



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
SECCIÓN DE POSGRADO

**EFFECTO DE LA INGESTA DE LAS FRUTAS DE GUANÁBANA,
SACAHATOMATE, AGUAYMANTO Y TUMBO SERRANO
SOBRE LA GLICEMIA A TRAVÉS DEL ÍNDICE GLICÉMICO**

PRESENTADA POR
ROXANA CARLA FERNÁNDEZ CONDORI

TESIS PARA OPTAR GRADO DE MAESTRA EN BIOQUÍMICA Y
NUTRICIÓN

LIMA – PERÚ

2015



**Reconocimiento - No comercial - Compartir igual
CC BY-NC-SA**

El autor permite entremezclar, ajustar y construir a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
SECCIÓN DE POSGRADO**

**EFFECTO DE LA INGESTA DE LAS FRUTAS DE GUANÁBANA,
SACAHATOMATE, AGUAYMANTO Y TUMBO SERRANO
SOBRE LA GLICEMIA A TRAVÉS DEL ÍNDICE GLICÉMICO**

TESIS

**PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRA EN
BIOQUÍMICA Y NUTRICIÓN**

PRESENTADA POR

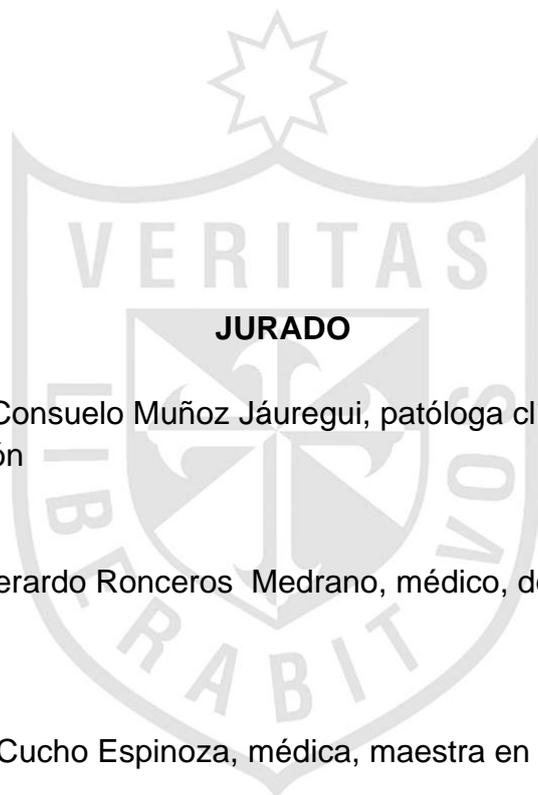
ROXANA CARLA FERNÁNDEZ CONDORI

LIMA-PERÚ

2015

ASESOR

Fernando Ramos Escudero, químico, doctor en ciencias químicas



Presidenta: María Consuelo Muñoz Jáuregui, patóloga clínica, doctora en bioquímica y nutrición

Miembro: Sergio Gerardo Ronceros Medrano, médico, doctor en bioquímica y nutrición

Miembro: Carolina Cucho Espinoza, médica, maestra en bioquímica y nutrición



A la memoria de mi mentor, amigo y hermano Edgar, quien con sus consejos, dedicación y comprensión ha hecho de mí una profesional comprometida con mi país

AGRADECIMIENTOS

A nuestro señor creador que con su protección me encuentro donde estoy.

Al doctor Frank Lizaraso Caparó, cirujano plástico, por su predisposición de apoyo incondicional la cual permitió culminar mis estudios de postgrado.

Al doctor Fernando Ramos Escudero, químico, que durante estos años dedico su tiempo para enriquecer la presente investigación.

A Juan Fernández Hoyos, mi padre, por su aliento brindado al logro de mis objetivos.

A Graciela Condori Aguilar, mi madre, que con su desvelo y amor incondicional hizo de mí una mujer con principios y coraje para poder vencer las adversidades de la vida.

A Francisco Jesús Asmat Rodríguez, mi esposo, que con su paciencia y comprensión contribuyo desmedidamente al logro de esta meta.

A la Licenciada María del Rosario Lizaraso Soto, tu amistad fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseo de superación, en ti tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues tus virtudes infinitas y tu gran corazón me llevan a admirarte cada día más.

ÍNDICE

Asesor y jurado

Dedicatoria

Agradecimiento

RESUMEN

ABSTRACT

Pág.

INTRODUCCIÓN

1

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1	Antecedentes de la investigación	4
1.2	Bases Teóricas	8
1.3	Índice glucémico y la salud	18
1.3.1	Índice glucémico y la diabetes mellitus	19
1.3.2	Índice glucémico y enfermedades cardiovasculares	20
1.3.3	Índice glucémico y obesidad	21
1.3.4	Índice glucémico y otras enfermedades	24
1.4	Definiciones conceptuales	24
1.4.1	Diabetes mellitus	24
1.4.2	Índice glucémico	24
1.4.3	Carga glicémica	25
1.4.4	Síndrome metabólico	26

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1	Material genético	28
2.2.	Selección y preparación del material genético	33
2.3	Análisis Físicos	33
2.4	Cobertura del estudio	33
2.5	Criterios de inclusión	34
2.6	Criterios de exclusión	34
2.7	Instrumentos de investigación	34
2.7.1	Instrumentos de recolección de datos	34
2.7.2	Equipos de laboratorio	34

2.8	Protocolo experimental	35
2.9	Medición del índice glucémico	36
2.10	Carga glucémica	38
CAPÍTULO III: RESULTADOS		42
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN		47
CONCLUSIONES		48
RECOMENDACIONES		49
FUENTES DE INFORMACIÓN		50
ANEXOS		
Anexo N° 1:	Consentimiento informado	63
Anexo N° 2:	Historia clínica nutricional	64
Anexo N° 3:	Anamnesis alimentaria de 24 horas	67
Anexo N° 4:	Frecuencia de consumo de alimentos	70
Anexo N° 5:	Resultado del muestreo de las frutas en estudio en relación al Índice glucémico	71
Anexo N° 6:	Fotografías de equipos utilizados para el estudio	72

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Índice glucémico y carga glucémica de alimentos consumidos en el Perú	5
Tabla 2	Clasificación del índice glicémico (IG)	8
Tabla 3	Índice glucémico de alimentos con carbohidratos complejos y simple	9
Tabla 4	Factores que modifican el índice glucémico en alimentos	11
Tabla 5	Clasificación nutricional del almidón según grado de digestibilidad	13
Tabla 6	Clasificación del IG según la utilización del alimento de referencia	26
Tabla 7	Composición nutricional de la guanábana	29
Tabla 8	Composición nutricional del aguaymanto	30
Tabla 9	Composición nutricional del sachatomate	31
Tabla 10	Composición nutricional del tumbo serrano	36
Tabla 11	Porciones de frutas equivalentes a 50gr. de Carbohidratos	44
Tabla 12	Área bajo la curva (mg.min/dl) para la glucosa y Alimentos	45
Tabla 13	Valores de índice glucémico de cada alimento	46
Tabla 14	Análisis de varianza de las frutas estudiadas	46
Tabla 15	Test de rango múltiple al 95%, mediante la prueba de límite diferencial significativa de Fisher (LSD)	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pág.
Gráfico 1	Representación: (A) Esquema del efecto de la acción enzimática en almidones, (B) imagen obtenida por microscopia de la luz visible de un almidón nativo y (C) uno gelatinizado	12
Gráfico 2	Representación de los efectos fisiológico de la Fibra y AGCC: ácidos grasos de cadena corta	16
Gráfico 3	Frutos utilizados en este estudio: (A) guanábana (<i>Annona muricata</i>), (B) sachatomate (<i>Cyphomandra betacea</i>), (C) aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i>) y (D) tumbo serrano (<i>Passiflora mollissima</i>)	28
Gráfico 4	Área delimitada por diversos métodos para calcular el ABC	37
Gráfico 5	Curva general de la respuesta de la glucosa en sangre que ilustra el método de cálculo del incremento del área bajo la curva de glucosa	40
Gráfico 6	Concentraciones de glucosa en sangre de dos sujetos (A y B) después de consumir 50g de carbohidratos disponibles a partir de glucosa y cuatro frutas	43
Gráfico 7	Área bajo la curva calculada para la glucosa oral y frutas en veintiséis sujetos	45

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la ingesta de las frutas de guanábana, sachatomate, aguaymanto y tumbo serrano sobre la glicemia a través del índice glucémico (IG) en 26 estudiantes de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad de San Martín de Porres en condiciones normales, en tiempos de 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos postprandial después de la ingestión de 50 gr. de glucosa anhidra y su equivalente contenido en las frutas mencionadas. Como resultado, los valores del IG fueron del siguiente orden guanábana > aguaymanto > sachatomate > tumbo, este último presenta un valor bajo (IG = 24.36). Las muestras de guanábana y tumbo presentaron mayores coeficientes de variación entre 54.93 y 55.74 respectivamente y la muestra aguaymanto con un valor de 44,22%. Estos frutos al encontrarse con IG entre 24 y 37, se clasifican como alimentos de bajo índice glucémico (< 55). En conclusión, los resultados sugieren que el consumo especialmente de sachatomate y tumbo, se puede asociar con un menor riesgo de diabetes mellitus tipo 2. Las diferencias en las asociaciones entre las frutas individuales presentaron variación estadísticas siendo las asociaciones más significativas guanábana-tumbo y aguaymanto-tumbo.

Palabras clave: índice glucémico, carga glicémica, diabetes mellitus, Postprandial.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the effect of the intake of fruit from soursop, sachatamate, physalis, and serrano tumbo on blood sugar levels through the Index Glycemic, 26 students of the Faculty of medicine human of the University San Martin de Porres in normal conditions, in times of 0, 15, 30, 45, 60, 90 and 120 minutes postprandial after ingestion of 50 g of anhydrous glucose and its equivalent contained in the aforementioned fruits. As a result of the IG values were the following order soursop > fruits > sachatamate > I lie down, the latter presents a low value (IG = 24.36). Soursop and tumbo samples showed higher coefficients of variation between 54.93 and 55.74 respectively and sample fruits with a value of 44,22%. These fruits to meet IG between 24 and 37, are classified as low rate food Glycemic (< 55). In conclusion, the findings suggest that specially sachatamate and tumbo, consumption may be associated with a lower risk of type 2 diabetes mellitus. Differences in the associations between the individual fruits showed variation statistics being the most significant associations guanabana-tumbo and physalis-tumbo.

Keywords: Glycemic index (GI), glycemic load (GL), diabetes mellitus (DM), post prandial (pp)

INTRODUCCIÓN

Según la evidencia científica se establece que la diabetes mellitus (DM) es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no la utiliza eficazmente, esta es una hormona normoglucemiante que regula el azúcar en la sangre, dando lugar que el efecto de la DM no controlada es la hiperglucemia (aumento del azúcar en la sangre), que con el tiempo daña gravemente muchos órganos y sistemas, especialmente los nervios y los vasos sanguíneos.¹ También se la define como síndrome metabólico que se caracteriza por hiperglicemia, la cual es causada por defectos en la secreción o acción de la insulina.² La hiperglicemia crónica, está asociada a la disfunción y falla de varios órganos a largo plazo; afecta especialmente los ojos, riñones, nervios, corazón y vasos sanguíneos, dando como resultado un riesgo de 40 veces mayor de amputación de miembros inferiores, 25 veces mayor de insuficiencia renal terminal, 20 veces mayor de ceguera, 2 a 5 veces mayor de accidentes cerebrovasculares y entre 2 a 3 veces mayor de infarto agudo de miocardio, generando mayor predisposición de hipertensión, dislipidemia y obesidad.^{3,4} En la actualidad, esta patología constituye un serio problema de salud pública ya que afecta a 194 millones de personas alrededor del mundo y se estima que para el 2025, serán 333 millones de personas con DM de los cuales el 35% de esa población procede de países industrializados y el 65% restante habita en países en vías de desarrollo; sólo en Latinoamérica hay alrededor de 19 millones de personas que padecen la mencionada enfermedad.¹

En el Perú, ésta constituye una patología prevalente (7,2%), siendo Piura el departamento con la más alta incidencia; el grupo etario más afectado esta entre los 65 años a más, con un incremento considerable en personas entre 20 y 49 años de edad.⁵

En la actualidad, se vienen ensayando muchos tratamientos que van desde la combinación de una dieta, educación, ejercicio físico, inmunoterapia, hasta trasplantes pancreáticos; pero las investigaciones están principalmente

orientada a obtener nuevas drogas hipoglucemiantes que puedan controlarla,⁶ sin embargo, en nuestro país un gran sector de la población no tiene acceso a estos modernos esquemas de tratamiento, por las limitaciones económicas y culturales, surgiendo entonces la fitoterapia o medicina natural como una alternativa accesible, con igual efectividad que los productos sintéticos, pero sin los temibles efectos secundarios típicos de dichas drogas y con la ventaja de ser más económicas.⁷ Es así que en la región andina se cultivan muchas frutas, poco conocidas, como la Guanábana (*Anona muricata*), Sachatomate (*Cyphomandra betacea*), Aguaymanto (*Physalis peruviana*) y Tumbo Serrano (*Passiflora mollissima*), estas se consumen principalmente en forma natural sin mayor grado de procesamiento, se sabe por estudios diversos que contienen fuentes importantes de carbohidratos, fibra, vitaminas, minerales, azúcares, materias gelificantes (pectinas), antioxidantes, ácidos, aromas y sabores, los cuales están a la espera de su identificación y posterior explotación por la industria alimentaria para elaborar productos novedosos tanto de manera directa como mediante la industria farmacéutica.

Planteamiento del problema

Considerando que la DM emerge como una de las mayores catástrofes de salud que ha visto el mundo tanto por su mortalidad, morbilidad e impacto en la calidad de vida por la discapacidad que genera un altísimo coste personal, social y económico; a esta se suma los porcentajes de prevalencia de la población relativamente joven y productiva que a su vez no cuenta con información local sobre el IG de las frutas y/o hortalizas oriundas del Perú, por ello es de suma importancia determinar con evidencia científica que, en la actualidad no contamos con información local del IG de las frutas peruanas, entre otros la de la guanábana, sachatomate, aguaymanto y tumbo serrano, es así que surge la inquietud y la necesidad de estudiar el efecto de estos frutos para validar científicamente su efectividad e incorporarlos en la lista de frutas para el tratamiento de pacientes con diabetes mellitus, prediabéticos, obesos y con otras patologías asociadas y de esta manera estar en capacidad de recomendarlos en la dietética, según la categoría y el nivel del índice glicémico del paciente; sobre esta base, podremos los profesionales de la salud recomendar su uso y consumo para reducir el costo del tratamiento y cuidado de

los pacientes que padecen estas patologías. Por lo expuesto, hice el siguiente planteamiento: ¿Cuál es el efecto de la ingesta de las cuatro frutas guanábana, sachatomate, aguaymanto y tumbo serrano sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes a través del índice glucémico?

Justificación del problema

El presente trabajo describe, discute los principios así como la importancia de la determinación del IG, que se establece para clasificar a los alimentos de acuerdo a las respuestas fisiológicas en cuanto a la concentración de glucosa en sangre que provocan en estas personas la ingesta de estos productos según un protocolo, con los resultados obtenidos, se pretende apoyar el tratamiento dietético de pacientes con DM y paralelamente poner énfasis en las bondades de frutas nativas de la región las misma, que no son muy conocidas y abrirían un mercado interesante.

Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de la ingesta de las frutas de guanábana, sachatomate, aguaymanto y tumbo serrano sobre la glicemia a través del índice glucémico.

Objetivo específico

- Establecer el efecto de la ingesta de la guanábana (*Anona muricata*) sobre la glicemia a través del índice glucémico.
- Establecer el efecto de la ingesta del sachatomate (*Cyphomandra betacea*) sobre la glicemia a través del índice glucémico.
- Establecer el efecto de la ingesta de aguaymanto (*Physalis peruviana*) sobre la glicemia a través del índice glucémico.
- Establecer el efecto de la ingesta del tumbo serrano (*Passiflora mollissima*) sobre la glicemia a través del índice glucémico.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

En nuestro país, existen muy pocos trabajos en relación al IG de los alimentos, pero entre esos pocos están, el estudio que midió el efecto de la ingesta de aguaymanto (*Physalis peruviana*) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes, el cual determinó que la ingesta de aguaymanto reduce la glicemia a los 90 y 120 minutos postprandial en adultos jóvenes,⁸ otro estudio demostró que los tubérculos amazónicos del Perú, el cual demostró que fueron altos, muy cercano a la glucosa estándar, el tubérculo de mayor IG fue la sachapapa, probablemente por su mayor contenido de azúcares reductores y mayor porcentaje de amilosa.⁹ También el estudio sobre la evaluación de la capacidad antioxidante y el IG de los frutos promisorios amazónicos del Perú, determinó que el IG del camu-camu, caimito y mango ciruelas fueron altos, la pitujaya medio y el arazá bajo.¹⁰ Finalmente, el estudio del efecto hipoglucemiante del extracto acuoso de las hojas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en pacientes con diabetes mellitus tipo 2, el cual determino concluyéndose que la infusión de hojas de yacón, administrada a pacientes con diabetes mellitus tipo 2, tiene un efecto protector beneficioso sobre el control glucémico.¹¹

En la tabla 1, mostré el IG a partir de los alimentos oriundos del país, puedo concluir que no existe un reporte oficial de esta relación, por lo que, me vi precisada a elaborar una tabla que los incluya tomando como base las tablas internacionales de índice glicémico (IG) y carga glucémica (CG) 2002, incluyendo como otro factor la base de los alimentos de mayor consumo de la población peruana.

Tabla 1. Índice glucémico y carga glucémica de alimentos consumidas en el Perú

Alimento	Porción (g)	IG	Carga glicémica
CEREALES			
Pan blanco	30	70	10
Pan integral	30	71	9
Pan de hamburguesa	30	60	9
Pan dulce	30	67	17
Espagueti hervido 15'	180	44	21
Arroz blanco cocido	150	64	23
TUBÉRCULOS			
Camote	150	61	17
Papa	150	74-92	15-26
Papa al horno	150	85	26
Puré de papa	150	74	15
Yuca	150	90	15
LEGUMINOSAS			
Frijol canario	150	38	9
Frijol negros	150	14	4
Lentejas	150	29	5
Garbanzos	150	28	8
Arvejas	150	48	3
VERDURAS			
Calabaza	80	75	3
Nabo	150	72	7
Zanahoria	80	47	3
Choclo	150	53	17
FRUTAS			
Durazno	120	42	5
Fresas	120	40	1
Kiwi	120	53	6
Mango	120	51	8
Manzana	120	38	6
Melón	120	65	4
Naranja	120	42	5
Papaya	120	59	10
Piña	120	59	7
Sandia	120	72	4
Uvas	120	46	8

LACTEOS			
Leche entera	250	27	3
Leche con chocolate	50	43	12
Yogurt natural	200	61	8
Helado	50	61	8
JUGOS/GASEOSAS			
Coca Cola	250	63	16
Fanta	250	68	23
Jugo de naranja	250	50	3
SNACKS/GOLOSINAS			
Palomina de maíz micro	20	72	8
Papas fritas con sal	50	54	11
Maní con sal	50	23	2

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de las referencias de las tablas Internacionales de índice glicémico y carga glicémica. 2002

Es importante considerar la relación directa que existe entre la cantidad de carbohidratos que se consumen y los niveles de glicemia, teniendo esto en cuenta, se podría pensar que bastaría con eliminar los carbohidratos para normalizar las cifras de glucosa en sangre, sin embargo, esto no es posible, pues una alimentación equilibrada necesita la contribución de estos, pues cumplen una importante función energética en el organismo.

El objetivo de conocer el IG de cada fruta que se debe consumir según el Programa 5 al día, es doble, tanto para lograr una correcta y equilibrada alimentación y mantener las cifras de glucemia lo más próximo a la normalidad. Es cierto que, el exceso de carbohidratos puede favorecer el aumento de peso corporal y la hiperglucemia después de las comidas, así como las cantidades menores de lo necesario pueden producir una mayor sensación de fatiga asociada a la práctica de ejercicio o incluso el incremento de la frecuencia de hipoglucemias en aquellas personas que siguen tratamiento con insulina o fármacos hipoglucemiantes, por lo tanto, se establece que el organismo necesita un mínimo de 120 o 130gr/día de carbohidratos con la finalidad de mantener las funciones vitales, entre ellas la de abastecer de glucosa a las células del cerebro y en el caso de los pacientes con DM, evitar el coma diabético; a partir de este consumo mínimo, las necesidades se incrementan en forma drástica,

según sea la actividad física practicada por el paciente, así, una persona de 70kg. deportista, puede llegar a necesitar unos 500gr/día de carbohidratos, mientras que esta misma persona con una actividad básicamente sedentaria o con DM puede necesitar incluso menos de 200gr/día, esta diferencia tan importante se debe a que los carbohidratos se utilizan como combustible energético, a razón de 30 a 60gr/hora de ejercicio a intensidad moderada o alta.

En la actualidad la Asociación Americana de Diabetes (AAD) recomienda el uso del IG para las prescripciones dietéticas, sin embargo, en nuestro país todavía existen establecimientos de salud que no aplican esta metodología, los resultados del presente trabajo han sido calculados para aplicar lo recomendado por la mencionada asociación.

Clasificación de los alimentos según el IG:

- Alimentos con IG alto, elevan rápidamente la glucosa en sangre. Si el IG es de 70 o más, se considera un alimento de IG alto (rápido).
- Alimentos con IG medio, elevan moderadamente la glucosa en sangre. Si el IG está comprendido entre 55 y 70, se considera un alimento de IG medio.
- Alimentos con IG bajo, elevan lentamente la glucosa en sangre. Si el IG es de 55 o menos, se considera un alimento de IG bajo (lento).

En la tabla 2 se encuentra la clasificación de las frutas según su IG las cuales tienen la mayor prescripción dietética para los pacientes con DM.

Tabla 2. Clasificación del índice glicémico (IG)

Frutas	IG > 70	55 - IG - 70	IG < 50
Piña		66	
Pasas		64	
Mango		55	
Plátano		53	
Kiwi		52	
Papaya		59	
Melón		65	
Naranja			43
Manzana			36
Pera			33
Durazno fresco			28
Ciruela			24
Cereza			22
Fresas			40
Uvas			46

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de referencias de las recomendaciones dietéticas a los pacientes con diabetes en los diferentes establecimientos de salud en el país

Asimismo, se recomienda considerar los siguientes factores que influyen en su absorción: la forma de los alimentos, la velocidad de ingestión de los alimentos, frecuencia de las comidas, la cantidad de grasa, proteínas y fibra que contengan los alimentos, métodos de cocción y procesamiento, grado de acidez, crudos o cocidos, concentración de azúcar, contenido de sal, tamaño de las porciones, valores de glucosa sanguínea, velocidad del vaciamiento gástrico y grado de madurez de las frutas.

1.2 Bases teóricas

Para conocer el IG de un alimento, es necesario compararlo con otro de referencia de igual contenido de carbohidratos, los alimentos de referencia más empleados; son la solución de glucosa anhidra cuyo IG es 100 o el pan blanco cuyo IG es 71, siendo la primera la más recomendada, mientras que el pan

blanco se prefiere cuando se pretende medir el índice insulinémico, debido a que éste ofrece respuestas más contundentes en la secreción de insulina; el IG fue determinado por la Universidad de Toronto, Canadá, como una herramienta para el manejo dietético de la DM, en pacientes pues se observó que la dieta consistía en la administración de dosis cuantificadas de carbohidratos distribuidos a lo largo del día, dando como resultado diferencias en cuanto al tipo de carbohidrato según sea estos monosacáridos, disacáridos y polisacáridos predominante en cada alimento, estos a su vez tendrían los mismos efectos fisiológicos en los pacientes, pues se pensaba que los alimentos con predominio de carbohidratos simples (mono y disacáridos), inducían un incremento de la glucemia más rápido y en mayor IG, en comparación con los que tenían predominio de carbohidratos complejos (polisacáridos).¹²

En la tabla 3 se muestra que estas creencias, quedaron atrás con el surgimiento del IG puesto que el arroz blanco o la papa, presentan una mayor proporción de carbohidratos complejos y tienen un IG alto; mientras que la fructosa y la lactosa que son carbohidratos simples, tienen un IG bajo.

Tabla 3. Índice glucémico de alimentos con carbohidratos complejo y simple

Hidratos de carbono	IG Bajo (0 - 55)	IG Alto (> 70)
Complejos	All Bran Kellos	Hojuelas de maíz
	Espagueti	Arroz blanco
	Frijoles	Papa
Simples	Fructuosa	Glucosa
	Lactosa	Maltosa
	Manzana	Dátiles
	Yogurt	Miel

Fuentes: Glycemic and insulinaemic indices of Mexican foods high in complex carbohydrates. Diabetes Nutrición y Metabolismo; (2000)

El trabajo contemplo la realización de pruebas para determinar la respuesta glucémica con grupos de 5 a 10 voluntarios, a quienes se les dio uno de 62 tipos de alimentos de forma aleatoria y se vigilaron sus niveles de glucosa; los

resultados se compararon con las respuestas glucémicas del alimento de referencia, empleando solución de glucosa, con el mismo contenido de carbohidratos que el alimento prueba.¹² Las conclusiones a las que llegaron es que el origen químico de los carbohidratos como los monosacáridos, disacáridos y polisacáridos, no predicen los efectos fisiológicos; así, los 30gr. de carbohidratos que contiene el pan blanco puede no tener la misma respuesta obtenidas con frutas, hortalizas o pastas; en consecuencia, podemos afirmar que no existe relación entre la respuesta glucémica y la proporción de carbohidratos simples o complejos que contiene un alimento.

