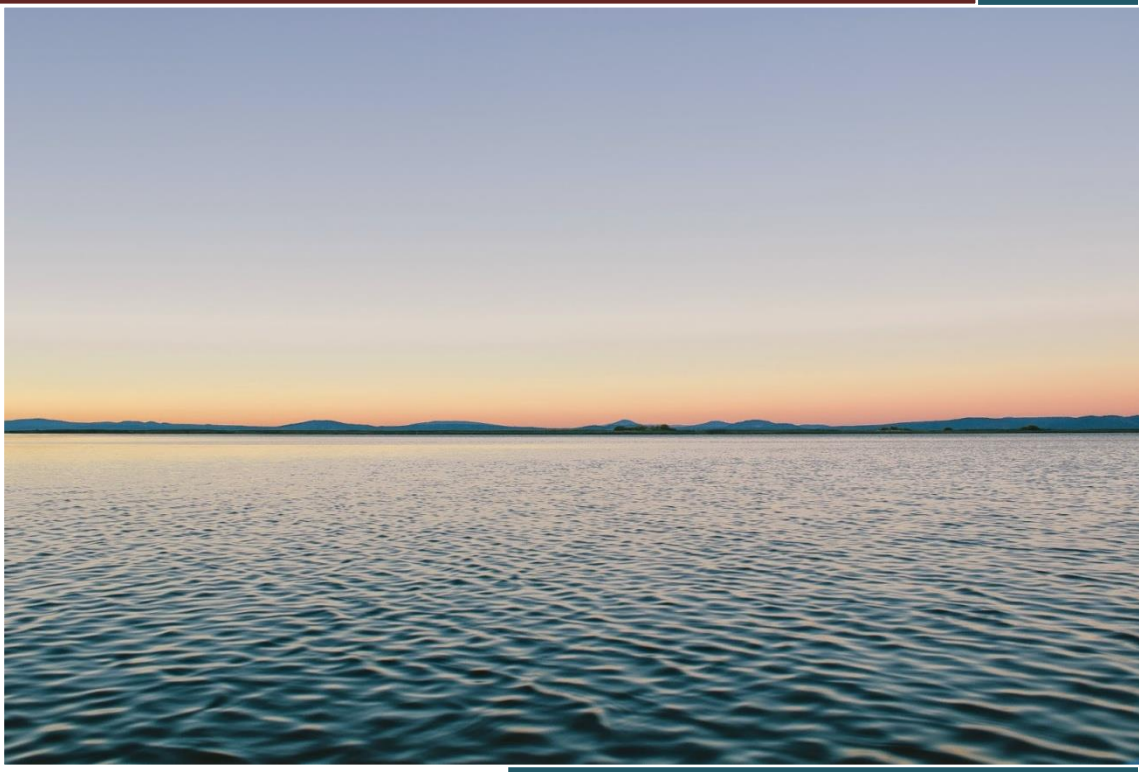
Equilibri químic als oceans



Publicacions CRECIM

Col·lecció REVIR 2016

“Equilibri químic als oceans”, unitat didàctica per a l’estudi de l’equilibri químic.
Creada per Carme Grimalt, Anna Garrido i Cristina Simarro.
Amb la col·laboració de Montserrat Tortosa i Marcela Sáez.
Maquetació i revisió: Maria Navarro i Maria Dalmases.
Es distribueix sota una llicència CreativeCommons
Atribució-NoComercial-SenseDerivar 4.0 Internacional
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

totes les imatges utilitzades són pròpies o d’ús lliure

Citar com:

Grimalt, C., Garrido, A. i Simarro, C. (2016). *Equilibri químic als oceans. Seqüència didàctica per a l’estudi de l’equilibri químic*. Barcelona: Publicacions CRECIM

Enllaç permanent DDD: https://ddd.uab.cat/record/182185

El projecte REVIR és un projecte del CRECIM, amb el suport de l’Obra Social “La Caixa” i la Universitat Autònoma de Barcelona.

Indicacions per al professorat

Objectius didàctics de la seqüència.

La seqüència pretén que l'alumnat de 1r i 2n de Batxillerat entengui què és l'equilibri químic i com podem modificar-lo.

En la primera part, els estudiants han d'utilitzar característiques del model d'equilibri químic per explicar i predir canvis de color en una reacció d'equilibri. En particular, l'atenció es centra en l'existència de dues reaccions oposades i simultànies en el temps que s'anomenen reacció directa (de reactius a productes) i reacció inversa (de productes a reactius). A continuació, es pretén aprofundir en la característica dinàmica de l'equilibri químic per justificar els fets experimentals observats i la possibilitat de desplaçar l'equilibri en els dos sentits de la reacció (directa i inversa).

