Efecto normoglicemiante del tubérculo y la hoja del yacón (*smallantus sonchifolius*) en pacientes diabéticos Tipo 2.

Alfaro Ludeña, Clyff[1]; Ugarte Rejavinsky, Karim[2]; Belsuzarri Padilla, Iván[3]

Resumen

El presente estudio tiene como propósito establecer el efecto del tubérculo y hoja de yacón (smallantus sonchifolius) sobre los niveles de glucosa sérica y hemoglobina glicosilada con el consumo de una dieta *ad libitum*. Se realizó durante 90 días un ensayo experimental simple ciego controlado a nivel de campo en 30 sujetos entre los 26 y 90 años, con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2 no controlada a pesar del tratamiento farmacológico, dividiéndolos en tres grupos: al primer grupo se administró 500g/día de fruto fresco de yacón, al segundo grupo liofilizado de yacón equivalente a 500g/día del fruto fresco y al tercer grupo se le proporcionó bolsitas filtrantes de hoja de yacón (cada bolsita filtrante equivalente a 1g de hoja), tomando tres infusiones al día.

Con respecto a la hemoglobina glicosilada, la administración de fruto, filtrante y liofilizado disminuyó en promedio de 1.98%, 1.84 % y 1.14%, respectivamente, para cada grupo. En la glucosa sérica se apreció una baja considerable de la misma a la cuarta semana en los tres grupos teniendo mayor disminución el grupo con yacón filtrante y la menor disminución el grupo con fruto fresco.

Podemos concluir que el yacón, en sus diferentes presentaciones produce disminución de la glucosa sérica sin llegar a valores normales, observando que los cambios en la concentración de glucosa sérica no evidenciaron diferencia significativa entre grupos etáreos ni en medidas repetidas de glucosa sérica entre semanas ni en género. También se evidenció una disminución significativa de la hemoglobina glicosilada final con respecto a la basal en todos los grupos, encontrándose disminución marcada en el grupo al que se le administró tubérculo fresco de yacón.

Abstract

The purpose of the present study is to establish the effect of the yacon tuber and leaf (Smallantus Sonchifolius) on the levels of the seric glucose and glycosylated hemoglobin with the consumption of an adlibitum diet. A blind, simple and experimental field-controlled trial was carried out for a period of 90 days in 30 subjects, in an age range from 26 to 90,

1 Maestro de Bioquímica y Nutrición.
2 Maestra de Bioquímica y Nutrición.
3 Profesor de la Asignatura de Fisiología y Fisiopatología de la USMP.

who were diagnosed with Type 2 Diabetes Mellitus with no control despite the pharmacological treatment. The subjects were divided into 3 groups; the first group received 500g per day of fresh yacon fruit; the second group received freeze-dried yacon equivalent to 500 g per day of the fresh fruit, and the third group received yacon leaves tea bags (each tea bag containing the equivalent to 1 g of yacon leaves), which were taken three times a day.

Regarding the glycosylated hemoglobin, the administration of the fruit, the tea bags and the freeze-dried yacon reduced an average of 1.98%, 1.84% and 1.14%, correspondingly, in each group. In the seric glucose we could observe a considerable drop in the fourth week in the three groups. The largest drop happened in the group that received the yacon tea bags and the lowest drop in the group that received the yacon fruit.

We can conclude that the yacon, in its different presentations, produce a decrease of the seric glucose without reaching the normal values. It was also noticed that the changes in the concentration of the seric glucose did not show a significant difference among the age groups nor in repeated measures of seric glucose among weeks nor in gender. A significant decrease of the final glycosylated hemoglobin regarding the basal was also shown in all the groups, finding a marked decrease in the group that received fresh yacon fruit.

Key words: Yacon, glycosylated hemoglobin, seric glucose, diabetes mellitus.

Introducción

Epidemiológicamente, la Diabetes Mellitus constituye un problema de salud pública que está aumentando en Latinoamérica debido a que existen 15 millones de personas con esta enfermedad, tiene carácter genético por lo que esta cifra llegará a 20 millones en 10 años (1).

El término diabetes mellitus (DM) describe un trastorno metabólico de múltiples etiologías caracterizado por hiperglucemia crónica, como resultado de la alteración en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas, que resulta de defectos en la síntesis, secreción o en la acción de la insulina. Las complicaciones microvasculares tardías son la retinopatía, la nefropatía y las neuropatías periférica y autonómica. Las complicaciones macrovasculares incluyen la arteriopatía aterosclerótica coronaria y periférica. Se clasifica como Diabetes Mellitus Tipo 1, también llamada diabetes juvenil, que aparece siempre antes de los 18 años y Diabetes Mellitus Tipo 2, también llamada diabetes del adulto ya que generalmente aparece a partir de los 40.

La etiología molecular de la DM Tipo 2 se refiere:

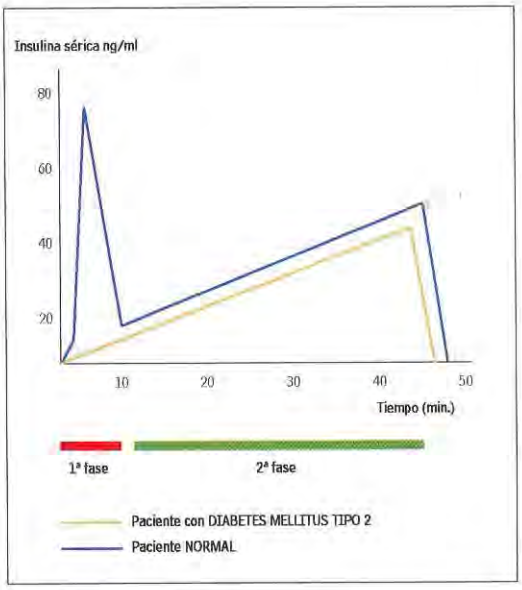
1. Alteración de la secreción de insulina.
2. Resistencia a la insulina por parte del órgano diana.

