



Universidade de Santiago de Compostela
Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obrigatoria e
Bacharelato, Formación Profesional e Ensinanzas de Idiomas
Facultade de Ciencias da Educación

Proposta de intervención para Química de 2º de Bacharelato
baseada na “clase invertida”

Propuesta de intervención para Química de 2º de Bachillerato basada en
la “clase invertida”

Intervention proposal for Chemistry of 2nd of High School based on
the flipped classroom

Autor: Daniel González Fernández

Titor: D. Ramón Cid Manzano

Curso: 2018/2019

Proposta de intervenció para Química de 2º de Bacharelato
baseada na “clase invertida”

Propuesta de intervenció para Química de 2º de Bachillerato basada en
la “clase invertida”

Intervention proposal for Chemistry of 2nd of High School based on
the flipped classroom

Autorización do titor do Traballo de Fin de Máster

D. Ramón Cid Manzano

INFORMA:

Que o presente Traballo de Fin de Máster titulado Proposta de intervención para Química de 2º de Bacharelato baseada na “clase invertida” foi realizado por D. Daniel González Fernández baixo a miña dirección no Departamento de Didácticas Aplicadas, na Área de Didáctica das Ciencias Experimentais, da Facultade de Ciencias da Educación da Universidade de Santiago de Compostela e autorizo a súa presentación para a defensa do mesmo como requisito para a obtención do Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obrigatoria e Bacharelato, Formación Profesional e Ensinanzas de Idiomas en dita universidade.

En Santiago de Compostela, a 17 de xuño de 2019.

Visto e prace

O titor



D. Ramón Cid Manzano

Táboa de contidos.

Táboa de contidos.	vii
1. Resumos.	1
1.1. Galego.	1
1.2. Castelán.	1
1.3. Inglés.	2
2. Palabras chave.	2
2.1. Galego.	2
2.2. Castelán.	2
2.3. Inglés.	2
3. Introducción: xustificación do traballo e obxectivos.	3
4. Fundamento teórico.	8
4.1. ¿Que é a clase invertida?	8
4.1.1. Características da clase invertida.	11
4.1.2. A clase invertida: unha aprendizaxe semipresencial.	11
4.2. Antecedentes do modelo.	14
4.2.1. Evolución do modelo.	14
4.2.2. Orixe e popularización do termo <i>Flipped Classroom</i> .	16
4.3. As catro columnas da aprendizaxe invertida.	20
4.4. Modelo, métodos e metodoloxía na clase invertida.	23
4.4.1. Sete modelos de clase invertida.	25
4.4.2. Os diferentes papeis na clase invertida.	27
4.4.3. Vantaxes e inconvenientes da clase invertida.	29
4.4.4. Experiencias coa clase invertida.	31
5. Descrición metodolóxica.	33
5.1. Programación e unidade didáctica.	33
5.2. Descrición da unidade didáctica de reaccións ácido-base.	36
5.2.1. Obxectivos.	37
5.2.2. Competencias clave na unidade reaccións ácido-base.	38

5.3. Reformulación da unidade didáctica proposta.	38
5.3.1. Proposta de unidade didáctica baseada no modelo de clase invertida.	38
6. Análise e discusión dos resultados.	43
7. Conclusións e valoración crítica do traballo no proceso de formación do estudante.	46
8. Referencias bibliográficas.	48
Anexo I. Proposta de programación didáctica para a materia de Química de 2º de Bacharelato.	57
Anexo II. Proposta de secuenciación para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.	59
Anexo III. Proposta de temporalización para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.	61
Anexo IV. Vídeos para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.	63
Anexo V. Cuestionarios de auto-avaliación para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.	65
Anexo VI. Boletíns para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.	69
Anexo VII. Proposta de rúbrica para a avaliación da unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.	73
Anexo VIII. Proposta de proba de avaliación final para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.	75

1. Resumos.

1.1. Galego.

Na actualidade, búscanse modelos didácticos que ofrezan ao alumnado unha ensinanza personalizada e que lle permita acadar os procesos cognitivos máis elevados. Por iso, cada vez é maior o número de docentes que empregan modelos como o da clase invertida. Sen embargo, tanto o número de estudos como o acceso aos materiais didácticos son reducido.

Neste Traballo de Fin de Máster (TFM) preséntase unha proposta de intervención docente baseada no modelo de clase invertida, onde se reformula a actuación realizada durante o Prácticum II. Céntrase na unidade didáctica titulada *reaccións ácido-base*, que corresponde á materia de Química de 2º de Bacharelato.

Ademais de revisar o fundamento teórico e os antecedentes do modelo, nesta memoria anéxanse a programación didáctica elaborada para a materia, a secuenciación proposta para dita unidade e a rúbrica de avaliación do alumnado. Tamén se presentan tanto os materiais elaborados que o alumnado empregará “fóra da clase”, como exemplos resoltos de boletíns de exercicios que se traballarán “na aula” e a proba de avaliación final da unidade. Desta forma, tódolos materiais confeccionados neste traballo quedan a disposición de calquera docente que teña interese en empregalos para poñer en práctica o modelo de clase invertida na súa aula.

1.2. Castelán.

En la actualidad, se buscan modelos didácticos que ofrezcan al alumnado una enseñanza personalizada y que le permita alcanzar los procesos cognitivos más elevados. Por eso, cada vez es mayor el número de docentes que emplean modelos como el de la clase invertida. Sin embargo, tanto el número de estudios como el acceso a los materiales didácticos son reducidos.

En este Trabajo de Fin de Máster (TFM) se presenta una propuesta de intervención docente basada en el modelo de clase invertida, donde se reformula la actuación realizada durante el Prácticum II. Se centra en la unidad didáctica titulada *reacciones ácido-base*, que corresponde a la materia de Química de 2º de Bachillerato.

Además de revisar el fundamento teórico y los antecedentes del modelo, en esta memoria se adjuntan la programación didáctica elaborada para la materia, la secuenciación propuesta para dicha unidad y la rúbrica de evaluación del alumnado. También se presentan tanto los materiales elaborados que el alumnado empleará “fuera de la clase”, como ejemplos resueltos de boletines de ejercicios que se trabajarán “en el aula” y la prueba de evaluación

final de la unidad. De esta forma, todos los materiales confeccionados en este trabajo quedan a disposición de cualquier docente que tenga interés en emplearlos para poner en práctica el modelo de clase invertida en su aula.

1.3. Inglés.

Currently, didactic models that offer students a personalized teaching that allows them to achieve the highest cognitive processes are sought. Therefore, the number of teachers who use models such as the flipped classroom is increasing. However, both the number of studies and the access to teaching materials are limited.

In this Master's Thesis (TFM) a didactic intervention proposal based on the flipped classroom model is presented, where the action carried out during the Practicum II is reformulated. It focuses on the didactic unit entitled *acid-base reactions*, which corresponds to the Chemistry subject of 2nd of High School.

In addition to reviewing theoretical basis and background of the model, this report includes the didactic program developed for the subject, the proposed sequence for the unit and the student evaluation rubric. Elaborated materials that students will use "outside the classroom" are also presented, as well as solved examples of exercise bulletins that will be worked "in the classroom" plus the final evaluation test of the unit. In this way, all materials made for this work are available to any teacher who has an interest in using them to implement the flipped model in their classroom.

2. Palabras clave.

2.1. Galego.

Clase invertida, aprendizaxe semipresencial, proposta de intervención didáctica, recursos didácticos, química.

2.2. Castelán.

Clase invertida, aprendizaje semipresencial, propuesta de intervención didáctica, recursos didácticos, química.

2.3. Inglés.

Flipped classroom, blended learning, didactic intervention proposal, didactic resources, chemistry.

3. Introducción: xustificación do traballo e obxectivos.

Cada vez é maior o número de docentes que realizan experiencias onde poñen en práctica o modelo da **clase invertida** (termo que provén do inglés *flipped classroom*), popularizado mundialmente polos profesores de química do Woodland Park High School de Colorado Jonathan Bergmann e Aaron Sams, grazas á publicación do seu libro onde recolleron tódalas súas experiencias e ideas sobre este modelo (Bergmann e Sams, 2012).¹

A clase invertida consiste nun modelo pedagóxico que se basea en trasladar a instrución directa, eixo central dunha clase que segue a metodoloxía tradicional e que ocupa a maior parte do tempo da aula, fóra do horario da clase. Desta forma, o alumnado accede ao seu ritmo aos contidos seleccionados previamente polo profesorado, empregando distintos recursos multimedia. Isto permite liberar tempo da clase e dedicalo a realizar tarefas que permitan desenvolver procesos cognitivos máis complexos, como poden ser a resolución problemas ou o traballo colaborativo, aproveitando a presenza do profesorado na aula.

A posta en práctica da clase invertida posibilita pasar dun modelo ensimesmado no profesorado (que planifica, dirixe e focaliza o proceso de ensinanza-aprendizaxe) a outro enfoque que centra o proceso de aprendizaxe no alumnado e no que é posible realizar un seguimento máis personalizado a cada un. Isto permite ofrecer unha educación de calidade a todo o estudiantado, obxectivo que aparece no preámbulo da Lei orgánica 8/2013, de 9 de decembro, para a mellora da calidade educativa (Xefatura do Estado, 2013), coñecida habitualmente como LOMCE. De feito, xa a primeira frase do preámbulo I sitúa ao alumnado no centro da educación e dirixe a labor da aprendizaxe cara a formación de “persoas autónomas, críticas e con pensamento propio” (Xefatura do Estado, 2013, p. 97858). Estas directrices coinciden coa base construtivista que posúe o modelo da clase invertida, no cal o alumnado adquire un papel máis activo do que ten nunha educación que segue o modelo tradicional, responsabilizándose da súa propia aprendizaxe que, en vez de ser soamente memorística, será significativa e reflexiva. Seguindo a mesma liña argumental, no apartado IV do preámbulo de dita lei tamén se indica que “necesitamos propiciar as condicións que permitan o oportuno cambio metodolóxico, de forma que o alumnado sexa un elemento activo no proceso de aprendizaxe” (Xefatura do Estado, 2013, p. 97860), algo que se podería lograr ao substituír nas aulas o modelo educativo tradicional polo da clase invertida.

Outra das características que definen o modelo da clase invertida é o emprego das Tecnoloxías da Información e da Comunicación (TIC), e en xeral de tecnoloxías multimedia,

¹ Para a realización deste TFM utilizouse a tradución ao castelán deste libro: Bergmann, J. e Sams, A. (2017). Dale la vuelta a tu clase. Lleva tu clase a cada estudiante, en cualquier momento y cualquier lugar (cuarta edición, Fernández, Maia). Madrid: Fundación Santa María-Ediciones SM (2012).

como recursos para introducir os contidos de forma previa á clase. Por este motivo, a aula invertida clasifícase como un modelo tecno-educativo (Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez e Martínez Castillo, 2015). O emprego destas tecnoloxías permite redefinir os espazos educativos ao trasladar a instrución directa fóra da aula e dedicar o tempo dentro dela á realización de tarefas significativas. Coa incorporación das novas tecnoloxías ao proceso de ensinanza-aprendizaxe, a aula invertida incorpora outra das bases nas que se apoia o preámbulo da LOMCE, xa que no seu apartado XI indica que “a aprendizaxe personalizada e a súa universalización como grandes retos da transformación educativa, así como a satisfacción das aprendizaxes en competencias non cognitivas, a adquisición de actitudes e o aprender facendo, demandan o uso intensivo das tecnoloxías” (Xefatura do Estado, 2013, p. 97865).

Ao mesmo tempo, se se teñen en conta os obxectivos da educación secundaria obrigatoria (ESO) que aparecen no Decreto 86/2015, de 25 de xuño (2015) pode observarse que os apartados *d*, *e* e *g* do Artigo 10 fan referencia, respectivamente, a “desenvolver e consolidar hábitos de disciplina, estudo e traballo individual e en equipo” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25446), “adquirir unha preparación básica no campo das tecnoloxías, esencialmente as da información e a comunicación” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25446) e “desenvolver o espírito emprendedor e a confianza en si mesmo, a participación, o sentido crítico, a iniciativa persoal e a capacidade para aprender a aprender, planificar tomar decisións e asumir responsabilidades” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25446). Pola súa parte, no Decreto 86/2015, os apartados *g* e *m* do Artigo 26 remarcen que os obxectivos do bacharelato debe contribuír a desenvolver as capacidades do alumnado que lle permita “empregar con solvencia e responsabilidade as tecnoloxía da información e da comunicación” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25466) e “afianzar o espírito emprendedor con actitudes de creatividade, flexibilidade, iniciativa, traballo en equipo, confianza en un mesmo e sentido crítico” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25467). Todos estes obxectivos pódense acadar ao pór en práctica o modelo invertido na clase. Neste modelo, o alumnado revisará o material proporcionado polo profesorado empregando recursos tecnolóxicos fóra da aula, o que fomenta o traballo individual e a iniciativa persoal, deixando o traballo en equipo para realizar tarefas na propia aula.

Ademais, o modelo da clase invertida emprega diferentes métodos que seguen principios metodolóxicos que demanda o Decreto 86/2015 para a ESO no seu artigo 11, xa que permite aplicar unha metodoloxía que é “especialmente activa e participativa, favorecendo o traballo individual e cooperativo do alumnado” (Consellería de Cultura, Educación e

Ordenación Universitaria, 2015, p. 25448), á vez que promove “a integración e o uso das tecnoloxías da información e da comunicación na aula, como recurso metodolóxico eficaz para desenvolver as tarefas de ensinanza e aprendizaxe” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25448). Con respecto aos principios metodolóxicos referidos para o bacharelato, o Decreto 86/2015 no seu artigo 27 sinala que as metodoloxías deben ter en conta “os diferentes ritmos de aprendizaxe do alumnado e as súas características individuais e/ou estilos de aprendizaxe [...] favorecer a capacidade do alumnado para aprender por si mesmo, para traballar en equipo e promover o traballo en equipo” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25467), aspectos que xunto con favorecer “o pensamento autónomo, crítico e rigoroso” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25467) e o emprego das tecnoloxías da información e da comunicación como “ferramenta necesaria para a aprendizaxe en todas as materias” (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 25467) son características da metodoloxía que se emprega no enfoque pedagóxico da clase invertida.

Por estes motivos, parece que o modelo da clase invertida podería ser unha excelente opción a empregar polo profesorado na súa aula, xa que pon en práctica o principios metodolóxicos requiridos pola administración para alcanzar os obxectivos indicados na actual lei educativa.

Sen embargo, antes de empregar calquera modelo educativo nunha aula, é conveniente revisar a información que existe sobre o tema para coñecer as súas características, dificultades que implica a súa posta en práctica e a eficacia que pode ter.

Tras unha primeira revisión bibliográfica realizada a finais de febreiro de 2019, atopouse que nos últimos dez anos publicáronse 3.151 rexistros como, por exemplo, artigos, encontros, resumos ou libros, entre outros, nos que se citan os termos *clase invertida*, *aula invertida* ou *flipped classroom* (Web of Science, 2019 a). Sen embargo, a data de 1 de xuño de 2019, a cifra do número de publicacións aumentou ata chegar ás 3.335 (Web of Science, 2019 b). Nestas publicacións contabilízanse 10.537 citas totais (que se reducen a 3.428 se non se contan as citas propias), obténdose así un índice *h* de 43. Estes datos indican que se trata dun tema sobre o que existe interese en investigar na actualidade. Tal como se pode apreciar na Figura 1, o número de publicacións relacionadas coa clase invertida incrementouse de forma notable nos últimos anos, acadando o seu máximo, ata o momento, no 2017. Por outra banda, no ano 2018 acadouse o maior número de citacións dos correspondentes termos ata o de agora (Figura 1).

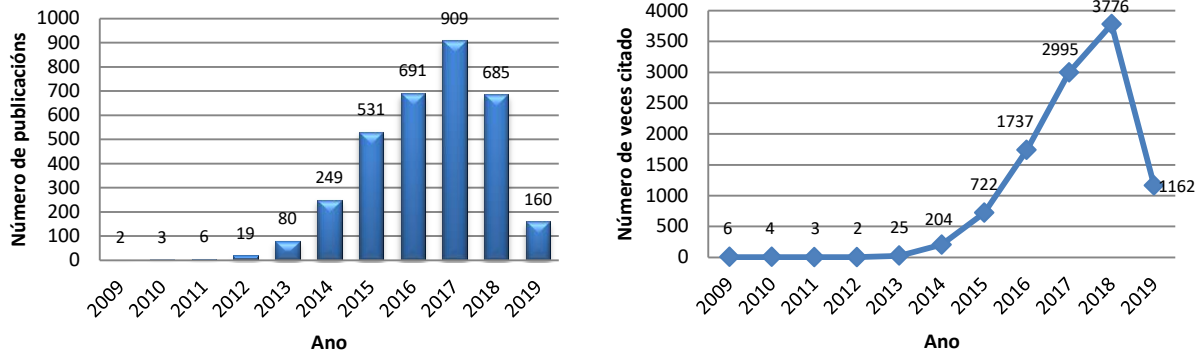


Figura 1. Número de publicacións nas que se cita o termo *clase invertida*, *aula invertida* ou *flipped classroom* por ano (esquerda) e número de veces citado o termo *clase invertida*, *aula invertida* ou *flipped classroom* por ano (dereita). Datos obtidos de Web of Science (2019 b).

Dos 3.335 artigos científicos nos que aparecen o tema da clase invertida, a área de investigación co maior número de rexistros é o da educación investigación educativa (2.485 artigos, 74,5%), seguida da ciencia da computación (711 artigos, 21,3%) e da enxeñaría (364 artigos, 10,9%) (Figura 2). Pola súa parte, a área da química aparece na décima posición (119 artigos, 3,6%), as matemáticas na vixésima (58 artigos, 1,7%) e a física como vixésimo terceira (39 rexistros, 1,2%) (Web of Science, 2019 c).



Figura 2. As vinte e cinco áreas de investigación con maior número de artigos nos que se citan os temas *clase invertida*, *aula invertida* ou *flipped classroom*. Datos obtidos de Web of Science (2019 c).

Á hora de profundar no contidos destes artigos, atópase que a maioría deles recollen experiencias ou posta en practica do modelo da clase invertida en niveis de ensinanza superiores, sobre todo universitarios, nunha gran variedade de disciplinas e cursos. Sen embargo, o número de artigos científicos (cun número de citacións importante) dedicados a experiencias con este modelo na educación secundaria obrigatoria (ESO) ou no bacharelato é escaso.

É certo que se poden atopar experiencias concretas que poñen en práctica o modelo da clase invertida en libros como o de Santiago, Díez e Andía (2017), no que relatan oito probas en educación infantil e primaria, dezaseis na ESO e bacharelato e nove na universidade, ou en páxinas web como a que coordinan os propios Raúl Santiago e Alicia Díez (<https://theflippedclassroom.es>), onde se recollen experiencias para educación infantil, primaria, secundaria, bacharelato e incluso educación superior. Tamén existen diferentes blogs, artigos de opinión ou canles de distintas redes sociais onde o profesorado comparte as súas prácticas ao empregar este modelo e nos que indica, entre outras cousas, a mellora no rendemento do alumnado ou os cambios actitudinais observados.

