

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

EP DE NUTRICIÓN HUMANA



Una Institución Adventista

TESIS

Efecto hipoglucemiante del consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en ratones diabéticos tipo 2 inducidos con aloxano, Lima -2015.

Para optar el título profesional de licenciatura en Nutrición Humana

Autores

Delcy Adelita Zuloeta Guerrero

América Mejía Vásquez

Asesor

Mg. Felix Palacios Morales

Lima, agosto 2016

Dedicatoria

A mis padres, Walter Zuloeta y Esther Guerrero a mis hermanos Dicson, Josué quienes me han inspirado y alentado a culminar esta meta propuesta en mi vida. A mi sobrina Valeria por la alegría y felicidad que me brinda en cada momento de estrés.

Con amor,

Delcy A. Zuloeta Guerrero

A mis padres, Segundo Mejía, y Rosa Vásquez, por sus oraciones frecuentes. A mis hermanos que estimo mucho, Wilian, Alex, Raquel, Josué y mi sobrina Deysi por su motivación y palabras de ánimo. A todos mis amigos, por sus palabras sabias y apoyo.

Con mucho amor,

América Mejía Vásquez

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios, por la vida que nos ofrece cada día y por la oportunidad y nuestros deseos de superación.

A todos los que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación de manera directa e indirecta. En especial a nuestros padres por su incondicional apoyo moral, espiritual y económico.

A nuestro asesor, Mg. Félix Palacios Morales a quien agradecemos profundamente por su tiempo, paciencia y apoyo en el desarrollo y la culminación de este trabajo de investigación, por sus oportunas indicaciones y compromiso mostrado en la presente investigación.

A todos nuestros profesores de la Facultad de Ciencias de la Salud, por brindarnos su conocimiento en nuestra formación académica y profesional durante estos cinco años.

A la Escuela de Medicina por facilitarnos los laboratorios para la realización de esta investigación.

Tabla De Contenido

Resumen.....	xi
Abstract	xii
Introducción	xiii
Capítulo I.....	1
Problema	1
1. Planteamiento del problema	1
2. Formulación del problema.....	5
3. Objetivos de la investigación.....	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos	5
4. Justificación	6
Capítulo II	7
Marco teórico	7
1. Antecedentes de la investigación.....	7
2. Marco bíblico filosófico.	12
3. Marco teórico.....	13
3.1 Breve historia y origen del yacón.....	13

3.2	Glucemia.....	20
3.3	Diabetes Mellitus II.	21
4.	Definición de términos	27
Capítulo III.....		29
Materiales y Métodos		29
1.	Tipo y Diseño de investigación	29
2.	Variables de la investigación	29
2.1	Variable independiente	29
2.2	Variables dependientes	29
2.3	Operacionalización de las variables.	30
3.	Hipótesis de la investigación	31
3.1	Hipótesis general	31
4.	Delimitación geográfica y temporal	31
5.	Población y Muestra	31
5.1	Criterios de inclusión de muestra	31
5.2	Criterios de exclusión de la muestra.....	32
6.	Diseño experimental	32
6.1	Inducción de la diabetes tipo II.....	32
6.2	Medición de glucosa en sangre.....	32

6.3	Administración de raíces de yacón en ratones albinos con DM2.....	33
6.4	Administración de ratonina para ratones albinos con DM2.	33
6.5	Datos basales de glicemia.....	34
7.	Análisis histopatológicos del páncreas.	34
7.1	Procedimiento:.....	34
7.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos	35
8.	Procesamiento y análisis de datos	35
9.	Consideraciones éticas.....	35
Capítulo IV.....		36
Resultados y Discusión		36
1.	Resultados.....	36
2.	Discusión	40
Capítulo V		45
Conclusiones y Recomendaciones		45
1.	Conclusiones.....	45
2.	Recomendaciones	46
Referencias.....		47
Apéndice		53

Apéndice 1. Formato de registro de glucosa sérica tomada antes, durante y después del estudio del grupo control experimental.	54
Apéndice 2. Formato de monitoreo de ingesta diaria de Yacón.....	56
Apéndice: 3. Proceso de recolección de datos	58
Apéndice 4. análisis de la glucosa.	59
Apéndice 5: Evidencias fotográficas.	61

Lista de Tablas

Tabla 1 Composición nutricional del yacón (100g de raíz fresca sin cáscara)	18
Tabla 2 Descripción del nivel de glucosa en ratones albinos inducidos a diabetes mellitus 2 (Aloxano) antes, durante y después, en el grupo control y experimental.....	36
Tabla 3 Comparación de la glucosa en ratones albinos con DM2, en tres fases* en el grupo control y experimental durante el proceso de tratamiento.	37
Tabla 4 Comparación de la glucosa entre el grupo experimental y control antes, durante y después del tratamiento.	38
Tabla 5 Estadísticos descriptivos de la glucosa en el grupo de experimental y control	59
Tabla 6 Comparación de la glucosa entre la primera, segunda y tercera medición del grupo experimental.....	59
Tabla 7 Comparación de la glucosa entre la primera, segunda y tercera medición del grupo ..	59
Tabla 8 Valor nutricional del consumo del alimento para ratones albinos en 100g	60

Lista de figuras

figura 1fruto del yacón Seminario J, Valderrama M, Manrique	16
figura 2 Hoja del yacón Seminario J, Valderrama M, Manrique I	16
figura 3 Corte histológico del tejido del páncreas sano.....	39
figura 4 Corte histológico del páncreas dañado	39
figura 5 Codificación de los ratones.....	61
figura 6 Consumo de yacón	61
figura 7 Consumo de yacón	61
figura 8 Consumo de ratonina	61
figura 9 Codificación de órganos.....	62
figura 10 Extracción del páncreas	62
figura 11 Finalizando la disección	62

Lista de abreviaturas

c-LDL	: Colesterol de la lipoproteína de baja densidad
DM	: Diabetes Mellitus
DMT1	: Diabetes Mellitos tipo 1
DMT2	: Diabetes Mellitos tipo 2
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FID:	Federación Internacional de la Diabetes
FOS	: Fructooligosacáridos
HbA1c	: Hemoglobina glicosilada
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
OMS	: Organización Mundial de la Salud
TTOG	: Test de Tolerancia Oral a la Glucosa

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la efectividad del consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) sobre los niveles de glucosa en ratones albinos con diabetes mellitus tipo 2 inducidos con aloxano. El estudio fue de tipo experimental, la muestra estuvo conformada por dos grupos: control y tratamiento con 21 ratones albino con pesos promedios de 30-40g cada uno, realizado en el laboratorio de anatomía y microscopia de la Escuela Profesional de Medicina. Los ratones en experimento fueron inducidos con Aloxano a DM2 en dilución 0.5gr en 200 ml de agua destilada que fueron administrados de forma intraperitoneal por dosis progresivas de 0,1 a 0,7 mg por 36 días. Los resultados demostraron que en el grupo con tratamiento el nivel de glucosa inicial inducida fue 135.30mg/dl (DS=8.76), y después del tratamiento se redujo a 107.70mg/dl, a un nivel de confianza al 99%, presentando diferencia estadística significativa respecto al valor tabulado de ($p<01$). La glucosa inicial y final del control fue 130.60mg/dl (DS=12.31) y 151.45mg/dl (DS=18.67) respectivamente, no tuvo significancia. En el estudio anatomopatológico del páncreas de ratones albinos inducidos con Aloxano para DM2, se demostró el efecto citotóxico y malformaciones de las células estructurales y destrucción de los islotes de Langerhans (células alfa y beta). En conclusión, el consumo de 100g de yacón en ratones albinos inducidos a DM2 disminuye durante un periodo de 34 días significativamente el nivel de glicemia.

Palabras claves: yacón, páncreas, islotes de Langerhans, Aloxan, ratones albinos.

Abstract

The objective of the study was to determine the effectiveness of the consumption of yacon on the levels of glucose in albino mice with diabetes mellitus type 2 with alloxan-induced. The study was experimental, the sample was composed of two groups: control and treatment with 21 mice albino with weights averages 30 - 40g each, carried out in the laboratory of Anatomy and microscopy of school medicine. The mice in the experiment were induced with Alloxan to DM2 in dilution 0.5gr in 200 ml of distilled water were administered intraperitoneally shaped by progressive doses of 0.1 to 0.7 mg for 36 days. Results showed that in the group with treatment induced initial glucose level was 135.30 mg/dl (DS = 8 76), and after the treatment was reduced to 107.70 mg/dl, a 99% confidence level, presenting significant statistical difference from the tabulated value of ($p < 01$). The initial glucose and end of control was 130.60 mg/dl (DS = 12. 31) and 151.45 mg/dl (DS = 18 67) respectively, had no significance. The study pathology of albino mice induced with Alloxan to DM2, pancreas demonstrated the effect cytotoxic and malformations of the structural cells and destruction of the islets of Langerhans (Alpha cells and beta). Conclusion the consumption of 100g of Yacón in albino mice induced to DM2 significantly reduces the level of glycemia and destruction of the islets of Langerhans (Alpha cells and beta) during a period of 34 days.

Key words: yacon, pancreas, islets of Langerhans, Aloxan, albino mice.

Introducción

La Federación internacional de la diabetes (FDI), indica que en todo el mundo existen 382 millones de personas que viven con diabetes y más de 316 millones sufren tolerancia anormal de la glucosa. Asimismo, se considera que para el 2035, la cifra de diabéticos ascienda a 592 millones (1 de cada diez); cabe mencionar que más del 50% de las personas que viven con diabetes no lo saben (1)(2). En el Perú se ha demostrado que existen alrededor de 2 millones de personas afectadas con DM2, siendo la décimo quinta causa de muerte. La magnitud de la misma está en aumento debido al incremento de la obesidad, el sobrepeso, el sedentarismo y los hábitos inadecuados de alimentos(3)(4). El mayor porcentaje de personas con DM2 se ubica en Lima Metropolitana con un 7.6% (5), y distribuido en la costa un 3.4%, en la selva 2.5% y en la sierra un 2% (6). Las estadísticas hacen referencias a la situación alarmante en la que se ubica esta enfermedad considerada como una de las primeras cinco causas de muerte a nivel mundial (7). Esta enfermedad, se caracteriza por la insuficiencia absoluta o relativa de la secreción de insulina por el páncreas y por la resistencia de la misma en los tejidos, ocasionando un desequilibrio del metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas (8)(9). También conducen a una hiperglucemia y muchas complicaciones tales como: enfermedades cardiovasculares, enfermedad renal, neuropatías diabéticas, amputaciones no debida a traumas, cegueras, enfermedades infecciosas, infartos cerebrales, incapacidad con prematuras y daños colaterales del tratamiento farmacológico hipoglucemiante alternativa inferiores(10)(11).

El uso de terapias tradicionales como las inyecciones de insulina, comprimidos hipoglucemiantes son eficaces en el control de glucemia, los cuales presentan efectos

secundarios y limitaciones de uso en ciertas poblaciones con DM2. Existen evidencias que afirman que los factores dietéticos están implicados en su regulación y prevención.

La Organización Mundial de Salud (OMS) ha estimado que gran porcentaje de la población mundial utiliza la medicina tradicional para satisfacer sus necesidades de atención primaria de salud y que gran parte de los tratamientos hacen uso de extractos de plantas considerando la acción de los principios activos hipoglucemiantes (12). Actualmente existe una creciente demanda de alimentos funcionales, en especial para el tratamiento de enfermedades no transmisibles como la diabetes(13)(14). Se considera como uno de estos alimentos funcionales la raíz del Yacón (15) presentando beneficios en la salud atribuidas a los Fructooligosacáridos (16)(11).

Este estudio tiene el propósito de determinar el efecto hipoglucemiante del consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) sobre los niveles de glucosa plasmática en ratones con diabetes mellitus tipo 2 inducido con Aloxano.

Para cumplir con el propósito, este estudio está organizado en cinco capítulos: en el capítulo I, se plantea el problema, la justificación y los objetivos de la investigación; en el capítulo II se define el marco teórico, marco bíblico filosófico, los antecedentes del tema, y se formulan las hipótesis de estudio; en el capítulo III se describen el diseño y tipo de investigación, las variables de investigación, la delimitación del lugar de ejecución y descripción de los participantes, el procedimiento de intervención, el proceso de recolección y análisis de datos; en el capítulo IV se muestran los resultados y la discusión en relación a los objetivos planteados; finalmente, en el capítulo V se describen las conclusiones y se brindan las respectivas recomendaciones para futuras investigaciones

Capítulo I

Problema

1. Planteamiento del problema

La Diabetes Mellitus (DM) se caracteriza fundamentalmente por la insuficiencia absoluta o relativa de la secreción de insulina por el páncreas y por la resistencia de la misma en los tejidos, ocasionando un desequilibrio del metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas (8)(17). La hipertrigliceridemia está relacionada con esta resistencia a la insulina e intolerancia a la glucosa en la DM2. El estrés oxidativo y el daño tisular resultantes son características claves en la complicación secundaria de esta (3).

En la DM1 y DM2 se manifiesta hiperglucemia e hipoglucemia, lo cual puede originar complicaciones agudas y crónicas como alteraciones a nivel macro y micro vascular, que pueden producir infarto de miocardio, accidente cerebro vascular, insuficiencia renal, ceguera, lesiones de los nervios periféricos (neuropatía diabética) y pérdida de extremidades inferiores(10).