La glucosa es el principal secretagogo de insulina y actúa por un complicado mecanismo que precisa la completa metabolización de la glucosa con producción de ATP en el interior de la célula ß. De hecho, es la concentración intracelular de ATP la que regula la secreción de la hormona.

Aunque la concentración de insulina es prácticamente normal en la mayoría de estos diabéticos, la secreción pancreática de la hormona parece estar alterada, especialmente en lo que se refiere a la respuesta a la hiperglucemia.

La ausencia de la primera fase de secreción de la insulina en diabéticos Tipo 2 sería la causa de hiperglucemia, mientras que la secreción de la segunda fase resulta insuficiente para llevar a cabo la regulación de la glucemia.

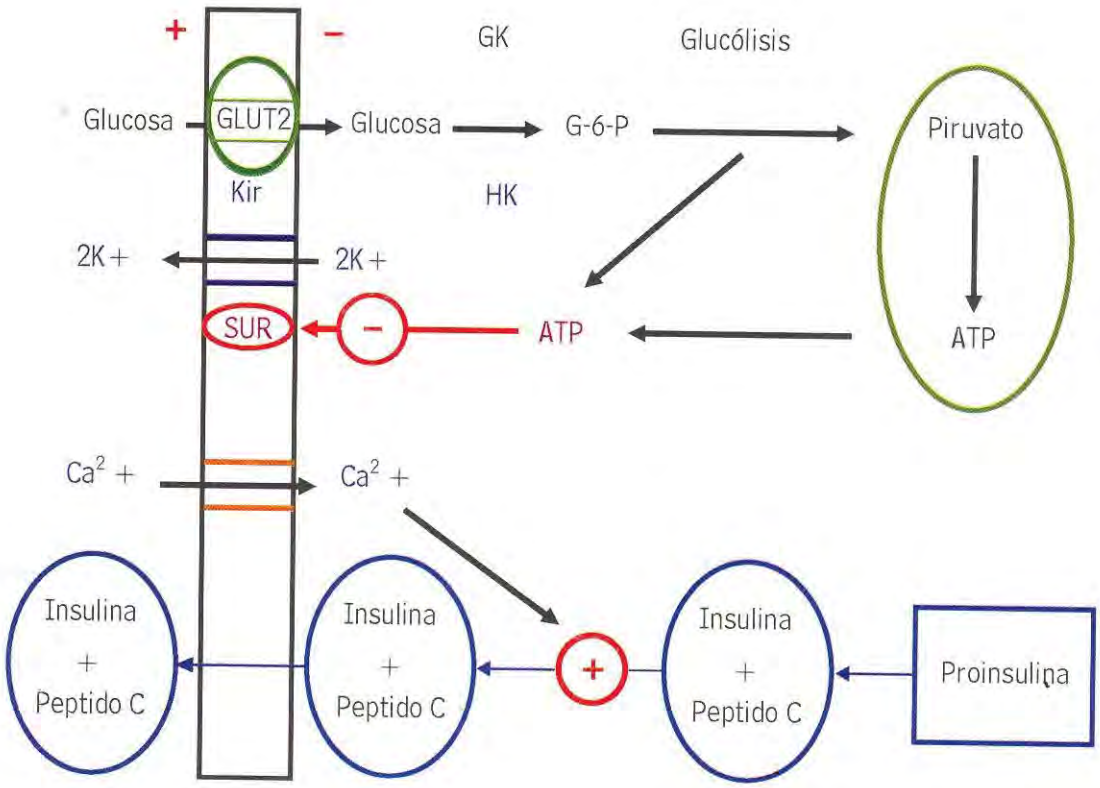
Figura 1



Sobrecarga homeostática de glucosa. La sobrecarga de glucosa se lleva a cabo de manera que la glucemia se mantenga constante.

Obsérvese que en el individuo sano se aprecian dos fases de secreción de insulina, mientras que en el paciente diabético de tipo 2 tan sólo se observa la segunda fase.

Figura 1



Mecanismo de la secreción de la insulina. GLUT2: transportador de glucosa; GK: glucoquinasa; HK: hexoquinasa; G-6-P: glucosa-6-fosfato; Kir: canal rectificador de potasio; SUR: receptor de sulfonilureas.

Existe una mutación del gen de la GLUCOQUINASA en los pacientes diabéticos del tipo MODY (*mature onset diabetes of the young*), diabetes del adulto de inicio en la juventud, una diabetes de Tipo 2 que se presenta prematuramente en el joven. En efecto, la glucoquinasa metaboliza la glucosa en proporción directa a su concentración en sangre. Por consiguiente, un déficit de ella altera los mecanismos de secreción de la insulina, sobre todo en respuesta a estímulos hiperglucémicos. La hiperglucemia causa paulatinamente la resistencia periférica a la insulina, que desemboca, irremediablemente, en la manifestación de la diabetes.

La insulina está presente en la sangre, incluso en concentraciones ligeramente superiores a las normales. Sin embargo, la hormona no muestra los efectos deseados. La resistencia a la insulina por parte del órgano diana presenta múltiples causas, observando menor sensibilidad de las células frente a la hiperglicemia.

Este comportamiento epidémico probablemente se debe a varios factores entre los cuales se destaca raza, cambio de hábitos de vida y envejecimiento de la población.

Es una enfermedad crónica que compromete todos los aspectos de la vida diaria de la persona que la padece, por consiguiente, el proceso educativo es parte fundamental para el tratamiento, involucrando activamente al paciente en su tratamiento farmacológico y no farmacológico.

