

## Evaluación de la curva de tolerancia a la glucosa en pacientes jóvenes

Eréndira Monserrat Serna Hernández<sup>1</sup>, Paola Pérez Ramos<sup>1</sup>, Guadalupe de Jesús Contreras Toledo<sup>1</sup>, Mari Carmen Damián Villagómez<sup>1</sup>, Nayeli Carolina García Ramírez<sup>1</sup>, Evelia Maylet Guerrero Esquivel<sup>1</sup>, María Hortencia Martínez Arredondo<sup>1</sup>, Luis Enrique Salas Cazares<sup>1</sup>, Clara Alba Betancourt.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo. División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato.

<sup>2</sup>Departamento de Farmacia. División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato.

### Resumen

La diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) es una enfermedad crónico-degenerativa que actualmente se presenta desde edades cada vez más tempranas. Aunque factores como la herencia contribuyen en gran medida a su desarrollo, también lo hacen el sedentarismo y malos hábitos de salud. Una de las principales pruebas para detectar la DMT2 es la Prueba Oral de Tolerancia a la Glucosa (POTG), con la cual también se pueden detectar procesos anormales del metabolismo en estadios más tempranos que pudieran prevenir complicaciones desde edades más jóvenes de los individuos. En este proyecto se analizó la relación de diferentes factores, como son metabolitos bioquímicos y antropométricos, además de la glucosa, en estudiantes universitarios, quienes se ha visto, pueden llegar a presentar estilos de vida perjudiciales para su salud. Aunque los valores obtenidos estuvieron dentro de los parámetros de referencia, la presencia de una curva monofásica del metabolismo de la glucosa puede indicar una alta predisposición a presentar DMT2, así como la correlación positiva de la fosfatasa alcalina, triglicéridos y HDL con respecto a la glucosa medida a los 30 minutos durante la POTG. Este estudio demuestra la importancia de crear conciencia sobre el autocuidado y la cultura de la prevención desde la juventud.

Palabras clave: diabetes mellitus; pacientes jóvenes, prueba oral de tolerancia a la glucosa.

### Introducción

La diabetes mellitus se define como la presencia de hiperglucemia crónica que está acompañada de alteraciones en el metabolismo de hidratos de carbono, proteínas y lípidos [1]. La hiperglucemia crónica está asociada con daños a largo plazo y fallos en el funcionamiento de diferentes órganos, principalmente los ojos, riñones, nervios, corazón, hígado, vasos sanguíneos [1]. La mayoría de los casos de diabetes pueden catalogarse en dos grandes grupos etiopatogénicos: diabetes tipo 1, que se caracteriza por la destrucción autoinmune de la célula  $\beta$ , lo que ocasiona una deficiencia absoluta de insulina, y tendencia a la cetoacidosis, necesitando la administración diaria de insulina [2], y diabetes tipo 2, que se asocia a obesidad o incremento en la grasa visceral, no es común la cetoacidosis, se puede presentar una resistencia predominante a la insulina con una deficiencia relativa de la hormona, e incluso un progresivo defecto en su secreción. [2]

La diabetes es de las primeras causas de muerte a nivel mundial y de reducción de calidad de vida, que produce una carga pesada en los sistemas de salud y en el desarrollo socioeconómico. De 1990 a 2017 aumentó de 11.3 millones de pacientes a 22.9 millones, siendo un 102.9% de aumento a nivel mundial [3]. Hasta agosto de 2020, se habían registrado 99 733 muertes por diabetes mellitus, siendo la 3er causa de muerte en nuestro país, por debajo de las enfermedades cardiovasculares y por COVID [4]. De acuerdo con la ENSANUT 2018, 10.3% de personas de 20 años en adelante presentaron un diagnóstico de diabetes, lo que equivale a 8.6 millones de personas, comparado con 6.4 millones en 2012 [5].

Las formas más frecuentes de diabetes mellitus en pacientes jóvenes son el tipo 1 y tipo 2. La diabetes tipo 2 en estos individuos difiere del tipo 1 y la patofisiología se parece a la de los pacientes adultos: resistencia a la insulina y falla no inmune de las células b. Sin embargo, el establecimiento de la diabetes tipo 2 en la juventud presenta aspectos únicos como la pérdida progresiva y rápida de las células b y un desarrollo acelerado de complicaciones. [6]

Los pacientes diagnosticados con diabetes tipo 2 en edades más jóvenes a menudo presentan una enfermedad más severa que pacientes de mayor edad y desarrollan complicaciones más serias de manera más temprana (retinopatía o pérdida de la visión, neuropatía, ulceración de extremidades, nefropatía, enfermedades cardiovasculares) [7].