Esta enfermedad requiere de un seguimiento continuo por las múltiples complicaciones que puede ocurrir a corto y largo plazo la cual demanda atención integral (18)

La DM constituye uno de los principales problemas de salud pública que afecta la calidad de vida de las personas ya que esta enfermedad puede presentarse en cualquier edad, sexo, clase social y área geográfica (10).

Según la Federación internacional de la diabetes (FID) (2014), indica que hay 382 millones de personas que viven con diabetes y más de 316 millones sufren tolerancia anormal de la glucosa. Asimismo, se considera que para el 2035, la cifra de diabéticos ascienda a 592 millones (1 de cada diez); cabe mencionar que más del 50% de las personas que viven con diabetes no lo saben (1)(2).

Este problema también se ha observado en EE. UU, donde 16 millones de personas tienen diabetes y 54 millones tienen pre-diabetes. Cada año aumentan 800.000 individuos de las cuales 200 mil personas mueren por las complicaciones de dicha enfermedad (19)(20). Asimismo, en México existen más de cuatro millones de personas con DM, de las cuales más de un millón no han sido diagnosticadas; el tipo de diabetes más frecuente de la población mexicana y mundial es la DM2(21).

En España, la diabetes mellitus es la tercera causa de muerte en mujeres y la séptima en hombres. En 2006, la DM y sus complicaciones fueron la causa principal del 2,6% de los fallecimientos (10).

La FID (2013) menciona que la diabetes genera altos costos humanos, sociales y económicos en todos los países del mundo; con una carga de 548.000 millones de dólares en gastos sanitario de tratamiento y control (2).

Este problema tanto mundial como internacional también se ha demostrado en nuestro país, alrededor de 2 millones de personas afectadas siendo el 90% de la DM2y es la décimo quinta causa de muerte. La prevalencia se estimada de 5,4% en el año 2013. La magnitud de la misma está en aumento debido al incremento de la obesidad, el sobrepeso, el sedentarismo y los hábitos inadecuados de alimentos(3)(4).

Según el Instituto Nacional de Estadística del Perú (INEI) menciona que el 3,2% de la población de 15 y más años fueron diagnosticadas con DM. Según el género, el 3,6% y el 2,9% de la población padece de diabetes para el sexo femenino y masculino respectivamente. El mayor porcentaje de personas con DM2 se ubica en Lima Metropolitana con un 7.6% (5), y distribuido en la costa un 3.4%, en la selva 2.5% y en la sierra un 2% (6).

Según la vigilancia epidemiológica de la diabetes (2013), se han registrado 5001 casos de diabetes, en 16 hospitales (seis de ellos en Lima) y en una de ellas en una clínica privada. Entre enero y junio del 2013 se han registrados 928 casos, esto representa el 18,6% de los casos registrados; esta cifra abarca aproximadamente del 1 al 8% de la población en general, donde Piura y Lima son las regiones con más prevalencia(22).

Las comorbilidades son comunes entre las personas diabéticas, cerca de la mitad de los pacientes con DM2 tienen hipertensión arterial y un alto porcentaje de ellos tienden a padecer de problemas cardiovasculares (23) y las enfermedades cardiovasculares son las primeras causas de muerte a nivel mundial. Esto llevaría a la disminución la calidad de vida y aumento en los costos del paciente(24)(25).

Para el buen control de la DM2 se necesitan medicamentos y a una amplia gama de servicios sanitarios (7). Los medicamentos utilizados en el tratamiento para esta enfermedad son las sulfonilurias (glibenclamida), las biguanidas (metformina), las tiazolidnedionas (pioglitazona) entre otras (26). La gran mayoría de estos medicamentos disminuyen de manera eficaz los niveles de glucosa a través de la estimulación de insulina o de la inhibición de alguna vía metabólica como la gluconeogénesis (27). Sin embargo, la gran mayoría de estos fármacos muestran efectos secundarios como diarreas, reacciones cutáneas (rash, dermatitis) y aumento de peso (24). Tal es el caso de la metformina, presentan trastornos digestivos, meteorismo, náuseas

vómitos, acidosis láctica y diarrea en algunos casos. También se ha reportado que el 30% de las pacientes tratados con metformina presentan deficiencia de la absorción de vitamina B12, lo cual se asocia a la anemia megaloblástica (26)(28). Entre otros medicamentos con efecto secundario podemos mencionar a la pioglitazona, que causa retención de líquidos en las extremidades periféricas, cáncer de vejiga y riesgo de insuficiencia cardíaca(24).

Ante los efectos secundarios mencionados de los diversos fármacos hipoglucemiantes, se muestra la necesidad de nuevas terapias alternativa(11)(17). Adicionalmente, se muestra una demanda del descubrimiento de alimentos funcionales, especialmente para el tratamiento de enfermedades no transmisibles como la diabetes(13)(14). Dentro de estos alimentos funcionales podemos mencionar el Yacón (15). El yacón contiene un tipo de azúcar que no es metabolizado por el organismo ya que carecen de enzimas digestivas necesarias, además aportan pocas calorías que pueden ser consumidos por diabéticos (29)(30)(31).

Estudios realizados en ratones tratados con yacón demuestran que reducen los niveles de glucosa y lípidos en sangre (32). Asimismo se evidenció que al consumir la raíz de yacón redujo los niveles de glucosa y colesterol(33). En otro estudio se reportó que el consumo agudo de la raíz fresca de yacón reduce la respuesta glicémica postprandial en sujetos sanos durante el test de tolerancia oral a la glucosa. Se les dio 300g de raíz fresca de yacón, con una reducción del 79.8% ($p = 0.001$) de la respuesta glicémica postprandial con el TTOG yacón, además de un mínimo pico postprandial de glucosa a los 30 minutos ($p= 0.0016$) (34).

Esto podría disminuir las diversas complicaciones, con lo cual contribuirá a la mejor estabilidad emocional de estas personas para prolongar su calidad de vida de los individuos con DM2. Por tal motivo, se aplicará en la presente investigación el efecto hipoglucemiante del yacón en su forma natural en un modelo experimental de DM2 en ratones albinos.

2. Formulación del problema.

¿Cuál es el efecto hipoglucemiante del consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en ratones con diabetes mellitus tipo 2 inducidos con Aloxano?

3. Objetivos de la investigación

3.1 Objetivo general

Determinar la efectividad del consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) sobre los niveles de glucosa plasmática en ratones albinos con diabetes mellitus tipo 2 inducidos con Aloxano Lima- 2015.

3.2 Objetivos específicos

Evaluar los niveles de glucosa antes, durante y después de la inducción a diabetes mellitus tipo 2 (con aloxano) y consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en ratones albinos.

Comparar los niveles de glucosa entre la primera, segunda y tercera medición del grupo control y experimental en ratones albinos inducidos con aloxano a DM2.

Comparar los niveles de glucosa antes durante y después del tratamiento en el grupo control y experimental.

Evaluar a daño ocasionado en el páncreas a nivel histológico después del tratamiento por el efecto del Aloxano (efecto citotóxico).

4. Justificación

Por su relevancia teórica: el estudio es importante ya que pretende conocer la efectividad del consumo del yacón sobre los niveles de glucosa en ratones diabéticos inducidos con Alozano. También, permite sistematizar y establecer la información sobre el consumo del yacón para bajar los niveles de azúcar en sangre y controlar el avance de diabetes mellitus. Además, servirá como guía para futuras investigaciones y para edificación de los conocimientos existentes.

Por su relevancia metodológica, servirá como antecedente para el desarrollo de futuras investigaciones similares, además permite que otros investigadores afronten el problema en este tipo de diseño experimental. También el modelo de DM2 inducido con una metodología diferente a los publicados podría ser usado en proyectos similares.

Por su relevancia práctica-social, la investigación ayudará a la reincorporación de este recurso genético para promover el consumo de yacón en la forma natural, especialmente en las personas que padecen diabetes, beneficiando así a la reducción de los niveles altos de glucosa en suero. Esto ayudará a la disminución de los costos elevados del tratamiento de DM2 y sus complicaciones. Consecuentemente, el yacón permitirá una mejor calidad de vida, ya que no produce los efectos secundarios de los fármacos utilizados en la DM2.

Capítulo II

Marco teórico

1. Antecedentes de la investigación

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) pertenece a la familia Asteráceas, esta es una planta originaria de la zona andina que fue cultivada por los antiguos peruanos desde la época pre incaica (35)(15). Las raíces de esta planta contienen fructosa, glucosa y fructooligosacárido (tipo de inulina), que actúan como prebiótico por su efecto bifidogénico al no ser digerido por las enzimas intestinales. Los fructooligosacárido (FOS) se fermentan en el colon por la microflora, esto ocasiona el incremento significativo de bifidobacterias(36). Los FOS aportan pocas calorías lo cual favorecería la disminución de la glucosa en sangre en personas diabéticas (37)(31). Además, los FOS disminuyen la eficiencia de las enzimas hidrolíticas por su fermentación y producción de ácidos grasos de cadena corta, que incrementa la tolerancia de glucosa en la siguiente comida(38). Finalmente, favorecen el incremento deGLP-1, el cual se asocia a la mayor producción de insulina por el páncreas (39)(40)(41). El yacón por tener una alta concentración de FOS podría mostrar estos efectos para la disminución de los niveles de glucosa en pacientes con DM2.

Se ha reportado diferentes modelos de DM para evaluar el efecto de extractos, así como el yacón. Dentro de los modelo podemos mencionar la inducción de DM con aloxano monohidratado, este es una sustancia química utilizada para inducir a DM en ratones albinos por la toxicidad en la destrucción de células alfa y beta del páncreas (42)(43)(44). Los niveles de glucosa que se trabajaron en los ratones albinos oscilan de 70- 110mg/dl.

Por lo cual, este modelo sería adecuado para ser probado en el efecto del fruto del yacón como su forma natural (45). También se ha reportado otros modelos de inducción de DM con estreptozotocina. En un estudio en ratas hembras tratadas con estreptozotocina (135 mg/kg de peso) por vía intraperitoneal desarrollaron niveles elevados de glucosa en comparación al grupo control (52.9% más que el grupo control; $p < 0.005$) (46).

Dipa et al (45), realizaron una investigación con el objetivo de comparar el efecto hipoglucemiante y hipolipemiante del fruto *Momordica charantia* (tipo salvaje) y de las hojas de *Cordifoliacoccinia*, en ratones diabéticos tipo 2 inducidos con aloxano (150mg/kg). La muestra estuvo constituida por 8 grupos de seis ratas cada uno. Al grupo A y B se les proporcionó la dieta normal y glibenclamida, a los grupos de C, D y E la dieta se les proporcionó Charantia más la dieta normal a diferentes porcentajes (70%, 50% y 30%) y a los grupos F, G y H se les administro cordifoliaCoccinia más la dieta normal en diferentes porcentajes (70%, 50% y 30%) por 21 días consecutivos. En sus resultados se observaron que *elMomordicacharantia* y *cordifoliacoccinia* disminuyeron significativamente ($p < 0,05$) los niveles de glucosa en sangre en ayunas. Este estudio, demuestra que la inducción de diabetes por aloxano y su tratamiento fue un modelo adecuado para la presente investigación del yacón. En otro estudio, realizado por Escobedo et al(47), también utilizo el aloxano para la inducción de diabetes en ratas. En este estudio, las ratas con diabetes por aloxano recibieron tratamientos con hojas de *Bauhinia variegata* (pata de vaca). Para la inducción de la diabetes se utilizaron dosis de 150 mg/Kg pc/ip cada 48 horas. En los resultados se observaron cambios significativos en la reducción de la glucosa en suero en el grupo tratado con extracto de pata de vaca (500 mg/Kg pc/ip) en comparación a su grupo control. Este estudio también nos demuestra que el aloxano es adecuado para la investigación de diabetes con tratamientos de extractos.

En un estudio realizado por Broetto et al. (13)(48)(31), tuvo como objetivo comparar la actividad antioxidante hepática de hojas de yacón y raíces en ratas diabéticas inducida por estreptozotocina. Las ratas diabéticas fueron tratadas por 14 días con 1.060 mg. Kg-1 extracto de raíz o 400 mg. Kg-1 extracto de la hoja. Este último era más rico en compuestos fenólicos y poseía una actividad antioxidante mucho elevado en el estudio in vitro. Ambos mostraron efectos hipoglucemiantes en las ratas diabéticas. El tratamiento de ambos extractos también restauró los niveles de proteínas carbonilo que estaban elevados. El extracto de la raíz fue también más eficaz en la restauración de la actividad de dos enzimas antioxidantes importantes (glucosa 6-fosfato deshidrogenasa y peroxidasa de glutatión). Estos efectos antioxidantes también favorecerían en parte al efecto hipoglicemiante, ya que la disminución del estrés oxidativo favorece la secreción de insulina.

Tasayco (49), en Perú, utilizó el extracto hidroalcohólico al 10% p/v de las hojas del Yacón (*Smallantus sonchifolius*) como actividad hipoglucemiante en ratas con DM2. El objetivo fue probar los mecanismos de acción, la dosis efectiva, los efectos adversos (variables bioquímicas y hematológicas) del extracto de yacón en ratas con DM2. En los resultados se mostraron una disminución significativa en los niveles de glucosa ($p < 0.001$), en los grupos tratados con yacón y glibenclamida, también se observó que hubo cambios en los marcadores toxicológicos bioquímicos ($p > 0.05$).

