

CALOR DE NEUTRALIZACION

INTRODUCCION

El calor de neutralización es definido como el calor producido cuando un equivalente gramo de ácido es neutralizado por una base. El calor de neutralización tiene un valor aproximadamente constante, en la neutralización de un ácido fuerte con una base fuerte, ya que en esta reacción se obtiene como producto en todos los casos un mol de agua, que es formada por la reacción:



ó



En cada una de las reacciones anteriores se obtienen 13,7 kcal. Esta constancia en la entalpía de neutralización, se entiende fácilmente cuando se recuerda que los ácidos y bases fuertes y las sales, están completamente disociados en sus soluciones diluidas; y, en tal consecuencia el efecto químico común a todas estas neutralizaciones, que es sustancialmente el único cambio responsable para el efecto térmico observado, es la unión de los iones hidratados hidrógeno e hidroxilo para formar agua no ionizada. O sea, si la ecuación anterior de neutralización la escribimos en forma iónica, tenemos:



cancelando los iones comunes en ambos miembros de la igualdad:



Esta constancia en la entalpía de neutralización no se mantiene en la neutralización de soluciones de ácidos débiles por bases fuertes, bases débiles por ácidos fuertes o de ácidos débiles por bases débiles. En todos estos casos el valor de DH es menor y mucho menor en el siguiente caso:



En donde se obtiene -2.9 kcal.

En estos últimos casos el DH de neutralización difiere del valor constante citado, porque la formación del agua a partir de sus iones no es el único proceso químico que acompaña a la neutralización, ya que paralelamente a la combinación de los iones hidratados hidrógeno e hidroxilo, va ocurriendo la ionización de los solutos débiles, siendo el efecto térmico observado la suma de las entalpías de ionización y neutralización.

OBJETIVOS

- Determinar la capacidad calorífica del calorímetro (termo).
- Determinar la capacidad calorífica del sistema calorimétrico.
- Determinar el calor de neutralización:
 - Para un ácido fuerte y una base fuerte
 - Para un ácido débil y una base fuerte

FUNDAMENTO TEÓRICO

Casi todas las reacciones químicas absorben o producen (liberan) energía, generalmente en forma de calor. Es importante entender la diferencia entre energía térmica y calor. El calor es la transferencia de energía térmica entre dos cuerpos que están a diferentes temperaturas.

Con frecuencia se habla de “flujo de calor” desde un objeto caliente hacia uno frío. A pesar de que el término calor por sí mismo implica transferencia de energía, generalmente se habla de “calor absorbido” o “calor liberado” para describir los cambios energéticos que ocurren durante un proceso.

Las reacciones que ocurren durante un proceso pueden ser endotérmicas, si absorben calor, o exotérmicas, si desprenden calor. Los cambios endotérmicos se expresan con signo positivo, y los cambios exotérmicos con signo negativo, de acuerdo con la primera ley de la termodinámica. El cambio de entalpía ocurrido en la reacción directa es exactamente opuesto en la reacción inversa. Este efecto térmico es el mismo sin importar si la reacción ocurre en una o varias etapas. La magnitud del cambio depende de la constitución, el estado físico de reactivos y productos y de la expresión estequiométrica.

Los cambios térmicos pueden ocurrir a presión constante o a volumen constante y se expresan con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta H = q_p = 0 \quad \Delta E = q_v = 0$$

donde ΔH representa el cambio de entalpía y ΔE el cambio de energía. La ΔH se puede determinar experimentalmente midiendo el flujo de calor que acompaña a una reacción a presión constante, y la ΔE a volumen constante

En el laboratorio, los cambios de calor de los procesos físicos o químicos se miden con un calorímetro, que es un recipiente cerrado diseñado específicamente para este propósito. El

estudio de la calorimetría, la medición de los cambios de calor, depende de la comprensión de los conceptos de calor específico y capacidad calorífica.

El Calor Específico (s) de una sustancia

es la cantidad de calor necesario para elevar un grado Celsius la temperatura de un gramo de la sustancia. La capacidad calorífica (C) de una sustancia es la cantidad de calor necesario para elevar un grado Celsius la temperatura de una determinada cantidad de sustancia.