El aumento de este padecimiento en edades más jóvenes es debido a la presencia de factores de riesgo como son la obesidad, antecedentes familiares, vida sedentaria, entre otros. [8]

Además de estos factores de riesgo que provocan el desarrollo de la enfermedad, existen otros que pueden formar parte de la vida de jóvenes universitarios, como son el consumo excesivo y continuo de alcohol, tabaquismo, sedentarismo, así como una dieta desequilibrada que causan un incremento de grasa visceral, grasa abdominal e índice de masa corporal que conlleva al sobrepeso (IMC 24–28 kg/m<sup>2</sup>) y la obesidad (IMC  $\geq$ 28 kg/m<sup>2</sup>) [9], los cuales son desencadenantes de diabetes mellitus tipo 2. Es de suma importancia su conocimiento para fomentar la exclusión de estos y mejorar la calidad de vida durante su estancia universitaria.

La American Diabetes Association (ADA) se basa en tres criterios para diagnosticar la diabetes: el valor de glucosa plasmática en ayunas (GPA,  $\geq$  126 mg/ dL), con base al valor de la hemoglobina glicada (A1C,  $\geq$  6.5%) y por el valor de glucosa plasmática durante una prueba oral de tolerancia a la glucosa (POTG, 75 g,  $\geq$  200 mg/dL) [10].

En la POTG la carga de glucosa recomendada es de 75 g. Esta prueba se realiza determinando la concentración de glucosa basal en plasma (después de un ayuno de 8 horas), glucosa plasmática (después de la toma de la carga) de 30 min, 60 min, 90 min y 120 min. Se ha demostrado que la curva de glucosa sirve como un marcador pronóstico de diabetes mellitus tipo 2 para poder determinar la sensibilidad, secreción y el potencial de estratificación del riesgo de la insulina. De igual manera, con la forma y el área bajo la curva se puede reflejar la alteración del metabolismo de la glucosa [11].

La forma de la curva es caracterizada por el patrón de aumento y disminución de la glucosa plasmática después de la ingesta fija de glucosa y se agrupa en tres categorías principales: monofásico (si la glucosa aumentó a un máximo entre 30 y 90 minutos seguido de una disminución a los 120 minutos), bifásico (si la curva tiene un pico a los 30 y 60 minutos seguida de un nadir y un segundo pico a los 120 minutos) y sin clasificar (aumento continuo sin una cima) [11].

La forma de la curva monofásica y no clasificada en comparación con la bifásica son asociadas con una menor sensibilidad a la insulina y una baja función de las células  $\beta$  resultando buenos predictores de prediabetes en personas con riesgo de desarrollar diabetes tipo 1, 2 y gestacional [11].

En este trabajo se realizó una medición de la POTG en 50 pacientes voluntarios estudiantes de la División de Ciencias Naturales y Exactas (DCNE), además de mediciones antropométricas de grasa visceral y total, junto con pruebas bioquímicas de funcionamiento hepático y de perfil de lípidos, para lograr un primer acercamiento de cómo se encuentra la población estudiantil con respecto a la prevalencia de diabetes tipo 2 y hacer conciencia del cambio de hábitos para prevenir esta enfermedad.

## Metodología

### Tipo de estudio

Se realizó un estudio transversal por conveniencia dirigida a los estudiantes de la División de Ciencias Naturales y Exactas, quienes fueron reclutados por medio de una convocatoria abierta dentro de las redes sociales. A todos los participantes se les entregó un consentimiento informado, en el que se les explicó su participación en el proyecto, así como la utilización que se haría de sus datos y con la seguridad de que su información solo sería usada para fines de investigación.

### Selección de participantes

El estudio incluyó a 50 estudiantes de la División de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Guanajuato de los cuales 39 fueron del sexo femenino y 11 del masculino con edad entre 18 y 25 años.

Criterios de inclusión: todos aquellos estudiantes inscritos de la DCNE que accedieron a participar en el estudio y firmaron el consentimiento informado; además que se les haya podido medir el porcentaje de grasa visceral y total, acudieron con el ayuno requerido de 12 horas y tuvieron las mediciones completas de perfil de lípidos y pruebas hepáticas.

Criterios de exclusión: aquellos pacientes que no accedieron a participar en el estudio o no firmaron el consentimiento informado.

Criterios de eliminación: pacientes que no cuenten con la información completa una vez que se estén analizando los datos.

Los pacientes que cumplieron con los requisitos establecidos para el proyecto se presentaron en el Laboratorio de Hematología por la mañana con un ayuno de 12 horas. El ayuno recomendado para la prueba de POTG requiere 8 horas, sin embargo, aunado al estudio se realizó perfil de lípidos, por lo que fue necesario extender el periodo de ayuno.

## Mediciones antropométricas

Utilizando un estadímetro, sin calzado y ropa ligera en posición totalmente vertical se determinó la estatura de los participantes, posteriormente con una báscula de impedancia marca Omrom, se colocó la planta de los pies cubriendo los electrodos y con las manos se sujetaron las placas formando un ángulo de 90° a la altura de los hombros y se estipuló el peso, índice de masa corporal (IMC), % de grasa, % de músculo, tasa metabólica (RM) y grasa visceral. Para evitar interferencias se les pidió a los participantes estar libres de objetos metálicos.