El tratamiento no farmacológico y, en particular, la reducción de peso en el paciente, sigue siendo fundamental en el tratamiento integral del paciente capaz de controlar simultáneamente la mayoría de los problemas metabólicos de la persona con diabetes mellitus Tipo 2, incluyendo hiperglicemia, resistencia a la insulina, hipertrigliceridemia e hipertensión arterial.
El tratamiento no farmacológico comprende tres aspectos básicos: plan de alimentación, ejercicios físicos y hábitos saludables que mejoran el estilo de vida.
El yacón (Smallantus Sonchifolius) integra el plan de alimentación en pacientes diabéticos.

Desde hace algunos años se viene prestando mayor interés al estudio del yacón, un tubérculo originario de zonas altoandinas, como posible normoglicemiante en el tratamiento de la diabetes.

El yacón proviene del vocablo quechua *llaqum* o *yacu*, que significa aguachento o insípido. Ha sido considerado desde tiempos ancestrales por poseer una jugosa raíz tuberosa, una especie con importancia económica en Sudamérica, en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes desde Venezuela hasta el noroeste de Argentina (Zardini, 1991). El primero en escribir sobre el yacón fue el cronista Rvdo. Padre Bernabé Cobo en 1653. En París se exhibe bajo el nombre de Jiquimilla.

Taxonomía:

- Superreino: Eucaryotes
- Reino: Planta
- Subreino: Embryophita
- Phylum: Trachophyta
- Superclase: Angisparmae
- Clase: Dicotyledoneae
- Orden: Asterales
- Familia: Compositae
- Género: Polimnia
- Especie: Sonchifolia
- Nombre científico: Polimnia Sonchifolia

El yacón es considerado como un fruto y se le atribuye propiedades medicinales con numerosos representantes comunes como el girasol, la dalia o diente de león. Presenta hojas grandes y la mayor parte de biomasa de raíces está constituida por agua, que usualmente supera el 70% del fruto fresco.

Contiene una cantidad considerable de compuestos fenólicos, tanto como un 3.8% del peso neto, que determina que al calentarse el fruto se oscurezca por transformación en difenoles y luego en ácido clorogénico en el proceso de pardeamiento enzimático. Se ha determinado que tiene actividad antioxidante con el ensayo de 1,1 dienil2dicrilhidracil (DPPH), aislando y caracterizando los principios antioxidantes que son el ácido clorogénico y el L-triptofano (4).

El yacón tiene fructanos pero carece de almidones, lo cual lo hace potencialmente benéfico para las personas con diabetes. También es considerado un alimento desde que posee proteínas, grasas y carbohidratos, además consigue disminuir los niveles de azúcar en la sangre después del consumo repetido de la misma.
El yacón -a diferencia de los demás tubérculos, que almacenan almidón- acumula inulina, una forma de oligofructanos con alto poder edulcorante y bajo poder calórico.

Todos estos beneficios atribuidos al yacón no han sido demostrados en humanos por lo que realizamos el presente trabajo con la finalidad de valorar el efecto del yacón.

Objetivo general

Demostrar que el consumo del tubérculo y la hoja de yacón tiene efecto positivo en el control de la glucosa sérica en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2.

Objetivos específicos

1. Determinar los componentes químicos del tubérculo fresco y seco de yacón.

2. Determinar los componentes químicos de la hoja de yacón.

3. Determinar si el consumo de tubérculo de yacón fresco disminuye el nivel de glucosa sérica en pacientes diabéticos Tipo 2.

4. Determinar si el consumo de tubérculo yacón liofilizado disminuye el nivel de glucosa sérica en pacientes diabéticos Tipo 2.

5. Determinar si el consumo de infusión de bolsas filtrantes de hojas de yacón disminuye el nivel de glucosa sérica en pacientes diabéticos Tipo 2.

6. Determinar si el consumo de tubérculo de yacón fresco mejora la hemoglobina glicosilada fracción A1 en los pacientes diabéticos Tipo 2.

7. Determinar si el consumo del tubérculo de yacón liofilizado mejora la hemoglobina glicosilada fracción A1 en los pacientes diabéticos Tipo 2.

8. Determinar si el consumo de infusión de bolsas filtrantes de hojas de yacón mejora la hemoglobina glicosilada fracción A1 en los pacientes diabéticos Tipo 2.

Materiales y métodos

El diseño del estudio de investigación es de tipo prospectivo experimental simple ciego, controlado a nivel de campo en 30 sujetos de ambos sexos con diagnóstico de Diabetes Mellitus Tipo 2.

Criterios de inclusión

- Firmar el documento de consentimiento informado por el paciente que participará en el estudio.
- Varones y mujeres diabéticos Tipo 2 con edades entre los 26 y 90 años
- Pacientes diagnosticados de Diabetes Mellitus Tipo 2 hace dos años.
- Pacientes diabéticos Tipo 2 con tratamiento farmacológico con un control inadecuado demostrado por glucosa sérica en ayunas mayor o igual a 110 mg/dl o hemoglobina glicosilada mayor o igual a 6.5%.

Criterios de exclusión

- Pacientes menores de 26 años o mayores de 90 años.
- Pacientes insulino dependientes.
- Pacientes que tengan enfermedades infecciosas u otras alteraciones que sean el motivo del mal control de la diabetes.

Universo y muestra

Universo
Pacientes que han asistido al consultorio Médicos Asociados en el mes de agosto del 2002, consultorio ubicado en el Parque Abelardo Quiñónez 103, Urb. Villa Jardín San Luis.