La importancia del IG radica en que los carbohidratos son el principal nutriente responsable de alterar la respuesta glucémica y éstos, junto con otros, son las principales fuentes de energía de la dieta humana. Originalmente, las recomendaciones para su consumo se estimaron en base al requerimiento energético total, considerando además, los requerimientos proteicos y lipídicos, siendo para los carbohidratos del 45 al 55% del valor energético total.^{10, 11} En sus inicios, se manejaba exclusivamente para el tratamiento de pacientes con DM tipo 2 y posteriormente se asoció a otras alteraciones como sobrepeso, obesidad y enfermedades cardiovasculares, esta lista sigue creciendo a medida que se realizan investigaciones, de manera que ahora no es únicamente una herramienta de uso terapéutico, actualmente también se le da un uso preventivo, donde nos permite elegir preferentemente alimentos con IG bajo durante las comidas principales, los cuales forma parte de los hábitos saludables de alimentación, que a su vez previene el desarrollo de enfermedades en grupos de riesgo.^{12,13}

Cuando el IG surgió, no era muy aceptado, puesto que los alimentos individuales no era aplicable a una mezcla de comidas que contenían diferentes fuentes de carbohidratos junto con grasas y proteínas las cuales, la modifican, porque intervienen en procesos como la liberación de insulina y el vaciamiento gástrico;⁸ estos factores son los aspectos físicos-químicos de los alimentos que pueden ser intrínsecos y extrínsecos, que interactúan en el alimento; entre ellos destacan: las técnicas de procesamiento (molienda y congelación) o culinarias

(calor, agua y tiempo de preparación), proporción de componentes del almidón (amilosa y amilopectina), contenido de fibra y tipo de carbohidrato.⁹

En la tabla 4 se detallan algunos de los factores que modificarían el IG y se profundizó en los efectos que provocan el almidón, la fibra alimentaria, las proteínas y las grasas en la respuesta glicémica de los sujetos, ya que éstas pueden estar presentes en las frutas en estudio o ser añadidas en la composición de la dieta.

Tabla 4. Factores que modifican el índice glucémico en los alimentos

Factor	Mecanismo	Efecto
Composición del almidón	La amilosa está conformada por cadenas lineales de glucosa, mientras el amilopectina es ramificado y por lo tanto más susceptible al ataque enzimático.	A mayor contenido de amilosa, menor IG y a mayor contenido de amilopectina mayor IG.
Gelatinización del almidón	El almidón gelatinizado presenta mayor superficie de ataque enzimático y aumenta la digestibilidad del almidón.	Entre más gelatinizado sea el almidón mayor será su IG.
Fibra soluble	La fibra soluble aumenta el volumen (viscosidad) del contenido gástrico, lo cual disminuye el tránsito y el ataque enzimático.	Entre más fibra tenga el alimento más bajo será su IG.
Fibra insoluble	Esta fibra actúa como barrera contra el ataque enzimático.	A mayor contenido de fibra insoluble, menor será su IG.
Interacción proteína-almidón	Durante la extrusión de los alimentos, la proteína y el almidón se asocian, formando una matriz proteica que reduce el ataque enzimático.	A mayor contenido de proteínas de un alimento rico en carbohidrato, menor será su IG.
Interacción grasa-almidón	Una parte de la grasa del alimento forma complejos con el almidón, lo cual reduce el ataque enzimático.	A mayor contenido de grasa en un alimento rico en carbohidrato, menor será su IG.
pH del alimento	Los alimentos con un pH menor, disminuye el vaciamiento gástrico.	Entre más bajo sea el pH de un alimento menor será su IG.
Contenido de azúcar	La mitad del contenido de azúcar es fructosa, la cual se absorbe muy lentamente (IG = 20).	A mayor contenido de azúcar de un alimento rico en almidón, menor será su IG.
Procesamiento del alimento	Entre más procesado este el alimento, será más susceptible al ataque enzimático.	Entre más procesado sea el alimento, mayor será su IG.

Fuentes: Glycemic and insulinaemic indices of Mexican foods high in complex carbohydrates. Diabetes Nutrición y Metabolismo; (2000)

El efecto del estado físico del almidón en la repuesta glucémica es uno de los factores más determinantes de un alimento, es la mayor o menor susceptibilidad de sus carbohidratos a ser digeridos y absorbidos en nuestro sistema digestivo, es decir, se puede modificar la respuesta glicémica (expresada como IG o CG) de un alimento si se logra variar el grado de digestión y absorción de los

carbohidratos que la contiene,¹⁴ en este sentido parece tomar una importancia relevante, ya que este determinaría la accesibilidad de las enzimas digestivas, limitando así el grado y velocidad en que éstas serían capaces de digerir los almidones (Gráfico 1).^{15,16}

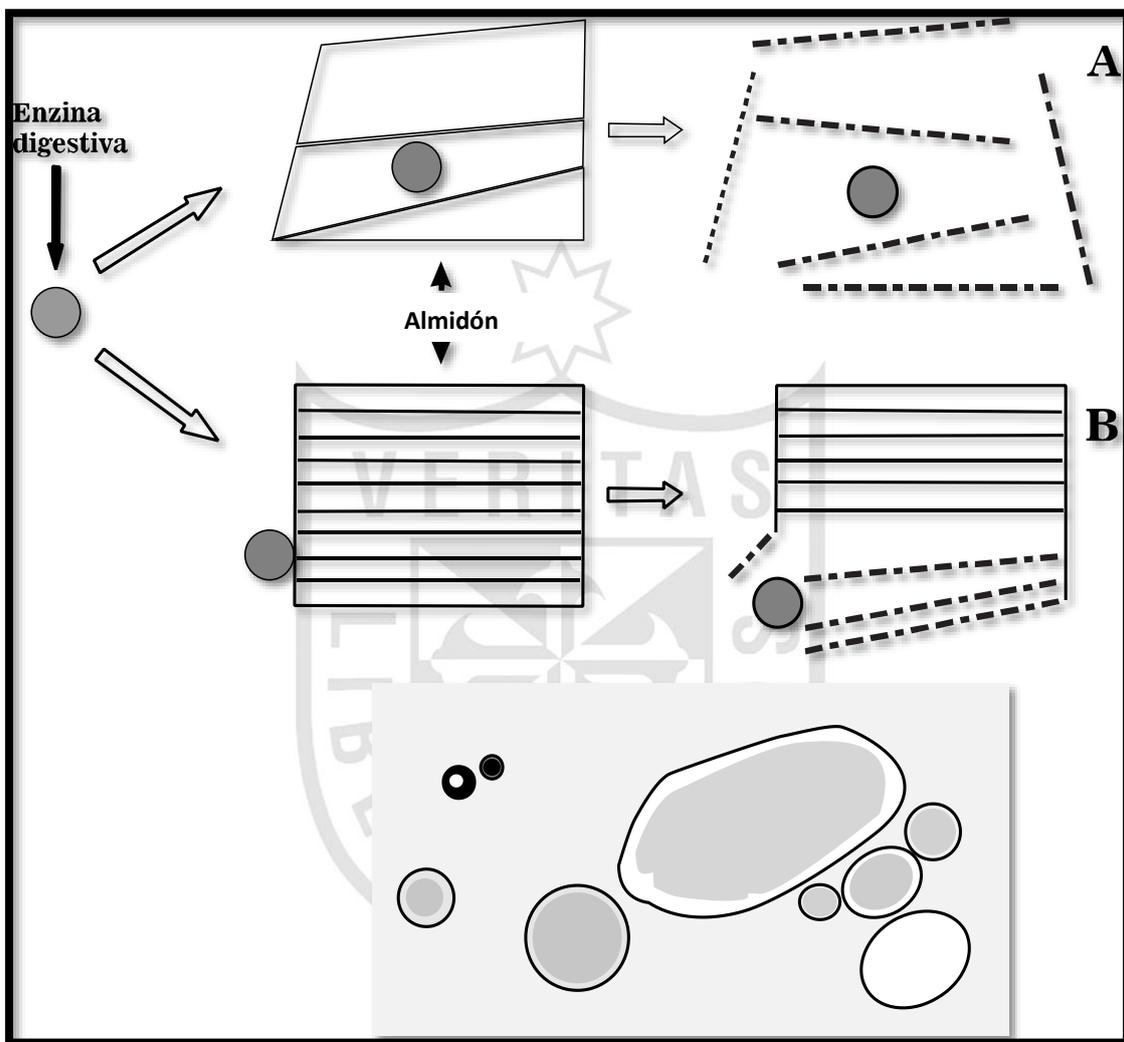


Gráfico 1 Representación: (A) Esquema del efecto de la acción enzimática en almidones, (B) imagen obtenida por microscopia de la luz visible de un almidón nativo y (C) uno gelatinizado

La clasificación nutricional del almidón, vigente hasta hoy, basada en su grado de digestibilidad *in vitro* pusieron en evidencia que almidones de distinta fuente o con distinta forma (estado físico) eran digeridos siguiendo cinéticas diferentes (ver tabla 5), así podemos distinguir tres tipos de almidón los que se digieren de manera rápida (RDS), lenta (SDS) y los que no se digieren en ningún grado o almidones resistentes (RS).¹⁷

Tabla 5. Clasificación nutricional del almidón según grado de digestibilidad

Clase según el IG	Aplicación en los Alimentos
	Rápidos: RDS
Carbohidratos glucémicos: Aumentan la glucosa en sangre	Azúcares (mono y disacáridos). Lentos: SDS Almidones (amilosa)
	Fibra Alimentaria: RS
Carbohidratos no glucémicos: No aumenta la glucosa en sangre	(Polisacáridos sin Almidón). (Polisacáridos con almidón resistente) (Fructooligosacárido) (Galactooligosacárido)

El almidón resistente ha recibido gran atención por su funcionalidad como fibra alimentaria y como una posibilidad de bajar la carga glicémica de alimentos amiláceos, siendo su estructura compacta (inaccesible para las enzimas digestivas) el factor determinante en la capacidad de resistir a los procesos físico/enzimáticos,¹⁸ sin embargo, no se debe tener la formación de este tipo de almidón como un fin único a la hora de controlar la respuesta glicémica, sino que se debe considerar también el manejo fino de la estructura para obtener almidones con distintas cinéticas de digestibilidad; esto, porque si bien el aporte neto de glucosa puede llegar a ser el mismo que el RDS, los efectos fisiológicos al entregar glucosa a diferentes velocidades pueden ser distintos.¹⁹

Un factor que determina la presencia del RS, es el contenido de amilosa; sin embargo, los autores señalan que el contenido de esta, no puede ser considerado un factor único que determine la digestibilidad,²⁰ también se estudió específicamente el efecto de la gelatinización y retrogradación en la digestión enzimática del almidón de arroz, concluyendo que los distintos grados de estos (inducidos por distintos tratamientos térmicos) determinan la cinética de digestión, quedando explicados estos por los cambios en la microestructura del mismo, siendo el estado amorfo (desordenado) el más accesible para las enzimas digestivas versus el estado cristalino (ordenado);^{21,22} así mismo, la baja respuesta insulínica, después de la ingestión del pan de centeno, comparada con la respuesta después de la ingestión de pan de trigo, no pudo ser explicada

por la cantidad de fibra en el primero, pero sí por diferencias en las propiedades estructurales de ambos panes, los autores señalan que, en el primer caso una fase continua fue formada por gránulos de almidón empacados de esa manera, mientras que en el segundo caso, los gránulos de almidón fueron encerrados en una red extensible de gluten que formó la fase continua; esto causaría menos porosidad y una estructura mecánicamente más firme en el pan de centeno lo que derivaría en una menor accesibilidad a las enzimas digestivas,²³ en cambio los ñoquis, (*del italiano gnocchi*) producían respuestas glicémicas más bajas que otros alimentos como pizza o pan blanco, esto sería consecuencia de su estructura más compacta (observada por microscopía electrónica de barrido), ya que estaría limitando la acción enzimática al momento de la digestión, en el mismo sentido concluyeron que la microestructura presente en el alimento juega un importante rol en la determinación de la accesibilidad del almidón a la digestión, influyendo así en la respuesta glicémica postprandial la cual modula los niveles de insulina y lípidos plasmáticos, debido a esto, se pueden encontrar alimentos que si bien no son particularmente ricos en fibra, sí presentan bajos IG como los tallarines y ñoquis.^{24, 25}

Algo similar podría suceder, a nivel del estómago, con la fibra soluble como consecuencia de su viscosidad, la cual vuelve más lento el vaciamiento gástrico y aumentan su distensión prolongando la sensación de saciedad, en el intestino delgado nuevamente, por la formación de soluciones viscosas se incrementa el tiempo de tránsito, también aumenta el espesor de la capa de agua que ha de traspasar los solutos para alcanzar la membrana del enterocito, lo que provoca una disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos,²⁴ asimismo, se produce una disminución en la absorción de los ácidos biliares ya que estos se unen a los residuos fenólicos y urónicos en la matriz de los polisacáridos, esto altera la formación de micelas y la absorción de las grasas, como consecuencia de la depleción de ácidos biliares pueden disminuir los niveles de colesterol, al utilizarse éste en la síntesis de nuevos ácidos biliares;²⁶ en cambio, la fibra insoluble es poco fermentable y aumenta en mayor grado la masa fecal debido a los restos de fibra no digeridos y a su capacidad para retener agua, en cambio la fibra soluble, aumenta la biomasa bacteriana y la retención de agua aumentando así el volumen fecal y el estiramiento de la pared intestinal

estimulando los mecano-receptores y se producen los reflejos de propulsión y evacuación.

Las sales biliares y los ácidos grasos de cadena corta también estimulan la movilidad y aceleran el tiempo de tránsito intestinal, los gases producidos en la fermentación aumentan la masa fecal al quedar atrapados en el contenido intestinal e impulsan la bomba de propulsión; en el caso de estreñimiento severo, la fibra puede ser a veces contraproducente como en pacientes con lesiones de médula espinal o tránsito específicamente lento, es importante resaltar que en los últimos treinta años múltiples estudios han demostrado que la administración de fibra dietética podía reducir los niveles de glucemia en pacientes con diabetes tanto tipo 1 y 2, la recomendación del consumo de fibra es de 20 a 35gr.de fibra/día tanto soluble como insoluble para mantener un mejor control glucémico e insulínico;² la fracción soluble es la más eficaz en el control de la glucemia y los mecanismos que se producen son:

- Retraso en el vaciamiento gástrico.
- Disminución en la absorción de glucosa al quedar atrapada por la viscosidad de la fibra y ser entonces menos accesible a la acción de la amilasa pancreática.
- Producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC): el propionato influiría en la neoglucogénesis reduciendo la producción hepática de glucosa, el butirato podría actuar reduciendo la resistencia periférica a la insulina al reducir la producción del factor de necrosis tumoral alfa (TNF α). Como es bien sabido, la resistencia a la insulina es uno de los factores más importantes implicados en el síndrome metabólico, ²⁷ es importante también, tener en cuenta que la insulina tiene además de su acción metabólica, un efecto sobre el endotelio vascular que facilita la progresión de la aterogénesis (Gráfico 2).

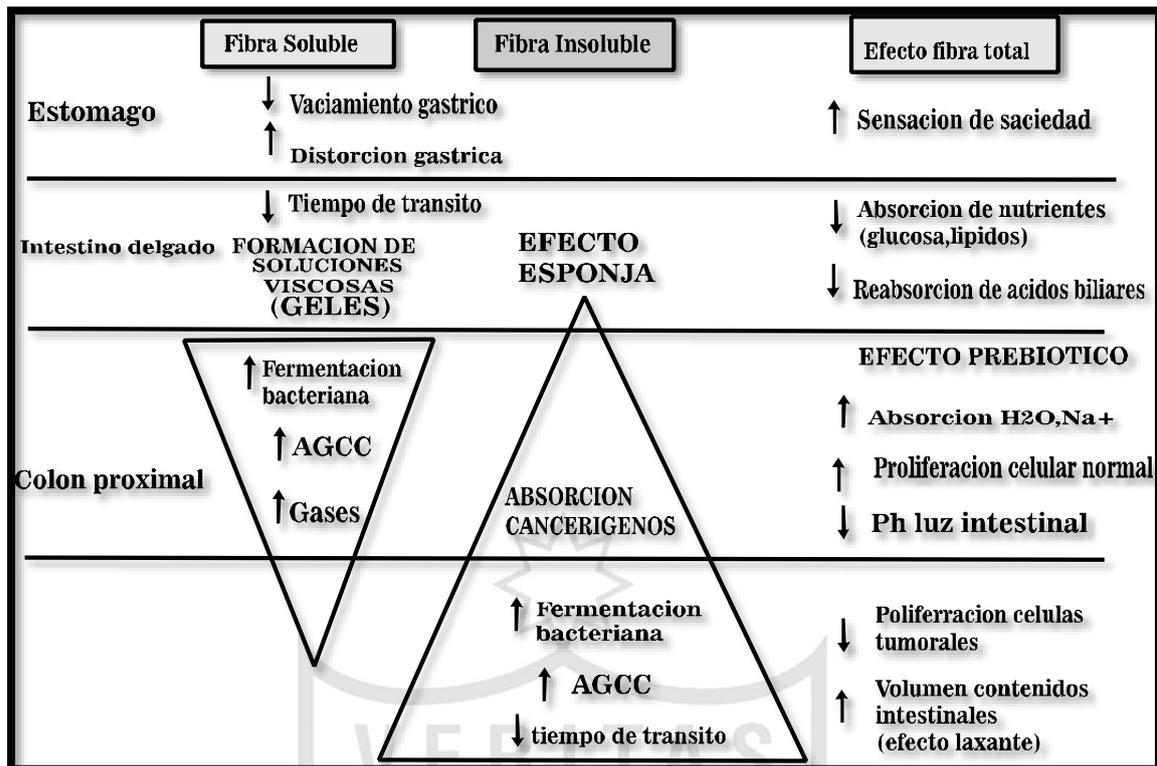


Gráfico 2. Representación de los Efectos fisiológicos de la fibra. AGCC: ácidos grasos de cadena corta

Sin embargo, el efecto de las grasas varía de forma sustancial en diferentes personas por que pueden estar influenciados por diversos factores como: la dieta habitual, la naturaleza de los ácidos grasos ingeridos y la manera en que la grasa es incorporada a la comida;²⁸ en estudios con diferentes tipos de grasas, algunos autores han encontrado que las respuestas glucémicas tras añadir a alimentos con carbohidratos y grasas saturadas son mayores que si se agregan grasas insaturadas, mientras que otros no han encontrado diferencia alguna de los mecanismos por los cuales las grasas alteran la respuesta glucémica son: retraso en el vaciamiento gástrico, aumento de la salida de glucosa hepática y aumento en la secreción de insulina.²⁹⁻³¹ El retraso en el vaciamiento gástrico ocurre por efectos hormonales ya que la grasa estimula las hormonas entéricas como el polipéptido inhibidor gástrico y el péptido 1, similar al glucagón; el hecho de que la adición de grasa a una comida retrase el vaciamiento gástrico es probable que no sea un efecto específico de la grasa, pero es una respuesta general al consumo de este nutriente y como resultado, la grasa tiende a reducir el aumento inicial de glucosa en sangre tras la comida y en algunos casos genera un segundo pico de glucémico.³²⁻³⁵

Con respecto al aumento de la salida de la glucosa hepática, se ha encontrado que las diversas fuentes de grasa influyen en las respuestas de las glucemias postprandiales, ya que los ácidos grasos saturados provocan una respuesta glucémica mayor en comparación con la obtenida después del consumo de alimentos con predominio de ácidos grasos mono o poliinsaturados,³⁶ se ha sugerido que esto ocurre debido a que la grasa ingerida es hidrolizada por la lipasa pancreática en ácidos grasos y mono glicéridos los cuales son absorbidos en el intestino delgado; los ácidos grasos y mono glicéridos absorbidos, se vuelven a unir en triglicéridos, éstos son incorporados a quilomicrones, que a su vez son secretados por el enterocito dentro de la circulación linfática y ésta los conduce al torrente sanguíneo periférico; sin embargo, no todos los ácidos grasos absorbidos son incorporados a los quilomicrones; algunos entran en la circulación portal como ácidos grasos libres y viajan directamente al hígado en donde ocurre la gluconeogénesis con la consecuente liberación de glucosa hepática;³¹ Otro mecanismo por el que la grasa puede influir en la glucemia postprandial, es por la estimulación de la secreción de insulina las concentraciones de esta en plasma, después de la adición de grasa a los alimentos ricos en carbohidratos, generalmente no son diferentes a las obtenidas sin ingerir alimentos que contienen grasa de 3 a 4 horas después de comer, a pesar de las concentraciones de glucosa significativamente menores; por lo anterior, se deduce que la grasa potencia la capacidad de la glucosa para estimular la secreción y la actividad de la insulina.³²

La forma en que las proteínas influyen en el IG de los alimentos, varía considerablemente para los diferentes tipos; existen mecanismos potenciales por los que éstas pueden afectar el metabolismo de la glucosa y no sólo operan en diferentes direcciones sino que también, generarían confusión por las velocidades de digestión de las proteínas, la absorción y el metabolismo de los aminoácidos individuales;³⁷ algunas de estas, pueden reducir las respuestas glucémicas al retrasar el vaciamiento gástrico como se ha sugerido que lo hace la caseína;³⁸ también la glicina de la dieta estimula la secreción de una hormona intestinal que potencia el efecto de la insulina en la eliminación de la glucosa de la circulación sanguínea, sin embargo, hay varios mecanismos por los cuales la

proteína puede aumentar la glucosa en plasma que incluyen la estimulación de la secreción de glucagón,³⁹ las grasas y las proteínas tienen efectos sobre las respuestas glucémicas que son independientes de aquellas producidas exclusivamente por los carbohidratos.^{40,41} Sin embargo, las grasas, proteínas, carbohidratos disponibles así como y el IG tienen efectos independientes sobre las respuestas de glucosa e incluso de insulina, pero estos efectos sólo pueden ser detectados si hay una cantidad importante en la variación de sus ingestas.⁴² El IG se usa cada vez con mayor frecuencia para establecer el régimen de alimentación de pacientes con DM, sobrepeso, obesidad y enfermedades cardiovasculares considerando que los alimentos de IG alto, contribuye a que se presente resistencia a la insulina y ésta a su vez desarrolla enfermedades ya mencionadas; generalmente, están relacionadas y podrían causar otra y en conjunto formar parte del síndrome metabólico; por lo tanto, si se consumen alimentos considerando su IG se podrían controlar estas enfermedades y evitar que el síndrome se presente, también se están realizando estudios sobre la influencia del IG en el desarrollo y/o control de patologías como el cáncer.⁴³

1.3 Índice glucémico y la salud

El IG está siendo utilizado cada vez con mayor frecuencia en aspectos de la vida que no tienen que ver exclusivamente con la enfermedad; un ejemplo es el deporte, ya que con el conocimiento de este, es posible seleccionar los alimentos que el deportista deberá ingerir antes, durante o después de su sesión de entrenamiento o competencia; condicionando su efecto metabólico al elegir el alimento.⁴⁴ Antes de iniciar el ejercicio, los alimentos con IG alto ayudan a disponer rápidamente de la glucosa necesaria para llevar a cabo la actividad y después del ejercicio estos alimentos permiten recuperar rápidamente las reservas de glucógeno,⁴⁵ sin embargo, existe otra postura que señala que el consumo de alimentos con IG alto al inicio de la prueba, provoca una respuesta insulinémica alta que producirá, después de un tiempo, hipoglucemia y reducción de la oxidación de lípidos como combustibles en lugar de la utilización de los carbohidratos, estas desventajas se pueden eliminar consumiendo alimentos con IG alto durante el esfuerzo, de acuerdo, a lo anterior, se ha sugerido que los deportistas deben consumir alimentos de IG de bajo a medio entre una media

hora a una hora antes de realizar los ejercicios;⁴⁴ la clasificación del IG, también es útil durante el embarazo, en esta etapa es común que el lactógeno placentario se oponga a la actividad de la insulina, lo cual daría lugar a la diabetes gestacional, sin embargo, si se consumen preferentemente alimentos de IG bajo, se regularía la concentración de glucosa en sangre y la insulina trabajaría de mejor manera, evitando que se presente esta condición; como se ha mencionado, el controlar el IG de la dieta ofrece beneficios a personas en condición de salud e incluso a personas susceptibles de presentar alguna enfermedad por cuestiones hereditarias, en donde el preferir alimentos de IG bajo evita o cuando menos, retrasa la aparición de enfermedades, la manera en la que este, influye sobre el estado de salud de las personas es sobre procesos fisiológicos que son relevantes tales como la función cognitiva, la regulación del apetito, determinación de la composición corporal, la ganancia de peso del feto así como el de la madre durante el embarazo, entre otros.⁴² Un estudio reciente en 74 niños de edad escolar evaluó el efecto que tiene la composición del desayuno en sus funciones cognitivas así como el estado de ánimo, después de desayunar con alimentos de IG bajo y alto y de CG baja y alta; de acuerdo a las evaluaciones realizadas se observó que los niños que consumieron las dietas con IG bajo, tenían la sensación de estar más alertas, felices y menos nerviosos; en el caso de los niños que ingirieron comidas de CG alta estos se mostraron satisfechos, seguros y menos cansados. En este estudio también se midió la concentración de cortisol lingual relacionado con la respuesta al estrés, encontrando que las comidas con IG bajo reducen la respuesta en la secreción de cortisol cuando existe un estímulo estresante. Por lo que se puede concluir del estudio que las dietas de IG bajo y CG alta, mejoran el aprendizaje, disminuyen la fatiga, mejoran la capacidad de retención de conocimientos y la memoria de los escolares.^{46, 47}

