



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
CÁTEDRA COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN
“DR. JOSÉ RAFAEL LUNA”



**EFFECTOS DEL CASABE AMAZONENSE *Manihot esculenta* SOBRE
EL PESO CORPORAL Y LA GLICEMIA EN RATAS**

BIOU: WISTAR

Trabajo presentado como requisito para optar al grado de Licenciada en
Bioanálisis

www.bdigitalula.ve

Tesista:

Brenda Elena Aray Braca

C.I: V- 20.721.255

Tutor:

Prof. Belkis Quiñonez

Cotutor:

Prof. Katusca Villasana

Mérida, noviembre de 2022

DEDICATORIA

A mi padre celestial, Dios Todopoderoso, por regalarme vida, salud, fuerzas, sabidurías y perseverancia para superar cada obstáculo que se presentó en el transcurso del tiempo y hoy día poder materializar esta exitosa meta. Te amo papá Dios.

A mi ángel protector, mi padre; aunque ya no estas con nosotros, sé que siempre guías mi camino. Tu recuerdo fue mi impulso para seguir adelante y afrontar cualquier dificultad. Sé que desde el cielo me acompañas y cuidas en todo momento. Te amo papá.

A mis padres, María Elena Braca, María Alicia de Yacame y Pompilio Yacame por ser siempre ese apoyo incondicional en este largo camino, gracias a ustedes, culmino esta meta que con mucho sacrificios y esfuerzos me ayudaron a lograr. Los Amo.

A mi hermano Victor Yacame, por estar siempre a mi lado, porque siempre estamos juntos a pesar de las adversidades.

A Reydwyn Acosta, Gracias por el apoyo y la ayuda que me has dado en toda mi carrera, en las altas y bajas estuviste conmigo. Por llenarme de fuerzas en esos momentos que desistí y me mostraste lo fuerte que soy.

¡Este triunfo se los debo a Ustedes!

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios Todopoderoso, Gracias por todas las bendiciones por otorgarme la virtud de inteligencia, entendimiento y fortalezas para cumplir todas mis metas.

A mis padres, por ser personas trabajadoras, luchadoras, humildes, gracias por brindarme la oportunidad de tener una educación de calidad, por llenarme de amor, principios y valores que hoy día me hacen ser la persona que soy, ustedes siempre han sido mi ejemplo a seguir.

A toda mi familia “ hermanos, abuelos, tíos, primos y amigos” por su apoyo y ánimo para cumplir esta etapa de mi vida. En especial a mi tía Menca Yacame por todos sus consejos, también eres mi ejemplo a seguir.

A mi tutora la profesora Belkis Quiñonez, por creer y confiar en mí, por aceptarme como su tesista y atreverse a un nuevo reto de guiarme en este logro, por sus conocimientos y aprendizajes y toda su vocación en este proyecto, la admiro de corazón muchas gracias.

A la profesora Katusca Villasana, por sus enseñanzas, dedicación, tiempo y apoyo en el logro de esta meta. Gracias.

A la profesora Wanda León, por confiar en mí, por sus conocimientos, dedicación, tiempo y apoyo para triunfar en este proyecto, gracias.

A Ti Reydwinn, por ser el compañero de vida que me motiva a seguir cumpliendo mis sueños. Gracias por apoyarme en esta meta.

A mis compañeros de estudio, con quienes compartí grandes momentos a lo largo de esta etapa, les deseo el mejor de los éxitos en sus vidas.

A la ilustre Universidad de Los Andes, por permitirme la adquisición de nuevos saberes en mi formación profesional.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para que este Trabajo Especial de Grado llegara a finalizarse. Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
Planteamiento del problema	3
Justificación e importancia de la investigación	5
Objetivos de la investigación.....	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	6
Alcances y limitaciones de la investigación	6
CAPÍTULO II.....	7
Trabajos previos.....	7
Antecedentes históricos.....	13
Bases teóricas	14
Peso corporal	14
Glicemia	15
Niveles de referencia.....	15
Niveles bajos	15
Niveles altos	15
Yuca Manihot esculenta	15
Origen de la yuca Manihot esculenta	16
Tipos de raíces	17
Propiedades de la yuca y sus derivados como el casabe	18
Depurativo	18
Desintoxicante	18
Antiinflamatorio	18

Antialérgico	18
Bactericida.....	18
Características y procedimiento de preparación del casabe.....	19
Composición nutricional del casabe amazense	20
Beneficios de los nutrientes que aporta el casabe	21
Hidratos de carbono	21
Las vitaminas	21
Los minerales.....	21
Fibra dietética	21
Ratas de laboratorio	21
Ratas wistar	23
Características de las ratas Wistar	23
Técnica de extracción sanguínea	24
Vía retro-orbital	24
Punción cardiaca	24
Colección de sangre de la vena de la cola del ratón o rata	24
Definición de términos.....	26
Análisis de sangre	26
Hemograma	26
Bioquímica.....	26
Diabetes	26
Hiperglucemia	26
Linamarina	26
Mañoco.....	27
Catara	27
Yucuta	27

Animal no consanguíneo	27
Animal consanguíneo.....	27
Bioterio.....	28
CAPÍTULO III.....	29
Enfoque de la investigación.....	29
Tipo de investigación.....	29
Diseño de la investigación	30
Población y muestra	30
Unidad de investigación.....	30
Selección del tamaño de la muestra.....	31
Técnica e instrumento de recolección de datos	31
Procedimiento de la investigación.....	33
1. Período de adaptación	33
2. Distribución de los animales.....	33
3. Preparación de la yucuta de casabe amazonense Manihot esculenta	34
4. Administración de los tratamientos	34
5. Determinación del peso corporal de los animales	35
6. Materiales para la toma de la muestra de sangre	36
7. Exámenes de bioquímica sanguínea.....	39
Aspectos Bioéticos.....	40
Diseño de análisis	41
CAPÍTULO IV	42
Resultados	42
1. Peso corporal	42
2. Glicemia	45

2.1 Grupo control.....	45
2.2 Grupo tratamiento	45
Discusión	47
CAPÍTULO V	53
Conclusiones	53
Recomendaciones.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. <i>Volúmenes de extracción referidos a Vt (volumen total)</i>	25
Tabla 2. <i>Ficha de recolección del peso corporal diario de las ratas BIOU: Wistar.</i>	32
Tabla 3. <i>Ficha de recolección de la determinación de glicemia del día cero, día 10 y día 21 de ratas BIOU: Wistar.</i>	32
Tabla 4. <i>Comparación entre las mediciones del peso (g) en cada grupo de estudio.</i>	44
Tabla 5. <i>Comparación entre las mediciones del peso (g) de los grupos control y tratamiento.</i>	44
Tabla 6. <i>Comparación entre las mediciones de la glicemia (mg/dl) en cada grupo de investigación. Prueba t de muestras relacionadas.</i>	46
Tabla 7. <i>Comparación entre las mediciones de la glicemia (mg/dl) en cada momento según grupo de investigación. Prueba t de muestras independientes.</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Siembra de yuca.....	16
Figura 2. Tubérculo de yuca amarga.....	16
Figura 3. Torta de casabe.	19
Figura 4. Rallador indígena de yuca.....	19
Figura 5. El sebucán	20
Figura 6. Cernidor de la masa de yuca	20
Figura 7. Budare de barro.....	20
Figura 8. Secado del casabe	20
Figura 9. Rata BIOU: Wistar	22
Figura 10. Rata Wistar.....	23
Figura 11. Rata BIOU: Wistar.	30
Figura 12. Distribución por grupo de las ratas BIOU: Wistar.	34
Figura 13. Administración del tratamiento yucuta de casabe.....	35
Figura 14. Balanza de peso para animales pequeños.	36
Figura 15. Anestésico empleado	38
Figura 16. Inducción de la anestesia en campana de vidrio	38
Figura 17. Toma de muestra sanguínea	38
Figura 18. Procedimiento para la determinación de la glicemia	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. Peso corporal promedio (gramos) de los grupos control y tratamiento. (*) $p < 0,05$ 43

Gráfico 2. Glicemia (mg/dl) de los grupos control y tratamiento. (*) $p < 0,05$ 47

www.bdigital.ula.ve



FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
LICENCIATURA EN BIOANÁLISIS
LINEA DE INVESTIGACIÓN: Efectos del casabe



**EFFECTOS DEL CASABE AMAZONENSE *Manihot esculenta* SOBRE
EL PESO CORPORAL Y LA GLICEMIA EN RATAS BIOU: WISTAR**
Trabajo de Grado

Tesista: Brenda Elena Aray Braca
C.I: V- 20.721.255
Tutor: Prof. Belkis Quiñonez
Cotutor: Prof. Katusca Villasana

RESUMEN

El casabe es un alimento tradicional en varios países, su ingrediente básico es la yuca o *Manihot esculenta*. Considerando que al consumo de casabe se le atribuyen beneficios para la salud, sus efectos nutricionales podrían estar relacionados con el peso corporal y los niveles de glicemia. El objetivo de este trabajo fue: Analizar los efectos del casabe amazonense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar. Se realizó una investigación de tipo analítico, con diseño de campo y de laboratorio. Se utilizaron 20 ratas BIOU: Wistar producidas por el Bioterio de la Universidad de Los Andes, con peso corporal inicial comprendido entre 280 y 295g, asignadas aleatoriamente al grupo control (n=10) alimentados durante 21 días con dieta tradicional para animales de laboratorio y un grupo tratamiento (n=10) que recibió durante el mismo periodo la dieta tradicional más yucuta de casabe amazonense *Manihot esculenta*, por vía intragástrica. Se determinó diariamente el peso corporal y la glicemia los días 0, 10 y 21, por el método enzimático de glucosa. Tanto en los animales del grupo control como en los tratados con el casabe, hubo aumento de peso corporal durante los 21 días del experimento, sin diferencia significativa entre los grupos ($p>0,05$). Los valores de glicemia fueron superiores en el grupo tratamiento los días 10 y 21, con diferencia significativa ($p<0,05$) para el día 21. Se concluye que el casabe produjo un efecto hiperglicémico, sin afectar el peso corporal de las ratas BIOU: Wistar.

Palabras clave: casabe, *Manihot esculenta*, ratas BIO: Wistar, peso corporal, glicemia.

INTRODUCCIÓN

En casi todos los países del mundo se consume el casabe *Manihot esculenta* en sus diferentes formas de presentación. En la gastronomía venezolana es uno de esos elementos que la conforman, ya que es un rico alimento tradicional y popular en nuestro país, su ingrediente básico es la yuca, tubérculo abundantemente cultivado. El casabe es realmente un alimento muy antiguo ya que fueron los indígenas Arawakos quienes empezaron a confeccionarlo desde la forma artesanal. El casabe *Manihot esculenta* inicialmente empezó a hacerse desde la cáscara de la yuca y poco a poco vino perfeccionándose, hoy en día es una de las bases alimenticias de muchas personas en el mundo aportando grandes beneficios para la salud, por esta razón se menciona que, este alimento ha sido objeto de estudio en distintos países utilizando algunos animales de laboratorio.

Es por ello que el uso de modelos de animales experimentales para imitar condiciones fisiológicas y patológicas humanas ha facilitado el conocimiento de los diferentes procesos involucrados, incluyendo alteraciones de los niveles de glucosa en sangre. La rata es el animal más utilizado para la investigación biológica debido a su tamaño, fácil mantenimiento, alta tasa de fecundidad, similitud en la anatomía y fisiología con el humano, y el amplio conocimiento de su genoma.

Estudios previos realizados en otros países han investigado el efecto de la administración del casabe en algunos parámetros en ratas, incluyendo el perfil hematológico y bioquímico. Con relación al casabe nacional, se ha caracterizado la composición de las variedades producidas en el país y las consecuencias de su consumo sobre la absorción y retención de minerales y proteínas; también sobre la concentración de lípidos séricos y determinación del contenido de fibra dietaria y pectina. Sin embargo, en la literatura consultada se encontró poca información acerca del efecto de este alimento sobre el peso corporal y parámetros bioquímicos.