Robert Talbert (2018) chega a unha conclusión semellante tras facer unha revisión bibliográfica sobre a investigación na clase invertida ata o ano 2017. No artigo publicado na súa páxina web indica que a maior parte da literatura que hai ao respecto realizouna o profesorado (de forma individual ou en grupos pequenos de entre dous e catro membros normalmente) que emprega o modelo da clase invertida nas súas propias aulas, nas que recollen datos para informar despois dos resultados. Estas experiencias son interesantes porque son investigacións sobre a clase invertida feitas na propia aula. Sen embargo, tamén apunta que “normalmente os autores destes artigos non teñen a mellor formación para facer investigacións educativas e acaban introducindo erros metódicos no seu traballo que enturban os resultados” (Talbert, 2018).

Deste modo, parece que se percibe unha falta de investigacións rigorosas que permitan indicar a eficacia do modelo da clase invertida na educación, e en concreto para o sistema educativo español, xa que o número de datos cualitativos e cuantitativos dos que se dispoñen, se ben se están incrementando nos últimos anos, de momento son limitados.

Por todo isto, como obxectivos deste TFM establécense:

- Realizar unha proposta de intervención na aula de Química de 2º de Bacharelato baseada no modelo de clase invertida.
- Levar á práctica a proposta elaborada e avaliar o resultado a partir dos datos reais obtidos da mesma.

En base a isto, neste traballo, ademais da análise documental sobre o modelo da clase invertida realizada no fundamento teórico, tamén se presenta a descrición da proposta elaborada, que se acompaña dos Anexos I a VIII que complementan a súa explicación.²

² Nótase que, se ben o apartado 4. *Fundamento teórico*. pode parecer que posúe unha maior extensión que o apartado 5. *Descrición metodolóxica.*, para a análise deste último tamén se teñen que considerar os documentos e materiais que se inclúen nos Anexos I a VIII.

4. Fundamento teórico.

4.1. ¿Que é a clase invertida?

O termo aula, clase ou aprendizaxe *invertida* fai referencia ao troco que se produce en canto ao papel que ten o alumnado e as tarefas que realiza respecto a unha aula, clase ou aprendizaxe que sigue o modelo tradicional, onde o estudiantado adoita a escoitar as leccións maxistras do profesorado na aula e realizar os problemas e exercicios fóra desta (Alvarez, 2012).

No modelo invertido, a clásica explicación e transmisión de contido que adoita realizar o persoal docente na aula substitúese, normalmente, pola consulta por parte do alumnado de recursos audiovisuais elaborados ou recompilados polo profesorado con anterioridade (Figura 3). Esta consulta sóese realizar fóra do horario de clase e de forma previa á mesma. Deste modo, o horario de aula pódese destinar á realización de actividades que promovan o desenvolvemento de procesos cognitivos de maior complexidade, aproveitando a presenza do profesorado na aula, potenciando así aspectos que permitan alcanza unha aprendizaxe significativa³ e personalizada.

Autores como Maureen J. Lage, Glenn J. Platt e Michael Treglia (2000), Robert Talbert (2012) ou Keely Coufal⁴ (2014) fan fincapé na importancia do acceso e emprego da tecnoloxía multimedia por parte deste modelo, principalmente a través da gravación e distribución de vídeos en liña, grazas aos cales o alumnado entra en contacto cos contidos das materias, estando sempre a súa disposición para consultados cando e onde o desexen. A diferenza do emprego de estratexias como a lectura ou investigación sobre o tema antes da clase que soe ser máis habitualmente en materias das áreas das ciencias sociais, o elemento clave no modelo invertido é o emprego de vídeos, presentacións dixitais ou calquera outra tecnoloxía multimedia como recursos introdutorios dos temas, o que lle agrega así un elemento tecnolóxico e o converte nun modelo pedagóxico mediado por tecnoloxía ou tecno-educativo (Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez e Martínez Castillo, 2015).

³ Segundo David Ausubel, a aprendizaxe significativa é un tipo de aprendizaxe baseada en relacionar os coñecementos previos que ten o individuo cos novos que vai adquirindo, reaxustando e reconstruíndo ambos durante este proceso, o que a sitúa dentro da psicoloxía construtivista.

⁴ Autores como Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez e Martínez Castillo nos seus artigos de 2014 e 2015 tamén soen referirse á Tese de Doutoramento de Keely Coufal: Coufal, K. (2014). *Flipped learning instructional model: perceptions of video delivery to support engagement in eighth grade math*. Lamar University, Texas. Aquí faise referencia directamente aos comentarios, argumentos ou reflexións dos artigos indicados.

Proposta de intervención para Química de 2º de Bacharelato baseada na “clase invertida”



Figura 3. Comparación dunha xornada escolar típica do alumnado no modelo tradicional (arriba) e invertido (abaixo). Adaptada de ¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje invertido? (Revista de Educación y Cultura AZ, 2016).

Sen embargo, non hai que confundir ou simplificar a metodoloxía na que se basea a **clase invertida** (en inglés *flipped classroom*) co simple feito de empregar tutoriais multimedia explicativos de forma previa á clase tradicional, ou dicindo que o factor central do modelo é o emprego de vídeos. Tampouco se debe caer no tópicos que normalmente se pode atopar en referencias sobre a clase invertida nas que se simplifica a metodoloxía empregada ao indicar que se trata de facer o traballo da escola na casa e a tarefa na escola. Para evitar estes malentendidos, xurdiu a chamada Rede de Aprendizaxe Invertida (en inglés *Flipped Learning Network*, abreviada como FLN), organización sen ánimo de lucro formada por educadores e profesionais experimentados que pretende proporcionar ao profesorado o coñecemento, habilidades e recursos para poñer en práctica de forma favorable o enfoque de **aprendizaxe invertida** (en inglés *flipped learning*). Nos seus documentos, a FLN fai fincapé en que a aprendizaxe invertida supón un enfoque máis complexo, que permite ao profesorado poñer en funcionamento unha ou varias metodoloxías nas súas clases (Flipped Learning Network, 2014 a). Así, para evitárense confusións sobre o termo, a xunta directiva da FLN (formada por Aaron Sams, Jon Bergmann, Kristin Daniels, Brian Bennett, Helaine W. Marshall e Kari M. Arfstrom), co apoio de educadores con experiencia nesta práctica, estableceron a seguinte definición formal do termo:

A **aprendizaxe invertida** é un enfoque pedagóxico no que a instrución directa⁵ desprázase da dimensión da aprendizaxe grupal á dimensión de aprendizaxe individual, transformándose o espazo grupal restante nun ambiente de aprendizaxe dinámico interactivo no que o facilitador guía aos estudantes na aplicación dos conceptos e na súa implicación creativa co contido do curso (Flipped Learning Network, 2014 a, p. 1).

É dicir, cando se fala de *aprendizaxe* invertida faise referencia ao modelo pedagóxico no que se traslada a instrución directa fóra da aula, de maneira que o tempo presencial na clase emprégase para realizar actividades orientadas cara acadar unha aprendizaxe significativa e personalizada no alumnado (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2014). O mover fóra do horario da clase soamente a instrución básica permite que a aula se converta nun lugar dedicado tanto ao avance nos conceptos que o alumnado adquiriu previamente na súa casa, como á resolución de problemas ou á participar na aprendizaxe colaborativa (Prieto Espinosa, Prieto Campos e del Pino Prieto, 2016). Atendendo a estes autores, pódese dicir que:

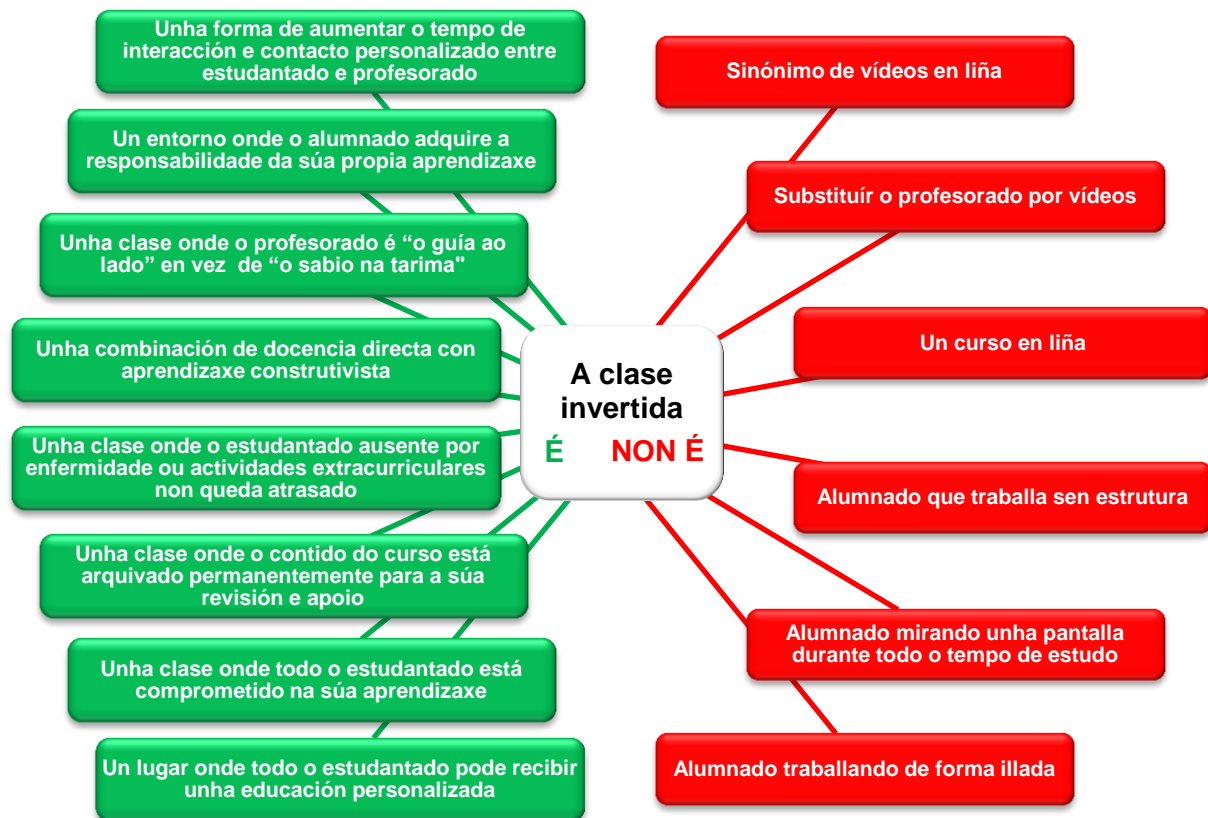
A **clase invertida** concíbese como un sistema de aprendizaxe no que os alumnos adquiren coñecementos en calquera lugar por medio de vídeos educativos, facendo posible así que o tempo na aula dedíquese á participación activa do estudante a través de actividades interactivas tales como resolución de dúbidas, formulación de problemas e debates baixo a supervisión do profesor (Prieto Espinosa, Prieto Campos e del Pino Prieto, 2016, p. 238).

Con frecuencia empréganse os termos aprendizaxe invertido e aula/clase invertida como sinónimos, facendo un uso indistinto de ambos, cando na realidade son conceptos diferentes. Tal como explica Kari M. Arfstrom (directora executiva fundadora da FLN), mentres que a *clase invertida* consiste en asignarlle ao estudiantado textos, vídeos ou contidos elaborados ou recompilados polo profesorado para que os revisen fóra da aula, antes da hora de clase, de forma que ao día seguinte lle podan pedir axuda coas dúbidas ao persoal docente (o cal non implica necesariamente un cambio na dinámica da clase e, por este motivo, pode producir ou non unha aprendizaxe invertida), a *aprendizaxe invertida* é un enfoque ou modelo pedagóxico que transforma a dinámica da instrución (tal como recolle a definición proporcionada pola FLN), e supón un cambio no enfoque da aprendizaxe, centrándoa no estudiantado, para o cal o profesorado debe crear un ambiente no que guiar ao alumnado mentres este aplica os conceptos e se involucra na súa propia aprendizaxe na mesma aula dunha forma activa (Arfstrom K. M., 2014).

⁵ A instrución directa (en inglés *direct instruction* e abreviado normalmente como DI) é un modelo de ensinanza creado por Siegfried Engelmann e Wesley Becker (National Institute for Direct Instruction, 2014). Fundaméntase en que se pode mellorar e acelerar a aprendizaxe a través de instrucións claras que eliminen as malas interpretacións. Neste modelo ao alumnado proporciónanselle leccións ben desenvoltas e coidadosamente planificadas, deseñadas ao redor de pequenos incrementos de aprendizaxe, onde as tarefas de ensinanza atópanse claramente definidas e prescritas.

4.1.1. Características da clase invertida.

Para ter unha idea máis clara do que realmente supón o modelo da clase invertida a través da cal se acadará unha aprendizaxe invertida, de forma que se completen as definicións anteriores, no Esquema 1 recóllese algunhas das características que, segundo Jonathan Bergmann, Jerry Overmyer e Brett Wilie (2011), definen o que realmente é ou non é unha verdadeira clase invertida.



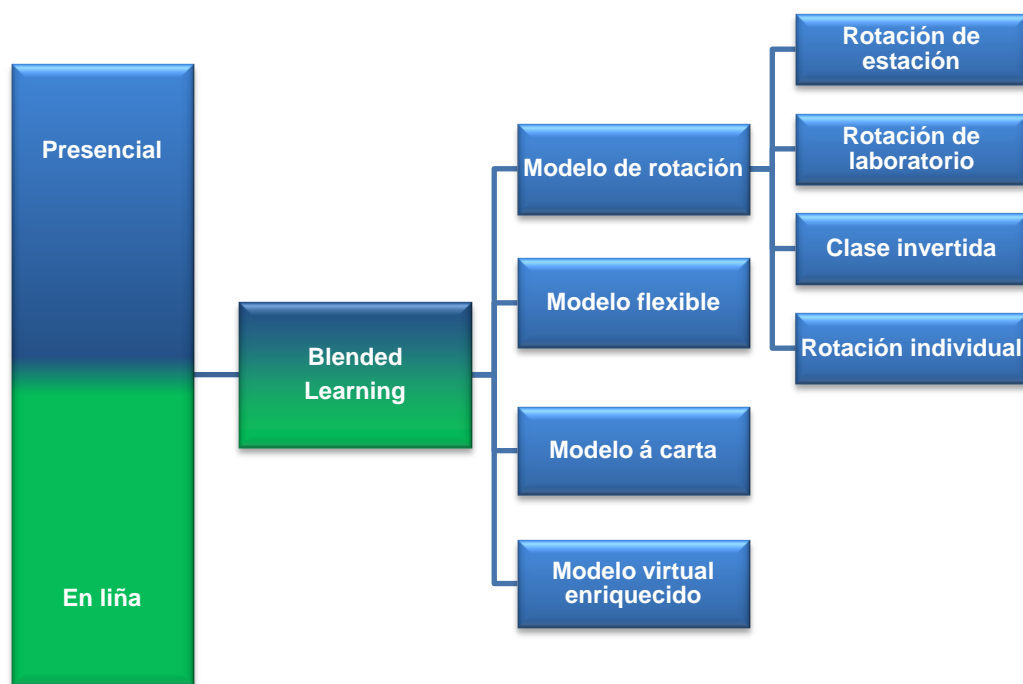
Esquema 1. Que é e que non é unha clase invertida. Adaptado de *The Flipped Class: What it is and What it is not* (Bergmann, Overmyer e Willie, 2011).

A través das características expostas, pódese observar que a aula invertida é un modelo centrado no alumnado, tal como se indicou no apartado anterior, que busca proporcionarlle unha educación personalizada, dotándoo de autonomía, responsabilidade e compromiso sobre a súa propia aprendizaxe, onde os recursos dixitais só son unha ferramenta útil para axudar o proceso e onde a labor do profesorado debe centrarse na preparación de ditos recursos e no apoio ao estudiantado, en vez da simple transmisión de información.

4.1.2. A clase invertida: unha aprendizaxe semipresencial.

A partires das definicións anteriores e das características expostas, é evidente que o modelo da clase invertida encádrase dentro da modalidade de **aprendizaxe semipresencial** ou **mixto**, concepto que provén do termo anglosaxón *Blended Learning* ou *B-Learning*. Tal como indica Dolores Alemany Martínez, esta aprendizaxe “posúe diferentes significados, pero o máis amplamente aceptado é entendelo como aquel deseño no que as tecnoloxías

de uso presencial (físico) e non presencial (virtual) combínanse co obxectivo de optimizar o proceso de aprendizaxe” (Alemany Martínez, 2007, p. 1). Así, no *Blended Learning* combínanse o traballo presencial na aula do alumnado co traballo en liña (xa sexa a través de internet como grazas a medios dixitais), de maneira que é o propio estudantado o que controla onde e cando realizar as tarefas. Desta maneira, a aprendizaxe semipresencial ou mixta emprega dúas estratexias, a presencial e a virtual, collendo en cada momento o mellor de cada unha. No Esquema 2 recóllense, segundo o *Clayton Christensen Institute for Disruptive Innovations*, os diferentes modelos de *Blended Learning* que existen (Christensen Institute):



Esquema 2. Modelos de aprendizaxe semipresencial, mixto ou *blended learning*.

O modelo da clase invertida enmárcase dentro do **modelo de rotación**, no cal o estudantado arrolla nun horario fixo, ou segundo o dispoña o profesorado, entre diferentes modalidades de aprendizaxe, onde polo menos unha de elas é a aprendizaxe en liña ou a distancia (non presencial). As actividades da clase orgánzanse no que chaman estacións de traballo e implican distintas tarefas como poden ser, por exemplo, traballo en equipo, individual, con tecnoloxía, con lapis e papel, entre outros. O alumnado, organizado en equipos, realiza unha tarefa durante certo tempo, transcorrido o cal, cambia de traballo. Neste modelo existe unha gran carga de traballo presencial en clase e algunhas tarefas realízanse fóra da aula, de maneira virtual. Dentro desta aprendizaxe semipresencial pódense diferenciar distintos submodelos como a **rotación de estación**, no cal cada membro do alumnado pasa por tódalas estacións de traballo existentes, a **rotación de laboratorio**, no que o alumnado alterna o traballo entre a aula habitual e a aula onde se

encontran os dispositivos electrónicos (como ordenadores ou tabletas electrónicas), que será o espazo onde o estudiantado realizará os traballos vinculados coa aprendizaxe en liña, a propia **clase invertida**, submodelo de rotación no que se lle proporciona ao estudiantado a parte informativa da clase, para que a revise en liña fóra do horario de clase, e posteriormente realiza as prácticas ou os proxectos na aula, de forma presencial, guiados polo profesorado, ou o de **rotación individual**, onde cada estudante ten tarefas particulares que poden ser diferentes ás dos outros, xa que o profesorado asigna as tarefas en función das necesidades personalizadas que considere para cada estudante.