Gordillo et al.(12), también realizaron una investigación en donde evaluaron el efecto hipoglucemiante de las hojas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), se administró en ayunas en forma de infusión (extracto acuoso) a pacientes con DM2; se midió la concentración de glucosa, hemoglobina glicosilada y fructosamida, antes y después del tratamiento. Los resultados finales evidenciaron que la infusión de hojas de yacón disminuyó los valores de glucosa en 42,7%,

hemoglobina glicosilada en 21,7% y fructosamina en 33,78 %, observándose una diferencia estadísticamente significativa con los valores basales. La eficacia de la combinación estudiada logra reducir las cifras de HbA1c en 4,5 % a los 30 días y 21,7 % a los 90 días. En conclusión, la infusión de hojas de yacón, tiene un efecto protector beneficioso sobre el control glucémico. En ambos estudios nos demuestra que hay efectos hipoglucemiantes de la hoja del yacón, que probablemente también se encuentren en el tubérculo de yacón.

Ludeña, et al.(50), realizaron una investigación en el Perú, con el objetivo de determinar el efecto de glucosa sérica y hemoglobina glicosilada por el tubérculo y hojas de yacón. El diseño experimental fue simple ciego y controlado por 90 días. La muestra estuvo conformada por 30 sujetos entre 26- 90 años de edad, con DM2 no controlada a pesar del tratamiento farmacológico. La muestra se dividió en tres grupos: al primer grupo se administró 500g/día de fruto fresco yacón, al segundo grupo se le dio yacón liofilizado (equivalente a 500g/día del fruto fresco) y al tercer grupo se le proporciono bolsitas filtrantes de hoja de yacón (equivalente a 1g) tomando tres infusiones al día. Con respecto a la Hb glicosilada se observó que la administración del fruto, del filtrante y liofilizado disminuyeron en 1,98%, 1.84% y 1.14% respectivamente. Los niveles de glucosa sérica también disminuyeron en la cuarta semana de los tres grupos, teniendo una mayor disminución en el grupo yacón filtrante y la menor en el grupo del fruto fresco.

Mayta, et al.(34); realizaron una investigación con el objetivo de demostrar que el consumo de la raíz fresca de yacón reduce la respuesta glicémica postprandial en sujetos sanos durante el test de tolerancia a la glucosa (TTOG). En este estudio clínico experimental no ciego, participaron 6 sujetos sanos en las cuales se midieron el hemograma, tolerancia a la glucosa y perfil bioquímico, y hepático. La parte experimental se empezó cuando los sujetos inicialmente realizaron la prueba de TTOG, luego en una segunda etapa estos mismos sujetos que fueron

sometidos a la prueba de TTOG se les adicionó 300g de raíz fresca de yacón vía oral. En sus resultados encontraron una reducción de 79.8% ($p = 0.001$) de la glicémica postprandial en el grupo tratado con el yacón, además observó un mínimo pico postprandial de la glucosa a los 30 minutos ($p = 0.0016$). La máxima diferencia entre los niveles de glicemia en ambos grupos de estudio se da a los 60 minutos ($p = 0.0021$). En conclusión, se observó que el consumo agudo de la raíz fresca de yacón reduce la respuesta glicémica postprandial en sujetos sanos.

En otro estudio, llevado a cabo por Ornelas, et al.(51). También encuentran el efecto hipoglucemiante del extracto de raíz de yacón en ratas inducidas a diabetes. La muestra estuvo conformada por 4 grupos experimentales como el grupo control, el grupo que recibió el extracto de raíz de yacón, el grupo diabético no tratado (DM1) y el diabético tratado con el extracto de la raíz de yacón (Y-DM1). La inducción de la DM1, se realizó con una sola administración de la estreptozotocina (60mg/kg). En su resultado se encontró una disminución del 38.36% de los niveles de glucosa en el grupo Y-DM1 en comparación al grupo DM1 ($p < 0.05$). Así mismo, se observó en este estudio una disminución significativa de LDLc y triglicéridos en suero. Esto demuestra que el yacón tiene un efecto hipoglucemiante e hipolipemiante que ayudaría al tratamiento de la DM.

Finalmente, el estudio de Habib, et al. (52), también puede sumar el efecto hipoglucemiante de la raíz del yacón. Los animales experimentados inducidos a diabetes (STZ 45mg/kg) fueron de las especies Wistar de 188-220g. Los grupos experimentales fueron: grupo control con diabetes (DC), grupo control no diabéticos (ND), grupo diabéticos tratados con yacón dosis 1 (340mg FOS/kg peso, DT₃₄₀) y grupo diabéticos tratados con yacón dosis 2 (6800mg FOS/kg peso, DT₆₈₀₀). Dentro de sus resultados podemos resaltar una disminución de la glucosa para ambos grupos (DT₃₄₀, DT₆₈₀₀) en comparación al grupo DC. También se muestra un

aumento de la producción de insulina pancreática y glucagón like peptide-1. Estos cambios positivos se le atribuyen a los Fructooligosacáridos del extracto de la raíz del yacón que podría ayudar a los pacientes con diabetes.

2. Marco bíblico filosófico.

Esta investigación, busca promover y valorar los alimentos naturales como el yacón, porque es una planta creada por Dios, con muchos beneficios para la humanidad. Hay textos bíblicos tales como en Génesis 1:29 “Y dijo Dios: He aquí, yo os he dado toda planta que da semilla que hay en la superficie de toda la tierra, y todo árbol que tiene fruto que da semilla; esto os servirá de alimento”. Considerando que el yacón es un alimento natural y con beneficios curativos; así mismo la escritora, Elena de White afirma que existen diferentes alimentos naturales, constituyen el alimento escogido para nosotros; por el Creador. Dios desea que cada persona regrese al régimen alimenticio original, que fue dado desde el principio, este consistía en alimentos hechos de la materia prima, que el proveyó, que son las frutas, los cereales, las oleaginosas y diversos tubérculos(53). El yacón como una raíz, es un alimento que tiene como principal componente (FOS) un tipo de azúcar natural, con beneficiosos para la salud humana(54). Se usa en diferentes preparaciones de una manera sencilla y práctica. El yacón, por su aporte en fructooligosacáridos y bastante agua, es consumido por las comunidades andinas, y actualmente es utilizado como medicamento en especial para la diabetes incas (55).

3. Marco teórico

3.1 Breve historia y origen del yacón

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una planta originaria de la zona andina de las montañas húmedas de Perú, fue cultivada por los antiguos peruanos desde la época Pre incaica. Existen representaciones fitomórficas en la cultura Nazca (500-1200 D.C.) que se atribuye al yacón, las cuales están representadas en textiles cerámicas (56).

El yacón se descubrió, siglos antes de la civilización inca. El primer registro escrito de la especie fue en 1615, cuando Felipe Guamán Poma de Ayala lo incluyó en una lista de 55 plantas nativas cultivadas por los indígenas andinos. Esta planta fue olvidada y postergada por más de cuatro siglos y medio y hoy en día gracias a los pobladores andinos sigue cultivándose(17).

Las raíces de yacón han formado parte de la dieta de los antiguos pobladores andinos, consumidas diariamente como una fruta refrescante por el alto contenido de agua y bajo en calorías. Era un cultivo obligatorio después del maíz y la papa en los tiempos de los incas (55).

A través de la historia, el cultivo del yacón ha permanecido oculto del mercado por casi 500 años, sin embargo, en los últimos años, el cultivo ha dejado de ser marginal para convertirse en un excelente alternativa para generar ingresos económicos a los agricultores(35). Asimismo ha ido incrementando en los mercados nacionales debido a sus beneficios nutricionales y dietéticos (alto contenido en FOS) convirtiéndose en un recurso importante para las personas que padecen DM, problemas digestivos, circulatorios y cáncer de colon (57).

En la medicina andina las raíces son consideradas alimentos frescos y empleados desde épocas muy antiguas como remedios para afecciones renales, hepáticas(58).

3.1.1 Distribución geográfica y zonas de cultivo

Se distribuye desde los Andes de Venezuela Colombia hasta el norte de Argentina a 3300 msnm, las investigaciones de los últimos años indican que en los dos primeros países ya no se produce, pero sí se hay más evidente en su distribución y variabilidad en Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú (29). En cuanto al Perú el centro de diversidad se encuentra entre la cuenca del sur de Apurímac(59).

3.1.2 Zona de cultivo en el Perú

Los lugares de cultivos y producción en el Perú se encuentran en: Amazonas, Apurímac, Cerro de Pasco, Cusco, Libertad, Lambayeque (Incahuasi); Lima (Pachacamac y Yauyos); Piura (Ayabaca, Huancabamba). También los lugares donde existe más productividad son Cajamarca, Puno (Sandia y Carabaya), Oxapampa, Huánuco, Ancash y Junín (57).

3.1.3 Clasificación taxonómica del yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

El yacón es una especie de la familia asteraceae (también llamada compositae) y su nombre científico es *Smallanthus sonchifolius*. Comprende 21 especies, de las cuales siete han sido encontradas en el Perú(57).

Género: Smallanthus

Especie: *Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher)(56).

Reyno: Planta o vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Familia: Asteráceas(34)

Sinonimia: Polymnia sonchifolius Poepp & Endl(55)

3.1.4 Nombre comunes del yacón

En Quechua: yacón, llacuma, llaqon, llacunyacumpi; en Aymara: aricoma, ancona, aricuma; Español: yacón, jaconarboloco, jicama, y en inglés: yacónstrawbery(29)

3.1.5 Descripción botánica y morfológica del yacón

Planta:

El yacón es herbácea perenne, a pesar de su origen andino es una especie con un desarrollo extremadamente adaptable a varios tipos de clima altitud y suelo, mide de 1 a 2,5 m de alto, si proviene de semilla. Consta de un solo tallo principal, a veces ramificado desde la base, otras veces solo con ramas pequeñas en la parte superior. Asimismo tiene dos tipos de raíces: fibrosas y suculentas como elemento de reserva; las raíces fibrosas son muy delgadas y su función es de fijar la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes y las raíces como reserva tienen engrosadas, fusiformes u ovaladas, de color blanco, crema o púrpura(37).

Fruto o raíz:

Produce principalmente raíces como fuente de reserva de forma engrosadas fusiformes u ovaladas que almacenan azúcares en forma de fructooligosacárido (FOS) un tipo de azúcar especial, muy beneficiosos para la salud humana(54). Con respecto al sabor, es dulce y refrescante, de aspecto granuloso, blanco amarillento y forma alargada con un peso promedio de 100-1000g, tiene una longitud de 17,52 cm y un diámetro de 10 cm (58). (Fig.1). Las raíces tienen la función de fijación, absorción de agua y nutrientes(59).



Figural. Fruto del yacón Seminario J, Valderrama M, Manrique (57)

Hojas

Las hojas son de forma triangular con nervaduras prominentes por el en vez y muchos tricomas por ambos lados de la hoja con peciolo cortos. Cada tallo tiene una flor conformada de 13 a 16 hojas al término de la floración el sistema foliar produce hojas pequeñas. (Fig.2)



Figura 2. Hoja del yacón Seminario J, Valderrama M, Manrique I(57)

Composición química nutricional y propiedades de la raíz del yacón.

La raíz del yacón está compuesta principalmente por agua, carbohidratos en forma de Fructooligosacárido (FOS) y azúcares libres (fructosa, glucosa y sacarosa)(60). Estudios realizados revelan que entre el 83 y 90% del peso fresco de las raíces es agua, los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces, de las cuales entre 50 y 70% son fructooligosacárido (FOS), y el 15 y 40% está en forma de azúcares simples: sacarosa, fructosa y glucosa(57)(40). Además acumulan cantidades importantes de potasio, también se ha reportado que presentan compuestos polifenólicos derivados del ácido clorogénico, cafeico, y varios fitoalexinas con actividad fungicidas, siendo consideradas antioxidantes naturales de importancia para la salud humana(61).(27).

El yacón tiene como principal componente al FOS un tipo de azúcar de baja digestibilidad que aportan pocas calorías al organismo y no elevan el nivel de glucosa en sangre pueden ser incluidos en la dieta de los diabéticos.

Tabla 1

Composición nutricional del yacón (100g de raíz fresca sin cáscara)

Compuesto	Rango
Agua	85-90 g
Oligofructuosa (OF)	6-12 g
Azúcares simples	1.5-4 g
Proteínas	0.1-0.5 g
Potasio	185-295 mg
Calcio	6-13 mg
Calorías	14-22 kcal

Fuente: ficha técnica del yacón, centro internacional de la papa (CIP). Perú Manrique et al, 2014 (61).

3.1.6 Fructooligosacáridos (FOS) del yacón

Los FOS o fructanos, son oligopolímeros formados por la unión de una cadena β -2,1 de D-fructosa a una unidad de D-glucosa (G)(63). Esta unión mantiene unidas las moléculas de fructosa que resisten a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas, por lo que permanecen intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal (intestino grueso, colon)(60)(64). Esta es la razón por la que los FOS tienen una baja contribución calórica en el organismo humano y dándole la clasificación como una fibra dietética o como fibra soluble(38). Asimismo los FOS no elevan el nivel de glucosa en sangre, y puede ser incluido en la dieta de los diabéticos(65).