Muestra
Formada por 30 pacientes diabéticos Tipo 2 con inadecuado control de dicha patología a pesar del tratamiento farmacológico.

Variables de estudio

Variables independientes: Tipo de condición experimental:
- Tubérculo fresco.
- Liofilizado del tubérculo, equivalente a 500g de tubérculo fresco. Una vez cosechado se lleva a cámaras al vacío donde se produce un ligero calentamiento, el agua contenida en el tubérculo es convertida en vapor y eliminada de las células, quedando una estructura porosa que se pulveriza resultando el liofilizado.
- Filtrantes de hojas de yacón (equivalente a 1g de hoja). Una vez cosechada la materia prima se lleva a lavado y secado, posteriormente se trituran las hojas para ser tostadas y pulverizadas. Este producto final se envasa en bolsas de papel de celulosa.

Variables dependientes:

- Cambios de la concentración sérica glucosa en ayunas.
- Hemoglobina Glicosilada (HbA1C).

Variables intervinientes:

- **Sexo:** Género al que pertenecen los individuos. En este estudio se incluyó a personas de ambos sexos, indistintamente.
- **Edad:** Condición que considera el tiempo de vida del individuo en años. Para efectos de nuestro estudio, consideramos personas entre los 26 - 90 años.
- **Tiempo de evolución de la Diabetes Mellitus.**

Técnica de recolección de datos

A los pacientes seleccionados se les realizó la historia clínica tomando en cuenta los siguientes datos: nombre, edad (en años), fecha de nacimiento, antecedentes fisiológicos, antecedentes patológicos, historia de la evolución de la diabetes mellitas, tipo de tratamiento farmacológico que utiliza, intervalo de control médico, registro de peso, talla, IMC, funciones vitales.

Se tomaron dosajes de glucosa sérica en ayunas y hemoglobina glicosilada al inicio del estudio de tal manera que este mismo grupo serviría como grupo control, ya que el valor de la hemoglobina glicosilada nos da un dato de tres meses de antigüedad.

Se realizó estudios bromatológicos y químicos del yacón utilizando en la investigación tubérculo y hojas para determinar el contenido protéico, de carbohidratos, grasa, agua y minerales.
Se dividieron a los pacientes en tres grupos:
- Primer grupo conformado por 10 pacientes, los que consumieron tres veces al día infusiones hechas con

bolsitas filtrantes de hojas de yacón (cada bolsita filtrante equivalente a 1g de hoja). La infusión se preparó en 250 cc de agua hervida con una bolsa filtrante, dejando reposar por 15 minutos.

- Segundo grupo conformado por 10 pacientes, los cuales consumieron diariamente 500 gramos de raíz fresca de yacón.
- Tercer grupo conformado por 10 pacientes, los cuales consumieron liofilizado de yacón equivalente a 500 gramos de fruto fresco.

Análisis bioquímicos

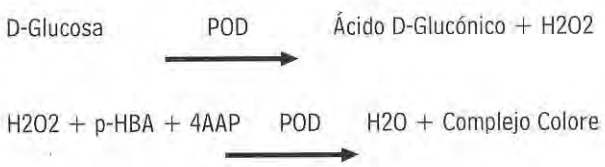
Muestra de sangre:

- Hora de la muestra: 08:00 a.m.
- Tiempo de ayuno: Entre 11 a 13 horas.
- Posición de la toma de muestra: Sentado con apoyo horizontal para el brazo.
- Materiales empleados: Agujas, tubos, algodón, alcohol, esparadrapo, etc.
- Conservación de la muestra hasta el examen: Las muestras fueron conservadas entre 30 minutos a 1 hora a temperatura ambiente (15 -23 °C).

Glucosa sérica

La glucosa reacciona con el reactivo enzimático que contiene una mezcla de las enzimas Glucosa Oxidasa (GOD) y Peroxidasa (POD).

En la primera etapa, la glucosa es oxidada a Ác. Glucónico por la acción de la enzima GOD, liberándose como producto H2O2, el cual en una reacción mediada por la enzima POD, reacciona con el Ác. P-Hidroxibenzoico y 4-Aminoantipirina, produciéndose un compuesto coloreado con un máximo de absorción a 505 nm., es cantidad proporcional a la cantidad de glucosa presente en la muestra.



Determinación cuantitativa colorimétrica de glicohemoglobina en sangre pura (Hemoglobina Glicosilada).

La glicohemoglobina (HbA1c) se forma progresiva e irreversiblemente en los eritrocitos durante sus 120 días de vida. La concentración de células rojas de HbA1 depende del promedio de la concentración de glucosa en la sangre en un período de semanas y es estable por la vida de la célula. Por tanto, la medición de HbA1, provee un método valioso para evaluar el control de diabéticos a largo plazo.

En este método se prepara y mezcla sangre pura hemolizada con una resina débil de intercambio de iones + atados. La hemoglobina no glicosilada se ata a la resina del sobrenadante. El porcentaje de HbA1 es determinado midiendo los valores de absorbancia a 415 nm de la fracción HbA1, y del total de la fracción de Hb, calculando el radio de absorbancia (R), comparando esta R al de un estándar de HbA1 usando el mismo procedimiento. Los resultados son expresados como HbA1 pero pueden ser convertidos o derivados como HbA1c usando un factor de conversión o cuando usen un valor HbA1c para el estándar.

Muestra de yacón

- **Preparación de la Muestra.** AOAC official method 922.02 plants (10). Para constituyentes minerales, nosotros removemos la materia prima de la muestra, especialmente la tierra adherida en forma delicada, evitando un excesivo lavado, se seca el material lo más rápido posible por medio de un horno de aire seco previniendo la descomposición o pérdida de peso del producto. Para los carbohidratos se remueve todo material extraño y rápidamente se corta el material en finas piezas. Se adhiere la muestra a un envase con un alcohol redestilado para precipitar el carbono sódico, luego se neutraliza, se calienta por 30 minutos moviendo frecuentemente hasta el momento del análisis.