En este sentido, el objetivo de este estudio fue analizar los efectos del casabe amazense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar en el Laboratorio del Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Los Andes.

Para tal fin los ensayos fueron realizados en animales de la línea de ratas BIOU: Wistar, producidos y suministrados por el Bioterio de la Universidad de Los Andes. Esta es una línea no consanguínea ampliamente utilizada en diversas actividades de docencia e investigación, incluyendo la determinación de los parámetros que se estudian en una rutina de bioquímica en sangre.

El presente trabajo se encuentra estructurado por cinco capítulos. El primero intitulado “El problema”, constituido por el planteamiento del problema, la justificación e importancia de la investigación, el objetivo general y los objetivos específicos, los alcances y las limitaciones de la investigación. Seguidamente, el segundo capítulo aborda el “Marco teórico”, constituido por los trabajos previos, los antecedentes históricos, las bases teóricas, las definiciones de términos y la definición operacional de las variables. El tercer capítulo, titulado “Marco metodológico”, está constituido por el enfoque, tipo y diseño de la investigación, la población y muestra, el sistema de variables, el instrumento de recolección de datos, la metodología de la investigación y el diseño de análisis. El cuarto capítulo, conformado por los resultados, su análisis y discusión, donde se exponen los resultados producto de la aplicación de las técnicas estadísticas a los datos recolectados con los instrumentos pertinentes. Finalmente, el quinto capítulo, que corresponde a las Conclusiones y Recomendaciones, fundamentadas por los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

El casabe *Manihot esculenta* es un pan ácido, crujiente, delgado y circular hecho de harina de yuca, este se asa en un budare, comal o a la plancha. La tradición de elaborar casabe se remonta a la época precolombina, en las zonas del Caribe, Argentina y Brasil. A pesar de ser un pan que sirve como acompañamiento a las comidas, es una buena manera de obtener energía y depurar el organismo. Actualmente es consumido en distintas zonas de Venezuela y existen varios tipos; hacia el sur del país se elabora una variedad de mayor espesor y en la región de los Llanos una variedad más fina llamada casabe "galleta" por su fragilidad al tacto (García, 2011).

Considerando que al consumo de casabe se le atribuyen una variedad de beneficios para la salud, se hace necesario investigar cuáles son los efectos que produce en el organismo, particularmente sobre el peso corporal y los niveles de glicemia.

La glucosa por lo general aparece en la sangre como resultado de la degradación de polisacáridos complejos, y que constituye una fuente fundamental de energía para el ser humano. El análisis de laboratorio determina la cantidad de azúcar presente en la sangre o glicemia y sirve para diagnosticar, por ejemplo, si una persona padece diabetes, o intolerancia a la glucosa (Tuñón, 2016).

Las ratas se han utilizado en muchos estudios experimentales, que han permitido la comprensión de la genética, la fisiopatología de las enfermedades, los efectos de los fármacos y otros temas relacionados con salud y medicina. Estos animales han demostrado ser valiosos en

investigaciones, ya que son más tranquilos y menos propensos a morder que otras especies animales, pueden tolerar mejor el hacinamiento, producen más descendencia, y sus cerebros, hígados, riñones, glándulas suprarrenales y corazones son de tamaño adecuado para la experimentación. Adicionalmente su anatomía y fisiología es similar a la del humano lo que permite la extrapolación de los resultados de diferentes estudios (Krinke, 2000).

Tres aproximaciones teóricas sustentan el problema de estudio, la primera, relacionada con los resultados publicados por Morón, Ávila y Torrealba (2018), sobre los efectos del consumo de diferentes variedades de casabe venezolano con respecto a la concentración de lípidos séricos en un modelo experimental con ratas. Este trabajo se consideró importante debido a que incluye eventos de estudio similares a la investigación que se realizó. La segunda, con los efectos metabólicos del consumo de la yuca amarilla *Manihot esculenta* Crantz sobre algunos parámetros bioquímicos en ratas experimentales, trabajo realizado por Udeme, Okafor y Eleazu (2015), y la tercera, relacionada con la investigación de Madukosiri, Opara y Amos (2017) quienes estudiaron el efecto de la *Manzana doméstica* y *Moringa oleifera* sobre parámetros hematológicos y bioquímicos en ratas Wistar hembras alimentadas con dietas basadas en yuca.

Adicionalmente, un artículo publicado en el periódico: EL UNIVERSAL noticia de Venezuela y el mundo el 25/11/2015 informó lo siguiente: Los investigadores Omar García y Benito Infante, de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Central de Venezuela revelaron, con un estudio en ratones, que el casabe nacional es particularmente rico en fibra dietética y que existe relación directa entre su consumo y el control de los niveles de triglicéridos, colesterol y glicemia en la sangre, además de ayudar a prevenir el cáncer de colon y de recto.

Luego de describir la situación actual del problema se propone el siguiente enunciado holopráxico:

¿Cuáles son los efectos del casabe amazense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar, en el Laboratorio del Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Los Andes, desde junio de 2018 hasta noviembre de 2022?

Justificación e importancia de la investigación

La propuesta de esta investigación está basada en el principio que establece que el uso de los animales experimentales, para imitar condiciones fisiológicas y patológicas humanas, facilita la comprensión de los procesos relacionados con la salud y la enfermedad.

En este sentido, se tomó en consideración la utilidad de estos ejemplares biológicos para analizar los posibles efectos del casabe sobre el peso corporal y la glicemia con el fin de tener una idea de lo que puede suceder con el consumo de este alimento en los seres humanos. Cabe destacar que distintos animales experimentales han contribuido en estudios sobre el análisis y determinaciones específicas relacionada con el área de la salud, incluyendo ratas no consanguíneas de la línea BIOU: Wistar.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Analizar los efectos del casabe amazense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar, en el Laboratorio del Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Los Andes, desde junio de 2018 hasta noviembre de 2022.

Objetivos específicos

Determinar diferencias entre el peso corporal de las ratas BIOU: Wistar antes (día cero) y después (días 10 y 21) de la administración del casabe amazonense *Manihot esculenta*.

Cuantificar los valores de glicemia en ratas BIOU: Wistar antes (día cero) y después (días 10 y 21) de la administración del casabe amazonense *Manihot esculenta*.

Comparar los valores de glicemia en ratas BIOU: Wistar antes (día cero) y después (días 10 y 21) de la administración del casabe amazonense *Manihot esculenta*.

Alcances y limitaciones de la investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2010), refieren que los alcances de la investigación están relacionados con el *continuum* de conocimiento que se quiere obtener. A la vez, Hurtado (2010), plantea que el alcance es el producto del grado de elaboración del proceso de investigación. En tal sentido, en esta investigación el alcance ha sido satisfactorio porque se logró el objetivo planteado ya que se analizaron los efectos del casabe amazonense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar.

Un estudio puede presentar limitaciones, según Arias (2012), señala que son obstáculos que eventualmente pudieran presentarse durante el desarrollo del estudio y que escapan del control del investigador, podrían estar relacionadas con varios aspectos: antecedentes teóricos, recursos económicos para reactivos, dificultades técnicas, entre otros. Por lo tanto, en esta investigación se consideró pertinente como limitaciones: la dificultad de recursos económicos para adquirir los reactivos, sin embargo, esas limitaciones fueron solucionadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Trabajos previos

Subeki, Inke, Hidayati, Muhartono y Adawiyah (2020), realizaron un estudio en el Departamento de Tecnología de Productos Agrícolas, Facultad de Agricultura, Departamento de Patología, Facultad de Medicina, Departamento de Agronegocios, Facultad de Agricultura, Universidad de Lampung en Brojonegoro, titulado: Actividad antidiabética del arroz Siger hecho de yuca cerosa (*Manihot esculenta Crantz*) en ratas con diabetes inducida por estreptozotocina. Los resultados mostraron que las ratas diabéticas alimentadas con la dieta de arroz Siger aumentaron el peso corporal en 101,2 g y disminuyeron la ingesta de agua en un 72,66 % en comparación con las ratas control. Los autores concluyeron que el consumo de arroz Siger en ratas diabéticas puede reducir el volumen de orina y el contenido de azúcar en sangre en un 74,19 % y un 99,39 %, respectivamente, 4 semanas después del tratamiento. Asimismo, el arroz Siger fue capaz de reducir los niveles de glucosa en sangre de ratas diabéticas a una condición normal del 68,83 % a las 4 semanas después del tratamiento y el consumo de arroz Siger mejoró el estado antioxidante de las ratas diabéticas. Esta investigación respalda este trabajo ya que los autores estudiaron la actividad antidiabética de los productos derivados de la yuca evento de estudio parecido al trabajo realizado.

Morón, Ávila, y Torrealba (2018), realizaron un estudio en la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina, Escuela de Nutrición y Dietética, titulado: Efecto del consumo de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la concentración de lípidos

séricos en un modelo experimental con ratas. Los autores utilizaron 20 ratas macho adultas, cepa Sprague Dawley con un peso inicial promedio de 150g, divididas en 4 grupos: un control sin fibra y tres grupos experimentales en los que se sustituyó el almidón de maíz por una variedad de casabe, identificados por su procedencia como: “Casabe Miranda”, “Casabe Sucre” y “Casabe Amazonas”. Las ratas fueron alimentadas ad libitum durante todo el periodo experimental (21 días) con las dietas anteriormente mencionadas. Los resultados indicaron que el contenido de fibra dietética (FD) total y su fracción soluble fueron significativamente mayores en las variedades de casabe Amazonas y Sucre ($p<0,05$). La inclusión de casabe a las dietas produjo un aumento relativo del peso corporal en comparación con el grupo control, sin embargo, no hubo diferencias significativas, también mostraron un descenso significativo en las concentraciones séricas del colesterol total. Los autores concluyeron que el consumo de casabe, independientemente de su variedad, tuvo un efecto hipocolesterolémico, lo que sugiere un efecto protector contra el riesgo de aparición de enfermedad coronaria. Este trabajo respalda la investigación ya que los autores evaluaron el efecto del consumo de diferentes variedades de casabe venezolano incluyendo el amazonense sobre la concentración de lípidos séricos y su efecto en el peso corporal en un modelo experimental con ratas, evento de estudio similar a la presente investigación.

Ebeye (2018), realizó un estudio en el Departamento de Anatomía Humana y Biología Celular, Facultad de Ciencias Médicas Básicas, Universidad Estatal Delta, Abraka, Estado del Delta, Nigeria, titulado: El efecto de los productos de yuca procesados (“tapioca” y “garri”) sobre el peso e índices hematológicos de ratas Wistar. Los resultados mostraron una disminución gradual del peso en los grupos tratados con garri y tapioca, aunque, no hubo diferencias estadísticas significativas dentro de cada grupo. Sin embargo, hubo una importante diferencia entre los valores obtenidos en los grupos control y tratado ($p<0,05$). También se observaron cambios en los valores hematológicos cuando se compararon

los grupos tratado y control, aunque no estadísticamente importante ($p>0.05$). Los autores concluyeron que tapioca tiene más efecto sobre el peso corporal y los índices hematológicos en comparación con garri. Por lo tanto, se considera eficaz para la reducción de peso, sin embargo, no durante períodos prolongados. La investigación respalda este trabajo debido a que los autores evaluaron los efectos de tapioca y garri productos derivados de la yuca, evento de estudio parecido al trabajo realizado.