El calor específico es una propiedad intensiva, en tanto la capacidad calorífica es una propiedad extensiva.

Calor específico de algunas sustancias

Si se conoce el calor específico y la cantidad de una sustancia, entonces el cambio en la temperatura de una muestra (Δt) indicara la cantidad de calor (q) que se ha absorbido o liberado en un proceso en particular. La ecuación para calcular el cambio de calor esta dada por:

$$q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$q = C \Delta t$$

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO (J/g.°C)
Aluminio	0.900
Oro	0.129
C(grafito)	0.720
C(diamante)	0.502
Cobre	0.385
Hierro	0.444
Mercurio	0.139
Agua	4.184
Etanol	2.46

donde m es la masa de la muestra y Δt es el cambio de la temperatura:

$$\Delta E = E_{\text{react}} - E_{\text{prod}}$$

El signo convencional de q es igual que para el cambio de entalpía; que es positivo para procesos endotérmicos y negativo para procesos exotérmicos.

La Capacidad Calorífica (C) de una sustancia es una magnitud que indica la mayor o menor dificultad que presenta dicha sustancia para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor. Puede interpretarse como un efecto de Inercia Térmica.

Está dada por la ecuación:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \left(\frac{\text{J}}{\text{K}} \right)$$

Donde C es la capacidad calorífica, Q es el calor y T la variación de temperatura.

La relación entre la capacidad calorífica y el calor específico de un sustancia es:

$$C = ms$$

donde m es la masa de la sustancia en gramos.

En la mayor parte de los casos conviene conocer mas bien la capacidad calórica por unidad de masa del cuerpo, lo que es llamado **capacidad calorífica específica**, o más comunmente, **calor específico**, $c = C/m$, donde m es la masa del cuerpo. Con ello la ecuación anterior queda:

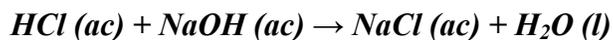
$$\Delta Q = mc\Delta T$$

A continuación se muestra una tabla con valores del calor específico para algunos materiales.

Material	aluminio	acero	nitrógeno (gas)	oxígeno (gas)	agua líquida	hielo 10°C)	(- vapor de agua
C[kJ/(kg K)]	0,898	0,447	1,040	0,915	4,169	2,089	1,963

CALOR DE NEUTRALIZACIÓN.

La neutralización de soluciones acuosas diluidas de un ácido por medio de una solución acuosa diluida de una base, es un tipo particular de reacción química; es una reacción de neutralización. La neutralización de una solución acuosa de HCl con una solución de NaOH puede ser representada por la siguiente ecuación:



El calor de reacción ΔH° 25°C puede calcularse a partir de los respectivos calores de formación ΔH°_f , a saber:

ΔH°_f NaOH (ac)	-112,236 kcal
ΔH°_f HCl (ac)	-40,023 kcal
ΔH°_f NaCl (ac)	-97,302 kcal
ΔH°_f H ₂ O (l)	683,17 kcal

Según la ecuación $\Delta H = H_{\text{final}} - H_{\text{inicial}}$, el calor standard de reacción para la ecuación será:

$$\Delta H^\circ 25^\circ\text{C} = [(-97,302) + (-68,317)] - [(-112,236) + (-40,023)] = -13,680 \text{ kcal (4)}$$

El símbolo (ac) empleado a continuación de la fórmula del soluto, representa por convención,

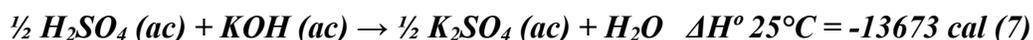
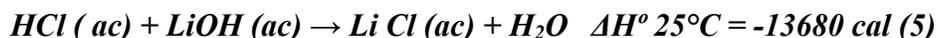
que la solución acuosa es lo suficientemente diluida como para que una dilución adicional no

produzca efectos térmicos; en consecuencia, por ejemplo, el calor de la formación del NaOH (ac),

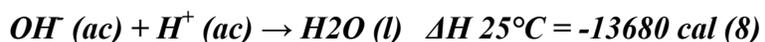
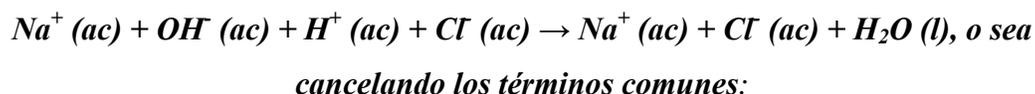
$\Delta H^{\circ}f = -112236 \text{ cal}$, será igual a la suma algebraica del calor de formación de un mol de NaOH en infinitos moles de agua; esto es, el calor de la disolución a dilución infinita.