## Procesamiento de muestras

Se procedió a tomar muestra sanguínea en ayunas por vía intravenosa, utilizando un sistema al vacío, empleando tubos de plástico de 13x100 mm, 6 mL, tapón hemogard amarillo, con gel separador, etiquetando cada uno de los tubos con una clave asignada a cada participante, con la finalidad de mantener la privacidad de sus datos a lo largo del procesamiento de las muestras. Posteriormente se les proporcionó a los pacientes una carga oral de 100 ml de una solución de glucosa de 75 g, dando la indicación que debía ser ingerida en un tiempo no mayor a 5 minutos. Posterior a la toma de la carga oral de glucosa, se procedió a tomar muestras sanguíneas a los 30 min, 1 hora y 2 horas. Es importante señalar que los pacientes permanecieron sentados a lo largo de las tomas para evitar alteraciones en los resultados.

Se centrifugaron las muestras a 3,500 rpm durante 5 minutos para separar el suero del paquete globular. Se realizaron alícuotas de los sueros en tubos Eppendorff debidamente etiquetados, para después conservarlos a -80 °C y de esta manera procesar todas las muestras juntas.

## Pruebas bioquímicas

Para todas las pruebas bioquímicas se utilizaron reactivos de la marca SpinReact. La prueba de Fosfatasa Alcalina (ALP) cataliza la hidrólisis del p-nitrofenilfosfato, liberando así p-Nitrofenol y fosfato; en cambio el aspartato aminotransferasa (AST) cataliza la reacción en un grupo amino perteneciente al aspartato y se convierte en el alfa-cetoglutarato. El principio enzimático de la prueba de Alanina aminotransferasa (ALT) es catalizar al grupo amino de la alanina y formar alfa-cetoglutarato.

La prueba de la gamma-glutamil transferasa (GGT) cataliza la transferencia de un grupo gamma -glutamilo de la gamma-glutamil-p-nitroanilida al dipéptido aceptor glicilglicina. El colesterol determina la concentración de este en la sangre y es así como su presencia, al reaccionar con las enzimas colesterol esterasa y colesterol oxidasa, origina un compuesto coloreado y la intensidad es proporcional a la concentración. Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) y baja densidad (LDL) del suero o plasma, se precipitan con fosfotungstato en presencia de iones magnesio. Tras la centrifugación del colesterol HDL se mantiene en el sobrenadante donde se encuentran las lipoproteínas de alta densidad y puede ser determinado con el mismo reactivo del colesterol total. La prueba de glucosa oxidasa (GOD) cataliza la reacción de oxidación de la glucosa hacia el ácido glucónico, generando de igual manera un compuesto coloreado que puede ser medido.

Los triglicéridos incubados con lipoproteinlipasa (LPL) liberan glicerol y ácidos grasos libres. El glicerol es fosforilado por glicerolfosfato deshidrogenasa (GPO) y ATP en presencia de glicerol quinasa (GK) para producir glicerol-3-fosfato (G3P) y adenosina-5-difosfato (ADP). El G3P es entonces convertido a dihidroxiacetona fosfato (DAP) y peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) por GPO. Al final, el peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) reacciona con 4-aminofenazona (4-AF) y p-clorofenol, reacción catalizada por la peroxidasa (POD) dando una coloración roja.

Se midió la longitud de onda a 340 nm para las pruebas de AST y ALT; a 405 nm para las pruebas de ALP y GGT; mientras el colesterol total, HDL, triglicéridos y la glucosa se midieron a 505 nm. Todas utilizando un espectrofotómetro Epoch BioTek.

## Análisis estadístico

La distribución normal de los datos se evaluó con la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados se expresan con los valores de las medias  $\pm$  el error estándar. Para las pruebas paramétricas se utilizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA) con prueba pos hoc de Tuckey y para las no paramétricas la prueba de Friedman con prueba pos hoc de Dunn. Las correlaciones se realizaron por medio de correlaciones de Pearson. Los análisis se realizaron con el programa estadístico de Graph Pad Prism 9.1.2.

## Resultados

De acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk, los resultados medidos a los pacientes no tuvieron una distribución normal, por lo cual las pruebas estadísticas realizadas fueron del tipo no paramétricas. Solamente los resultados correspondientes a las medidas antropométricas tuvieron distribuciones normales, por lo cual pudieron analizarse con un ANOVA de una vía.

En la figura 1 se muestra la curva obtenida de la prueba de tolerancia oral a la glucosa realizada a los pacientes.