També s'espera que els estudiants siguin capaços d'identificar una de les característiques més importants del model d'equilibri químic: Per arribar a l'equilibri és necessari igualar la velocitat de reacció de les reaccions directa i inversa, és a dir, la quantitat de producte que es forma per unitat de temps i la quantitat de reactiu que es forma per unitat de temps. Per tant, la concentració de reactius i de productes es manté constant en el temps, però no implica necessàriament que sigui la mateixa. L'alumnat haurà de ser capaç d'aplicar aquest model per a interpretar els fenòmens observats a nivell macroscòpic, justificar per què podem dir que una reacció es troba en equilibri si no s'observen canvis en les propietats intensives del compost (color, concentració, solubilitat...) i de quina manera es pot modificar aquest equilibri.

En la part final, es pretén que els estudiants apliquin els conceptes adquirits sobre l'equilibri químic amb les reaccions àcid–base per interpretar una situació problemàtica donada: l'acidificació dels oceans per l'absorció de CO_2. Els estudiants hauran d'utilitzar el model d'equilibri químic per explicar de quina manera influeix l'absorció de CO_2 a l'equilibri àcid–base dels carbonats de l'aigua dels oceans i justificar el paper dels esquelets dels peixos en aquesta acidificació. Per tant, tot i que en un pla més secundari, es treballa també el concepte de pH com a indicador de l'acidesa o basicitat d'un solució i el significat de la constant d'equilibri. Finalment, els alumnes dissenyen un experiment per tal de comprovar les seves hipòtesis sobre el paper dels esquelets dels peixos en l'equilibri químic als oceans.

Material, muntatge experimental i eines digitals que es fan servir

En aquesta sessió es necessita disposar dels següents reactius químics i materials de laboratori:

- Dicromat de potassi
- Clorur fèrric
- Tiocianat de potassi
- Amoníac 1M
- Hidròxid de sodi 1M
- Àcid acètic 0.1M
- Carbonat de calci
- Àcid clorhídric 1M
- Tres tubs d'assaig
- Dos vasos de precipitats de 50mL
- Compta gotes

Les eines digitals necessàries per la realització de l'experiment són dos sensors de pH, que poden ser adquirits per alguns dels principals proveïdors de sensors del mercat com ara, Vernier (http://www.vernier.com/), Fourier (http://einsteinworld.com), Pasco (https://www.pasco.com) o Globisens (http://www.globisens.net). La configuració recomanada és d'una mostra cada dos segons durant 1 minut.

Estructura de la seqüència

La sessió es divideix en 3 parts principals de durada d'una hora i mitja les dos primeres i mitja hora la tercera:

Primera part: Exploració de les reaccions en equilibri i definició de les característiques principals.

1. Introducció
2. Què podem dir de l'equilibri químic?

Segona part: Estudi del cas concret de l'equilibri àcid-base i quantificació de l'equilibri.

3. Un cas concret: Els equilibris àcid-base

Tercera Part: Experiment per provar el paper dels peixos en l'equilibri dels oceans.

4. Quin paper juguen els peixos?

1. Introducció

És probable que si diem **"equilibri"** et vinguin al cap un munt de situacions que es podrien descriure mitjançant aquesta paraula. Efectivament, en la nostra vida acostumem a sentir-la de manera habitual: equilibri emocional, equilibri de forces, equilibri de mercats, fer equilibrismes, dieta equilibrada...

Fa un parell d'anys, va sortir al diari la notícia següent:

> *LA CONTRIBUCIÓ DELS PEIXOS A L'EQUILIBRI QUÍMIC DELS OCEANS PODRIA SER CLAU.*
>
> *Fins ara, aquesta contribució hauria estat subestimada, segons un estudi de la Universitat d'Exeter, al Regne Unit, publicat a la revista "Science".*

En aquesta notícia apareix el terme anterior amb un matís diferent: l'equilibri químic. El reportatge ens planteja una sèrie de dubtes: què pot tenir a veure l'equilibri amb la química i els oceans? Què deuen provocar els peixos? En aquesta pràctica intentarem anar aprofundint sobre aquests conceptes per tal de respondre la pregunta següent:

De quina manera contribueixen els peixos a l'equilibri químic dels oceans?

Què farem per resoldre la nostra pregunta?

