

La glucosa en el cuerpo humano

Resumen

La glucosa es un carbohidrato esencial para la vida de los seres humanos, puesto que es la sustancia química ideal para la producción energética celular, es la única fuente de energía que pueden utilizar las células nerviosas y es el sustrato fundamental para la producción de Adenosin Tri Fosfato (ATP) en las células musculares, cuando se realiza ejercicio de alta intensidad. Además, el cuerpo humano cuenta con una gran cantidad de órganos que intervienen en los procesos metabólicos de la glucosa, la cual se almacena en las células musculares y hepáticas en forma del polisacárido de origen animal llamado glucógeno, el cual es catabolizado para obtener glucosa cuando el cuerpo lo requiere. La glucosa también puede ser formada de nuevo en las células hepáticas cuando no hay otra forma de obtenerla, puesto que es una sustancia química primordial para la vida; cuando sus niveles en la sangre disminuyen por debajo de los valores del equilibrio (homeostasis) se conoce como hipoglicemia y cuando sus valores en ayunas sobrepasan el valor de 126 mg/dl, en dos mediciones diferentes, se presenta la enfermedad conocida como diabetes.

Rodrigo Enríquez Meza ¹

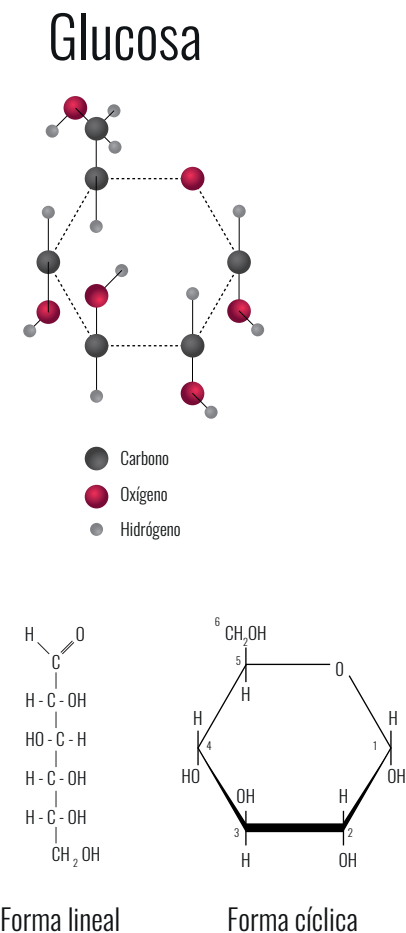
Palabras clave: carbohidratos, diabetes, energía, glucosa, monosacárido.

¹ Médico y Cirujano, Universidad del Cauca. Magíster en Educación desde la Diversidad, Universidad de Manizales. Docente Medio Tiempo de la Facultad de Educación, Universidad CESMAG. Correo electrónico: renriquez@unicesmag.edu.co

La molécula de glucosa

Para comenzar, es relevante contextualizar a la molécula de glucosa, que hace parte del grupo de sustancias químicas conocidas como carbohidratos, glúcidos o sacáridos, que son un gran número de compuestos químicos que se encuentran en la naturaleza y de las cuales muchas hacen parte de la cotidianidad de la vida de los seres humanos. Los carbohidratos son moléculas que cuando se describieron por primera vez se encontró que estaban formadas por átomos de carbono unidos a moléculas de agua y de ahí que se les denominó como carbohidratos (*carbano hidratado*), hoy se conoce que muchos de ellos no cumplen con esa condición; sin embargo, el término lleva siendo utilizado muchos años en el campo de la química y por ello se conserva en la actualidad. En este sentido, la glucosa cumple con el concepto básico por el cual se denominó desde un comienzo a los carbohidratos que cumplían con la fórmula química $(CH_2O)_n$, "donde n es 3 o más (en general n es 5 o 6, pero puede ser hasta 9)" (Horton et al., 2008, p. 222), por lo tanto, al aplicar la fórmula establecida a la glucosa, que se compone de seis carbonos, se determina para ella como $C_6H_{12}O_6$.

Figura 1
Estructura lineal y cíclica de la glucosa.