Outro dos modelos de aprendizaxe semipresencial ou mixto é o **modelo flexible**, onde a característica principal é que as actividades en liña son a parte vertebradora da aprendizaxe do alumnado. O alumnado pódese mover entre as diferentes modalidades de aprendizaxe nun horario flexible individualmente personalizado, de modo que se mellora a súa aprendizaxe a partires das súas necesidades específicas, xa que cada estudante ten unha forma característica de organizar o seu proceso de aprendizaxe. O profesorado proporciona apoio e asesoramento segundo a necesidade de cada estudante, xa sexa a través da instrución en grupos pequenos, proxectos grupais ou titoría individual.

O **modelo á carta** consiste nun modelo semipresencial onde o alumnado escolle as materias do currículo que cursará de modo presencial e as que cursará nunha modalidade en liña. O profesorado asesora fundamentalmente ao alumnado en liña. Diferénciase dun aprendizaxe en liña a tempo completo xa que non se trata dunha práctica que implique a toda a experiencia escolar.

Por último, no **modelo virtual enriquecido** o alumnado ten algunhas titorías co profesorado de maneira presencial en días asignados, pero o resto do traballo realízano en liña, contando co apoio do seu profesorado de modo virtual. Moitos programas que seguen este modelo comezaron como escolas en liña a tempo completo e logo desenvolveron programas combinados para proporcionar ao estudiantado experiencias escolares.

É importante salientar as diferenzas que existen entre o modelo virtual enriquecido e o modelo de aula invertida. Mentres que no primeiro o alumnado non soe ter contacto cara a cara co profesorado tódolos días da semana, na aula invertida non se suprimen horas de clase presencial, senón que se mudan as tarefas a realizar nese horario, buscando que o profesorado aumente o trato personalizado co seu alumnado. Polo mesmo motivo, o modelo de aula invertida tamén se diferencia dos cursos totalmente en liña porque as sesións de aprendizaxe presenciais son máis que horas opcionais ou eventos sociais.

Outro dos matices que diferencia claramente o modelo de aprendizaxe invertida da educación en liña é que mentres o primeiro é semipresencial e o segundo é totalmente a

distancia. Sen embargo, nalgúñas ocasión relaciónanse ambos debido á confusión que xurde ao simplificar os conceptos e quedar soamente coa idea de que en ambos modelos empréganse recursos de forma virtual (documentos, audios, vídeos, ou calquera outro contido en formato dixital), algo que evidentemente é común a ambos modelos. Pero, mentres que no modelo a distancia ou en liña todo o proceso ocorre de forma remota, no modelo da clase invertida, ao tratarse dunha aprendizaxe semipresencial ou mixta como se indicou previamente, require da participación tanto dunha aprendizaxe a distancia, a través da cal o alumnado accede os contidos base fóra da clase, coma dunha aprendizaxe presencial, que estará guiada polo profesorado na propia aula e de maneira presencial, axudándolle a resolver dúbidas e profundar nos contidos ao alumnado, ao mesmo tempo que se produce unha aprendizaxe colaborativa co resto de compañeiras e compañeiros, situacións que non ocorren no modelo de aprendizaxe a distancia ou en liña.

4.2. Antecedentes do modelo.

Aínda que na última década este modelo experimentou un grade pulo grazas, sobre todo, ao interese que suscitou en moitas e moitos profesionais a aparición e difusión, principalmente a través de internet, de diferentes contidos relacionados coa clase invertida (vídeos, charlas, entrevistas, artigos ou libros), o certo é que se pode atopar que a aprendizaxe invertida ten as súas orixes en diferentes teorías e modelos pedagóxicos, entre os que destaca a aprendizaxe activa, aínda que tamén hai quen inclúe a instrución entre pares, a facilitación ou primado (do inglés *priming*) ou a formación previa (do inglés *pre-training*) entre outras (Hamdan, McKnight, McKnight e Arfstrom, 2013).

4.2.1. Evolución do modelo.

Antes de que aparecera o propio termo co que se coñece a día de hoxe, Alison King (Figura 4), profesora de educación do College of Education da California State University, publicou en 1993 o artigo *Do sabio no escenario a guía na beira* (titulado orixinalmente en inglés como *From Sage on the Stage to Guide on the Side*), no que incide na importancia de cambiar o sistema tradicional. En vez de seguir un modelo no cal o profesorado posúe todo o coñecemento que lle transmite ao estudantado, quen simplemente o memoriza e reproduce posteriormente nun exame sen nin sequera reparar nel, a profesora King propón outro sistema baseado na teoría construtivista da aprendizaxe, situando ao alumnado no centro do proceso, de forma que participe, reflexionando sobre os contidos, ao mesmo tempo que constrúe o seu propio significado (King, 1993). Deste modo,



Figura 4. Alison King.

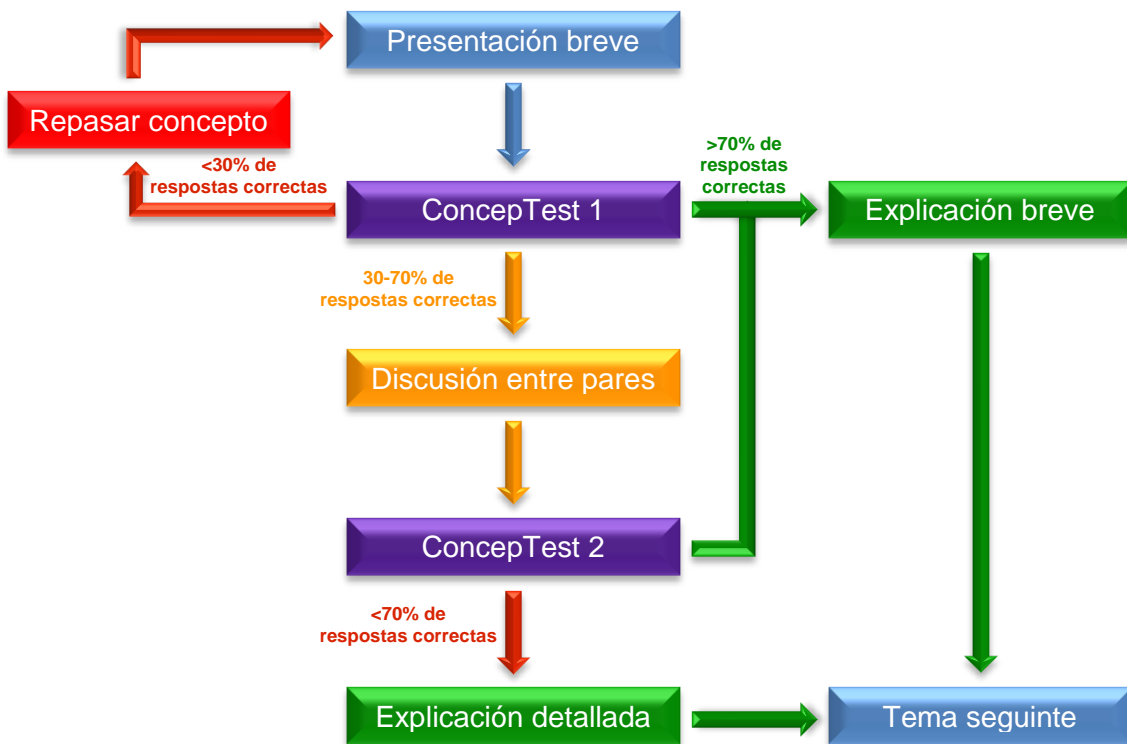
o profesorado debería ser “un facilitador que orquestra o contexto, proporciona recursos e fai preguntas para estimular aos estudantes a reflexionar sobre as súas propias respostas” (King, 1993, p. 30). Aínda que a idea de King non implica directamente acadar o concepto de inverter a clase, o feito de abandonar a transmisión de información tradicional e ir cara un modelo onde se busca a creación de espazos educativos que promovan unha aprendizaxe no alumnado que máis tarde se coñecería como **aprendizaxe activa**,⁶ soe considerarse como un punto de partida da inversión, ao que lle acompañaron diferentes exemplos deste tipo de actividades como, por exemplo, os estudos realizados tanto por K. Patricia Cross e Thomas A. Angelo dende 1988 (Cross e Angelo, 1988, e Angelo e Cross, 1993) ou por John C. Bean dende 1996 (Bean, 2001).



Figura 5. Eric Mazur.

En 1997, Eric Mazur (Figura 5), profesor de física e educador da Harvard University, publica o libro titulado *Instrucción entre pares: Manual del usuario* (titulado en inglés como *Peer instruction: A User's Manual*), onde describe o método da ensinanza interactiva que desenvolveu dende os anos 1990. Esta estratexia centrada no estudantado implica o traslado da transmisión de información fóra da aula para levar a cabo a súa asimilación dentro desta (Mazur, 1997). Así, na denominada **instrucción entre pares** (abreviada normalmente como PI polas siglas do seu termo en inglés *peer instruction*), búscase preparar ao estudantado para que sexa capaz de aprender fóra da clase, xa sexa a través de pre-lecturas ou coa técnica de ensinanza *xusto a tempo* (Novak, Patterson, Gavrin e Christian, 1999), para que despois, na clase, o profesorado involucre ao alumnado propóndolle as chamadas *ConceptTests*, que consisten en “breves cuestións conceptuais sobre o tema que se discute” (Mazur, 1997, p. 12). O profesorado elabora estas preguntas en función das dificultades que amose o alumnado á hora de aprender os contidos, buscando mellorar a súa comprensión sobre estes. O distintivo deste método é a consolidación dos contidos na aula a través de breves postas en común, debates ou discusións entre o alumnado no que denominan *discusión entre pares*. No Esquema 3 amósase un diagrama de fluxo que resume de forma visual o funcionamento da instrucción entre pares. En 2001 Catherin H. Crouch e Eric Mazur publicaron os resultados que obtiveron nas súas experiencias tras aplicar este método durante dez anos nas súas clases de Física (Crouch e Mazur, 2001).

⁶ A aprendizaxe activa, segundo *The Greenwood Dictionary of Education* de John William Collins e Nancy P. O'Brien, consiste nun proceso de ensinanza-aprendizaxe centrado no estudantado, no que se busca involucrar ao alumnado nunha actividade que lle faga reflexionar sobre as ideas e sobre a forma na que as emprega (Michael, 2016). Investigacións como, por exemplo, a de M. Prince (2004) ou a do propio J. Michael (2016) confirman que esta estratexia aumenta a aprendizaxe e realización do alumnado.



Esquema 3. Diagrama de fluxo do método instrución entre pares.

A instrución entre pares desenvolveu conceptos como os elementos interactivos que se empregan nestas clases e que son moi prácticos nunha clase invertida (Hamdan, McKnight, McKnight e Arfstrom, 2013). Isto fai que sexa unha das estratexias máis empregadas, xa que busca ensinar ao estudiantado a reflexionar sobre a súa aprendizaxe máis que a aprender a lección (Mazur, 1997).

4.2.2. Orixe e popularización do termo *Flipped Classroom*.

En 1998 Barbara E. Walvoord e Virginia Johnson Anderson (Figura 6), profesoras eméritas da University of Notre Dame e do departamento de ciencias biolóxicas da Towson University respectivamente, mencionan por primeira vez o modelo da clase invertida no seu libro *Clasificación eficaz: unha ferramenta para a aprendizaxe e avaliación* (titulado en inglés como *Effective grading: A tool for learning and assessment*), onde describen o emprego deste enfoque e a súa ampla aplicabilidade ao polo en funcionamento tanto en clases de Historia, de Física como de Bioloxía (Brame, 2013). A idea que propoñen é que, antes da clase, o alumnado teña dispoñible materiais cos conceptos básicos para facer un primeiro achegamento a estes (tendo que completar



Figura 6. Barbara E. Walvoord (esquerda) e Virginia Johnson Anderson (dereita).

diferentes tarefas como ensaios, problemas ou cuestionarios para preparar o traballo da clase), de modo que a continuación, xa na aula, o tempo se empregue en ampliar e reforzar os coñecementos que adquiriron (Walvoord e Anderson, 1998). É dicir, no seu modelo o estudantado aprende os contidos expositivos antes da clase para posteriormente, xa na aula, centrarse na parte de procesamento da aprendizaxe (Brame, 2013).



Figura 7. Glenn J. Platt.

O termo **a clase invertida** (*the inverted classroom* en inglés) aparece por primeira vez no ano 2000, cando Maureen J. Lage, Glenn J. Platt (Figura 7) e Michael Treglia, profesores da Miami University, publican un artigo onde describen o emprego dun modelo similar ao de Walvoord e Anderson nunha materia de Economía (Lage, Platt e Treglia, 2000). Os autores describen esta estratexia aludindo ao emprego de técnicas nas que o profesorado solicita un achegamento específico aos temas de maneira previa á clase, o que lles permite adaptarse

aos diferentes estilos de aprendizaxe, facendo fincapé no emprego da tecnoloxía multimedia por parte do alumnado (xa sexa a través de lecturas de libros de texto ou audio-libros, vídeos de conferencias, presentacións con voz ou diapositivas que se poden imprimir) como forma de acceder ao material de apoio fóra da aula e de maneira previa ao traballo nesta (Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez e Martínez Castillo, 2014). Isto fai que o modelo da aula invertida se considere que pertence aos modelos mediados pola tecnoloxía.

Sen embargo, é a partir do ano 2007 cando este modelo foi altamente popularizado grazas ao traballo realizado por Jonathan Bergmann e Aaron Sams (Figura 8), profesores de química do Woodland Park High School de Colorado. Estes profesores comezaron a gravar e distribuír por internet vídeos de presentacións de diapositivas dos contidos para que o alumnado que non puidera asistir ás súas

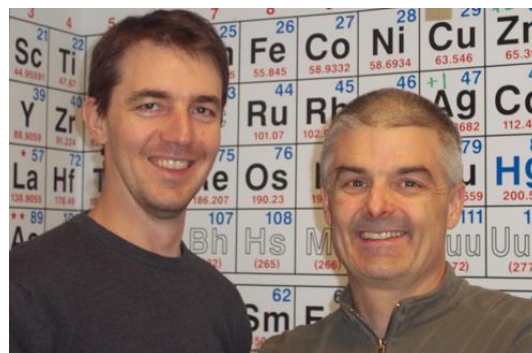


Figura 8. Aaron Sams (esquerda) e Jonathan Bergmann (dereita).

clases con regularidade ou faltara puntualmente a algunha tivera acceso ás súas leccións, evitando así ter que repetir as mesmas explicacións cando se reincorporasen. Ao pouco tempo, decatáronse que outros estudantes tamén consultaban estes vídeos. Isto fixo que que Bergmann e Sams decidiran comezar a dar charlas sobre o modelo da aula invertida a outros docentes, incrementando o número de vídeos de leccións dispoñibles en liña para a consulta do alumnado fóra da aula, o que permitía liberar o tempo da clase para dedicalo á revisión de conceptos e ao traballo en actividades de grupo. En 2012 recolleron tódalas súas

experiencias e ideas sobre este modelo no seu libro titulado *Dálle a volta a túa clase* (titulado orixinalmente en inglés como *Flip your classroom*), onde o denominan como o modelo da clase invertida (tradución do termo inglés orixinal ***Flipped Classroom Model***, abreviado normalmente como FCM) (Bergmann e Sams, 2012).

Sen embargo, mentres que Lage, Platt e Treglia (2000) realizaron unha revisión da literatura sobre as implicacións do estilo de aprendizaxe na aula para fundamentar a súa proposta, Bergmann e Sams (2012) iniciaron a súa sen unha base en teoría da educación ou unha investigación previa (Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez e Martínez Castillo, 2014). Por este motivo, durante a posta en práctica do seu modelo, Bergmann e Sams foron realizando modificacións no orixinal co fin de incluír os diferentes estilos de aprendizaxe do alumnado, fomentando ritmos de avance para cada estudante, de maneira que se personaliza o proceso, e promovendo habilidades que lle permitan a cada un dirixir e regular a súa propia aprendizaxe.

Debido a expansión que experimentou o modelo, sobre todo coa difusión de vídeos a través da plataforma YouTube, Bergmann e Sams crearon a principios de 2012, xunto con outros educadores e profesionais expertos neste modelo, a organización sen ánimo de lucro coñecida como Rede de Aprendizaxe Invertida ou *Flipped Learning Network* (véxase apartado 1.1 ¿Que é a clase invertida?), que conta con páxina web propia (<https://flippedlearning.org>) dende onde se pode acceder á definición oficial e características do modelo, boletíns informativos ou ás redes sociais nas que amosan contidos relacionados coa clase invertida. Segundo David Rath (2013), a FLN contaba con máis de 15.000 membros activos en 2012, repartidos en máis de cincuenta grupos temáticos, que empregaban o modelo da clase invertida e compartían as súas experiencias. Por outra parte, segundo Kari M. Arfstrom, en xullo de 2014 o número de integrantes xa superaba os 21.000 (Arfstrom K. M., s.d.).

A nivel español, existe o *Proyecto The Flipped Classroom*, coordinado por Raúl Santiago (profesor titular interino da Área de Didáctica e Organización Escolar na Universidad de La Rioja) e Alicia Díez (profesora de ensino primario do Colegio Miravalles e profesora asociada do departamento de Educación da Universidad de Navarra). Trátase dun proxecto que está aberto á participación de docentes e educadores de tódolos niveis de ensinanza que teñen interese na clase invertida e que empregan a súa páxina web (<https://www.theflippedclassroom.es>) para compartir información, experiencias, recursos e tecnoloxías útiles para poñer en práctica a clase invertida. Ademais, dende a web <https://learn.flglobal.org/collections> pódese acceder (previo pago da subscripción) á realización de diferentes cursos entre os que se atopan os *Cursos de Certificación en Flipped Learning* impartidos por J. Bergmann e R. Santiago, a través dos que buscan dar a

formación necesaria para evitar malas prácticas, o emprego de tecnoloxías inadecuadas ou unha mala execución do modelo da clase invertida (Flipped Learning Global Initiative). Coa superación destes cursos conséguense a correspondente acreditación de Nivel I ou II do *Programa Flipped Learning*, que indica que se acadou a formación necesaria para levar á práctica o modelo da clase invertida con garantías.

