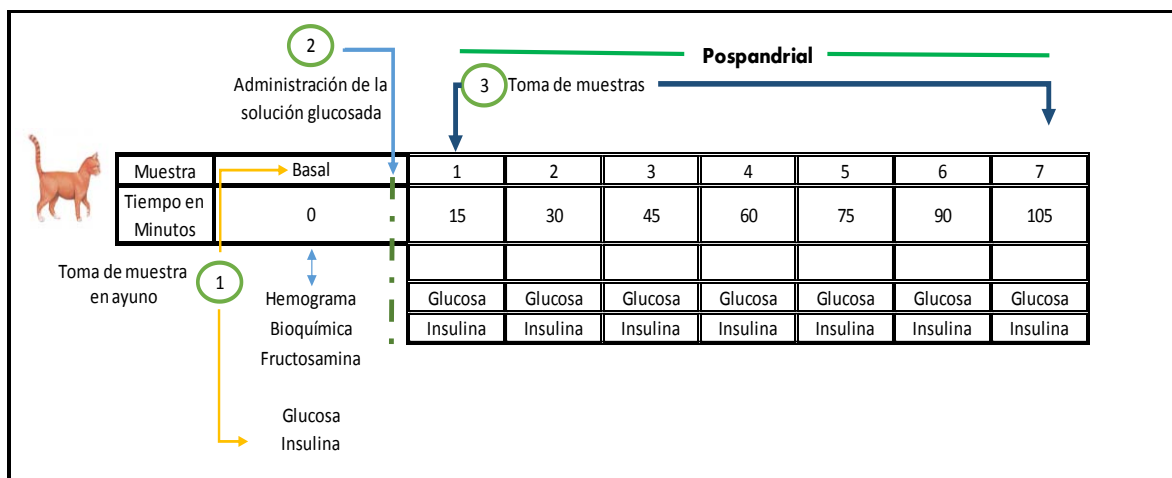


Figura 5: Secuencia de los pasos seguidos para la toma de muestras sanguíneas y metodología de la curva oral de tolerancia a la glucosa.

Características de la dieta

Se utilizó como dieta de remplazo; el cual contiene 46 % de proteína y 17.4 % de carbohidratos. A comparación de las dietas que consumían los gatos antes del ensayo que contienen menor % de proteína y mayor % de carbohidratos.

Componentes de la Dieta	Alimento de prescripción alto en proteína. Utilizado en el estudio	Alimento comercial que consumían los animales antes del estudio
PROTEINA	46*	31
GRASAS	12	9
CARBOHIDRATOS	17.4	51.5

Figura 6: Comparación entre el alimento utilizado en el estudio y los alimentos comerciales que consumían los animales antes del estudio. Se observa la diferencia entre % de proteína, grasas y carbohidratos.

La dieta alta en proteína se administró durante un periodo de un mes, siendo la única fuente de alimento. Y programando solo 2 comidas al día. Una en la mañana y otra en la noche. Antes de iniciar con la dieta se tomaron las muestras para los

análisis de sangre y determinación de concentración de glucosa, fructosamina, insulina, hemograma y química sanguínea.

Mediciones

Pruebas de laboratorio

Las curvas de tolerancia a la glucosa se realizaron en los quirófanos de la facultad de medicina veterinaria de la UNAM en ciudad universitaria. Las concentraciones de glucosa sanguínea se determinaron utilizando un glucómetro comercial de uso para humanos marca One touch. Las muestras obtenidas para los estudios de hematología, bioquímica sanguínea, y determinación de la concentración de fructosamina sérica fueron centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos y se mantuvieron en hielo hasta ser enviadas al laboratorio de patología clínica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ubicada en ciudad universitaria. Las muestras para determinar la concentración de Insulina plasmática se mantuvieron bajo reguardo en el laboratorio de patología clínica hasta que se hizo el estudio en el Instituto nacional de nutrición "Savador Zubiran". Se determinó por medio de un kit de ELISA específico para insulina de gato "Feline Insulin" de MECORDIA.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando un software científico comercial publicado por GraphPad Prism.(San Diego, CA, USA). Los datos se expresan como la Media \pm el EEM. La significancia de las diferencias entre grupos por condición corporal fue evaluada por la Prueba T de Student de una cola para muestras pareadas. Un valor de $P < 0.05$ fue considerado estadísticamente significativo. Se asumió la normalidad de los datos por medio de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, en los datos que no se reportó normalidad se aplicó una prueba no paramétrica.

Resultados

Se obtuvieron los siguientes resultados.

Peso

Tanto en los gatos de CC3 como en los gatos con una CC>3 el peso disminuyó de manera ligera pero significativamente después de la dieta alta en proteína durante un mes con una dieta alta en proteína. Para CC3 después del tratamiento $p= 0.0003$ y para CC>3 después de la dieta alta en proteína $p= 0.0179$. (Figura 6).