Nota. Fuente: Zita, A. (2019).

Dentro del grupo de los carbohidratos se encuentran sustancias que se pueden clasificar de acuerdo a su grupo funcional, al número de carbonos que contiene la molécula y al número de moléculas que las componen. Entonces, se encuentra que la glucosa según su grupo funcional es considerada una aldosa, ya que su grupo funcional proviene de los aldehídos. "En las aldosas, el átomo de carbono más oxidado se designa como C-1 y se pone en la parte superior de una proyección de Fischer" (Horton et al., 2008, p. 223). De acuerdo al número de carbonos que presenta la molécula es considerada una hexosa, porque se compone de seis carbonos, y de acuerdo al número de moléculas o azúcares que la componen, la glucosa es considerada un monosacárido, "los monosacáridos son sólidos blancos, cristalinos y solubles en agua que tienen sabor dulce" (Horton et al., 2008, p. 223), estos compuestos se componen de una sola molécula o azúcar, siendo de esta forma considerada una unidad básica del grupo de los carbohidratos.

Fuentes de glucosa

A este respecto, se encuentra que la glucosa abunda en el planeta tierra, como monosacárido o haciendo parte de sustancias conocidas como disacáridos, formados por dos monosacáridos, entre ellos están el azúcar de mesa, llamada sacarosa, que se compone de glucosa más fructosa; el azúcar de la leche, llamada lactosa, formada por glucosa más galactosa; y el azúcar de la malta, llamada maltosa, compuesta por dos moléculas de glucosa. También la glucosa puede hacer parte de los polisacáridos, sustancias formadas por más de diez glucosas.

La glucosa es el azúcar de seis carbonos más abundante. Es la unidad monomérica de la celulosa, un polisacárido estructural, y del glucógeno y el almidón, los cuales son polisacáridos de almacenamiento. En estos polisacáridos, cada residuo de glucosa está unido en forma covalente al siguiente por un enlace covalente entre C-1 de una molécula de glucosa y uno de los grupos hidroxilos de la otra. Este enlace se denomina glucosídico. En la celulosa, el C-1 de cada residuo de glucosa está unido al grupo hidroxilo C-4 del siguiente residuo. Los grupos hidroxilo en las cadenas adyacentes de celulosa interactúan de forma no covalente y crean fibras fuertes e insolubles. (Horton et al., 2008, p. 8)

El almidón y la celulosa son polisacáridos de origen vegetal, mientras que el glucógeno es de origen

animal. El almidón y el glucógeno son moléculas de almacenamiento celular, cada uno en las respectivas células en que se encuentran, ellos forman cadenas lineales de glucosa que son destruidas para generar moléculas de glucosa y ser utilizadas por las células en la producción energética. El almidón se encuentra en el grupo de alimentos conocidos como *harinas y tubérculos*, entre los que están la papa, la yuca, el plátano, la pasta y la batata, entre otros, que al ser consumidos por el ser humano son transformados desde que ingresan a la boca.

Proceso digestivo de la glucosa

Cuando se mastican los alimentos se mezclan con la saliva, que contiene la enzima ptialina (una alfa amilasa) secretada fundamentalmente por la glándula parótida. Esta enzima hidroliza el almidón, al que convierte en un disacárido, la maltosa, y en otros pequeños polímeros formados por tres a nueve moléculas de glucosa. Sin embargo, los alimentos permanecen en la boca poco tiempo y es probable que, en el momento de la deglución, no más del 5% de todos los almidones ingeridos se encuentren ya hidrolizados. La digestión del almidón continúa, no obstante, en el fondo y en el cuerpo gástrico hasta 1 hora antes de que los alimentos se mezclen con las secreciones gástricas. En ese momento la actividad de la amilasa salival queda bloqueada por el ácido de las secreciones gástricas, pues su actividad enzimática desaparece por completo cuando el pH desciende por debajo de 4.0, aproximadamente. De todos modos, antes de que los alimentos y la saliva asociada se mezclen por completo con las secreciones gástricas, entre un 30 y un 40% del almidón se encuentra ya hidrolizado principalmente a maltosa. (Guyton y Hall, 2001, p. 910)