1.3.1 Índice glicémico y la diabetes mellitus

La Asociación Americana de Diabetes (ADA), señala en sus recomendaciones textualmente: “La cantidad total de carbohidratos consumidos constituye el mejor predictor de la respuesta glucémica y se mantiene como una estrategia clave

para el manejo dietético de los pacientes con DM, el objetivo de la dieta de estos pacientes, es mantener sus niveles de glucosa en los valores más próximos a la normalidad, por lo que el conocimiento del IG contribuirá a planificar correctamente su dieta, además, el hecho de que personas susceptibles a padecer DM consuman preferentemente alimentos de IG bajo ayudará a prevenir el desarrollo de la enfermedad; mientras que quienes consuman mayor cantidad de alimentos de IG alto tendrán una secreción de insulina mayor y la estimulación fuerte y continua del páncreas, puede agotar las reservas de insulina, el uso del IG en el tratamiento nutricional de pacientes con DM es fácil de realizar y les permite tener una amplia gama de alimentos para elegir; además, los pacientes prefieren el tratamiento dietético usando el IG en comparación con otros tratamientos como el conteo de carbohidratos ya que se puede elegir el alimento que se desea, incluso si es de IG alto, siempre y cuando la mayoría de los alimentos consumidos sean de IG bajo.⁴⁸ El consumo de fibra es recomendado en el tratamiento de los pacientes DM pero hay un estudio que refiere una disminución moderada de hemoglobina glucosilada (Hba1c) en pacientes que estuvieron 6 meses con dieta de IG bajo en comparación con otros pacientes con dieta rica en fibra, la disminución de la Hba1c es importante para los pacientes diabéticos debido a que ésta muestra un panorama de cómo se encontraban las glucemias de los pacientes en los tres meses anteriores y una Hba1c alta, obedece a niveles elevados de glucosa sanguínea.^{49,50}

1.3.2 Índice glucémico y enfermedades cardiovasculares

En el caso de las enfermedades cardiovasculares, el proceso de aterosclerosis provoca la reducción del flujo sanguíneo con la posibilidad de formación de coágulos y el consecuente desarrollo de trombosis, este proceso está relacionado directamente con altas concentraciones de colesterol total, triglicéridos y glucosa además con disminución de las lipoproteínas de alta densidad; ahora se sabe que dietas de bajo IG provocan reducciones en colesterol total y triglicéridos y aumentan las concentraciones de HDL,^{51, 52} por otro lado se ha sugerido que una dieta basada en alimentos con IG alto, condiciona una respuesta glucémica postprandial mayor, que induciría estrés oxidativo que ocurre por un desequilibrio entre la producción de oxígeno reactivo

y la capacidad de un sistema biológico de eliminar rápidamente los reactivos intermedios o reparar el daño resultante; prueba de ello es la demostración de una reducción de la capacidad antioxidante del suero y un incremento de radicales libres al utilizar dietas con IG alto.⁵³ Esta situación llevaría a una disfunción endotelial con las siguientes consecuencias, elevación de la presión arterial, incremento de la reactividad inflamatoria, trombo génesis y de la proliferación celular endotelial, factores involucrados en la aterotrombosis.⁵⁴

1.3.3 Índice glucémico y la obesidad

La obesidad es uno de los problemas de salud pública que afecta a diversos países; el sobrepeso y la obesidad han adquirido las proporciones de una epidemia global que afecta a más de 1400 millones de personas en el mundo. ¹ En los países de medianos y bajos ingresos la prevalencia de la obesidad se han triplicado en los últimos 20 años, el incremento de esta prevalencia ha coincidido con el crecimiento económico y los cambios en los estilos de vida, principalmente relacionados con un mayor consumo de alimentos con alto contenido calórico y la disminución del nivel de actividad física.⁵⁵ En América Latina también se ha podido observar este incremento, sin embargo, llama la atención una tendencia creciente en la prevalencia del exceso de peso (sobrepeso y obesidad) en los niños. De 12 países de la región con información estadística nacional disponible, el exceso de peso en menores de cinco años se observa prevalencias superiores al 20% en cinco de ellos, registrándose las cifras más altas en Perú, Bolivia y Chile;⁵⁶ este hecho cobra mayor importancia si se toma en cuenta que se ha informado que el exceso de peso causa la muerte de alrededor de 2,8 millones de personas al año en el mundo, ya sea en forma directa o asociada con enfermedades crónicas no transmisibles. Se estima que de estos, un 44% corresponde a la carga de DM, 23% de enfermedad coronaria isquémica y 33% de ciertos tipos de cáncer que pueden ser atribuibles a la obesidad,⁵⁷ las personas que padecen esta patología tienen el riesgo de acortar su vida de ocho a diez años respecto a las personas de peso normal incrementándose el riesgo de muerte prematura en un 30% por cada 15kg de peso adicional;⁵⁸ asimismo, los niños con exceso de peso tienen cifras de presión sanguínea y nivel de triglicéridos más altos y de colesterol HDL más bajos que

los que tienen peso normal.⁵⁹ En la adolescencia, el sobrepeso se asocia con un riesgo incrementado de morbilidad para enfermedad coronaria y aterosclerosis y es un predictor más potente de estos riesgos que el sobrepeso en la adultez.⁶⁰

La problemática en el Perú, ha experimentado en las dos últimas décadas profundos cambios sociales y económicos que han influido sobre las características epidemiológicas, demográficas y nutricionales de la población constituyendo un modelo de transición polarizado y prolongado,⁵⁵ sus manifestaciones más notables se observan en el paulatino envejecimiento de la población, la disminución de las tasas de natalidad y mortalidad, el incremento de las enfermedades crónicas no transmisibles como causas de muerte y la modificación de los patrones alimentarios.⁶ La transición nutricional que países como el Perú está experimentando, se caracteriza por un incremento en la ingesta de alimentos ricos en grasas, azúcares, alimentos procesados y una disminución del nivel de actividad física; los factores asociados con su desarrollo se relacionan principalmente con la urbanización, el crecimiento económico, los cambios tecnológicos que promueven el sedentarismo, la limitada actividad física en los momentos de tiempo libre, el procesamiento de alimentos y la creciente publicidad de alimentos procesados en los medios de comunicación masiva,^{61,62} también, el modelo de transición nutricional es del tipo polarizado, el cual se define por la existencia de subpoblaciones que se encuentran en diferentes estadios e incluso características de más de un estadio en un mismo subgrupo poblacional, lo cual representa un escenario de abordaje complejo. En la actualidad, los problemas relacionados con las carencias nutricionales tales como la desnutrición crónica y la anemia comparten un escenario de similar relevancia con aquellos derivados del sobrepeso y obesidad; otro factor es el sedentarismo y el consumo de alimentos cada vez más refinados o con alto contenido de grasas que favorecen el desarrollo de esta condición que además está fuertemente relacionada con otras enfermedades como la DM y las enfermedades cardiovasculares.^{63, 64} Esto no es un problema que afecte sólo a la población peruana, gobiernos como el de los Estados Unidos han lanzado campañas para promover la baja ingesta de grasas, azúcares y sal, mientras promovía el incremento en el consumo de carbohidratos complejos para disminuir la prevalencia de sobrepeso y obesidad, a la vez que incentivaba la

actividad física y deporte para evitar el sedentarismo; a pesar de llevar a cabo estas acciones, observaron que la tasa de obesidad seguía aumentando, investigaciones recientes, analizan la forma de utilizar al IG como herramienta para disminuir la incidencia de sobrepeso y obesidad en ese país, se ha demostrado que si en un plan de alimentación se considera el IG de los alimentos, se puede conseguir la reducción o el mantenimiento del peso corporal y evitar que aparezcan enfermedades asociadas. Hay estudios que demuestran la relación entre el IG y la obesidad ya que las dietas con IG bajo provocan una mayor reducción de peso corporal y grasa, en comparación con las dietas de IG alto.⁶⁵ Es por esto que, el IG de la dieta es uno de los factores que impacta la regulación del peso corporal, ya que se sabe que los alimentos de IG bajo, a diferencia de los de IG alto, provocan una sensación de saciedad mayor, por lo que tiende a consumirse menor cantidad de comida o se aumenta el tiempo entre comidas. La ingesta de una dieta compuesta por alimentos de IG bajo, provoca una lenta entrada de glucosa al torrente sanguíneo y una baja estimulación pancreática por lo que la liberación de insulina también será baja; por el contrario, cuando se consumen alimentos con IG alto, llegan al torrente sanguíneo grandes cantidades de glucosa, lo cual estimula la secreción pancreática que produce una alta respuesta insulinémica, la que después de un tiempo provocará descenso de los niveles de glucosa dando como resultado la liberación de hormonas responsables del apetito como el cortisol y la noradrenalina, las cuales estimulan el deseo de comer; de esta manera, al consumir alimentos con alto IG, se promueve un ciclo que llevará al consumo continuo de alimentos y esto a desarrollar obesidad, con sus respectivas complicaciones como DM y/o enfermedades cardiovasculares.⁶⁶

1.3.4 Índice glucémico y otras enfermedades

Actualmente, se relaciona el tratamiento dietético basado en el IG de los alimentos con enfermedades que debido a la falta de estudios son aún temas de controversia, una de estas enfermedades es la resistencia a la insulina, ya que hay estudios que sugieren una relación entre consumo de alimentos con IG alto y esta alteración y otros que demuestran que no existe tal asociación.^{67,68} Otro problema que también puede tener relación con el IG es el cáncer ya que cuando se consumen alimentos con IG altos, éstos inducen una respuesta insulinémica

alta y con ello la liberación de factores de crecimiento análogos similares a la insulina, los cuales incrementan el riesgo de desarrollar cáncer de mama y colon;^{69,70} con estas bases, el IG tiene potencial para ser considerado en el tratamiento y prevención del cáncer, sin embargo, se requieren más investigaciones para justificar su utilización como parte de las recomendaciones anteriores, se promueve el consumo de alimentos de IG bajo, dentro del contexto de una alimentación saludable, la cual no afecta el metabolismo y puede aportar mayores beneficios.⁷¹

1.4 Definiciones conceptuales

1.4.1 Diabetes mellitus

La DM es un trastorno metabólico que tiene causas diversas, se caracteriza por hiperglucemia crónica y trastornos del metabolismo de los carbohidratos, las grasas y las proteínas como consecuencia de anomalías de la secreción o del efecto de la insulina. Con el tiempo, la enfermedad puede causar daños, disfunción e insuficiencia de diversos órganos.¹

1.4.2 Índice glucémico

El IG es una forma numérica de escribir la rapidez de absorción de los carbohidratos de un determinado alimento, en otras palabras, es la capacidad de aumentar la concentración de glucosa en sangre (glucemia). Entre más elevada sea la respuesta glucémica, más alto será el IG. Como resultado de nuestra experiencia al transmitir el concepto del IG al público general, hemos llamado a los alimentos que se absorben rápidamente (IG alto) alimentos libre y a los que se absorben lentamente (IG bajo) alimentos tortuga.

Desde el año 1981, se propuso el concepto del IG, el método para su cálculo se ha ido modificando y fue en el año 1997 que publican la estandarización de la técnica que rige actualmente todos los estudios referentes al IG, brevemente explicare los pasos que se siguen para obtener el IG:

- a. La persona participante inicia el estudio en ayunas y se le ofrece el equivalente a 50gr. de carbohidrato disponible del alimento escogido, por ejemplo si son frejoles se le ofrecera 300gr. lo que equivale a 50g de carbohidrato según la tabla de composición química de los alimentos peruanos.
- b. Se toman muestras de sangre (venosa o capilar) al inicio y luego a los 15, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 minutos.
- c. Los valores obtenidos se grafican y se calcula el área bajo la curva de la respuesta glucémica del alimento.
- d. Los valores de las áreas bajo la curva se utiliza para calcular el IG por medio de la siguiente ecuación:

$$IG = \frac{\text{Área bajo la curva del alimento a estudiar} \times 100}{\text{Área bajo la curva del alimento de base}}$$

- e. Se requiere un mínimo de siete determinaciones (siete personas participantes) para considerar como válido el IG del alimento en estudio.

1.4.3 Carga glicémica

Como hemos podido analizar, el IG nos indica numéricamente si los carbohidratos llegan al torrente sanguíneo de manera rápida, moderada o lenta, si el IG es de 70 o más, se considera que el alimento tiene un IG alto (rápido), si se encuentra entre 56 y 69 el IG es moderado y si el valor es de 55 a menos se dice que el alimento tiene un IG bajo (lento). Para establecer estos valores se le asigna a la glucosa el valor más alto, hasta hace pocos años el valor de referencia estaba dado tanto por la glucosa como por el pan y este se utilizaba para provocar una respuesta glucémica más cercana a la mayor parte de los alimentos de la dieta común; sin embargo, el tener dos alimentos de referencia crea muchas confusiones y por esta razón se acordó utilizar la glucosa anhidra como único estándar, ya que el valor del pan blanco es 70 respecto a 100 de la glucosa, basta con multiplicar por 0.7 los IG obtenidos con el pan como alimento

estándar para convertirse a la escala de glucosa, en la Tabla 6 se clasifica el IG según su utilización.

Tabla 6. Clasificación del IG según la utilización el alimento de referencia

Escalas	Escala - Glucosa	Escala – pan Blanco
IG Alto	70 o mayor	100 o mayor
IG Moderado	56 – 69	88 – 99
IG Bajo	55 o menor	79 o menor

No solo el IG sino también la cantidad de carbohidratos determina el grado de absorción del alimento. Para medir el efecto de estos dos factores se desarrolló el concepto de carga glucémica (CG),⁷² aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Carga Glucémica (CG)} = \frac{(\text{IG del alimento}) (\text{cantidad de carbohidratos por porción de alimento})}{100}$$

1.4.4 Glucosa postprandial

La palabra postprandial quiere decir después de una comida, por eso esta glucemia hace referencia a las concentraciones de glucosa en sangre después de consumir algún tipo de alimento, el cual puede determinar muchos factores que intervienen en la determinación del perfil de glucemia, se dice que las personas que no tienen DM, sus concentraciones de glucosa en sangre en ayunas (tras una noche de 8-10 horas sin tomar alimento), generalmente oscila entre 70 a 110 mg/dl. Los niveles de glucosa empiezan a aumentar a los 10 minutos tras el comienzo de una comida como resultado de la absorción de los carbohidratos de la dieta, la glucemia postprandial está determinada por la absorción de carbohidratos, la secreción de insulina y el glucagón y sus efectos coordinados sobre el metabolismo de la glucosa en el hígado y tejidos periféricos.²

La magnitud y la duración del pico de la glucosa en plasma dependen de una variedad de factores que incluyen el horario, la cantidad y composición de la

comida; en personas sin DM el nivel de glucosa a los 60 minutos tras el inicio de la comida, rara vez excede de los 140 mg/dl., y vuelven a niveles previos a la comida en 2-3 horas; a pesar de que los niveles de glucosa han llegado a niveles basales tras 3 horas, la absorción de carbohidratos continúa durante al menos 5-6 horas tras la comida, ya que en las personas con DM tipo 1 no hay secreción endógena de insulina, el pico y la altura de las concentraciones de insulina y los niveles de glucosa resultantes dependen de la cantidad, el tipo y la ruta de administración de la insulina.

En los pacientes con DM tipo 2, los niveles de insulina son insuficientes para controlar efectivamente las elevaciones de glucosa postprandial, generalmente la determinación de glucosa en sangre tras 2 horas del inicio de una comida se considera adecuada para reflejar la hiperglucemia postprandial; situaciones específicas como la diabetes gestacional pueden aconsejar un análisis una hora después del inicio de la ingesta.

1.4.5 Síndrome metabólico

Se denomina síndrome metabólico al conjunto de alteraciones metabólicas constituido por la obesidad de distribución central, la disminución de las concentraciones del colesterol unido a las lipoproteínas de alta densidad (HDL), el aumento de las concentraciones de triglicéridos, así como el aumento de la presión arterial (HTA) y la hiperglucemia.⁷³

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló como un estudio observacional, prospectivo, comparativo y transversal, donde se midió el índice glucémico (IG) de las cuatro frutas mencionadas en el laboratorio del Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad San Martín de

Porres; los índices fueron comparados con los resultados obtenidos en esta misma muestra durante la ingesta de 50gr. de glucosa anhidra.

2.1 Material genético

Se empleó para el estudio las variedades de frutos: guanábana (*Annona muricata*), sachatomate (*Cyphomandra betacea*), aguaymanto (*Physalis peruviana*) y tumbo serrano (*Passiflora mollissima*), en el Grafico 3 se observan las imágenes de las frutas descritas.

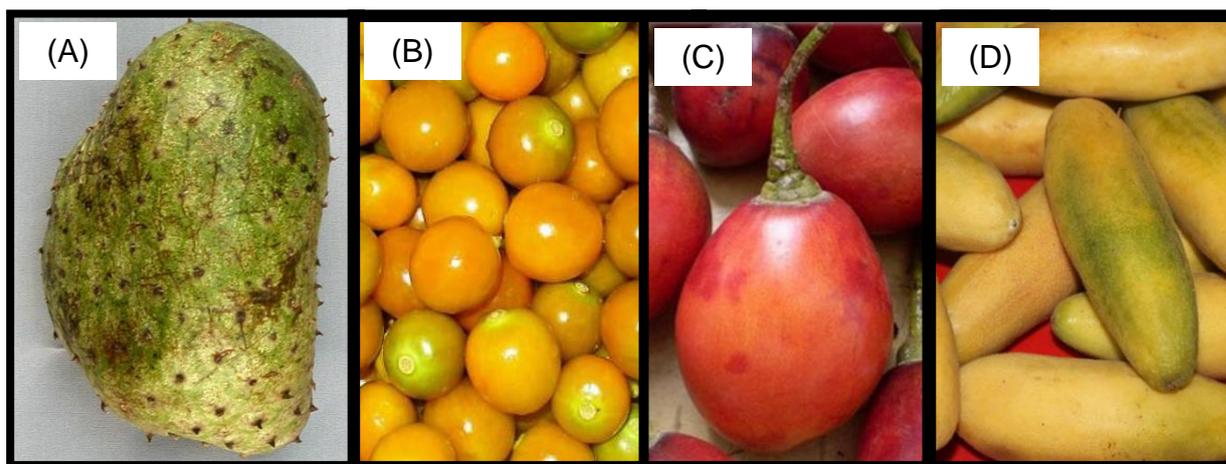


Grafico 3. Frutos utilizados en el estudio: (A) guanábana (*Annona muricata*), (B) sachatomate (*Cyphomandra betacea*), (C) aguaymanto (*Physalis peruviana*) y (D) tumbo serrano (*Passiflora mollissima*)

La Guanábana (*Annona muricata*), pertenece a la familia de las Annonaceae conformada por 120 géneros y es la más importante comercialmente, es una fruta de forma ovalada acorazonada, está cubierta por una cáscara de color verde oscuro con varias espinas pequeñas, suaves, carnosas que se desprenden fácilmente, la pulpa es cremosa, jugosa, suave y recubre totalmente las semillas negras que son de 1,25 a 2.0 cm de largo; cada fruta puede tener hasta 200 semillas. Estas frutas son cosechadas maduras, cuando su piel esta aun firme y de color verde-amarillo y no debe dejarse madurar en el árbol porque se ablanda, cae al piso y se rompe, se consume fresca, en postre, y su pulpa tiene un inmenso potencial para su procesamiento debido a su agradable sabor y al alto rendimiento del fruto que puede aprovecharse hasta un 85% de esta, lo cual la hace una materia prima atractiva para preparar bebidas por dilución

directa y como base para elaborar helados, gelatinas y mermeladas, entre otros. La pulpa de la guanábana no muestra cambios organolépticos cuando se procesa a temperaturas menores a los 93°C, sin embargo, la preservación congelada origina un producto de muy alta calidad nutricional; como se muestra en la tabla N° 7.

Tabla N° 7. Composición nutricional de la guanábana

Factor Nutricional	Contenido por 100gr de Fruta
Calorías	56.00 cal
Agua	84.00 gr.
Proteína	0.90 gr.
Grasa	0.20 gr.
Carbohidratos	14.30 gr.
Fibra	1.10 gr.
Ceniza	0.60 gr.
Calcio	38.00 gr.
Fósforo	43.00 mg.
Hierro	0.70 mg.
Vitamina A	0.00 U.I.
Tiamina	0.05 mg.
Riboflavina	0.03 mg.
Niacina	1.69 mg.
Ácido Ascórbico	19.00 mg

Fuentes: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos CENAN/INS/ Lima 2009⁷⁴

El Aguaymanto (*Physalis peruviana*), pertenece a la familia de las Solanácea y al género *Physalis*, es originaria del Perú, específicamente de los valles bajos andinos del Perú y Chile, existen diversas referencias históricas que indican que fue domesticado, cultivado y muy apreciado por los antiguos peruanos, se cuenta con más de ochenta variedades muchas de las cuales se encuentran aún en estado silvestre o semi silvestre en zonas altas entre los 1,500 y 3,000 msnm, los mismos que se caracterizan porque sus frutos están cerrados dentro de un cádiz o capacho, reciben diferentes nombres comunes, dependiendo de la región: capulí, aguaymanto, awaymanto, bolsa de amor, cereza del Perú, uchuva etc. el fruto es una baya carnosa, jugosa, en forma de globo con un diámetro entre 1,25 a 2,5 cm y contiene numerosas semillas, con piel lisa, cetácea,

brillante y color amarillo-dorado-naranja o verde según la variedad; su pulpa es jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse, cuando la fruta está madura, es dulce con un ligero sabor agrio, en la tabla N° 8 se presenta el valor nutricional del fruto en cuanto a macronutrientes y micronutrientes.

Tabla N° 8. Composición nutricional del aguaymanto

Factor Nutricional	Contenido por 100gr. de Fruta
Calorías	54.00 cal.
Agua	79.60 gr.
Proteína	1.10 gr.
Grasa	0.40 gr.
Carbohidratos	13.10 gr.
Fibra	4.80 gr.
Ceniza	1.00 gr.
Calcio	7.00 gr.
Fósforo	38.00 mg.
Hierro	1.20 mg.
Vitamina A	648 U.I.
Tiamina	0.18 mg.
Riboflavina	0.03 mg.
Niacina	1.30 mg.
Ácido ascórbico	26.00 mg.

Fuente: Camacho, Guillermo. *Procesamiento 2000* ⁷⁵

El Sachatomate (*Cyphomandra betacea*); pertenece a la familia Solanácea, es originario de la vertiente oriental de los Andes, específicamente del Perú, Ecuador y Colombia; pertenece al grupo de las frutas semi-acidas siendo conocida con diversos nombres en distintas regiones como Tamarillo o Tomate de árbol, es una baya aromática de forma ovoide, punteada en su extremo inferior y con un cáliz cónico, que mide alrededor de 8 cm de largo y 5 cm de diámetro; los colores de la pulpa varían entre naranja, rojo y amarillo; dicha pulpa es ligeramente firme, suave y jugosa con un sabor agridulce, la pulpa cercana a la cascara es firme, mientras que la pulpa interna es suave y jugosa con un sabor agridulce puede ser consumido crudo, en ensaladas, en postre, aperitivo y en combinación con otros productos; por su contenido de pectina puede emplearse en la producción de pasta de pulpa, alimentos para niños, mermeladas, lo cual

hace que sea un producto que puede ser explorado comercialmente por la industria de alimentos; el fruto es una importante fuente de vitaminas A, B, y C, además presenta minerales como calcio, fósforo, potasio, carbohidratos como la fructuosa, la fibra dietaría, el ácido gamma amino butírico, el cual es asociado a la reducción de la presión arterial y compuestos con capacidad antioxidantes como el licopeno, polifenoles y antocianinas; en la tabla N° 9 se presentan el valor nutricional del fruto en cuanto a macronutrientes y micronutrientes.

Tabla N° 9. Composición nutricional del sachatomate

Factor Nutricional	Contenido por 100gr. de fruta
Calorías	64.90 cal.
Agua	82.90 gr.
Proteína	1.90 gr.
Grasa	0.10 gr.
Carbohidratos	14.10 gr.
Fibra	4.50 gr.
Ceniza	1.00 gr.
Calcio	25.56 gr.
Fósforo	44.70 mg.
Hierro	0.90 mg.

Fuente: Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivo de frutas nativas del Perú. Rev.Soc.Quim. Perú, 2008⁷⁶

El Tumbo Serrano (*Passiflora mollissima*), es originario de los valles interandinos y de la zona quechua se encuentra en todos los Andes del Perú, llamado anteriormente como Poro poro, poseía un lugar privilegiado entre las frutas de los incas, también se le puede hallar en otros países de América conocido con otras denominaciones como Curuba en Colombia, Parcha en Venezuela, Granadilla cimarrona en México y Taxo en Ecuador; el tumbo serrano es una planta de zonas altas frías, se desarrolla bien entre los 2000 y 3000 msnm, se adapta al clima monzónico con temporadas alternantes y secas, es una fruta con un alto contenido de ácido ascórbico 66.7mg. en 100gr de porción comestibles pero como posee buenas características de agradable aroma y sabor acidulado las que lo hacen termo sensible, también se puede consumir en forma de jugos concentrados, jaleas, néctares, mermeladas y diversos postres; contiene nutrientes, compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, B caroteno

(provitamina A), compuestos fenólicos y otras vitaminas, que podrían proporcionar un efecto fisiológico beneficioso para la salud, el funcionamiento del organismo y el bienestar, por su efecto sinérgico entre compuestos que presentan, le confiere una gran capacidad antioxidante, por ello desempeña un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo y tiene efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la cardiopatía isquémica, la aterosclerosis o el cáncer, como se observa en la tabla N° 10 donde se muestra el valor nutricional del fruto.