- **Determinación de Humedad.** AOAC official method 930.04 Moisture Plants (10). Se entiende por sustancia seca de alimento a la suma de todos los componentes no volátiles del mismo, se incluye aquí fundamentalmente lípidos, proteínas y minerales, entre otros. La sustancia seca se determina generalmente por secada de la muestra y pesada del residuo. La diferencia entre sustancia seca y el 100% se denomina, no muy correctamente, contenido de agua. Fundamento: La muestra se seca directamente en una estufa a 103 ± 2°C de temperatura (si se utiliza estufa al vacío hasta 70 °C) hasta peso constante, calcular el residuo por diferencia de peso.

- **Determinación de Cenizas.** AOAC official method 930.05 Ash of Plants (10). El concepto de residuo de incineración o de cenizas se refiere al residuo que

queda tras la combustión (incineración) completa de los componentes orgánicos de un alimento, en condiciones determinadas una vez que se eliminan otras posibles impurezas y partículas de carbono procedentes de una combustión incompleta, este residuo se corresponde con el contenido de minerales del alimento. La determinación de las cenizas proporciona un índice que se utiliza junto con otros para caracterizar y evaluar la calidad del alimento en cuestión. Fundamento: se calcina/incinera la muestra, en caso necesario tras su desecación a 550 °C en la mufla y se calcula el residuo de incineración, por diferencia de peso.

- **Determinación de Grasa.** AOAC official method 930.09 Ether Extract of Plants (10). La muestra anhidra se extrae con éter de petróleo y después se determina gravimétricamente el extracto seco, del que se habrán eliminado los disolventes.

- **Determinación de Fibra.** AOAC official method 930.10 Fiber (crude) in Plants (10). El residuo proveniente de la extracción de grasas de una muestra, se somete a una doble hidrólisis ácida y alcalina. El filtrado se seca en estufa y se pesa. Se lleva a ignición en una mufla hasta destrucción de la materia orgánica y se vuelve a pesar. La diferencia entre ambas pesadas, da el contenido de fibra cruda que se expresa por 100g de muestra seca.

- **Determinación de Proteína.** AOAC official method 978.04 Nitrogen Total (crude Protein) in Plants (10). La sustancia a investigar se somete a un tratamiento oxidativo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora (las sales/óxidos metálicos sirven para el transporte de oxígeno con formación intermedia de oxígeno naciente; el sulfato potásico sirve para elevar el punto de ebullición). Del sulfato amónico formado se libera el amoníaco por tratamiento alcalino y éste se transporta con ayuda de una destilación en corriente de vapor a un recipiente con ácido sulfúrico y se realiza su titulación con una disolución valorada de hidróxido de sodio. El contenido en proteína de la muestra se calcula teniendo en cuenta el contenido medio en nitrógeno de la proteína en cuestión.

- **Determinación de azúcares totales.** Según TALIBN 004. Se basa en la hidrólisis en caliente del enlace acetal de la sacarosa presente en la muestra la cual se desdobla en fructosa y glucosa que conjuntamente con otros azúcares reductores presentes serán determinados por la oxidación del grupo carbonilo de los azúcares y la reducción de los iones Cu^{+2} de una solución alcalina de concentración conocida de cobre en caliente, siendo el punto final la formación de un precipitado rojo ladrillo de Cu2O en presencia de azul de metileno.

- **Determinación de azúcares reductores.** Según TALIBN 003. Se basa en la oxidación del grupo carbonilo de los azúcares y la reducción de los iones Cu^{+2} de una solución alcalina de concentración conocida de cobre en caliente, siendo el punto final la formación de un precipitado rojo ladrillo de Cu2O en presencia de azul de metileno.

Resultados

El presente estudio incluyó un total de 30 pacientes entre los 26 a 90 años de edad, con un promedio de edad de 58.66, siendo la proporción hombre mujer 1:1

Los pacientes tenían diagnóstico de Diabetes Mellitus Tipo 2, con dos o más años de anterioridad al inicio de la investigación.

Con respecto al estudio químico del yacón

Por medio del método AOAC determinamos los componentes químicos del yacón tanto de la hoja como del tubérculo. Se obtuvieron en la base seca de 100 g del tubérculo de yacón: 11,6 g de humedad; 4,5 g de proteína; 0,05 g de grasa; 3,4 g de cenizas; 80,45 g de carbohidratos y 3,2 g de fibra.

En la base húmeda se obtuvo como resultado que en 100 g de tubérculo fresco, existen 88,4 de humedad, 0,52 g de proteína, 0,006 g de grasa, 0,4 g de cenizas, 10,7 g de carbohidratos y 0,37 g de fibra. (CUADRO 1).

Cuadro 1

Análisis de componentes químicos del tubérculo seco y fresco del yacón.

Determinación	Resultado (g/100g)	
	Base Seca	Base Húmeda
Humedad	11,6	88,4
Proteína	4,5	0,52
Grasa	0,05	0,006
Cenizas	3,4	0,4
Carbohidratos	80,45	10,7
Fibra	3,2	0,37

Fuentes de elaboración Propia

En los análisis de los componentes químicos de la hoja de yacón, obtuvimos en 100 g de base seca, 17,7 g de humedad, 12,4 g de proteína, 16,5 g de grasa, 5 g de cenizas, 48,4 g de carbohidratos y 26,7 g de fibra. En la base húmeda obtuvimos 82,3 g de humedad, 2,2 g de proteína, 2,9 g de grasa, 0,88 g de cenizas, 14,6 g de carbohidratos y 5,1 g de fibra.