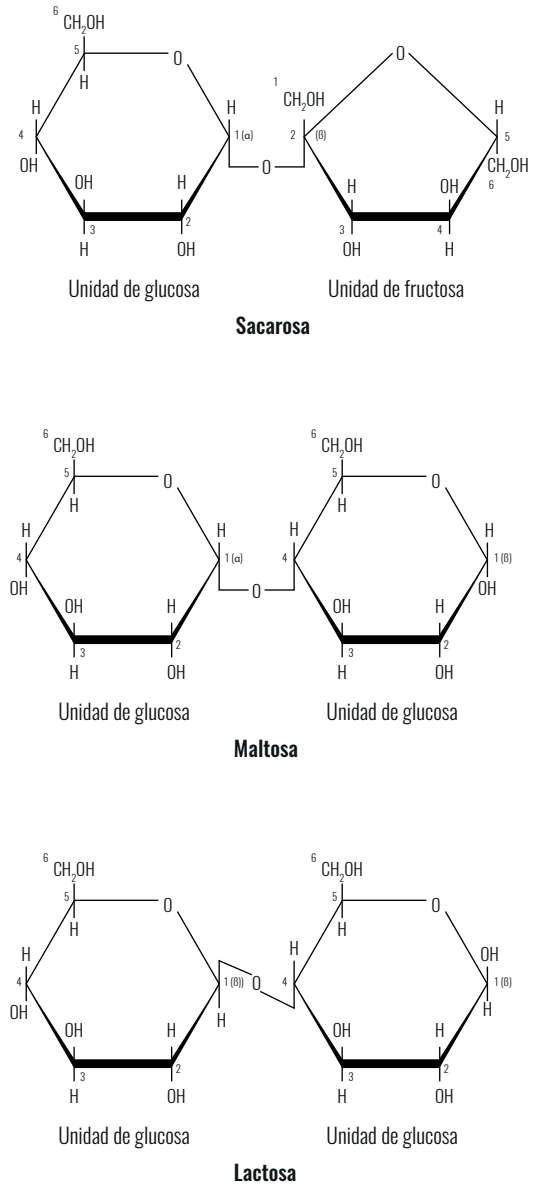
Ya en el intestino delgado el proceso de hidrólisis del almidón continúa para ser convertido en muchas moléculas de glucosa, inicialmente siendo transformado en moléculas de maltosa.

La secreción pancreática contiene, como la saliva, grandes cantidades de alfa-amilasa, de función casi idéntica a la de la saliva pero varias veces más potente que ésta. Por eso, 15 a 30 minutos del vaciamiento del quimo en el duodeno y de su mezcla con el jugo pancreático, la totalidad de los almidones ya se han digerido, y se han convertido, en general, en maltosa y en otros polímeros muy pequeños de glucosa. (Guyton y Hall, 2001, p. 910)

Las moléculas de maltosa entonces se hidrolizan y se convierten en moléculas de glucosa que posteriormente son absorbidas y llevadas al hígado y de ahí a los otros tejidos para ser utilizada como fuente de energía, almacenada en forma de glucógeno en los músculos y el hígado o transformada en ácidos grasos libres para ser almacenada en forma de triglicéridos.