Tabla N° 10. Composición nutricional del tumbo serrano

Factor Nutricional	Contenido por 100gr. de fruta
Calorías	64.00 cal.
Agua	82.10 gr.
Proteína	1.20 gr.
Grasa	0.50 gr.
Carbohidratos	15.40 gr.
Fibra	3.60 gr.
Ceniza	0.80 gr.
Calcio	8.00 gr.
Fósforo	34.00 mg.
Hierro	0.60 mg.
Vitamina A	0.00 U.I.
Tiamina	0.02 mg.
Riboflavina	0.11 mg.
Niacina	4.56 mg.
Ácido ascórbico	66.70 mg.

Fuentes: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos CENAN/ INS/ Lima 2009⁷⁴

2.2 Selección y preparación del material vegetal

Las muestras se adquirieron en estado de madurez en el mercado mayorista de frutas de la Victoria–Lima, se escogieron aleatoriamente según su aspecto físico y tomando en cuenta parámetros de selección como: (i) que no presentaran daños físicos (magulladuras, cortes) ni por plagas o patógenos; (ii) preserven el pedúnculo; (iii) ser firmes al tacto, se adquirió un total de 12 Kg. de fruta, la cual se lavó con agua potable a temperatura ambiente, luego con ayuda de una esponja se eliminaron los residuos adheridos a la piel, luego nuevamente lavados con una solución de hipoclorito de sodio; finalmente se secaron con

papel absorbente y dejándose a temperatura ambiente hasta que alcancen madurez de consumo.

2.3 Análisis físicos

A calidad de los frutos consistió en determinar la categoría y el calibre de cada ejemplar, la categoría extra I y II , se asigna de acuerdo a la presencia o no y el tipo de daño que presente el fruto; el calibre A,B,C,D,E,F y G es función del peso fresco expresado en gramos, a cada fruto se le mide las dimensiones de los diámetros polar y ecuatorial; el primero se toma desde la base del pedúnculo hasta la punta del fruto y segundo se toma en la mayor sección transversal. El rendimiento se obtiene retirando la corteza de los frutos despulpándose manualmente, es decir, pelándolos, se les extrae las pepas y se colocan en un plato el equivalente de fruta a 50gr. de carbohidrato para el consumo de cada participante.

2.4 Cobertura del estudio

La población estuvo conformada por alumnos de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad San Martín de Porres de donde deriva la muestra conformada por 26 participantes, de los cuales el 50% son varones (13 alumnos) y el otro 50% damas (13 mujeres), en consecuencia nuestra unidad de análisis es cada alumno que cumplió con los criterios de inclusión, .

2.5 Criterios de inclusión

- Mayor a 18 años con un índice de masa corporal normal.
- No presentar antecedentes familiares de DM, hipertensión, cardiovasculares, osteoporosis, hipertensión entre otros.
- Exámenes bioquímicos y hemograma completo normal.
- Que acepten, por voluntad propia, firmar el consentimiento informado.
- Que consuman las cuatro frutas en estudio en la modalidad establecida.

2.6 Criterios de exclusión

- Los que padezcan DM o alguna enfermedad metabólica.
- Los mayores de 18 años y con índice de masa corporal en déficit o en sobrepeso.
- Las personas, cuyos exámenes bioquímicos y hemograma presenten valores fuera de lo normal.

2.7 Instrumentos de investigación

2.7.1 Instrumentos de recolección de datos

Formato 01: Consentimiento informado

Formato 02: Historia clínica nutricional

Formato 03: Anamnesis alimentaria por 48 horas

Formato 04: Frecuencia de consumo de alimentos

2.7.2 Equipos de laboratorio

VITALAB Selecta 2

Cell DYN 1700 (hepatología)

centrífuga labofuge 400 de heraus

Balanza digital alimentos

Balanza de impedancia

Tallmetro

Cinta métrica metálica

Picómetro

2.8 Protocolo experimental

Se seleccionó a los participantes de ambos géneros, entre los 18 y 22 años de edad que cumplieran los criterios de inclusión anteriormente descritos; al grupo seleccionado se le realizó la valoración del estado nutricional que comprende el

cumplimiento de los cuatro componentes: Antropométrico, Bioquímico, Dietético y Clínico. Con la finalidad de que cada participante estuviera, en el momento de la investigación, totalmente apto para participar, así mismo, se les tomó una muestra sanguínea para evaluar la glicemia basal.

Los participantes acudieron en cinco oportunidades al laboratorio en ayunas entre 10 a 12 horas; quienes fueron instruidos para que mantengan el mismo patrón de dieta la noche anterior a la prueba y el mismo patrón de estilo de vida en lo posible.

El espaciamiento de dos días para el trabajo de laboratorio se estableció con la finalidad de no alterar los resultados.

Cada participante ingirió las frutas en estudios según el peso representativo a 50gr. de carbohidrato según tabla N° 11.

Se recolectaron las muestras de sangre a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min. de haber ingerido la muestra de fruta; dicha recolección se realizó con la debida antisepsia sustrayéndose 1 ml de sangre en tubos de ensayo, mediante punción intravenosa de los antebrazos.

Las muestras obtenidas se colocaron en reposo por 10 minutos, luego se centrifugó a 5000 rpm, durante 5 minutos para separar el suero.

A partir del suero obtenido se procedió a determinar la glicemia mediante el método enzimático colorimétrico, a 10 μ L. de suero se le agregó 1 ml. del reactivo enzimático Human, para proceder a incubarlo a temperatura ambiente por 10 minutos.

Finalmente, se procedió a la lectura en el espectrofotómetro a 546 nm; además se obtuvo 1 blanco y 1 estándar para poder calcular los valores en mg/dl. con las lecturas en el espectrofotómetro.

Tabla 11. Porciones de frutas equivalentes a 50gr. de carbohidratos

Frutas	Muestra (gr.)	Carbohidratos (gr.)
Guanábana	349.65 gr.	50 gr.
Aguaymanto	446.42 gr.	50 gr.
Sachatomate	431.03 gr.	50 gr.
Tumbo Serrano	324.67 gr.	50 gr.

Fuente: Elaboración Propia, cantidades valoradas en base a la tabla de composición química de los alimentos peruanos y otros

2.9 Medición del índice glucémico

El concepto de IG fue creado originalmente para clasificar a los alimentos ricos en carbohidratos de acuerdo a la glucemia postprandial que provocaban en los individuos que los consumían, en un principio los alimentos a los que se les media el IG eran aquellos cuyo contenido de energía proveniente de carbohidratos que era igual o mayor al 80%, ya que éstos liberaban azúcares para que fueran absorbidos en el intestino delgado y reflejaran una respuesta glucémica en la sangre, estos estudios se realizaron en personas y consideraron que los alimentos que mostraron respuestas glucémicas rápidas y elevadas eran digeridos y absorbidos de manera acelerada, con esto fue posible crear métodos *in vitro* que imitaban los procesos de digestión y absorción usando enzimas pancreáticas e intestinales^{77,78} cuyos resultados mostraron una alta correlación con los medidos en individuos; sin embargo, se demostró que existen factores propios de los alimentos que influyen en la absorción por lo que se recomienda hacer el estudio *in vivo* para obtener un resultado más preciso. La cantidad de sujetos necesarios para medir el IG de un alimento dependerá del poder del estudio para detectar diferencias; sin embargo se recomienda la inclusión de 26 voluntarios, ya que proporciona un razonable grado de poder estadístico para la medición del IG y si el objetivo del estudio es determinar pequeñas diferencias es válido incrementar el número de voluntarios.^{79,80,81,82} Una vez que se conocen las concentraciones de glucosa de cada voluntario, se elabora una gráfica para cada uno, a la que se le medirá el área bajo la curva ABC, existen diferentes maneras de calcularlo, las mayores diferencias en los resultados o en la interpretación de éstos, podrían originarse en la forma en que el área ABC ha sido calculado, lo recomendable para medir el área ABC, es trazar líneas rectas

entre cada valor de glucemia y hacer el cálculo por el método del triángulo y el trapecio. Las diferencias corresponden al área ABC que debe incluirse en la medición, en el Gráfico 4 se muestra la manera en que son medidas estas áreas, el incremento en el área ABC (IABC), mide el área por encima del valor de la glucosa en ayuno, mientras que el área debajo del nivel de ayuno se ignora.⁸³

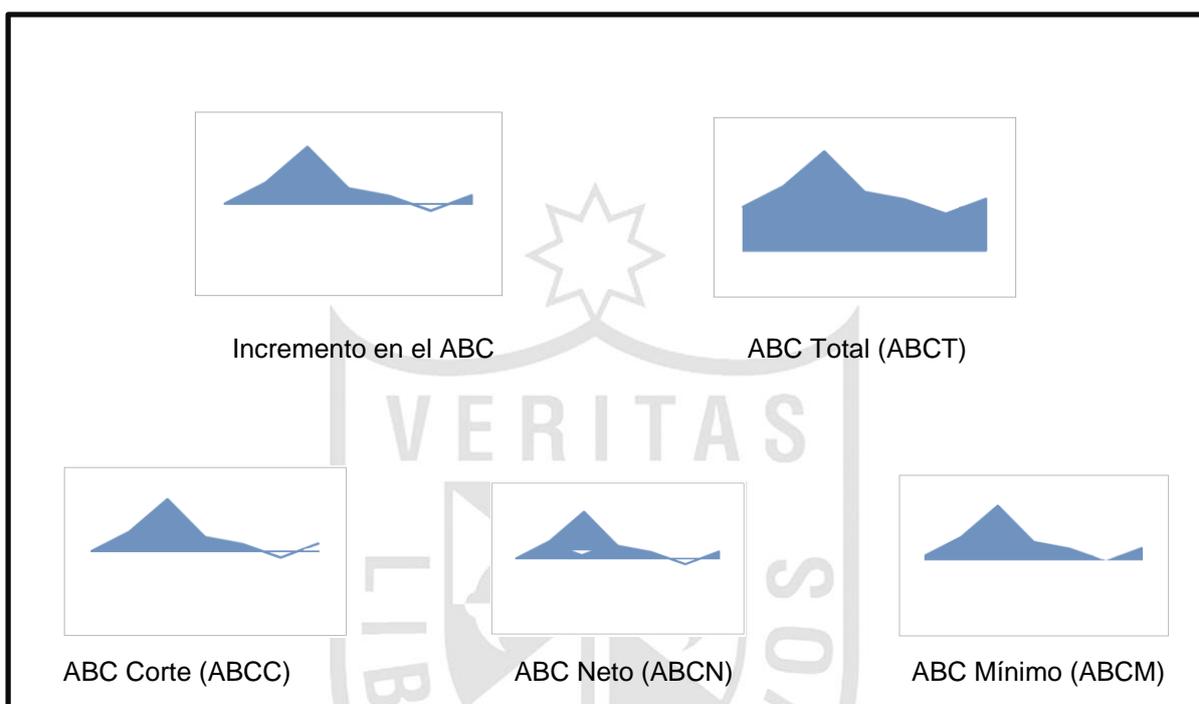


Gráfico 4. Área delimitada por diversos métodos para calcular el ABC

El ABC total (ABCT), comprende toda el área, incluyendo la que se encuentra por debajo del nivel en ayuno, éste siempre es el valor mayor de las ABC. El ABC de corte (ABCC), se calcula de la misma manera que el IABC, pero solamente incluye el área antes de que la concentración de glucosa caiga por debajo de la línea basal. El ABC neto (ABCN), se calcula igual que el IABC, sólo que si existen áreas por debajo de la concentración en ayuno, éstas deben restarse del área que esté por arriba de la glucosa basal.⁸³ El último es el ABC mínima (ABCM), que consiste en medir el IABC a partir de la concentración de glucosa en sangre mínima alcanzada.⁸⁴ Como se observa, hay diferentes métodos para medir el ABC, que pueden ser más apropiados dependiendo del propósito del análisis; por ejemplo, el ABCT puede ser utilizado cuando se pretende evaluar dos tratamientos diferentes sobre las concentraciones medias de glucosa en sangre, pero es un método insensible para detectar las diferencias

de las respuestas glucémicas obtenidas, posteriores al consumo de alimentos, así mismo, se ha demostrado que el ABCN, el ABCC y el ABCM, dan lugar a valores de IG más variables (70); por lo tanto, el ABC que se prefiere cuando se busca medir el IG de los alimentos, es el IABC, ya que este método muestra únicamente el efecto en el aumento de la glucemia que provoca el alimento,⁷⁵ cuando ya se conoce el IABC causado por el alimento referencia y el que provoca el alimento a prueba, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{IG del Alimento} = \frac{\text{IABC del Alimento Prueba}}{\text{IABC del Alimento Referencia}} \times 100$$

2.10 Carga glucémica

Conociendo el IG del alimento, podemos calcular su carga glucémica, con esta herramienta además de conocer la velocidad con la que se eleva la glucosa en sangre después del consumo de un alimento, se relaciona la cantidad de hidratos de carbono contenidos en una porción habitual del alimento en cuestión,⁸⁵ por lo tanto, la carga glucémica permite cuantificar el impacto que los hidratos de carbono de una porción habitual de alimento tendrán en el organismo de quien los consume.⁷⁵

Los valores de carga glucémica de los alimentos, han sido categorizados de la siguiente forma:

Carga glucémica alta ≥ 20

Carga glucémica media 11-19

Carga glucémica baja ≤ 10

Una vez definido el concepto de carga glucémica, diferentes investigadores asociaron un riesgo mayor a enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon en individuos que consumen altas cargas glucémicas en su dieta,⁷⁶ también se demostró que puede ofrecer beneficios en el tratamiento de la obesidad.⁸⁷ Por lo anterior, se ha sugerido que la carga glucémica tiene utilidad cuando se pretende predecir las glucemias a corto plazo, como es el caso de los diabéticos y a largo

plazo puede controlar las glucemias, sensibilizar la secreción de insulina y también puede funcionar en el control de lípidos en la sangre.⁷⁵

Al igual que con el IG, son más recomendables los alimentos de carga glucémica baja, que disminuyen el riesgo de enfermedades como diabetes, enfermedades cardiovasculares, sobrepeso y obesidad, debido a que este concepto complementa al IG, al considerar también el contenido de hidratos de carbono, muchos de los investigadores que miden el IG de los alimentos reportan también su carga glucémica.⁸⁸

Los niveles de glucosa postprandial están basados en el análisis de área bajo la curva (ABC). Los valores de glucosa fueron ajustados previamente a ecuaciones polinomiales, las predicciones de la concentración glucosa (mg/dL), se calcularon ajustando los valores determinados a la siguiente ecuación:

$$\text{Glucosa (mg/mL)} = CxT^2 + BxT + A$$

Dónde: C, B, A son constantes y T es el tiempo (0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min), donde se realizó la toma de la muestra.

El método aplicado de ABC rindió significativamente diferentes valores promedio, después de la glucosa oral se observa que hay un aumento del área bajo la curva en relación al área de los alimentos.

$$\text{Área} = \frac{\text{Área Bajo la Curva del Alimento}}{\text{Área Bajo la Curva del Patrón}} \times 100$$

El índice glucémico se calculó con el incremento del área bajo la curva (ABC) de la respuesta glucémica. El área se determinó por la suma de las áreas de los triángulos y rectángulos, el ABC se calculó geométricamente de la siguiente formula general (Gráfico 5).

Las variantes de la ecuación general, obedecen si la concentración de glucosa en sangre al tiempo F cae por debajo de la concentración de glucosa en ayuno. (Ecuación 1). Si la concentración de glucosa en sangre al tiempo F está por encima de los niveles de glucosa en ayuno, entonces el término se sustituye por el último término de la ecuación (ecuación 2), si la concentración de glucosa en sangre al tiempo F es igual a los niveles de glucosa en ayuno, entonces el término se sustituye por el último término de la ecuación (ecuación 2), si la concentración de glucosa en sangre al tiempo F es igual a los niveles de glucosa en ayuno (ecuación 3).

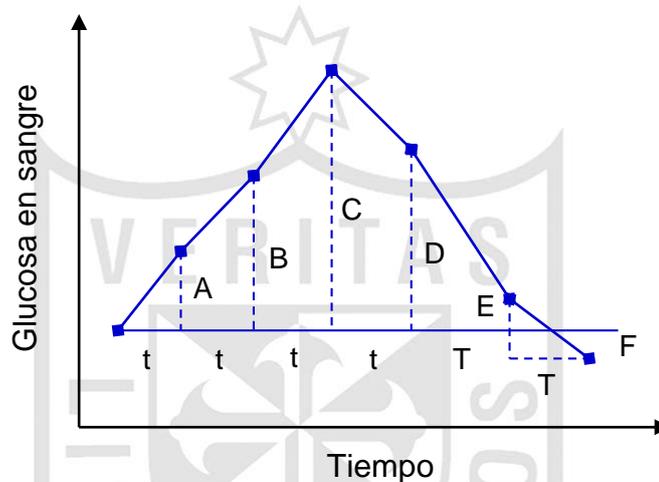


Gráfico 5. Curva general de la respuesta de glucosa en sangre que ilustra el método de cálculo del incremento del área bajo la curva de glucosa

$$\text{Área} = \frac{At}{2} + At + \frac{(B - A)t}{2} + Bt + \frac{(C - B)t, \dots \text{etc}}{2}$$

Donde A, B, C, D, E y F; representan los incrementos de glucosa sobre la línea basal. T y t; representan el intervalo de tiempo entre las muestras de sangre.

$$\text{Área} = \frac{(A + B + C + D)t}{2} + \frac{(D + E)T}{2} + \frac{(E^2T)}{2(E + F)} \dots\dots\dots(\text{ecua. 1})$$

$$\text{Área} = \frac{(A + B + C + D)t}{2} + \frac{(D + E + F)T}{2} \dots\dots\dots(\text{ecua. 2})$$

$$\text{Área} = \frac{(A + B + C + D)t}{2} + \frac{(D + E)T}{2} \dots\dots\dots(\text{ecua. 3})$$

Los resultados se presentaron como la media \pm SD (desviación estándar), cada repetición fueron analizada con el valor crítico Z, a partir de la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{ABS(V - \bar{X})}{SD} \quad T = \frac{N(N - 2)Z^2}{(N - 1)^2 - NZ^2}$$

Donde, Z es el valor crítico; ABS es el valor absoluto; V es el valor real calculado como índice glucémico; X es el promedio y SD es la desviación estándar. N es el número de repeticiones y T es la distribución Gaussian, las repeticiones fueron comparadas con el valor crítico Z, siendo este valor de 2.84 para las 26 unidades experimentales; los valores del índice glucémico se evaluaron por análisis de varianza (ANOVA) para medidas repetitivas, las diferencias significativas se determinaron por comparación múltiple de muestra y los promedios de las frutas en estudio se realizaron por el Test de Rango Múltiple. Se usó el programa STATGRAPHICS Centurion XVII versión 17.1.04. El nivel de significancia se consideró con $p < 0.05$.

CAPÍTULO III RESULTADOS

El IG fue calculado, determinando el área bajo la curva (ABC) de las frutas estudiadas, frente al patrón glucosa. En los Gráficos 6, se muestra el promedio de respuesta de la glucosa en sangre después de la ingesta de glucosa y de cuatro frutas.

En la Tabla 12 se muestra la interacción significativa entre la glucosa y los alimentos. El ABC para la glucosa oral es mayor con respecto al de los alimentos, el promedio fue 2760 mg.mim/dL, mientras que los alimentos fue 876, 701, 803 y 551 mg.mim/dL, para guanábana, sachatomate, aguaymanto y tumbo. La desviación estándar fue mayor para la glucosa oral, mientras que el coeficiente de variación fue mayor para la muestra de sachatomate.

En el Gráfico 7 se observa el área bajo la curva de la glucosa oral y los alimentos de veintiséis sujetos. El test Brown-Forsythe muestra los resultados de robustez para la igualdad de las medias de los grupos que no asumen varianzas iguales dentro de cada grupo. Dado que el valor p para la prueba es inferior a 0.05, hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias en el nivel de significación del 5%. Los frutos de guanábana, aguaymanto, sachatome y tumbo representan el 32, 29, 25 y 20% respectivamente del área bajo la curva total de la glucosa oral.

El ANOVA descompone la varianza de los datos en sus componentes, donde el valor- F , que en este caso es igual a 45.94 es una relación de la estimación entre grupos a la estimación dentro del grupo. Dado que el valor p de la prueba F es menor de 0.05, hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables (glucosa, guanábana, sachatome, aguaymanto y tumbo) a un nivel de significación del 5% (Gráfico 7).

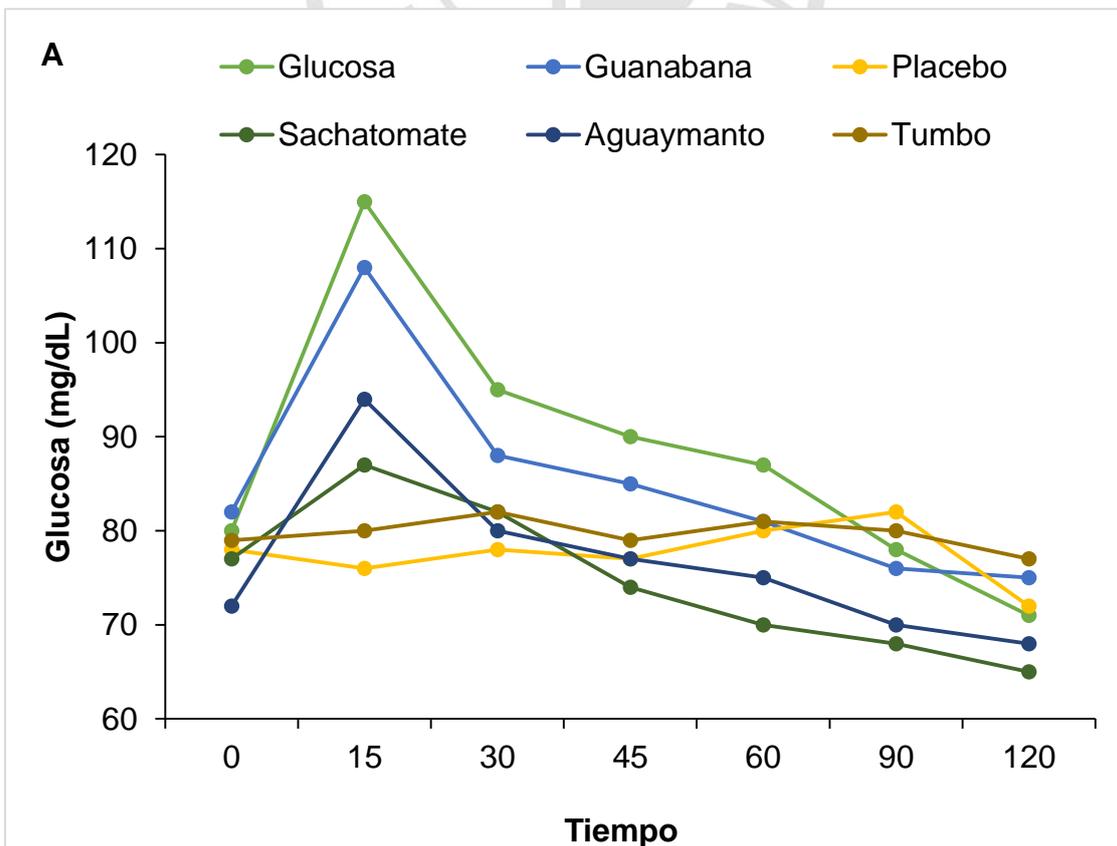


Gráfico 6. Concentraciones de glucosa en sangre de dos sujetos (A y B) después de consumir 50gr de carbohidratos disponibles a partir de glucosa y cuatro alimentos

Tabla 12. Área bajo la curva (mg.min/dL) para la glucosa y alimentos

Nº	Muestra	AREA BAJO LA CURVA (AUC) mg.min/dL				
		GLUCOSA	GUANABANA	SACHATOMATE	AGUAYMANTO	TUMBO
1	MB001	2760.58	780.00	248.68	750.00	532.50
2	CB002	2505.00	1905.00	458.08	930.94	882.27
3	AD003	2610.00	625.50	457.50	428.25	337.50
4	KC004	2872.50	1110.00	436.88	1575.00	772.50
5	CT005	2985.00	517.50	315.00	630.00	728.04
6	IF006	1593.33	750.00	975.00	705.00	487.50
7	MB007	4618.93	1129.77	1093.50	1252.50	230.00
8	SP008	7275.00	1311.00	841.50	606.35	210.00
9	NS009	1545.00	587.14	681.35	1005.94	353.57
10	YN010	2227.50	570.00	607.50	415.00	454.09
11	SP011	2985.00	517.50	315.00	630.00	728.04

12	ML012	3065.45	447.50	1181.96	690.00	465.00
13	GE013	2055.00	831.82	447.27	730.00	460.50
14	CT014	3809.41	2122.50	652.50	1402.50	378.00
15	JC015	3622.50	1123.50	712.50	1417.50	450.00
16	EL016	4152.74	672.27	1867.50	510.00	1245.00
17	AT017	1222.50	233.80	387.24	435.00	517.50
18	HD018	1735.11	369.00	210.00	787.50	883.03
19	MP019	2523.89	1042.50	1020.00	668.75	495.00
20	HB020	1077.95	862.50	503.68	557.50	375.00
21	JP021	2677.74	1497.95	608.50	1138.93	399.00
22	OO022	1242.50	554.10	505.23	562.50	490.00
23	OV023	1592.50	1038.93	831.00	836.74	960.00
24	SA024	1448.57	901.76	667.50	725.63	355.00
25	AG025	4432.50	264.00	862.50	997.50	480.00
26	AQ026	3138.75	1021.50	1350.00	501.72	660.00
AV		2760.58	876.43	701.44	803.49	551.12
SD		1358.98	462.26	379.47	323.66	242.60
CV, %		49.22	52.74	54.09	40.28	44.02

AV, promedio; SD, desviación estándar; mujeres (1 – 13); hombres (14 – 26)

La Tabla 13 muestra los valores de índice glucémico para los alimentos estudiados. El IG para las muestras presentan el siguiente orden guanábana > aguaymanto > sachatomate > tumbo, esta última muestra presento el valor de IG más bajo (IG = 24.36). Las muestras de guanábana y tumbo presentaron mayores coeficientes de variación entre 54.93 y 55.74 respectivamente y la muestra aguaymanto con un valor de 44,22%.