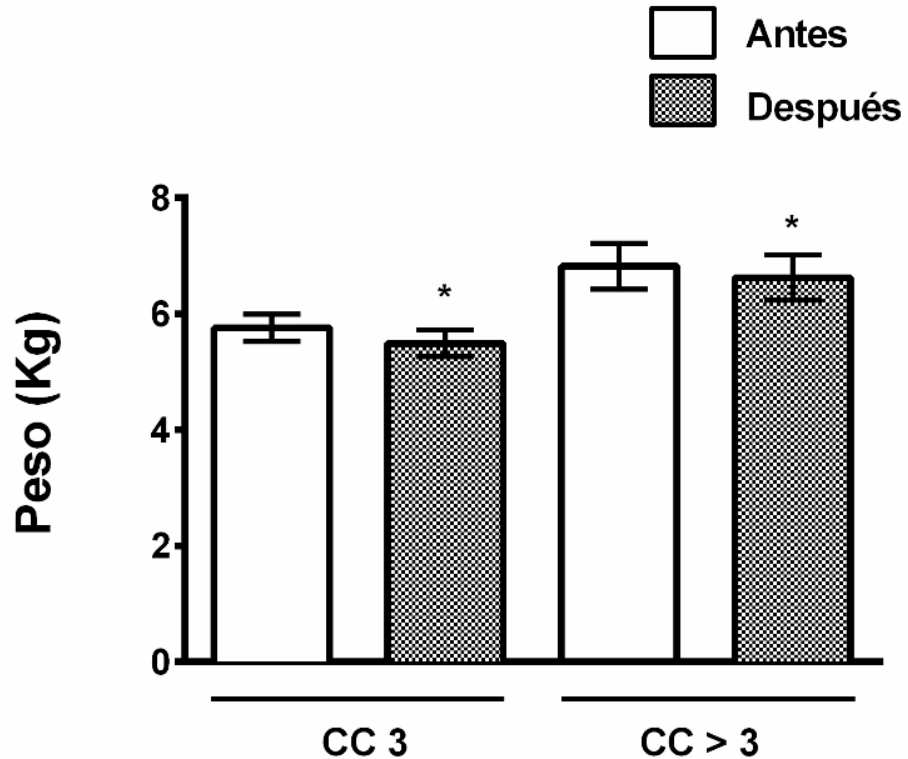
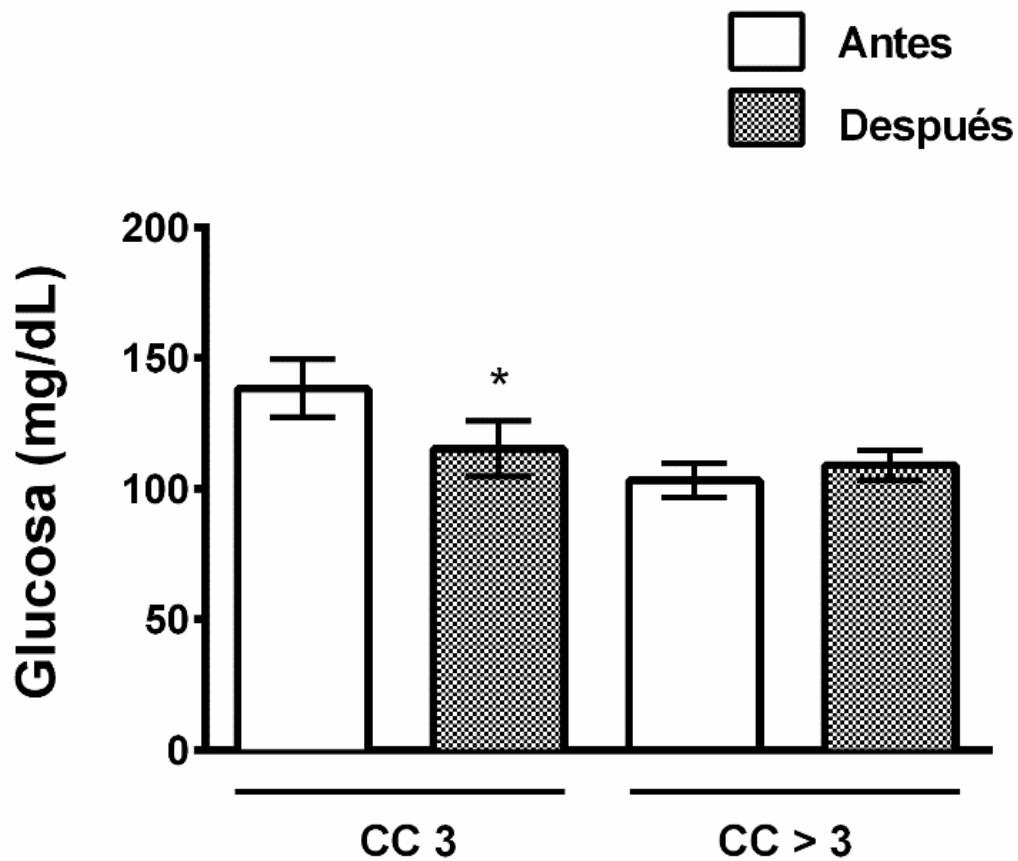


Figura 7: Variaciones encontradas en el peso corporal de los gatos tratados con una dieta alta en proteína durante un mes. Se pesaron antes y después de recibir la dieta.

Glucosa sanguínea

Al comparar las concentraciones de glucosa sérica basal después de administrar la dieta alta en proteína durante un mes, utilizando la prueba T de Student se observó una disminución significativa con una $p= 0.0331$ en los gatos con CC 3 después de un mes de tratamiento con dieta alta en proteína. Para los gatos con $CC>3$ no se observó una diferencia significativa; aunque, se observó una ligera tendencia al aumento en estos animales. (figura 8)

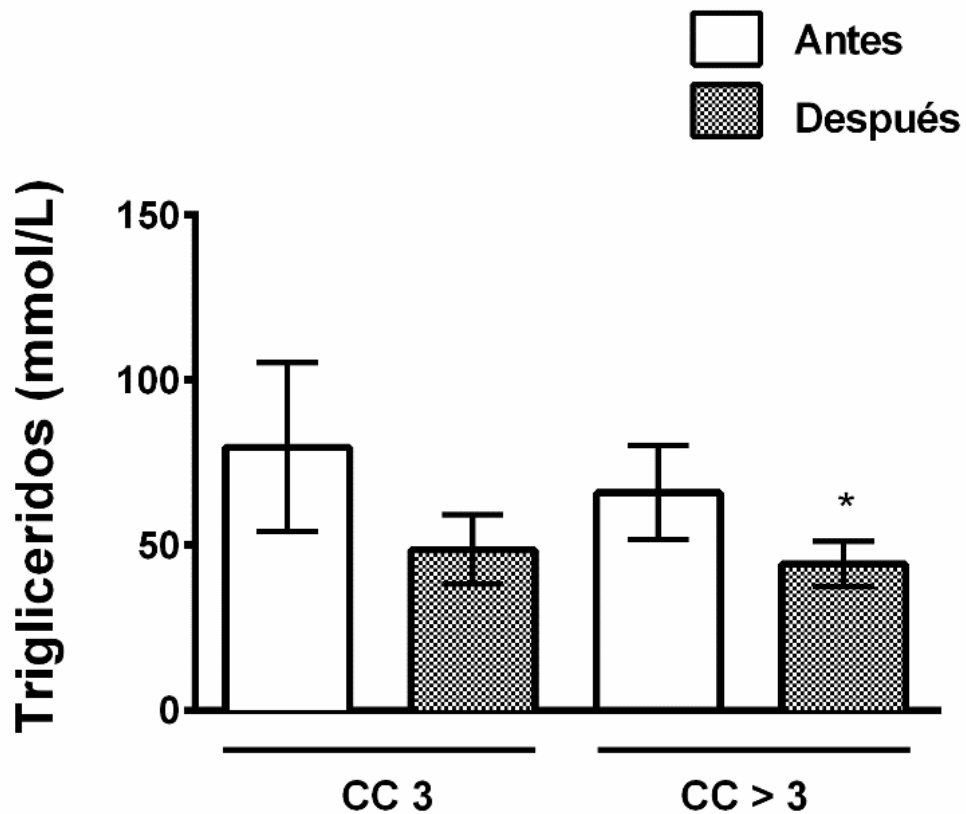


Valores de referencia en gatos: 68.46 - 142.32 mg/dL

Figura 8: Cambios observados en la concentración en ayunas de la glucosa sanguínea después del tratamiento con una dieta alta en proteína durante un mes.