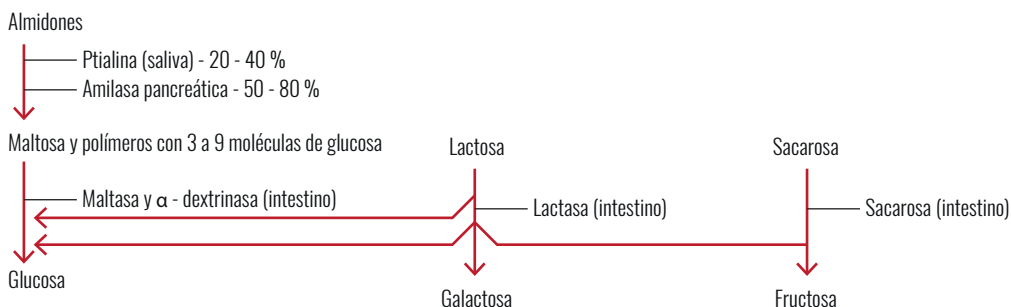
Los disacáridos, sacarosa, lactosa y maltosa, deben ser transformados en el sistema digestivo en monosacáridos a fin de ser absorbidos y utilizados como fuentes de energía, para lo cual el cuerpo humano debe tener enzimas proteicas específicas para cada disacárido (sacarasa, lactasa y maltasa) que los descomponen en el intestino y los transforman en monosacáridos; "la glucosa representa más del 80% de los productos finales de la digestión de estos alimentos, en tanto que la galactosa y la fructosa, rara vez aportan más del 10%" (Guyton y Hall, 2001, p. 910), en este mismo sentido Kenney et al. (2014) afirman que: "todos los carbohidratos se convierten finalmente en glucosa" (p. 50). De no ser posible la transformación a monosacáridos cada vez que se ingiera estos alimentos se presentará malestar digestivo, que puede manifestarse en distensión, llenura, dolor abdominal, meteorismo, flatulencia y/o diarrea. Cuando son convertidos en monosacáridos se absorben y van al hígado para ser transformados y distribuidos a todos los tejidos en forma de glucosa o ácidos grasos libres.

Figura 2
Estructura química de los disacáridos: Sacarosa, Maltosa y Lactosa.



Nota. Fuente: Contreras, R. (2018, p. 18).

Figura 3
Digestión de los hidratos de carbono.



Nota. Fuente: Guyton y Hall (2001, p. 910).

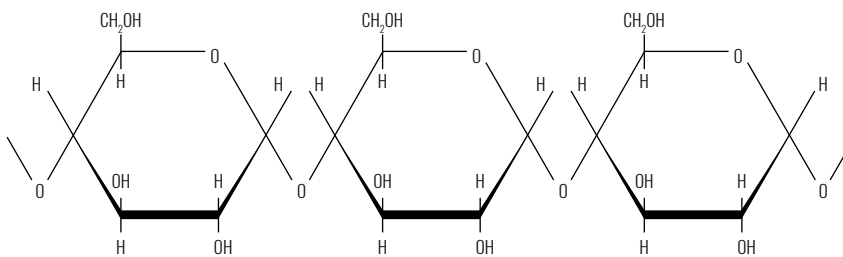
Por su parte, la celulosa es un polisacárido que por su estructura química contiene las moléculas de glucosa unidas a través de una forma ramificada, la cual no es posible digerir por los seres humanos, lo que garantiza que el compuesto químico no sea absorbido a nivel intestinal y por tanto, retenga agua en la luz del sistema digestivo y sirva para la formación de las heces fecales; en medio de la comunidad en general suele por ello conocerse como fibra, se encuentra en las cáscaras de las frutas, en los vegetales y en los cereales. “La celulosa quizá sea el biopolímero más abundante sobre la Tierra debido a que constituye un componente importante de los tallos de las plantas de floración, incluyendo los troncos de los árboles” (Horton et al., 2008, p. 8). En síntesis, para este aparte Guyton y Hall (2001) aseguran que:

La alimentación humana normal solo contiene tres fuentes importantes de hidratos de carbono. Son: la sacarosa, que es el disacárido conocido popularmente como azúcar de caña; la lactosa, el disacárido de la leche, y los almidones, grandes polisacáridos presentes en casi todos los alimentos de origen