Cuadro 2
Análisis de los componentes químicos de la hoja seca y fresca de yacón.

Determinación	Resultado (g/100g)	
	Base Seca	Base Húmeda
Humedad	17,7	82,3
Proteína	12,4	2,2
Grasa	16,5	2,9
Cenizas	5	0,88
Carbohidratos	48,4	14,6
Fibra	26,7	5,1

Fuentes de elaboración Propia

En el análisis de azúcares totales y reductores en el tubérculo de yacón, obtuvimos que en 100 g de muestra dejada al ambiente existen 4,76 g de azúcares reductores y 14,21 de azúcares totales. En el tubérculo fresco se obtuvo 5,15 g de azúcares reductores.

Cuadro 3
Análisis del contenido de azúcares reductores y totales en el tubérculo de yacón.

Determinación	Resultado (g/100g)	
	Fruto dejado al ambiente	Fruto base húmeda
Azúcares reductores	4,76	5,15
Azúcares totales	14,21	.....

Fuentes de elaboración Propia

En el análisis de contenido de metales en el tubérculo se determinó que existe 3,76 mg/L de Hierro; 1,14 mg/L de Cobre y 59,68 mg/L de Magnesio. Y en la hoja de yacón se determinó que existía 199,17 mg/L de Hierro; 1,26 mg/L de Cobre y 774,11 mg/L de Magnesio.

Cuadro 4
Análisis del contenido de metales en el tubérculo y hojas de yacón.

Determinación	Resultado (mg/L)	
	Fruto	Hojas
Hierro	3,76	199,17
Cobre	1,14	1,26
Magnesio	59,68	774,11

Fuentes de elaboración Preopia

Con respecto al grupo de estudio

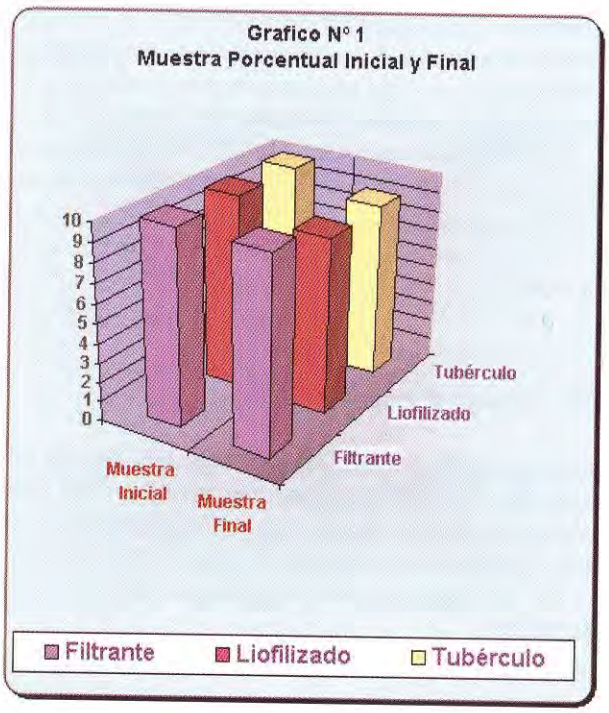
Finalizaron el estudio 28 pacientes (93.3%) de un total de 30 (100%), abandonaron el estudio dos pacientes, de los cuales uno (3.3%) pertenecía al grupo que recibía tubérculo fresco de yacón y uno (3.3%) al grupo que recibía liofilizado del tubérculo de yacón.

Cuadro 5
Análisis de los componentes químicos de la hoja seca y fresca de yacón.

Grupos	Muestra Inicial	M.I.(%)	Muestra Final	M.F.(%)
Filtrante	10	33,33	10	35,71
Liofilizado	10	33,33	9	32,14
Tubérculo	10	33,33	9	32,14
Total	30	100,00	28	100,00

Fuentes de elaboración Propia

La mayor cantidad de pacientes pertenecían al grupo que recibió filtrantes de hoja de yacón, 10 pacientes (35.71%). En segundo lugar, el grupo que recibió tubérculo fresco con nueve pacientes (32,14%), al igual que el grupo que recibió liofilizado del tubérculo con nueve pacientes (32.14%).



Los promedios de hemoglobina glicosilada al inicio del estudio en el grupo que recibió filtrante de hoja fue de 10% con una desviación estándar de 2, siendo el promedio final de 8.2% con una desviación estándar de 1.77; el promedio inicial de Hb A1C en el grupo que recibió tubérculo, fue de 9.5% con una desviación estándar de 2,51 y el promedio final fue de 7.6% con una desviación estándar de 1,13. El promedio inicial de HbA1C del grupo que recibió liofilizado del tubérculo fue de 10.3% con una desviación estándar de 2,34 y el promedio final fue de 8,9% con una desviación estándar de 2,05.

Cuadro 6

Promedio de Hemoglobina Glicosilada Basal - Final por Grupos de Estudio.