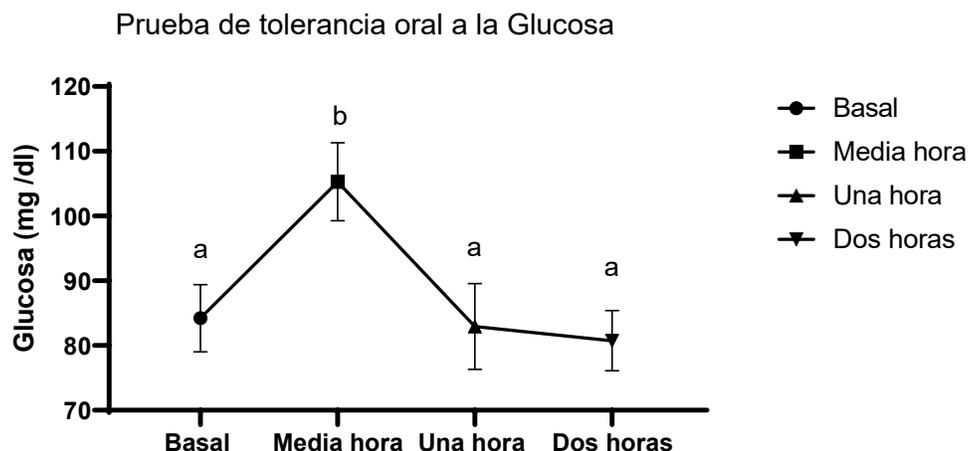


Figura 1. Curva de la prueba de tolerancia a la glucosa. Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$ .

Se obtuvo una curva de tipo monofásico, en la que se observa un aumento en la concentración de glucosa a los 30 minutos después de la ingesta de una carga oral de 75g de este disacárido, y los niveles disminuyen hacia los 60 y 120 minutos. Existen diferencias significativas entre los valores medidos a los 30 minutos y los demás tiempos.

La evaluación del perfil hepático arrojó resultados dentro de los parámetros normales, como puede observarse en la Figura 2A. Los valores reportados en los insertos consultados de las pruebas realizadas son los siguientes: ALP de 44 a 147 U/L, ALT de 7 a 55 U/L, AST de 8 a 33 U/L, GGT de 5 a 40 U/L, proteínas totales de 6 a 8.3 g/dL.

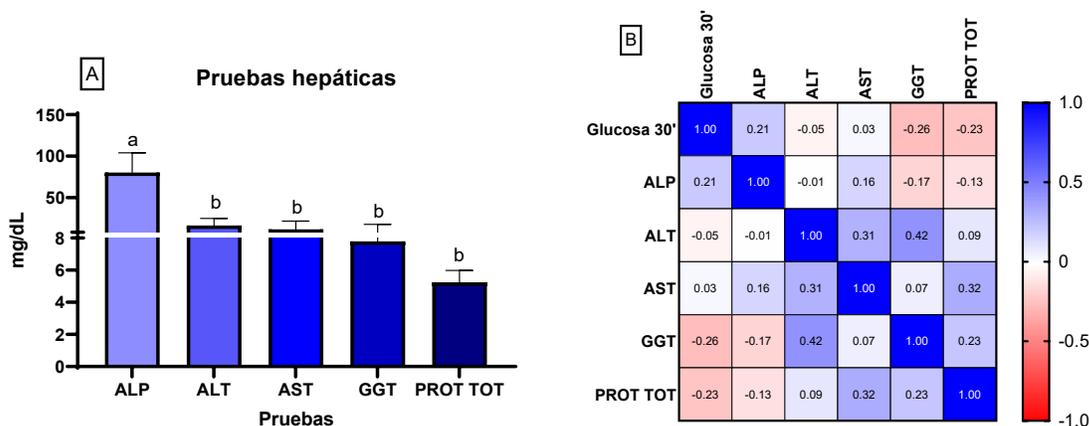


Figura 2. Pruebas hepáticas medidas a los pacientes. A) Comparación de los valores de las pruebas hepáticas por medio de la prueba de Friedman. ALP, fosfatasa alcalina; ALT, alanina aminotransferasa; AST, aspartato aminotransferasa; GGT, gamma-glutamil transferasa; PROT TOT, proteínas totales. B) Correlación de Pearson de las pruebas hepáticas con el valor de glucosa posterior a los 30 minutos de una carga oral de 75g de este disacárido. Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$ .

Se observan diferencias significativas entre los valores del perfil hepático medidos a los pacientes participantes en el estudio, analizados por medio de la prueba de Friedman con prueba pos hoc de Dunn (Figura 2A). En el caso de las correlaciones con respecto a la glucosa posterior a los 30 minutos de una carga oral de 75g de este disacárido, se observó que tanto la ALP como la AST aumentan con respecto a este valor; mientras que ALT, GGT y las proteínas totales disminuyen (primera columna, Figura 2B), pero no se observa significancia ( $p > 0.05$ ). Solamente se observa significancia entre la correlación de AST con GGT y Proteínas Totales ( $p < 0.05$ ), aumentando los 3 parámetros.