Por último, unha das persoas que contribuíu á gran difusión que experimentou o modelo da clase invertida nesta década foi Salman Khan (Figura 9). A finais de 2003 comezou a gravar vídeos para axudar ao seu curmán coas matemáticas pero, cando outros parentes e amigos tamén lle pediron axuda, trasladou os seus tutoriais ao espazo web YouTube. Deste xeito, en novembro de 2006 creou a canle que deu orixe á popular Khan Academy, onde se recolle una colección de diferentes leccións en vídeo que se empregan como parte da



Figura 9. Salman Khan.

estratexia de clase invertida. En 2011, dentro das charlas do *Technology Entertainment Design* (coñecidas normalmente como *TED talks*), Khan realizou a presentación titulada *Empreguemos o vídeo para reinventar a educación* (tradución ao galego do título orixinal en inglés *Let's use the video to reinvent education*), onde fala dos seus comezos no mundo da educación, do inicio da creación da súa organización e de diferentes experiencias en centros de EE.UU. (Khan, 2011), o que axudou notablemente a popularizar o modelo. Recentemente, o xurado do Premio Princesa de Asturias de Cooperación Internacional 2019 decidiu conceder este galardón a Salman Khan e a Khan Academy “pola consolidación dun formato orixinal e transformador que ofrece material educativo gratuíto, a través de internet, para tódalas idades, en calquera lugar do mundo” (Fundación Princesa de Asturias, 2019). Na mesma acta, o xurado destaca que “cunha visión pedagóxica innovadora, Salman Khan ideou un proxecto formativo complementario a partir do seu lema ‘só tes que saber unha cousa: podes aprender calquera cousa’.” (Fundación Princesa de Asturias, 2019).

A organización sen ánimo de lucro, ademais da páxina web (<https://www.khanacademy.org>), mantén a canle orixinal da plataforma YouTube que, na actualidade, conta cun número de subscritores por enriba dos 4,8 millóns e máis de 6.500 vídeos agrupados en diferentes listas de reprodución, que comprenden dende as matemáticas, a ciencia e enxeñería, a química, a bioloxía, as artes e humanidades, a economía e finanzas ou a computación, tendo un número de visualizacións que superan os 1.687 millóns (Khan Academy, 2006). Ademais, existen outras canles oficiais vinculadas á orixinal e que están dedicadas a áreas máis concretas como á medicina (<https://www.youtube.com/user/khanacademymedicine>), á química orgánica (<https://www.youtube.com/user/readyssetorgo>) ou incluso a canle da Khan

Academy en español (<https://www.youtube.com/user/KhanAcademyEspanol>), creada en 2009 e que na actualidade conta con máis de 287.000 subscritores e 7.000 vídeos (Khan Academy, 2009).

De forma similar, en 2012 xurdiu a plataforma *TED-Ed* (<https://ed.ted.com>), iniciativa xuvenil e educativa do TED, que busca “apoiar os profesores e provocar a curiosidade dos estudantes de todo o mundo” (TED). Esta plataforma está orientada tanto a axudar ao profesorado na creación de leccións en vídeos ou en animacións como á difusión das leccións elaboradas por expertos, dispoñibles tanto para o profesorado, as familias e o estudantado. Dende a súa páxina web indican que a rede global de TED-Ed conta con máis de 250.000 profesores (TED).

Chegados a este punto, é preciso remarcar que se ben as leccións de vídeo en liña como as da Khan Academy ou da TED-Ed son moi útiles no modelo invertido e se consideran uns dos principais aliados da clase invertida, o simple emprego destes vídeos como substitución das exposicións maxistras do profesorado non supón levar á práctica o modelo da clase invertida que logre unha aprendizaxe invertida. Incluso os propios Bergmann e Sams indicaron que parte deste erro de interpretación do modelo púidose orixinar polo énfase que puxeron ao comezo na creación de vídeos (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2014).

É certo que os materiais audiovisuais poden ter unha gran influencia e ser bos para comunicar información ou demostrar procedementos. Pero é preciso completar ese traballo que se realiza fóra da aula coa creación de espazos na propia clase que permitan cambiar o enfoque da aprendizaxe centrándoa no estudantado, realizando actividades dirixidas a desenvolver procesos cognitivos máis complexos que busquen que o alumnado consiga unha aprendizaxe significativa. Para iso, a FLN estableceu o que se coñece como as catro columnas da aprendizaxe.

4.3. As catro columnas da aprendizaxe invertida.

Como xa se comentou con anterioridade (véxase apartado 4.1 ¿Que é a clase invertida?), aínda que os termos *clase invertida* e *aprendizaxe invertida* están relacionados, dende a propia FLN advirten que inverter unha clase non implica necesariamente conseguir unha aprendizaxe invertida (Flipped Learning Network, 2014 a). É dicir, o único feito de que o profesorado pida ao seu alumnado que realice diferentes tarefas de maneira previa á súa clase (como a lectura de textos, o visionado de vídeos en liña con materiais adicionais ou a resolución de problemas), non é suficiente para que se logre unha aprendizaxe invertida.

Na actualidade, tal como indica o Observatorio de Innovación Educativa do Tecnológico de Monterrey “non existe unha única guía para poñer en funcionamento a aprendizaxe

invertida” (2014, p. 7). Por este motivo, dende a FLN definíronse o que chaman **as catro columnas da aprendizaxe invertida** ou **as catro columnas da F-L-I-P™** (do inglés *The Four pillars of flipped learning* ou *The Four pillars of F-L-I-P™*), sigla que se forma ao tomar a letra inicial do nome en inglés de cada unha das características que se deben cumprir para lograr unha verdadeira aprendizaxe invertida, e que a súa tradución ao galego significa voltear, virar, inverter (Figura 10).



Figura 10. As catro columnas da aprendizaxe invertida ou da F-L-I-P™. Adaptada de *The 2014 Extension of the 2013 Review of Flipped Learning* (Yarbro, Arfstrom, McKnight e McKnight, 2014).

Estas catro características téñense que incorporar a cada lección para acadar a aprendizaxe invertida nelas. Para iso, a FLN acompañañas de once indicadores que o profesorado debe ter en conta durante a posta en práctica do modelo invertido (Flipped Learning Network, 2014 b).

Flexible environment ou ambiente flexible. Trátase dunha das características fundamentais xa que, na clase invertida, a flexibilidade atópase en varias facetas. Por unha parte, existe unha flexibilidade respecto ao entorno físico onde ten lugar. O profesorado ou o facilitador ou facilitadora adapta ou redistribúe o espazo onde se produce a aprendizaxe, adecuándoo á sesión ou ao tema, de forma que se fomente o traballo colaborativo ou individual segundo toque, xa que o modelo da clase invertida implica diferentes estilos de aprendizaxe (Flipped Learning Network, 2014 b). Ademais da creación destes espazos, considérase flexible porque é o propio estudantado o que escolle cando e onde aprende, outorgándolles unha gran adaptabilidade ao proceso. Por outra banda, ademais da flexibilidade do propio entorno, ao inverter a clase as educadoras e educadores tamén asumen unha flexibilidade en canto as súas expectativas respecto os ritmos de aprendizaxe de cada estudante e da avaliación da súa aprendizaxe. As avaliacións deben ser apropiadas para medir o entendemento dunha maneira significativa tanto para o estudantado como para o profesorado (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2014). O profesorado que aplica este modelo pedagóxico ten que comprender que as clases serán máis caóticas e ruidosa en comparación coas clases tradicionais, ordenadas e silenciosas, onde o alumnado simplemente se dedica a escoitar a

lección. Segundo a FLN (Flipped Learning Network, 2014 b), para conseguir un verdadeiro ambiente flexible, o profesorado debe:

- Crear espazos e marcos temporais para que o estudantado poida interactuar e reflexionar sobre a súa aprendizaxe.
- Observar e seguir ao estudantado dun modo continuado, o que permitirá realizar axustes sempre e cando sexa preciso.
- Ofrecerlle ao estudantado distintas formas de aprender o contido e de demostrar o seu dominio.

Learning culture ou cultura de aprendizaxe. A aprendizaxe invertida centra a instrución no alumnado, a diferenza do modelo tradicional que está centrado no profesorado (fonte principal de información a través da instrución directa mediante leccións). Segundo a FLN (2014 a), no modelo invertido o estudantado participa de maneira activa na construción do coñecemento ao mesmo tempo que avalía e participa na súa propia aprendizaxe. Deste modo, faina significativa a nivel persoal. Unha das características deste modelo é que lle permite ao estudantado revisar os contidos sempre que queira e ao seu ritmo, fóra do horario da clase. Así conséguese liberar o tempo dedicado á instrución ao trasladala fóra da aula. Grazas a isto, o profesorado pode aproveitar este espazo temporal que aparece para profundar nos temas e crear experiencias de aprendizaxe máis ricas, propiciando interaccións entre o alumnado e comprobando que entenden os contidos. As indicacións que se dan ao profesorado dende a FLN para conseguir esta cultura de aprendizaxe son (Flipped Learning Network, 2014 b):

- Ofrecer ao estudantado diversas oportunidades de involucrarse en actividades significativas nas que o propio alumnado é a peza central, e non o profesorado.
- Dirixir as actividades como se se tratase dun guía ou mentor, facéndoas accesibles a todo o estudantado a través da diferenciación e a realimentación.

Intentional content ou contido dirixido. As educadoras ou educadores que empregan este modelo seleccionan os contidos que van a ensinar e os materias que o alumnado debe examinar de maneira autónoma antes da clase. Empregan contido dirixido ou intencional para poder aproveitar ao máximo o tempo efectivo de clase co que contan. O profesorado pode optar por diferentes métodos e estratexias de aprendizaxe activa centradas no alumnado, como poden ser a instrución entre pares, métodos de dominio ou a aprendizaxe baseada en problemas, en función da etapa educativa do alumnado ao que vai dirixido e a área académica na que se atopan. Deste xeito búscase axudar ao estudantado a desenvolver non só a comprensión conceptual senón tamén a fluidez dos procedementos. Para logralo, dende a FLN (2014 b), indícaselle ao profesorado que debe:

Proposta de intervención para Química de 2º de Bacharelato baseada na “clase invertida”

- Dar prioridade aos conceptos empregados na instrución directa para que sexan accesibles ao estudiantado por conta propia.
- Crear ou seleccionar contidos relevantes (normalmente vídeos) para o seu alumnado.
- Empregar a diferenciación para facer o contido accesible e relevante para todo o estudiantado.

Profesional educator ou facilitador/educador/docente profesional. No modelo de aprendizaxe invertida o profesorado deixa de ser o mero transmisor de coñecemento da aula tradicional para adquirir un papel máis esixente aínda que, visualmente, é menos destacado. Durante o tempo da clase, as educadoras e educadores deben observar dun modo continuo e próximo ao seu alumnado para poder darlles información relevante, guiándoo e asesorándoo nas súas tarefas, e avaliando o seu traballo de forma inmediata (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2014). Para a FLN (2014 b), esta tarefa implica unha reflexión constante por parte do profesorado sobre a súa propia práctica, relacionarse con outros docentes para mellorar a súa instrución, aceptando a crítica construtiva e tolerando a desorde controlada que pode aparecer nas clases invertidas. Para ser este docente profesional, o profesorado ten que:

- Estar a disposición do estudiantado para darlle realimentación individual ou grupal inmediata, segundo sexa solicitada.
- Levar a cabo avaliacións formativas durante o tempo de clase a través da observación e o rexistro de información para complementar a instrución.
- Colaborar e reflexionar con outras profesoras e profesores e asumir a responsabilidade da transformación da súa práctica docente.

4.4. Modelo, métodos e metodoloxía na clase invertida.

Aínda que xa se comentou con anterioridade, é importante remarcar que o modelo da clase/aprendizaxe invertida, como o seu nome e definición indican, é un modelo ou enfoque pedagóxico e non unha metodoloxía en si mesma, como ás veces se pode atopar en distintas referencias. Por iso, para evitar malentendidos, é conveniente diferenciar conceptos como modelo pedagóxico⁷ de método,⁸ metodoloxía,⁹ técnica¹⁰ e recurso didáctico.¹¹

⁷ Un modelo pedagóxico é unha representación teórica que se leva á práctica nun contexto concreto (Santiago, 2015 b). Trátase da forma que comprende o modo de desenvolver o proceso educativo, é dicir, unha construción científica que sustenta a realidade pedagóxica.

⁸ Un método didáctico ou de ensinanza “é a forma de poñer en práctica o modelo pedagóxico” (Equipo Pedagógico de Campuseducacion.com, 2018). O método integra os principios, as prácticas e as formas de avaliación, posibilitando o desenvolvemento da aprendizaxe no alumnado.

⁹ Unha metodoloxía didáctica é “o conxunto de estratexias, procedementos e accións organizadas e planificadas polo profesorado, de maneira consciente e reflexiva, coa finalidade de posibilitar a

O modelo da clase invertida ten a súa orixe na teoría do conflito cognitivo de Jean Piaget, da que toma os principios do construtivismo e da aprendizaxe colaborativa, e do concepto da zona do desenvolvemento próximo de Lev Vygotsky, do que xurde a aprendizaxe cooperativa (Santiago, 2016). Trátase dun modelo que considera que as explicación teóricas se poden dar na casa grazas aos medios tecnolóxicos, de forma que o tempo que se libera da clase debe dedicarse a tarefas nas que ao alumnado sexa o protagonista e realice unha aprendizaxe activa mediante, por exemplo, resolución de problemas ou traballos colaborativos.

No caso do modelo da clase invertida, como se trata dun enfoque que sitúa ao alumnado no centro da aprendizaxe, pódense empregar diferentes métodos didácticos propios das metodoloxías de aprendizaxe indutivas,¹² como por exemplo, a aprendizaxe baseada en retos (do inglés *Challenge-Based Learning*, abreviada como CBL), a aprendizaxe cooperativa (do inglés *cooperative learning*, abreviada CpL), ou a aprendizaxe colaborativa (do inglés *collaborative learning*, abreviada CoL), os métodos de aprendizaxe que seguen as Taxonomías de Gagné ou Bloom, a aprendizaxe dialóxica (do inglés *dialogic learning*, abreviada DL), a aprendizaxe baseada no descubrimento (do inglés *Discovery-Based Learning*, abreviada como DBL), a aprendizaxe baseada en proxectos (do inglés *Project-Based Learning*, abreviada como PBL), a ensinanza xusto a tempo (do inglés *Just-in-Time Teaching*, abreviada como JITT), a aprendizaxe social e emocional (do inglés *Social-Emotional Learning*, abreviada como SEL), a aprendizaxe baseada na resolución de problemas (do inglés *Problem-Based Learning*, abreviada como PrBL), a aprendizaxe integrada de contidos e linguas (do inglés *Content and language Integrated Learning*, abreviada como CLIL), a ensinanza en equipo (do inglés *Team Teaching*, abreviada como

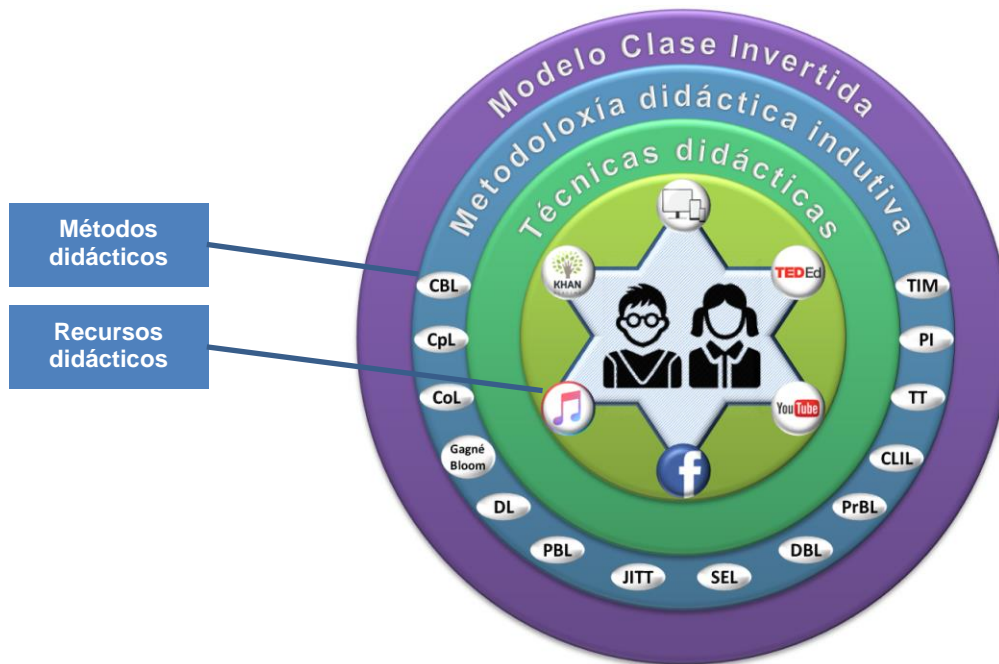
aprendizaxe do alumnado e o logro dos obxectivos propostos” (Equipo Pedagógico de Campuseducacion.com, 2018). A metodoloxía concreta o método escollido nun contexto determinado.

¹⁰ As técnicas ou estratexias didácticas son a forma última a través das cales se consegue o obxectivo didáctico. Representan a aplicación última do modelo didáctico, a través das cales se diseña, desenvolve e aplica unha actividade concreta nun determinado momento para lograr a consecución dun obxectivo específico. Existen diferentes clases de técnicas ou estratexias didácticas como poden ser as expositivas, as instrucionais, colaborativas, indutivas, dedutivas, de análise ou de avaliación, por exemplo (Santiago, ¿Modelo? ¿Enfoque? ¿Método? ¿Metodología? ¿Técnica? ¿Estrategia? ¿Recurso? ¿Cuándo debemos emplear cada uno de estos términos?, 2015 b).

¹¹ Os recursos didácticos son calquera elemento ou medio que se emprega para desenvolver unha técnica ou estratexia didáctica concreta.

¹² As metodoloxías de aprendizaxe indutivas consisten en pedir ao alumnado que realicen tarefas cos coñecementos antes de que llos explique o profesorado. Por medio de situacións concretas, o alumnado leva a cabo un proceso de indución a través do cal indaga e descubre os principios, conceptos, teorías e leis esenciais, logrando unha aprendizaxe significativa, máis permanente, onde o alumnado acada unha comprensión profunda, relacionada e aplicada dos coñecementos adquiridos, sendo capaz de aplicarlos e transferilos a situacións futuras (Prieto, Díaz e Santiago, 2014).

TT), a instrución entre pares (do inglés *Peer Instruction*, abreviada como PI) ou a matriz de integración da tecnoloxía (do inglés *Technology Integration Matrix*, abreviada como TIM) (Esquema 4).



Esquema 4. Clase invertida: modelo, métodos, metodoloxía, técnicas e recursos didácticos. Adaptado de *Flipped Classroom y metodoloxías innovadoras* (Santiago, 2014 b) e *¿Modelo? ¿Enfoque? ¿Método? ¿Metodoloxía? ¿Técnica? ¿Estrategia? ¿Recurso? ¿Cuándo debemos emplear cada uno de estos términos?* (Santiago, 2015 b).

Para levar a cabo estas metodoloxías, o profesorado emprega diferentes técnicas didácticas que pon en práctica coa axuda de recursos didácticos principalmente tecnolóxicos, como redes sociais, vídeos en liña ou podcast, aos que o alumnado actual está acostumado a acceder a través dos seus dispositivos electrónicos.