3.1.7 Presencia de inulina y FOS en la raíz del yacón

La inulina y los FOS tienen propiedades muy diferentes en la industria alimentaria. La inulina no tiene sabor dulce, su consistencia especial y su baja solubilidad la convierte en un sustituto ideal de la grasa para la elaboración de varios alimentos, como los helados y postres.

Los FOS en cambio son muy solubles en agua, tienen un ligero sabor dulce, y pueden ser sustitutos del azúcar común. A pesar de ello la inulina y los FOS producen casi el mismo efecto fisiológico en las personas, proporcionan solo la cuarta parte del valor calórico de los carbohidratos comunes, son reconocidos como un tipo de fibra dietética y se emplean como insumos para la elaboración de alimentos funcionales o nutraceúticos (55).

3.1.8 Prebióticos del yacón

Los prebióticos son ingredientes alimenticios no digeribles de la dieta, que producen efectos beneficiosos estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de uno o más tipos de las bacterias en el colon (*Bifidobacterium* y *Lactobacillus*), las que tienen a su vez propiedad de elevar el potencial de la salud del hospedador siendo fundamentalmente fruto y galactooligosacáridos(66)(67).

Los FOS y la inulina que contiene el yacón, son reconocidos como los mejores prebióticos favorables en: la digestión, sistema inmune, asimilación de minerales y reduce los niveles de azúcar, colesterol triglicéridos en sangre(40)(68).

3.1.9 Fibra en el yacón

Los FOS del yacón tienen el comportamiento de una fibra dietética, es decir resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas y son fermentadas en el colon hasta producir ácidos grasos de cadena corta(69). Además, los FOS son considerados fibras solubles de bajo aporte calórico que generan varios efectos favorables, así como: en la digestión aumenta el peristaltismo, reduce el tiempo del tránsito intestinal, contribuyendo a que el bolo alimenticio retenga agua y tiene un efecto osmótico asociado a una respuesta laxante. Y estos efectos pueden contribuir a la

prevención del estreñimiento(60). Por otro lado ayuda a disminuir los niveles de azúcar en sangre que pueden ser consumidos por personas diabéticas(40)(64).

3.2 Glucemia

3.2.1 Definición

Es la medida de concentración de la glucosa en sangre suero o plasma que se encuentra en el rango de <70-110mg/dl(70).

3.2.2 Niveles de glucemia

Hipoglucemia

También conocida como el nivel bajo de azúcar (glucosa) en sangre. Se produce cuando la glucosa desciende por debajo de los niveles normales < 70mg/dl. Algunos indicios de la hipoglucemia son: temblores, mareos, sudoración y palidez, dificultad para hablar(71).

Hiperglucemia

Es la alta presencia de glucosa en sangre siendo un factor influyente en las personas que tienen diabetes y deberían mantenerse controladas, siendo >140(72).

Presentan síntomas como: respiración acelerada, náuseas o vómitos, visión borrosa y sequedad en la boca (73).

3.2.3 Valores normales

Glucemia basal y preprandial: 70 a 130 mg/dl

Glucemia postprandial: menos de 180mg/dl(74).

3.3 Diabetes Mellitus II.

3.3.1 Definición

Se define como un desorden metabólico de múltiples etiologías, caracterizado por hiperglucemias crónicas con disturbios en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas que resulta de defectos en la secreción y/o en la acción de la insulina(9).

Se define también, como producto de la combinación de resistencia a la acción de la insulina y una inadecuada respuesta compensatoria en la secreción de la misma. Ambos mecanismos tienen una base genética múltiple (asociación de diferentes polimorfismos) y un componente ambiental (obesidad abdominal, sedentarismo, y otros) (75). Además, hay alteraciones hormonales, como la Sobreproducción de otras hormonas como el glucagón y la hormona de crecimiento que se opone a la acción de la insulina. Así mismo hay una deficiencia en la secreción de somatostatina en respuesta a la glucosa, lo cual puede contribuir a la hiperglucemia(49).

La DM2 se caracteriza fundamentalmente por la insuficiencia absoluta o relativa de la secreción de insulina por el páncreas y por la resistencia de la misma en los tejidos(8).

3.3.2 Fisiopatología de la DM2

Es una enfermedad metabólica caracterizada por altos niveles de glucosa en la sangre, debido a una resistencia celular a las acciones de la insulina, combinada con una deficiente secreción de insulina por el páncreas. El factor de riesgo principal es la obesidad, resultado de influencias genéticas y ambientales. Cerca del 90% de las personas que desarrollan diabetes tipos 2 tiene obesidad. Todos los individuos con sobrepeso tienen resistencia a la insulina, pero solo los que no pueden compensarla mediante el incremento en la producción de insulina en las células beta

desarrollan diabetes tipo 2. A diferencia de la diabetes tipo 1 no hay destrucción auto inmunitaria del páncreas, sino que la resistencia a la insulina o la disminución de la sensibilidad a la insulina de los tejidos metabólicos, como hígado, músculo esquelético y tejido adiposo, conducen a la utilización inadecuada de la glucosa(18). Otros autores mencionan que la obesidad está presente en un 85% de los diabéticos tipo2, siendo estos precisamente los que se vinculan con el diagnóstico de síndrome metabólico, siendo la resistencia a la insulina como elemento fundamental en su patogenia(24). La obesidad se considera como un factor de riesgo para desarrollar resistencia a insulina(78). El aumento del tejido adiposo se ha relacionado con la alta producción de citoquinas proinflamatorias, que junto a los ácidos grasos, son los responsables del desarrollo de la resistencia a insulina(79). Estos compuestos interfieren con las señales de la insulina, alteran los receptores para insulina en las membranas plasmáticas de las células blanco e impiden que la insulina facilite la entrada de la glucosa a las células del hígado, músculo y tejido adiposo(80). Las personas con DM2 también tienen un decremento en la secreción de insulina como respuesta a la exposición a la glucosa (18).

3.3.3 Características

La DM2, se presenta en personas con grados variables de resistencia a la insulina, pero se requiere también que exista una deficiencia en la producción de insulina que puede o no ser predominante. Ambos fenómenos deben estar presentes en algún momento para que se eleve la glucemia. Aunque no existen marcadores clínicos que indiquen con precisión cuál de los dos defectos primarios predomina en cada paciente, el exceso de peso sugiere la presencia de resistencia a la insulina mientras que la pérdida de peso sugiere una reducción progresiva en la producción de la hormona. Patológicamente la diabetes se subdivide en:

Predominantemente insulino-resistente con deficiencia relativa de insulina

Predominantemente con un defecto secretor de la insulina con o sin resistencia a la insulina.

Páncreas

El páncreas es una glándula mixta que produce secreciones exocrinas y endocrinas cuyo componente son los acinos serosos y los islotes de Langerhans respectivamente(81).

3.3.4 Estructura

3.3.4.1 Páncreas exocrino

Es una glándula tubuloacinar compuesta, a diario produce alrededor de 1200ml de un líquido rico en bicarbonato y pro enzimas digestivas, cuya masa corresponde al 98% del peso total del órgano formados por numerosos conductos y acines lobulares conectados por tejido conectivo y recubiertos por una delicada capsula, cuya función es sintetizar, almacenar y secretar al duodeno, las enzimas necesarias para la digestión de los alimento(82).

3.3.4.2 Páncreas endocrino

El componente principal del páncreas endocrino son los islotes de Langerhans, conformado por un conglomerado esférico, alrededor de 3,000 células(81). Cuya masa corresponde al 2% del peso total del órgano. En ellos se sintetizan la insulina (células beta), el glucagón (alfa) y la somatostatina (delta). Los islotes tienen una red vascular y están dotados de un sistema venoso tipo portal orientado desde las células beta. Hacia el alfa y delta. Están inervados por el sistema nervioso autónomo y existen comunicaciones intercelulares(83).

3.3.5 Tipos de células conformados

Las células alfa

Estas células son productoras de glucagón, una hormona peptídica que se libera cuando hay una disminución de la glicemia sanguínea. El glucagón actúa en los hepatocitos, activando enzimas glucogenolíticas, que producen glucosa a partir de glucógeno, que luego es liberada, en la hipoglicemia.

Células beta

Son productoras de insulina, cuya producción se inicia con la síntesis de preproinsulina en el retículo endoplasmático rugoso (RER) de las células betas luego por segmentación enzimática de la preproinsulina en las cisternas del RER, esta se convierte en pro insulina. La pro insulina se agrupa en vesículas donde luego por auto escisión se elimina un segmento de la molécula y se produce la insulina. La insulina es liberada al espacio extracelular cuando aumentan los niveles de glucosa, después de una comida rica en carbohidratos

Insulina

La insulina es una hormona polipeptídica sintetizada por las células β de los islotes de Langerhans del páncreas. Es fundamental en el metabolismo de carbohidratos, proteínas y lípidos, siendo el principal regulador metabólico de los depósitos energéticos. En los periodos entre comidas, la disminución de los niveles de insulina permite la movilización de nutrientes como el glucógeno, grasas e incluso proteínas, en estos periodos postprandiales. La secreción a insulina nunca se interrumpe por completo, siempre existe un nivel basal en la sangre(72).

3.3.6 Diabetes mellitus tipo I

Es una enfermedad que se caracteriza por la nula producción de insulina debido a la destrucción autoinmune de las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas mediado por las células T(72); ocasionando un trastorno crónico en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas. Asimismo el cuerpo es incapaz de metabolizar los nutrimentos debido a la deficiencia significativa o absoluta de insulina; por lo tanto, las personas que padecen este tipo de diabetes necesitan tratamiento fundamental, siendo la administración exógena de insulina simulando en lo posible su producción fisiológica(84). Esta enfermedad es más frecuente en jóvenes, aunque puede aparecer en cualquier etapa de la vida, se diagnostica antes de los 12 y 15 años y afecta a cerca de 4,9 millones de personas en todo el mundo, de las que 1,27 millones son europeos, lo que arroja una prevalencia del 0,19% de la población total, aunque la prevalencia más alta, de 0,25%, se encuentra en América del Norte, variaciones que reflejan la distinta susceptibilidad genética entre poblaciones(85).

3.3.7 Mecanismo de acción del aloxano

El aloxano (monohidrato) es una sustancia química toxica, y diabeto génico que es utilizado para destruir las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas, capaz de producir diabetes mellitus en animales de experimento. Cuando se utilizan dosis excesivas o repetidas produce lesiones en otros órganos, especialmente en el hígado y en el riñón(86)(87). La formación de especies reactivas de oxígeno (ROS) es antecedida por una reducción del aloxano. El ácido dialúrico, se forma de la reducción del aloxano y luego se vuelven a oxidar y establecen un ciclo rédox con la formación de radicales superóxido. Estos radicales experimentan una dismutación a peróxido de hidrógeno, seguidamente los radicales hidroxilos altamente reactivos son formados por la reacción de Fentón. Las células beta pancreáticas expuestas a la

hiperglucemia también producen ROS, porque estas células son bien sensibles al estrés oxidativo. Asimismo se reporta, cuando hay una alteración en la homeostasis del calcio, existe una acción diabetogénica del aloxano(42).

Existen tres fases de la inducción del aloxano en el perfil glicémico. En la primera aumenta la glicemia después de cuatro horas de la inducción; segunda fase hay un descenso progresivo y prolongado de glicemia; en la tercera fase se manifiestan los signos: hiperglicemia, glucosuria, cetosis después de las 48 horas de la inducción de aloxano(87).

4. Definición de términos

Aloxano: Sustancia del producto de la oxidación del ácido úrico por el ácido nítrico; su fórmula química es $CNHO-COCOCNHO$, desdoblándose, a su vez, por hidrólisis, en úrea y ácido mesoxálico.

DM 2: Es un desorden metabólico que se caracteriza por hiperglucemia crónica (nivel alto de glucosa en la sangre).

Fosfooligosacaridos: Son hidratos de carbono compuestos principalmente por fructosa y algunos residuos de glucosa. Son fibras solubles, de bajo aporte calórico y prebiótico(88).

Glucemia: Cantidad de glucosa contenida en la sangre; generalmente se expresa en gramos por litro de sangre.

Glucosa: Es el monosacárido más importante. Es la principal fuente de energía para todos los organismos vivos(70).

Hemoglobina glicosilada: Es el nombre de una prueba de sangre que mide el promedio del nivel de la glucosa en sangre por más de dos o tres meses.

Hiperglicemia: Es cuando la concentración de glucosa en la sangre es superior a la normal, siendo $>140\text{mg/dl}$.

Hipoglucemia: también conocida como nivel bajo de azúcar (glucosa) en la sangre, se produce cuando la glucosa en la sangre desciende por debajo de los niveles normales.

Insulina: La insulina es una hormona peptídica producida por las células β de los islotes de Langerhans del páncreas

Inulina: Es un carbohidrato no digerible que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales.

Radicales superóxido: Son moléculas inestables y muy reactivas.