Los calores de neutralización pueden determinarse por mediciones calorimétricas directas, a partir de mediciones en serie efectuadas sobre soluciones de concentraciones finitas que progresivamente se van diluyendo y extrapolando a dilución infinita. Se indican a continuación,

algunos valores de calores de neutralización basados en tal procedimiento:



Obsérvese que el calor de neutralización de ácidos fuertes con bases fuertes en solución diluída, es prácticamente constante cuando 1 mol de agua se forma en la reacción. La explicación de este hecho reside en que tanto los ácidos como las bases fuertes y sus sales derivadas están completamente disociadas en sus respectivos iones cuando se hallan en solución acuosa suficientemente diluída. Desde este punto de vista, una solución diluída de HCl consiste solamente en iones H^+ y Cl^- en solución acuosa; y similarmente, una solución diluída de NaOH consiste en iones Na^+ e OH^- en solución acuosa. Después de la neutralización, la solución restante contiene solamente iones Na^+ y Cl^- . La reacción (3) puede ser interpretada como iónica de la siguiente manera:



En la neutralización de soluciones diluidas de ácidos débiles y bases débiles, el calor desprendido es menor que 13680 cal. Por ejemplo, en la neutralización del ácido acético (CH₃COOH) con NaOH, el calor desarrollado es de sólo 13300 cal por mol de agua formado. La diferencia de calor no desarrollado (13680-13300 = 0,380 cal), puede ser interpretada como el calor requerido para completar la disociación del ácido acético en iones H⁺ y CH₃COO⁻ a medida que la reacción de neutralización tiene lugar; Por cada ión H⁺ proveniente del CH₃COOH que se neutralice con un ión OH⁻, más CH₃COOH se ionizará en H⁺ y CH₃COO⁻ hasta que la neutralización sea completa; esta ionización del CH₃COOH, requiere calor, que se obtiene a expensas del calor que se desarrolla en la unión de los iones H⁺ y OH⁻.

Calorímetro

Un calorímetro consiste, en esencia, en un recipiente aislado térmicamente y lleno de agua, en la cual se sumerge una cámara de reacción. En una reacción exotérmica, el calor generado se transmite al agua y la elevación de temperatura resultante en ésta se lee mediante un termómetro sumergido en ella. Cuando se trata de una reacción endotérmica, hay que medir la reducción de la temperatura en vez de su incremento.

La termoquímica es una rama de la física química que trata de los cambios térmicos asociados a las transformaciones químicas y físicas. Su objetivo es la determinación de las cantidades de energía calorífica cedida o captada en los distintos procesos y el desarrollo de métodos de cálculo de dichos reajustes sin recurrir a la experimentación.

Para estudiar los efectos químicos térmicos que acompañan a las reacciones químicas, la formulación de soluciones y los cambios físicos como la fusión o la evaporización. Los cambios fisicoquímicos se clasifican como:

Endotérmicos: Acompañados por la absorción de calor.

Exotérmicos: Acompañados por desprendimiento de calor.

MATERIAL Y REACTIVOS:

MATERIALES:

- ☞ Termo
- ☞ Termómetro con exactitud
- ☞ Cronometro
- ☞ Vaso de precipitado



REACTIVOS:

- ☞ Ácido acético
- ☞ Agua destilada
- ☞ Acido sulfurico Solución
- ☞

PROCEDIMIENTO

Preparar las siguientes mezclas :

- ❖ Disponer en el termo de 100 ml de HCl 0.594 N dejar que alcance el equilibrio termico por 3 minutos medir y registrar temperatura. Mezclar con 100ml de NaOH 0.451 N, agitar suavemente el contenido con en termómetro y medir y anotar la temperatura cada 20 segundos hasata completar los 4 minutos.