Grupos	Promedio Inicial	Desviación Estándar	Promedio Final	Desviación Estándar
Filtrante	10	2	8,2	1,77
Tubérculo	9,5	2,51	7,6	1,13
Liofilizado	10,3	2,34	8,9	2,05

Fuentes de elaboración Propia

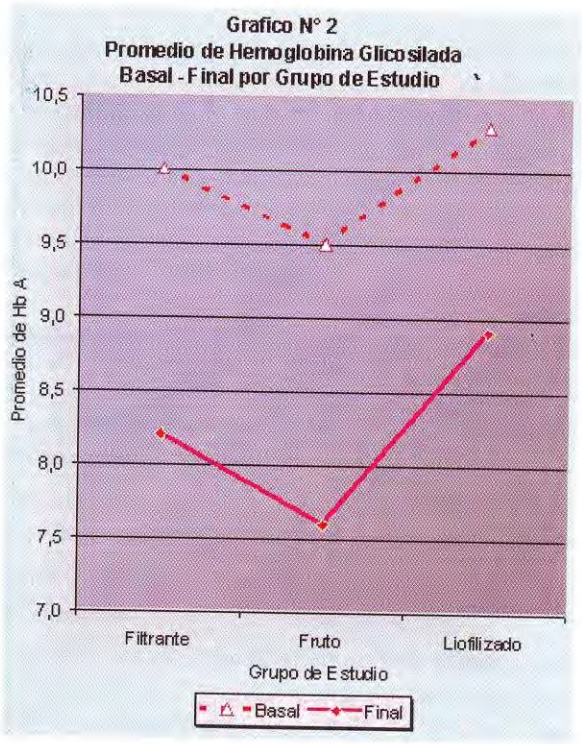
Se observa que el grupo que presentó mayor descenso de la Hemoglobina Glicosilada (HbA1C) fue el que recibió tubérculo fresco con un promedio de diferencia de 1,98, seguido por el grupo filtrante de hoja de yacón con promedio de diferencia de 1,84 y con un promedio de diferencia de 1,14 el grupo de liofilizado del tubérculo. Sin embargo, las diferencias de los promedios entre los grupos no es significativa.

Cuadro 7

Distribución de Frecuencia por Grupos de Estudio y Diferencias de Promedios de Hemoglobina Glicosilada entre Grupos de Estudio.

Grupos	N	Promedio de la diferencia	Desviación estándar	P	Nivel de Significancia
Filtrante	10(35,71%)	1,84	1,71	0,088	No
Tubérculo	9(32,14%)	1,98	1,86	0,115	No
Liofilizado	9(32,14%)	1,14	2,42	0,086	No
Total	28(100%)	0,95	2,71		

Fuentes de elaboración Propia



Con respecto a la glucosa sérica en el tiempo

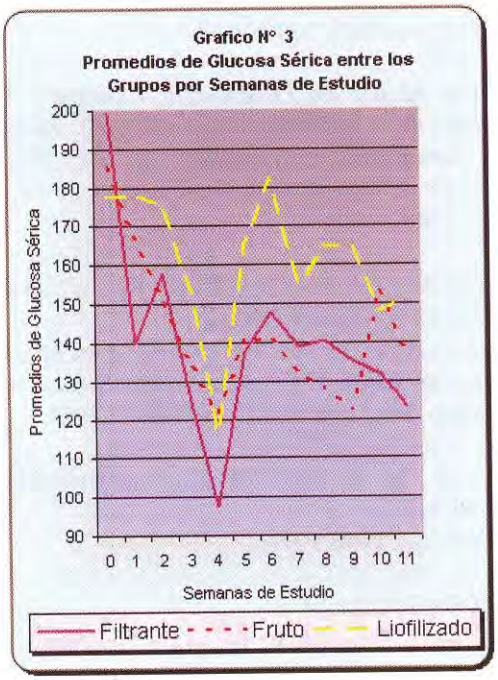
Se obtuvo como resultado que el promedio de glucosa sérica entre los grupos por semana de estudio tuvo mayor disminución en la cuarta semana en los tres

grupos; siendo el de mayor disminución el grupo que recibió liofilizado del tubérculo de yacón(Cuadro 8 y gráfico 3). Sin embargo, el análisis de varianza de medidas repetidas de la glucosa no tiene una diferencia significativa entre los grupos de estudio (Cuadro 9 y gráfico 4).

Cuadro 8
Análisis de variancia para el efecto de los grupos a la variable dependiente Hemoglobina Glicosilada.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadro Medio	F cal	P	Nivel de Significancia
Entre grupos	1,37	2	0,687	0,18	0,836	No
Dentro grupos	95,44	25	3,818			
Total	96,821	27				

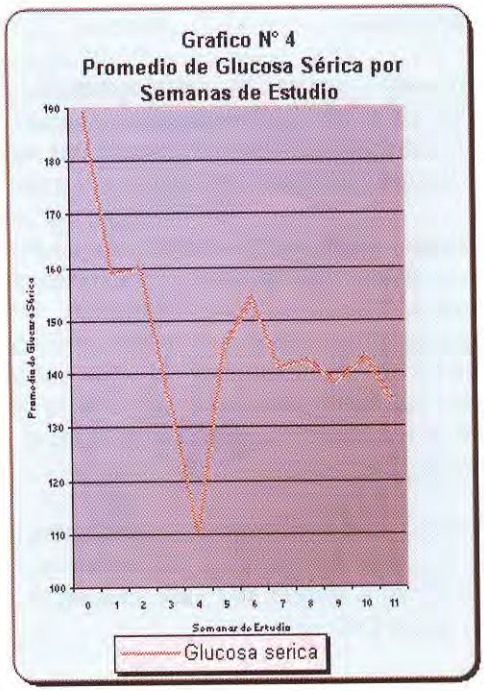
Fuentes de elaboración Propia



Cuadro 9
Análisis de Varianza de Medidas de Glucosa Sérica entre Semanas.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadro Medio	F	P	Nivel de Significancia
Semana	95357,15	11	8668,83	10,72	0	P<0,05
Semana*grupo	24817,513	22	1128,06	1,39	0,115	No
Error de Semana	213367,018	264	808,208			

Fuentes de elaboración Propia



Discusión

Ya se habían realizado estudios experimentales que sugieren que compuestos químicos del yacón tienen la propiedad de reducir los niveles de glucosa en sangre de ratas a las que se desarrolló diabetes en forma artificial por medio de estreptozosina; sin embargo, esto no había sido comprobado en seres humanos.