En la valoración de perfil de lípidos se obtuvieron resultados dentro de los parámetros normales, como se observa en la Figura 3A. Los valores reportados en los insertos consultados de las pruebas realizadas son los siguientes: TRG de 40 a 160 mg/dL en hombres y de 35 a 135 mg/dL en mujeres, COL normal  $< 200$  mg/dL, HDL con riesgo menor  $> 55$  mg/dL en hombres y mujeres  $> 65$  mg/dL, HDL con riesgo normal en hombres de 35 a 55 mg/dL y mujeres de 45 a 65 mg/dL, HDL con riesgo elevado en hombres  $< 35$  mg/dL y mujeres  $< 45$  mg/dL.

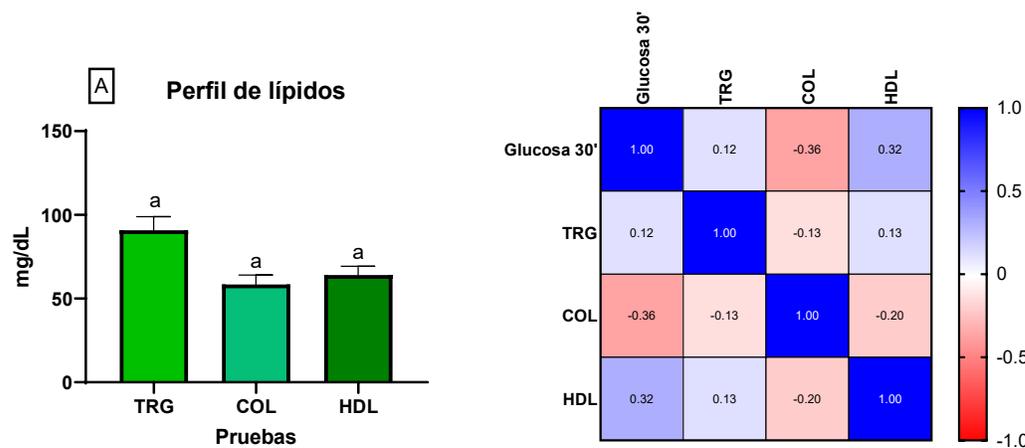


Figura 3. Perfil de lípidos obtenido de los pacientes. A) Comparación de valores de las pruebas de perfil de lípidos. TRG, triglicéridos; COL, colesterol; HDL, high density lipoprotein (proteína de alta densidad). B) Correlación de Pearson del perfil de lípidos con el valor de glucosa posterior a los 30 minutos de una carga oral de 75 g del disacárido. Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$ .

De acuerdo con la prueba de Friedman con prueba pos hoc de Dunn (Figura 3A) no se observan diferencias significativas entre los valores del perfil lipídico medido a los pacientes. Los valores de estas pruebas se encuentran dentro de los valores de referencia o incluso por debajo de los mismos, como en el caso de COL, los cuales son: TRG de 150 a 199 mg/dl, COL de 125 a 200 mg/dL, HDL 40 mg/dL o mayor.

En el caso de las correlaciones con respecto a la glucosa posterior a los 30 minutos de una carga oral de 75g de sacarosa, se observó que tanto la TRG como la HDL aumentan conforme al valor; mientras que COL disminuye (primera columna, Figura 3B). Se observa significancia en COL y HDL con la glucosa a los 30 minutos ( $p < 0.05$ ).