- ❖ Disponer en el termo de 100 ml de ácido acético 0.03 N dejar que alcance el equilibrio térmico por 3 minutos medir y registrar temperatura. Mezclar con 100ml de NaOH 0.451 N, agitar suavemente el contenido con un termómetro y medir y anotar la temperatura cada 20 segundos hasta completar los 4 minutos.

CALCULOS:

Elaborar un gráfico de T (°C) vs t (s) y determinar el ΔT para cada caso.

1) Determinación de la capacidad calorífica del sistema

$$Q \text{ ganado} = -Q \text{ perdido}$$

$$Q \text{ calorímetro} + Q \text{ agua fría} = -Q \text{ agua caliente}$$

$$m_1 C_{H_2O} (T_{eq} - T_1) + C_{TERMO} (T_{eq} - T_1) = m_2 C_{H_2O} (T_2 - T_{eq}) \dots \alpha$$

Según nuestra experiencia en el laboratorio

$$\rho_{H_2O \text{ } 8^\circ C} = 0.99848$$

T1=18 °C, ρ=0.998595 entonces M agua fría = 0.998595*50 = 49.929

T2=97 °C, ρ=0.960501 entonces M agua caliente= 0.960501*54 = 51.867

Tm=52 °C (temperatura de la mezcla)

Reemplazando en α :

$$C (52-18 \text{ } ^\circ\text{C}) + 49.929\text{g} \cdot 1\text{cal} / \text{g}^\circ\text{C} \cdot (52-18 \text{ } ^\circ\text{C}) = 51.867 \text{ g} \cdot 1\text{cal} / \text{g}^\circ\text{C} (97-52 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$C = \text{capacidad calorifica} = 18.7185 \text{ cal} / ^\circ\text{C}$$

PRIMER CASO:

PARA UN ACIDO FUERTE Y UNA BASE FUERTE

TIEMPO (s)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
TEMPERATURA (°C)	23,983	24,236	24,283	24,258	24,225	24,22	24,234	24,237	24,243	24,25	24,252	24,254

***Empleando la ecuacion 2; ¿Calcular el ΔH psra cada caso ?**

Para el primer caso: Acido fuerte – Base fuerte

Datos:

$$HCl - 0.594 \text{ N } V = 76 \text{ ml}$$

$$NaOH - 0.451 \text{ N } V = 100 \text{ ml}$$

$$V_{total} = 176 \text{ ml} = 0.176 \text{ L}$$

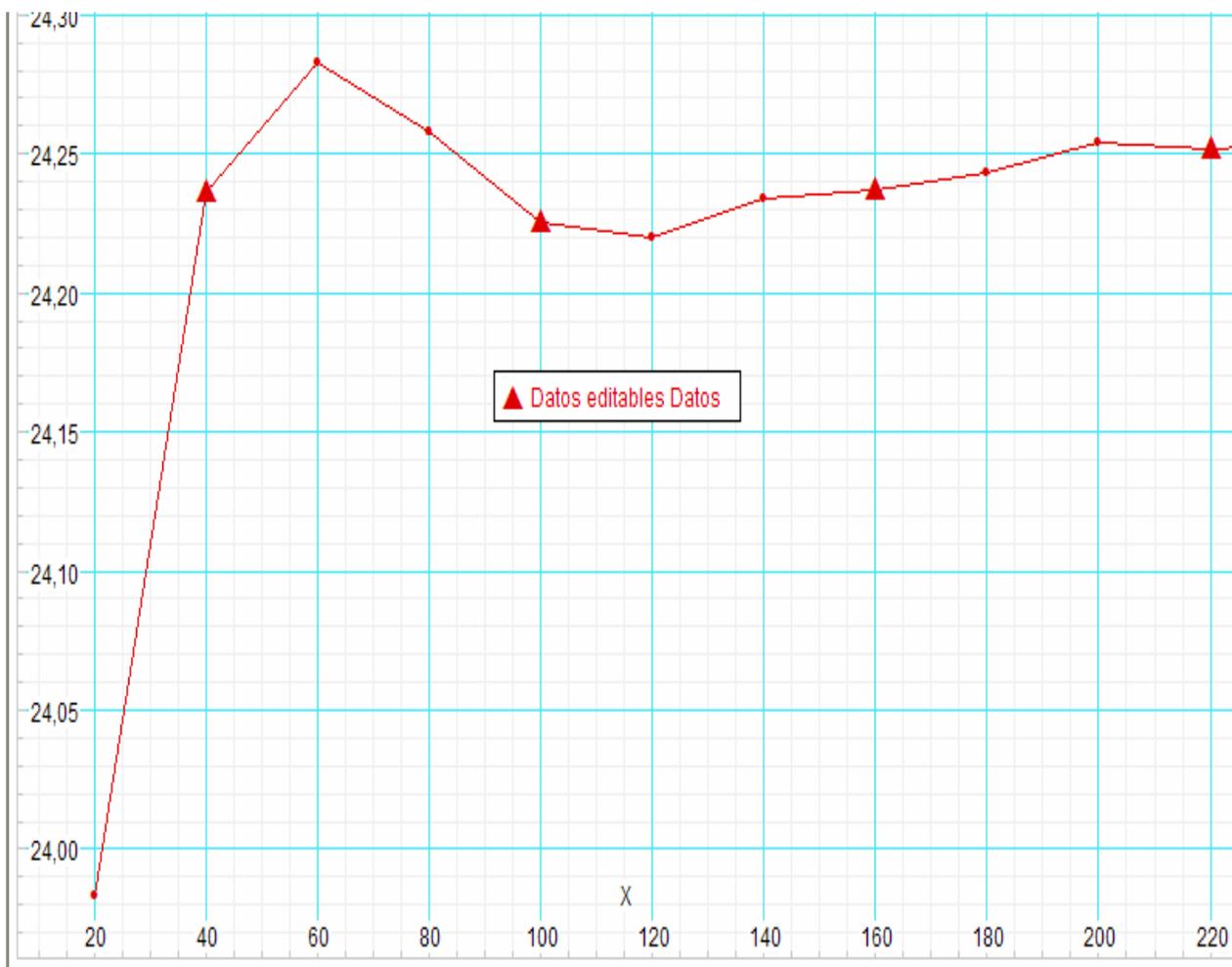
$$Q = \Delta H = (M_{total} \cdot C_p + C) \Delta T$$

$$\Delta H = (3.4517 \cdot 4.1868 + 7140.2) \cdot (24 - 16)$$

$$\Delta H = 57.2 \text{ KJ} / \text{mol}$$

GRAFICO:

TEMPERATURA (°C) vs TIEMPO (s)



SEGUNDO CASO:

TIEMPO (s)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
TEMPERATURA (°C)	21,126	21,15	21,152	21,144	21,16	21,162	21,166	21,159	21,171	21,17	21,171	21,171

PARA UN ACIDO DEBIL Y UNA BASE FUERTE :