Yacón: Es una planta de la familia de las asteráceas es rico en carbohidratos (sacarosa, fructosa y glucosa). Tiene como principal al Fructooligosacárido (FOS), es un tipo de azúcar de baja digestibilidad que aportan pocas calorías al organismo y pueden ser consumidas por diabéticos no elevan el nivel de glucosa en la sangre.

Capítulo III

Materiales y Métodos

1. Tipo y Diseño de investigación

El estudio es de tipo longitudinal porque se estudia 1 o más variables en un tiempo determinado para evaluar la causa-efecto, con una duración de 36 días (89).

Según el análisis y alcance de resultado el estudio es de tipo experimental porque se puede manipular las variables, se cuenta con un grupo control y los grupos fueron asignados aleatoriamente (29).

2. Variables de la investigación

2.1 Variable independiente

El consumo de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

2.2 Variables dependientes

Efecto hipoglucemiante en sangre

2.3 Operacionalización de las variables.

<i>Variables</i>	<i>Definición de la variable</i>	<i>Tipo de variable</i>	<i>Escala de medición</i>	<i>Instrumento</i>
<p>Variable independiente</p> <p>Consumo yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) en ratones albinos con DM2</p>	<p>El yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) es un alimento que pertenece a la familia de las Asteráceas, es rico en carbohidratos (sacarosa, fructosa y glucosa). Dentro de los carbohidratos, el principal componente es los fructooligosacárido (FOS), este polisacárido tiene una baja digestibilidad que aportan pocas calorías al organismo y pueden ser consumidas por diabéticos no elevan el nivel de glucosa en la sangre(38)(11).</p>	<p>Cuantitativo (peso en gramos)</p>	<p>Escala de proporción o de razón</p>	<p>Balanza electrónica kitchenscale 0-500g</p>
<p>Variable dependiente</p> <p>Niveles de Glucosa en sangre</p>	<p>Disminución de glucosa en la sangre.</p>	<p>Cuantitativo (niveles de glucosa en sangre)</p> <p>Hipoglicemiantes: Valores de glucosa menores que el grupo control positivo</p>	<p>Escala de proporción o de razón.</p>	<p>Glucómetro "Acuchek Active</p> <p>Laminas reactivas de glucosa</p> <p>Hojas de bisturí N°11.</p> <p>Jeringa</p>

3. Hipótesis de la investigación

3.1 Hipótesis general

H1= El consumo de yacón (*Smallanthus sanchofiluis*) en los ratones albinos inducidos a DM2 disminuye los niveles de glucosa en sangre.

Ho= El consumo de yacón (*Smallanthus sanchofiluis*) en los ratones albinos no disminuye los niveles de glucosa en sangre.

4. Delimitación geográfica y temporal

El presente trabajo de investigación fue realizado en el laboratorio de anatomía (bioterio) y microscopia de la EP de -Medicina Humana de la Universidad Peruana Unión ubicada en la carretera central km 19.5 Ñaña.

El periodo de tiempo usado para esta investigación fue de marzo del 2015 a junio del 2016.

5. Población y Muestra

La muestra estuvo conformada por 42 ratones albinos de 2 meses de edad de 30-40g de peso, en los cuales 42 fueron inducidos a DM2. Divididos en 2 grupos en el control (n=21) y el experimental (n=21).

Control positivo: ratones con diabetes sin tratamiento

Grupo experimental: Ratones diabéticos tratados con yacón

5.1 Criterios de inclusión de muestra

Ratones albinos machos y hembras con peso de 30 a 40 g

Ratones albinos con DM2 inducidos con aloxano.

Ratones con buen estado de salud

5.2 Criterios de exclusión de la muestra

Ratones albinos machos y hembras que no cambiaron sus niveles de glucosa.

Ratones que presenten alguna patología.

Ratones < a 30g y >40g de peso.

6. Diseño experimental

6.1 Inducción de la diabetes tipo II

El fármaco fue preparado en dos diluciones, 0,5 gr de Aloxano diluido en volúmenes de 500 y 200 ml de agua destilada, la primera fue iniciando la inducción y la segunda fue después de la medición intermedia de glucosa. Los cuales fueron administrados en volúmenes progresivos entre 0.1 a 0.7 ml dos veces por semana por un tiempo de 36 días por vía intraperitoneal.

6.2 Medición de glucosa en sangre

Para determinar los niveles de glucosa en sangre de los ratones albinos se utilizó el glucómetro Accu-Chek Active. Para la muestra de sangre se frotó con algodón y alcohol la cola de cada ratón, seguidamente se hizo una pequeña incisión con bisturí, inmediatamente se agregó una gota homogénea se aplicó directamente a la tira reactiva del glucómetro. Para la medición de los niveles de glucosa se aplicó un ayuno previo de 12 horas, evaluándose a las 6:00 am, antes, durante y después del consumo de yacón.

Glucosa basal

Glucosa inducida

Glucosa de tratamiento

6.3 Administración de raíces de yacón en ratones albinos con DM2.

Las raíces del yacón fueron compradas en el mercado de Puerto Nuevo – Ñaña. Fueron lavados y cortados en pequeños trozos, luego se envasaron en bolsas de polietileno. Las raíces fueron administradas en dos periodos: 50g en la mañana y 50g por la tarde, por un mes, se les monitorizó todos los días para ver el consumo del yacón.

6.4 Administración de ratonina para ratones albinos con DM2.

Cada grupo de tratamiento comprendía 14 ratones. Se les alimentó con 60g de ratonina distribuidas en dos raciones por día 30g en la mañana y 30g en la tarde. Correspondiendo a cada uno 4.2g/día de alimento. (Ver tabla 8).

Han consumido 2.4 carbohidratos/día

Requerimiento 2.5 carbohidratos/día.

6.4.1 Características del alimento (ratonina)

Alimento diseñado para ratones de laboratorio (crecimiento y reproducción)

Alimento de bajo contenido calórico.

Favorece el desarrollo de la flora intestinal adecuada

Condición optima de pH estomacal.

Diámetro de pellets 8,0 mm

Longitud de pellets 15mm.

6.5 Datos basales de glicemia Los datos iniciales de los niveles de glucosa fueron considerados como referencias basales de los valores normales de 70 a 110mg/dl; para la inducción a DM2

7. Análisis histopatológicos del páncreas.

El análisis histopatológico del páncreas se realizó en el laboratorio clínico del hospital Hipólito Unanue por la Dra. Patóloga Marley Flores. Para verificar los efectos toxicológicos del Alozano en el páncreas se realizó el análisis histopatológico de cada uno de los ratones albinos, realizados con los siguientes pasos:

7.1 Procedimiento:

Se Sacrificó a los ratones de estudios por dislocación cervical, el órgano pancreático fue extraído mediante corte longitudinal del abdomen y diseccionados con bisturí N° 11, luego fueron introducidos en sus respectivos recipientes con formol al 10% por 15 días. Los cortes histológicos fueron realizados en el centro de estudios patológicos del Hospital Nacional Hipólito Unanue. Los cortes fueron hechos a 0.2 micras teñidas mediante coloración diferencial hematoxilina - eosina (H&E) y fijadas con bálsamo de Canadá. Luego las muestras histológicas fueron observadas en el laboratorio de anatomía (bioterio) y microscopía, utilizando el microscopio óptico, OLYMPUS, modelo CX21FS1, para hacer el estudio anatomopatológico registrando la información mediante fotomicrografías a 400X y 1000X.

7.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para la recolección de datos se consideró lo siguiente:

Formato de registro de glucosa sérica tomada antes, durante y después del estudio del grupo control y experimental (ver apéndice 1).

Formato de monitoreo de ingesta diaria de yacón (ver apéndice 2).

Proceso y recolección de datos (ver apéndice 3).

8. Procesamiento y análisis de datos

Para el análisis estadístico se usó el programa estadístico SPSS (versión 23), con el propósito de organizar la información en una base de datos, para luego realizar el procesamiento estadístico de los mismos. Se realizó la descripción de las variables de estudio mediante las siguientes medidas estadísticas: la media y la desviación estándar.

Para responder a la hipótesis planteado, en el capítulo II, se determinó mediante la prueba estadística del análisis de varianza de un solo factor y la U de Mann Witney (de acuerdo al análisis de normalidad).

9. Consideraciones éticas

El estudio cumplió con los criterios de exigencia de la norma sobre el uso de animales en actividades de investigación

Capítulo IV

Resultados y Discusión

1. Resultados

Tabla 2

Descripción del nivel de glucosa en ratones albinos inducidos a diabetes mellitus 2 (Aloxano) antes, durante y después, en el grupo control y experimental.

	Grupo de experimental			Grupo control		
	Inicial	Glucosa intermedia	Final	Inicial	Glucosa Intermedia	Final
Media	135.30	121.85	107.70	130.60	141.05	151.45
Desv. típ.	8.76	6.62	3.59	12.31	15.09	18.67
Mínimo	120.00	114.00	100.00	115.00	127.00	134.00
Máximo	150.00	132.00	115.00	169.00	186.00	204.00
N	20	20	20	20	20	20

En la tabla 2, se observa que el promedio de glucosa inicial en el grupo experimental es menor que el grupo control por otro lado en el grupo experimental, el promedio de glucosa inicial es de 135.30mg/dl, mientras que en el grupo control es de 130.60mg/dl, siendo la variabilidad de ambos grupos 8.76 y 12.31 mg/dl. Individualmente mostrándose que la glucosa experimental es menor con respecto al grupo control. Este resultado es similar al finalizar el tratamiento, ya que el promedio de glucosa final fue de 107.70mg/dl en el grupo experimental y 151.45 mg/dl en el grupo control, siendo la varianza de 3.59 y 18.67 correspondiente. Se demostró que el consumo de yacón durante 34 días logra reducir los niveles de glicemia

Tabla 3

Comparación de la glucosa en ratones albinos con DM2, en tres fases en el grupo control y experimental durante el proceso de tratamiento.*

Efecto de la glucosa		Valor	F	GL	GL del error	P
	Traza de Pillai	.86	56.87	2.00	18.00	.00
Grupo control	Lambda de Wilks	.14	56.87	2.00	18.00	.00
	Traza de Hotelling	6.32	56.87	2.00	18.00	.00
	Traza de Pillai	.90	84.27	2.00	18.00	.00
Grupo experimental	Lambda de Wilks	.09	84.27	2.00	18.00	.00
	Traza de Hotelling	9.36	84.27	2.00	18.00	.00

*Evaluación inicial intermedia y final.

En la Tabla 3, se observa según el análisis de varianza de un solo factor y un nivel de confianza del 99%, que existe diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de la glucosa de la inicial, intermedia y final, en los dos grupos referido a ($p < .01$).

Tabla 4

Comparación de la glucosa entre el grupo experimental y control antes, durante y después del tratamiento.

	Grupo	Rango promedio	U de Mann-Whitney	Z	P
Antes	Experimental	24.1	128	-1.96	0.06
	Control	16.9			
Durante	Experimental	11.75	25	-4.74	0
	Control	29.25			
Después	Experimental	10.5	0	-5.424	0
	Control	30.5			

En la tabla 4, se aprecia, según la prueba estadística U de Mann-Whitney y a un nivel de confianza al 99%, que no existe diferencia estadísticamente significativa de la glucosa entre grupo experimental y control antes del tratamiento ($p > .01$). Así mismo se evidencia que el nivel de glicemia después del consumo de yacón ha disminuido significativamente en ($p < .01$).

En la Figura 3: se observan los cortes histológicos del tejido del páncreas sano, en donde las células de los islotes de Langerhans, alfa y beta no presentan ninguna alteración en su estructura morfológica.

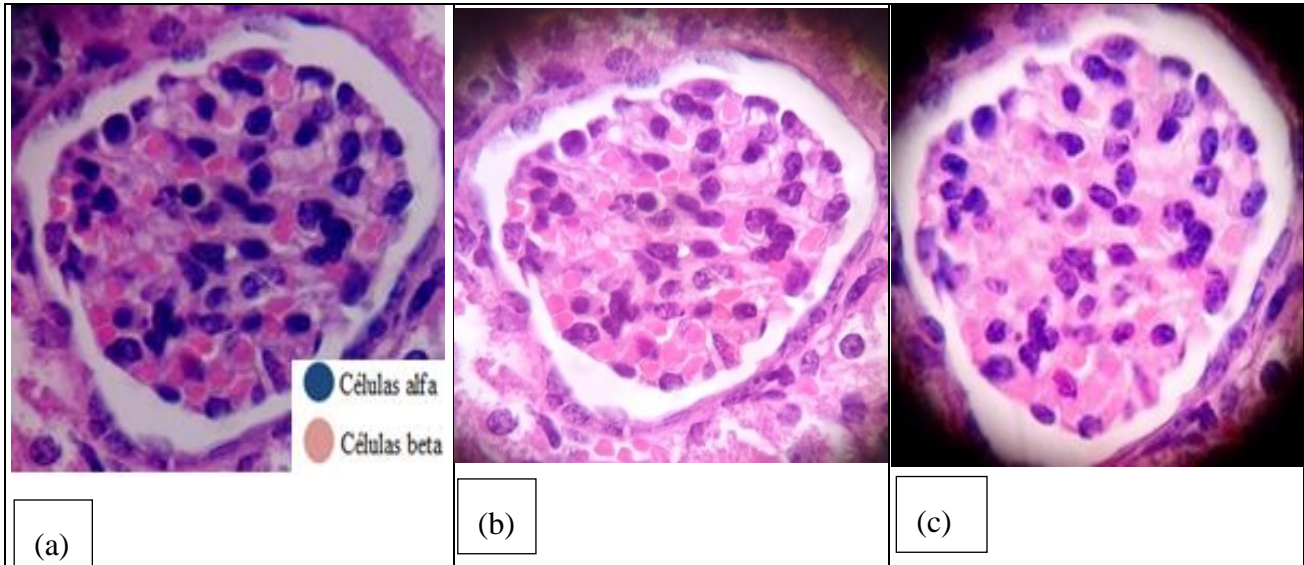


Figura 3. Corte histológico del tejido del páncreas sano
Micrografías tomadas a 400Xy a 18 pixeles de corte histológico sano del páncreas continción (H&E). a) forma perimétrica regular de los islotes b) distribución regular de las células beta y alfa c) morfología simétrica celular.