Madukosiri, Opara y Amos (2017) realizaron un estudio en el Departamento de Bioquímica, Facultad de Ciencias Médicas Básicas, Universidad del Delta del Níger, Nigeria, el cual fue titulado: Efecto de *Manzana doméstica* y *Moringa oleífera* sobre parámetros hematológicos y bioquímicos en ratas Wistar hembras alimentadas con dietas basadas en yuca. El objetivo fue analizar el perfil hematológico y bioquímico de ratas Wistar hembras alimentadas con dietas basadas en *Manihot esculenta* y los efectos atenuantes de las dietas de tratamiento fortificadas con *Manzanas doméstica* y *Moringa oleífera* sobre la toxicidad del cianuro presente en la yuca. Los niveles de hemoglobina (Hb) y glóbulos rojos (RBC) determinados a partir del grupo de tratamiento (*Manihot esculenta* más *Manzana doméstica* y *Moringa oleífera*) fueron más altos que los del grupo control, pero las diferencias no fueron significativas. Los parámetros bioquímicos, valores de colesterol y glucosa, obtenidos de las ratas del grupo control fueron significativamente más altos que los del grupo de tratamiento. Los autores concluyeron que la dieta de yuca/cianuro tratado térmicamente podría ser tóxica para los animales consumidores y precipitar la anemia hipocrómica microcítica. El trabajo descrito respalda esta investigación, ya que se analizó el perfil hematológico y bioquímico en ratas Wistar alimentadas con *Manihot esculenta*, eventos de estudio parecidos al trabajo que se realizó.

Udeme, Okafor y Eleazu (2015), realizaron un estudio en el Instituto Nacional de Cultivos de Raíz, en Nigeria, el cual fue titulado: Los efectos metabólicos del consumo de la yuca amarilla *Manihot esculenta crantz*

sobre algunos parámetros bioquímicos en ratas experimentales. El objetivo fue comparar cianuro y tiocianato libre y total, así como la glucosa total en las muestras de suero y orina de las ratas experimentales en comparación con el control. Los resultados indicaron un aumento significativo ($p < 0,05$) en cianuro y tiocianato libre y total en las muestras de suero y orina de las ratas experimentales en comparación con el control y un aumento significativo ($p < 0,05$) en la glucosa sérica, pero no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) en las proteínas totales séricas de las ratas experimentales en comparación con el control. Las ratas tratadas con *Manihot esculenta crantz* durante 7, 14, 21, o 28 días tuvieron una disminución en el peso corporal de 5,11%, 11,10%, 19,16%, y 24,18%, respectivamente, mientras que el grupo control mostró ganancia de 9.17% en el peso corporal. Los autores concluyeron que el metabolismo de la variedad de yuca amarilla en ratas experimentales fue capaz de exponer a los animales al cianuro, lo que subraya la necesidad del procesamiento adecuado antes de su consumo por los seres humanos. Este trabajo respalda la presente investigación, ya que los autores estudiaron los efectos del consumo de la yuca amarilla *Manihot esculenta Crantz* sobre algunos parámetros bioquímicos en ratas experimentales, eventos de estudio similar a esta investigación.

Infante, García y Rivera (2013), realizaron un estudio en el Laboratorio de Investigaciones, Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela, el cual fue titulado: Caracterización del contenido de fibra dietaria y pectina del casabe obtenido de diferentes regiones de Venezuela. El objetivo fue determinar el contenido de fibra dietaria y pectina en las muestras de pan de yuca de tres lugares diferentes de Venezuela que tienen un alto contenido total de fibra dietética (FD). Los resultados indicaron que el contenido de proteínas, grasas, hidratos de carbono, cenizas, fibra cruda y fibra dietética difieren significativamente entre cada muestra. El casabe proveniente de Puerto Ayacucho mostró un mayor contenido de FD insoluble (4,7%), FD soluble (1,6%), FD total (6,3%) y pectina (0,61%) en

comparación con las variedades de “Rio Chico y Caripito”. Los autores concluyeron que se hallaron valores muy similares en relación con el contenido de nutrientes; sin embargo, en las muestras de Puerto Ayacucho hubo tendencia hacia una mayor concentración de nutrientes. Este trabajo guarda relación con el presente trabajo de investigación ya que proporciona información relevante sobre el contenido de fibra dietaria y pectina del casabe obtenido de diferentes regiones de Venezuela, producto alimenticio objeto de estudio de esta investigación. Por otra parte, sus resultados permiten sugerir el consumo de pan de yuca en la dieta diaria, tomando en cuenta que la FD y el contenido de pectina contribuirían con la salud de los consumidores.

Chibuzo y Ajayi (2000), realizaron un estudio en el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Maiduguri, Estado de Borno, Nigeria y en el Departamento de Nutrición Humana, Facultad de Medicina, Universidad de Ibadan, Estado de Oyo, Nigeria, titulado: Efecto de Wainan Rogo (WR) sobre el peso corporal y glucosa en plasma en ratas Wistar. El objetivo fue examinar la composición química y los efectos de WR (masa frita hecha de madioca fresca rallada) en el peso corporal y la glucosa en ratas Wistar. Los resultados indicaron una composición más alta en grasas y más baja en proteínas en las ratas con dieta de WR grupo de prueba, así como un aumento de la glucosa en plasma y por otro lado una pérdida de peso significativo en las ratas del grupo de prueba, en comparación con las del grupo control. Los autores concluyeron que el hecho de que las ratas alimentadas con dieta WR tuvieran el pico más alto de glucosa en plasma (PG) cuando tenían el peso más bajo, parece sugerir que la hiperglucemia se debió más al efecto de la alimentación. Este hallazgo parece apoyar el alto riesgo asociado para WR obtenido del estudio epidemiológico de personas con dicho alimento en su patrón dietético. El trabajo descrito respalda esta investigación, ya que se estudió el efecto tras el consumo de WR, producto alimenticio derivado de la yuca, sobre el peso corporal y la

glucosa en ratas Wistar, eventos de estudio que coincide con la investigación que se realizó.

Babajide, Babajide y Uzochukwu (2001), realizaron una investigación en el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Agricultura, Abeokuta, Nigeria; Departamento de Tecnología Científica, Politécnico Moshood Abiola, Abeokuta, Nigeria, titulado: Alimento de destete de yuca-soja: Evaluación biológica y efectos en órganos de rata. Los autores utilizaron 4-5 ratas albinas Wistar destetadas de una semana de edad, divididos en 4 grupos, control y grupos prueba. Los resultados indicaron que hubo aumentos en la tasa de crecimiento de las ratas alimentadas tanto con la dieta en prueba como con la dieta control, pero no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las dietas de prueba y la dieta de control en verdaderos valores de digestibilidad. Los valores del valor biológico y la utilización neta de proteínas para las dietas formuladas estuvieron por encima de los valores mínimos recomendados. Los autores concluyeron que la yuca potencialmente podría emplearse con éxito en la preparación de alimentos de destete de calidad comparable a las marcas comerciales disponibles. Dicha investigación respalda este estudio ya que tienen eventos de estudio similar al realizado.

Wang, Zheng, Wang, Zhang, Qian, Zhag y Qi (2014), realizaron un estudio en el Laboratorio Estatal de Ciencia y tecnología de Los Alimentos, Escuela de Ciencia y Tecnología de Los Alimentos, Universidad de Jiangnan en China, titulado: Actividad antidiabética de octenil succínico maltodextrina reticulada de yuca en ratones diabetes inducida por estreptozotocina (STZ). Los autores utilizaron 40 ratones divididos en 5 grupos, por un periodo de 12 semanas: (NC) grupo de ratones de control no diabéticos; (MC) control modelo diabético no tratado ratones; (PC) control positivo, (CCOMD-L) dosis baja, (CCOMD-H) de octenil succínico maltodextrina reticulada de yuca (CCOMD). Los resultados indicaron que para los grupos CCOMD-L (dosis baja) y CCOMD-H (dosis alta), los pesos corporales se recuperaron en un 14,9 % y un 18,5 %, respectivamente y fueron significativamente más altos que

los del grupo de control. También se encontró que los niveles de glucosa e insulina en sangre mejoraron en los ratones diabéticos mediante la dieta CCOMD. Además, la dieta CCOMD disminuyó el nivel de colesterol total en plasma (8,1–9,1 %) y el nivel de colesterol LDL (28,9–39,4 %), y mejoró el nivel de colesterol HDL en plasma (13,8–15,3 %) y el contenido de ácidos grasos de cadena corta en el intestino. Los autores concluyeron que la administración de CCOMD puede ser útil para tratar y prevenir la hiperlipidemia y la hiperglucemia en la diabetes. Dicho estudio respalda la presente investigación ya que tienen eventos de estudio parecido al trabajo que se desarrolló.

Antecedentes históricos

En 1776, Dobson fue el primero en demostrar con métodos de laboratorio el contenido de azúcar en la orina de pacientes diabéticos. En 1798, el científico John Rollo, certifica la presencia de azúcar en la sangre de las personas. En 1869, Paul Langerhans describe los islotes pancreáticos. En 1921, Banting y Best descubren un extracto pancreático que disminuye los niveles de glucosa en sangre de perros pancreatectomizados. En 1923, Banting y Macleod reciben un premio nobel al descubrir la insulina. Desde 1950 hasta 1980, se desarrolla la insulina “humana” por medio de ingeniería genética.

Desde el descubrimiento de J. Rollo, con respecto a los niveles de azúcar en sangre, se generan ciertos avances en los laboratorios en cuanto a la determinación de glucosa en la sangre. En 1965, la compañía Ames, división de la Corporación de Laboratorios Miles, actualmente conocida como Bayer, desarrolla e introduce al mercado un producto llamado Dextrostix, este proporcionaba un valor aproximado de los niveles de glucosa en sangre. En 1970, ante los problemas detectados con el uso del Dextrostix, el científico Anton Huber Clemens, desarrolla un reflectómetro para la medición de glucosa. Dicho aparato proporcionaba

una mayor precisión a la lectura del Dextrostix al disminuir el error humano.

Bases teóricas

Peso corporal

Peso deriva de “pensum” y este, a su vez, del verbo “pendere”, que significa “colgar”; el término corporal es fruto de la evolución de la palabra latina “corporalis”, que puede traducirse como “relativo al cuerpo”. El peso corporal se encuentra conformado por dos partes claramente diferenciadas “corpus” que es sinónimo de cuerpo y el sufijo “al” que se usa para indicar relativo a. Por otra parte, esta definición puede servir para denominar a la masa como la cantidad de materia que está presente en un cuerpo. En este contexto, ésta noción menciona a la cantidad de masa que alberga el cuerpo de una persona. A partir del peso corporal, es posible estimar ciertas características acerca de las condiciones de salud de un individuo, aunque no es un dato concluyente (García, 2016).

En los seres humanos el peso corporal se mantiene dentro de límites estrechos, pese a la importante variabilidad en la ingesta de alimentos o consumo energético. La estabilidad en los depósitos corporales de energía sugiere la existencia de un sistema homeostático encargado de su control, que incluiría un conjunto de mecanismos fisiológicos destinados a mantener la equivalencia entre la ingesta y el gasto energéticos, durante un periodo determinado. Solo cuando se vence la capacidad reguladora del balance energético se producirá obesidad o pérdida de peso.

La obesidad es un estado de aumento del peso corporal, en particular del tejido adiposo, de suficiente magnitud para producir consecuencias adversas a la salud. Se define de acuerdo con el índice de masa corporal (IMC), considerándose sobrepeso un $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ y obesidad, un $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$. (Vásquez y Ulate, 2010).

Glicemia

Es la cantidad de glucosa o azúcar en la sangre. El análisis determina la cantidad de azúcar presente en la sangre y sirve para diagnosticar, por ejemplo, si una persona padece diabetes, o si presenta intolerancia a la glucosa.

Niveles de referencia: 70-110 mg/dL

Niveles bajos: La hipoglucemia (bajo nivel de glucosa en sangre –por debajo de 50 mg/dL-) provoca mareo, somnolencia, pérdida de conciencia, espasmos, ritmo cardíaco disminuido y, en casos graves, puede llegar incluso al coma. Puede deberse a un periodo de ayuno amplio, a un defecto en la formación de la insulina, como insuficiencia pancreática, tumores, ingesta de alcohol; o bien ser de causa hereditaria. Los enfermos de diabetes pueden sufrir esta condición a causa de un exceso en la medicación empleada para corregir su problema.