Triglicéridos

En cuanto a la concentración de triglicéridos séricos en ayuno, se observó al comparar los datos mediante T de Student que la dieta alta en proteína tuvo un efecto significativo en gatos con CC>3 disminuyendo la concentración de estos después de un mes de tratamiento. En los gatos con CC3 solo se observó una tendencia a disminuir su concentración después del tratamiento. (Figura 9).

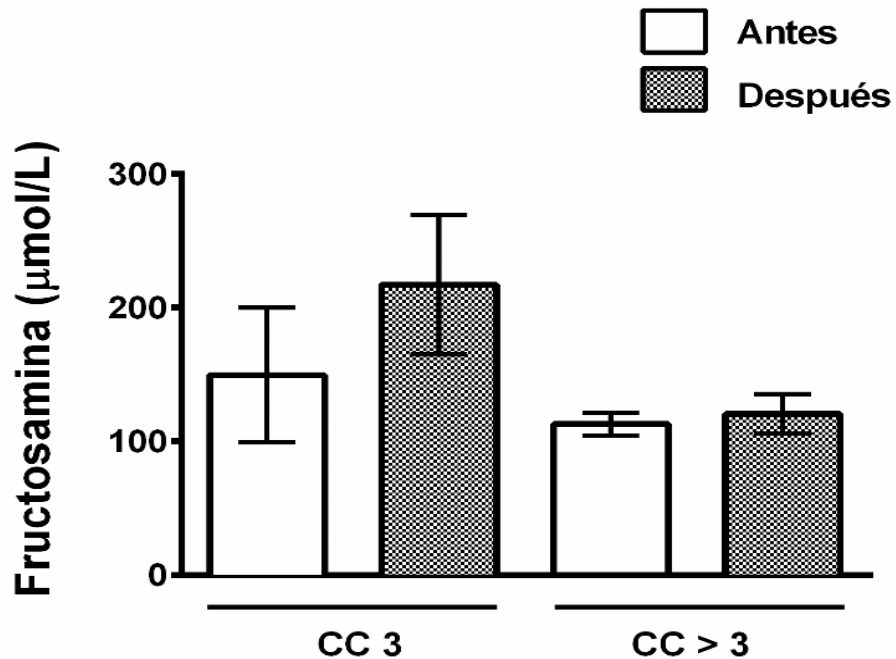


Valores de referencia en gatos: 53.10 - 106.19 mg/dL

Figura 9: Valores obtenidos en la concentración de triglicéridos en ayunas, después del tratamiento con una dieta alta en proteína durante un mes. En los gatos CC>3 se observa una disminución significativa posterior al tratamiento.

Fructosamina sérica

No se observaron cambios significativos en las concentraciones de la fructosamina sérica en gatos con CC 3 posterior al tratamiento con la dieta alta en proteína durante un mes ($p= 0.2084$) ni para los gatos con $CC>3$ ($p= 0.1899$). Sin embargo, en ambos grupos se observa una tendencia de aumento en la concentración de fructosamina, siendo más evidente para el grupo CC3 pero ninguno rebasa los valores de referencia. (figura 10).

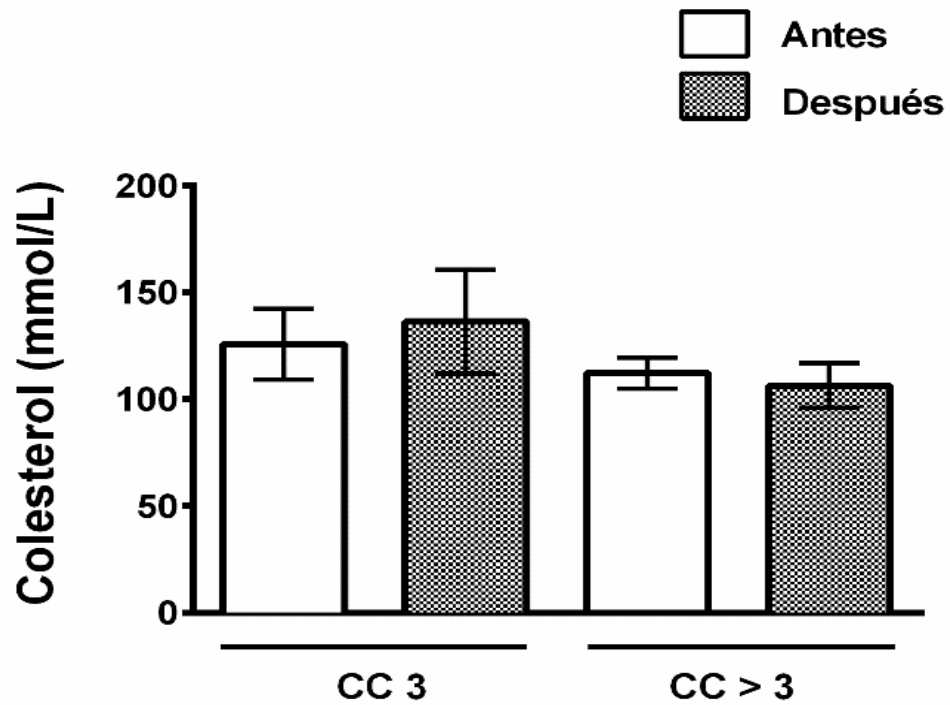


Valores de referencia en gatos: $< 370 \mu\text{mol/L}$

Figura 10: Valores obtenidos en la concentración de fructosamina sérica después del tratamiento durante un mes con una dieta alta en proteína, en gatos con CC 3 y $CC>3$. Se observa una tendencia al aumento de la concentración después del tratamiento.

Colesterol

Las concentraciones séricas de colesterol en ayuno no se vieron modificadas con la dieta alta en proteína después del tratamiento con la dieta alta en proteína en gatos con CC3, ni en gatos con CC>3. (figura 11).