Al llarg de la pràctica estudiaràs diverses reaccions que ens aniran donant indicacions per respondre la nostra pregunta. També farem servir un equip de captació automàtica de dades per recollir informació més precisa i un programa que ens ajudarà a plasmar de manera esquemàtica les nostres conclusions finals.

2. Què podem dir de l'equilibri químic?

Completa al teu dossier:

2.a. Torna a rellegir el titular de la notícia de l'apartat anterior i respon: Què és per tu l'equilibri químic i quina relació creus que pot tenir amb els oceans i els peixos?

2.1. Explorem una reacció d'equilibri

Segurament hauràs deduït que l'equilibri químic ha de tenir alguna relació amb les reaccions químiques. En aquest apartat ens fixarem en una reacció concreta que es considera que es troba en equilibri per tal d'extreure'n característiques que puguem aplicar posteriorment.

a) *Afegeix una mica de solució de dicromat de potassi en un tub d'assaig i, a continuació, afegeix una mica de la dissolució d'hidròxid de sodi.*

Completa al teu dossier:

2.b. Què ha passat?

b) *Ara afegeix una mica de solució d'àcid clorhídric al mateix tub en el que heu treballat abans i observa què succeeix.*

Completa al teu dossier:

2.c. Què ha passat?

Sabent que les reaccions que han tingut lloc es poden expressar de la manera següent:

- En els dos casos:

$$Cr_2O_7^{2-} + 3H_20 \rightleftharpoons 2CrO_4^{2-} + 2H_3O^+$$

Taronja **Groc**

- A la primera reacció també es produïa:

$$H_3O^+ + NaOH \rightarrow Na^+ + 2H_2O$$

Completa al teu dossier:

2.d. Com explicaries els canvis de color que heu observat a partir de la informació que us proporcionen les equacions de la reacció?

2.e. Quan es podria considerar que la reacció entre el dicromat i l'aigua, o entre el cromat i els cations d'hidrogen ha finalitzat? Justifica la teva resposta.

2.2. Posem-ho en pràctica!

En l'apartat previ, has experimentat amb una reacció d'equilibri intentant desplaçar-la cap a un sentit o un altre mitjançant canvis de concentració. En aquesta part, intentarem aplicar les nostres conclusions anteriors per intervenir de nou en una altra reacció.

La reacció que treballarem en aquest apartat es resumeix de la manera següent:

$$FeCl_3 + 3KSCN \rightleftharpoons Fe(SCN)_3 + 3KCl$$

Taronja **Vermell**

Completa al teu dossier:

2.f. A la llum del que has treballat en l'apartat anterior, de quines maneres se t'acut que es pot intervenir en l'equilibri proposat i quins resultats creus que podríem obtenir?

Ara provaràs de realitzar les modificacions de la reacció que has proposat en la pregunta anterior.

a) *Barreja una mica de dissolució de FeCl3 amb una mica de dissolució de KSCN en un tub d'assaig i afegeix-hi aigua destil·lada (quasi les ¾ parts del tub) fins que el color sigui d'un marró - ataronjat pàl·lid.*

b) *Reparteix el contingut del tub d'assaig en tantes parts segons les modificacions que vulguis realitzar. Pensa en reservar-ne un per mantenir-lo de referència com a color original.*

Completa al teu dossier:

2.g. Omple la taula següent amb les modificacions proposades i els resultats experimentals obtinguts.

Modificació proposada	Què passa?	Per què creus que passa?

2.h. Què t'imagines que pot estar passant, a nivell de molècules i àtoms, en els fets que heu observat en aquest apartat?

2.i. Quina relació creus que hi ha entre el que heu estat observant en aquest apartat i les conclusions de l'apartat anterior?

Completa al teu dossier:

2.j. Escriu les característiques que ha de complir una reacció perquè puguem dir que està en equilibri químic.

3. Un cas concret: Els equilibris àcid - base

La notícia que hem començat a llegir en la introducció de la pràctica segueix de la manera següent:

(...) Els oceans absorbeixen aproximadament una tercera part del diòxid de carboni que hi ha a l'atmosfera. Tot i que aquest fet sigui positiu, ja que rebaixa la quantitat de CO_2 a l'aire, és perjudicial pels organismes marins: el CO_2 quan es dissol en aigua es transforma en àcid carbònic (H_2CO_3) segons la reacció següent:

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

L'augment de l'acidesa provoca un deteriorament dels ecosistemes marins que pot tenir conseqüències dramàtiques (...)