En la figura 4: se observa los cortes histológicos del tejido dañado del páncreas, donde las células de los islotes de Langerhans, alfa y beta presentan daños estructurales morfológicos.

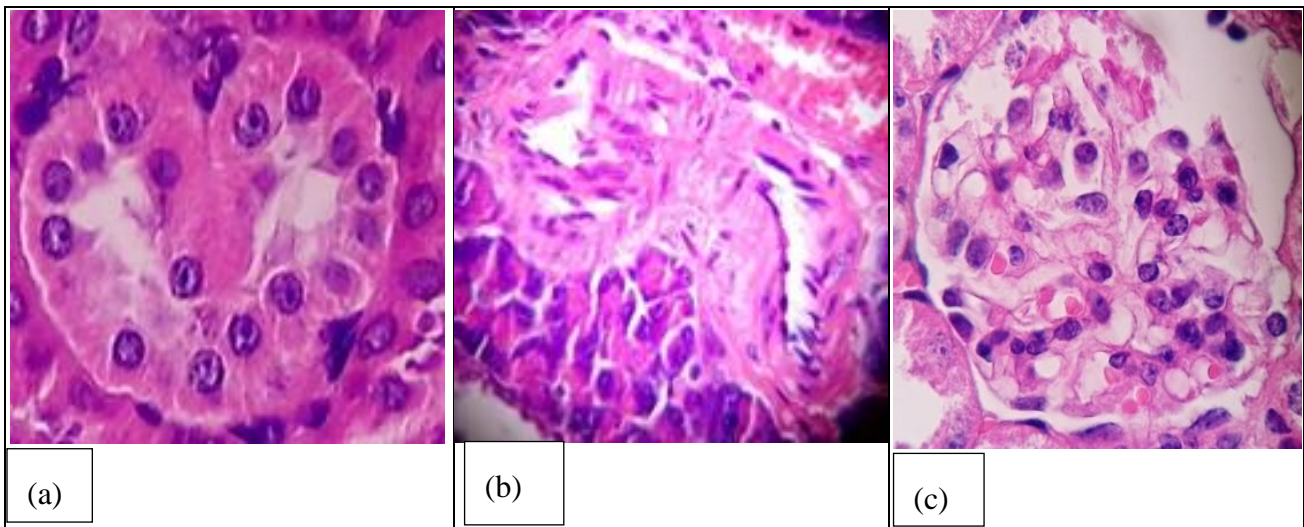


Figura 4. Corte histológico del páncreas dañado
Micrografías tomadas a 400Xy a 18 pixeles de corte histológico del páncreas con tinción (H&E). Después de 36 días de inducción con Aloxaño DM2 en ratones albinos a) forma perimétrica regular de los islotes b) distribución regular de las células beta y alfa c) morfología simétrica celular.

2. Discusión

El control de la glicemia en la diabetes mellitus tipo II, es importante y vital para una mejor calidad de vida(91)(92). Los cuadros que desarrollan hiperglicemia consecuentemente incrementan el riesgo de sufrir ceguera, complicación renal, enfermedades cardiovasculares(72).

La alimentación cumple un papel muy importante, que implica procesos digestivos que pasan por diferentes niveles de glucemia, los cuales pueden desencadenar complicaciones patológicas sobre el metabolismo de la glucosa. Existen alimentos que tienen propiedades hipoglucemiantes que estabilizan los niveles de glucosa en sangre, entre estos tenemos la raíz del yacón(15), este es un fruto natural que contienen muchos beneficios para la salud, por tener gran parte de sus propiedades hipoglucemiantes por su alto contenido en fructooligosacaridos (16)(11). El FOS es un tipo de azúcar especial que contiene esta raíz el cual no es metabolizado por el organismo ya que carecen de enzimas digestivas necesarias, para su absorción, además aportan bajas calorías que pueden ser incluidas en la dieta de personas diabéticas(29)(30)(31). Algunos estudios reportan que el consumo de esta raíz fresca reduce los niveles de glucosa en sangre(33).

En el presente estudio, la unidad de tratamiento fueron ratones albinos, a quienes se aplicó método químico mediante el fármaco Aloxano (monohidrato), con la finalidad de provocar supresión endocrina del páncreas (DM2) a nivel hormonal (células alfa y beta de los islotes Langerhans) y morfológico con destrucción o lesión de otros órganos como el hígado y riñón, como agente inductor diabetogénico estos han sido sintéticamente empleados para inducir diabetes en los animales(86)(87).

Investigaciones similares muestran la acción de Alozano con amplia variación y vía de administración en la inducción de DM2, experimentadas en ratas y ratones, por vía intraperitoneal, donde Dipa et al, aplicaron Alozano (150mg/kg).(45).

En forma similar Garduño et al.(47).Utilizaron 150 mg/Kg cada 48 horas, por vía intraperitoneal cada 24h en tres días. En el presente estudio se usó dosis progresivas de alozano. Con diluciones de 0,5 gr de Alozano en volúmenes de 500 y 200 ml de agua destilada, los cuales fueron administrados en dosis progresivos entre 0.1 a 0.7 ml, dos veces por semana por un tiempo de 36 días por vía intraperitoneal.

Al analizar los resultados de la inducción para DM2 en ratones albinos en dos grupos experimental y control, se utilizó 100 gr de raíz de yacón en estado natural, administrados en dos raciones por día en la mañana y en la tarde.

En nuestro estudio realizado según los resultados de Alozano y la glicemia, en la desviación estándar tanto para el grupo con tratamiento y el control los resultados son como siguen, la glucosa sérica promedio antes de la intervención en ratones albinos fue de 135.30mg/dl,(DS=8.76) y la intermedia fue de 121.85mg/dl, (DS=6.62) la final fue de 107.70mg/dl, (DS=3.59), esto indica que el consumo del yacón reduce un 27.6mg/dl, la glicemia en ratas con DM2.

Mientras que el grupo control inducido sin tratamiento se observó que los niveles de glucosa sérica fueron los siguientes: inicial fue 130.60ml/dl,(DS=12.31); la intermedia fue 141.05mg/dl, (DS=15.09) y la final 151.45mg/dl, (DS=18.67); incrementando 20.85ml/dl de la glucosa sérica, podemos ver que no existe una diferencia significativa donde los animales presentan características fenotípicas como: estado de ánimos disminuido, pérdida de pelaje, orina mal oliente, disminución del apetito e ingesta de alta dosis de agua, esto es consecuencia de la

enfermedad que según el estudio citológico presentan deterioros de órganos y células.(Fig 5: A,B,C).

En la tabla 4 de la prueba de la U de Mann-Whitney los resultados previos de las evaluaciones, no se encontró ningún nivel de significancia por ser datos basales, esto es según el límite de confianza al 99%, no existe diferencia estadísticamente significativa de la glucosa entre el grupo experimental y control antes del tratamiento ($p>.01$). Asimismo, se evidencia que al final del tratamiento el nivel de confianza al 99%, si existe diferencia estadística significativa, entre la mediana de estos dos grupos de la glucosa sérica con respecto al valor tabulado de ($p<.01$). Según el estudio de Mayta, et al.(34).Encontró que la administración de 300g de raíz fresca de yacón por vía oral, reduce la respuesta glicémica postprandial en sujetos sanos en 79.8% ($p = 0.001$) en el grupo tratado con yacón. Asimismo, Ludeña, et al.(50),en la aplicación de suplementación con 500g/día de raíz de yacón por un periodo de 90 días, en 30 sujetos con DM2, demostraron la reducción de Hb glicosilada en 1,98%. Por otro lado, Ornelas et al. (51), demostraron el efecto hipoglucemiante del extracto de raíz de yacón en ratas diabéticas. La muestra estuvo conformada por 4 grupos experimentales como el grupo control, el grupo que recibió el extracto de raíz de yacón, el grupo diabético no tratado (DM1) y el diabético tratado con el extracto de la raíz de yacón (Y-DM1). En sus resultados se encontró que hubo un 38.36% de los niveles de glucosa en el grupo Y-DM1 en comparación al grupo DM1 ($p<0.05$). También Tasayco(49), aplicó el uso las hojas del yacón(*Smallanthus sonchifolius*) como extracto hidroalcohólico al 10% p/v y demostró que podría aumentar la actividad hipoglucemiante en ratas con DM2. Se observó que el extracto de las hojas de yacón redujo los niveles de glucosa en un ($p<0.001$) en los grupos tratados con yacón y glibenclamida, también se demostró que hubo cambios en los marcadores toxicológicos bioquímicos ($p>0.05$).

Finalmente, Habib, et al(52), confirmaron el efecto hipoglicemiante de la raíz del yacón en ratas. Los grupos experimentales fueron: grupo control con diabetes (DC), grupo control no diabéticos (ND), grupo diabéticos tratados con yacón dosis 1 (340mg FOS/kg peso, DT₃₄₀) y grupo diabéticos tratados con yacón dosis 2 (6800mg FOS/kg peso, DT₆₈₀₀). Los resultados demostraron disminución de la glucosa para ambos grupos (DT₃₄₀, DT₆₈₀₀) en comparación al grupo DC, también se muestra un aumento de la producción de insulina pancreática y glucagón GLP-1. Estos cambios positivos se le atribuyen a los fructooligosacáridos del extracto de la raíz del yacón que podría ayudar a los pacientes con diabetes.

Estas investigaciones realizadas con las hojas y raíz del yacón corroboran con los resultados de nuestro estudio, demostrando que existe una disminución en los niveles de glucosa en sangre.

La DM2, tiene como característica común a la hipertrigliceridemia, debido a una disminución y deterioro progresivo de la masa de las células β en los islotes de Langerhans o una disminución en la eficacia de los mecanismos de señalización (93). Esta destrucción ocurre en la masa de las células beta (CB) que su porcentaje es de 2% en la DM1, a diferencia de 40 a 60% que queda en la DM2. Según el estudio organográfico físicamente se observó que el órgano del páncreas fue deteriorado con una apariencia gelatinosa, el cual presentó una deformación en su forma anatómica, esto es debido a la acción citotóxica del aloxano. En la histología microscópica de este órgano se observó el deterioro de las células beta que es la principal fuente de producción de insulina que controla la glucosa en sangre, deformación de los islotes de Langerhans que componen al páncreas y deformación celular del tejido en estudio. Esto ocurre por la acción citotóxica del aloxano como agente inductor. En este estudio se confirma la efectividad del consumo de yacón sobre los niveles de glicemias en ratones albinos conDM2.

Los fructooligosacárido que contiene el yacón actúan como fibra dietética, resistiendo a la hidrólisis de las enzimas digestivas y son fermentadas en el colon hasta producir ácidos grasos de cadena corta. Además los FOS se consideran de bajo aporte calórico (carbohidratos), con solo 16gr de CHO en 100 gramos de yacón, lo cual genera efectos favorables al organismo como la disminución de los niveles de azúcar en sangre observados en ratones albinos. De manera similar el comportamiento del FOS ocurre en personas diabéticas (69).

Con respecto al CHO del alimento utilizado para los ratones del experimento (ratonina), según la ficha de análisis bioquímico el 69% corresponde a este macronutriente del total de ratonina. Al administrar yacón (FOS) como un agente reductor, sirvió para observar la disminución de los niveles de glucosa en sangre que fueron observados según los hallazgos encontrados(40).

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

1. Conclusiones

El consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), durante 34 días redujo significativamente el nivel glucosa en ratones albinos.

Los niveles de glucosa inducidas con Alozano para DM2 en ratones albinos tanto en el grupo control como el tratamiento fue de 151.45 y 107,70mg/dl, según corresponde. Los fructooligosacárido que contiene la raíz del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) redujo en 27.6mg/dl la glucosa del grupo experimental. Mientras que el grupo control sin tratamiento se observó que el nivel de glucosa sérica final fue: 151.45ml/dl lo cual muestra un incremento de 20.85ml/dl de la glucosa sérica.

El estudio anatomopatológico del páncreas de ratones albinos inducidos con alozano para DM2, presentó malformación de células estructurales y de formación de los islotes de Langerhans (células alfa y beta).

2. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios sobre el efecto hipoglucemiante del yacón utilizando un diseño experimental puro.

Realizar estudios sobre la dosificación y administración de raíz de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) considerando el peso de los ratones.

Se recomienda monitorear la insulina para otras investigaciones.

Realizar estudios similares, considerando el género de los animales para ver las respuestas a la inducción de DM2 con la raíz del yacón.