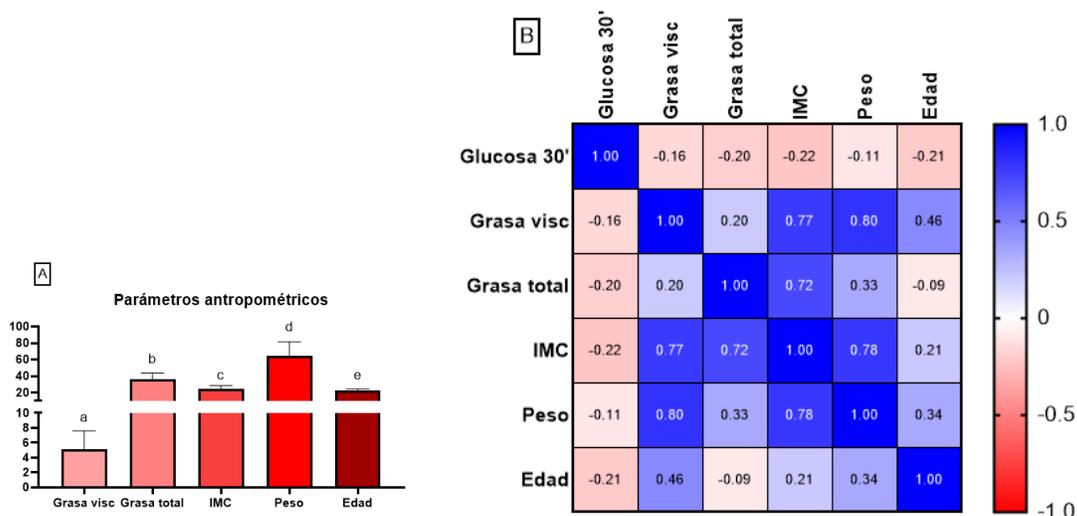


Figura 4. Parámetros antropométricos de los pacientes. A) Comparación de los valores antropométricos por medio de un ANOVA de una vía. Grasa visc, Grasa visceral; grasa total; IMC, Índice de Masa Corporal; Edad y Peso. B) Correlación de Pearson de los parámetros antropométricos con el valor de glucosa posterior a los 30 minutos de una carga oral de este disacárido. Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$

Con base al análisis de los parámetros antropométricos, analizados por medio de la prueba de ANOVA de una vía con prueba pos hoc de Tuckey se observan resultados de grasa visceral, grasa total e IMC dentro del rango normal sugerido en estudiantes universitarios (Figura 4 A). Se tomó en cuenta la edad, la cual oscila entre 18–25 años en los pacientes estudiados; el sexo y el peso de cada uno de ellos; considerando de esta manera que la mayoría de los pacientes no tienen riesgo de padecer obesidad.

Los valores sugeridos de acuerdo con la edad (20 – 25 años) son los siguientes: grasa visceral menor a 12; grasa total en hombres máximo 15% y mujeres máximo 24%; IMC 18.5 a 24.9 [12].

Por otra parte, los resultados obtenidos en las correlaciones de Pearson nos indica una significancia ( $p > 0.05$ ) en la grasa visceral con respecto al IMC, la edad y el peso (segunda columna, Figura 4B). Para la grasa total, se observó que el IMC y la grasa visceral aumentan conforme este valor, sin embargo, el IMC muestra una significancia ( $p > 0.05$ ) considerable. Igualmente se puede apreciar una significancia ( $p > 0.05$ ) entre el IMC en relación con la grasa visceral y la grasa total aumentando los 2 parámetros. Asimismo, se denota una significancia ( $p > 0.05$ ) en la edad en cuanto a la grasa visceral y el peso. Finalmente, en la última columna se observó una significancia ( $p > 0.05$ ) en el peso con respecto a la grasa visceral. Con respecto a la glucosa medida a la media hora posterior a la carga tomada, no se encontró significancia en las correlaciones, pero sí una tendencia a disminuir de todos los parámetros antropométricos medidos.

## Discusión

La obtención de una curva de glucosa monofásica después de una prueba de tolerancia oral a esta puede identificar fisiológicamente distintos grupos de individuos con diferencias en la secreción y sensibilidad a la insulina. En este sentido, una curva monofásica puede indicar una alta predisposición a presentar diabetes tipo 2 pues se caracteriza por presentar más baja sensibilidad a la insulina tanto hepática como periférica, alteración en la función de las células beta, concentraciones más bajas de adiponectina y concentraciones más altas de ácidos grasos libres [13]. Los pacientes analizados en este trabajo obtuvieron una curva del tipo monofásica, con diferencias significativas a los 30 minutos, comparado con los demás valores medidos de glucosa a los diferentes tiempos de la curva (basal, 1 y 2 horas). Si bien los valores medidos estuvieron dentro del rango de referencia, es importante resaltar que una curva bifásica pudo haber demostrado una mejor sensibilidad al metabolismo de la glucosa [13].

Con respecto al perfil hepático, se observó que la fosfatasa alcalina (ALP) y la aspartato aminotransferasa (AST) aumentaron con relación al valor medido a los 30 minutos de la carga oral de glucosa. El hígado juega un papel muy importante en el mantenimiento de las concentraciones normales de glucosa tanto en el ayuno como en la fase

pospandrial. También es el principal sitio de depuración de la insulina. Existe una relación entre las enzimas hepáticas y la diabetes, la cual ha sugerido que la elevación de las enzimas hepáticas como la AST, la alanina aminotransferasa (ALT) y la gamma-glutamilttransferasa (GGT) están asociadas con el desarrollo de diabetes y enfermedades cardiovasculares, de igual manera, se relacionan con la presencia de grasa hepática, abonando a las enfermedades antes mencionadas [14]. Por otro lado, la elevación de la ALP es considerado un factor de riesgo independiente para la incidencia de diabetes mellitus tipo 2, así como un predictor temprano de prediabetes [15]. En este estudio, los valores de este perfil salieron dentro de los valores de referencia, pero la correlación del aumento de la ALP con los valores medidos a los 30 minutos de la POTG puede indicar la necesidad de empezar a tomar medidas de prevención para evitar la presencia de enfermedades crónico-degenerativas.