Niveles altos: (niveles por encima de 120-130 mg/dL) producirá diabetes mellitus, que suele ser hereditaria. En estos casos se produce aumento de la ingesta alimenticia, lesiones de los vasos sanguíneos y nervios periféricos. Si bien, un nivel elevado también puede indicar que existe intolerancia a la glucosa. Algunos medicamentos y ciertas enfermedades (síndrome de Cushing, pancreatitis aguda) pueden elevar los niveles de glucosa (Tuñón, 2016).

Yuca Manihot esculenta

Es un arbusto de la familia de las euforbiáceas extensamente cultivado en Sudamérica, África y el Pacífico; es un cultivo con alta producción de raíces reservantes, como fuente de carbohidratos y follajes para la elaboración de harinas con alto porcentaje de proteínas. Las características de este cultivo permiten su total utilización, el tallo para su propagación vegetativa, sus hojas para producir harinas y las raíces reservantes para el consumo en la alimentación en la que se emplea en

diferentes platos, también para la elaboración de casabe, la agroindustria y la exportación (Figuras 1 y 2), (Ortiz, 2011).

El vocablo yuca procede de la lengua Caribe, *yog ca* que significa “se amasa molida”, pero también se le conoce en América como mandioca, manioc, mañoco, rumu, arr, aipin, mandi’o, guacamota (Castillo, 2014).



Figura 1. Siembra de yuca

Figura 2. Tubérculo de yuca amarga

Origen de la yuca *Manihot esculenta*

Según García (2011), la yuca o mandioca es una especie de origen americano, que se ha extendido en una amplia área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el Noroeste de Brasil, con predominio de los tipos de yuca dulce en el norte, y en la zona de Brasil los amargos.

En torno al origen de la domesticación de la yuca y de la producción del casabe se tejen diversas hipótesis. Una de ellas ubica los inicios del cultivo en las sabanas secas de Venezuela (litoral de Paria), que serían uno de los centros originarios de esta domesticación. Otros sitúan ese origen en la región Orinoco-amazonense; sin embargo, la teoría más aceptada hasta el momento postula sus inicios en la región de Rotinet, en el Bajo Magdalena (Colombia), partiendo de datos arqueológicos basados en restos de budare que datan del 2240 antes de nuestra era.

El casabe fue originalmente producido por los nativos americanos Arawakos, Taínos y Caribes, estas raíces eran de una planta muy común en los bosques tropicales pluviosos donde ellos vivieron. En el este de

Venezuela muchos grupos étnicos indígenas hacen casabe y permanece como alimento o pan principal. Las comunidades indígenas como los Ye-Kuana, Kari-Ñá, Yanomami, Piaroa, Guaraó o Warao mantienen estas tradiciones.

En el nororiente Amazónico de Colombia muchos étnicos indígenas hacen del casabe de yuca la dieta diaria, entre ellos tenemos del departamento de Guainía a la etnia Piapoco, Curripaco, Puinaves, Sikuani, Piaroa y Yeral. Además de esto elaboran de la yuca amarga, mañoco y catara, productos que también hace parte de la dieta diaria consumido con caldos ajicero, como bebida yucuta, además de ser utilizada para consumir en viajes largos por no ser un producto fácilmente perecedero.

Tipos de raíces

Hay dos clases de raíces de yuca: La yuca "dulce" que es comida directamente después de hervirla, en sopas o como ingrediente de la masa en diversos platos, y la yuca "amarga" o "brava" que es venenosa y debe ser tratada para extraer el cianuro antes de ingerirla. La yuca "amarga" o "brava" se usa para hacer el casabe (García, 2011).

Dependiendo de los niveles de concentración de ácido cianhídrico HCN (ácido prúsico) que contenga, la yuca amarga presenta una concentración de más de 100 microgramos por 100 g de yuca y la dulce menos de 50 microgramos. Estas variedades parecen depender de las condiciones agroecológicas y según diferentes autores, dan cuenta de historias separadas.

Sanoja (1981), citado por Castillo (2014), menciona la posible precedencia del cultivo y utilización de la yuca dulce en relación con la tóxica o amarga, señalando la existencia de una frontera de norte a sur al este de Los Andes, que pareciera indicar "...un área occidental de mayor intensidad del cultivo y consumo de la yuca dulce, un área oriental donde

se observa un relativo predominio de la yuca 'brava' y una región intermedia donde ambas aparecen cultivadas simultáneamente”.

En el caso venezolano, la presencia de la yuca amarga está vinculada a la ocupación barrancoide del bajo Orinoco, cuyo período preclásico data desde hace 3000 años a.e. considerándose posible que hayan sido estos pobladores quienes desarrollaran la técnica de consumir la yuca bajo la forma de casabe.

Propiedades de la yuca y sus derivados como el casabe

Depurativo: Cabe destacar su efecto depurativo, debido a su contenido en resveratrol. Este principio activo es capaz de reducir los niveles de colesterol en la sangre y a la vez mejora la circulación sanguínea al influir en la agregación plaquetaria. Así la yuca sirve para prevenir arterioesclerosis y trombos, además de facilitar un correcto drenaje linfático.

Desintoxicante: El poder desintoxicante de la yuca se refleja también en el caso de personas con problema de gota o de exceso de ácido úrico, quienes mejoran con el consumo habitual de la planta. Los indígenas empleaban la yuca como laxante natural. Sin embargo, la yuca es rica en taninos y, por lo tanto, ayuda a controlar diarreas y colitis.

Antiinflamatorio: Otras propiedades de la yuca se relacionan con su acción antiinflamatoria, tanto cuando se consume por vía oral o mediante su aplicación tópica. Por ello la yuca es empleada desde muy antiguo como un remedio natural para mitigar dolores en general, especialmente los de tipo articular: artritis, artrosis y reuma.

Antialérgico: En la actualidad se estudia la relación entre las saponinas de la yuca y el descenso en la intensidad en los procesos alérgicos. Este aspecto contrasta con la acción inmuno estimulante de la yuca.

Bactericida: Otro de los beneficios de la yuca, en este caso para uso externo, son sus propiedades bactericidas, que explican el uso del jugo de la planta para la desinfección de pequeñas heridas (Rivas, 2006).

Características y procedimiento de preparación del casabe

El casabe es un pan crujiente, delgado y circular hecho de harina de yuca, este se asa en un budare, comal o a la plancha (Figura 3). La tradición de elaborar casabe se remonta a la época precolombina, en las zonas del Caribe, Argentina y Brasil. Los indígenas Arawakos, los Tainos y Caribes confeccionan el casabe raspando la cáscara de la yuca con un rallo de madera dentado con piedrecillas afiladas, astillas de hueso, gruesas espinas de pez, etc., incrustadas y pegadas con resina (Figura 4). Tras reducir la yuca a pulpa, ésta se introduce en el llamado sebucán (Figura 5) especie de colador hecho de hojas de palma entretejidas. El sebucán se cuelga de un árbol y allí debe soportar el peso de dos o más hombres sentados en él, hasta exprimirse bien todo el líquido venenoso de la masa. Luego la masa es tamizada en un cernidor (Figura 6), para elaborar la torta de casabe en un fogón típico llamado budare (Figura 7) y posteriormente es sacado al sol (Figura 8), para ser endurecido (García, 2011).



Figura 3. Torta de casabe



Figura 4. Rallador indígena de yuca



Figura 5. El sebucán



Figura 6. Cernidor de la masa de yuca

Fuente: es.pinterest.com



Figura 7. Budare de barro



Figura 8. Secado del casabe

Composición nutricional del casabe amazonense

Según García, Infante, Rivero y Rivera (2014) la composición nutricional de la torta de casabe, alimento originario de los pueblos indígenas de la etnia piaroa del Estado Amazonas-Venezuela está conformada por:

- ***Fibra dietaria insoluble:*** 10%
- ***Humedad:*** 10%
- ***Proteínas:*** 1,2%
- ***Grasas:*** 0,6%
- ***Carbohidratos totales:*** 87%
- ***Cenizas (minerales totales):*** 1,7%
- ***Fibra cruda:*** 1,7%
- ***Pectina:*** 0,6%

Beneficios de los nutrientes que aporta el casabe

Hidratos de carbono: Aportan energía para poder hacer frente a la actividad cotidiana.

Las vitaminas: Son uno de los principales beneficios que brinda el casabe. Se debe destacar las cantidades de vitaminas del grupo B que aporta, necesarias para mantener en buen estado los tejidos corporales y un correcto funcionamiento de los diferentes órganos. La vitamina C es otra de las vitaminas presentes, y es que el casabe es un tipo de pan que la contiene en altas cantidades, ayudando a reforzar las células para protegerse frente a los ataques de los radicales libres, además de reforzar el sistema inmunitario del organismo.

Los minerales: Son otro de los beneficios que aporta el casabe, y es que entre sus nutrientes hay que destacar un alto contenido de minerales como el calcio, el hierro, el magnesio y el potasio, necesarios tanto para el correcto funcionamiento del cerebro como del organismo, por ello el casabe no es solo un tipo de pan convencional, sino que va más allá.

Fibra dietética: La fibra que aporta es necesaria para mantener un perfecto equilibrio de peso corporal. Por ello el casabe es una buena opción para mantener el mismo (Delgado, 2011).

Ratas de laboratorio

Las ratas de laboratorio son ejemplares de *Rattus norvegicus* (variedad albina) destinadas a la investigación científica. Son consideradas un animal modelo y su uso abarca desde estudios de fisiología a etología o neurobiología.

La aparición de ejemplares albinos y con otros fenotipos de interés condujo a su empleo en los laboratorios. En 1895, la Universidad de Clark (Worcester, Massachusetts, Estados Unidos) creó una población de ratas blancas para estudiar los efectos de la dieta y otros temas de fisiología. Debido a su velocidad de reproducción, a su facilidad de manejo y a

muchas de sus similitudes fisiológicas con el ser humano, la rata ha venido utilizándose desde hace muchos años como sujeto de experimentos en los laboratorios de ciencias biológicas. Con las ratas suelen ponerse a prueba los medicamentos que luego se aplican como tratamiento de las enfermedades humanas, se llevan a cabo numerosos experimentos relacionados con la genética, con el sueño y con muchos otros temas de la salud (Figura 9). Sin embargo, existen críticas hacia el maltrato animal que puede suponer este tipo de experimentos al que son sometidas las ratas, al igual que muchas otras especies, en los laboratorios de experimentación.

Fundamentalmente, las ratas de laboratorio se diferencian de las silvestres en que son más tranquilas y es menos probable que muerdan; pueden tolerar grandes multitudes; se reproducen a edades más tempranas y tienen camadas más grandes. Su cerebro, su hígado, sus riñones, sus glándulas suprarrenales y su corazón son más pequeños. No obstante, no existe una única rata de laboratorio, sino que, mediante cruzamientos, se han generado varias líneas (Krinke, 2000)

Conocer en qué tipo de rata se realizó el estudio es de suma importancia, ya que no todas presentan las mismas características, variando en parámetros biológicos que pueden determinar los resultados. En este estudio se trabajó con las ratas BIOU: Wistar.

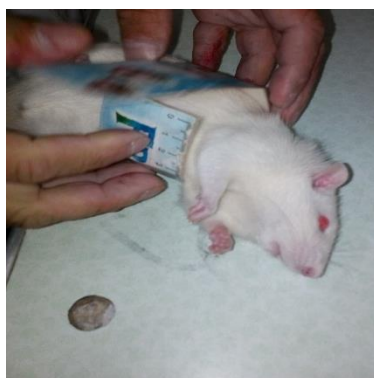


Figura 9. Rata BIOU: Wistar

Ratas wistar

Son una cepa no consanguínea de ratas albinas que pertenecen a la especie de *Rattus norvegicus*. Esta variedad fue desarrollada en el Instituto Wistar en 1906 para su uso en la investigación médica y biológica, y es sobre todo la primera cepa de rata desarrollada para servir como organismo modelo, en un momento en que los laboratorios utilizaban principalmente ratones caseros comunes. Más de la mitad de todas las cepas de ratas de laboratorio son descendientes de la colonia original establecida por el fisiólogo Henry Donaldson, científico administrador (De Jesús, 1998).