Se recomienda el consumo de la raíz de yacón a personas con DM2, acompañado de un estilo de vida saludable y un aumento de frutas y verduras.

En los próximos estudios considerar la medición de hemoglobina glicosilada, para evidenciar el perfil metabólico.

Referencias

1. Hirst M, Williams R SD. Diabetes Atlas. Bruselas, Bélgica. Federación Internacional de la Diabetes. Diabetes voice. 2014;59(3):76.
2. Aschener P, Forouhi N CNWD. Diabetes Atlas. Bruselas, Bélgica: Federación Internacional de la Diabetes. 2013. p. 160.
3. Portugal W, Onsihuay J LR. Diabetes Mellitus en el Siglo XXI. Dirección Regional de Salud del Callao Oficina de Epidemiología. 2015. p. 21.
4. Jurupe H; Herencia V; Robles E. Contribución al estudio de la actividad hipoglicémica del *Smallanthus sonchifolius* (yacón). Rev la Fac Med. 2007;7(2):9.
5. Gonzales N, Rodríguez E MH. Características Clínicas y Factores Asociados a morbilidad intrahospitalaria en los pacientes Mellitus Tipo 2. Rev.soc Peru [Internet]. 2013;26(4):7. Available from: <http://www.revclinesp.es/es/congresos/xxxiv-congreso-nacional-las-sociedad/8/sesion/varios-posters-/849/caracteristicas-y-factores-asociados-con/8636/>
6. Bash E. Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. Vol. 1, Perú: Enfermedades No Transmisibles Y Transmisibles. Lima; 2015. 145 p.
7. Diabetes federación internacional de. Plan Mundial Contra La Diabetes 2011-2021. federación internacional de diabetes. 2011. p. 28.
8. Gonzales R CN. Características Clínicas De La Diabetes Mellitus En Un Área De Salud. Rev Cuba. 2000;16(2):6.
9. Aguilar A, Loreto M AO. Guías ALAD Sobre el Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 con Medicina Basada en Evidencia. 2013. 142 p.
10. Pera PI. Artículo Original Diabetes Mellitus : La Pandemia Del Siglo XXI. Rev Cient Enferm. 2012;5:1-13.
11. Ziaroyska J, Fernandez E, MILLELA L SN. A Revised Its Nucleotide Sequence Gives A Specificity For *Smallanthus Sonchifolius* (Poepp. and Endl) And Its Products Identificación. Artic Cient. 2013;45(1):10.
12. Gordillo Rocha G. Efecto hipoglicémico del extracto acuoso de las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (Yacón) en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2. Tesis. 2009;152.
13. Carla A, Biazon B, Marques M, Wendt N, Moreira JR, Vizioli C, et al. The in Vitro Antioxidant Capacities of Hydroalcoholic Extracts from Roots and Leaves of *Smallanthus sonchifolius* (Yacón) Do Not Correlate with Their in Vivo Antioxidant Action in Diabetic Rats. Sci Res Publ. 2016;4(15):13.
14. Ferreira SF, Azevedo SCSF, Pagadigorria CLS, Garcia RF. Anti-hiperglicémico effect of *Quassia amara* (Simaroubaceae) in normal and diabetic rats. Rev Bras Pl Med. 2013;15(3):5.
15. Valentová K UJ. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* - prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. Biomed Pap Med Fac Univ Palack. 2003;147(2):12.

16. Oliveira RB, Chagas-Paula DA, Secatto A, Gasparoto TH, Faccioli LH, Campanelli AP, et al. Topical anti-inflammatory activity of yacon leaf extracts. *Brazilian J Pharmacogn* [Internet]. 2013;23(3):9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2013005000032>
17. Sánchez S, Genta S, Un Y, Producto P, Para N, Tratamiento EL, et al. Redalyc.Yacon: Un Potencial Producto Natural Para El Tratamiento De La Diabetes. *redalycOrg*. 2007;6(5):162–4.
18. A.Lazo; D, Aráuz; D T. Prevalencia de Diabetes Mellitus y factores de riesgo en mayores de 20 años de las cabeceras departamentales de Nicaragua. *Rev Cient la UNAN-León*. 2014;5(1):1–10.
19. Escott S. *Nutricion Diagnostico y Tratamiento*. 7ta. Edici. Barcelona España; 2011. 1020 p.
20. Sánchez S MB. Diabetes mellitus : Su implicación en la patología oral y periodontal. *Av Odontoestomatol*. 2009;25(5):263.
21. Bujaidar EM, Juárez NG. Revisión de las características clinicas, metabólicas y genéticas de la diabetes mellitus. *Artic Revis Bioquim* [Internet]. 2003;28(2):11. Available from: <http://www.doaj.org/doaj?func=abstract&id=399052>
22. L.Revilla. Situación de la vigilancia de diabetes en el Perú , al I semestre de 2013 Dirección General de Epidemiología. Dirección General de Epidemiología. Basados en la Evidencia 2013:22-39. *Bol Epidemiol*. 2013;22(39):825–8.
23. Ministerio de Trabajo. Diabetes Mellitus: como enfermedad generadora de discapacidad. 2007;1–41. Available from: http://www.mintra.gob.pe/archivosfilednrtdiabetes_mellitus.pdf
24. Ministerio de Salud. Guia clinica Diabetes Mellitus tipo 2 [Internet]. Vol. 1, Serie Guías clinicas Minsal. Chile; 2010. 75 p. Available from: <file:///C:/Users/Public/Documents/diabetes mellitos 1.pdf>
25. Romero-Márquez RS, Díaz-veja G, Romero-zepeda H, Salvador R. Estilo y calidad de vida del paciente con diabetes mellitus tipo 2. *Rev medica Mex*. 2011;49(2):12.
26. Gonzales E, Carrillo M AS. Actualización del tratamiento farmacológico de la diabetes mellitus tipo 2. ... Ter del Sist ... [Internet]. 2008;32(1):16. Available from: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2786914>
27. Alfaro, J; Simal, A; Botella F. Tratamiento de la diabetes mellitus. *Inf Ter del Sist Nac salud*. 2000;24(2):43.
28. Castro D CM. Artículo de revisión Biguanidas. *Med Interna Mex*. 2006;22(5):11.
29. Tapia ME, Fries AM. Guia de campo de los cultivos andinos. *Fao; Anpe-Perú*. 2007. 221 p.
30. Chesquibol N, Aguirre R, Bravo M, Lengua R, Tomas G, Delman I, et al. Estudio quimico y nutricional de las variedades de la raiz de la polymnia sonchifolia “yacon.” *Rev Peru Quim e Ing Quim*. 2002;5(1):37–42.
31. Satoh H, Audrey Nguyen MT, Kudoh A, Watanabe T. Yacon diet (*Smallanthus*

- sonchifolius, Asteraceae) improves hepatic insulin resistance via reducing Trb3 expression in Zucker fa/fa rats. *Nutr Diabetes* [Internet]. 2013;3(5):6. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3671746&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
32. M. MIH. El Potencial Yacón en la Salud y la Nutrición. *Revista Boliviana*. 2003. p. 5.
 33. Jiménez Rodríguez MK. Propuesta para el cultivo y aprovechamiento sostenible del yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob) en Colombia Karen Marcela Jiménez Rodríguez. 2011;
 34. Mayta P, Payano J, Peláez J, Pérez M, Pichardo L, Puycán L, et al. Reducción de la respuesta glicémica posprandial post-ingesta de raíz fresca de yacón en sujetos sanos . *Artic Orig*. 2004;9(1):7–11.
 35. Valderrama M. Manual del Cultivo de Yacon. Pymagros. Perú; 2006. 47 p.
 36. Baroni S, Suzuki-Kemmelmeier F, Caparroz-Assef SM, Cuman RKN, Bersani-Amado CA. Effect of crude extracts of leaves of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) on glycemia in diabetic rats. *Rev Bras Ciências Farm*. 2008;44(3):521–30.
 37. Santana I, Cardoso MH. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. *Ciência Rural*. 2008;38(3):898–905.
 38. Brandão CC, Asquiere ER, Attaran S, Damiani C. Study of the aging of fermented of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and sensory profile and acceptance. 2014;34(June):324–31.
 39. Ramagem M, Delmaschio K AA. Effects of the use of *Smallanthus sonchifolius* (Yacón) in the treatment of individuals with diabetes mellitus. Vol. 53, Review Articles. 2013. p. 9.
 40. D L. Valoración de la raíz de yacon: obtención de un jarabe rico en fructooligosacáridos. *J Chem Inf Model*. 2007;53(9):12.
 41. Choque G, Thome R, Dirce G TG. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. *Nutr Res*. 2012;32(11):9.
 42. Dornas WC, Nagem TJ, De Oliveira TT, Contelli R. Aloxano e diabetes. *Rev Bras Toxicol*. 2006;19(2):81–7.
 43. Ramos H, Méndez J. Diabetes Mellitus Experimental. *Ciencia Veterinaria*. 1994. p. 31.
 44. Vazquez SM V, Hisano N. EFECTO DIFERENCIAL DEL ALOXANO A CORTO Y A LARGO PLAZO EN TESTÍCULOS DE DOS LÍNEAS DE RATAS. *Rev. Electronica de Biomedicina*. 2011. p. 44.
 45. Islam D, Lipy EP, Rahman S, Mohanta LC. Comparative Study between the Effect of *Momordica charantia* (Wild Type) Fruits and *Coccinia cordifolia* ' s Leaf on Hypoglycemic and Hypolipidemic Activities of Alloxan Induced Type 2 Diabetic Long-Evans Rats. 2014. p. 9.
 46. Figueroa G. MC, Pérez H. I, Mejía Z. R. Characterization of a type 2 diabetes model in female Wistar rats. *Rev MVZ Córdoba* [Internet]. 2013;18(3):3699–707. Available from:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4687628&info=resumen&idioma=ENG>

47. Garduño A, Rojo S; Villavicencio M; Sanchez F S V. Actividad Hipoglucemiante de hojas de *Bauhinia variegata* L. Vol. 1, Rev Med Mexico; 2015. p. 1–6.
48. Russo D, Valentaño P, Andrade P, Fernandez E ML. Evaluation of antioxidant, antidiabetic and anticholinesterase activities of *smallanthus sonchifolius* landraces and correlation with their phytochemical profiles. *Int J Mol Sci.* 2015;16(8):17696–718.
49. Tasayco N. Actividad hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (yacón) en ratas con diabetes tipo 1 y 2. Tesis de Grado. 2007;68.
50. Ludeña A, Rejavinsky K, Belsuzarri I. Efectos normoglicemiante del tubérculo y la hoja del yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) en pacientes diabeticos tipo 2. *Revista Horizonte Medico.* Mexico; 2004. p. 65.
51. Ornelas G, Pereira C HA. Improvement of biochemical parameters in type 1 diabetic rats after the roots aqueous extract of yacón [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.& Endl.)] treatment. *Food Chem Toxicol* [Internet]. 2013;59:5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.05.050>
52. Habib N, Honoré s, Genta S SS. Hypolipidemic effect of *Smallanthus sonchifolius* (yacón) roots on diabetic rats: Biochemical approach. *Chem Biol Interact* [Internet]. 2011;194(1):31–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2011.08.009>
53. White E. Consejos sobre el régimen alimenticio. Buenos Aires: ACES; 1989; p. 608.
54. Mansilla C, Lopez C, Blas R, Chia J B. Análisis de la variabilidad molecular de una colección peruana de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson“ Yacón.” *Ecol Apkicada* [Internet]. 2006;5(2):6. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162006000100010
55. Polanco Puerta MF. Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón colectados en la eco region eje cafetero de Colombia. Tesis de Grado. 2011. 92 p.
56. Comision de Codex Alimentarius. CODEX- Yacon. *Organ Mund la salud.* 2012;12(c):12.
57. J.Seminario;M.Valderrama;I.Manrique. Fundamento para el aprovechamiento de un recurso promisorio. 2003. 61 p.
58. Ramos R AG. Evaluación químico bromatológica de las variedades yurac llajum, qello llajum y yurac checche de. *Cienc Invest.* 2010;13(2):72–6.
59. Dostert N, Roque J, Cano T. Datos botánicos de Yacón. primera ed. Perú Biodiverso. Lima; 2009. 1-15 p.
60. Manrique I, Párraga A HM. Jarabe de yacón: principios y procesaminetos. Centro int. Lima; 2005. 31 p.
61. Manrique I, Michael H BT. Yacon ficha tecnica. Centro internacional de la papa. Lima; 2004. p. 2.
62. Sánchez S, Genta S, Un Y, Producto P, Para N, Tratamiento EL, et al. Redalyc.Yacon: Un Potencial Producto Natural Para El Tratamiento De La Diabetes. 2007;6:162–4.