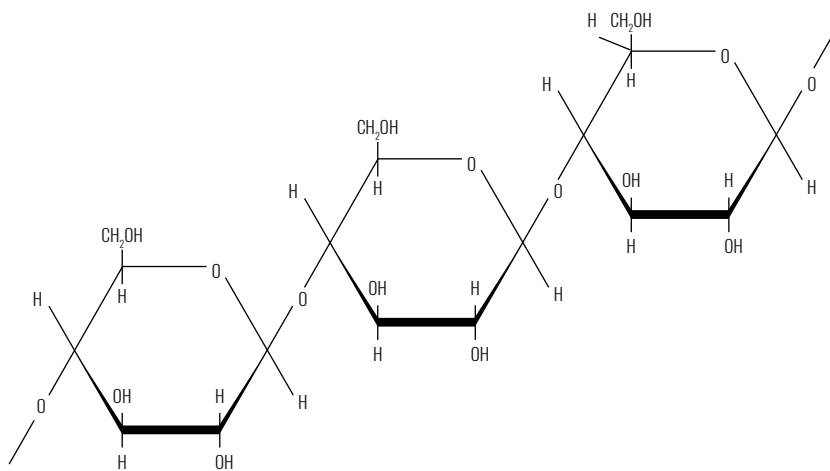
no animal, especialmente en los cereales. Otros hidratos de carbono que se ingieren en pequeñas cantidades son la amilosa, el glucógeno, el alcohol, el ácido láctico, el ácido pirúvico, las peptinas, las dextrinas y proporciones menores de derivados de los hidratos de carbono contenidos en las carnes. La dieta también lleva mucha celulosa, otro hidrato de carbono. Sin embargo, el tubo digestivo humano no secreta ninguna enzima capaz de hidrolizarla, por lo que la celulosa no puede considerarse un alimento para el ser humano. (p. 910)

Figura 4
Estructura del almidón y la celulosa.

Amilasa pancreática - 50 - 80 %



Almidón



Celulosa

Nota. Fuente: ADIMU, 2017.

Regulación de la glucosa en sangre

La glucosa en sangre es regulada por las hormonas pancreáticas, insulina y glucagón, que actúan de manera opuesta con el fin de mantener la homeostasia o estado de equilibrio dinámico de la glucosa en la sangre, donde debe encontrarse en un valor entre 70 y 100 mg/dl, con el fin de permitir que todos los órganos del cuerpo funcionen correctamente. "El páncreas está ubicado detrás y ligeramente debajo del estómago. Sus dos hormonas principales son la insulina y el glucagón. El equilibrio entre las dos hormonas opuestas brinda el mayor control de la concentración plasmática de glucosa" (Kenney et al., 2014, p. 116).

La insulina es producida en las células betas de los islotes pancreáticos, actúa sobre todas las células del cuerpo humano, su secreción es estimulada por la concentración de glucosa en el plasma sanguíneo y su función principal es controlar "los niveles de la glucosa en sangre, reduciéndolos; incrementa el uso de la glucosa y la síntesis de grasas" (Kenney et al., 2014, p. 98). Para lo cual la insulina puede: "facilitar el transporte de la glucosa hacia las células, especialmente a las fibras musculares; estimular la glucogénesis; e inhibir la gluconeogénesis" (Kenney et al., 2014, p. 101). La glucogénesis es el proceso mediante el cual se sintetiza el glucógeno muscular y hepático a partir de las moléculas de glucosa; la gluconeogénesis corresponde al proceso que se presenta en las células hepáticas en las cuales se sintetiza glucosa a partir de otras sustancias, como son los aminoácidos, el lactato, el ácido pirúvico y el glicerol.