Características de las ratas Wistar

La rata Wistar es actualmente una de las cepas de ratas más populares utilizadas en los experimentos de laboratorio. Se caracteriza por su gran cabeza, orejas largas, y que tiene una longitud de la cola, que siempre es menor que la longitud del cuerpo (Figura 10). La rata Sprague Dawley y cepas de ratas Long-Evans se desarrollaron a partir de ratas Wistar. Las ratas Wistar son más activas que otras cepas como Sprague Dawley. La rata Wistar es considerada un animal polivalente desde el punto de vista experimental (De Jesús, 1998).



Figura 10. Rata Wistar.

Tomado de Milind y Renu, 2013

Técnica de extracción sanguínea

Son una serie de procesos que se utilizan para tomar muestras de sangre con el fin de realizar varios estudios entre los que podemos mencionar: el evaluar anticuerpos del suero o para el análisis de marcadores de la superficie de las células de la sangre periférica (De Jesús, 1998).

Vía retro-orbital: Esta técnica implica pinchar el seno venoso detrás del globo del ojo y se conoce de diferentes maneras como retro-orbital, peri-orbital, orbital posterior y sangrado del plexo venoso orbital. En manos expertas, el sangrado del seno venoso orbital puede ser un método útil para obtener buenas muestras de animales sin cola, como el hámster, o de ratones en los que se requieren volúmenes mayores de los que se pueden recoger de la vena de la cola. Sin embargo, es una técnica que puede tener severas consecuencias para el animal, por lo tanto, no se recomienda el uso del sangrado retro-orbital con recuperación del animal más que en circunstancias excepcionales cuando no haya ningún otro método disponible. Siempre debe realizarse bajo anestesia y debe utilizarse una sola órbita. Puesto que la técnica acarrea un potencial considerable de daño inadvertido y efectos adversos consecuentes, solo debe ser ejecutada por personas competentes. Esta técnica no es aceptable más que como procedimiento terminal bajo anestesia. También debe advertirse que algunas personas encuentran este procedimiento desagradable y por lo tanto no debe pedírseles que lo realicen.

Punción cardiaca: con este método, se obtiene sangre directamente del ventrículo del corazón de un animal anestesiado. La punción de la aurícula puede ser peligrosa debido al riesgo de filtración hacia el pericardio, que produciría una parada cardiaca y la muerte. Cuando el animal tiene que sobrevivir al procedimiento hay que tener en cuenta estos riesgos.

Colección de sangre de la vena de la cola del ratón o rata: en roedores pequeños como el ratón y la rata se puede obtener volúmenes limitados de sangre cortando la punta de la cola. En las ratas este método

solo puede considerarse aceptable cuando se realiza bajo anestesia general. Después, se debería cauterizar la herida. En situaciones en las que la anestesia está contraindicada, puede ser útil una punción de la vena de la cola. Primero es necesario la retención del animal y calentar la cola para dilatar los vasos. El animal debería colocarse en un dispositivo de inmovilización y después introducir una aguja “palomilla” o “mariposa” (23 G-19) en la vena lateral de la cola de forma que se puede extraer sangre directamente en un tubo de ensayo. Cuando se atraviesa una vena percutáneamente (a través de la piel), es posible que la sangre se contamine con los fluidos tisulares, lo cual puede influir en el resultado de los experimentos. Si el experimento requiere sangre estéril, puede ser necesario la exposición quirúrgica de la vena utilizando anestesia (Zutphen, Baumans y Beynen, 1993).

En la Tabla 1 se presentan los volúmenes de extracción sanguínea en ratas y ratones (De Jesús, 1998).

Tabla 1. Volúmenes de extracción referidos a V_t (volumen total)

Especie	Volumen máximo de una muestra (ml)	Volumen de exanguineación (ml)	Promedio del vol. del animal (ml)
Ratón (25g)	0.3	1.2	2.5
Rata (250g)	2.5	12.0	30

Definición de términos

Análisis de sangre

Es una de las pruebas médicas más utilizada y de mayor importancia en la práctica clínica. Consiste en extraer una pequeña cantidad de sangre venosa del paciente, que después es transportada al laboratorio para analizarla y determinar su composición (Tuñón, 2016).

Hemograma

Es un estudio cuantitativo que evalúa la concentración de cada uno de los elementos celulares de la sangre. También comprueba si las células tienen una forma y estructura normales o, por el contrario, están alteradas (Tuñón, 2016).

Bioquímica

Es la ciencia que estudia la composición química de los seres vivos, prestando especial atención a las moléculas que componen las células y tejidos. Analiza los ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, carbohidratos y el resto de moléculas pequeñas que componen las células. (Universidad Europea, 2022).

Diabetes

Es una enfermedad crónica en la cual hay altos niveles de azúcar en la sangre.

Hiper glucemia

Aumento anormal de la cantidad de glucosa que hay en la sangre (Tuñón, 2016).

Linamarina

Por efecto de una enzima la linamarasa, a partir de la yuca se origina ácido cianhídrico o cianuro de linamarina, que es venenoso, para

extraerle ese ácido cianhídrico que constituye ingrediente mortal del curare (veneno indígena), los indígenas idearon una ingeniosa tecnología, denominada sebucán o tipíti (Rivas, 2006).

Mañoco

Es la harina gruesa elaborada a base de yuca amarga, se presenta como un excelente acompañante de todos los platos, en especial el pescado.

Catara

Es el aderezo picante por excelencia de las culturas amazónicas venezolanas. Para hacer la catara se toma el yare extraído del prensado de la yuca amarga en el sebucán, se pone a hervir por cinco horas para que desaparezcan sus propiedades tóxicas.

Yucuta

Es la bebida emblemática por excelencia. Se obtiene al poner en remojo el mañoco o el casabe con agua, con lo que se obtendrá una excelente bebida refrescante (Castillo, 2014).

Animal no consanguíneo

Es aquel animal que dentro de una colonia tiene una única, particular e individual constitución genética, es decir, que aún entre hermanos la constitución genética no es totalmente igual.

Animal consanguíneo

Es aquel que tiene su constitución genética bastante semejante o idéntica al resto de los individuos que forman una colonia de animales, es decir, que, dentro de una colonia de animales consanguíneos, todos los individuos que la forman son genéticamente semejantes ya que es el resultado de 20 o más generaciones consecutivas de apareamiento de hermanos con hermanas.

Bioterio

Es una instalación donde se alojan los animales en los cuales se está realizando cualquier tipo de estudio (De Jesús, 1998).

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

Según Hurtado (1997), dentro del campo de la investigación existe una diversidad de métodos para ayudar al investigador a estudiar el problema que se ha plantado, por lo que es importante que conozca las alternativas existentes, él necesita comprender los dos tipos de enfoques fundamentales: la investigación cuantitativa, que trabaja con la parte matemática o de cuantificar los datos que surgen a lo largo de la investigación; y, la cualitativa que trabaja con el discurso de la gente, es decir, la comunicación verbal de la muestra. De manera que el enfoque de esta investigación se basa en términos cuantitativos porque se analizó de forma sistemática los efectos del casabe amazonense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar.

Tipo de investigación

Según Hurtado (2010), los tipos de investigación pueden ser: exploratoria, descriptiva, analítica, comparativa, explicativa, predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa. En efecto, este proyecto corresponde a una investigación analítica, ya que se analizaron los efectos del casabe amazonense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar.

Diseño de la investigación

Según Hurtado (2010), el diseño de la investigación se refiere a las estrategias que se implementarán para recolectar la información en una fuente determinada, en un tiempo específico y en una cantidad o amplitud asociada a lo que se quiere saber. Por lo tanto, esta investigación tuvo un diseño de campo y de laboratorio, ya que la muestra se recolectó en la realidad y de laboratorio porque fueron procesados en un escenario creado.

Población y muestra

Unidad de investigación

La población conduce hacia el conjunto finito o infinito de elementos que presentan características comunes con el fenómeno que se investiga, Hernández, Fernández y Baptista (2010) refieren que una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

La unidad de investigación de este estudio estuvo representada por ratas macho jóvenes adultas de la línea BIOU: Wistar, sanas (Figura 11), provistas por el Bioterio de La Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela (BIOULA).



Figura 11. Rata BIOU: Wistar.

Las ratas a diferencia de los ratones ofrecen una ventaja, debido a que por su mayor peso corporal se facilita la manipulación y la observación,

así como la toma de muestra de sangre, según sea el caso. Las ratas que se utilizaron están clasificadas microbiológicamente como animales convencionales limpios y genéticamente como animales no consanguíneos.

Selección del tamaño de la muestra

Arias (2006) define una muestra como "un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible". La muestra incluida en el presente estudio correspondió a veinte (20) ratas machos de la línea BIOU: Wistar producidas por el BIOULA las cuales se utilizaron para lograr el objetivo planteado, partiendo de la revisión de estudios previos similares al propuesto (Madukosiri, Opara y Amos, 2017).

Técnica e instrumento de recolección de datos

Con la finalidad de llevar un control de los análisis obtenidos, la información se recolectó mediante el uso de dos tablas de registro, elaboradas por la autora, las cuales contienen la siguiente información: en la Tabla 2 se registró el peso corporal diario de cada una de las ratas BIOU: Wistar, partiendo desde el día cero hasta el día 21, para ello se utilizó como instrumento medidor una balanza para pesaje de animales pequeños de laboratorio.

La Tabla 3 permitió registrar los resultados correspondientes a la determinación de glicemia los días 0, 10 y 21 del estudio realizado.

Tabla 2. *Ficha de recolección del peso corporal diario de las ratas BIOU: Wistar.*

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ratas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					

Tabla 3. *Ficha de recolección de la determinación de glicemia del día cero, día 10 y día 21 de ratas BIOU: Wistar.*

Ratas	Grupo control (mg/dL)			Grupo tratamiento(mg/dL)		
	Día 0	Día 10	Día 21	Día 0	Día 10	Día 21
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Procedimiento de la investigación

El trabajo fue realizado en el Departamento de Farmacología y Toxicología y en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela.

1. Período de adaptación

Ocho días antes del inicio de la investigación los animales fueron trasladados al Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina, donde se alojaron y alimentaron según las Normas Éticas Internacionales establecidas en la guía para el cuidado de los animales de laboratorio (Institute of Laboratory Animal Resources, 1999) y el Código de Bioética y Bioseguridad del Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias-Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2008). Durante ese período los animales se adaptaron a las condiciones del laboratorio (luz, humedad, ventilación, ruidos y temperatura) y fueron alojados en cajas metálicas acondicionadas con materiales especiales (encamados) para su comodidad y alimentados con dieta básica.

2. Distribución de los animales

Luego del período de adaptación, los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos de estudio (Figura 12). Cada uno constituido por 10 ratas BIOU: Wistar, asignados a los tratamientos descritos a continuación:

Grupo 1 control: las ratas de este grupo se alimentaron diariamente por un lapso de 21 días, con una dieta básica de treinta gramos de alimento para animales de laboratorio y 100 ml de agua a libre demanda.

Grupo 2 tratamiento de yucuta de casabe amazonense *Manihot esculenta*: A las ratas de este grupo se le administró aparte de su dieta

básica de alimento y agua, 1 ml de yucuta de casabe por 21 días consecutivos.



Figura 12. Distribución por grupo de las ratas BIOU: Wistar.