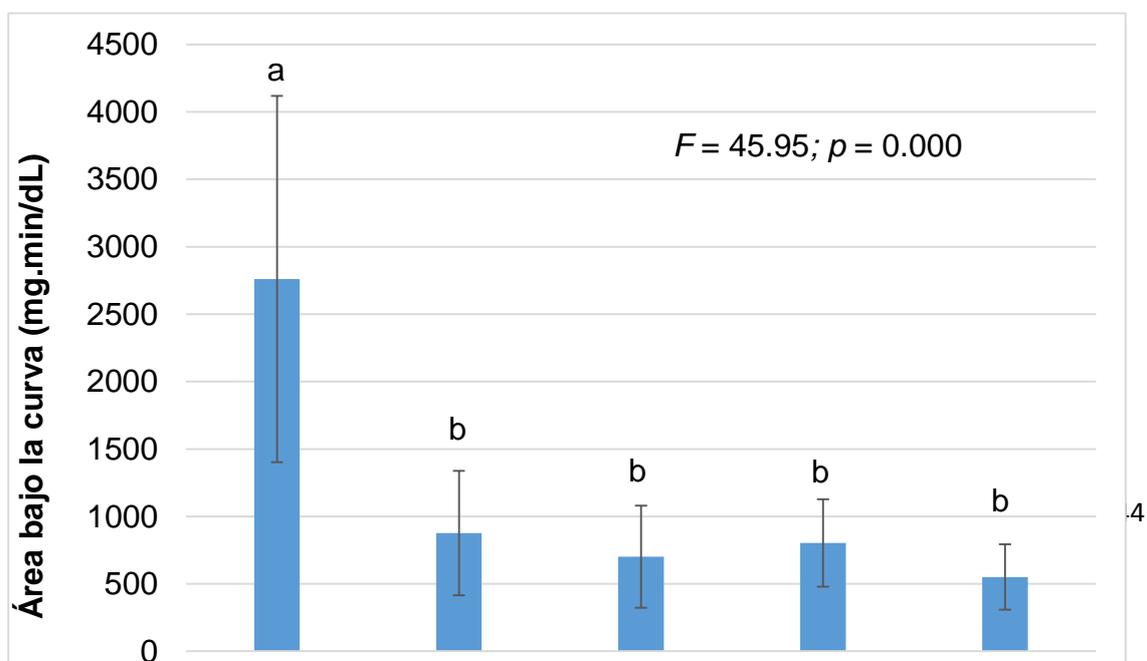


Gráfico 7. Área bajo la curva calculada para glucosa oral y frutas en veintiséis sujetos

Tabla 13. Valores de índice glucémico de cada alimento

Nº	Recurso	Promedio	SD	CV, %
1	Guanábana	36.19	19.88	54,93
2	Aguaymanto	33.67	14.89	44,22
2	Sachatomate	28.69	15.19	52,94
4	Tumbo	24.36	13.57	55,70

Para determinar si el promedio de los grupos de alimentos (guanábana, aguaymanto, sachatomate y tumbo) difieren o no significativamente unas de otras. Los resultados se presentan en la tabla 14. Los resultados mostrados permiten rechazar la hipótesis nula, donde indica que los promedios de los frutos estudiados en relación al índice glucémico no difieren, dado que el valor de p es inferior a 0.05 ($p = 0.044$).

Tabla14. Análisis de varianza de las frutas estudiadas

Recursos	Suma de cuadrados	DF	Cuadrado medio	F-calculado	p
Entre frutos	2163.94	3	721.315	2.80	0.044
Error experimental	25804.6	100	258.046		
Total	27968.5	103			

Para determinar qué promedios presentan diferencias significativas, se realizó la prueba de rangos múltiples. La información obtenida muestra la solidez de la prueba para la igualdad de los promedios de los grupos que no asumen varianzas iguales dentro de cada grupo. Dado que el valor de p para la prueba es inferior a 0.05, hay una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios para un nivel de significación del 5% (Tabla 15). Además se observa diferencia significativa para el contraste guanábana – tumbo y aguaymanto tumbo. Los otros contrastes no muestran diferencia significativa, estadísticamente los promedios son iguales.

Tabla 15. Test de Rango Múltiple al 95%, mediante la prueba de límite diferencia significativa de Fisher (LSD)

Recursos	Repeticiones	Media	Homogeneidad de datos
Tumbo	26	24.36	a
Sachatomate	26	28.69	ab
Aguaymanto	26	33.67	b
Guanábana	26	36.19	b

CAPÍTULO IV DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en las tablas 8 y 9 se indican que tanto el área bajo la curva (ABC) y el índice glucémico (IG) para los frutos estudiados (guanábana, sachatomate, aguaymanto y tumbo) presentan valores bajos en relación al patrón de glucosa. Estos frutos al encontrarse con IG entre (24 y 37), se clasifican como alimentos de bajo índice glucémico (< 55). Según la American Diabetes Association el IG está directamente relacionado a la concentración carbohidratos que contienen los alimentos por lo tanto eleva la glucosa en sangre. En este caso los alimentos utilizados contienen la siguiente concentración de carbohidratos: aguaymanto (17,3%), sachatomate (14,1%), ⁸⁹ tumbo serrano (5,50%) ⁹⁰ y

guanábana (12,5%)⁹¹. Es probable que el menor IG para tumbo esté directamente relacionado a una menor concentración de carbohidratos.

En este análisis se observa un bajo índice glucémico, el consumo de los frutos se asoció con un beneficio significativo en el control de la glucemia y también está asociado con lípidos en sangre y la presión arterial. El bajo IG podría estar asociado a que las frutas contienen una gran cantidad de nutrientes y sustancias no nutrientes entre ellas fibra, minerales, antioxidantes y compuestos fenólicos, que pueden reducir los lípidos séricos y el daño oxidativo, la presión arterial, mejorar el control de la diabetes y, con el tiempo, disminuir los resultados de cardiopatía coronaria,^{92,106} sin embargo, los papeles definitivos para todos estos componentes aún no se han establecido.^{93,94}

Por otro lado, el índice glucémico (tabla 9 y figura 9) de las frutas estudiadas guanábana, aguaymanto, sachatomate y tumbo representa la calidad de hidratos de carbono, o carga glucémica, y su interacción, varía sustancialmente para cada fruta individual. Estos datos en relación a la calidad de los carbohidratos concuerdan con los reportados por la Universidad de Sydney.⁹⁵ Por otro lado el aumento del consumo de frutas ha sido asociado para la prevención primaria de muchas enfermedades crónicas, como la diabetes tipo 2, aunque los estudios epidemiológicos han generado resultados poco precisos respecto a la relación con el riesgo de diabetes tipo 2.⁹⁶

CONCLUSIONES

Las muestras analizadas presentan un bajo índice glicémico, según la escala de clasificación < 55.

El índice glicémico para las muestras estudiadas presentan el siguiente orden guanábana > aguaymanto > sachatomate > tumbo.

Las diferencias en las asociaciones entre las frutas individuales presentaron variación estadísticas siendo las asociaciones más significativas guanábana-tumbo y aguaymanto-tumbo.

El consumo de estas frutas favorece a una dieta coadyuvante la cual son recomendables por su baja carga glicémica.



RECOMENDACIONES

Aumentar el consumo de una variedad de frutas enteras, especialmente guanábana, aguaymanto, sachatomate y tumbo, como medida de prevención de la diabetes.

Seguir investigando sobre el índice glucémico de otros recursos alimenticios de origen peruano incluyendo un grupo control.

Comparar la idoneidad para el cálculo de índice glucémico utilizando diferentes formas para calcular el área bajo la curva (ABC) a los recomendados por la Organización para la Agricultura y la Alimentación.



FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2014. La Diabetes Mellitus y su desarrollo. Nota Descriptiva N° 312.
2. American Diabetes Association (ADA). 2015. Información Básica de la Diabetes Mellitus. www.diabetes.org/es/.
3. José Arturo Maldonado Villalón, Cuitláhuac Alejandro *et ál.* Prevalencia de factores de riesgo cardiometabólico en estudiantes universitarios de la región centro-occidente, en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. *Rev. Mex. Cardiol.* Vol. 24. N° 2. 2013.
4. Organización Mundial de la Salud, Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Informe de una Consulta Mixta. De expertos. FAO/OMS. Carbohydrates in human nutrition *Food and Nutrition*; 1998. 63: 14-18.
5. Calderón. J, García. F, *et al.* Prevalencia de diabetes mellitus y factores de riesgo relacionados en una población urbana. *Revista Sociedad Peruana Médica Interna* 2007; vol. 20.
6. Lanata de las Casas, Claudio. La Transición Nutricional en el Perú. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2007. Lima–Perú.
7. Jean-Louis Chiasson, MD; Robert G. *et ál.* The Efficacy of Acarbose in the Treatment of Patients with Non–Insulin-Dependent Diabetes Mellitus: A Multicenter, Controlled Clinical Trial. 1994; 121 (12).
8. Rodríguez Ulloa, Sheila. Rodríguez Ulloa, Erika. Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Rev. Med. Vallejana.* (2007).Vol. 4 N° 1.

9. Rosa Oriondo, Rubén Valdivieso, *et ál.* Índice Glucémico de tubérculos amazónicos del Perú. Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición, Facultad Medicina, UNMSM. Lima, Perú. Rev. Med. (2013). Vol. 74, No 3.
10. Rosa Oriondo, Rubén Valdivieso, *et ál.* Evaluación de la capacidad antioxidante y el índice glicémico de los frutos promisorios amazónicos del Perú. Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición, Facultad de Medicina, UNMSM. Lima-Perú. Rev. Med. (2012) Vol. 73, No 1.
11. Gloria c. Gordillo, Luisa P. Negrón, *et ál.* Efecto hipoglucemiante del extracto acuoso de las hojas de *Smallanthus sonchifolius* (Yacón) en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú. Rev. Med. (2012). Vol. 15, No 1.
12. Wolever TM, Brand-Miller JC, *et ál.* Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study. *American Journal of clinical nutrition*; (2008) 87: 247-57.
13. Arteaga Llona. A. El Índice Glicémico. Una controversia actual. *Nutrición Hospitalaria*; Vol. 21. Suplemento 02. Madrid 2006.
14. Jenkins DJA, Kendall CWC. *et ál.* Effect of a Low Glycemic Index or a High Cereal Fiber Diet on Type 2 Diabetes: A Randomized Trial. *American Medical Association*; (2008). 301: 2742-53.
15. Noriega E, Rivera L & Peralta E. Glycaemic and insulinaemic indices of Mexican foods high in complex carbohydrates. *Diabetes Nutrición y Metabolismo*; (2000).13: 13-19.
16. Gibney MJ, Vorster HH & Kok FJ. *Introducción a la Nutrición Humana.* Editorial Acribia. (2007).128.

17. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Nutrición Humana en el Mundo en desarrollo. Depósito de documentos en la FAO. 2015. www.fao.org.
18. Martin CL, Murphy SP *et ál.* Compiling glycemic index and glycemic load values for addition to a food composition database. *Journal of Food Composition and Analysis*; (2008). 21: 469-473. 75.
19. Jenkins DJA, Kendall CW, *et ál.* Glycemic index: overview of implications in health and disease. *American Journal of clinical nutrition*; (2002).76: 266-73.
20. Granfeldt Y, Wu X, Björck I. Determination of glycaemic index; some methodological aspects related to the analysis of carbohydrate load and characteristics of the previous evening meal, *Eur J Clin Nutr* 2006; 60:104–112.
21. Osorio -Díaz P, Bello-Pérez LA, *et ál.* Effect of processing and storage time on in vitro digestibility and resistant starch content of two bean (*Phaseolus vulgaris* L) varieties, *J Sci Food Agr* 2003; 83:1283–1288.
22. Goñi I. Valdivieso L. Garcia-Alonso A. Seaweed consumption modifies glyce mic response in healthy volunteers, *Nutr Res* 2000; 20:1367–1375.
23. Englyst HN. Kingman SM. Cummings JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions, *Eur J Clin Nutr* 1992; 46:33–50.
24. Sajilata MG. Singhal RS. Kulkarni PR. Resistant starch-a review, *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2006; 5:1–17.
25. Parada J.S. Rozowski N J. Relación entre la respuesta Glicémica del Almidón y su estado micro estructural 2008, disponible en www.scielo.cl.

26. Hu P, Zhao H, Dual Z, *et ál.* Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylase contents, *J Cereal Sci* 2004; 40:231–237.
27. Chung H, Lim HS, Lim S. Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch, *J Cereal Sci* 2006; 43:353–359.
28. Han X, Ao Z, Janaswamy S, Jane J, *et ál.* Development of a low glycemic maize starch: preparation and characterization, *Biomacromolecules* 2006; 7:1162–1168.
29. Juntunen KS, Laaksonen DE. *et ál.* Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread, *Am J Clin Nutr* 2003; 78:957–964.
30. Giacco R, Brighenti F, *et ál.* Characteristics of some wheat-based foods of the Italian diet in relation to their influence on postprandial glucose metabolism in patients with type 2 diabetes, *Brit J Nutr* 2001; 85:33–40.
31. Riccardi G, Clemente G, Giacco R. Glycemic index of local foods and diets: the Mediterranean experience, *Nutr Rev* 2003; 61:56–60.
32. Gordon DT. Total dietary fibre and mineral absorption. Kritcheusky D, Bonfield C, Aderson JW (ed) *Dietary fiber: chemistry, phybiology and health effects*. New York: Plenum Press, 1990: 105-128.
33. Trantwein EA, Kunath-Ran A, Erbersdobler HF. Increased fecal bile acid excretion and changes in the circulating bile acid pool are involved in the hypocholesterolemic and gallstonepreventive actions of psyllium in hamsters. *J Nutr* 1999; 129:896-902.
34. Eckel RA, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *Lancet* 2005; 365:1415-1428.

35. Gibson GR. Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). *Clin Nutr* 2004; 23(Supl. 2).
36. Hartemink R, Van Laere KMJ, Rombouts FM. Growth of enterobacteria on fructo-oligosacharides. *J Appl Microbiol* 1997; 83:367-374.
37. Nelson JL, Alexander JN, Gianotti L, Chalk CL y Pilas T. Influence of dietary fiber on microbial growth in vitro and bacterial translocation after burn injury in mice. *Nutrition* 1994; 10:32-36.
38. Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cumming JH. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructosa and inulin. *Gastroenterology* 1995; 108:975-982.
39. Musch MW, Bookstein C, Xie Y. Increase interfinal Naabsorption by induction of NHE3 in rat colon and human intestinal C2/bbe cells. *Am J Physiol* 2001; 280:G687-693.
40. Roediger We. The effect of bacterial metabolites on nutrition and function of the colonic mucosa symbiosis between man and bacteria. Kasper H, Goebell H: *Falk Symposium 32 (eds). Colon and nutrition*. Lancaster: MTP Press Limited, 1982: 11-24.
41. Inan HS, Rasoulpour RJ, *et ál*. The luminal short-chain fatty acid butyrate modulates NF-KB activity in a human colonic epithelial cell line. *Gastroenterology* 2000; 118:724-734.
42. Velázquez OC, Lederer HM, Rombeau JL. Butyrate and the colonocyte. Implications for neoplasia. *Dig Dis Sci* 1996; 41:727-739.
43. Velázquez OC, Zhon D, Seto RW. In vivo crypt surface hyperproliferation is decreased by butyrate and increased by deoxycholate in normal rat colon: associated in vivo effects on C-Fos and C-Jun expression. *JPEN* 1996; 20:243-250.

44. Souba W, Smith R, Wilmore D. Glutamine metabolism by the intestinal tract. JPEN 1985; 9:608-617.
45. Cherbut CH. Fibres alimentaires que deviant l'hypothèse de Burkitt? Cah Nutrition Diététique 1998; 33:95-104.
46. Neuhouser ML, Tinker LF, *et ál.* Development of a glycemic index database for food frequency questionnaires used in epidemiologic studies. J. Nutr. 2006. 138(6):1604-9.
47. Pisters P.W., Restifo N.P. *et ál.* The effects of euglycemic hypoinsulinemia and aminoacid infusion on regional and whole body glucose disposal in man. Metabolism: clinical and experimental: (1991) 59-65.
48. Wolever Thomas MS. The Glycaemic index A physiological classification of Dietary Carbohydrate. CABI Publishing- CAB international.2006.
49. Pineda C.A. Síndrome Metabólico, definición, historia, criterios. Colombia Médica; 2008. 39: 96-106.
50. Mac Millan N. Utilidad del Índice Glucémico en nutrición deportiva. Revista Chilena de Nutrición; 2002. 29: 92-97.
51. Noriega E. El Índice Glucémico Segunda Parte. Cuadernos de Nutrición; (2004b) 27: 165-172.
52. Micha R, Rogers P J, Nelson M (2011) Glycaemic index and glycaemic load of breakfast predict to cognitive function and mood in school children: a randomised controlled trial. British Journal of Nutrition; 106: 1552-61.
53. Hare-Bruun H, Flint A & Heitmann BL. Glycemic index and glycemic load in relation to changes in body weight, body fat distribution, and body composition in adult Danes. American Journal of clinical nutrition; (2006) 157: 871-79.

54. La Asociación Americana de Diabetes (ADA). Resumen de las recomendaciones de la American Diabetes Association (ADA) 2014 para la práctica clínica en el manejo de la diabetes mellitus. 2014.
55. López M.I., Arizmendi AM & González JCM. Nutrición artificial en la hiperglucemia y Diabetes mellitus en pacientes críticos. *Nutrición Hospitalaria*; (2005) 20: 34-37.
56. Vila L. Recomendaciones nutricionales en la diabetes. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*: (2005). 188-95.
57. Jenkins D.J.A., Wolever T.M.S. *et ál.* Glycemic response to food: possible differences between insulin-dependent and non-insulin-dependent diabetics. *American Journal of Clinical Nutrition*; (1984). 40: 971-81.
58. Jiménez-Cruz A, Seimandi-Mora H & Bacardi-Gascon M. Efecto de dietas con bajo índice glucémico en hiperlipidémicos. *Nutrición Hospitalaria*; (2003) 18: 331-35.
59. Levitan E.B., Mittleman M.A. & Wolk A. Dietary glycaemic index, dietary glycaemic load and incidence of myocardial infarction in women. *British Journal of Clinical Nutrition*; (2010) 103: 1049-55.
60. Wong J.M.W. & Jenkins D.J.A. Carbohydrate Digestibility and Metabolic Effects. *The Journal of Nutrition*; (2007). 137: 2539-2546.
61. Pereira G. J. Papel de las plaquetas en la aterotrombosis y mecanismos de acción de las drogas antiplaquetarias. *Revista Chilena de Cardiología*; (2006). 25: 301-10.
62. Ibañez L. El Problema de la Obesidad en América Latina. *Rev Chil Cir.* 2007;59(6):399-400.
63. Amigo H. Obesidad en el niño en América Latina: situación, criterios de diagnóstico y desafíos. *Cad Saude Pública.* 2003;19(Supl. 1):S163-70

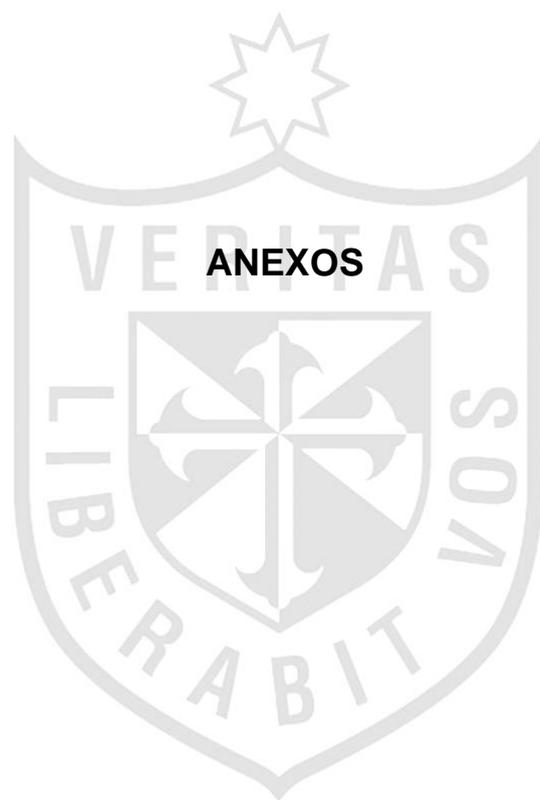
64. Liria R. Consecuencias de la obesidad en el niño y el adolescente: un problema que requiere atención. *Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública*. 2012; 29 (3):357-60.
65. Garcia-Rodriguez F, García-Fariñas A. *et ál*. Dimensión económica del sobrepeso y la obesidad como problemas de Salud Pública. *Salud en Tabasco*. 2010; 16(1):891-6.
66. Ghannem H, Harrabi I, Ben Abdelaziz A, Gaha R, Mrizak N. Clustering of cardiovascular risk factors among obese urban schoolchildren in Sousse, Tunisia. *East Mediterr Health J*. 2003; 9(1-2):70-7.
67. Figueroa D. Obesidad y Pobreza - Marco conceptual para su análisis en Latinoamérica. *Saúde Soc São Paulo*. 2009; 18(1):103-17.
68. Huynen MM, Vollebregt L, Martens P, Benavides BM. The epidemiologic transition in Peru. *Rev Panam Salud Pública*. 2005; 17(1):51-9.
69. Popkin BM. An overview on the nutrition transition and its health implications: the Bellagio meeting. *Public Health Nutr*. 2002; 5(1A):93- 103.
70. McKeown NM, Meigs JG, *et ál*. Carbohydrates, Nutrition, Insulin Resistance and the prevalence of the metabolic Syndrome in the Framingham Offspring Cohort. *Diabetes Care*; (2004) 27: 538-46.
71. Ludwig D.S. Dietary Glycemic Index and Obesity. *The Journal of Nutrition*; (2000) 22: 280-83.
72. American Diabetes Association. Postprandial blood glucose, *Clinical Diabetes* (2001). 19 (3) 127-33.
73. Bruce WR, Wolever TMS, & Giacca A. Mechanism linking diet and colorectal cancer: the possible role of the insuline resistance. *Nutrition and Cancer*; (2000) 37: 19-26.

74. Lau C, Faerch K, Glumer C, Tetens I, Pedersen O, Cartensen B. Dietary glycemic index, glycemic load, simple sugars and Insulin Resistance: the Inter 99 Study. *Diabetes Care*; (2005) 84:1397-03.
75. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición del Instituto Nacional de Salud, Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Lima – Perú. 2009.
76. Camacho Guillermo. Perfil del Mercado del Aguaymanto. Universidad del Pacifico. 2010. Lima – Perú.
77. Ritva Repo del Carrasco, Christian Rene Encina Zelada. Determinación de la capacidad Antioxidante y Compuestos Bioactivos de Frutas Peruanas. *Rev. Soc. Quim. Perú*, 2008, 74, N°2 (108-124). Lima – Perú.
78. Pérez Guisado. Hidratos de carbono, metabolismo de la glucosa y cáncer. *Endocrinología y Nutrición*; (2006) 53: 252-55.
79. Brand-Miller JC, Liu V, Petocz P & Baxter RC. The glycemic index of foods influences postprandial insulin-like growth factor– binding protein responses in lean young subjects. *American Journal of clinical nutrition*; (2005) 82: 350-54.
80. Jenkins David J. A., Wolever TMS, *et ál.* Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of clinical nutrition*; (1981) 34: 362-66.
81. Arvidsson LR, Asp NG, Axelsen M, *et ál.* Glycemic index. *Scandinavian Journal of Nutrition*: (2004). 84–89.
82. Brouns F, Bjorck I & Wolever TMS. Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*; (2005). 18: 145-71.

83. Farhat AG, Mourkasel SR, El-Said RJ & Daher CF. Glycemic Index of Commonly Consumed Lebanese Mixed Meals and Desserts. *Asian Journal of Clinical Nutrition*; (2010) 2: 48-57.
84. Brand-Miller J. Draft for Public Comment Australian Standard Glycemic index of foods: (2005) 2-22.
85. Marques C, Auria LD, Cani PD, *et ál.* Comparison of glycemic index of spelt and wheat bread in human volunteers. *Food Chemistry*; (2007). 100: 1265-71.
86. Ha MA, Man JI, Melton LD & Lewis- Barsed NJ. Calculation of the glycaemic index. *Diabetes Nutrition and Metabolism*; (1992). 5: 137-39.
87. Vorster HH, Venter CS & Silvis N. The glycaemic index of foods: a critical evaluation. *South African Journal of Food Science and Nutrition*; (1990) 2: 13-17.
88. Wolever Thomas. MS. Effect of blood sampling schedule and method of calculating the area under the curve on validity and precision of glycaemic index values. *British Journal of Nutrition*; (2004a) 91: 295-301.
89. Salmeron J, Ascherio A, *et ál.* Dietary fiber, glycemic load and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care*; (1997a) 20: 545-50.
90. Liu S, Willet W C, *et. al.* A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake and risk of coronary heart disease in US women. *American Journal of Clinical Nutrition*; (2000) 71: 1455-61.
91. Ebbeling C B, Leiding M, *et ál.* A reduced-glycemic load diet in the treatment of adolescent obesity. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*; (2003). 157: 773-79.