63. Mu MN. Estudio del efecto de los fructooligosacáridos en la producción de bacteriocinas por aislados nativos de. 2011. p. 87.
64. Madrigal L, Sangronis E. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Arch Latinoam Nutr. 2007;57(4):387–96.
65. Inga M, Betalleluz I, Kina M CD. Optimización del proceso de extracción de los fructooligosacáridos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Revi Soc Quim. 2015;81(3):10.
66. Cagigas A BJ. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. Rev Cuba Aliment Nutr [Internet]. 2002;16(1):63–8. Available from: http://www.bvs.sld.cu/revistas/ali/vol16_1_02/ali10102.htm
67. Oliveira G GM. Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. Nutr Hosp. 2007;22(2):9.
68. Alvarez P, Jurado B, Calixto M Incio N SJ. Prebiótico Inulina/Oligofructosa en la Raíz del Yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Fitoquímica y Estandarización como Base de Estudios Preclínicos y Clínicos. Artículo original. 2008. p. 6.
69. Manrique I. El potencial del yacón en la salud y la nutrición. In: XI Congreso internacional de cultivos andinos: Libro de resúmenes. Fundación PROINPA, Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios; 2004.
70. D. C. Tesis de grado. Utilidad Del Peptido C Y La Hemoglobina Glicosilada En el diagnóstico tipo 2 del hospital provincial general docente riobamba. Ecuador; 2012. p. 197.
71. Association AD. La hipoglucemia. Natl Diabetes Inf Clear [Internet]. 2011;2(11):12. Available from: http://diabetes.niddk.nih.gov/spanish/pubs/hypoglycemia/Hypoglycemia_SP_508.pdf
72. D. S. Lo Esencial En Sistema Endocrino y Aparato Reproductor. Eegunda Ed. S.A E, editor. España; 2004. 288 p.
73. M. R. “Efecto Hipoglucemiante Del Extracto Acuoso De Canela (*Cinnamomum Zeylanicum*), En Ratas (*Rattus norvegicus*) Con Hiperglucemia Inducida” [Internet]. Ecuador; p. 106. Available from: <https://books.google.com/books?id=hIIzAQAAMAAJ&pgis=1>
74. Barquilla A, Mediavilla J, Comas M SM. Recomendaciones de la Sociedad Americana de Diabetes para el manejo de la diabetes mellitus. Semergen [Internet]. 2010;36(7):6. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138359310002157>
75. A S. Protocolos Diabetes Mellitus Tipo 2. Lily S.A. España; 2010. 267 p.
76. Carie A, Anderson C. Fisiopatología un enfoque clínico. 2da. Edici. Barcelona España; 2012. 526 p.
77. Tébar, Mso F, Escobar F. La Diabetes Mellitus En La Práctica Clínica. Editorial. España; 2009. 521 p.
78. Martínez J, Torres P JM. Los ácidos grasos y la lipotoxicidad: implicaciones metabólicas. Rev la Fac Med la UNAM. 2013;56(1):14.
79. Ros M MG. Obesidad , adipogénesis y resistencia a la insulina. Acta Bioquímica Clínica

- Latinoam [Internet]. 2011;58(7):10. Available from: <http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v46n2/v46n2a03.pdf>
80. Rodríguez E, Prea J, López A OR. Obesidad, resistencia a la insulina y aumento de los niveles de adipoquinas: Importancia de la dieta y el ejercicio físico. *Nutr Hosp*. 2009;24(4):7.
 81. Arenas M, Arevalo J, Rocha J AM. Aspectos embriológicos y morfológicos del páncreas. *Rev la Fac Med*. 2005;2(2):5.
 82. Brandan N, Llanos C, Miño A RD. Hormonas Pancreaticas [Internet]. Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Medicina Cátedra de Bioquímica. 2006. p. 14. Available from: <http://med.unne.edu.ar/catedras/bioquimica/pdf/hpancreas.pdf>
 83. M. G. Prevalencia de pancreatitis biliar en pacientes con diagnostico previo de colelitiasis. Guatemala; 2014. p. 28.
 84. Calvo F, López M RM. Diabetes Mellitus Tipo 1 Tratamiento Seguimiento Complicaciones Agudas. sociedad española de endocrinología pediátrica. 2010. p. 32.
 85. D. Q. Factores Que Inciden En El Incremento d elas Complicaciones Cronicas De La diabetes mellitus tipo 2 en el Servicio De Medicina Interna Del Hospital Alfredo Noboa Montenegro Cantón Guaranda Provincia Bolivar, Periodo Febrero 2009- Febrero 2010. Tesis de Grado. Ecuador; 2010. p. 98.
 86. Zanoello A, Melazzo C, Kerpel J, Filappi A, Prestes D CM. Efeito protetor do Syzygium cumini contra diabetes mellitus induzido por aloxano em ratos. *Acta Farm Bonaer*. 2002;21(1):31–5.
 87. E. C. Química y evaluación del efecto hipoglicemiante de propólis en ratones diabeticos inducidos con aloxano. Chile; 2008. p. 214.
 88. Herández P JT. Propiedades Funcionales y Aplicaciones Industriales de los Fructoologosacaridos. Vol. 4, Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos. Mexico; 2010. p. 8.
 89. Munares O FD. Formulación de Proyectos de Investigación. Lima; 2012. 215 p.
 90. Hernández R. Metodología De La Investigacion. Quinta Edi. Mexico; 2010. 623 p.
 91. Ramírez M, Ascanio M, Coronado M, Gómez C, Mayorga L MR. Estilo de vida actual de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Rev Cienc y Cuid* [Internet]. 2011;8(1):8. Available from: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3853505&info=resumen&idioma=ENG>
 92. Pebes A. Calidad De Vida Del Paciente Con Diabetes Mellitus Tipo 2 y Control Preventivo De La Enfermedad En El Hospital Regional De Ica, 2010. *Rev enferm Vanguard*. 2014;2(1):6.
 93. Olvera C EL. Páncreas y células beta: mecanismos de diferenciación, morfogénesis y especificación celular endocrina. ¿Regeneración? *Tema Pediátrico*. 2008;65(1):19.

Apéndice

Apéndice 1. Formato de registro de glucosa sérica tomada antes, durante y después del estudio del grupo control experimental.

GRUPO CONTROL				GRUPO EXPERIMENTAL			
FECHA:				FECHA:			
Código	Inicial	Intermedia	Final	Código	Inicial	intermedia	Final
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13				13			
14				14			
15				15			

17				17			
18				18			
19				19			
20				20			
21				21			

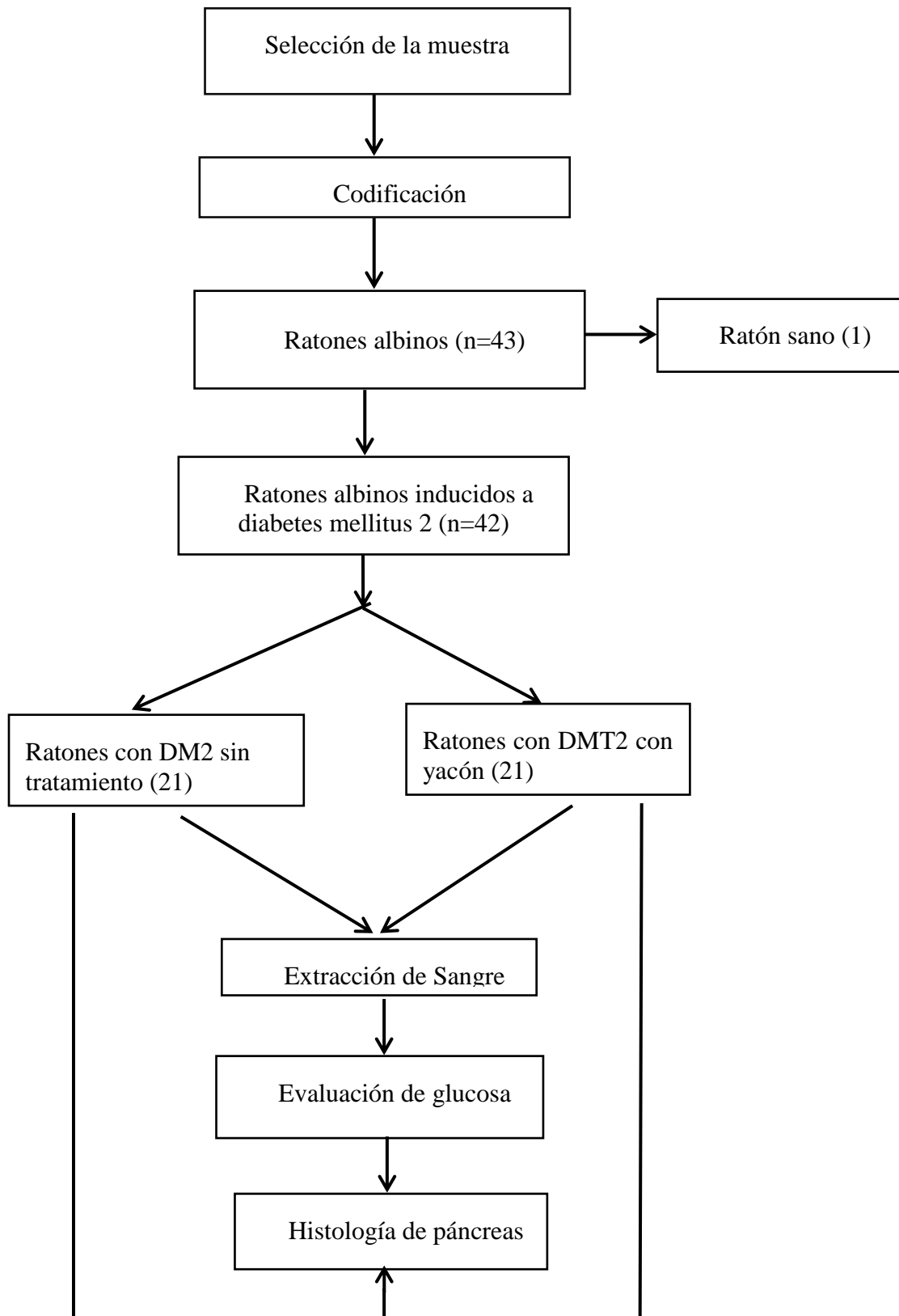
|

Apéndice 2. Formato de monitoreo de ingesta diaria de Yacón.

N° DIAS	FECHA	HORA DE CONSUMO	CANTIDAD DE ALIMENTO	CONSUMO DE YACON	OBERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					

Apéndice: 3. **Proceso de recolección de datos**



Apéndice 4. Análisis de la glucosa.

Tabla 5

Estadísticos descriptivos de la glucosa en el grupo de experimental y control

Medidas Estadísticas	Grupo experimental			Grupo control		
	Glucosa Basal	Glucosa Media	Glucosa Final	Glucosa Basal	Glucosa Media I	Glucosa Final
Media	110.95	124.50	135.30	107.10	122.95	130.60
Desv. típ.	5.08	5.91	8.76	5.11	10.40	12.31
Mínimo	103.00	115.00	120.00	100.00	110.00	115.00
Máximo	120.00	135.00	150.00	120.00	150.00	169.00
N	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00

Tabla 6

Comparación de la glucosa entre la primera, segunda y tercera medición del grupo experimental

Efecto	Valor	F	GL	GL del error	P
Glucosa Traza de Pillai	.84	48.46	2.00	18.00	.00
Lambda de Wilks	.16	48.46	2.00	18.00	.00
Traza de Hotelling	5.4	48.46	2.00	18.00	.00

Tabla 7

Comparación de la glucosa entre la primera, segunda y tercera medición del grupo

Efecto	Valor	F	GL	GL del error	p
Glucosa Traza de Pillai	.700	20.96	2.00	18.00	00
Lambda de Wilks	.300	20.96	2.00	18.00	00
Traza de Hotelling	2.330	20.96	2.00	18.00	00

Tabla 8

Valor nutricional del consumo del alimento para ratones albinos en 100g

Alimento	Cantidad en 100gr	Consumo diario 4.2gr/día
Energía total	334,4	14
Carbohidratos	59,2	2,4
Fibra cruda	2,8	0,11
Humedad	14,7	0,6
Proteína	18,1	0,8
Grasa	2,8	0,11
Cenizas	5,2	0,21

Apéndice 5: Evidencias fotográficas.



figura 5 Codificación de los ratones

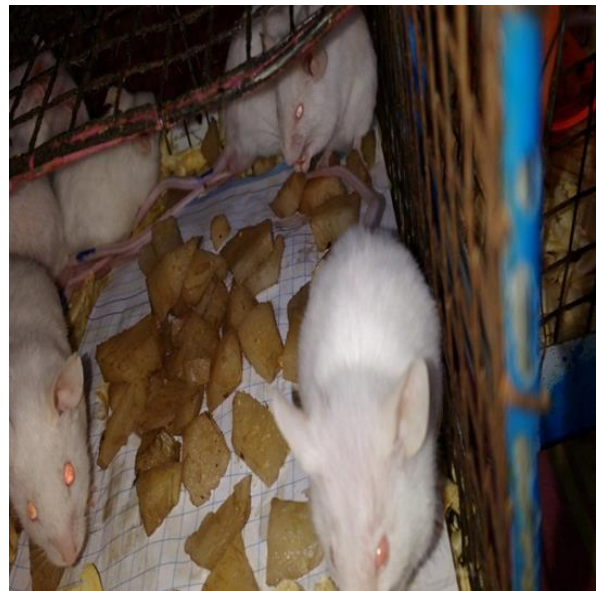


figura 6 Consumo de yacón



figura 7 Consumo de yacón



figura 8 Consumo de ratonina



figura 9 Codificación de órganos



figura 10 Extracción del páncreas



figura 11 Finalizando la disección