3. Preparación de la yucuta de casabe amazense *Manihot esculenta*

Para la preparación del tratamiento se utilizó como ingrediente principal el casabe *Manihot esculenta* proveniente del pueblo indígena Baré de Puerto Ayacucho, estado Amazonas, municipio Atures. Para ello se utilizó un recipiente con un contenido total de 500 mg de casabe por 10 ml de agua destilada, para un equivalente de yucuta administrable para 10 ratas pertenecientes al grupo 2 o grupo tratamiento, dichos ingredientes fueron sometidos a un proceso de macerado, hasta que se obtuvo una mezcla líquida homogénea.

4. Administración de los tratamientos

El tratamiento de yucuta de casabe amazense *Manihot esculenta*, solo fue administrado a las 10 ratas correspondientes al grupo 2 (tratamiento), por vía intragástrica mediante una cánula metálica la cual fue adaptada a una jeringa plástica de 1 ml. Con el fin de no producir ningún malestar en los animales, la cánula se introdujo rápidamente por el

esófago del animal hasta alcanzar el estómago, de esta manera se logró controlar la administración total y exacta del tratamiento, correspondiente a 50mg de casabe por 1ml de agua para cada animal.

La administración del tratamiento se hizo una vez al día en horas de la mañana (Figura 13). Comenzando el día cero hasta el día 21, día final del experimento, siguiendo el protocolo descrito por Morón, Ávila y Torrealba (2018).



Figura 13. Administración del tratamiento yucuta de casabe.

www.bdigital.ula.ve

5. Determinación del peso corporal de los animales

Diariamente se pesaron las ratas de ambos grupos, con el fin de establecer el efecto de los tratamientos sobre esta variable, para ello se utilizó una balanza manual para pesaje de animales pequeños de laboratorio (Figura14). Los datos obtenidos fueron recolectados en la Tabla 2.



Figura 14. Balanza de peso para animales pequeños.

6. Materiales para la toma de la muestra de sangre

- Guantes
- Tubos capilares
- Tubos de ensayo de 12x75mm esterilizados
- Algodón
- Gasa
- Gradilla de plástico
- Campana de vidrio
- Anestesia inhalatoria

6.1. Toma de la muestra de sangre

La muestra sanguínea se obtuvo del seno retro-orbital, mediante la técnica que a continuación se describe:

- Las ratas fueron anestesiadas por vía inhalatoria mediante el uso de anestésico enflurano usp (Figura 15). Para ello se utilizó una campana de vidrio para animales de laboratorio que contenía una pequeña cantidad de algodón impregnado del anestésico donde se introdujo el animal, el efecto del anestésico era visible en menos de 2 minutos aproximadamente (Figura16).

- Una vez anestesiada, la rata fue sujeta estirando la piel del cuello hacia atrás asegurándose de no dificultar la respiración.
- Luego se insertó el capilar en el ángulo externo del ojo (2 mm aproximadamente) y se giró suavemente hasta que la sangre fluyó por el mismo.
- Se recolectó la muestra (2 ml aprox.) en tubos de ensayo y se retiró el capilar cuidadosamente (Figura 17).
- Para detener la hemorragia se le aplicó presión ligeramente a la zona de punción con una gasa, posteriormente se aplicó pomada oftálmica (Lubrifiilm®).
- Se comprobó que la recuperación de la anestesia se produjo adecuadamente aportándose las medidas necesarias para ello (aporte de calor).
- Se observaron los animales los días posteriores al sangrado para detectar la aparición de posibles complicaciones: protrusión de tejido adyacente al ojo, infecciones y hemorragias. Sin embargo, las 20 ratas no mostraron ninguna de las complicaciones antes mencionadas al contrario su evolución y conducta animal fueron satisfactorias.

Para la determinación de glicemia, después de obtenidas las muestras fueron analizados en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina cumpliendo con los protocolos y normas del mismo.

Es importante mencionar que una vez finalizado el estudio y obtenida las muestras del día 21 los animales fueron sometidos a eutanasia de acuerdo a los protocolos y normativas bioéticas.



Figura 15. Anestésico empleado



Figura 16. Inducción de la anestesia en campana de vidrio



Figura 17. Toma de muestra sanguínea

7. Exámenes de bioquímica sanguínea

Se determinó solo un indicador bioquímico: glicemia mediante el empleo de un analizador automático utilizando kit comercial que indica el método y procedimiento realizado. La determinación fue realizada el día cero, día 10 y día 21.

7.1 Determinación de la glicemia

Para la determinación de la glicemia se utilizó el kit de la casa comercial de reactivos BIOSCIENCE GLUCOSA determinación enzimática cuantitativa de glucosa método GOD-PAP.

Para tal procedimiento se utilizaron 22 tubos de ensayo, 20 para las muestras de los animales que contenían (10ul de suero muestra más 1ml de reactivo), 1 para el blanco (1ml de reactivo) y 1 para el patrón (10ul de estándar más 1 ml de reactivo).

Los tubos fueron incubados por 7 minutos en baño de María a 37°C y leídos en el espectrofotómetro a 510nm llevando el aparato a cero con el blanco y calibrando con el patrón (Figura 18). Las concentraciones obtenidas fueron registradas en la Tabla 3.

7.2 Determinación inicial (día cero) de la glicemia

Los niveles de glicemia fueron analizados un día antes del inicio (día cero) del tratamiento para así llevar un registro previo y determinar los efectos o cambios producidos por el tratamiento.

7.3 Determinación día diez y día veintiuno de la glicemia

Durante el periodo de administración día 10 y final día 21 del tratamiento en estudio, se determinaron las concentraciones de glicemia siguiendo los procedimientos descritos anteriormente. Todas las concentraciones obtenidas fueron registradas en la Tabla 3.



Figura 18. Procedimiento para la determinación de la glicemia

Aspectos Bioéticos

Las investigaciones con animales de experimentación deben seguir normas o lineamientos bioéticos que aseguren las condiciones mínimas de sufrimiento y la maximización del bienestar de los mismos. Por esto, la presente investigación fue realizada de acuerdo con las normas del Institute of Laboratory Animal Resources (1999) y el Código de Bioética y Bioseguridad del Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias- Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2008). Previo a la realización del experimento, el proyecto de este trabajo fue evaluado y avalado por el Comité de Ética del Bioterio de la Universidad de Los Andes, bajo el código CE BIOULA/119.

Diseño de análisis

El análisis de datos se realizó por medio del software estadístico IBM SPSS para Windows versión 27.0, para el cálculo de la media, desviación estándar y error estándar de la media, además se efectuaron contrastes de hipótesis por medio de las pruebas paramétricas t de Student de muestras independientes y de muestras dependientes, las cuales se aplicaron a un nivel de confianza del 95%, en otras palabras, si el $p\text{-valor} < 0,05$ indica diferencias estadísticamente significativas.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en función de los objetivos específicos planteados en la investigación, con este propósito se muestran los valores de los pesos corporales registrados durante los 21 días del experimento y los valores de glicemia, determinados antes del inicio del tratamiento y, a los 10 y 21 días del experimento.

La muestra estuvo conformada por veinte ratas de laboratorio machos de la línea BIOU: Wistar (n=20), asignadas a dos grupos de investigación conformados cada uno por 10 ejemplares, correspondientes al grupo control (n=10) y grupo tratamiento (n=10).

1. Peso corporal

El peso corporal promedio del grupo control un día antes de iniciar el estudio fue $291,45 \pm 27,94$ g y de $276,10 \pm 19,25$ g para el grupo tratamiento.

Como se observa en el Gráfico 1, en ambos grupos de estudio hubo ganancia de peso durante los 21 del experimento, alcanzando el grupo control un peso corporal de $343,00 \pm 21,46$ g el día 21, para una ganancia de 51,55 g; en el grupo tratamiento la ganancia de peso fue de 56,70 g ya que el promedio de peso final (día 21) en este grupo fue $332,80 \pm 26,47$ g.

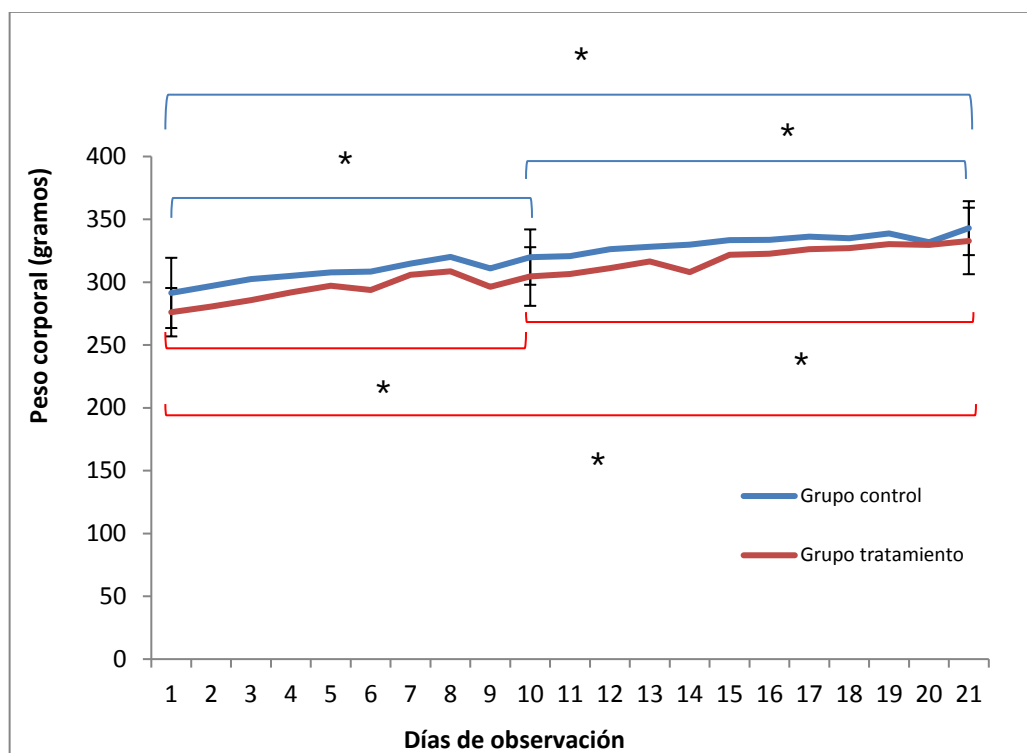


Gráfico 1. Peso corporal promedio (gramos) de los grupos control y tratamiento. (*) $p < 0,05$

En la Tabla 4 se presenta la comparación de los promedios de peso obtenidos en cada grupo de estudio antes de iniciar el tratamiento, el día 10 y al finalizar el experimento o día 21. Se obtuvo diferencia estadísticamente significativa en ambos grupos ($p < 0,05$) al comparar el peso inicial con el peso obtenido el día 10, el peso inicial con el peso del día 21; asimismo hubo diferencia significativa tanto en el grupo control como en el grupo tratamiento entre los promedios de peso del día 10 y el día 21.

Tabla 4. Comparación entre las mediciones del peso (g) en cada grupo de estudio.

Grupos		Media	N	Desviación típica	Error típico de la media	p-valor
Control	Peso antes	291,4500	10	27,94484	8,83693	<,001(*)
	Peso 10	319,9500	10	22,02833	6,96597	
	Peso antes	291,4500	10	27,94484	8,83693	<,001(*)
	Peso 21	343,0000	10	21,46315	6,78724	
	Peso 10	319,9500	10	22,02833	6,96597	,001(*)
	Peso 21	343,0000	10	21,46315	6,78724	
Tratamiento	Peso antes	276,1000	10	19,24953	6,08724	,001(*)
	Peso 10	304,5000	10	23,34999	7,38392	
	Peso antes	276,1000	10	19,24953	6,08724	<,001(*)
	Peso 21	332,8000	10	26,47347	8,37165	
	Peso 10	304,5000	10	23,34999	7,38392	<,001(*)
	Peso 21	332,8000	10	26,47347	8,37165	

(*) Existen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$) por medio de la prueba t de muestras relacionadas.