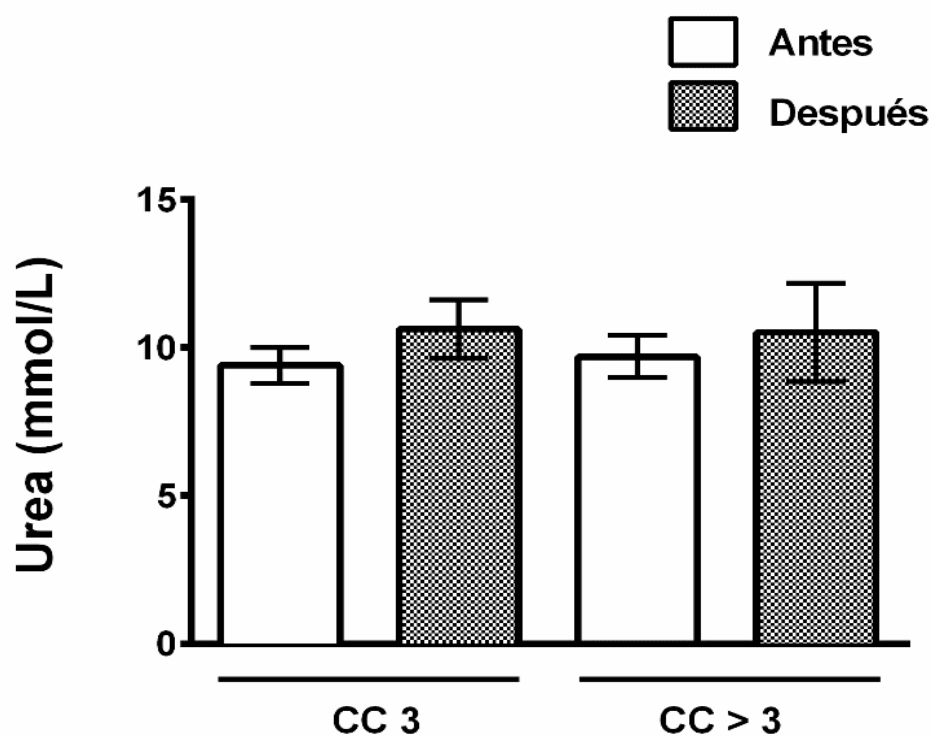


Valores de referencia en gatos: 68.83 - 149.65 mg/dL

Figura 11: Valores de la concentración del colesterol sérico, obtenidos en ayunas después de un mes con tratamiento con una dieta alta en proteína en gatos con diferentes CC. Donde se observa una tendencia a la disminución.

Urea

Al analizar las concentraciones de la urea sérica después de un ayuno de 8 horas antes y después del tratamiento, mediante la prueba T de Student no se observaron cambios significativos con una $p= 0.2030$ en los gatos con CC 3 después de un mes de tratamiento con dieta alta en proteína; ni para los gatos con $CC>3$ con una $p= 0.2977$. Sin embargo se observa una tendencia al aumento encontrándose en el límite superior del intervalo de referencia. (figura 12).

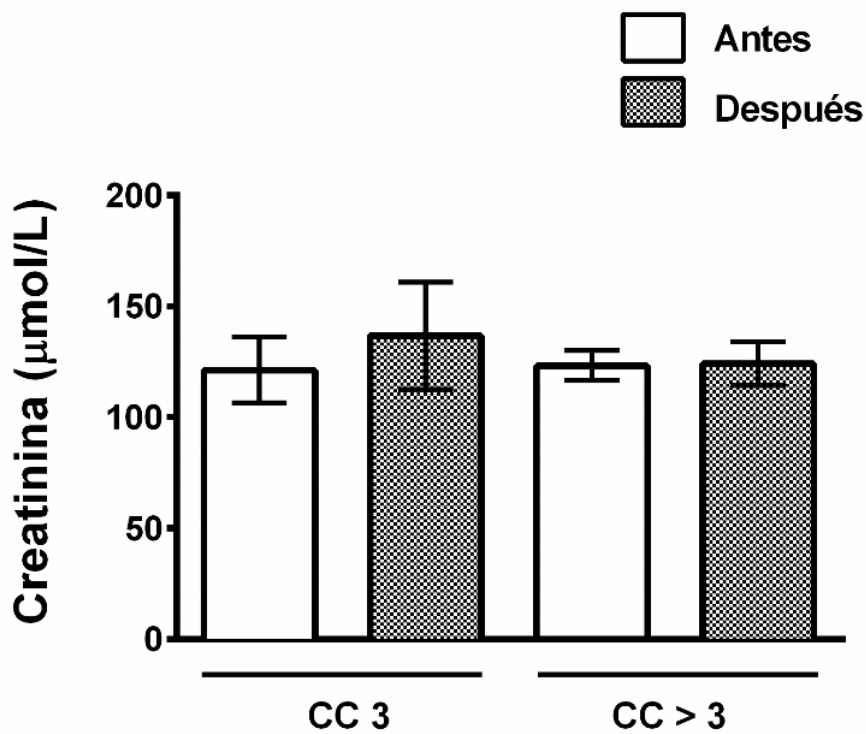


Valores de referencia en gatos: 4.1 - 10.8 mmol/L

Figura 12: Valores de la concentración de la urea sérica, después del tratamiento con una dieta alta en proteína, en gatos con diferentes CC. Se observa una tendencia al aumento.

Creatinina

En las concentraciones de creatinina sérica después de un ayuno de 8 horas antes y después del tratamiento, mediante el análisis con la prueba T de student no se observaron cambios significativos con una $p= 0.1301$ en los gatos con CC 3 después de un mes de tratamiento con dieta alta en proteína, ni para los gatos con $CC>3$ con una $p= 0.4516$. (figura 13).



Valores de referencia en gatos: 56 - 176 µmol/L

Figura 13: Concentración de la creatinina sérica después del tratamiento durante un mes con una dieta alta en proteína, donde se observa una tendencia al aumento, aunque se mantiene dentro del intervalo de referencia.

Resultados de la Curva oral de tolerancia a la glucosa

Para la realización de las curvas de tolerancia a la glucosa, se analizaron 4 gatos de diferentes condiciones corporales. 2 gatos con CC3 (controles) y 2 gatos con CC>3; 1 con CC4 (sobrepeso) y 1 con CC5 (obesidad). Obteniéndose los siguientes resultados.