Dentro del perfil de lípidos se realizó la valoración de triglicéridos, colesterol y HDL. Los triglicéridos juegan un papel importante en el presente estudio debido a que se asocia con una resistencia a la insulina, generando una disminución en la inhibición de lipólisis [16]; por otro lado, una gran cantidad de ácidos grasos no estratificados en el plasma produce un efecto inhibitorio en la captación de la insulina dentro del músculo esquelético [17]. Los niveles bajos de colesterol HDL están asociados con la resistencia a la insulina, la intolerancia a la glucosa y desarrollo de DMT2; la esfingosina-1-fosfato, un lípido bioactivo es transportado dentro de las partículas de HDL y promueve la secreción de la insulina estimulada por la glucosa, por lo que un alto valor de HDL media los efectos sobre el metabolismo de la glucosa [18]. Una alta síntesis y baja absorción de colesterol independientemente del peso se relaciona con desarrollo DMT2, indicando que la resistencia a la insulina puede ser un vínculo entre el metabolismo de la glucosa y el colesterol [19]. El perfil de lípidos realizado en el presente estudio mostró un análisis con valores dentro de los rangos de referencia normales, presentando una media en TRG de 90.80 mg/dL, COL 58.38 mg/dL y HDL 64.08 mg/dL; si bien el valor de HDL se encuentra por debajo de lo referenciado en mujeres, pero la media es considerada entre ambos sexos, hombres y mujeres, por lo que se considera dentro del rango normal.

Las medidas antropométricas resultan ser buenos parámetros para predecir DMT2. La obesidad se llega a asociar algunas veces con la resistencia a insulina, y ésta no depende de la tolerancia a la glucosa, sino por obstrucción del tejido adiposo. Por otro lado, la sensibilidad a la insulina disminuye con incremento del grado de obesidad [20]. De acuerdo con los valores obtenidos de las medidas antropométricas, los individuos no presentan características físicas que propicien al desarrollo de DMT2 (no se descarta la posibilidad de desarrollo al haber obtenido una curva de tipo monofásico como se mencionó anteriormente); puesto que en el análisis se obtuvo una media de 5.14 % de grasa visceral, 36.03% de grasa total y 24.59% de IMC, siendo valores acordes a la edad, sexo y peso de los individuos ensayados. Aunado a ello, se observa que gran parte de las mujeres presentan valores elevados de % de grasa y en el caso de los varones presentan valores más elevados en % de músculo. Las diferencias antes mencionadas son propias de los patrones de dimorfismo sexual humano, el cual caracteriza a las mujeres con mayor tejido adiposo y a los varones con una mayor masa muscular.

Por último, el espacio físico en el que se encuentra la sede Noria Alta de la DCNE se presta a que los alumnos no tengan un estilo de vida tan sedentario, pues deben desplazarse de un salón a otro y para ello subir y bajar una gran cantidad de escalones. Esta condición pudo observarse en los resultados obtenidos de las pruebas clínicas realizadas a los 50 estudiantes participantes en este estudio.

## Conclusión

La diabetes mellitus es una enfermedad crónico-degenerativa que causa un gran deterioro en el organismo, pues al momento de su diagnóstico ya se ha desarrollado al menos 10 años de degeneración de funciones de diferentes órganos y tejidos. Lo anterior vuelve necesario la prevención desde edades tempranas del desarrollo, como puede ser la juventud, en donde principalmente se adquieren hábitos nocivos (alcoholismo, tabaquismo, drogadicción, mala alimentación) que pueden acelerar la presencia de esta enfermedad.

Aunado a esto, como población mexicana tenemos una mayor prevalencia a padecer la enfermedad, debido a factores genéticos que se van heredando de generación en generación, por todo lo anterior, es de suma importancia establecer hábitos que mejoren nuestra calidad de vida como estudiantes universitarios y nos conduzcan a llevar a cabo una dieta equilibrada, fijar horarios de comida, tomar la cultura de realizar ejercicio y por supuesto evitar acudir a los hábitos nocivos. Cuidarte durante la juventud reducirá el riesgo de padecer diabetes y aumentaran las posibilidades de disfrutar un futuro con salud.