En la siguiente tabla (Tabla 5) se evidencia que al comparar a través de la prueba t de muestras independientes, los promedios de peso inicial, el día 10 y el día 21 entre ambos grupos de investigación, no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) en ningún caso.

Tabla 5. Comparación entre las mediciones del peso (g) de los grupos control y tratamiento.

Grupos		N	Media	Desviación típica	Error típico de la media	p-valor
Peso antes	Control	10	291,4500	27,94484	8,83693	,170
	Tratamiento	10	276,1000	19,24953	6,08724	
Peso 10 días	Control	10	319,9500	22,02833	6,96597	,145
	Tratamiento	10	304,5000	23,34999	7,38392	
Peso 21 días	Control	10	343,0000	21,46315	6,78724	,356
	Tratamiento	10	332,8000	26,47347	8,37165	

2. Glicemia

2.1 Grupo control

En el grupo control el valor promedio inicial de la glicemia fue 155,6500 $\pm$ 27,99 mg/dl, para el día 10 se obtuvo 156,8000 mg/dl y al finalizar el experimento (día 21) el valor hallado fue de 141,5300 $\pm$ 18,8336 mg/dl.

2.2 Grupo tratamiento

En el grupo tratado con yucuta de casabe la glicemia presentó un valor 169,1100 $\pm$ 22,98291 mg/dl al inicio del experimento, 173,9600 $\pm$ 18,15551 mg/dl el día 10, y alcanzó 193,4000 $\pm$ 50,52720 mg/dl el día 21.

La comparación estadística de los valores de glicemia obtenidos en cada grupo de estudio se presenta en la Tabla 6. Como se evidencia, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre la glicemia inicial (antes) y después (días 10 y 21), comparando dos a dos las mediciones de estudio dentro de cada grupo de investigación. De igual forma, no se halló diferencia significativa en ninguno de los grupos al comparar los valores de glicemia obtenidos los días 10 y 21.

Sin embargo, en la Tabla 7 y Gráfico 2 se observa que se cuantificaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la glicemia según grupos de investigación, entre los valores hallados en el grupo control y el grupo tratamiento el día 21 ($p = 0,011$), obteniéndose una media menor en el grupo control (141,5300 mg/dl) en comparación al grupo tratamiento (193,4000 mg/dl).

Tabla 6. Comparación entre las mediciones de la glicemia (mg/dl) en cada grupo de investigación. Prueba t de muestras relacionadas.

Grupos		Media	N	Desviación típica	Error típico de la media	p-valor
Control	Glicemia antes	155,6500	10	27,92483	8,83061	,916
	Glicemia 10	156,8000	10	18,48411	5,84519	
	Glicemia antes	155,6500	10	27,92483	8,83061	,211
	Glicemia 21	141,5300	10	18,83360	5,95571	
	Glicemia 10	156,8000	10	18,48411	5,84519	,051
	Glicemia 21	141,5300	10	18,83360	5,95571	
Tratamiento	Glicemia antes	169,1100	10	22,98291	7,26784	,634
	Glicemia 10	173,9600	10	18,15551	5,74128	
	Glicemia antes	169,1100	10	22,98291	7,26784	,194
	Glicemia 21	193,4000	10	50,52720	15,97810	
	Glicemia 10	173,9600	10	18,15551	5,74128	,358
	Glicemia 21	193,4000	10	50,52720	15,97810	

Tabla 7. Comparación entre las mediciones de la glicemia (mg/dl) en cada momento según grupo de investigación. Prueba t de muestras independientes.

Grupos		N	Media	Desviación típica	Error típico de la media	p-valor
Glicemia antes	Control	10	155,6500	27,92483	8,83061	,255
	Tratamiento	10	169,1100	22,98291	7,26784	
Glicemia 10 días	Control	10	156,8000	18,48411	5,84519	,055
	Tratamiento	10	173,9600	18,15551	5,74128	
Glicemia 21 días	Control	10	141,5300	18,83360	5,95571	,011(*)
	Tratamiento	10	193,4000	50,52720	15,97810	

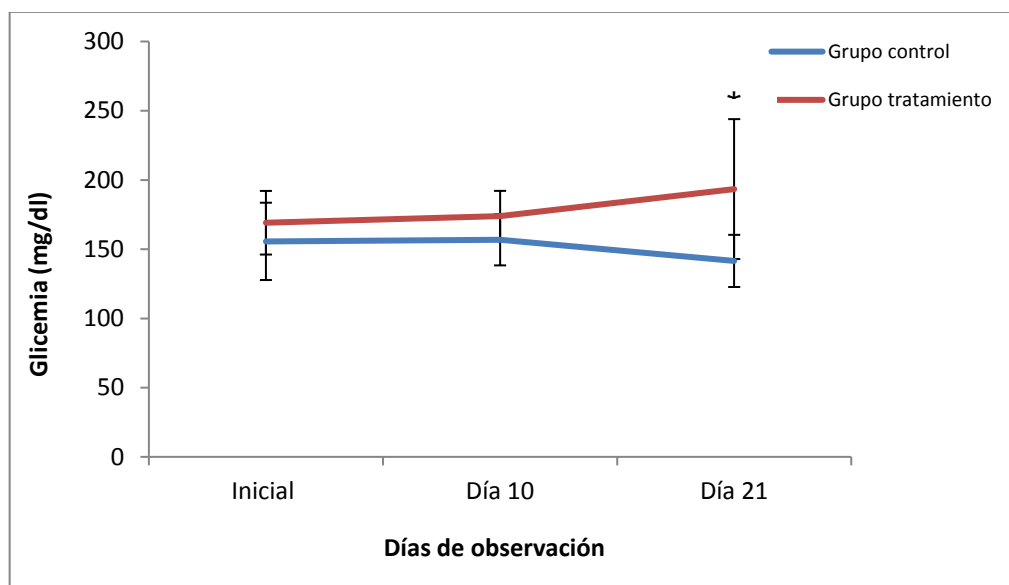


Gráfico 2. Glicemia (mg/dl) de los grupos control y tratamiento. (*) $p < 0,05$

Discusión

La yuca o *Manihot esculenta* es el tubérculo tropical más cultivado en diversas partes del mundo, contiene nutrientes beneficiosos para la salud y su preparación culinaria en forma de casabe es muy popular en Venezuela. Los productos alimenticios derivados de este tubérculo constituyen la tercera fuente de carbohidratos para la alimentación humana, después del arroz y el maíz; sin embargo, los resultados de diferentes investigaciones en relación con la influencia de su consumo sobre el peso corporal y parámetros bioquímicos son controversiales. La presente investigación se realizó con el objetivo de analizar los efectos del casabe amazonense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar.

El peso corporal, determinado durante los 21 días del experimento aumentó tanto en el grupo control, como en el grupo tratado con el casabe (Gráfico 1), obteniendo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) al comparar dentro de cada grupo de estudio el peso inicial, con los pesos registrados los días 10 y 21, así como al comparar los pesos de

los días 10 y 21 en cada grupo. Sin embargo, no hubo diferencia significativa ($p>0,05$) al contrastar entre ambos grupos los pesos correspondientes a los tres momentos de medición; este resultado indica que en los animales de ambos grupos hubo una ganancia de peso similar, acorde con la edad y, con la etapa de crecimiento y desarrollo en que se encontraban.

Resultados similares fueron reportados por Morón, Ávila, y Torrealba (2018), quienes evaluaron el efecto del consumo de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la concentración de lípidos séricos y peso corporal en ratas Sprague Dawley, y hallaron una ganancia de peso similar en los grupos alimentados con la dieta a la cual adicionaron casabe y con la dieta libre de casabe.

Asimismo, Ebeye (2018) no halló diferencia estadísticamente significativa en el peso corporal de ratas Wistar, hembras y machos, alimentadas durante 28 días con los productos de yuca procesados (“tapioca” y “garri”) en comparación con el grupo control que recibió el alimento convencional, aunque se registró una disminución gradual del peso en los grupos tratados con los productos del casabe, especialmente en las ratas hembras incluidas en el grupo alimentado con tapioca. Igualmente, Babajide, Babajide y Uzochukwu (2001), registraron una tasa de crecimiento menor en ratas Wistar alimentadas con tapioca combinada con soya, en comparación con las ratas control.

En concordancia con los estudios mencionados, en el trabajo realizado por Udeme, Okafor y Eleazu (2015), hubo disminución significativa del peso corporal de ratas Wistar alimentadas con una dieta que contenía yuca amarilla durante 7, 14, 21 y 28 días, las ratas presentaron disminuciones de peso de 5,11%, 11,10%, 19,16% y 24,18%, respectivamente, mientras que el grupo control mostró aumento de peso de 9,17%. Igualmente, Chibuzo y Ajayi (2000) hallaron una pérdida significativa de peso corporal en ratas alimentadas con una masa frita hecha de yuca fresca rallada (*Wainan Rogo* o *WR*) al cotejarlas con las ratas del grupo control.

La disminución de peso corporal observada en los estudios anteriores ha sido atribuida a la descomposición de las proteínas corporales, como consecuencia de la liberación del azufre utilizado en el metabolismo y desintoxicación del cianuro presente en la yuca, lo que ocasiona reducción en la calidad de las proteínas que se utilizan en el proceso de crecimiento corporal (Udeme, Okafor y Eleazu, 2015). En estudio previo también Aletor (1993) demostró que las ratas alimentadas con dietas de garri (producto de *Manihot esculenta*) que contenían cianuro tuvieron tasas de crecimiento significativamente más lentas que los controles, y pesos más bajos. De acuerdo con esta teoría, la falta de efecto del casabe sobre el peso corporal de las ratas en el presente estudio podría deberse al bajo o nulo contenido de cianuro del casabe administrado; sin embargo, para confirmar esta teoría es necesario determinar la composición del casabe amazonense utilizado.

Aun cuando diferentes autores han encontrado disminución del peso corporal con la administración de *Manihot esculenta*; otros como Subeki, Inke, Hidayati, Muhartono y Adawiyah (2020), refieren aumento de peso en ratas Wistar diabéticas alimentadas durante cuatro semanas con dieta a base de arroz Siger hecho de yuca cerosa (*Manihot esculenta* Crantz). Asimismo, Wang, Zheng, Wang, Zhang, Qian, Zhang y Qi (2014) reportaron aumento del peso corporal de ratones ICR diabéticos alimentados durante 12 semanas con dieta que contenía maltodextrina de yuca. La diferencia entre sus resultados y los de la presente investigación podrían explicarse por la condición diabética de los animales de experimentación utilizados por estos autores.

Con relación a los resultados de la determinación de la glicemia, al contrastar dentro de cada grupo de estudio los valores iniciales con los obtenidos los días 10 y 21 no se halló diferencia estadísticamente significativa; de igual forma, los promedios del nivel de glicemia correspondiente a los días 10 y 21 en cada grupo no fueron significativamente diferentes, al realizar el análisis intragrupal. Sin embargo, al comparar la glicemia entre ambos grupos de estudio se

observan valores superiores en el grupo tratado con casabe los días 10 y 21 (Gráfico 2), aunque la diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) solo para el día 21, en el cual la medición de la glicemia reflejó 141,53 mg/dl en el grupo control y 193,40 mg/dl en el grupo tratamiento.

Este hallazgo indica que el tratamiento con el casabe amazonense produjo un aumento progresivo de la glicemia en las ratas de la línea BIOU: Wistar, a partir de la segunda semana de tratamiento siendo estadísticamente significativo al finalizar el estudio. Hallazgos similares reportaron Madukosiri, Opara y Amos (2017) quienes al analizar el perfil hematológico y bioquímico de ratas Wistar hembras registraron niveles de glicemia significativamente más altos en las ratas alimentadas con dietas que solo contenían *Manihot esculenta*, en comparación con los grupos que recibieron las dietas que contenían la combinación de *Manihot esculenta* + *Manzana doméstica* o la combinación de *Manihot esculenta* + *Moringa oleífera*.