92. Foster-Powell K, Holt SH & Brand-Miller JC International table of glycemic index and glycemic load values: American Journal of clinical nutrition; (2002) 76: 5-56.
93. Wolever TM. Glycaemic index a physiological classification of Dietary Carbohydrate. CABI Publishing- CAB international. (2006).
94. Dworatzek P.N., Hegele R.A. & Wolever T.M.S. Postprandial lipemia in subjects with the threonine 54 variant of fatty acid-binding protein 2 gene is dependent on the type of fat ingested. American Journal of Clinical Nutrition; (2004) 79: 1110-17.
95. MacIntosh C.G., Holt S.H.A. & Brand Miller J.C. The degree of fat saturation does not alter glycemic, insulinemic or satiety responses to a starchy staple in healthy men. Journal of nutrition; (2003). 133: 2577-80.
96. Morgan L.M., Tredger J. A., *et ál.* The effect of dietary modification and hyperglycaemia on gastric emptying and gastric inhibitory polipeptide (GIP) secretion. British Journal of Nutrition; (1998b). 60: 29-37.
97. Drucker D.J. Glucagon-like peptides. Diabetes; (1998). 47: 159-69..
98. Owen B, & Wolever Thomas.M.S. (2003) Effect of fat on glycaemic responses in normal subjects: a dose-response study. Nutrition Research; 23: 1341-1347. 76
99. Wolever Thomas. M.S. Jenkins D.J., Jenkins A.L. The glycemic index: methodology and clinical implications. American Journal of clinical nutrition; (1991) 54: 846-54.
100. Jenkins DJA, Jossea AR, *et ál.* Almonds and postprandial glycemia—a dose-response study. Metabolism clinical and experimental; (2007). 56: 400-04.

101. Lang V., Bellisle F., *et ál.* Varying the protein source in mixed meals modifies glucose, insulin and glucagon kinetics in healthy men, has weak effects on subjective satiety and fails to affect food intake. *European Journal of Clinical Nutrition*; (1999).53: 959-65.
102. Gannon M.C., Nuttall J.A. & Nuttall F.Q. The metabolic response to ingested glycine. *American journal of clinical nutrition*; (2002).76: 1302-07.
103. Gannon M.C, Nuttall J.A., *et ál.* Effect of protein ingestion on the glucose appearance rate in people with type 2 diabetes. *The journal of clinical endocrinology and metabolism*; (2001). 86: 1040-47.
104. Flakoll P.J., Kulaylat M., *et ál.* Aminoacids enhance insulin resistance to exogenous glucose infusion in overnight-fasted humans. *Journal of parenteral and enteral nutrition*; (1991) 15: 123-27.
105. Herman WH. "Postprandial hyperglycemia: Actor or Understudy? *Clinical Diabetes*, 2001. 3: 126
106. Repo-Carrasco R, Encina-Zelada CR. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev. Soc. Quím. Perú.* 2008; 74(2):108-124.
107. León-Romaní CZ. Determinación de vitamina C y carotenoides totales en el tumbo serrano (*Pasiflora mollisima*). Lima: Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química; 2012.
108. Vit P, Santiago B, Pérez-Pérez EM. Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia.* 2014; 39(5):350-353.



Anexo 1: Consentimiento informado

YO,.....

(Nombres, apellidos y código), declaro que mi participación en la investigación "Efecto de la ingesta de las frutas de guanábana, sacahatomate, aguaymanto y tumbo serrano sobre la glicemia a través del índice glicémico" la realizo con conocimiento cabal del mismo el cual no represente riesgo alguno para mi salud y por el contrario me veré beneficiado con la evaluación de estado nutricional inicial así como los exámenes bioquímicos, las recomendaciones nutricionales al final del periodo experimental.

Declaro también, conocer la información relacionada con los procedimientos de investigación el mismo que, debe ser de carácter confidencial y su tratamiento debe ser exclusivo para el fin anotado en el párrafo anterior como bien se me ha explicado por la tesista la Lic. Roxana Carla Fernández Condori.

En señal de conformidad de lo expresado libremente en los párrafos anteriores del Consentimiento informado, procedo a rubricarlo.

La Molina, _____, _____ de 2007

Firma del voluntario

Firma del investigador

Anexo 2: Historia clínica nutricional

1. Datos personales

Nombres y Apellidos:
Fecha de nacimiento: Edad Sexo F () M ()
Dirección:
Teléfono..... Celular..... Email:

2. Datos antropométricos

Peso..... Talla..... Edad..... IMC..... c. cadera.....
c. cintura..... c. muñeca..... % Agua..... %Grasa.....
% musculo:

3. Valores clínicos y bioquímicas:

P. Arterial..... T°..... Pulso..... Colesterol total.....
Triglicéridos..... Hb..... Hto..... Glucosa.....

4. Antecedentes personales

¿Ha sufrido de algunas de las siguientes enfermedades?

Obesidad	()	Bulimia	()	Alergias Alimentarias	()
Hipercolesterolemia	()	Gastritis	()	Diabetes	()
Hiperlipidemias	()	Úlceras	()	Anemia	()
Infección gastrointestinal	()	Hipertiroidismo	()	Constipación	()
Anorexia	()	Hipotiroidismo	()	Flatulencia	()

Otras:
.....
.....
.....

¿Actualmente usted fuma? Sí () No () ¿Cuántos cigarrillos al día?
.....
.....

¿Actualmente usted consume alcohol? Sí () No () Especifique:
.....
.....

¿Usted consume o consumió algún tipo de medicamentos?

Anticonceptivos () Antidepresivos () Diuréticos ()
Anfetaminas () Tranquilizantes () Otros:

¿Usted consume algún tipo de estimulante? Sí () No () Especifique:
.....
.....

¿Usted consume algún tipo de bebidas energizantes? Sí () No ()
Especifique:

.....
.....
¿Con qué frecuencia usted lo consume?
Diario () Semanal () Fin de semana () Mensual () Ocasionalmente ()
Solo por curiosidad () Nunca ()

¿Has seguido algún tratamiento para bajar de peso? Sí () No ()
Médico ()
Endocrinólogo ()
Nutricionista ()
Otros.....

Qué tratamiento específicamente

Pastillas ()
Hierbas ()
Quemadores de grasa ()
Régimen alimentario ()
Masoterapia ()
Mesoterapia ()
Otros.....

¿Has seguido algún tratamiento para subir de peso? Sí () No ()
Indica cual.....

¿Cómo considera usted su composición corporal?
Normal () Elevada grasa () Poca grasa () Elevado músculo ()

¿Sufre usted de constipación? Sí () No () ¿Desde cuándo? Niño ()
Adolescentes () Joven () Solo ocasionalmente ()

5. Hábitos y costumbres

Origen de nacimiento..... Origen familiar.....
.....

¿Consume alimentos ricos en carbohidratos? Sí () No () ¿Cuáles?
.....
.....
.....
.....

¿Usted consume agua durante el día? Sí () No () ¿Cuántos vasos/día
.....
.....
.....

¿Usted practica algún deporte? Sí () No () ¿Qué tipo de
deporte?.....

.....
.....
.....

¿Cuántas horas/día lo practica? Otra Actividad:
.....

¿Duerme bien durante la noche? Sí () No () ¿Cuántas horas duerme?
..... ¿Descansa durante la tarde? Sí () No () ¿Cuántas
horas? Observaciones.....
.....

6. Antecedentes familiares

Patologías	Miembro de la familia
Presión arterial
Enfermedades cardiovasculares
Diabetes mellitus
Sobre peso
Obesidad
Colesterol alto
Triglicéridos alto
Osteoporosis
Infección gastrointestinal
Alergias alimentarias
Alergias medicamentosas
Otros

Diagnostico nutricional:
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Lic. Roxana Fernández Condori
Nutricionista
CNP. 1297

Recordatorio de consumo de alimentos en 48 horas

Hora	Alimentos	Tiempo que te toma
Desayuno (:)		
Media mañana (:)		
Almuerzo (:)		
Media tarde (:)		
Cena (:)		

Diagnóstico de la anamnesis alimentaria por 48 horas

Lic. Roxana Fernández Condori
Nutricionista CNP. 1297



Anexo 4: Frecuencia de consumo de alimentos

Grupo de Alimentos	Cantidad	Frecuencia	Observaciones
Leche y derivados			
Huevos			
Carnes rojas			
Aves			
Pescado			
Mariscos			
Embutidos			
Cereales y derivados			
Leguminosas			
Aceites y oleaginosas			
Verduras			
Frutas			
Tubérculos y raíces			

Para el llenado de la tabla superior deberá leer las siguientes indicaciones indicando la frecuencia y cantidades respectivas:

Para la frecuencia:

T = Todos los días

I = Interdiario

ST= Toda la semana una vez por semana

M= Al mes o una vez al mes

Para la cantidad:

1v = Vaso

1tz = taza

1Cd = cucharada

1cd = cucharadita

1Pt = plato entrada

Lugar de consumo de alimentos

Dietas durante el día	Casa	Cafetería de la USMP	Kiosco
Desayuno			
Almuerzo			
Comida			
Otros			

Diagnóstico de la frecuencia de consumo:

Lic. Roxana Fernández Condori Nutricionista CNP. 1297

Anexo 5: Índice glucémico

Nº	ÁREA BAJO LA CURVA (AUC) mg.min/dL				VALOR CRÍTICO Z			
	GUANABANA	TOMATE	AGUAYMANTO	TUMBO				
CT - 05	5.96	19.46	22.50	10.83	1.52	0.61	0.75	0.96
JC - 15	32.54	43.01	15.98	21.03	0.18	0.94	1.19	0.20
MB - 01	28.25	9.01	27.17	19.29	0.40	1.30	0.44	0.33
CB - 02	76.05	18.29	37.16	35.22	2.00	0.69	0.23	0.85
AD - 03	23.97	17.53	16.41	12.93	0.61	0.74	1.16	0.80
EL - 16	55.72	17.13	36.82	9.92	0.98	0.76	0.21	1.03
AT - 17	31.01	19.67	39.13	12.42	0.26	0.59	0.37	0.84
KC - 04	38.64	15.21	54.83	26.89	0.12	0.89	1.42	0.23
HD - 18	16.19	44.97	12.28	29.98	1.01	1.07	1.44	0.46
CT - 14	17.34	10.55	21.11	24.39	0.95	1.19	0.84	0.05
IF - 06	47.07	61.19	44.25	30.60	0.55	2.14	0.71	0.51
MP - 19	19.13	31.68	35.58	42.33	0.86	0.20	0.13	1.38
MB - 07	24.46	23.67	27.12	4.98	0.59	0.33	0.44	1.39
HB - 20	21.27	12.10	45.39	50.89	0.75	1.09	0.79	2.01
JP - 21	41.31	40.41	26.50	19.61	0.26	0.77	0.48	0.31
SP - 11	18.02	11.57	8.33	2.89	0.91	1.13	1.70	1.55
NS - 09	38.00	44.10	65.11	22.88	0.09	1.01	2.11	0.06
YN - 10	25.59	27.27	18.63	20.39	0.53	0.09	1.01	0.25
SP - 08	17.34	10.55	21.11	24.39	0.95	1.19	0.84	0.05
ML - 12	14.60	38.56	22.51	15.17	1.09	0.65	0.75	0.64
GE - 13	40.48	21.77	35.52	22.41	0.22	0.46	0.12	0.10
OO - 22	80.01	46.73	51.72	34.79	2.20	1.19	1.21	0.82
RV - 23	55.94	22.72	42.53	14.90	0.99	0.39	0.59	0.66
SA - 24	44.60	40.66	45.27	39.44	0.42	0.79	0.78	1.16
AG - 25	65.24	52.18	52.54	60.28	1.46	1.55	1.27	2.71
AQ - 26	62.25	46.08	50.09	24.51	1.31	1.14	1.10	0.06
PROM	36.19	28.70	33.68	24.36				
SD	19.88	15.19	14.90	13.57				
SEM	3.900	2.979	2.921	2.662				
CV,%	54.94	52.94	44.23	55.71				

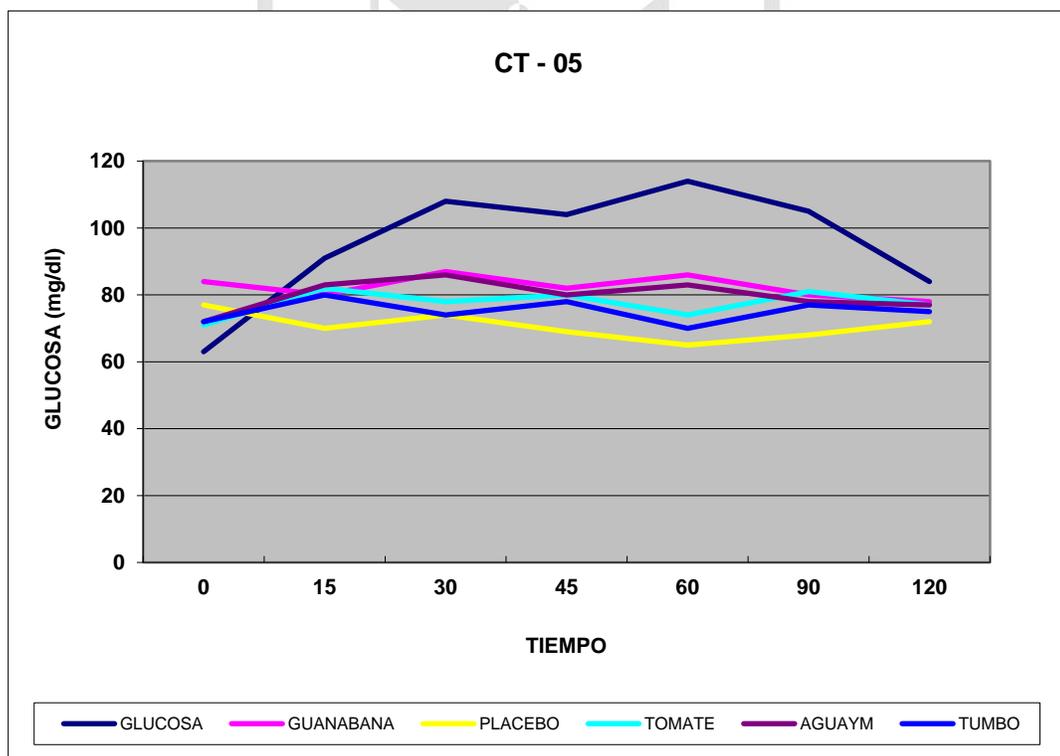
Total: 26 Alumnos

H= Hombres M= Mujeres

Anexo 6: Resultados de la toma de glucosa Vs. tiempo

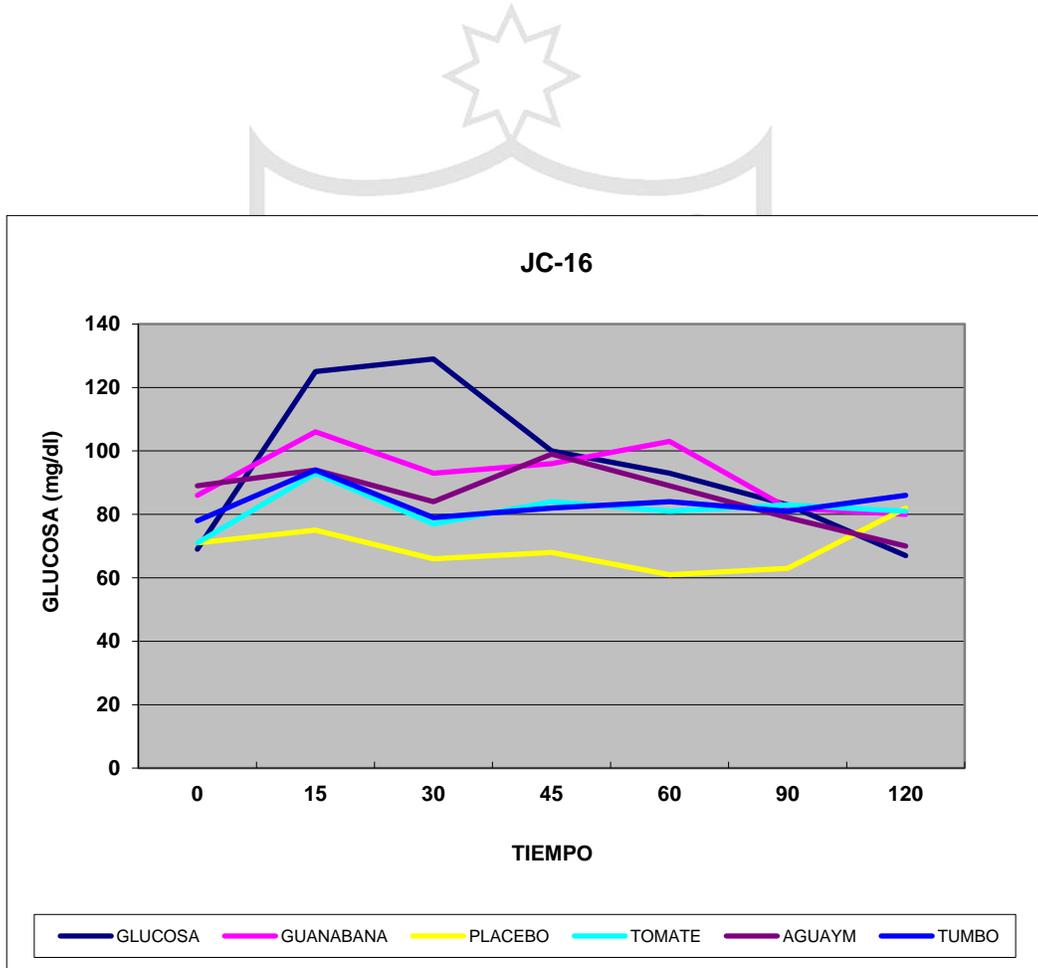
Voluntario: CT- 05

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	63	84	77	71	72	72
15	91	80	70	82	83	80
30	108	87	74	78	86	74
45	104	82	69	80	80	78
60	114	86	65	74	83	70
90	105	80	68	81	78	77
120	84	78	72	77	77	75



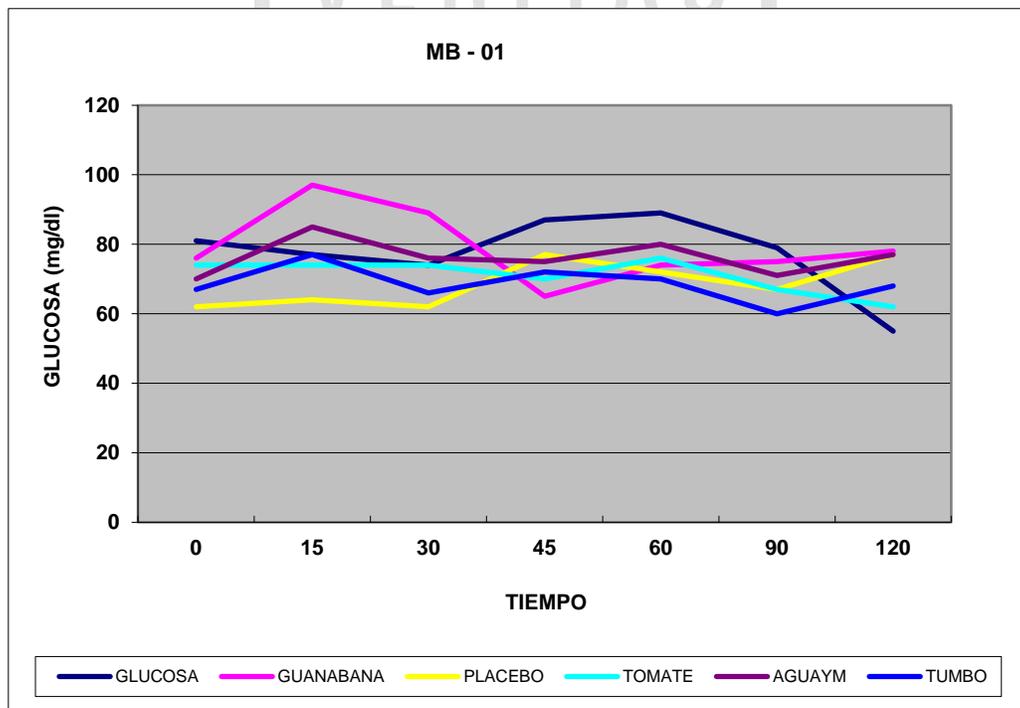
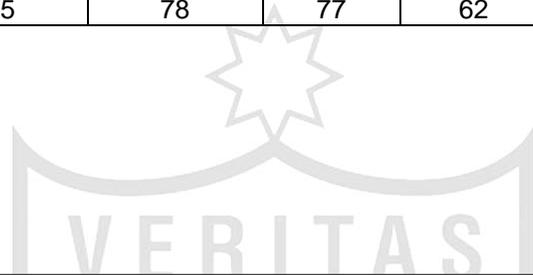
Voluntario:JC16

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	69	86	71	71	89	78
15	125	106	75	93	94	94
30	129	93	66	77	84	79
45	100	96	68	84	99	82
60	93	103	61	81	89	84
90	83	82	63	83	79	81
120	67	80	82	81	70	86



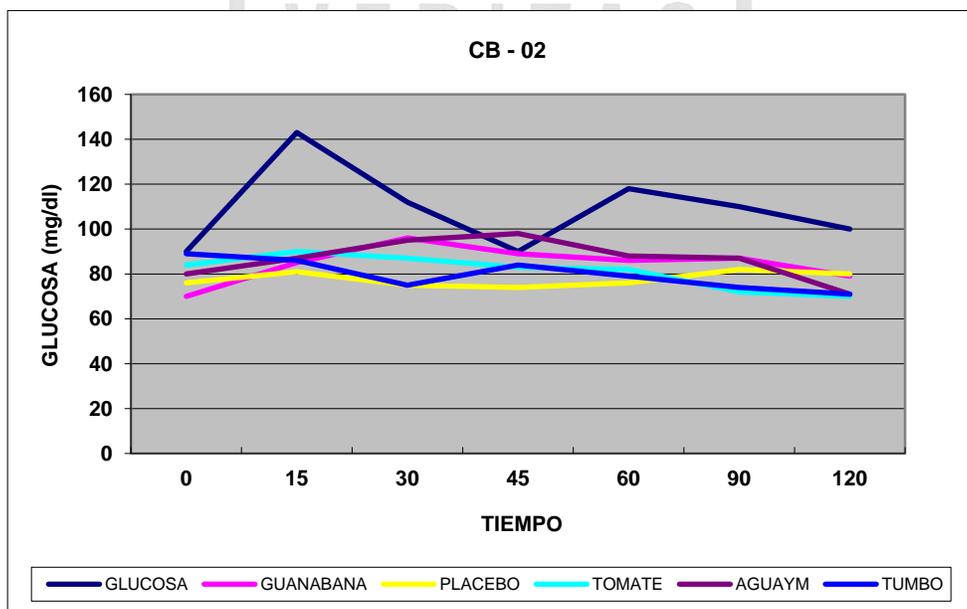
**Voluntario:
MB- 01**

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYMAN	TUMBO
0	81	76	62	74	70	67
15	77	97	64	74	85	77
30	74	89	62	74	76	66
45	87	65	77	70	75	72
60	89	74	72	76	80	70
90	79	75	67	67	71	60
120	55	78	77	62	77	68



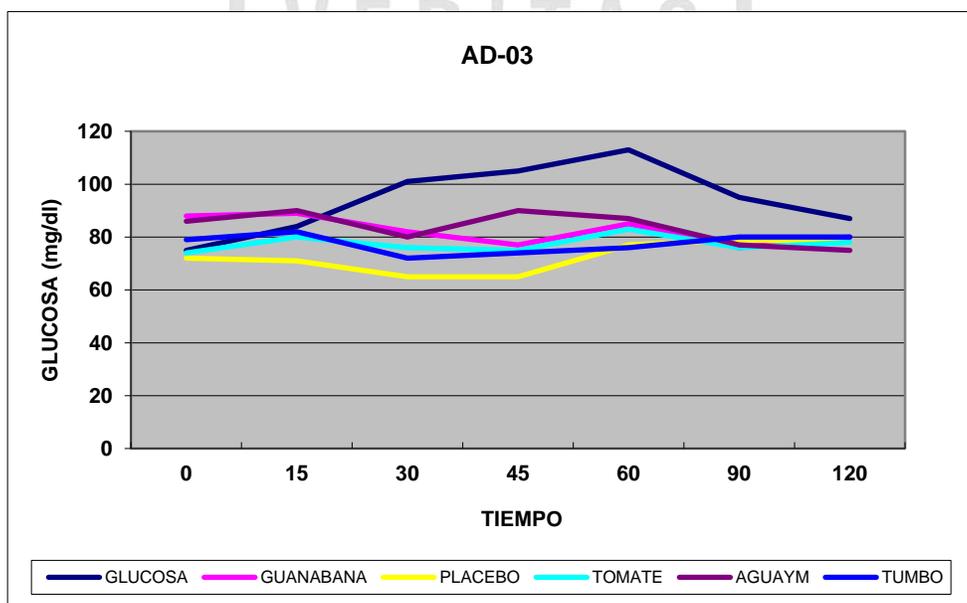
Voluntario: CB - 02

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	90	70	76	84	80	89
15	143	85	81	90	87	86
30	112	96	75	87	95	75
45	90	89	74	83	98	84
60	118	86	76	82	88	79
90	110	87	82	72	87	74
120	100	79	80	70	71	71