***Empleando la ecuacion 2;¿Calcular el ΔH psra cada caso ?**

Para el segundo caso: Base fuerte – Acido debil



$$Q = \Delta H = (M_{total} * CE + C) \Delta T$$

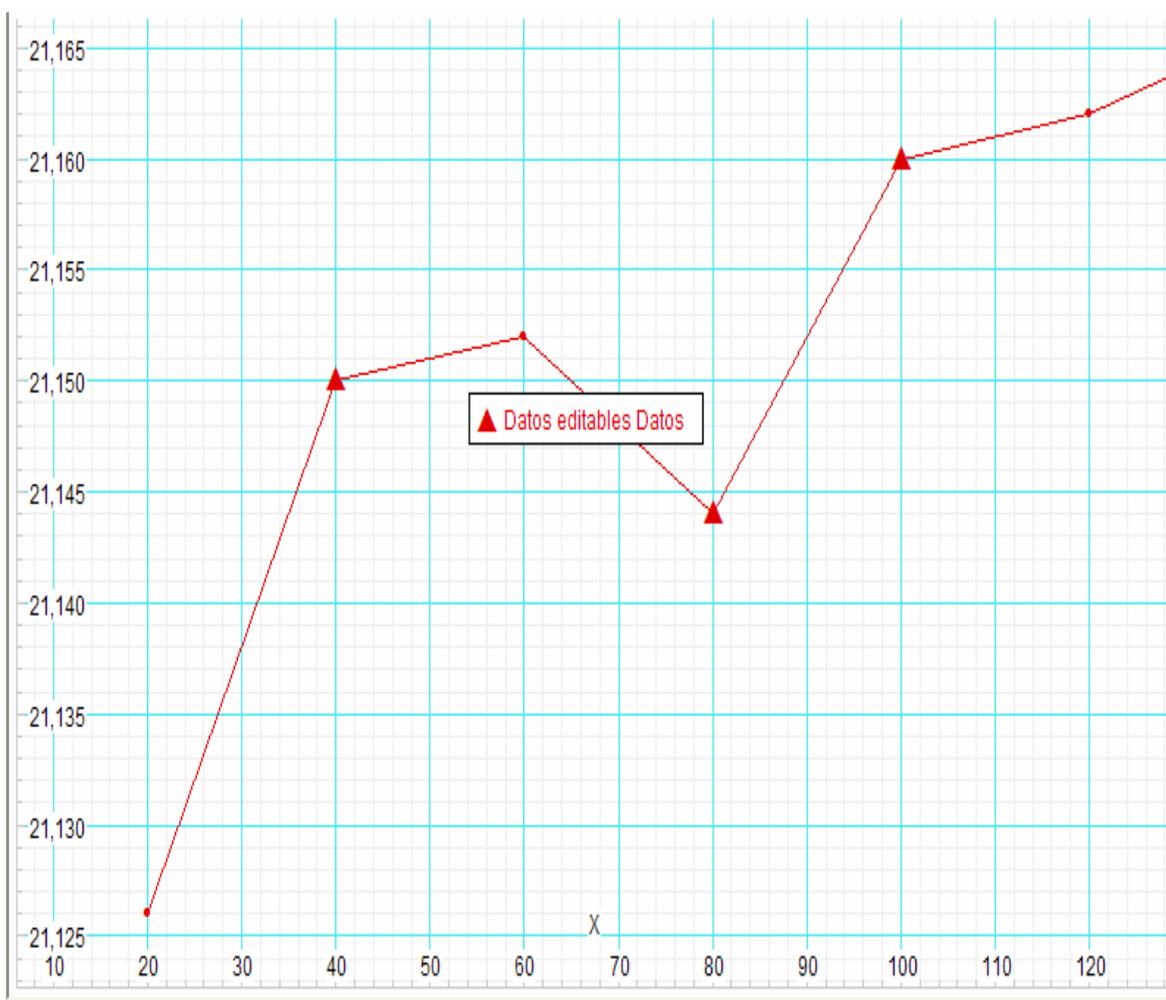
$$Q = \Delta H = (0.29 * 4.18 + C) * (21.172 - 14.25)$$

$$\Delta H = (0.29 * 4.18 + 6580) * 6.922$$

$$\Delta H = 45.55 \text{ KJ/mol}$$

GRAFICO:

TEMPERATURA (°C) vs TIEMPO (s)



EN QUE CASOS SE TIENE MAYORES ΔH ¿Por qué?

Sol:

En el primer caso (**acido fuerte -base fuerte**)

Se debe a que los acido en soluciones diluidas y el efecto químico común a todas estas neutralizaciones es la unión de iones hidratados de hidrogeno e hidroxilo para formar agua desionizada.

El fenómeno es diferente para un (**acido debil- base fuerte**)

Conforme se van neutralizando los H^+ del acido fuerte con los OH^- de la base débil, se ioniza mas base débil a expensas del calor de formación del agua este proceso continua hasta completar la neutralización.

CONCLUSIONES

- El calor de neutralización de un sistema ácido débil-base fuerte depende de la naturaleza del ácido y de la base así como de la temperatura y de la concentración.
- La reacción de neutralización de un ácido con una base es una reacción exotérmica.
- El calorímetro adiabático utilizado es lo suficientemente preciso para realizar el experimento en él.