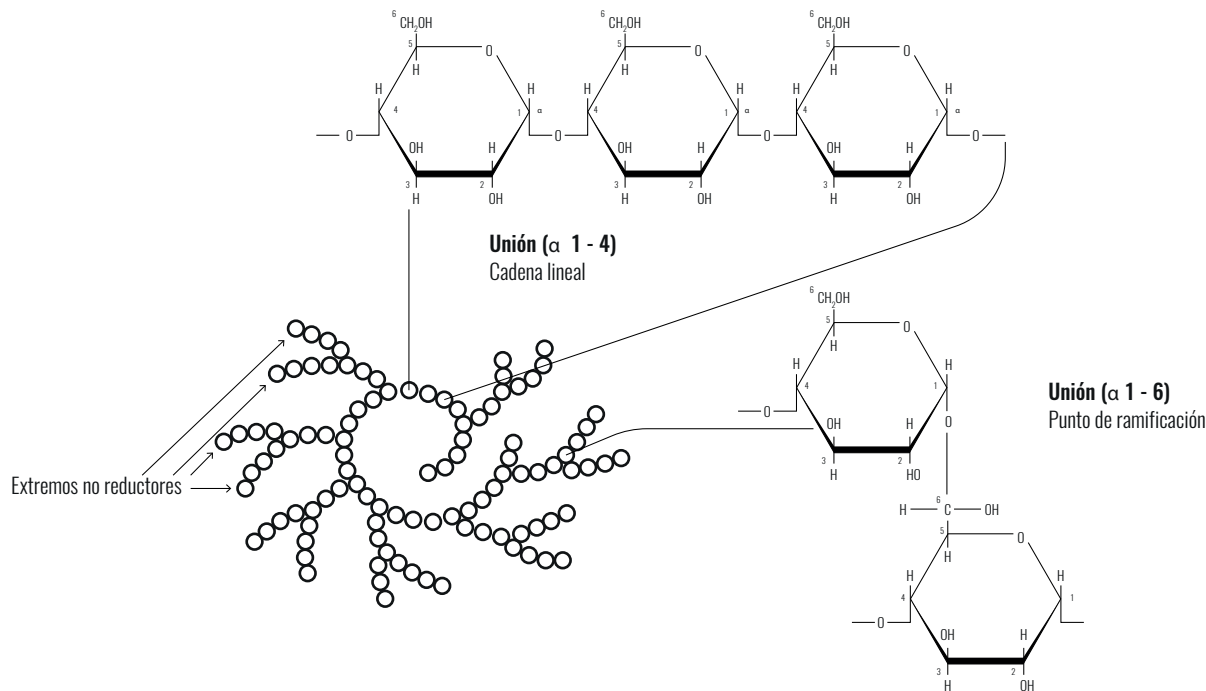
Por su parte, el glucagón es producido en las células alfa de los islotes del páncreas cuando los niveles de glucosa plasmática descienden de los valores de la normalidad, actúa sobre todas las células del cuerpo, su función es "estimular el incremento de los niveles de la glucosa en sangre y la degradación de proteínas y grasas" (Kenney et al., 2014, p. 98). Para aumentar la glucosa en sangre el páncreas: "estimula el incremento de la descomposición del glucógeno del hígado (glucogénolisis) e incrementa la gluconeogénesis" (Kenney et al., 2014, p. 101), garantizando de esta manera niveles apropiados de glucosa en sangre para el normal funcionamiento de todas las células del cuerpo.

Cuando la glucosa en sangre disminuye de 70 mg/dl se conoce como hipoglicemia y la persona puede tener sensaciones muy desagradables debido a que los niveles bajos de glucosa en sangre afectan el normal funcionamiento del sistema nervioso, puesto que la glucosa es la principal fuente de energía del cerebro, cuyas células no pueden usar ningún otro tipo de sustrato energético para mantener su funcionalidad; por tanto, quien presenta episodios de hipoglicemia puede sentir debilidad, mareo, sensación de frío, sensación de hambre, sudoración abundante, desvanecimiento, entre otros síntomas que pueden afectar seriamente el estado de bienestar de la persona, pudiendo llegar a complicaciones serias o incluso la muerte si no se corrige de una manera apropiada la hipoglicemia.

Glucosa como fuente de energía para tejidos y órganos del cuerpo humano

La glucosa entra a los tejidos donde se convertirá en fuente de energía inmediata para la célula cuando ella se encuentra activa, además en algunas células, como las hepáticas y musculares, cuando están en reposo se almacena en forma de glucógeno, para ser utilizada en los momentos en que la actividad celular lo requiera. "La mayoría de los corredores pueden almacenar 2000 a 2200 calorías como glucógeno en el hígado y los músculos, que proporcionan energía suficiente para recorrer aproximadamente 32 km a un paso moderado de carrera" (Kenney et al., 2014, p. 50), de igual manera, "El glucógeno, depositado en el hígado, cuando se necesita se convierte nuevamente en glucosa que es transportada por la sangre a los tejidos activos donde es metabolizada" (Wilmore y Costill, 2004, p. 117) y utilizada como fuente energética.

Figura 5
Estructura del glucógeno.