- En los gatos con una CC 3 (control); se observó un aumento en la secreción de la insulina muy notorio después del tratamiento con la dieta alta en proteína y la regulación de la glucosa es mucho mejor después del tratamiento. Inciso a, b,c y d. (figura 14).
- En el gato con una CC 4 (obesidad) se observa como la regulación de la glucosa mejora y disminuye antes de los 105 minutos posteriores a la administración del bolo de glucosa después de un mes con la dieta alta en proteína también se observa como la secreción de insulina aumenta notablemente, después de un mes con la dieta alta en proteína. Incisos e y f. (figura 14).
- En el gato con una CC 5 (obesidad); no se observó un cambio significativo en la secreción de la insulina después del tratamiento con la dieta alta en proteína, pero la regulación de la glucosa es mejor, regresando a los niveles basales a los 105 minutos después del tratamiento con la dieta alta en proteína. Incisos g y h. (figura 14).

Es notable como en ambos grupos (CC 3 y CC>3) se mejora la secreción de insulina y el control de la glucemia es más eficiente, para gatos con CC 3 hay una disminución en su concentración con una $p= 0.0393$. Hay cambios notables en ambos casos aunque solo marcan una tendencia a la disminución en gatos con CC > 3. Para los gatos CC 3 el cambio es estadísticamente significativo en la secreción

de la insulina con una $p= 0.0314$, mientras que para los gatos $CC > 3$ se observa una tendencia a la mejoría como puede apreciarse en las gráficas.

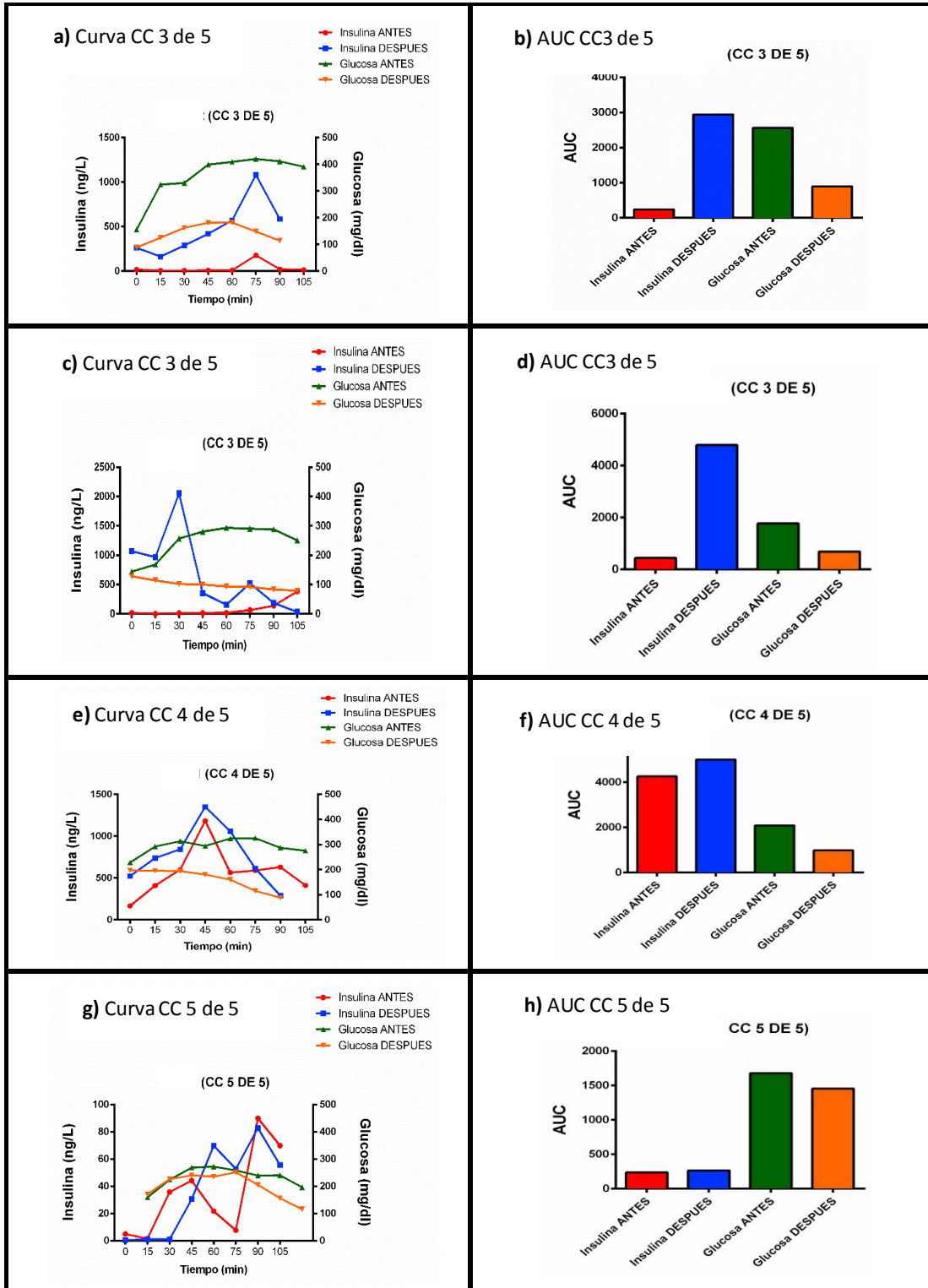


Figura 14: Resultados obtenidos de la curva de tolerancia a la glucosa oral, en gatos de diferentes condiciones corporales. Inciso a, b, c y d corresponden a los gatos control (CC3). Incisos e y f corresponden a un gato con CC4. Incisos g y h CC5.

Al analizar el área bajo la curva de glucosa (figura 15) e insulina (figura 15) de los 4 gatos en conjunto, se observa que para ambas CC, los valores de glucosa disminuyen después de la dieta. Siendo estadísticamente significativo la los gatos con CC 3 ($p= 0.0393$). En relación a la insulina se observa que en los gatos con CC 3 hubo un aumento en la secreción, mientras que en los gatos con $CC>3$ los valores se mantienen sin cambio. Para los gatos CC 3 el cambio es estadísticamente significativo en la secreción de la insulina con una $p= 0.0314$, mientras que para los gatos $CC > 3$ se observa una tendencia a la mejoría como puede apreciarse en la figura 15 sin embargo al analizar a los gatos $CC>3$ por separado, se observó que en el gato con CC4 hay un ligero aumento, mientras que en el gato con CC5 no hay cambio.