4.4.1. Sete modelos de clase invertida.

Tal como indica a primeira columna da aprendizaxe invertida, a flexibilidade e versatilidade son unha das principais características da clase invertida. Isto fai que non exista un único modo de poñer en práctica este modelo. Así, os dezaseis exemplos de aprendizaxe invertido que comenta no seu artigo Roger Riddell (2012), e que abarcan distintos niveis do sistema educativo (tanto en primaria como secundaria) e materias como, por exemplo, historia europea, matemáticas ou química, pódense clasificar en sete modelos principais de clase invertida (Esquema 5), nos que vai aumentando a complexidade e o desenvolvemento de competencias máis elevadas, tanto nos procesos de ensinanza como de aprendizaxe (Panopto, 2017).

Clase invertida estándar

- Na casa, o alumnado ten como tarefa ver vídeos ou ler materiais de temas relevantes que se tratarán na clase ao día seguinte.
- Durante a clase, o alumnado practica na aula o que aprendeu a través de tarefas escolares tradicionais e con atención personalizada do seu profesorado, quen comproba se adquiriu o coñecemento e corríxese se é necesario.

Clase invertida orientada ao debate

- O profesorado asigna vídeos ou lecturas relacionadas coa materia que se tratará na clase.
- O tempo de clase dedícase á discusión e exploración da materia a través de debates e reflexións.
- Modelo útil con alumnado a partir de 11-12 anos (dentro da etapa de operacións formais según Piaget) e en materias nas que o contexto é importante como, por exemplo, historia, arte ou lingua e literatura.

Clase invertida orientada á demostración/experimentación

- O profesorado grava a demostración da actividade en vídeo, de maneira que o estudiantado pode seguila ao seu ritmo, deténdoa e volvéndoa ver tantas veces como precise, a modo de referencia para apoiar, recordar e repetir a aprendizaxe.
- É especialmente útil en materias e temas que requiren que o alumnado lembre e repita exactamente as actividades, sendo capaz de volver a realizar o proceso na aula como, por exemplo, química, física ou matemáticas.

Clase invertida como aproximación ou falsa clase invertida

- O alumnado visiona os vídeos na mesma clase, dándolle a oportunidade de revisar os materiais ao seu ritmo e contando co profesorado como apoio para que lle resolva as súas dúbidas individualmente.
- É un modelo útil orientado ao estudiantado máis novo, que non sería capaz de realizar a tarefa na casa pola súa conta.

Clase invertida baseada en grupos

- O alumnado consulta os vídeos e outros recursos previamente, pero ao día seguinte, na clase, o alumnado traballa a tarefa asignada en grupos.
- Este formato motiva ao alumnado para aprender uns dos outros xa que, ademais de aprender as respostas correctas, tamén aprenden a explicar porqué o son ao resto de compañeiros e compañeras.

Clase invertida virtual

- Realízase seguindo a modalidade de aprendizaxe en liña, xa que se suprime o concepto de aula tradicional no desenvolvemento da aprendizaxe, entrega de tarefas e avaliación.
- O profesorado comparte o material a visualizar, asigna e recopila o traballo realizado polo estudiantado a través de sistemas en liña e simplemente solicita que o alumnado asista ás horas programadas para unha breve instrución individualizada en función das necesidades de cada caso.

Inverter ao profesor

- O alumnado participa no proceso de creación de vídeo para demostrar a competencia, experiencia ou destrezas de orde superior adquiridas.
- O alumnado pode gravar as actividades pondo en práctica xogos de rol ou presentando o novo tema para a clase, de forma que "ensina ao profesor" (*teach the teacher* en inglés) o que aprendeu.

Esquema 5. Sete modelos de clase invertida. Adaptado de *7 Unique Flipped Classroom Models – Which is Right for you?* (Panopto, 2017).

4.4.2. Os diferentes papeis na clase invertida.

Á hora de poñer en práctica o modelo da clase invertida hai que ter en conta o papel que deben xogar cada un dos actores que interveñen: o profesorado, o alumnado e as familias.

Neste modelo o profesorado deixa de ser un mero transmisor de coñecementos para converterse no guía a través do proceso educativo, nun facilitador da aprendizaxe que apoia e axuda ao alumnado ante as súas dúbidas e na resolución de problemas, ao que proporciona unha retroalimentación regular (Táboa 1). É o encargado de detectar o potencial do alumnado, tanto nas diferentes áreas curriculares como nas súas habilidades sociais e persoais (Garralón, 2017). Debe ensinar e aprender a pensar dunha maneira crítica e participativa, de forma que o alumnado chegue a ser autónomo e reflexivo. O profesorado debe fomentar o traballo en equipo, ensinándolle ao alumnado técnicas da aprendizaxe cooperativa e intentando que aprenda por descubrimento, xa que permite reforzar súas aprendizaxes significativas, axudándose da aprendizaxe baseada no pensamento para motivar o estudantado.

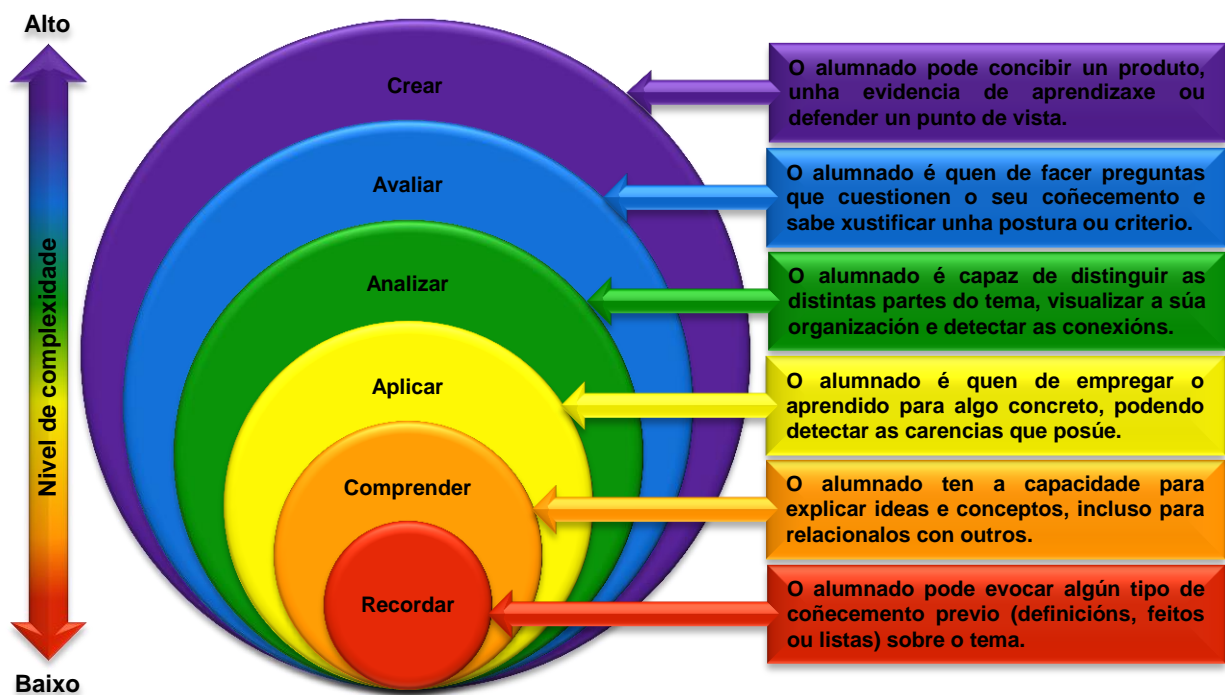
Táboa 1. Comparación do papel do profesorado e do alumnado na clase tradicional¹³ fronte a clase invertida. Adaptada de Santiago (2014 a) e Tourón, Santiago e Díez (2014).

	Clase tradicional		Clase invertida	
	Profesorado	Alumnado	Profesorado	Alumnado
Papel	Transmisor Sempre experto	Oínte Sempre aprendiz	Colaborador En ocasións aprendiz	Colaborador En ocasións experto
Antes da clase	Prepara a exposición	Le e realiza exercicios	Prepara actividades enriquecedoras	Completa un módulo de preguntas que recolle as súas respostas
Ao comezo da clase	Decide o que é importante e relevante	Ten pouca información sobre o que aprenderá	Pode anticipar onde terá dificultades o alumnado	Ten preguntas concretas na mente
Durante a clase	Dá a lección co material preparado	Trata de ir ao ritmo que marca o profesorado	Guía o proceso; axuda ao alumnado segundo o precise	Desenvolve competencias que se supón que ten que adquirir
Despois da clase	Supervisa e cualifica as tarefas do alumnado	Realiza tarefas pola súa conta; carece de recomendacións do profesorado	Realiza explicacións adicionais, proporciona máis recursos e revisa os traballos	Continúa aplicando os coñecementos; segue as recomendacións do profesorado
Horas de titoría	Normalmente repite o dito na clase	Require confirmación do traballo realizado	Segue guiando ao alumnado cara unha aprendizaxe máis profunda	Busca axuda para solucionar as áreas que considera máis febles

¹³ Aínda que podería ser máis apropiado empregar a expresión “clase convencional” ou “clase habitual” en vez de “clase tradicional”, respéctase a nomenclatura empregada polos autores á hora de contraponer ambos modelos educativos.

Pola súa parte, o alumnado sitúase no centro do proceso da aprendizaxe e adquire unha responsabilidade activa nesta. Isto permite deseñar itinerarios personalizados. Ao ter que traballar pola súa conta e antes da clase o material proporcionado polo profesorado, aumenta a súa autonomía. Tamén pode revisar os contidos tantas veces como o precise, de forma que establece o seu propio ritmo de aprendizaxe. Posteriormente, na aula, o alumnado deberá participar activamente nos exercicios prácticos e traballar en equipo, interactuando e axudándose mutuamente. Desta forma, o alumnado deixa de ser receptor dunha información que posteriormente xestiona na casa mentres realiza as tarefas, para converterse no protagonista da súa aprendizaxe a través da realización de actividades na clase coas que profunda nos coñecementos que adquiriu previamente na casa (Táboa 1).

Con este cambio de papeis que supón o paso dunha clase tradicional (baseada na instrución directa) á clase invertida (cimentada no construtivismo), pásase de centrar a actividade no profesorado a situar ao alumnado no foco. Ademais, en vez de poñer o énfase institucional nos feitos e na memorización búscase fomentar a realización de preguntas e a creatividade. A diferenza da clase tradicional, na clase invertida trabállase a transformación do coñecemento en feitos máis que na súa acumulación, de forma que prima a calidade da comprensión (avaliada a través de criterios e demostracións) máis que a cantidade retida (Tourón, Santiago e Díez, 2014). Por estes motivos, o modelo da clase invertida, a diferenza do modelo de ensinanza tradicional, permite alcanzar os niveis máis altos do proceso cognitivos que describe a taxonomía de Bloom revisada (Esquema 6), o que favorece acadar una aprendizaxe significativa e duradeira.



Esquema 6. Clasificación dos obxectivos do proceso educativo seguindo a Taxonomía de Bloom revisada por Lorin Anderson e David R. Krathwohl (2001).

No modelo tradicional, o tempo do profesorado na clase dedícase, principalmente, á transmisión de información ao alumnado. Desta forma, o estudantado centra a súa aprendizaxe no desenvolvemento de habilidades de pensamento de orde inferior (recordar, comprender e aplicar), de maneira que deberá alcanzar as habilidades de pensamento de orde superior (analizar, avaliar e crear) na casa, cando debe realizar tarefas que implican maior esforzo e dificultade, e sen contar co apoio do profesorado (Talbert, *Inverted classroom*, 2012). Sen embargo, ao trasladar as actividades de orde inferior para que o alumnado as realice na casa, o modelo invertido permite que se empregue o tempo de clase en traballar actividades que potencien niveis cognitivos superiores, de forma que se aproveite a presenza do profesorado na aula. Tal como indican Lorin Anderson e David R. Krathwohl (2001), as habilidades de pensamento superior pódense acadar a través de actividades como o visionado de vídeos, manter debates, explicar o aprendido ou ensinar a outros, xa que permiten desenvolver capacidades para analizar, avaliar e crear.

Por último, no modelo da clase invertida o papel das familias ten moita importancia, sobre todo cando o alumnado ten pouca idade. É preciso que as familias se preocupen e mostren interese na educación dos seus fillos e fillas, implicándose no modelo, para o cal, primeiro é preciso que o coñezan e estean informadas de como funcionan e sobre que tarefas ten que realizar o alumnado na casa.

4.4.3. Vantaxes e inconvenientes da clase invertida.

Como todo modelo pedagóxico, a clase invertida conta con vantaxes e inconvenientes defendidos por distintos autores, segundo tomen posturas a favor ou en contra.

Á hora de falar dos beneficios que aporta a clase invertida, sóese citar o debate moderado por Kelly Walsh (2013 a), onde profesores universitarios norteamericanos que adoptaron e investigaron o modelo puxeron en común as principais vantaxes, entre as que destacan conseguir unha maior implicación do estudantado no proceso de aprendizaxe, lograr unha aprendizaxe máis profunda e permitir a adaptación ao ritmo de cada estudante.

A nivel español, autores relevantes dentro do modelo destacan as mesmas vantaxes, facendo fincapé en que a clase invertida permite proporcionar unha aprendizaxe máis personalizada que siga o ritmo de cada estudante (Tourón, Santiago e Díez, 2014).

Autoras como Cristina Berenguer-Albaladejo (2016) consideran que coa realización de tarefas como a resolución de problemas ou debates na clase o alumnado participa de forma activa e corresponsabilízase da súa aprendizaxe, de forma que se consegue que incremente o seu compromiso no proceso. Tamén se soe indicar que a posibilidade que ten o alumnado para acceder ao material que facilita o profesorado onde e cando queira e, sobre todo, o feito de poder deter as explicacións ou volver a velas tantas veces como necesite, é o que

permite dicir que o modelo de clase invertida traslada o control do ritmo da aprendizaxe ao alumnado (Román González, 2013). Grazas a isto, o tempo que se libera na clase pódese empregar en realizar actividades dirixidas a alcanzar niveis máis altos dentro da taxonomía de Bloom, que promoven un pensamento de orde superior e que buscan a participación e colaboración do alumnado.

Os propios popularizadores da clase invertida tamén destacan que o emprego das novas tecnoloxías como ferramenta para transmitir os contidos axuda a que o alumnado actual se adapte ben a este modelo, xa que está acostumado a empregar internet e os recursos multimedia (Bergmann e Sams, 2012).

Outras das vantaxes que se soen indicar sobre este modelo son, entre outras, que “fomenta o pensamento crítico e analítico do alumno e a súa creatividade [...] mellora o ambiente na aula [...] fortalecendo desta forma tamén o traballo colaborativo e promovendo unha maior interacción alumno-profesor [...] involucra ás familias no proceso de aprendizaxe” (Berenguer-Albaladejo, 2016, p. 1469).

Pola outra banda, existen autores que mencionan diferentes inconvenientes e fan críticas respecto á aplicación do modelo da clase invertida nas aulas. En xeral, moitos coinciden en sinalar que os principais puntos en contra que ten o modelo son os que recolle Mike Acedo no seu artigo titulado *10 Pros And Cons Of A Flipped Classroom* (Acedo, 2019). Para este autor, entre os principais inconvenientes do modelo atópase a creación ou o aumento da división da clase entre o alumnado que ten acceso a dispositivos e conexión a internet na casa e o que non o ten (é dicir, a chamada fenda dixital), ser un modelo que depende en grande medida da preparación e confianza que se teña no alumnado (ao precisar da participación e implicación deste para ter éxito, xa que teñen que traballar previamente na casa os contidos facilitados, para que a clase resulte útil), implicar unha maior carga de traballo tanto para o profesorado antes e despois da clase (ao ter que crear ou buscar os recursos e xestionar os diferentes ritmos de aprendizaxe do estudiantado), non preparar ao alumnado directamente para as probas estandarizadas (xa que non se trata dun modelo de ensinanza deseñado para mellorar os resultados nesas probas) ou aumentar o tempo que o alumnado está fronte as pantallas en vez de relacionarse con outras persoas (Acedo, 2019).

Outros autores tamén engaden a estas críticas que poden aparecer problemas coas familias do alumnado que non estean de acordo co emprego deste modelo ou que ás veces soe precisar da colaboración de compañeiros e da dirección do centro (Santiago, 2015 a). Tamén hai quen indica que “non todo o alumnado ten a mesma capacidade para aprender de forma autónoma a través de vídeos ou podcast” (Berenguer-Albaladejo, 2016, p. 1470).

De todas formas, o feito de sinalar os principais inconvenientes que presenta a clase invertida permite buscar solucións que axuden a adaptar o modelo ao contexto concreto no que se queira empregar. Así, por exemplo, se existise a posibilidade de crear unha fenda dixital entre o alumnado, poderíanse buscar alternativas como entregar o material nun dispositivo externo que podían levar para a súa casa (como CDs, DVDs ou USBs). Os problemas coas familias pódense atallar mediante a descrición das vantaxes do modelo, a información periódica e a implicación no proceso. Por outra banda, aínda que a clase invertida non prepara o alumnado para as probas tradicionais, si que lle axuda a desenvolver as súas capacidades cognitivas superiores, o que é máis beneficioso para a súa aprendizaxe. Ademais, o profesorado dende a aula pode axudar e guiar a aquel alumnado que teña máis dificultades.

Pero, o certo é que o maior risco que presenta o modelo débese a que a eficacia deste xa non depende tanto do traballo realizado polo profesorado como do grao de implicación do estudantado. Sen embargo, isto non é exclusivo do modelo da clase invertida, senón que aparece en todo modelo de aprendizaxe centrado no alumnado, ao que se lle cede gran parte da responsabilidade do proceso. É evidente a preocupación que existe en relación a este aspecto, sobre todo cando non se ten costume de traballar desta forma. Por este motivo, sería conveniente introducir o modelo de clase invertida de forma paulatina e, de ser posible, dende idades temperás, para que o alumnado aprenda a adquirir a responsabilidade e a autonomía necesaria de forma progresiva, asegurando así un maior éxito do modelo.

4.4.4. Experiencias coa clase invertida.

Existen diferentes estudos que amosan a utilidade do modelo pedagóxico da clase invertida para mellorar o rendemento e a adquisición de destrezas por parte do alumnado (Berenguer-Albaladejo, 2016). Ademais, tal como recolle Antonio J. Calvillo na súa tese doutoral (2014), aínda que os estudos rigorosos son escasos, as investigacións que existen apoian a eficacia dos elementos clave do modelo, que axudan a que o alumnado se implique máis na súa aprendizaxe.

A primeira referencia que soe aparecer na literatura sobre unha experiencia con éxito na que se aplicou o modelo de clase invertida é a que se levou a cabo no ano 2010 no Clintondale High School (Michigan), onde puxeron en práctica o modelo e reduciron a taxa de fracaso en tódalas áreas nas que o empregaron.¹⁴ Ademais, permitiulles integrar as novas tecnoloxías ou proporcionar servizos educativos cando está ausente o alumnado ou o profesorado, motivos que os levaron a aplicar o modelo a todo o centro (Clintondale High School, 2012).