Nota. Fuente: FANDON (2020).

El glucógeno, entonces, es metabolizado a través de un proceso conocido como glucogenolisis que produce en las células moléculas de glucosa que continúan el proceso catabólico por medio de la glucólisis en el citoplasma celular, después de la cual se sigue el proceso de generación de energía al interior de las mitocondrias celulares, donde en presencia del oxígeno y por medio de las reacciones acopladas del ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa se producen grandes cantidades de energía química útil para las células, por lo cual en esta parte es pertinente citar a Bowers y Fox (2000) cuando escriben:

La energía necesaria para sintetizar ATP proviene de la energía liberada durante la degradación de los alimentos y de otros compuestos químicos del organismo. El acoplamiento de la liberación de energía y el uso de energía -un sistema denominado de reacciones acopladas- constituye el principio fundamental implicado en la producción metabólica de ATP. (p. 33)

De esta forma, el Adenosin Tri Fosfato (ATP) proporciona la energía, fundamental para la vitalidad celular, ya que muchos procesos celulares dependen de ella, sin ella la vida se deteriora, se presenta un mal funcio-

namiento celular y por tanto corporal, de ahí la importancia de los sustratos energéticos en la vida terrenal. Todos los órganos vivos requieren de energía para sus diferentes procesos funcionales, es lo que le da a los seres vivos gran variedad de capacidades como son el crecer, reproducirse, moverse, responder a estímulos, adaptarse y regenerarse, entre muchas otras más.

Parte de la energía libre de las células se usa para el crecimiento y la reparación del cuerpo. Dichos procesos crean masa muscular durante el entrenamiento y reparan el daño muscular posterior al ejercicio o a una lesión. La energía también es necesaria para el transporte activo de muchas sustancias como sodio, potasio o iones de calcio a través de las membranas celulares. El transporte activo es fundamental para la supervivencia de las células y el mantenimiento de la homeostasis (Kenney et al., 2014, p. 50).

Como conclusión de este apartado puede afirmarse que la energía proviene de los alimentos que al romper sus enlaces químicos liberan energía que es utilizada por los procesos fisiológicos celulares de una manera indirecta, por medio de reacciones celulares acopladas que permiten que se resintetice la macromolécula de ATP, de tal manera que es posible afirmar: "La energía que obtenemos de los alimentos se almacena en un compuesto altamente energético: el ATP" (Wilmore y Costill, 2004, p. 119), que es el encargado de suministrar la energía a los procesos funcionales celulares (contracción muscular, impulso nervioso, secreción glandular, reproducción celular, movimientos celulares, transporte activo a nivel de membrana celular, etc.), por tanto: "Todo el trabajo "biológico" efectuado por cualquier célula requiere de la energía inmediata que se libera en el cuerpo por degradación del ATP" (Bowers y Fox, 2000, p. 17).

La glucosa como causa de diabetes

Es importante asegurar que la glucosa es una molécula grande que requiere de la presencia de la hormona insulina para ingresar a las células; cuando hay insulina la glucosa ingresa diez veces más rápido y puede ser utilizada como fuente de energía, o puede ser almacenada en los músculos y las células hepáticas como reserva energética.

La insulina se produce en las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas como respuesta a

la ingesta de carbohidratos en la dieta, a mayor ingesta de carbohidratos mayor es la producción de insulina. Esta hormona actúa al unirse a receptores específicos de las membranas celulares, generando un cambio en la permeabilidad de la membrana celular a la glucosa y permitiendo que la misma ingrese a la célula con más rapidez. Cuando el páncreas no produce insulina o la misma no puede actuar sobre los receptores de membrana aparece la enfermedad conocida como diabetes.