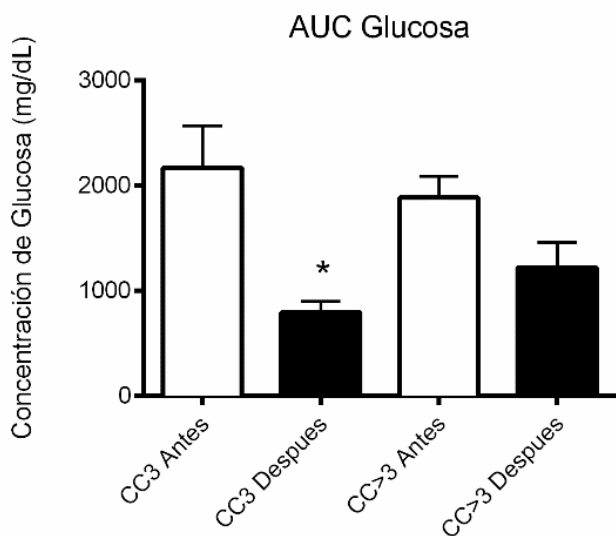


Figura 16: AUC de la concentración de glucosa sanguínea después del tratamiento durante un mes con una dieta alta en proteína. en gatos con diferente CC.

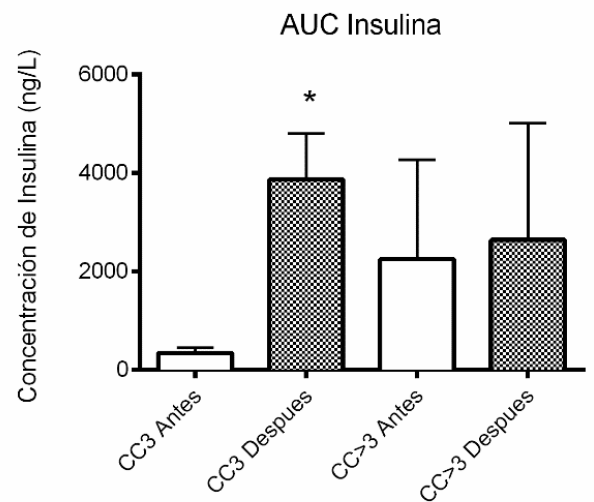


Figura 15: AUC de la concentración de insulina sérica después del tratamiento durante un mes con una dieta alta en proteína. En gatos con diferente CC.

En los animales con CC3 después de un mes de administrarles como única fuente de alimento una dieta alta en proteína, se observó que disminuyen de manera significativa los valores de las Proteínas totales ($p= 0.0067$), Globulinas ($p= 0.0004$) y Bicarbonato ($p= 0.0368$). Mientras que para los gatos con $CC>3$ solo se aprecia una disminución significativa en la bilirrubina total ($p= 0.0441$). (figura 17).

Parámetro	Valores de Referencia	Unidades de medida	CC3		CC>3	
			Antes	Después	Antes	Después
BILIRRUBINA TOTAL	1.7 - 6.8	$\mu\text{mol/L}$	4.296 \pm 1.27	4.67 \pm 1.462	3.689 \pm 0.3958	2.75 \pm 0.04593 *
BILIRRUBINA CONJUGADA	0 - 1.07	$\mu\text{mol/L}$	2.112 \pm 0.9463	2.598 \pm 0.8128	1.196 \pm 0.2942	0.9738 \pm 0.209
BILIRRUBINA NO CONJUGADA	0 - 1.5	$\mu\text{mol/L}$	2.186 \pm 0.5918	2.072 \pm 0.7347	3.015 \pm 0.6572	1.729 \pm 0.4564
ALANINAMINOTRANFERASA (ALT)	<72	U/L	54 \pm 8.86	48.8 \pm 8.789	63.13 \pm 6.229	63.5 \pm 4.408
ASPARTATOAMINOTRANFERASA (AST)	<61	U/L	33 \pm 6.14	31.8 \pm 4.598	29.43 \pm 3.779	28.5 \pm 1.842
FOSFATASA ALCALINA (FA)	<107	U/L	69.6 \pm 10.69	67.8 \pm 9.184	84.75 \pm 12.86	84.38 \pm 13.36
AMILASA	<1800	U/L	997.4 \pm 62.8	866.8 \pm 67.43	1125 \pm 174.3	1111 \pm 126.5
CREATININASA (CK)	<277	U/L	295.4 \pm 73.38	421 \pm 208.8	247.3 \pm 49.06	252.1 \pm 28.69
PROTEINAS TOTALES	59 - 81	g/L	72.8 \pm 2.375	64 \pm 3.536 *	83.75 \pm 3.683	83.63 \pm 4.221
ALBUMINA	26 - 38	g/L	34 \pm 1.304	30.8 \pm 1.908	34 \pm 1.753	32.63 \pm 1.535
GLOBULINAS	29-47	g/L	38.8 \pm 1.625	32.6 \pm 1.327 *	50.5 \pm 4.468	51 \pm 4.939
CALCIO	2.05 - 2.76	mmol/L	2.264 \pm 0.06088	2.472 \pm 0.08255	2.324 \pm 0.07015	2.266 \pm 0.08586
FOSFORO	0.96 - 1.96	mmol/L	1.382 \pm 0.09351	1.404 \pm 0.03558	1.551 \pm 0.08917	1.406 \pm 0.1558
POTASIO	3.5 - 5.3	mmol/L	4.49 \pm 0.3593	4.64 \pm 0.2909	4.71 \pm 0.1784	4.326 \pm 0.1161
SODIO	143 - 158	mmol/L	153 \pm 1.517	150 \pm 1.049	152.9 \pm 1.172	152.6 \pm 2.329
COLORO	110 - 125	mmol/L	123.6 \pm 1.4	123.4 \pm 1.72	122.6 \pm 1.499	122.3 \pm 1.962
BICARBONATO	14 - 24	mmol/L	21.4 \pm 1.166	15.4 \pm 1.435 *	20.13 \pm 1.076	19.38 \pm 1.238
GGT	9 - 38	U/L	3.6 \pm 0.7483	2.6 \pm 0.6	3.125 \pm 0.8115	3.875 \pm 0.6665

Figura 17: Resultados de la química sanguínea y las variaciones obtenidas al comparar los resultados después del tratamiento durante un mes con una dieta alta en proteína. Los cambios en las concentraciones aparecen en negritas.