En els apartats anteriors ens hem centrat en el concepte general d'equilibri químic, ara però, la notícia ens presenta un cas particular d'equilibri químic: el dels àcids i les bases. En aquest apartat, intentarem aprofundir més en les característiques concretes d'aquest nou equilibri i, així, poder deduir quines conseqüències pot causar en els oceans.

Completa al teu dossier:

3.a. Quin equilibri o equilibris estableix l'àcid carbònic quan es troba en aigua? Escriu les equacions que expressen l'equilibri químic de dissociació de l'àcid carbònic.

3.b. A partir de les equacions anteriors per què podem dir que el H_2CO_3 és un àcid?

Què diu la ciència?

Considerem que són **àcides** totes aquelles molècules que són capaces de cedir almenys un catió hidrogen al medi i **bàsiques** aquelles que són capaces de captar almenys un catió hidrogen del medi.

3.1. Tots els àcids i bases que es troben en solució també es troben en equilibri?

Què diu la ciència?

El pH es defineix matemàticament com $pH = -\log[H^+]$ i, per tant, es relaciona amb la quantitat de cations hidrogen que hi ha en el medi aquós. Quants més cations hidrogen hi ha en el medi, el valor del pH és més baix.

Respondrem aquesta pregunta de manera indirecta a partir de la comparació de diferents pHs. El pH, com sabeu, es tracta d'un valor que es relaciona amb la quantitat de cations d'hidrogen en aigua. Per tant, si dues solucions tenen la mateixa concentració i estan igualment dissociades tindran el mateix pH. És a dir, comparar pH de solucions de la mateixa concentració, equival a comparar graus de dissociació de l'àcid o la base. Aquest nivell de dissociació el podem relacionar amb el desplaçament de l'equilibri químic cap als productes o cap als reactius.

a) Per facilitar la mesura, a partir d'ara utilitzarem un equip de captació automàtica de dades, que ens donarà el valor del pH de la dissolució que estiguem mesurant.

b) Ara, mesura el pH d'una **dissolució d'amoníac (NH_3)** i d'una **dissolució d'hidròxid de sodi (NaOH)** amb la mateixa concentració.

Completa al teu dossier:

3.c. Quins resultats has obtingut?

pH amoníac:

pH hidròxid de sodi:

3.d. Quines reaccions es produeixen quan dissolem hidròxid de sodi en aigua? I quan dissolem amoníac?

3.e. A partir dels resultats experimentals del pH i de les equacions de les reaccions que acabeu d'escriure, explica com podem interpretar que el valor del pH sigui diferent malgrat que les dues substàncies estiguin en la mateixa concentració?

Completa al teu dossier:

3.f. Explica de quina manera podem relacionar els àcids i les bases amb l'explicació d'equilibri químic que hem comentat anteriorment.

3.2. Com es pot quantificar un equilibri?

En l'apartat anterior, a partir de les diferències en els valors del pH, hem arribat a la conclusió que el grau de dissociació de diferents reaccions d'equilibri àcid – base no sempre és el mateix.

En aquest apartat volem comparar dos sistemes que estan en equilibri: el de l'àcid acètic i l'àcid carbònic. Per tant, necessitem basar-nos en una dada quantitativa per poder fer-ho. Aquesta dada és la constant d'equilibri que, com sabeu, és una relació que s'estableix entre la concentració de productes i la concentració de reactius. La constant d'equilibri per als àcids es diu **constant d'acidesa** i, per a la reacció

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

es defineix de la manera següent:

$$K_a = \frac{[CH_3COO-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]}$$

Completa al teu dossier:

3.g. Quina informació podem extreure d'una constant d'acidesa que tingui un valor de $Ka=10^3$ tenint en compte la definició anterior? I d'una altra que tingui un valor de $Ka=10^{-4}$?

3.h. Utilitzant l'equip de captació de dades i el sensor, mesureu el pH d'una **dissolució d'àcid acètic 0.1M**. A partir del resultat obtingut i de la fórmula del pH, omple la taula següent i calcula la constant d'acidesa (Ka).

pH= $[H^+]$= Ka=

	CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
Concentració inicial	0,1 M		
Concentració equilibri			

4. Quin paper juguen els peixos?

L'àcid carbònic (H_2CO_3) experimenta dos equilibris quan està dissolt en aigua:

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \qquad K_{a1} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$$

$$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+ \qquad K_{a2} = 4{,}69 \cdot 10^{-11}$$

Completa al teu dossier:

4.a. Compara les dues constants d'equilibri de l'àcid carbònic amb la constant que has obtingut de l'àcid acètic. L'àcid carbònic en dissolució alliberarà més o menys protons que l'àcid acètic? Justifica la teva resposta.