¹⁴ “Reducimos a tasa de fracaso nun 33% en artes lingüísticas en inglés, un 31% en matemáticas, un 22% en ciencias e un 19% en estudos sociais nun só trimestres” (Clintondale High School, 2012).

Entre as investigacións cos resultados máis destacados sóense citar tanto o traballo de Bergmann e Sams (2012), co que comezou a popularización do modelo, como o traballo de Walsh (2013 b), que recolle experiencias levadas a cabo en tres universidades norteamericanas nas que se proporcionan evidencias empíricas sobre a mellora dos resultados da aprendizaxe ao empregar o modelo de clase invertida,¹⁵ ou o de Szoka (2013), que realizou unha investigación nun centro de secundaria do rural americano para comparar a efectividade do modelo de descarga de leccións co de clase invertida en cursos de matemáticas (Álgebra II e Trigonometría), observando unha mellora nas notas do alumnado. Sen embargo, no artigo de Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez e Martínez Castillo (2014), no que recompilan diferentes estudos realizados entre 2012 e 2014 onde se empregou o modelo de clase invertida, principalmente en estudos superiores (só un dos oito estudos analizados se realizou nun centro de secundaria de Hong Kong), indican que se ben existe unha ampla aceptación do modelo na educación estadounidense, non se aprecia unha gran mellora respecto á aula tradicional máis alá de acadar unha maior satisfacción no alumnado. Consideran que isto pode deberse a que ou non se aplicaron correctamente os principios do modelo ou a que é preciso un período de estudo máis prolongado para poder avaliar a influencia que ten a clase invertida en tódalas partes implicadas (non só o alumnado, tamén o profesorado, as familias ou os centros) e nos diferentes niveis educativos. Para obter bos resultados nunha experiencia onde se aplique o modelo de aula invertida, consideran que é fundamental que o profesorado realice unha boa estruturación e planificación, na que se coide o acceso ao material de apoio dentro e fóra da aula, ademais de realizar actividades que permitan verificar a adquisición dos coñecementos.

Fóra dos Estados Unidos, destaca a Shireland Collegiate Academy, centro de secundaria do Reino Unido que se considera un dos once centros máis innovadores do mundo e onde se está a empregar o modelo de clase invertida nas súas aulas (Berenguer-Albaladejo, 2016).

A primeira experiencia da que se ten referencia en España na que se aplicou o modelo de clase invertida na ESO realizouse no Colegio San Ignacio de San Sebastián no curso 2012/13 (Hidalgo, 2013). Tratouse dun programa piloto que contou coa colaboración da Fundación Bankinter Innovación e da Universidad de Deusto no que se empregaron por

¹⁵ No curso de Enxeñaría electrónica e circuítos da San José State University, onde o 40% do alumnado recibira unha nota de suficiente ou inferior no semestre anterior, o alumnado do grupo da clase invertida obtivo entre 10 e 11 puntos máis que o alumnado do grupo que seguía a estratexia tradicional (The Chronicle of Higher Education, 2012); na clase de Física da Vanderbilt University o alumnado do grupo que seguiu o modelo da clase invertida obtivo uns 33 puntos de media por enriba do grupo control (Deslauriers, Schelew e Wieman, 2011); no curso de Sistemas e sociedade ambientais da Montana State University observouse un aumento de 3 puntos de media nas avaliacións (respecto a parte do curso no que non se empregou este modelo) e unha diminución do estrés do estudiantado (Marlowe, 2012).

primeira vez no Estado recursos da Khan Academy con resultados preliminares positivos. A estas experiencias seguiron outras como a do Colegio San Gabriel, onde comezaron o seu proxecto no curso 2014/2015 (Santiago, 2014 c), ou as que reúnen Santiago, Díez e Andía, no seu libro (2017), tanto en educación infantil, secundaria como universitaria.

A nivel galego, pódese destacar ao profesor de Matemáticas e Ciencias do Carballiño Juan Sanmartín (Villar, 2018). Ademais da súa páxina web (<http://www.juansanmartin.net>), ten unha canle de YouTube (<https://www.youtube.com/user/maraxoan>) con máis de 300 vídeos que superan as 875.000 visualizacións e máis de 80 presentacións en SlideShare (<https://www.slideshare.net/xoansanmartin#>) onde supera as 200.000 visualizacións.

Na actualidade, cada vez é maior o número de canles de docentes, en diferentes plataformas, onde se poden atopar leccións en vídeo de distintas materias e niveis. Así, recentemente, o portal Educación 3.0 recolleu as “50 canles con vídeos educativos en YouTube” (Educación 3.0, 2018), onde seleccionou aquelas que teñen leccións en vídeo para repasar distintas materias (como matemáticas, física e química, lingua ou educación sexual entre outras) dos diferentes niveis educativos.¹⁶

5. Descrición metodolóxica.

Para este traballo realizouse unha proposta de intervención que segue o modelo de clase invertida estándar (ver apartado 4.4.1. Sete modelos de clase invertida.). Esta comprende unha unidade didáctica da materia de Química de 2º de Bacharelato. Como a intervención docente desenvólta durante o Prácticum II tivo que axustarse a unha metodoloxía baseada na instrución directa por motivos que se concretarán máis adiante (ver apartado 6. Análise e discusión dos resultados.), a proposta baseada no modelo invertido que se presenta serve como alternativa e posible reformulación da actuación realizada. Para axustarse á extensión requirida neste TFM, os documentos e materiais elaborados que se comentarán de aquí en diante axúntanse nos Anexos I a VIII.

5.1. Programación e unidade didáctica.

Tanto a proposta de programación didáctica como de unidade didáctica que se inclúen neste traballo (ver Anexo I e Anexo II) sitúanse dentro do marco legal de referencia, tanto estatal como autonómico (Táboa 2). Tal como indica o currículo da materia de Química do 2º curso de Bacharelato que aparece no Decreto 86/2015, a materia de química “debe contribuír a afondar no coñecemento do mundo que rodea ao alumnado, á familiarización coa actividade científica e tecnolóxica, e ao desenvolvemento das competencias clave” (Consellería de

¹⁶ Se ben estas canles non constitúen por si mesmas unha experiencia de clase invertida, serían útiles para empregar como material introdutorio a consultar fóra da clase polo alumnado.

Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015, p. 26386). Hai que ter en conta que esta materia ten un carácter formal moi marcado e está dirixido a ampliar os contidos adquiridos en 1º de Bacharelato, seguindo un enfoque máis académico e provendo ao estudantado das capacidades específicas propias desta materia.

Táboa 2. Marco legal Estatal e Autonómico no que se encadra a proposta de programación didáctica.

Marco Legal Estatal	Marco Legal Autonómico
Real Decreto 310/2016, do 29 de xullo, polo que se regulan as avaliacións finais de educación secundaria obrigatoria e de bacharelato (Ministerio de Educación, Cultura e Deporte, 2016).	Decreto 86/2015, do 25 de xuño, polo que se establece o currículo da educación secundaria obrigatoria e do bacharelato na Comunidade Autónoma de Galicia (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015).
Real Decreto 665/2015, de 17 de xullo, polo que se desenvolven determinadas disposicións relativas ao exercicio da docencia na educación secundaria obrigatoria, no bacharelato, na formación profesional e nas ensinanzas de réxime especial, á formación inicial do profesorado e ás especialidades dos corpos docentes de ensino secundario (Ministerio de Educación, Cultura e Deporte, 2015).	Decreto 79/2010, do 20 de maio, para o plurilingüismo no ensino non universitario de Galicia (Consellería de Educación e Ordenación Universitaria, 2010).
Orde ECD/65/2015, do 21 de xaneiro, pola que se describen as relacións entre as competencias, os contidos e os criterios de avaliación da educación primaria, a educación secundaria obrigatoria e o bacharelato (Ministerio de Educación, Cultura e Deporte, 2015).	
Lei Orgánica 8/2013, de 9 de decembro, para a mellora da calidade educativa (Xefatura do Estado, 2013). (LOMCE).	
Lei Orgánica 2/2006, do 3 de maio, de educación (Xefatura do Estado, 2006). (LOE).	

Segundo o currículo da materia (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015), esta estrutúrase en catro bloques con tódolos elementos curriculares relacionados entre eles:

- Bloque 1: A actividade científica. Constitúe o eixe metodolóxico da área e é o bloque vertebrador da materia. Traballárase de xeito simultáneo en cada bloque.
- Bloque 2: Orixe e evolución dos compoñentes do Universo. Trata os diferentes modelos da estrutura atómica dos elementos e a repercusión nas propiedades periódicas destes.
- Bloque 3: Reaccións químicas. Aborda tanto os aspectos dinámicos (cinética) como os estáticos (equilibrio químico) das reaccións químicas así como as reaccións de precipitación, as reaccións ácido-base e as reaccións de oxidación-redución.
- Bloque 4: Síntese orgánica e novos materiais. Trata contidos de química orgánica como son o estudo dalgunhas funcións orgánicas e os polímeros.

Segundo a LOMCE (Xefatura do Estado, 2013) e o artigo 3 do Decreto 86/2015 (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015), tódalas áreas e materias do currículo teñen como obxectivo o desenvolvemento das chamadas **competencias clave** do alumnado, que son: Competencia en comunicación lingüística (CCL), Competencia matemática e competencias básicas en ciencia e tecnoloxía (CMCCT), Competencia dixital (CD), Competencia aprender a aprender (CAA), Competencias sociais e cívicas (CSC), Competencia do sentido de iniciativa e espírito emprendedor (CSIEE) e Competencia da conciencia e expresións culturais (CCEC).

Nesta materia, as competencias fundamentais son as CMCCT, xa que son, con diferenza, as que máis se mencionan no currículo. O alumnado desenvolveraa a través, por exemplo, da aplicación de estratexias que lles permita definir e resolver problemas, do deseño de pequenas investigacións, da elaboración de solución ou da análise dos resultados. O resto de competencias tamén se traballarán, aínda que cunha menor presenza. Así, o alumnado desenvolverá as CSC grazas a que na materia de Química realiza traballos de laboratorio, que son ideais para fomentar actitudes de cooperación, de solidariedade e respecto cara ás opinións dos demais. O coñecemento científico tamén forma parte da cultura cidadá, sensibilizándoos ante os posibles riscos da ciencia e da tecnoloxía, e permitíndolles formarse unha opinión crítica, fundamentada en feitos e datos reais, sobre o avance científico e tecnolóxico. Por outra banda, tamén se desenvolve a CAA grazas á adquisición dos coñecementos científicos desta materia, que teñen un marcado carácter instrumental. O emprego de modelos teóricos fomenta no alumnado a imaxinación, a análise, a observación, a iniciativa, a creatividade e o espírito crítico, favorecendo así unha aprendizaxe autónoma. Ademais, o alumno adquire progresivamente a capacidade de relacionar os contidos aprendidos en cursos anteriores co que se abordará no actual. A materia de Química tamén contribúe ao desenvolvemento da CCL a través do emprego dunha terminoloxía formal, de maneira que o alumnado incorpora esta linguaxe ao seu vocabulario, ou a través da comunicación dos resultados de investigación. Por último, a CD está presente basicamente no primeiro bloque da materia (Bloque 1. Actividade científica), onde procura fomentar a capacidade de buscar, seleccionar e empregar a información que aparece en medios dixitais. O emprego das tecnoloxías da información e da comunicación son un recurso útil no campo da química que contribúe a mostrar unha visión actualizada da actividade científica.

Dos catro bloques nos que se divide a materia de Química en 2º de Bacharelato, a unidade didáctica proposta corresponde ao Bloque 3: Reaccións químicas. Trátase do bloque máis extenso do currículo desta materia e poderíase dividir á súa vez en catro unidades: A cinética química, O equilibrio químico, Reaccións ácido-base e Reaccións de oxidación-redución. De todas elas, a proposta elaborada abordará as reaccións ácido-base.

5.2. Descrición da unidade didáctica de reaccións ácido-base.

A unidade comeza co estudo das propiedades fenomenolóxicas dos ácido e das bases para, a continuación, introducir as principais teorías que definen estas substancias. Recordarase a teoría de Arrhenius e logo mencionaranse casos como o do amoníaco ou o do ión amonio para os cales esta teoría non pode xustificar o seu carácter ácido ou base. Deste xeito introdúcese a necesidade de buscar unha teoría nova e máis completa. Así chegarase á teoría de Brønsted-Lowry que tamén introduce o concepto de par ácido-base conxugada (e, por analoxía, o par base-ácido conxugado) e o concepto de anfótero.

Entre as principais substancias anfóteras atópase a auga, de forma que se aproveitará para explicar a reacción de autoionización da auga, a dedución do produto iónico da auga (K_w) e a definición de disolucións ácidas, neutras e básicas en función da concentración dos ións oxonio¹⁷ ou da concentración dos ións hidroxilos. Neste punto, introduciranse os conceptos de pH e, por analoxía, o de pOH, familiarizando ao alumnado con estas escalas e relacionando as concentracións dos ións oxonio e hidroxilo co pH e pOH e co carácter ácido, neutro e básico dunha disolucións. Ademais, deducirase a relación que existe entre pH e pOH a partires do produto iónico da auga introducido previamente.

Para abordar a forza relativa de ácidos e bases deduciranse as respectivas constantes de acidez (K_a) ou basicidade (K_b) e tamén se introducirá o concepto de grao de ionización ou de disociación (α). Os razoamentos para determinar a forza relativa faranse en base a ditas constantes e tamén permitirá a introdución do concepto de ácidos e bases polipróticas. Acto seguido, abordarase o cálculo do pH dunha disolución dun ácido forte, dunha base forte, dun ácido feble ou dunha base feble. Para isto, analizaranse problemas numéricos que se tratarán como casos particulares dos problemas de equilibrio químico estudados na unidade anterior. Estes exercicios resolveranse tanto cualitativamente como cuantitativamente, prestando atención a aquelas situacións que permitan realizar simplificacións nos cálculos.

A continuación introducirase o concepto de hidrólise e amosarase, de forma cualitativa, como afecta ao pH a disolución dos catro tipo de sales. Despois analizarase de forma cualitativa como afecta o efecto do ión común ás reaccións ácido-base, como afecta o pH á solubilidade, que son as disolucións reguladoras de pH e cal é o seu mecanismo de actuación. Tamén se mencionarán brevemente as diferentes formas de medir o pH dunha disolución. Para rematar a unidade, veranse as volumetrías de neutralización ácido-base, tanto a través da resolución de problemas teóricos como mediante a realización dunha práctica de laboratorio.

¹⁷ Os ións hidróxeno ou protóns (H^+) non existen como tales en disolucións acuosas. Atópanse hidratados, é dicir, asociados a una molécula de auga formando o ión oxonio (H_3O^+). Polo tanto, na unidade, unha vez introducida esta aclaración, empregarase o concepto oxonio en vez de protón.

5.2.1. Obxectivos.

Obxectivos xerais de bacharelato.

Os obxectivos xerais da etapa de bacharelato recóllense no artigo 26 do Decreto 86/2015 (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015). A proposta de unidade didáctica elaborada pretende contribuír a que o alumnado consiga:

- Acceder aos coñecementos científicos e tecnolóxicos fundamentais, e dominar as habilidades básicas propias da modalidade elixida.
- Comprender os elementos e os procedementos fundamentais da investigación e dos métodos científicos. Coñecer e valorar de forma crítica a contribución da ciencia e da tecnoloxía ao cambio das condicións de vida, así como afianzar a sensibilidade e o respecto cara o medio ambiente e a ordenación sostible do territorio, con especial referencia ao territorio galego.

Obxectivos didácticos da unidade reaccións ácido-base.

A proposta de unidade didáctica pretende acadar os seguintes obxectivos didácticos:

- a) Coñecer os conceptos de ácido e bases segundo as principais teorías, especialmente as de Arrhenius e Brønsted-Lowry, considerando as limitacións de cada unha delas.
- b) Comprender e manexar o concepto de par ácido-base conxugada.
- c) Identificar a auga como unha substancia anfótera e coñecer o equilibrio iónico desta.
- d) Coñecer e empregar con soltura os conceptos de pH e pOH e determinar se unha disolución é ácida, neutra ou básica en función dos seus valores.
- e) Determinar a constante de acidez (K_a) e a constante de basicidade (K_b).
- f) Avaliar cualitativamente e cuantitativamente a fortaleza dos ácidos e das bases.
- g) Determinar cuantitativamente o pH dunha disolución dun ácido ou dunha base, forte ou feble, empregando a constante de acidez, a constante de basicidade e/ou o grao de disociación ou ionización (α).
- h) Coñecer o concepto de hidrólise e analizar cualitativamente o comportamento ácido-base das catro clases de sales diferentes.
- i) Estudiar o efecto dunha substancia que aporte un ión común no comportamento dun ácido feble, dunha base feble e das disintas clases de sales.
- k) Recoñecer unha disolución reguladora de pH, comprender o seu funcionamento e entender a súa importancia biolóxica e industrial.
- l) Coñecer o funcionamento dos indicadores e medidores de pH.
- m) Determinar a concentración dun ácido ou dunha base mediante a realización dunha volumetría, tanto de forma teórica coma experimental, e indicar os pasos a seguir no laboratorio. Xustificar o pH da disolucións resultante no punto de equivalencia.

5.2.2. Competencias clave na unidade reaccións ácido-base.

As reacción de equilibrio ácido-base tratadas nesta unidade son unha das clases de reaccións máis importantes, xa que están presentes tanto a nivel industrial como doméstico. O desenvolvemento desta unidade está dirixido a que o alumnado mellore principalmente as súas CMCCT e CAA. Ademais, a través da valoración e xustificación das implicacións das reaccións ácido-base que teñen lugar, o alumnado tamén traballará a CCL. Como consecuencia, o alumnado adquirirá unha maior capacidade para tomar decisión sobre o seu entorno, de maneira que, indirectamente, desenvolverá tamén a CSC e a CSIEE.

5.3. Reformulación da unidade didáctica proposta.

A proposta de intervención que se presenta neste TFM serve como alternativa da actuación levada a cabo na materia de Química de 2º de Bacharelato durante o Prácticum II. Se ben esta realizouse seguindo unha instrución directa clásica (de acordo ao indicado no centro), permitiu un primeiro achegamento á labor docente nun instituto e curso indicado. Como dita actuación xa foi obxecto de análise na correspondente *Memoria do Prácticum II* (González Fernández, 2019), para este traballo elaborouse unha reformulación da intervención en base ao modelo de clase invertida estándar, sendo de axuda a experiencia adquirida no centro.

A unidade reaccións ácido-base posúe unhas características que fan dela unha boa candidata para empregar o modelo invertido. Consta de conceptos teóricos introdutorios, adecuados para que o alumnado se aproxime á materia pola súa conta, de maneira previa e fóra da clase. Por outra parte, posúe tanto cuestións que buscan o razoamento e xustificación das respostas, así como exercicios numéricos prácticos onde, ademais de aplicar os conceptos teóricos, deben empregar as estratexias adecuadas en cada caso para resolvelos. Estas cuestións e exercicios son excelentes para traballar nas sesións presenciais de aula no modelo de clase invertida estándar. Así mesmo, son as preguntas típicas que aparecen deste tema no exame de acceso á universidade. Non hai que esquecer que o alumnado que cursa a materia de Química en 2º de Bacharelato, ademais de adquirir os coñecementos e competencias precisas para superar a materia, tamén se prepara para realizar as probas da Avaliación do Bacharelato para o Acceso á Universidade (ABAU). Por estes motivos, é importante que tamén traballen a súa capacidade de aprender a aprender, collan autonomía e se corresponsabilicen da súa formación.