Discusión

Con base en los resultados de este ensayo se puede decir que existe un efecto significativo de la dieta sobre algunas de las variables peso, concentración de glucosa en sangre, concentración de insulina sérica, triglicéridos, proteínas totales, globulinas y bicarbonato. En este estudio se pudo demostrar que la CC, el peso y una dieta alta en proteína, están vinculados a un mejor control del metabolismo de los carbohidratos mejorándolo, contrario a lo que reportan en otros estudios; German y Martin, 2000, quienes mencionan que un alto contenido en proteínas está vinculado a un mayor consumo de alimento y al aumento de peso proponiendo la restricción del contenido en proteínas (sustituyendo proteínas por fibras) (20), contrario al metabolismo propio de la especie (13; 36). La condición corporal es el primer punto a cuidar para evitar el desarrollo de DM2; en gatos con CC 4 se aprecia mucho mejor el efecto que ejerció el cambio a una dieta con alta en proteína debido a que todos los animales redujeron su peso en concordancia con Zoran D. L; 2009 (18), también la concentración de triglicéridos sanguíneos disminuyó y mejoró la secreción de insulina aumentándola, mejorando la glucemia posprandial. Esto hace pensar que los animales que presentaban una resistencia a la insulina y con la modificación de la dieta, fueron capaces de regular otra vez sus concentraciones de glucosa. No así para gatos con CC 5 en donde no se observó aumento en la secreción de insulina significativo, sin embargo si hay una disminución de la resistencia a la insulina ya que, con la insulina secretada hay un mejor control de glucemia posprandial. Se observó que hay concordancia con lo que se reporta Lutz, Thomas (6) y se observa una mayor secreción de insulina después del tratamiento con la dieta alta en proteína. Al realizar las comparaciones de los valores antes y después de la dieta de

La fructosamina sérica parece no ser un buen parámetro para definir el estado pre-diabético de acuerdo con Schleicher et al, (1988) la fructosamina mide también un sustrato no identificado, aparte de las proteínas séricas glicosiladas (principalmente albumina) lo que introduce un factor de error potencial si existe hiperalbuminemia o hipotiroidismo, la fructosamina puede estar falsamente elevada (34). En este

estudio que la fructosamina sérica mostró una tendencia a elevar su concentración después del cambio a la dieta alta en proteína; lo que se podría relacionar a la tendencia a la baja que mostró la albumina después del cambio de dieta; inicialmente, los valores de la albumina sérica mostraban estar cercanos al valor máximo del intervalo de referencia utilizado aquí y disminuyeron después del tratamiento; podría pensarse que esta disminución está relacionada con el aumento de la fructosamina.

Conclusión

No está definido el término de pre-diabetes en gatos por medio de valores de glucemia, sin embargo el término que hace referencia a la diabetes mellitus subclínica o diabetes transitoria.

Reducir los factores de riesgo y detectar el problema antes de que aparezca la diabetes son la clave para que el animal tenga una mejor calidad de vida, por lo tanto es importante detectar los indicadores que definan el estado pre-diabetico en estos animales. Será necesario que se realicen los cambios útiles para modificar el estilo de vida y evitar la presencia de los factores de riesgo.

Los factores de riesgo encontrados en este trabajo son la relación CC/peso, ya que un gato con una CC4 e hiperglucemia con modificación de la dieta a una alta en proteína puede regular en un mes su homeostasis glucémica.

Un gato con CC5 y alto peso con una dieta alta en proteína no puede retornar a la homeostasis glucémica.

La insulina es un factor inducible con la dieta alta en proteína en el gato, por lo tanto ésta contribuye a mejorar la secreción de insulina y la homeostasis glucémica en gatos con CC4.

En este estudio se pudo demostrar que la CC, el peso y una dieta alta en proteína, están vinculados a un mejor control del metabolismo de los carbohidratos mejorándolo.

Bibliografía

1. *Comparative aspects of diabetes mellitus in dogs and cats*. Hoenig, m. [ed.] Molecular and Cellular Endocrinology. 197, Georgia : ELSEVIER, 2002, pp. 221-229.
2. *How Prevalent is the Overweighth cat?* Davies, Mike. 171, 2012, Veterinary Record, pp. 558-559.
3. *An investigation into the epidemiology of feline obesity in Great Britain: results of a cross-sectional study of 47 companion animal practises*. E. A. Courcier, D. J. Mellor, E. Pendlebury, C. Evans, P. S. Yam. 171, s.l. : Grupo BMJ, 2012, Veterinary Record, p. 560.
4. *Diabetes Mellitus in Cats*. Jacquie S. Rand, BVSc, DVSc and Rhett D. Marshall, BVSc. 35, Brisbane, Australia. : s.n., 2005, VETERINARY CLINICS : SMALL ANIMAL PRACTICE, pp. 211–224.
5. Carlos Melían, María Dolores Pérez Alenza, Mark e. Peterson, Monserrat Díaz, Hans Kooistra. Pancreas Endocrino: Diabetes Mellitus Felina. [ed.] Multimédica ediciones veterinarias. *Manual de endocrinología de pequeños animales*. Española. Barcelona, España. : Grafica IN- Multimédica S.A., 2008, 15, pp. 195-223.
6. Lutz, Thomas A. Diabetes mellitus felina: Estrategias nutricionales. [book auth.] Vincent Biourge, Denise Elliott. Pascale Pibot. [ed.] Royal Canin. *Enciclopedia de la nutrición clínica felina*. s.l. : IVIS.
7. *Remission in Cats: Including Predictors and Risk Factors*. Susan Gottlieb, Jacquie S. Rand. 43, Australia : Elsevier, 2013, Vet Clin Small Anim, pp. 245–249.
8. *Diabetes Mellitus Felina*. Reusch., Claudia. [ed.] ROYAL CANIN. 1, Zurich, Suiza. : s.n., 2011, Veterinary Focus, Vol. 21, pp. 9-16.