Si bien es cierto que el estudio debería haber sido un estudio a doble ciego, esto no fue posible debido a que las características de lo que se iba administrar a cada paciente eran muy notorias (tubérculo, hojas y filtrante).

En el presente trabajo de investigación no contamos con un grupo control, debido a que tomamos la medida de hemoglobina glicosilada A1 basal y final, sirviéndonos ésta como control.

Durante el presente estudio se observó que la ingesta del tubérculo fresco de yacón, tuvo como efecto adverso la presencia de glositis, lo que motivo el retiro del estudio de uno de los pacientes del respectivo grupo. Así también se presentó problemas gastrointestinales con la administración del liofilizado del tubérculo de yacón, tales como diarrea, epigastrálgia y flatulencia, lo que también ocasionó el retiro de un paciente de dicho grupo.

Conclusiones

De la presente investigación podemos concluir que el yacón, en sus diferentes formas de presentación (fruto fresco, liofilizado y en filtrante), produce una disminución de la glucosa sérica sin llegar a los valores normales.

También se evidenció una disminución significativa de la hemoglobina glicosilada A1C final con respecto a la basal en todos los grupos de estudio, siendo la disminución más marcada en el grupo que consumía la presentación de filtrantes de hoja de yacón. Sin embargo, esta disminución no es significativa desde el punto de vista estadístico pero si lo es desde el punto de vista clínico.

Se observó que los cambios en la concentración de glucosa sérica no evidenciaron diferencias significativas entre grupos etáreos ni en medidas repetidas de glucosa sérica entre semanas.

Los efectos adversos del consumo del yacón en sus presentaciones de tubérculo fresco y liofilizado del tubérculo (glositis y trastornos gastrointestinales respectivamente), se presentaron en forma leve y reversible en cinco pacientes y en forma más severa en dos pacientes que motivaron su retiro del estudio.

La infusión hecha de los filtrantes de hoja de yacón, no presentó ningún efecto adverso siendo bien tolerada por los pacientes.

No se pudo identificar el principio activo del yacón que explica la disminución de la glucosa sérica, por no contar con equipos de laboratorio necesarios para dicho estudio.

Se observó que a pesar que los pacientes no realizaron dietas bajas en carbohidratos ni ningún tipo de ejercicio físico durante el estudio, no fue obstáculo para disminuir sus glicemias séricas consumiendo el yacón.

En este estudio se utilizó yacón que se cultiva a nivel del mar en el Distrito de Pachacamac al sur de Lima, obteniéndose resultados de los análisis químicos, similares al yacón cultivado en valles interandinos ubicados a más de 1500 msnm.

Recomendaciones

El presente estudio tuvo ciertas limitaciones como el no contar con un equipo adecuado de laboratorio para identificar el principio activo del tubérculo y de la hoja de yacón, por lo que recomendamos se realicen estudios con la finalidad de identificar dicho principio activo.

La recomendación más importante que podemos dar es la siguiente: realizar despistajes de diabetes en todas aquellas personas asintomáticas que tengan sobrepeso o antecedentes familiares de diabetes mellitus Tipo 2, con la finalidad de hacer un diagnóstico precoz para poder brindar orientación higiénico dietética, que es el pilar fundamental del tratamiento de la diabetes mellitus Tipo 2.

Cliff Alfaro
Facultad de Medicina Humana
Universidad de San Martín de Porres

Referencias bibliográficas

1. Guías ALAD de Diagnóstico, Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2. Revista de la Asociación Latinoamericana de Diabetes, Edición Extraordinaria Suplemento N° 1, 116-141, 2000.

2. KEIICH, G.; KATSUHIKE, F.; JUNKO, H.; EUMIO, M; JUKIHIKO, M.
Aislamiento y análisis estructural de los oligosácaridos del yacón (Polymmia Snachi-frolia). Biosci. Biotech, biochem 59 (12) 2346-2347,1995.

3. AVIAR, M. J.; SÁNCHEZ, A. N.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. S.
Diabéticas. Nov. 1999.

4. ROBERFROID, M. B.
An Jclin 2000; 71 (suppl) 16825-75, 2000.

5. JACKSON, T.; TAYLOR, G.; CLOHESSY, A. M. et al.
The Effects of Daily Intake of Inulin on Fasting, Insulin and Glucose Concentration in Middle-age Men and Women. Br. J Nutr 89; 23-30, 1999.

6. XIAOJUN, Y.; MASALINO S. y col.
Extracción e identificación de antioxidantes en las raíces de yacón (smallnatus sanchifotus). J. Nangie Food Chen, 1999.

7. FIORDALISO, M.; KOK, M.; DESAGER, J. P. et al.
Dietary Oligofructose Lowers Triglicerides,

Phospholipids and Cholesterol in Serum and Very Low density lipoproteins of rats. Lipids 30; 163 - 67, 1999.

8. GONZÁLEZ DE BUITRAGO, J. M.; MEDINA JIMÉNEZ, J. M.
Patología Molecular. Editorial Mac Graw Hill. Interamericana. España 2001.

9. BALCELLS, G. A.
La clínica y el laboratorio. Ed. Masson. Decimo Novena. Ed, 2002.

10. Oficial methods of Análisis, 16th. Ed, 5ta Revision, AOAC Internacional, 1999.

11. HARRISON.
Principios de Medicina Interna. Ed. Mc Graw-Hill. Interamericana. 14ª edición, 1998.

12. HICKS GÓMEZ, J. J.
Bioquímica. Ed. Mc Graw-Hill. Interamericana, 2000.