Entonces, la diabetes es una enfermedad hereditaria que puede aparecer en los primeros años de la vida como una enfermedad autoinmune, en la cual el sistema de defensa del cuerpo ataca los islotes de Langerhans, generando destrucción de los mismos y por ende la falta de secreción de insulina ante la presencia de glucosa en sangre, lo que lleva a que los niveles de glucosa suban y generen estados de hiperglicemia que se van a manifestar clínicamente por poliuria, aumento en la frecuencia urinaria, seguida de polidipsia, sensación de sed intensa, y polifagia, aumento del apetito. Estos síntomas llevan a la pérdida del equilibrio del normal funcionamiento del cuerpo y pueden terminar desencadenando una cetoacidosis diabética, estado que puede comprometer la vida. Ya en el tiempo este tipo de diabetes conocida como tipo I si no es bien controlada puede generar daño microvascular en los diferentes órganos corporales y terminar produciendo daño en la retina, los riñones y los nervios, dando origen a las complicaciones de la diabetes conocidas como retinopatía, nefropatía y neuropatía diabética, respectivamente, que deterioran significativamente la calidad de vida de las personas, puesto que son causa de pérdida de la visión, daño renal que lleva a diálisis y dolor neuropático incapacitante.

Así mismo, la diabetes también se manifiesta en edades avanzadas cuando la persona tiene herencia y no maneja una dieta baja en carbohidratos, o cuando aumenta mucho de peso y se genera una resistencia a la insulina en los diferentes órganos de la economía corporal. De tal manera que la insulina aumenta en sangre pero no tiene receptores de membrana sobre los cuales actuar y por tanto, la glucosa no entra a los órganos con facilidad, sino que se acumula en la sangre y aumenta con el paso del tiempo hasta niveles muy altos, desencadenando los mismos síntomas de la diabetes tipo I o ningún tipo de síntomas, como suele ocurrir en edades avanzadas de la vida; este tipo de diabetes se conoce como diabetes tipo II, y en el tiempo

puede terminar en una complicación aguda conocida como coma hiperosmolar o en complicaciones crónicas que afectan la microvasculatura y la macrovasculatura de los órganos del cuerpo. Si afecta la microvasculatura puede presentarse, al igual que en la diabetes tipo I, retinopatía, nefropatía o neuropatía; pero si afecta la macrovasculatura orgánica termina desencadenando un infarto agudo de miocardio, un accidente cerebrovascular o una enfermedad vascular periférica que puede terminar siendo ser catastrófica, pudiendo generar hasta la amputación de una o más extremidades del cuerpo.

Finalmente, es pertinente concluir que la glucosa es una molécula química fundamental para la vida del ser humano, en el cual debe permanecer en equilibrio gracias a las hormonas y múltiples procesos químicos responsables de la vida, además de unos estilos de vida saludables que incluyan una dieta balanceada que contenga abundantes frutas y verduras, la realización de ejercicio regularmente y otras normas de higiene y autocuidado propias de la vida cotidiana en la sociedad.

- ADIMU. (2017). *Química aplicada a la enfermería. Imágenes y texto complementarios al libro de la materia: Polisacáridos*.
<https://adimu-ar.blogspot.com/2017/06/q-52-polisacaridos.html?view=flipcard>
- Bowers, R. W. y Fox, E. L. (2000). *Fisiología del deporte* (3.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Contreras, R. (2018). *Conozca más los alimentos: una introducción a sus aspectos químicos*.
https://www.researchgate.net/publication/328542910_Conozca_mas_los_alimentos_una_introduccion_a_sus_aspectos_quimicos_Learn_more_about_food_an_introduction_to_its_chemical_aspects
- FANDON. (2020). *Los Glúcidos wiki: Glucógeno*.
<https://losglucidos.fandom.com/es/wiki/Gluc%C3%B3geno>
- Guyton, A. y Hall, J. (2001). *Tratado de fisiología médica* (10.ª ed.). McGraw Hill.
- Horton, H. R., Moran, L. A., Scrimgeour, K., Gray, P., Marc D. y Rawn, J. D. (2008). *Principios de bioquímica* (4.ª ed.). Pearson Educación.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2014). *Fisiología del deporte y el ejercicio* (5.ª ed.). Editorial Médica Panamericana, S. A.
- Wilmore, J. y Costill, D. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (5.ª ed.). Paidotribo.
- Zita, A. (2019). *Glucosa*, En Toda Materia: Contenidos escolares.
<https://www.todamateria.com/glucosa/>.