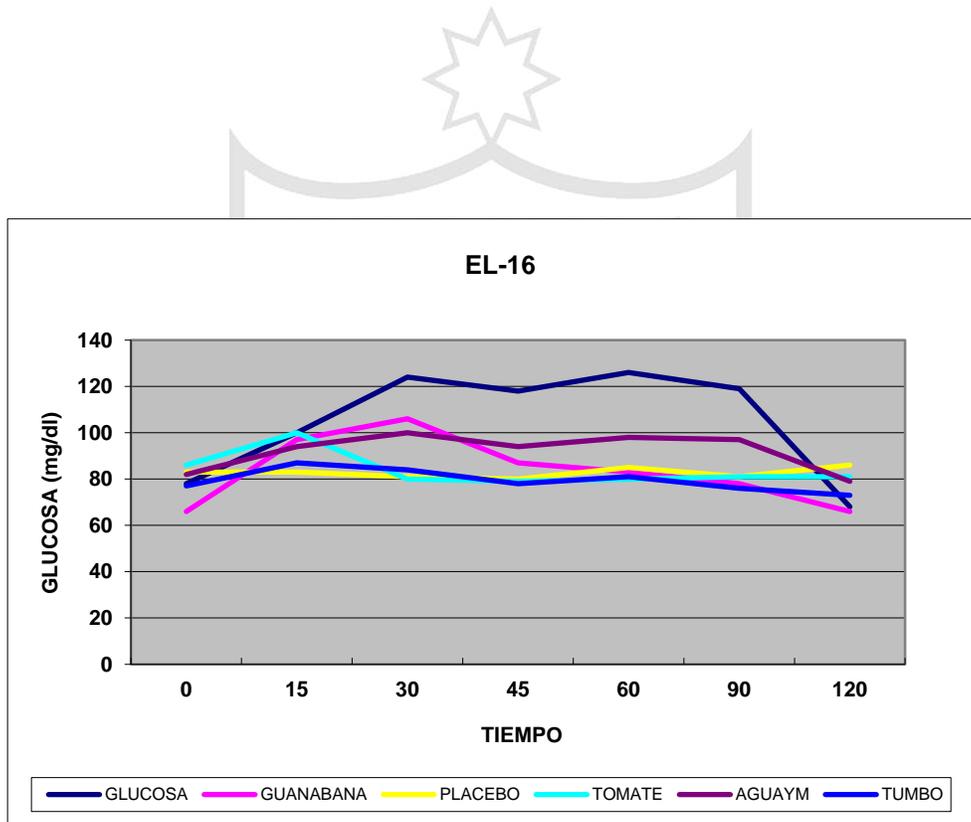
Voluntario: AD-03

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	75	88	72	74	86	79
15	84	89	71	80	90	82
30	101	82	65	76	80	72
45	105	77	65	75	90	74
60	113	85	77	83	87	76
90	95	76	79	76	77	80
120	87	80	78	78	75	80



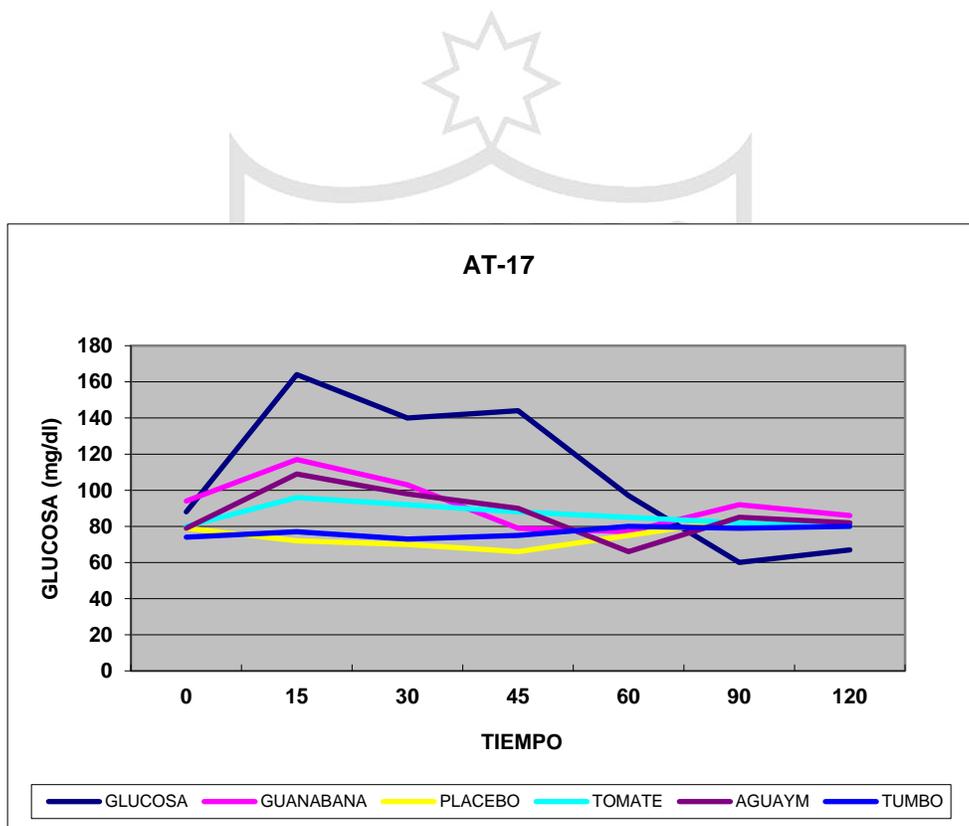
Voluntario: EL-16

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	78	66	83	86	82	77
15	100	97	83	100	94	87
30	124	106	81	80	100	84
45	118	87	80	79	94	78
60	126	83	85	80	98	81
90	119	78	81	81	97	76
120	68	66	86	81	79	73



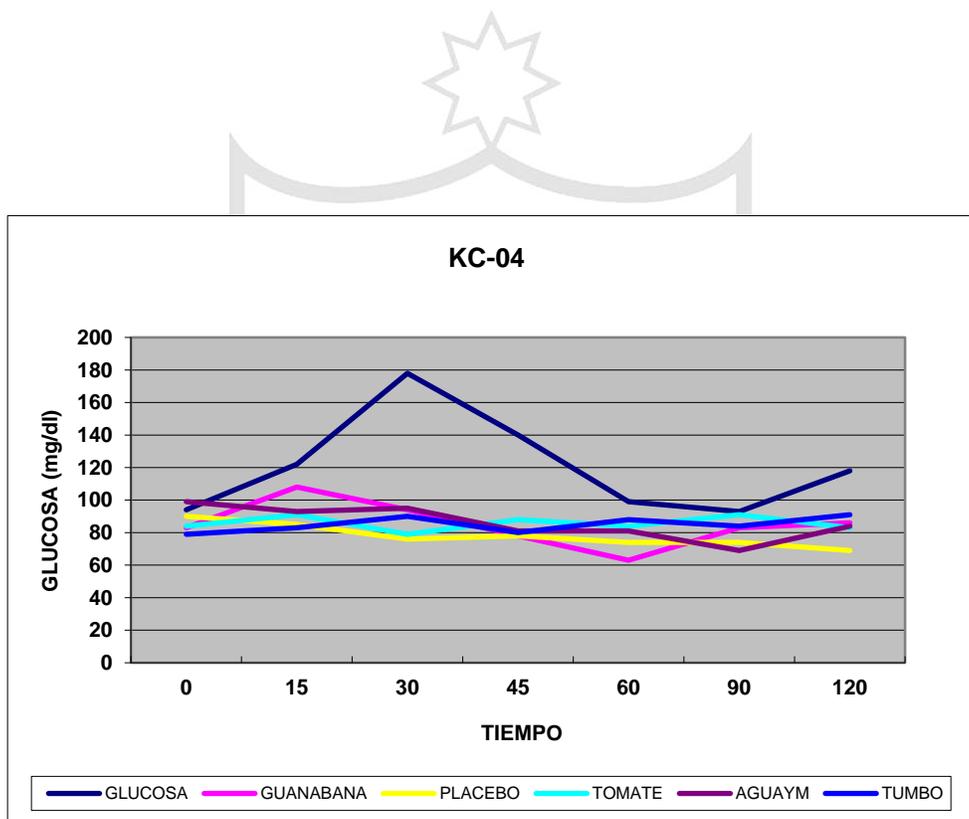
Voluntario: AT-17

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	88	94	79	80	79	74
15	164	117	72	96	109	77
30	140	103	70	92	98	73
45	144	79	66	88	90	75
60	97	77	75	85	66	80
90	60	92	84	82	85	79
120	67	86	80	80	82	80



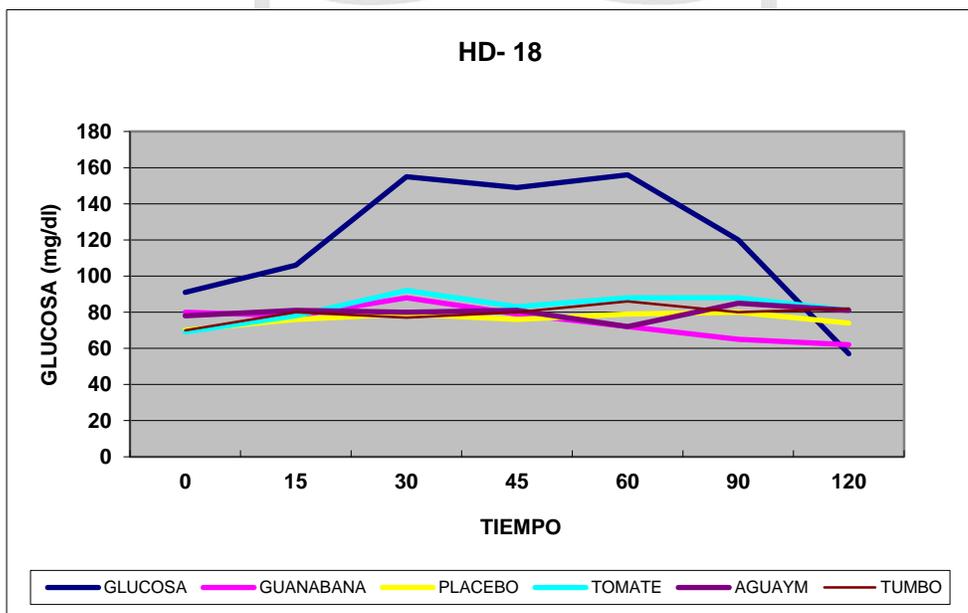
Voluntario: KC-04

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	94	83	90	84	99	79
15	122	108	85	91	93	83
30	178	94	76	79	95	90
45	140	78	78	88	81	80
60	99	63	74	84	81	88
90	93	83	74	91	69	84
120	118	86	69	83	84	91



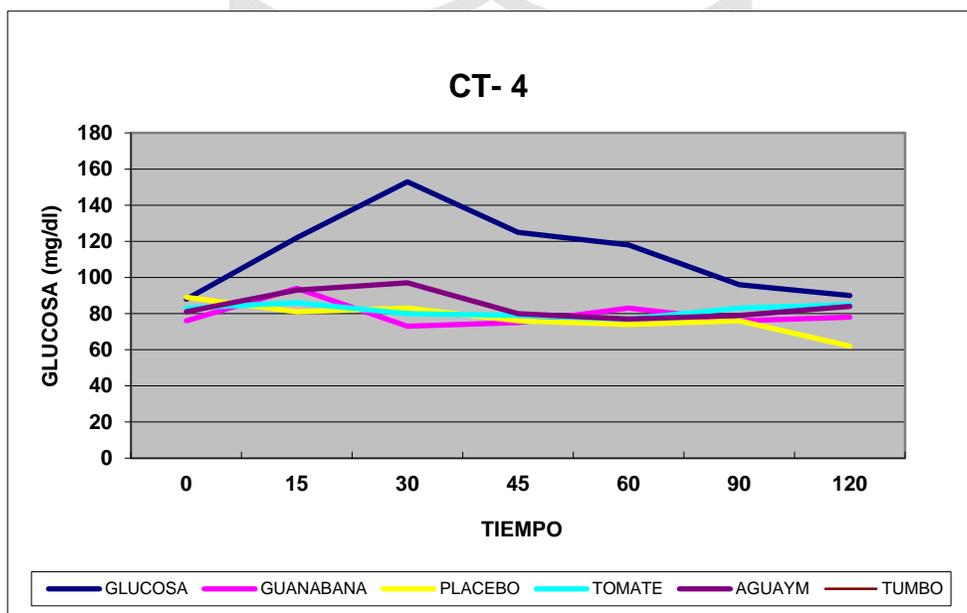
Voluntario : HD-18

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	91	80	70	69	78	70
15	106	78	76	78	81	80
30	155	88	79	92	80	77
45	149	79	76	83	81	80
60	156	72	79	88	72	86
90	120	65	80	88	85	80
120	57	62	74	81	81	82



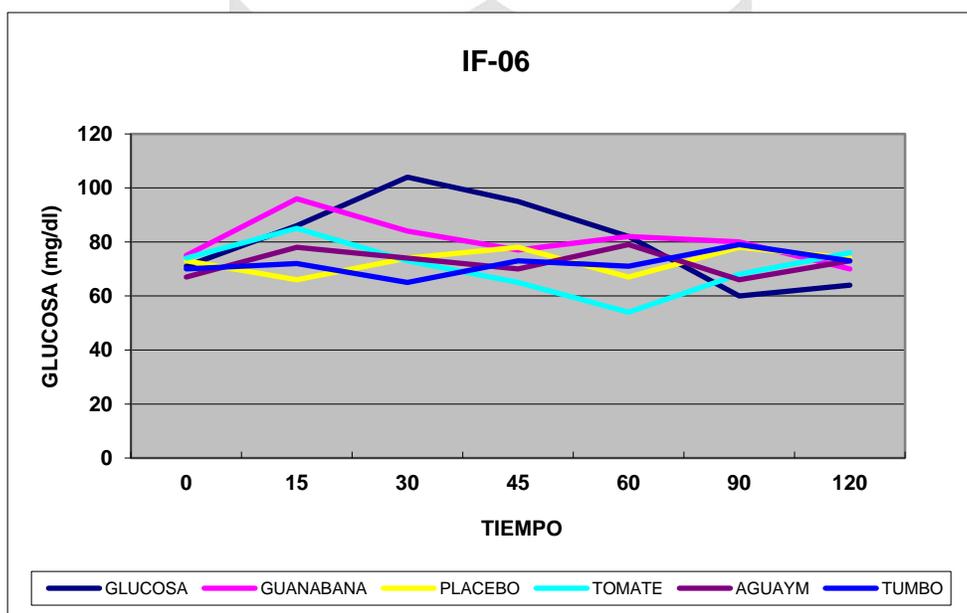
Voluntario: CT-14

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	88	76	89	83	81	86
15	122	94	81	86	93	90
30	153	73	83	80	97	83
45	125	75	76	79	80	80
60	118	83	74	77	77	75
90	96	76	76	83	79	73
120	90	78	62	85	84	71



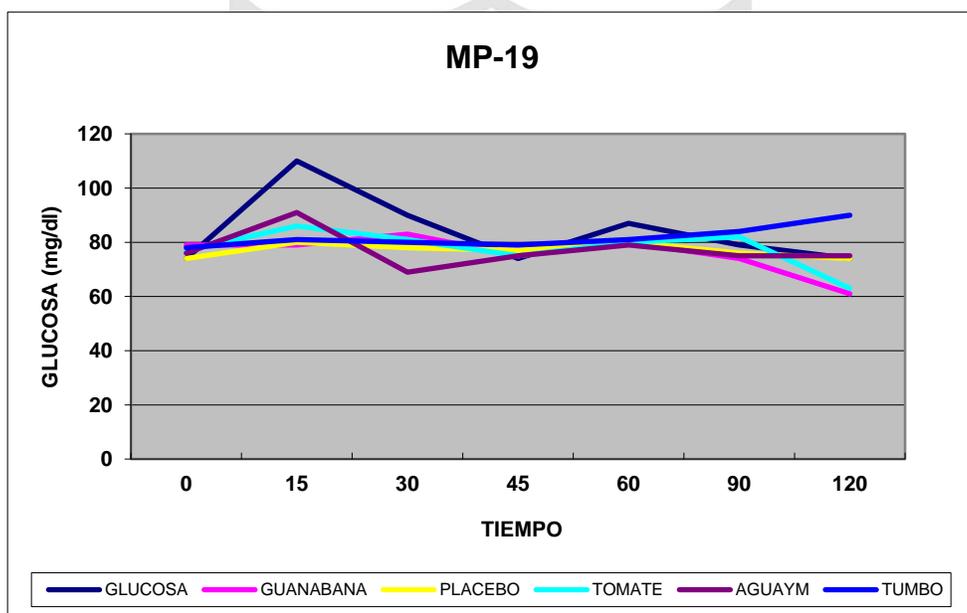
Voluntario: IF-06

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	71	75	73	74	67	70
15	86	96	66	85	78	72
30	104	84	74	73	74	65
45	95	77	78	65	70	73
60	82	82	67	54	79	71
90	60	80	78	68	66	79
120	64	70	74	76	73	73



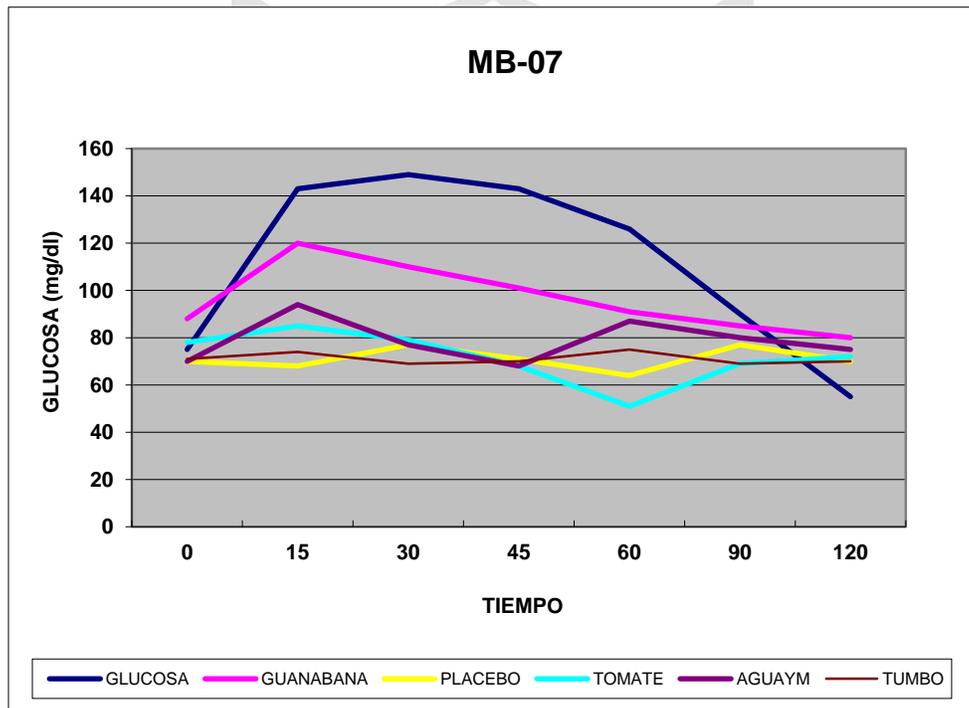
Voluntario: MP-19

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	74	79	74	77	76	78
15	110	79	80	86	91	81
30	90	83	78	81	69	80
45	74	75	77	75	75	79
60	87	80	80	80	79	81
90	79	74	76	82	75	84
120	74	61	74	63	75	90



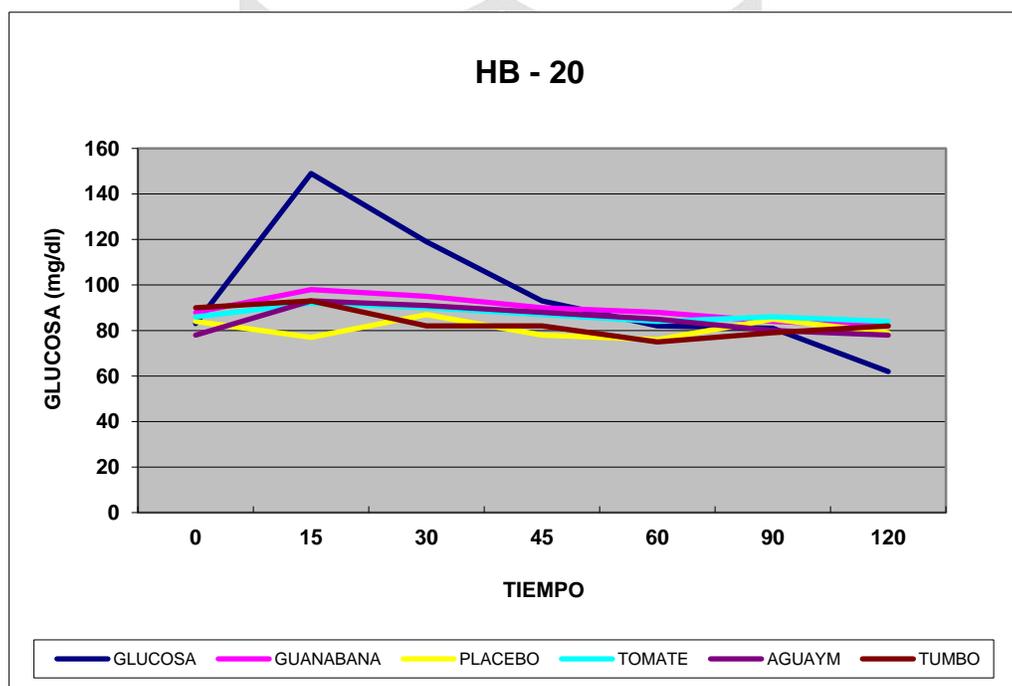
Voluntario: MB-07

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	75	88	70	78	70	71
15	143	120	68	85	94	74
30	149	110	77	79	77	69
45	143	101	71	68	68	70
60	126	91	64	51	87	75
90	90	85	77	69	80	69
120	55	80	70	72	75	70



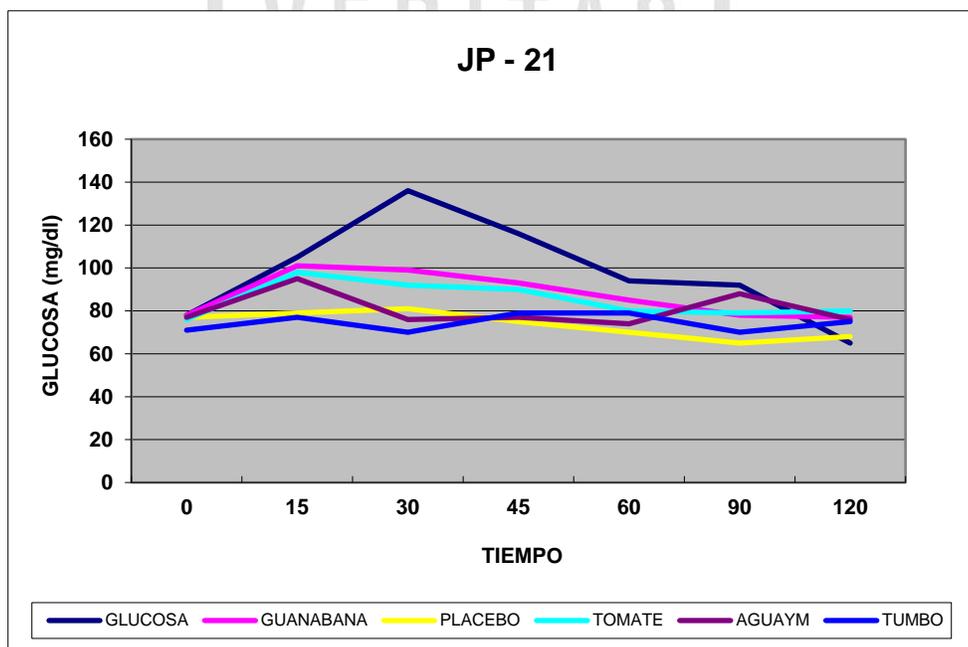
Voluntarios: HB-20

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	83	88	84	86	78	90
15	149	98	77	92	93	93
30	119	95	87	90	91	82
45	93	90	78	87	88	82
60	82	88	76	84	85	75
90	81	84	85	86	80	79
120	62	82	79	84	78	82



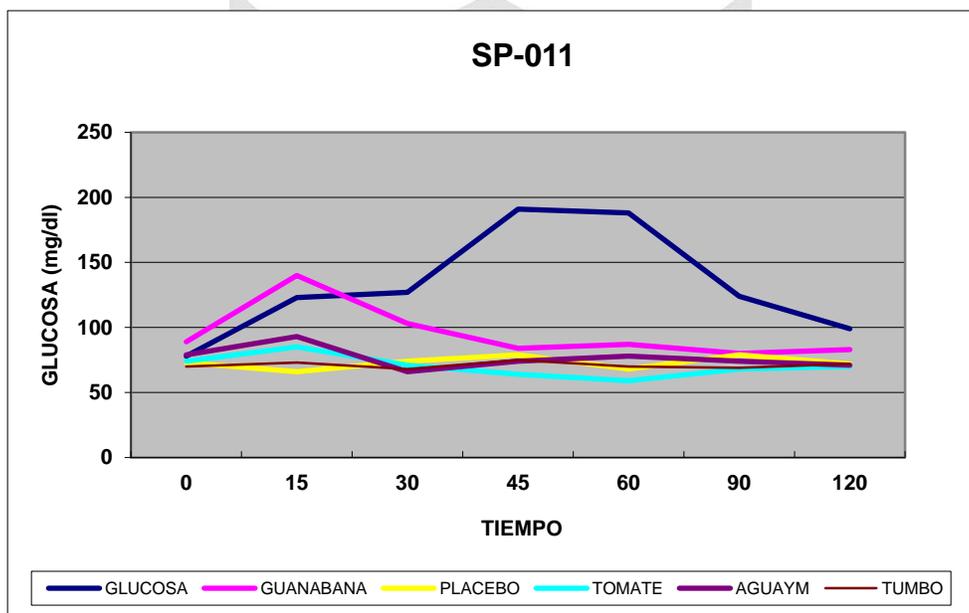
Voluntario: JP-21

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	78	78	77	76	77	71
15	105	101	79	98	95	77
30	136	99	81	92	76	70
45	116	93	75	90	77	79
60	94	85	70	80	74	79
90	92	78	65	79	88	70
120	65	77	68	80	76	75