5.3.1. Proposta de unidade didáctica baseada no modelo de clase invertida.

Á hora de describir o procedemento a empregar hai que diferenciar dúas zonas de actuación: fóra da clase e na clase. As actividades a realizar polo alumnado na casa débense adecuar ao seu nivel, xa que as ten que traballar pola súa conta. Por outra banda, aquelas actividades que sexan máis complexas deixaranse para a aula, xa que é aí onde o

estudiantado contará coa axuda e guía do profesorado. Ademais, estas deberían procurar que acaden os procesos cognitivos de nivel superior da taxonomía de Bloom. En base a isto, elaborouse a proposta de temporalización da unidade didáctica de reaccións ácido-base para a materia de Química de 2º de Bacharelato, así como as actividades a realizar polo alumnado, tanto fóra da aula como nas sesións presenciais (ver Anexo III). Para a confección dos exemplos empregados nos materiais a traballar fóra da clase, así coma das actividades a resolver na aula, tomouse como referencia tanto á sección 6. *Reacciones ácido-base* do libro de texto empregado polo alumnado do centro de prácticas titulado *Inicia Dual Química 2º Bachillerato* (Vidal Fernández e Peña Tresancos, 2016), o *Tema 6. Equilibrios ácido-base* do libro *Química. Segundo Curso de Bacharelato* (Domínguez Real, 2001) e as cuestións e exercicios do tema ácido-base da materia de Química que apareceron nas Probas de Aptitude para o Acceso á Universidade (PAAU) entre 2001 e 2009 (Comisión Interuniversitaria de Galicia), nas Probas de Acceso á Universidade (PAU) dende 2010 ata 2016 (Comisión Interuniversitaria de Galicia) e nas ABAU das convocatorias de 2017 e 2018 (Comisión Interuniversitaria de Galicia). Desta forma, incrementase a cantidade de actividades a realizar, ao mesmo tempo que o alumnado practica a resolución de cuestións e exercicios similares aos que se atopará nas probas da ABAU.

A proposta de unidade didáctica comeza coa explicación do modelo de clase invertida ao alumnado nunha sesión inicial (sesión 0).¹⁸ Sería recomendable que o alumnado coñecese o funcionamento e a temporalización da mesma antes de iniciar, así como un calendario coas tarefas que teñen que facer de maneira previa a cada unha das sesións. A parte diso, o número de sesión establecido nesta proposta (ver Anexo III) é igual ao número de sesións da intervención realizada durante o Prácticum II (González Fernández, 2019). Sen embargo, a liberación do tempo dedicado á introdución dos conceptos teóricos no modelo invertido respecto ao modelo convencional, permitirá a resolución dun maior número de actividades na aula, ao tempo que o profesorado resolverá as dúbidas. Así, contidos como, por exemplo, o da “Forza relativa dos ácidos e das bases” (no que se introducen conceptos que serán empregados no resto do tema) pódese traballar con máis detalle ao darlle unha sesión enteira (a diferenza do ocorrido durante a intervención efectuada). Pola mesma razón, na temporalización proposta sepáranse o “Estudo cualitativo das disolucións reguladoras de pH” e “Indicadores de medidores de pH” (sesión 7) das “Volumetrías ácido-base” (sesión 8). Tras ver os resultados obtidos polo alumnado na proba de avaliación final que realizaron, concluíuse que, aínda que se trata dos contidos de menor extensión da unidade, son demasiados para abordalos nunha única sesión (González Fernández, 2019). Por este motivo, nesta proposta sepáranse en dúas xornadas (ver Anexo III).

¹⁸ A sesión introdutoria realizaríase ao inicio do curso de empregar o modelo en toda a materia.

Otra vantaxe da temporalización proposta e que, grazas ao maior tempo que se pode destinar á resolución de cuestións e problemas durante estas sesións presenciais, non sería preciso realizar sesións dedicadas exclusivamente á resolución de exercicios, xa que será algo que se traballará na clase cada día. De todas formas, mantense unha última xornada (sesión 10) por se é preciso facer unha recapitulación de todo o tratado durante a unidade e para resolver dúbidas ou aquelas actividades que non dera tempo.

A continuación, comentaranse as actividades a realizar en cada parte da proposta.

Actividades a realizar fóra da clase.

Para este traballo elaboráronse os materiais audiovisuais que o alumnado empregará fóra da clase, así como as tarefas de auto-avaliación que completará unha vez visionado os vídeos correspondentes. Para tal fin, abriuse a canle de YouTube titulada *Chem my mind* (<https://www.youtube.com/channel/UCKqPwk-mdw0nE66wjBq8yiq>) (Figura 11), que contén a lista de reprodución titulada *Reaccións ácido-base* cos vídeo creados para este TFM (https://www.youtube.com/playlist?list=PLwi8JRPfJOMW0RZ246IL8yOmxs2Std_R). Na descrición de cada vídeo indícase o enlace que conduce ao cuestionario de auto-avaliación pertinente. O listado de vídeos xunto con esta información recóllense no Anexo IV.

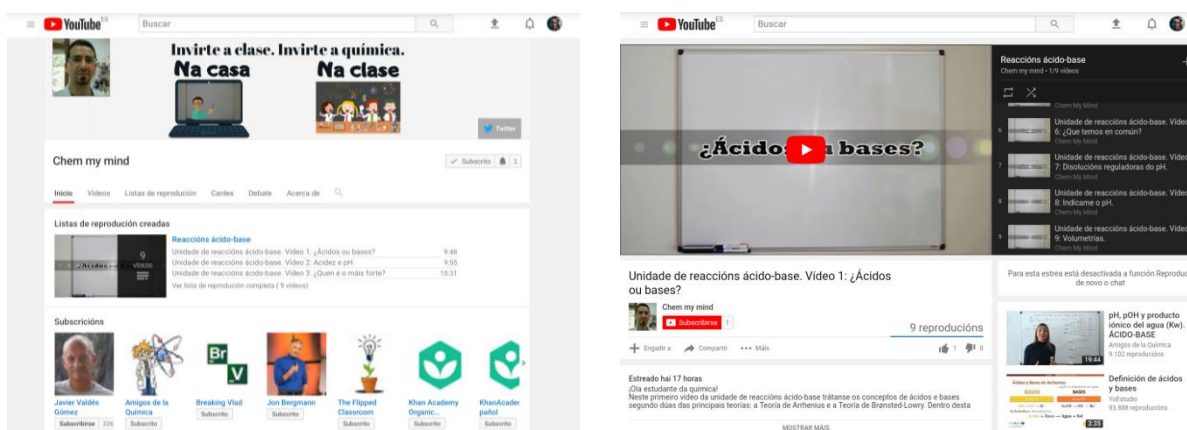


Figura 11. Captura de pantalla da canle *Chem my mind* (esquerda) e da lista de reprodución *Reaccións ácido-base* (dereita) na plataforma YouTube.

Para a creación dos vídeo analizáronse o currículo da materia (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015) e os contidos recollidos na proposta de secuenciación da unidade (ver Anexo II). Desta forma, concretáronse cales eran susceptibles de achegar ao alumnado fóra da clase. O feito de realizar previamente a intervención docente no instituto tamén axudou neste fin. Na elaboración dos vídeos tívose en conta que a duración non debería supor moito tempo de visionado para o alumnado e tentouse que non superasen os dez minutos. Na edición preliminar empregouse o programa gratuito *Movie Maker* de Windows e para as correccións na imaxe e son a versión de proba gratuita *HitFilm Express 12* de FXHOME (<https://fxhome.com/hitfilm-express>).

Por outra banda, os cuestionarios de auto-avaliación que debe completar o alumnado ao finalizar cada vídeo abordan os principais aspectos tratados e tampouco deben ser extensos. Estímase que o tempo medio de realización destas actividades ronda os cinco minutos. Deste xeito, o tempo total que o alumnado lle debe dedicar a ambas tarefas previas ás correspondentes sesións non debería superara os quince minutos de duración. Os cuestionarios elaboráronse coa ferramenta gratuíta de creación de formularios de Google (<https://www.google.com/intl/ql/forms/about/>). Ademais de estar dispoñibles en liña a partir dos enlaces pertinentes, no Anexo V tamén se axunta a transcripción duns exemplos para facilitala súa consulta. Estas actividades céntranse en cuestións de razoamento máis que na resolución de exercicios numéricos, xa que estes se traballarán nas sesións presenciais. Ao comezo da cada cuestionario o alumnado debe introducir a súa dirección de correo electrónico (Figura 12 esquerda). Isto permitiralle ao profesorado coñecer antes de cada clase quen realizou a tarefa e cales foron as estatísticas dos resultados obtidos, tanto individuais como grupais (Figura 12 centro). Deste modo, saberá que aspectos teóricos son precisos reforzar e poderá proporcionar unha atención personalizada ao alumnado durante a sesión. Pola outra banda, cada estudante visualizará o resultado obtido ao finalizar cada un dos cuestionarios. Estes irán acompañados dunha breve explicación no caso de contestar correctamente, de maneira que reforce a aprendizaxe,¹⁹ ou dunha explicación máis extensa naqueles casos onde responderan de forma incorrecta (Figura 12 dereita).



Figura 12. Capturas de pantalla do cuestionario de auto-avaliación 8 (esquerda), dos posibles datos que tería o profesorado (centro) e dos resultados que vería un hipotético estudante (dereita).

¹⁹ Tamén se inclúe a explicación por se o cuestionario cubriuse ao azar.

Será importante remarcarlle ao alumnado que os resultados que obteñan nestes cuestionarios non determinará a súa nota final da unidade nin da materia, senón que forma parte do proceso de aprendizaxe. Como xa se comentou, a finalidade destes é coñecer antes do inicio da correspondente sesión presencial se comprenderon os contidos tratados a través dos vídeos. Isto permitirá proporcionar unha atención máis personalizada ao alumnado na clase, ao mesmo tempo que este profunda nos coñecementos adquiridos.

Actividades a realizar na clase.

O traballo na aula é outra das partes fundamentais do modelo de clase invertida, xa que a través das tarefas a realizar na clase débense potenciar os niveis cognitivos superiores.

Á falta de coñecementos e experiencia na posta en práctica dalgún dos distintos métodos didácticos propios das metodoloxías de aprendizaxe inductivas que se soen empregar no modelo invertido (ver apartado 4.4. Modelo, métodos e metodoloxía na clase invertida.) fai que, dos modelos que se describiron con anterioridade (ver apartado 4.4.1. Sete modelos de clase invertida.), as actividades propostas neste apartado conduzan a aplicar un modelo de clase invertida estándar. Desta forma, durante as sesións, o alumnado practicará na aula o que aprendeu nos vídeos a través de tarefas escolares tradicionais. Pola súa parte, o profesorado proporcionará unha atención personalizada e comprobará se o alumnado adquiriu o coñecemento e competencias desexadas, corrixindo no caso de ser necesario.

Así, de entre tódalas opcións, poderíase recorrer á aprendizaxe cooperativa, á aprendizaxe colaborativa, ou á aprendizaxe baseada na resolución de problemas. Pensando neste último caso, as posibles actividades a realizar na aula recóllense na proposta de temporalización das sesións e baséanse na resolucións de cuestións e exercicios típicos da unidade (Anexo III). Como alternativa, tamén se propoñen os boletín elaborados e que se recollen no Anexo VI. Estes comezan cun esquema dos conceptos teóricos clave e recompilan os problemas máis comúns que, sobre o tema de reaccións ácido-base, apareceron tanto nas probas das PAAU entre 2001 e 2009 (Comisión Interuniversitaria de Galicia), nas PAU dende 2010 ata 2016 (Comisión Interuniversitaria de Galicia) e nas ABAU das convocatorias de 2017 e 2018 (Comisión Interuniversitaria de Galicia). As actividades propostas para esta parte poderíanse resolver na clase individualmente ou por parellas, xa que esta dinámica soe favorecer a aprendizaxe, o intercambio de opinións e a axuda entre iguais. Con esta forma de traballo manteríase o ritmo de cada estudante, ao tempo que o profesorado aclara dúbidas ou indica novas tarefas. Ademais, o alumnado traballará na aula actividades similares ás que se atopará nos exames de acceso á universidade na materia de Química, proporcionándolles os coñecementos e as competencias que precisan xunto cunha preparación adecuada para superar tanto a proba final de avaliación da materia (ver Anexo VIII), como as probas da ABAU.

Avaliación do alumnado.

A forma de avaliar ao alumnado atopase claramente condicionada polo curso para o que se propón esta unidade didáctica. O marcado carácter preparatorio de 2º de Bacharelato, termina por transformar as probas de avaliación de cada unidade en ensaios das ABAU.

Para avaliar se o alumnado foi capaz de acadar as competencias que se requiren para a superación da unidade didáctica proposta, axúntase unha proposta de rúbrica (ver Anexo VII). Esta céntrase principalmente en tres competencias clave que son fundamentais nesta unidade. Xunto coa competencia CMCT, que está presente en toda a materia de Química de 2º de Bacharelato, tamén terá gran importancia o desenvolvemento da CCL, a cal se avaliará en función dos discursos elaborados polo alumnado á hora de xustificar as respostas. Por último, outra competencia que terá unha relevancia importante nesta unidade proposta será a CAA, xa que a través do modelo invertido o alumnado traballará a súa autonomía e asumirá responsabilidade sobre unha parte da súa aprendizaxe.

Por último, para este traballo e como parte final da proposta da unidade didáctica, tamén se elaborou a proposta de proba de avaliación final que se recolle no Anexo VIII. Esta confeccionouse en función dos contidos tratados e das actividades a realizar en cada sesión, ademais de ter en conta as características comentadas do curso. Pretendeuse así que tanto as cuestións como os problemas se axusten ao nivel de esixencia que se atopará o alumnado nas probas da ABAU.

6. Análise e discusión dos resultados.

Aínda que a intención inicial era poñer en práctica o modelo da clase invertida durante a intervención docente realizada no Prácticum II, avaliando deste modo a súa eficacia nunha clase real, debido a diferentes factores non foi posible levar este propósito a cabo, tal e como se adiantou na correspondente memoria (González Fernández, 2019).

Primeiramente, a concreción do curso, da materia e da unidade a traballar no instituto non se realizou ata o primeiro día da estadía. Isto imposibilitou a creación dos materiais necesarios con anterioridade, xa que o traballo co grupo comezou ao día seguinte da chegada ao centro.

O feito de desenvolver a actuación no penúltimo tema da materia de Química de 2º de Bacharelato condicionou de maneira significativa a actuación que se levou a cabo. Tal e como comentou a titora do centro na primeira reunión, o alumnado co que se traballou ten unha nota metida alta (tanto nesta materia coma no resto) e está centrado en acadar as mellores cualificacións posibles (González Fernández, 2019). Tamén hai que ter en conta que este alumnado encádrase no grupo de máis de dezaseis anos que describe Guy

Claxton (Claxton, 1994) e caracterízase pola busca de rigor e acerto. Por este motivo, as actividades a realizar deben estimular o seu pensamento e proporcionarlles unha práctica na que relacionen “o propósito, a estratexia e o resultado” (Selmes, 188, pág. 68). Ademais, o obxectivo deste alumnado é superar as probas da ABAU, xa que aspiran a comezar graos cunha nota de acceso alta, como medicina ou farmacia. A presenza deste tipo de probas nun futuro tan próximo, xunto coa necesidade de cumprir os prazos establecidos na programación docente, foron factores clave á hora de idear a intervención docente. Como as prácticas se realizaron a pouco máis dun mes de rematar o curso preparatorio para a ABAU, considerouse que non sería adecuado cambiar o modelo e metodoloxía que emprega a titora xa que, dun modo xeral, o alumnado respondía de forma sobresaliente. Este foi un dos principais motivos polos que en vez de poñer en práctica o modelo de clase invertida, no seu lugar, seguíuse a empregar a instrución directa acompañada da resolución de problemas.

Ademais, a falta de experiencia docente previa en xeral, e o descoñecemento da posta en práctica do modelo invertido de forma máis concreta, tamén foron elementos determinantes á hora de evitar usar o modelo de clase invertida dende o inicio do tema. De todas formas, a medida que avanzou a estadía, comezouse a pensar na posibilidade de empregar o modelo invertido polo menos nalgunha das derradeiras sesións. Como nese momento non se dispuña nin de tempo nin de recursos para crear os materiais audiovisuais necesarios, pensouse en empregar directamente os vídeos que están dispoñibles en internet. Sen embargo, tras analizar algúns deles, tamén se descartou esta opción.

Para que o modelo de clase invertida funcione, os materiais audiovisuais cos que traballará o alumnado fóra da clase deben axustarse ao seu nivel e necesidades. Por iso, sería desexable que o propio profesorado que ten contacto diario co alumnado sexa o autor destes materiais, xa que así será capaz de crealos e adecualos ao seu alumnado.

Algúns dos vídeos dispoñibles en plataformas como YouTube descartáronse por non ter un nivel suficiente para o grupo de traballo ou cometer erros que se consideran graves. É o caso dos vídeos da popular canle *unicoos* do profesor David Calle (<https://www.youtube.com/user/davidcpv>) onde, tanto nas descrições dos vídeos do tema ácido-base como nas explicacións dos mesmos, emprega “PH” para referirse ao pH.²⁰ Este tipo de erros pódense apreciar, por exemplo, no vídeo “Equilibrio químico y PH Bachillerato química Le Chatelier” (Calle, D. [unicoos], 2011). O feito de empregar materiais con erratas ou conceptos errados suporía ter que volver a tratalos posteriormente durante as sesións presenciais, corrixíndoos e procurando que o alumnado non os aprenda de forma incorrecta.

²⁰ No concepto de pH descrito por Søren P. L. Sørensen en 1909, o “p” provén do alemán *potenz*, e significa “poder de concentración”, mentres que o “H” fai referencia ao ión hidróxeno (H⁺). Por este motivo, a letra “p” debe escribirse en minúscula e a letra “H” debe escribirse en maiúscula.