9. *Feline diabetes mellitus*. Elliott, Denise A. Orlando, FL. : Royal Canin, 2005. pp. 318-320.
10. *Classification and etiology of diabetes in dogs and cats*. Reusch, Richard W. Nelson and Claudia E. 222, CA. USA. : Bioscientifica Ltd, 2014, Journal of Endocrinology.
11. *Insulin resistance in cats*. Scott-Moncrieff, J. Catharine. 40, West Lafayette, USA : Elsevier Inc., 2010, Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, pp. 241-257.
12. *The carnivore connection to nutrition in cats*. Zoran, Debra L. 11, Texas : s.n., Diciembre 1, 2002, Vet Med Today: Timely topics in nutrition, Vol. 221, pp. 1559-1567.
13. *Food Selection by the Domestic Cat, an Obligate Carnivore*. John W. S . Bradshaw, Deborah Goodwin, Vhonique Legrand-Defre'tin. 3, s.l. : Elsevier Science Inc., 1996, Elsevier, Vol. 114A, pp. 205-209.
14. Salmon, Madeline. Prediabetes in Cats: Causes and Treatments. *Prediabetes in Cats: Causes and Treatments*. [Online] Junio 10, 2010. [Cited: Octubre 05, 2014.] <https://suite.io/madeline-salmon/3pfw2ma>.
15. Feldman EC, Nelson RW. Diabetes. *Canine and Feline Endocrinology and Reproduction*. 3rd. St. Louis, MO. : Millenium, 2004, pp. 539–579.
16. *Insulin sensitivity decreases with obesity, and lean cats with low insulin sensitivity are at greatest risk of glucose intolerance with weight gain*. DJ Appleton, JS Rand, GD Sunvold. 3, 2001, Journal of Feline Medicine and Surgery, pp. 211–228.
17. *The Cat as a Model for Human Obesity and Diabetes*. Hoenig, Margarethe. [ed.] © Diabetes Technology Society. 3, Mayo 2012, Journal of Diabetes Science and Technology, Vol. 6, pp. 525-533.
18. *Feline Obesity: Clinical Recognition and Management*. Zoran, Debra L. 1, Texas, USA. : s.n., Junio 2009, Compendium: Continuing Education for Veterinarians, pp. 284-293.

19. Lucile Martin, Alex German. *Obesidad felina: epidemiología, fisiopatología y manejo*. [book auth.] Vincent Biourge, Denise Elliot Pascale Pibot. *Enciclopedia de la nutrición clínica felina*. 2008.
20. Alex German, Lucile Martín. *Estrategias nutricionales para fomentar la sensación de saciedad en los gatos*. [book auth.] Vincent Biourge, Denise Elliott. Pascale Pibot. [ed.] Royal Canin. *Enciclopedia de la nutrición clínica felina*. 2000, pp. 2-49.
21. *Development and validation of a body condition score system for cats: A clinical tool*. DP., Laflamme. 25, s.l. : Elsevier, 1997, *Feline Practice*, pp. 13-18.
22. *Frequency of feline diabetes mellitus and breed predisposition in domestic cats in Australia*. R. Lederer, J.S. Rand, N.N. Jonsson, I.P. Hughes, J.M. Morton. 179, St. Lucia, Queensland, Australia. : Elsevier, 2009, *The Veterinary Journal*.
23. *Effects of Surgical Sterilization on Canine and Feline Health and on Society*. Kustritz, Root. 4, St. Paul, MN. : s.n., 2012, *Reproduction in domestic animals*, Vol. 47, pp. 214–222.
24. *Diabetes Mellitus Experimental*. Hector Gabriel Ramos Rodríguez, José Domingo Méndez. [ed.] Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. : s.n., 1994, *Ciencia Veterinaria*, Vol. 6, pp. 347-375.
25. *Canine and Feline Diabetes Mellitus: Nature or Nurture?* Jacquie S. Rand, Linda M. Fleeman, Heidi A. Farrow, Delisa J. Appleton, and Rose Lederer. Brisbane, Australia : s.n., marzo 2011, *The Journal of Nutrition*, pp. 2072-2080.
26. *Research Reports: Gatos esterilizados*. Isabelle Jeusette, Victor Romano. [ed.] Affinity Petcare S.A. Barcelona , España : s.n., *Research Reports*, pp. 1-4.
27. *Effects of dietary fat and energy on body weight and composition after gonadectomy in cats*. Patrick G. Nguyen, Henri J. Dumon, Brigitte S. Siliart, Lucile J. Martin, Renaud Sergheraert and Biourge., Vincent C. 12, Aimargues, France. : Royal Canin Research Center, Diciembre 2004, Vol. 65.
28. *Comparison of insulin signaling gene expression in insulin sensitive tissues between cats and dogs*. Arai, A. Mori & P. Lee & H. Takemitsu & T. Sako & T. 33, NOVIEMBRE 29, 2009, *Vet Res Commun*, pp. 211-226.

29. JORGE MORENO COLLADO, Director General Jurídico de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-061-ZOO-1999, ESPECIFICACIONES ZOOSANITARIAS DE LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS PARA CONSUMO ANIMAL. [Diario oficial de la federación]. Octubre 11, 2000.
30. *AAFCO methods for substantiating nutritional adequacy of dog and cat foods*. AAFCO. 2014.
31. *Nutrition for Aging Cats and Dogs and the Importance of Body Condition*. Laflamme, Dorothy P. 35, St. Louis, MO. : s.n., 2005, *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, pp. 713–742.
32. *Continuous glucose monitoring in small animals*. Sean Surman, Linda Fleeman. 43, Victoria, Australia : Elsevier, Inc., 2013, *The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, pp. 381–406.
33. *Cats, Diabetes and Stress!* Sparkes, Andrew H. 197, s.l. : International Society of Feline Medicine, Diciembre 1, 1999 , *Journal of Feline Medicine and Surgery*, Vol. 1.
34. *Glicosilación de las proteínas sanguíneas*. Felix, Efrain Mato. [ed.] Felipe San Martin H. Lima : s.n., 2008, *Revista Electrónica SIRIVS*.
35. Intervet Inc., a subsidiary of Merck & Co. Vetsulin. [Online] Merck Animal Health, 2014. [Cited: Octubre 05, 2014.]
http://www.vetsulin.com/vet/cats_monitoring_glycated.aspx.
36. *Carbohydrates in felines: What is too much, what is too low?* Fascetti, Andrea J. 2014 йил.
37. *A feline model of experimentally induced islet amyloidosis*. Margarethe Hoenig, Gregory Hall, Duncan Ferguson, Katherine Jordan, Michael Henson, Kenneth Johnson, Timothy O'Brien. 6, Athens, Georgia. : American Society for investigative Pathology, diciembre 2000, *American Journal of Pathology*, Vol. 157.
38. *Amylin reduces plasma glucagon concentration in cats*. Daniela Furrer a, K. Kaufmann b, Claudia E. Reusch b, Thomas A. Lutz a,. 184, Zurich, Switzerland. : ELSEVIER, 2010, *The Veterinary Journal* , pp. 236–240.

39. Greco, Deborah S. *The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice: Diabetes Mellitus*. 1995. Vol. 25 Número 3.
40. *Complicaciones anestésicas en el perro y en el gato*. José Ignacio Redondo García, Gaspar Soler Aracil, Laura Gil Vicente, Sandra Sanchís Mora, María Ángeles Calbet Vicens, Iván Serra Aguado. 98, Moncada, Valencia. : s.n., Mayo 2008, ARGOS: Informativo Veterinario, pp. 42-47.