## Referencias

1. American Diabetes Association. (2014). Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*, 37(1), S81-S90. DOI: 10.2337/dc14-S081.
2. Rojas de P, Elizabeth, Molina, Rusty, & Rodríguez, Cruz. (2012). Definición, clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 10(1); 7-12. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-31102012000400003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-31102012000400003&lng=es&tlng=es).
3. Lin, X., Xu, Y., Pan, X., Xu, J., Ding, Y., Sun, X., Song, X., Ren, Y., & Shan, P.F. (2020). Global, regional, and national burden and trend of diabetes in 195 countries and territories: an analysis from 1990 to 2025. *Sci Rep* 10, 14790. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71908-9>
4. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/DefuncionesRegistradas2020\\_Pnles.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/DefuncionesRegistradas2020_Pnles.pdf)
5. [https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut\\_2018\\_presentacion\\_resultados.pdf](https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf)
6. Nadeau, K. J., Anderson, B. J., Berg, E. G., Chiang, J. L., Chou, H., Copeland, K. C., Hannon, T. S., Huang, T. T., Lynch, J. L., Powell, J., Sellers, E., Tamborlane, W. V., & Zeitler, P. (2016). Youth-Onset Type 2 Diabetes Consensus Report: Current Status, Challenges, and Priorities. *Diabetes care*, 39(9), 1635-1642. <https://doi.org/10.2337/dc16-1066>
7. McCoy, R. G., Kidney, R., Holznagel, D., Peters, T., & Madzura, V. (2019). Challenges for younger adults with diabetes. *Minnesota medicine*, 102(2), 34-36.
8. Lascar, N., Brown, J., Pattison, H., Barnett, A. H., Bailey, C. J., & Bellary, S. (2018). Type 2 diabetes in adolescents and young adults. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 6(1), 69-80. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30186-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30186-9)
9. Chen Y, Zhang X, Yuan J. (2018). Association of body mass index and age with incident diabetes in Chinese adults: a population-based cohort study, *BMJ*; 8:e021768. doi: 10.1136/bmjopen-2018-021768.
10. American Diabetes Association (2019). Standards of Medical Care in Diabetes-2019 Abridged for Primary Care Providers. *Clinical diabetes: a publication of the American Diabetes Association*, 37(1), 11-34. <https://doi.org/10.2337/cd18-0105>.
11. Jagannathan, R., Neves, J. S., Dorcelly, B., Chung, S. T., Tamura, K., Rhee, M., & Bergman, M. (2020). The Oral Glucose Tolerance Test: 100 Years Later. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 13, 3787-3805. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S246062>.
12. <https://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/>
13. Kim, J. Y., Michaliszyn, S. F., Nasr, A., Lee, S., Tfayli, H., Hannon, T., Hughan, K. S., Bacha, F., & Arslanian, S. (2016). The Shape of the Glucose Response Curve During an Oral Glucose Tolerance Test Heralds Biomarkers of Type 2 Diabetes Risk in Obese Youth. *Diabetes care*, 39(8), 1431-1439. <https://doi.org/10.2337/dc16-0352>
14. González-Pérez, B., Salas-Flores, R., Echegollen-Guzmán, A., Pizarro-Chávez, S., & Guillén-Mata, G. A. (2011). Enzimas hepáticas elevadas, glucosa anormal de ayuno y diabetes no diagnosticada en medicina familiar [Elevated liver enzymes, impaired fasting glucose and undiagnosed diabetes]. *Revista médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 49(3), 247-252
15. Bouhaja, H., Abdelhedi, R., Amouri, A., Hadj Kacem, F., Marrakchi, R., Safi, W., Mrabet, H., Chtourou, L., Charfi, N., Fourati, M., Bensassi, S., Jamoussi, K., Abid, M., Ayadi, H., Mnif-Feki, M., & Bougacha-Elleuch, N. (2018). Potential role of liver enzyme levels as predictive markers of glucose metabolism disorders in a Tunisian population. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 96(11), 1171-1180. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2017-0579>
16. Smith U., Kahn K. (2016). Adipose tissue regulates insulin sensitivity: role of adipogenesis, de novo lipogenesis and novel lipids. *Journal of Internal Medicine* 280 (5), 465 - 475. <https://doi.org/10.1111/joim.12540>
17. Chan, Z., Chooi, Y. C., Ding, C., Choo, J., Sadananthan, S. A., Michael, N., Velan, S. S., Leow, M. K., & Magkos, F. (2019). Sex Differences in Glucose and Fatty Acid Metabolism in Asians Who Are Nonobese. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 104(1), 127-136. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-01421>
18. Siebel, A. L., Heywood, S. E., & Kingwell, B. A. (2015). HDL and glucose metabolism: current evidence and therapeutic potential. *Frontiers in pharmacology*, 6, 258. <https://doi.org/10.3389/fphar.2015.00258>
19. Pihlajamäki J., Gylling H., Miettinen T., Laakso M. (2003). Insulin resistance is associated with increased cholesterol synthesis and decreased cholesterol absorption in normoglycemic men. *PubMed*. 45(3):507-12. doi: 10.1194/jlr.M300368-JLR200.

20. Hagman E., Besor O., Herskop K, Santoro N., Pierpont B., Mata M., Caprio S. Weiss R. (2018). Relation of the degree of obesity in childhood to adipose tissue insulin resistance Emilia. SpringerLink, 56, 219-226 <https://doi.org/10.1007/s00592-018-01285-3>