ANEXOS

APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA

El dióxido de carbono (CO_2), pese a ser un gas minoritario en la atmósfera terrestre, constituye uno de sus componentes más importantes, siendo fundamental para la realización de la fotosíntesis en las plantas y el producto principal de la respiración de los seres vivos. En las últimas décadas se está registrando un importante aumento en el nivel atmosférico de CO_2 , al que contribuye la elevada utilización de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural.



La consecuencia directa ha sido un sobrecalentamiento de la superficie terrestre causado por el llamado efecto invernadero.

Filamento de la cianobacteria *Anabaena sp*

En la actualidad, un importante problema que afecta al desarrollo de muchos países es su elevado nivel de emisiones de dióxido de carbono, con lo que resulta cada vez más necesario desarrollar e implantar nuevas tecnologías que permitan fijar y eliminar el CO_2 de los gases de escape generados industrialmente. Ése es precisamente el objetivo de un proyecto de investigación financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa y desarrollado por investigadores del Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis

(Universidad de Sevilla/CSIC) conjuntamente con científicos del Departamento de Ingeniería Química y del grupo de Automática, Electrónica y Robótica de la Universidad de Almería.

Transformar el CO₂ en biomasa verde Responsables de más del 50% de la fotosíntesis del planeta, las microalgas necesitan CO₂ para crecer, transformando este gas en componentes de la biomasa verde. Andalucía constituye un territorio idóneo para el establecimiento de estos cultivos de cianobacterias y microalgas dadas sus privilegiadas condiciones climáticas, con elevada irradiación solar. De esta forma, el desarrollo y aprovechamiento de la fijación fotosintética de CO₂ mediante el cultivo de microalgas y cianobacterias, a través de su conversión en productos orgánicos utilizables, constituye una alternativa altamente prometedora.

Las microalgas y las cianobacterias son los más efectivos fijadores de CO₂ del planeta, con rendimientos más de cinco veces superiores a los de los cultivos agrícolas más productivos, por no mencionar que forman uno de los grupos ecológicos más variados de la biosfera. Dichos microorganismos utilizan el CO₂ como fuente de carbono y lo convierten en carbono orgánico incorporándolo a su biomasa. Asimismo, otros productos de la fotosíntesis, tales como polímeros de naturaleza orgánica, pueden ser excretados por las células. Una opción para el aprovechamiento de la biomasa y/u otros productos fotosintéticos generados mediante la fijación de CO₂ es su reutilización como fuente de energía, al tratarse de materiales combustibles con un alto valor energético. Tal aprovechamiento como biocombustible de los productos fotosintéticos supone un reciclaje de carbono, contribuyendo a la reducción del consumo de los combustibles fósiles. El objetivo central del proyecto ideado por estos investigadores andaluces es desarrollar y evaluar en distintas instalaciones de cultivo a la intemperie una tecnología para eliminar el CO₂ por cultivos de cianobacterias. Durante el proceso se genera, gracias a la fotosíntesis, cantidades considerables de biomasa y de polímeros carbonados con considerable calor de combustión. Se pretende optimizar la producción de exopolisacáridos por una estirpe halotolerante de la cianobacteria *Anabaena*, lo que representa el consumo de 1,7 unidades de peso de CO₂ por unidad de peso de producto generado. Estos científicos proponen que dichos polisacáridos sean aprovechados y reutilizados por diferentes industrias.

Para los próximos años

Para los próximos años, el hidrógeno, como combustible, es considerado como una fuente potencial de energía renovable, la cual es clave para evitar aún más el deterioro de nuestro medio ambiente, comparándolo con los combustibles fósiles obtenidos del petróleo que al momento de llevar a cabo **el proceso de combustión** son causantes de la mayor parte de las emisiones de bióxido de carbono (CO₂), su uso como combustible permitirá disminuir por completo las emisiones globales de CO₂ en nuestro planeta

BIBLIOGRAFIA

- Levitt, B.P. Química Física Práctica de Findlay. Editorial Reverté. 1979

- Maron, S.H. & Prutton, C.F. Fundamentos de Fisicoquímica. Editorial Limusa. 1973

- Gustavo pons muzzo química fisica 5 ediccion lima peru