Asimismo, el aumento de la glicemia obtenido en el presente trabajo coincide con los resultados del estudio realizado por Udeme, Okafor y Eleazu (2015), en el que se observó que la glicemia de las ratas Wistar tratadas durante 7, 14, 21 y 28 días con yuca amarilla *Manihot esculenta* crantz, alcanzó valores significativamente más altos que los del grupo control. El aumento de la glucosa en plasma de ratas Wistar alimentadas con el *Wainan Rogo* o masa frita hecha de yuca fresca rallada también fue reportado por Chibuzo y Ajayi (2000).

El efecto hiperglicemiante de los productos alimenticios obtenidos de la yuca se ha asociado con su alto contenido de carbohidratos (Sureshkumar, Balamuralikrishnan y Kim, 2021) y con la presencia de cianuro en este tubérculo. Se ha propuesto que el aumento de la glicemia es consecuencia de la alteración que produce el cianuro en el metabolismo de la glucosa, lo cual da como resultado aumento de los niveles de glucosa y del ácido láctico, así como disminución de la proporción entre el trifosfato y el difosfato de adenosina, lo que implica un cambio del metabolismo aeróbico hacia el anaeróbico (Udeme, Okafor y

Eleazu, 2015). En concordancia con esta teoría, Yessoufou, Ategbo, Girard, Prost, Dramane, Moutairou, Hichami y Khan (2006) demostraron que la yuca dietética que contiene naturalmente cianuro agrava la diabetes mellitus en ratas.

En contraposición al efecto hiperglicemiante observado en esta y otras investigaciones previas, también se ha reportado el efecto hipoglicemiante y antidiabético de productos elaborados con *Manihot esculenta*. En este sentido, Wang, Zheng, Wang, Zhang, Qian, Zhang y Qi (2014) reportaron que la administración de una dieta basada en maltodextrina de yuca mostró efectos beneficiosos en el tratamiento y la prevención de la hiperglicemia en ratones con diabetes inducida por estreptozotocina. Asimismo, Subeki, Inke, Hidayati, Muhartono y Adawiyah (2020) demostraron la actividad antidiabética del arroz Siger hecho de yuca cerosa contra la diabetes inducida por estreptozotocina en ratas Wistar, en este estudio el arroz Siger fue capaz de reducir los niveles de glucosa en sangre a una condición normal del 68,83 % entre la cuarta y quinta semana de tratamiento.

Aun cuando el mecanismo de la acción hipoglicemiante de *Manihot esculenta* no está completamente dilucidado, se considera que la fibra dietética que contiene puede retardar la absorción de glucosa durante la digestión. Además de la fibra, los compuestos fenólicos presentes en esta planta pueden disminuir la glicemia debido a que las condiciones de hiperglucemia suelen estar acompañadas de un aumento de radicales libres en el organismo, lo que provoca resistencia a la insulina. Se ha demostrado que el consumo de compuestos fenólicos inhibe la enzima glucosidasa, la cual desempeña un papel en la hidrólisis de los carbohidratos (Subeki, Inke, Hidayati, Muhartono y Adawiyah, 2020).

Como evidencian los resultados de la presente investigación y los estudios citados, los productos de *Manihot esculenta* ejercen un efecto dual sobre la glicemia, dependiendo de la condición sistémica que presentan los animales en los que se ha evaluado su administración. En animales de experimentación aparentemente sanos se ha observado un

efecto hiperglicémico, mientras que en animales diabéticos *Manihot esculenta* produce efecto beneficioso, con disminución de la glicemia. Para establecer los mecanismos implicados en la producción de estos efectos opuestos y su relación con la presencia o no de la condición diabética se requiere diseñar futuras investigaciones.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sustentados en la discusión sobre los resultados derivados de la presente investigación, se contemplan en esta sección las conclusiones y correspondientes recomendaciones, en cuanto a los efectos del casabe amazonense *Manihot esculenta* sobre el peso corporal y la glicemia en ratas BIOU: Wistar.

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación permiten concluir que:

- Hubo ganancia de peso corporal de las ratas BIOU: Wistar de ambos grupos durante los 21 días del experimento,
- No se encontró diferencia significativa al comparar el peso corporal entre ambos grupos de estudio.
- No se obtuvieron diferencias significativas entre los tres valores de glicemia de cada grupo de estudio (días 0, 10 y 21).
- La glicemia obtenida el día 21 en el grupo tratado con la yucuta de casabe amazonense fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que la determinada en el grupo control.

Recomendaciones

Resulta oportuno formular las siguientes recomendaciones, en atención a lo expuesto en las conclusiones:

- Llevar a cabo investigaciones sobre la composición del casabe amazonense, con el fin de determinar el contenido de cianuro total y otros componentes.

- Realizar estudios en animales experimentales adultos que hayan alcanzado un peso corporal estable, con el fin de evidenciar el efecto sobre esta variable con mayor precisión.
- Investigar el efecto del casabe amazonense en ratas hiperglucemicas, diabéticas y/o con obesidad, con el propósito de ampliar los resultados del presente estudio.
- Desarrollar estudios que contemplen la administración del casabe amazonense durante periodos de prueba prolongados, con el fin de establecer los efectos de la administración crónica.
- Ejecutar estudios en animales experimentales hembras con la finalidad de evaluar los efectos del casabe en parámetros bioquímicos y peso corporal.

www.bdigital.ula.ve

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aletor, V. (1993). ***Cyanide in garri: Assessment of some aspects of the nutrition, biochemistry and haematology of the rats fed garri containing varying residual cyanide levels.*** International Journal of Food Sciences and Nutrition; 44 (4): 289- 295.
- Arias, F. (2006). ***El Proyecto de Investigación*** (5ta ed.) Caracas-Venezuela: Episteme.
- Arias, F. (2012). ***El Proyecto de Investigación.*** Introducción a la Metodología Científica. (6ta ed.). Editorial Episteme.
- Babajide JM, Babajide SO, Uzochukwu SV (2001). ***Cassava-soy weaning food: biological evaluation and effects on rat organs.*** Plant Foods Hum Nutr. 56(2):167-73.
- Castillo, O. (2014). ***El Casabe: Pan Ancestral de Venezuela.*** Universidad Central de Venezuela. Disponible en: <http://accioncampesina.org/wp-content/uploads/2016/03/OVT-El-Casabe-pan-ancestral-ind%C3%ADgena.pdf>.
- Chibuzo, E y Ajayi O (2000), ***Effect of wainan rogo on body weight and plasma glucose in wistar rats.*** Nutrition and Health, Vol. 14, pp. 133-140.
- De Jesús, R. (1998) ***Introducción a la Ciencia de los Animales de Laboratorio.*** Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones Facultad de Ciencias.

Delgado (2011). **Beneficios del casabe.** Disponible en:
<http://www.vitonica.com/hidratos/el-casabe-una-de-las-mejores-maneras-de-obtener-energia-de-forma-saludable>.

Ebeye, O. (2018). **The effect of processed cassava products (“tapioca” and “garri”) on weight and haematological indices of wistar rats.** International Journal of Basic, Applied and Innovative Research *ijbair*, 2018, 7(1): 35 – 40

García, I. (2016). **Evaluación antropométrica “Interpretación del Peso corporal”.** Universidad Autónoma del Estado de México.Facultad de Medicina. Disponible en:
http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/103654/secme-1623_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

García, J. (2011). **Casabe Venezolano. Características del Casabe.** Disponible en: <http://kuainabaida.blogspot.com/2011/08/el-casabe-venezolano.html?view=mosaic&m=1>.

García, O., Infante, B., Rivero, E. y Rivera, C. (2014). **Estudio Nutricional del Pan de Yuca “Casabe” Elaborado por la Etnia Piaroa.** Tribuna del Investigador, Vol. 15, Nº 1-2: 40-45.

Hurtado, J. (1997). **Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio.** Editorial clemente. Valencia. Venezuela.

Hurtado, J. (2010). **Metodología de la investigación.** 3ra edición. Caracas-Venezuela.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista L. (2010) **Metodología de la Investigación.** 5ta Edición. México: McGraw-Hill Interamericana.

Infante, B., García, O. y Rivera C. (2013). **Caracterización del contenido de fibra dietaria y pectina de casabe obtenido de diferentes regiones de Venezuela.** Rev Chil Nutr 40 (2).

Institute of Laboratory Animal Resources. (1999). **Guía para el cuidado y uso de los animales de laboratorio.** Edición Mexicana auspiciada por la Academia Nacional de Medicina. Disponible en: <http://www.uss.cl/wp-content/uploads/2014/12/Gui%CC%81a-para-el-Cuidado-y-Uso-de-los-Animales-de-Laboratorio.pdf>

Krinke, G. (2000). **History, Strains and Models.** *The Laboratory Rat (Handbook of Experimental Animals)*. Gillian R. Bullock (series ed.), Tracie bunton (series ed). Academic Press.

Madukosiri, CH., Opara, D. y Amos, T. (2017). **Effect of Mallus domestica and Moringa oleifera on haematological and some biochemical parameter in female wistar rats fed cassava-based diets.** Int. J. Agric. Pol. Res. 5 (2): 53-62.

Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias. **Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.** (2008). Código de Bioética y Bioseguridad (3 ed.). Caracas.

Morón, M., Ávila, A. y Torrealba, F. (2018). **Efecto del consumo de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la concentración de lípidos séricos en un modelo experimental con ratas.** Rev Digit Postgrado. 2018; 7(2): 18-25.

Ortiz, Y. (2011). **Yuca Manihot esculenta.** Bolivia. Disponible en: <http://www.ecured.cu/Yuca>.

Rivas, B. (2006). **Propiedades de la Yuca**. Revista TUPADE N°5.
Disponible en: <https://casabeacme.wordpress.com>.

Subeki, LA Inke, S Hidayati, Muhartono, R Adawiyah (2020) **Antidiabetic Activity of Siger Rice Made from Waxy Cassava (Manihot esculenta Crantz) on Streptozotocin Induced Diabetic Rats**.
Department of Agricultural Product Technology, Faculty of Agriculture, Lampung University. Jl. S. Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng – Bandar Lampung 35145

Sureshkumar S, Balamuralikrishnan B, Kim I.(2022).**Supplemental impact of cassava (Manihot esculenta Crantz) hard pellet and residue pellet-based diet as a replacement for corn on the growth performance, total tract digestibility and blood profiles in pigs**. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 106(4):792-801.

Tuñón, M. (2016). **Análisis Bioquímico. Como interpretar sus resultados**. Disponible en: <http://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/resultados-de-un-analisis-bioquimico-12160>.

Udeme N., Okafor P. y Eleazu C. (2015). **The Metabolic Effects of Consumption of Yellow Cassava (Manihot esculenta Crantz) on Some Biochemical Parameters in Experimental Rats**.
International Journal of Toxicology 1-6.

Universidad Europea. (2022). **¿Qué es la Bioquímica?** Disponible en: <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-bioquimica/>

Vásquez, M. y Ulate, G. (2010). **Regulación del peso corporal y del Apetito**. ISSN 0001-6002/2010/52/2/79-89 Acta Médica Costarricense, ©2010 Colegio de Médicos y Cirujanos.

Wang L, Zheng M, Wang Y, Zhang Y, Qian H, Zhang H, Qi X. (2014). ***Anti-diabetic activity of cassava cross-linked octenyl succinic maltodextrin in STZ-induced diabetic mice.*** Int J Biol Macromol; 64: 247-251.

Yessoufou A, Ategbo JM, Girard A, Prost J, Dramane KL, Moutairou K, Hichami A, Khan NA. (2006). ***Cassava-enriched diet is not diabetogenic rather it aggravates diabetes in rats.*** Fundam Clin Pharmacol.20(6):579-586.

Zutphen, L., Baumans, V. y Beynen, A. (1993). ***Principios de la Ciencia del Animal de Laboratorio.*** Granada. Editorial Elsevier.

www.bdigital.ula.ve