4.b. A partir del concepte d'equilibri químic que hem estat estudiant i sabent que els peixos aporten carbonats al medi amb les seves excrecions, raona i escriu per què aquesta acció acaba provocant una disminució dels cations d'hidrogen a l'aigua.

Ara ja sabem què és l'equilibri químic i com el podem desplaçar, alterar i quantificar. En aquest apartat, tot interpretant la notícia, intentarem simular l'efecte que provoquen els peixos.

Dissenyem un experiment!

Compararem l'evolució del pH quan s'acidifica el medi en dos sistemes: En el primer només hi haurà aigua i en el segon simulareu l'efecte dels peixos afegint les substàncies que creieu necessàries tenint en compte les vostres respostes de la pregunta anterior.

Després, aniràs afegint HCl diluït gota a gota com a agent acidificant a tots dos sistemes i mesurant com varia el pH dels dos sistemes.

Per poder comparar correctament l'efecte que provoquen els peixos respecte un sistema on no n'hi ha, caldrà tenir present quines variables té el teu sistema per decidir quines us interessen modificar i quines, en canvi, mantindràs constants.

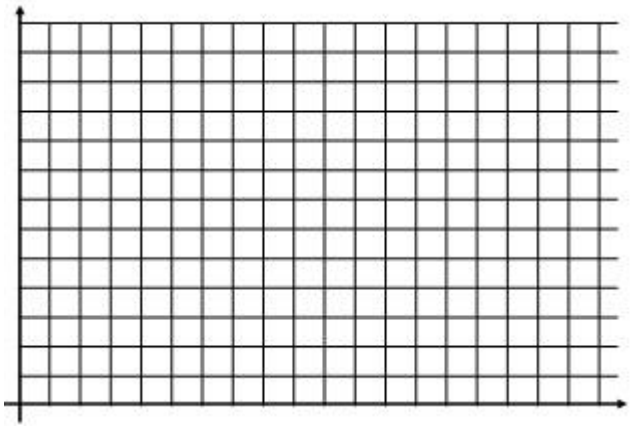
Completa al teu dossier:

4.c. Anota a la taula següent quines variables mantindreu constants i quines modificareu.

Variables que cal mantenir constants	Variables a modificar

4.d. Com creus que variarà el pH al llarg del temps en el sistema on només hi ha aigua? I en el sistema en que es simula l'acció dels peixos?

4.e. Què creus que passarà? Dibuixa com creus que variarà el pH dels dos sistemes en funció del temps, tenint en compte que tirareu una gota cada segon.

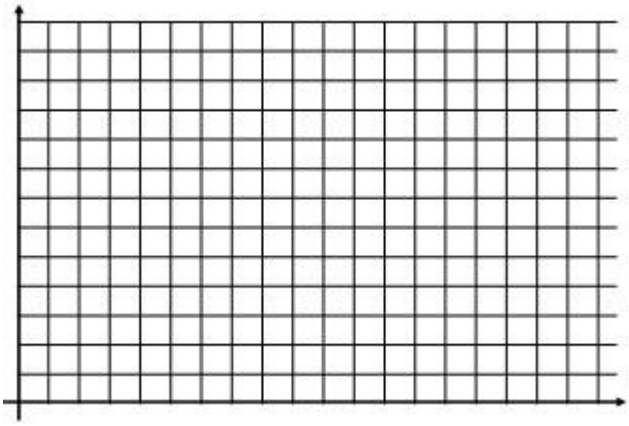


Ara realitzaràs l'experiment proposat:

1. Col·loca 25mL d'aigua destil·lada en dos vasos de precipitats de 50mL, en un d'ells afegeix una punta d'espàtula de carbonat de calci.
2. Prepara 20mL d'àcid clorhídric 0,1M.
3. Configura el sistema de presa de dades (una mostra cada 2 segons durant 1 minut).
4. Col·loca un sensor de pH a cada vas de precipitats.
5. Comença la mesura i, passat un segon, afegeix alhora una gota d'àcid clorhídric a cada vas. Després, ves afegint una gota cada 2 segons fins al final de la mesura.

Completa al teu dossier:

4.f. Dibuixa la gràfica que has obtingut.



4.g. Quines diferències i quines semblances trobes entre la gràfica obtinguda i la que has predit?

4.h. De quina manera contribueixen els peixos a l'equilibri químic dels oceans?

Revir