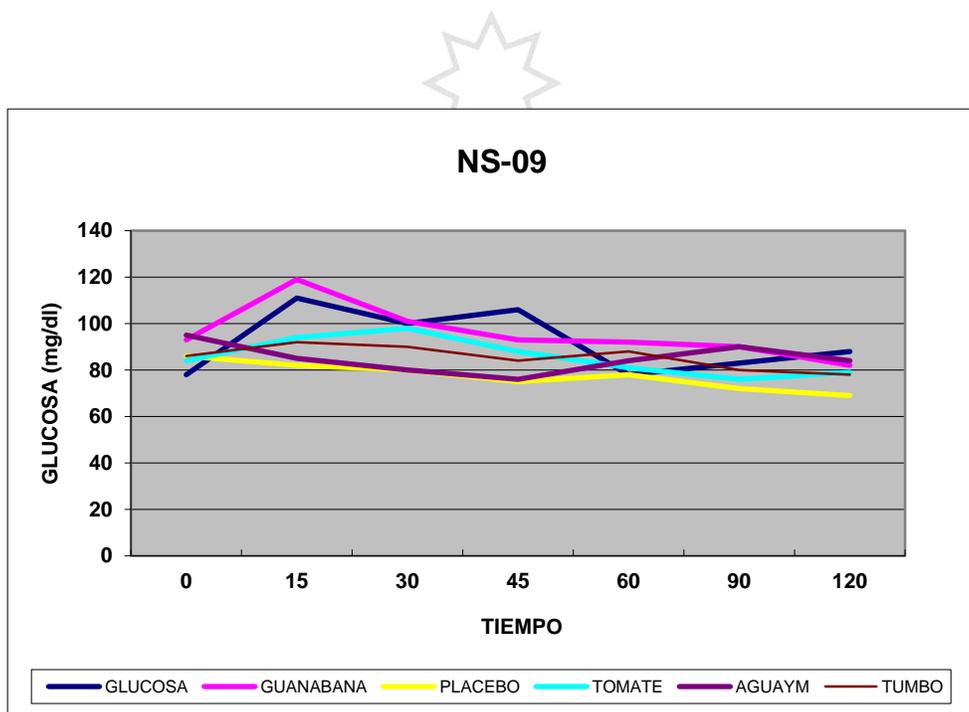
Voluntario: SP-11

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	78	89	73	74	79	70
15	123	140	66	85	93	73
30	127	103	74	71	66	68
45	191	84	79	64	74	75
60	188	87	68	59	78	70
90	124	80	79	68	74	69
120	99	83	72	70	71	72



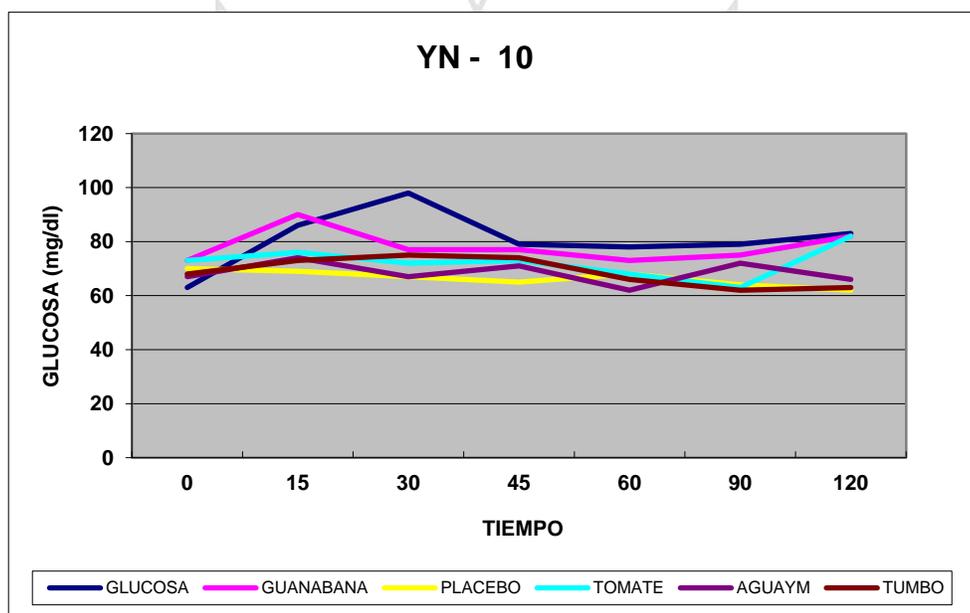
Voluntario: NS-09

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	78	93	86	84	95	86
15	111	119	82	94	85	92
30	100	101	80	98	80	90
45	106	93	75	88	76	84
60	78	92	78	81	84	88
90	83	90	72	76	90	80
120	88	82	69	79	84	78



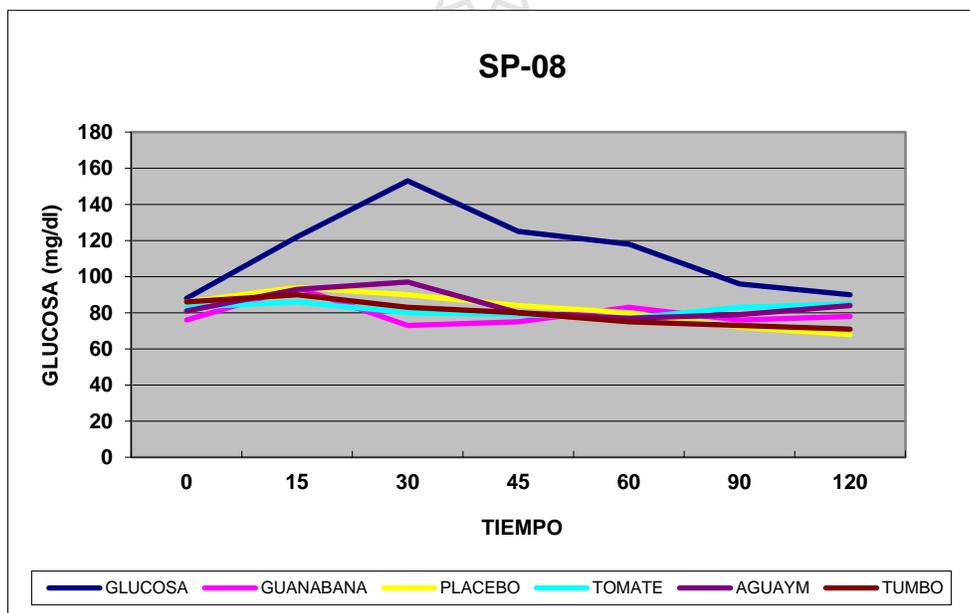
Voluntario: YN-10

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	63	73	70	73	67	68
15	86	90	69	76	74	73
30	98	77	67	72	67	75
45	79	77	65	73	71	74
60	78	73	68	68	62	66
90	79	75	64	63	72	62
120	83	82	62	82	66	63



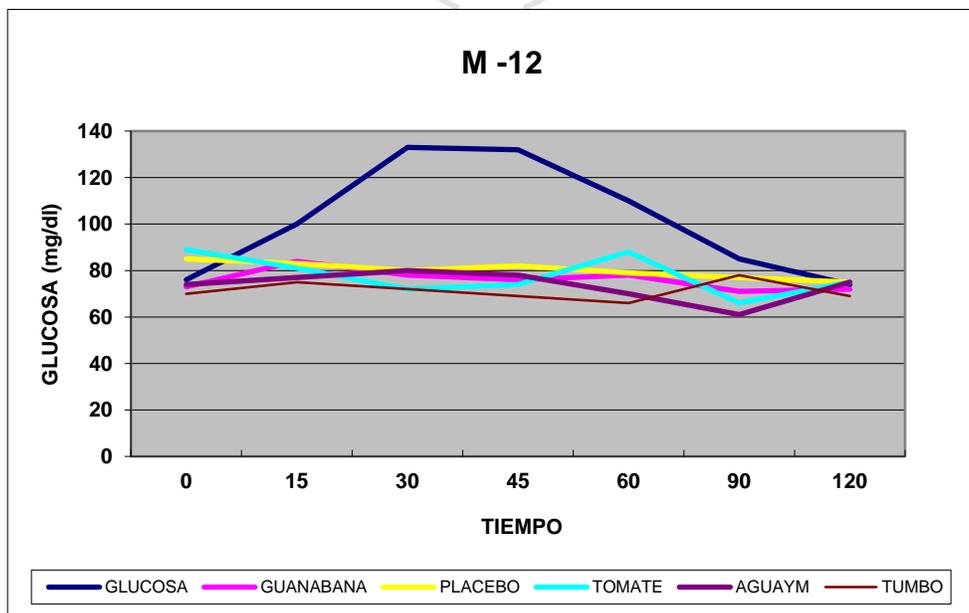
Voluntario: SP-08

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	88	76	86	83	81	86
15	122	94	94	86	93	90
30	153	73	90	80	97	83
45	125	75	84	79	80	80
60	118	83	80	77	77	75
90	96	76	72	83	79	73
120	90	78	68	85	84	71



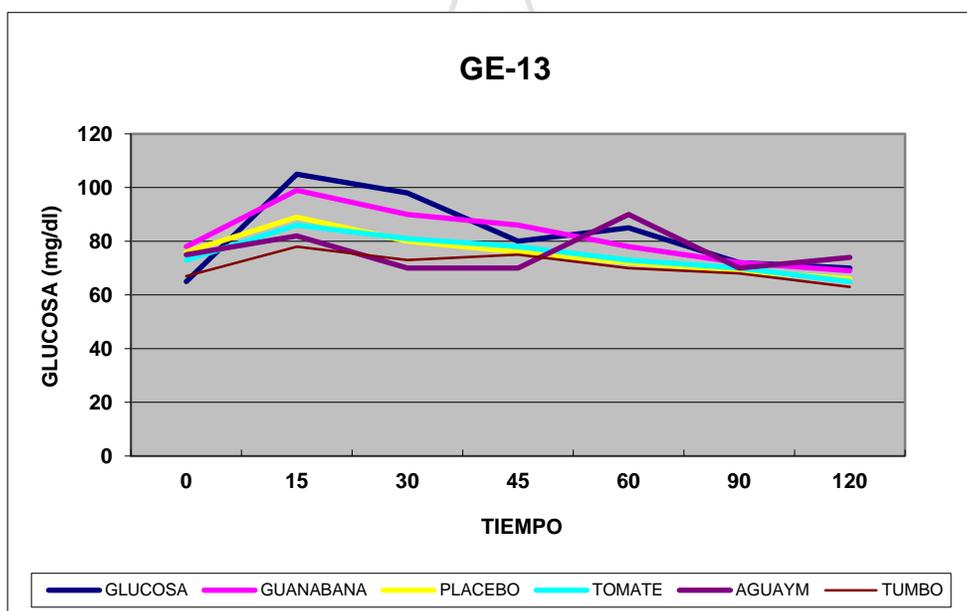
Voluntario: ML-12

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	76	73	85	89	74	70
15	100	84	83	81	77	75
30	133	78	80	72	80	72
45	132	76	82	74	78	69
60	110	78	79	88	70	66
90	85	71	77	66	61	78
120	74	72	75	75	75	69



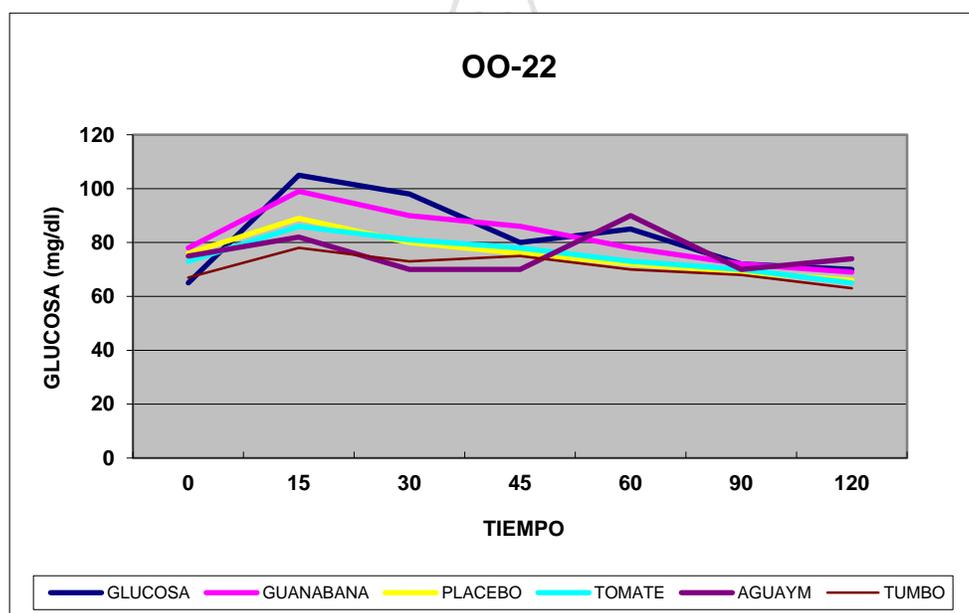
Voluntario: GE-13

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	65	78	76	73	75	67
15	105	99	89	86	82	78
30	98	90	80	81	70	73
45	80	86	76	78	70	75
60	85	78	72	73	90	70
90	72	72	69	70	70	68
120	70	69	66	65	74	63



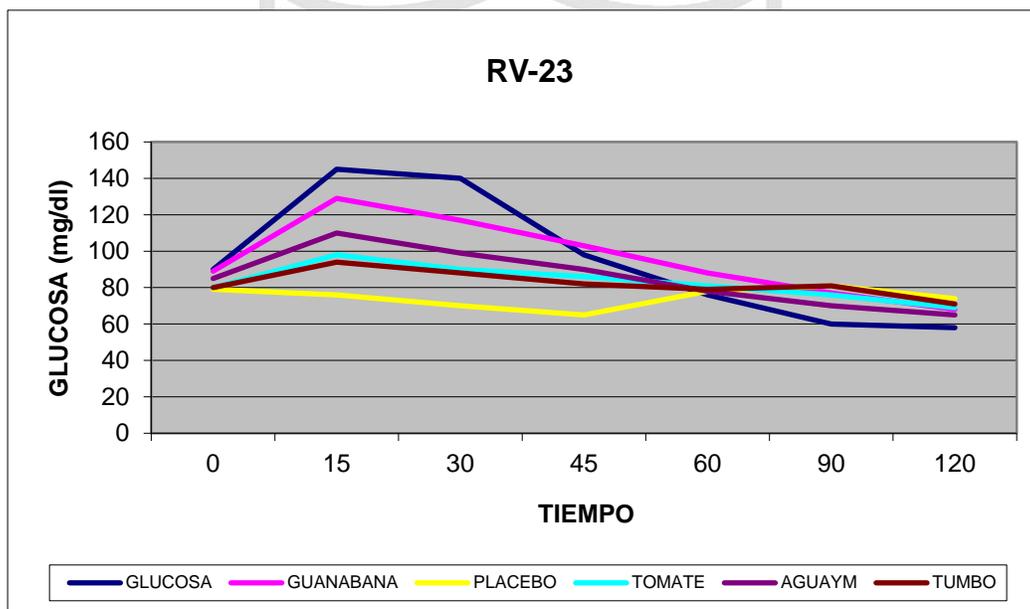
Voluntario: OO- 22

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	80	82	78	77	72	79
15	115	108	76	87	94	80
30	95	88	78	82	69	82
45	71	88	77	74	77	79
60	87	81	80	81	75	81
90	78	76	82	84	70	80
120	71	88	72	65	68	95



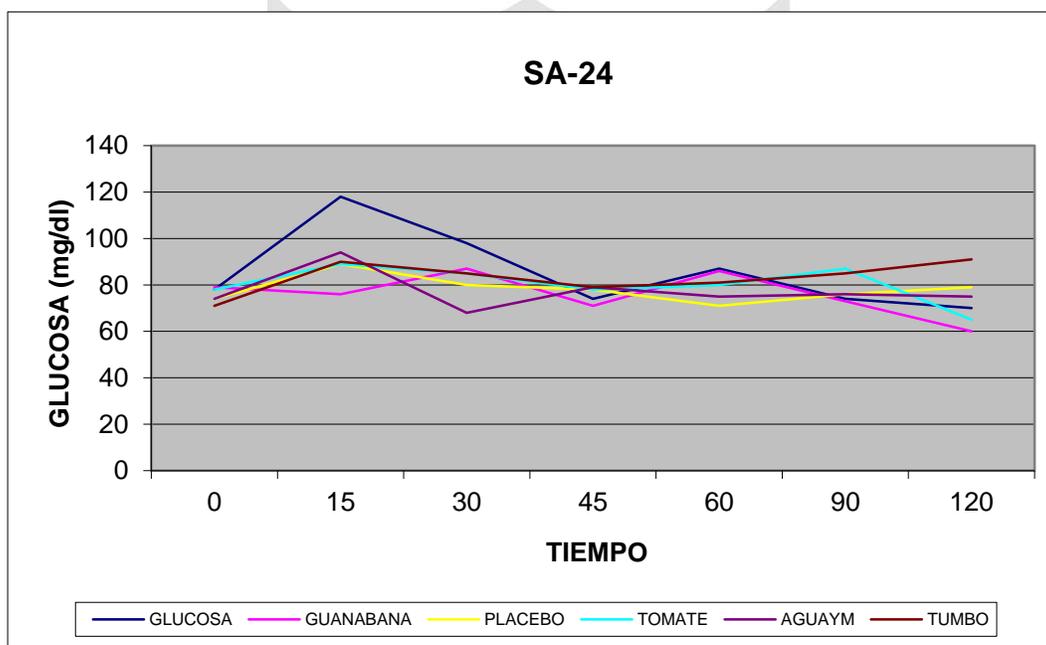
Voluntario: RV-23

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	90	89	79	80	85	80
15	145	129	76	98	110	94
30	140	117	70	90	99	88
45	98	103	65	86	90	82
60	76	88	78	81	78	79
90	60	77	81	76	70	81
120	58	68	74	69	65	71



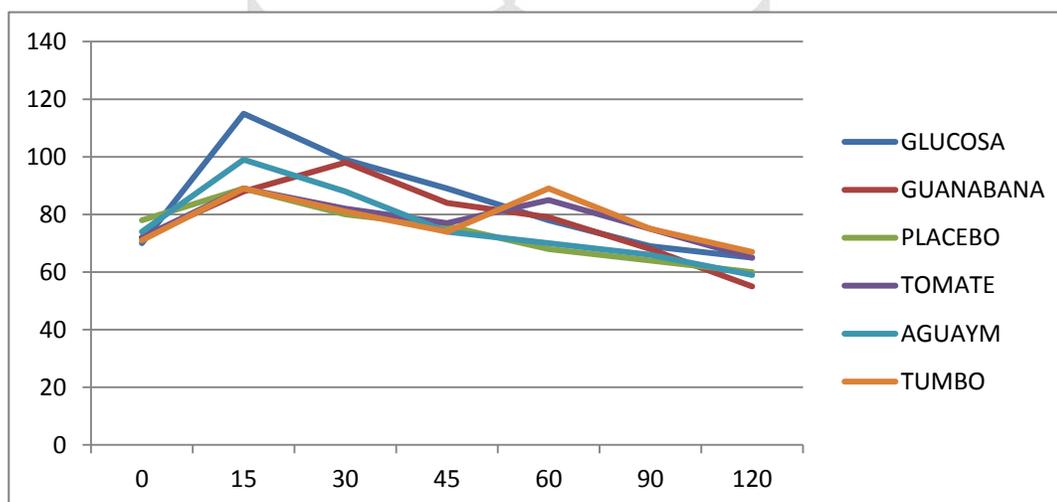
Voluntario: SA-24

Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	78	79	74	78	74	71
15	118	76	89	89	94	90
30	98	87	80	85	68	85
45	74	71	78	78	79	79
60	87	86	71	80	75	81
90	74	73	76	87	76	85
120	70	60	79	65	75	91

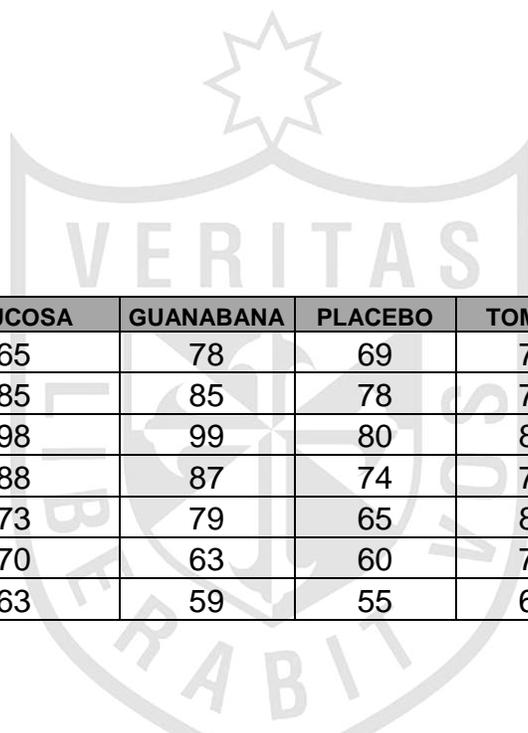


Voluntario: RF-25

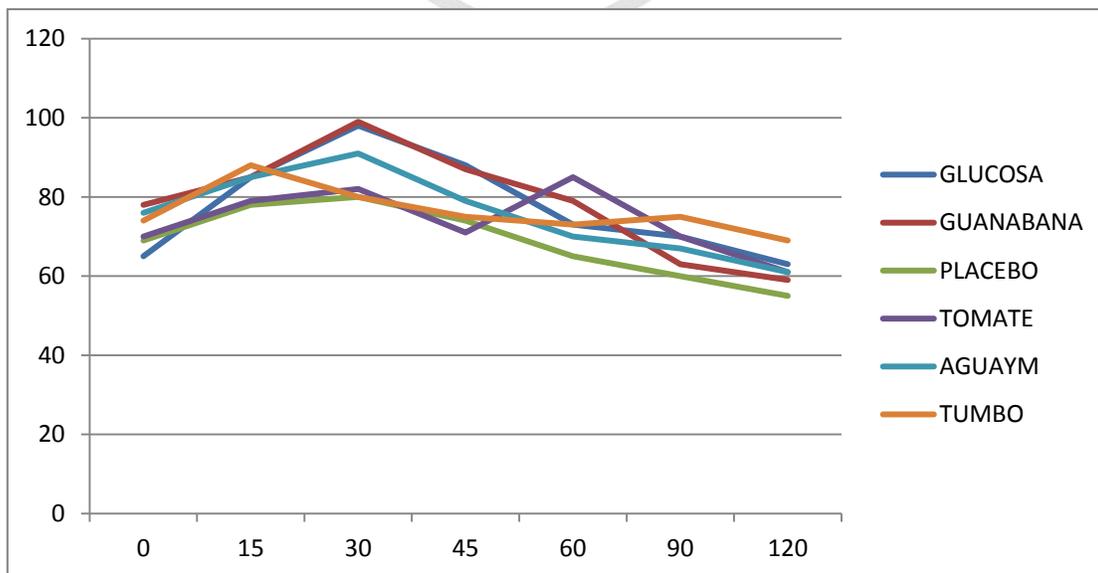
Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	70	72	78	72	74	71
15	115	88	89	89	99	89
30	99	98	80	82	88	81
45	89	84	76	77	74	74
60	78	79	68	85	70	89
90	69	68	64	75	66	75
120	65	55	60	65	59	67



Voluntario:G-
26



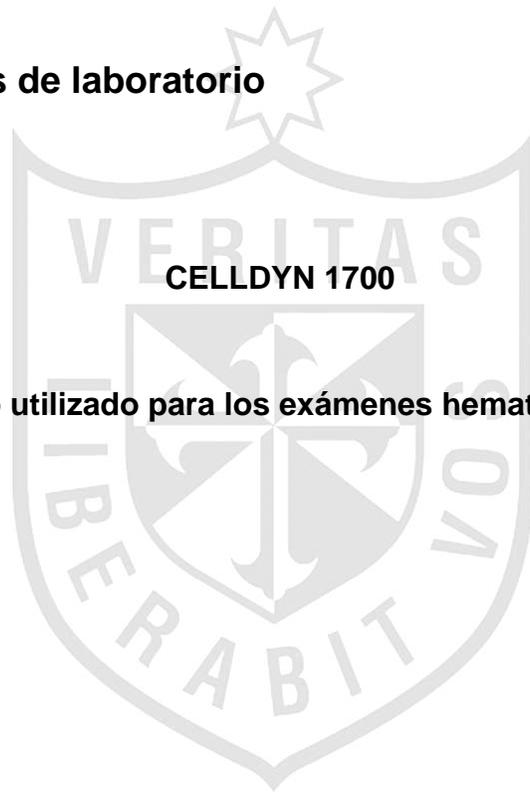
Tiempo (min)	GLUCOSA	GUANABANA	PLACEBO	TOMATE	AGUAYM	TUMBO
0	65	78	69	70	76	74
15	85	85	78	79	85	88
30	98	99	80	82	91	80
45	88	87	74	71	79	75
60	73	79	65	85	70	73
90	70	63	60	70	67	75
120	63	59	55	61	61	69



Anexo 7: Equipos de laboratorio

CELLDYN 1700

Equipo utilizado para los exámenes hematológicos





VITALAB SELECTRA 2

Equipo utilizado para los exámenes bioquímicos



CENTRÍFUGA LABOFUGE 400 DE HERAUS

Equipo utilizado para la separación del suero para las pruebas bioquímicas