Outro motivo polo cal se descartou o emprego destes vídeos foi a duración dos mesmos. Na lista de reprodución da canle do profesor Calle titulada *Equilibrio y PH – QUIMICA* (<https://www.youtube.com/playlist?list=PL0a7j0qx0jgPlwIajEHhgKSM5WLLjCRvc>), existen oito vídeos e a metade excede os quince minutos de duración. Ademais, nalgúns casos, sería preciso visionar ata dous vídeos antes da clase, o que suporía dedicarlle entre vinte e trinta minutos. O mesmo ocorre cos vídeo da canle *Quimitube Tu libro de Química* (<https://www.youtube.com/user/Quimitubes>). Aínda que os vídeos da lista de reprodución titulada *Teoría Ácido-Base* (<https://www.youtube.com/playlist?list=PLB59A45AF45770769>) teñen unha menor duración que no caso anterior, nalgúns casos volve a ser preciso visionar máis dun. É o que ocorre, por exemplo, para introducir a hidrólise. Neste caso, o alumnado debería reproducir cinco dos quince vídeos dos que se compón a lista, empregando case dezaseis minutos. Ademais, se ben os vídeos desta canle son interesantes, moitos deles céntranse principalmente na resolución de exercicios (algo que se faría na clase, aproveitando a presenza do profesor), máis que en adiantar a explicación teórica (que é o que debería adquirir na casa o alumnado que segue o modelo invertido). En base aos mesmos motivos, tamén se descartaron os vídeos da Khan Academy en español (<https://www.youtube.com/user/KhanAcademyEspañol>).²¹ Na lista de reprodución titulada *Química* (https://www.youtube.com/playlist?list=PL2dWUhgFt1yIMW0rckuv_TEv-Hi2hYqki) os vídeo dedicados ao tema ácido-base teñen unha duración duns vinte minutos e, nalgún casos, volve a ser preciso ver máis dun vídeo para introducir o correspondente contido.

Por último, vídeos doutras canles da plataforma YouTube como, por exemplo, o de *Breaking Vlad* (<https://www.youtube.com/channel/UCTeFgT77A2LNTb05VcCW71Q>) ou o do profesor Javier Valdés Gómez (<https://www.youtube.com/channel/UC3kPhDDIVKYOV6OU0atjSmA>), usuario do modelo de clase invertida, tamén se descartaron por non axustarse as características do alumnado do grupo. De todas formas, as canles e vídeos comentados foron útiles á hora de deseñar e crear os vídeos presentados para este TFM.

Finalmente, houbo un factor que foi o máis determinante para non empregar o modelo de clase invertida na intervención docente realizada durante esta estadía no instituto. A ausencia de emprego dunha aula virtual e dun correo electrónico oficial co alumnado na materia Química (a través do cal indicarlle os enlaces aos vídeos e ás actividades a realizar antes das clases, ademais de para ter un control da realización das tarefas), xunto con que só tres dos sete compoñentes do grupo tería acceso a unha conexión a internet dende a casa (o que suporía que máis da metade do grupo non realizaría as actividades fóra da

²¹ O emprego dos vídeos da lista de reprodución *Acids and Bases | Chemistry* da Khan Academy (https://www.youtube.com/playlist?list=PLSQIOa2vh4HCII88fUZ_AIAImT-h8yYN4) descartáronse polo nivel de inglés que posúe o alumnado do grupo e pola baixa calidade da imaxe.

aula), fixo inviable a posta en práctica da proposta baseada no modelo invertido. Penseuse na posibilidade de entregarlle ao alumnado os vídeos e actividades nunha memoria USB ou, incluso, reproducilos nos primeiros minutos da clase. Sen embargo, tanto a falta de tempo e medios durante a estadía no centro para preparar os contidos necesario, como o feito que este tipo de actuación podería desvirtuar o propio modelo, motivou que se descartasen ditas posibilidades á hora de aplicalo durante a actuación realizada. Ademais, para que os datos obtidos durante a investigacións fosen fiables, sería recomendable contar cun grupo de estudantes control que seguise o modelo convencional co que comparar os resultados obtidos polo grupo de estudantes no que se pon en práctica a proposta de unidade didáctica baseada no modelo invertido. Isto tampouco sería posible dado a existencia dun único grupo de Química cun número moi baixo de estudantes.

Xunto a todos estes factores, tamén hai que ter en conta que a clase invertida é un modelo que non remata coa utilización de recursos audiovisuais de forma previa á clase, senón que debe ir acompañado da realización de actividades dirixidas a alcanzar os niveis cognitivos máis altos dentro da taxonomía de Bloom, de forma que se promova no alumnado un pensamento de orde superior, ademais da participación e da colaboración. Por iso, sóense empregar diferentes métodos didácticos das metodoloxías de aprendizaxe indutivas (ver apartado 4.4. Modelo, métodos e metodoloxía na clase invertida.). Sen embargo, visto o carácter introvertido do alumnado do grupo co que se traballou e a súa falta de participación activa nas clases (González Fernández, 2019), xunto co descoñecemento da posta en práctica e falta de experiencia con este tipo de metodoloxías (tanto por parte da titora como propia), supuxeron, xunto cos motivos anteriores, suficientes razóns de peso que impediron poñer en práctica durante a estadía no centro a proposta de intervención na materia de Química de 2º de Bacharelato baseada na clase invertida descrita neste traballo e, por tanto, obter os datos necesarios para analizar e discutir nesta memoria.

De todas formas, os materiais elaborados (vídeos, cuestionarios de auto-avaliación, boletíns e proba de avaliación final, así como a planificación da unidade didáctica coas actividades a traballar na aula,) servirán nun futuro para empregar a proposta de intervención aquí descrita. Para isto, será preciso adquirir unha maior formación sobre ao funcionamento das metodoloxías de aprendizaxe indutivas e a súa utilización no modelo de clase invertida.

7. Conclusións e valoración crítica do traballo no proceso de formación do estudante.

Se ben é certo que un dos obxectivos orixinais que se formularon á hora de escoller o tema para este TFM era levar á práctica unha proposta didáctica baseada na clase invertida, as

dificultades atopadas fixeron necesaria a súa reformulación, dando lugar á memoria que se presenta. É evidente que o modelo invertido esixe un alto dominio pedagóxico e disciplinar por parte do docente que o queira poñer en práctica. Ao mesmo tempo, tamén é obvio que como alumno deste máster, no momento de realizar a primeira intervención docente da miña formación, carezo de ambas características. Non obstante, neste traballo acadouse outro dos obxectivos principais ao elaborar unha proposta de intervención didáctica alternativa baseada no modelo da clase invertida, que inclúe os materiais necesarios para que calquera docente a poda poñer en práctica, ao que supón un primeiro achegamento a este modelo.

Aínda que durante o Prácticum II non se puideron recompilar datos para valorar o funcionamento da proposta, o traballo realizado antes, durante e despois deste período serviu para adquirir coñecementos e destrezas na realización dunha intervención docente en tódolos seus aspectos (preparación da programación e da unidade didáctica, creación dos materiais necesarios, organización das sesións, interacción co alumnado e realización da proba de avaliación final). O feito de que a actuación realizada seguíse unha metodoloxía convencional, permitiu facer unha primeira aproximación á unidade reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato. Isto resultou útil para identificar que contidos son axeitados para que o alumnado traballe fóra da clase e recoñecer en cales atopan dificultades, sendo preciso traballalos de forma presencial na aula guiados polo profesorado.

Unha vez definidos os contidos que o alumnado podería traballar de forma previa e analizadas diferentes canles e vídeos dispoñibles na rede, elaboráronse os materiais didácticos necesarios para traballar esta unidade. Para isto, tivéronse en conta as características e necesidades que presentaba o grupo de estudantes co que se traballou no centro. Para cada un dos vídeos creáronse os cuestionarios de auto-avaliación que os acompañan (Anexo IV e V). Isto permitiu coñecer e empregar distintos programas que se usan na actualidade na creación e edición deste tipo de materiais, así como coñecer o funcionamento das plataformas dispoñibles. Por outra banda, tamén se elaboraron boletíns de exercicios complementarios ás cuestións e aos problemas que aparecen no libro de texto que emprega o alumnado do centro neste curso (Anexo VI). Por último, para este traballo tamén se elaborou a rúbrica e proba de avaliación final coa que determinar se o alumnado acadara as competencias requiridas (Anexos VII e VIII).

Con esta proposta de unidade didáctica preténdese acadar as vantaxes que acompañan ao modelo pedagóxico da aula invertida. Espérase que as clases sexan máis activas e motiven ao alumnado a participar, interaccionar entre eles ou a traballar en equipo, respecto as convencionais. Ademais, como o alumnado de 2º de Bacharelato ten nivel suficiente pode comezar a responsabilizarse da súa aprendizaxe, favorecendo o seu traballo autónomo. Ao final, isto será o que permita liberar parte do tempo da clase e aproveitalo en profundar nos

contidos ou resolver dúbidas. Por outra banda, o coñecemento das dificultades que poda ter o alumnado antes das clases, ademais de favorecer un seguimento individualizado deste, permitiralle ao profesorado planificar mellor as sesións e proporcionar unha atención máis personalizada e diversa. En base a todo isto, é de esperar que se logren mellorar os resultados académicos do alumnado, algo de suma importancia nun curso coma este.

En canto a valoración do traballo no proceso de formación do estudante cabe dicir que, se ben a intervención do Prácticum II imposibilitou obter datos para analizar no TFM, permitiu coñecer e confrontar teoricamente ambos modelos neste traballo. A análise do currículo da materia serviu para determinar que contidos poderían ser adecuados para traballar seguindo o modelo invertido. Ademais, a elaboración dos materiais anexados nesta memoria axudou a adquirir experiencia na creación e edición destes.

Tense pensado continuar coa creación de materiais deste estilo así como crear e axuntar a cada vídeo os pertinentes arquivos de subtítulos (tanto en galego, coma en castelán e en inglés), facéndoos máis accesibles para todo tipo de alumnado. Ademais, como por falta de medios non se puido realizar a filmación dun vídeo que introducise a práctica de laboratorio (sesión 9), tamén se ten a intención de elaborar un vídeo que recolla a realización da práctica de laboratorio para engadir á lista de reprodución.²² Deste modo, o alumnado coñecerá os pasos a seguir durante unha volumetría e os reproducirá no laboratorio. Isto servirá para poñer en práctica nesta unidade o modelo de clase invertida orientada á demostración/experimentación (ver apartado 4.4.1. Sete modelos de clase invertida.). Por último, espérase adquirir os coñecementos suficientes para poñer en práctica algunha das metodoloxías de aprendizaxe indutivas que se comentaron, de forma que, ademais de practicar a creación de materiais didácticos que o alumnado empregará fóra da clase, se traballe na clase da forma máis fiel posible seguindo o modelo de clase invertida.

8. Referencias bibliográficas.

Acedo, M. (28 de xaneiro de 2019). *10 Pros And Cons Of A Flipped Classroom*. Obtido o 4 de marzo de 2019, de <https://www.teachthought.com/learning/10-pros-cons-flipped-classroom/>

Alemany Martínez, D. (2007). Blended learning: modelo virtual-presencial de aprendizaje y su aplicación en entornos educativos. *I Congreso Internacional Escuela y TIC. IV*

²² De todos modos, os contidos teóricos deste apartado xa se introduciron no *Vídeo 9: Volumetrías*. (ver Anexo IV), ademais de ser avaliados a través do *Cuestionario de auto-avaliación 9*. (ver Anexo V) e de traballarse no *Boletín 9* (ver Anexo VI).

- Forum Novadors. Más allá del Software Libre.* (pp. 1-8). Alicante: Universidad de Alicante.
- Alvarez, B. (2012). Flipping the Classroom: Homework in Class, Lessons at Home. *Education Digest: Essential Readings Condensed for Quick Review*, 77(8), 18-21.
- Anderson, L. W. (Ed.), Krathwohl, D. R. (Ed.), Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., . . . Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Angelo, T. A. e Cross, K. P. (1993). *Classroom assessment techniques. A handbook for college teachers*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Arfstrom, K. M. (xullo de 2014). What's the Difference Between a Flipped Classroom and Flipped Learning? *EdTech Focus On K-12 Magazine*. Obtido o 20 de febreiro de 2019, de <https://edtechmagazine.com/k12/article/2014/07/whats-difference-between-flipped-classroom-and-flipped-learning>
- Arfstrom, K. M. (s.d.). *Flipped Learning - Arfstrom Consulting*. Obtido o 18 de febreiro de 2019, de <http://www.arfstrom.net/flipped-learning.html>
- Bean, J. C. (2001). *Engaging ideas: the professor's guide to integrating writing, critical thinking, and active learning in the classroom*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Berenguer-Albaladejo, C. (2016). Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom. En M. Tortosa Ybáñez, S. Grau Company e J. Álvarez Teruel, *XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinares* (pp. 1466-1480). Alacant: Universitat d'Alacant, Institut de Ciències de l'Educació.
- Bergmann, J. e Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Eugene - Washington: International Society for Technology in Education (ISTE).
- Bergmann, J., Overmyer, J. e Willie, B. (21 de xullo de 2011). *The Flipped Class: Myths vs. Reality - The Daily Riff - Be Smarter. About Education*. Obtido o 28 de xaneiro de 2019, de <http://www.thedailyriff.com/articles/the-flipped-class-conversation-689.php>
- Brame, C. J. (2013). *Flipping the classroom. Vanderbilt University. Center for Teaching*. Obtido o 2 de febreiro de 2019, de <http://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/flipping-the-classroom/>

- Calle, D. [unicos]. (31 de outubro de 2011). Equilibrio químico y PH BACHILLERATO química Le Chatelier. Obtido o 30 de marzo de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=X0kyjsClOxM&feature=youtu.be>
- Calvillo Castro, A. J. (2014). *El modelo Flipped Learning aplicado a la materia de música en el cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria: una investigación-acción para la mejora de la práctica docente y del rendimiento académico del alumnado (teses doutoral)*. Universidad de Valladolid, Segovia.
- Christensen Institute. (s.d.). *Blended Learning Definitions - Christensen Institute*. Obtido o 28 de xaneiro de 2019, de <http://christenseninstitute.org/blended-learning-definitions-and-models/>
- Claxton, G. (1994). *Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.
- Clintondale High School. (2012). *Clintondale High School - Our Story*. Obtido o 5 de marzo de 2019, de <http://www.flippedhighschool.com/ourstory.php>
- Comisión Interuniversitaria de Galicia. (s.d.). *Exames, criterios e solucións das convocatorias PAAU, 2001-2009*. Obtido o 23 de marzo de 2019, de <http://www.ciug.gal/examespaau.php>
- Comisión Interuniversitaria de Galicia. (s.d.). *Probas ABAU*. Obtido o 23 de marzo de 2019, de <http://ciug.gal/exames.php>
- Comisión Interuniversitaria de Galicia. (s.d.). *Probas PAU. Exames, criterios e solucións*. Obtido o 23 de marzo de 2019, de <http://www.ciug.gal/examesPAU.php>
- Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria. (29 de xuño de 2015). Decreto 86/2015, do 25 de xuño, polo que se establece o currículo da educación secundaria obrigatoria e do bacharelato na Comunidade Autónoma de Galicia. *Diario Oficial de Galicia(120)*, 25434-27073. Santiago de Compostela. Obtido o 7 de abril de 2019, de https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2015/20150629/AnuncioG0164-260615-0002_gl.html
- Consellería de Educación e Ordenación Universitaria. (25 de maio de 2010). Decreto 79/2010, do 20 de maio, para o plurilingüismo no ensino non universitario de Galicia. (97), 9242-9247. Santiago de Compostela. Obtido o 7 de abril de 2019, de *Diario Oficial de Galicia*: https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2010/20100525/Anuncio196D2_gl.html

- Cross, K. P. e Angelo, T. A. (1988). *Classroom assessment techniques. A handbook for faculty*. Michigan: National Center for research to Improve Postsecondary Teaching and Learning.
- Crouch, C. H. e Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.
- Deslauriers, L., Schelew, E. e Wieman, C. (13 de maio de 2011). Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. *Science*, 332(6031), 862-864.
- Domínguez Real, M. (2001). Tema 6. Equilibrios ácido-base. En M. Domínguez Real, *Química. Segundo Curso de Bacharelato*. (pp. 141-178). A Coruña: Baía Edicións.
- Educación 3.0. (9 de novembro de 2018). *50 canales con vídeos educativos en YouTube*. Obtido o 5 de marzo de 2019, de <https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/canales-videos-educativos-en-youtube/17025.html>
- Equipo Pedagógico de Campuseducacion.com. (28 de febreiro de 2018). *Modelo, Método, Metodología... ¿Qué terminología emplear?* Obtido o febreiro de 22 de 2019, de <https://www.campuseducacion.com/blog/recursos/articulos-campuseducacion/modelo-metodo-metodologia-terminologia-emplear/amp/>
- Flipped Learning Global Initiative. (s.d.). *Flipped Learning Certification Level - I*. Obtido o 2019 de febreiro de 2019, de <https://learn.flglobal.org/courses/FLCertificationNivel1>
- Flipped Learning Network. (12 de marzo de 2014 a). *Definition of Flipped Learning - Flipped Learning Network Hub*. Obtido o 24 de xaneiro de 2019, de <https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/>
- Flipped Learning Network. (12 de marzo de 2014 b). *The Four Pillars of F-L-I-P™*. Obtido o 24 de xaneiro de 2019, de <https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/PilaresFlip.pdf>
- Fundación Princesa de Asturias. (8 de maio de 2019). *Salman Khan y la Khan Academy - Premios -Premios Princesa de Asturias - Fundación Princesa de Asturias*. Obtido o 9 de maio de 2019, de <http://www.fpa.es/es/premios-princesa-de-asturias/premiados/2019-salman-khan-y-la-khan-academy.html?texto=acta&especifica=0>
- Garralón, B. (13 de maio de 2017). *¿Y el rol del profesor en el Modelo Flipped Classroom?* Obtido o 25 de febreiro de 2019, de <https://www.theflippedclassroom.es/y-el-rol-del-profesor-en-el-modelo-flipped-classroom/>

- González Fernández, D. (9 de maio de 2019). *Memoria do Prácticum II. Curso académico 2018/19*. Obtido o 9 de maio de 2019, de <https://drive.google.com/file/d/1kzCpTAtbN0NJwfHlcZMKyYrDL3YI6ti8/view?usp=drivesdk>
- Hamdan, N., McKnight, P., McKnight, K. e Arfstrom, K. M. (2013). *A Review of Flipped Learning. Flipped Learning Network*. Obtido o 20 de fevereiro de 2019, de https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/LitReview_FlippedLearning.pdf
- Hidalgo, M. (17 de fevereiro de 2013). Un aula en la web para «alumnos del siglo XXI». Obtido o 5 de marzo de 2019, de <https://www.diariovasco.com/20130217/local/aula-para-alumnos-siglo-201302131008.html>
- Khan Academy. (16 de novembro de 2006). *Khan Academy*. Obtido o 18 de fevereiro de 2019, de <https://www.youtube.com/khanacademy>
- Khan Academy. (8 de decembro de 2009). *KhanAcademyEspañol*. Obtido o 18 de fevereiro de 2019, de <https://www.youtube.com/user/KhanAcademyEspanol>
- Khan, S. (marzo de 2011). *Sal Khan: Let's use video to reinvent education*. Obtido o 18 de fevereiro de 2019, de https://www.ted.com/talks/salman_khan_let_s_use_video_to_reinvent_education/up-next
- King, A. (1993). Form sage on the stage to guide on the side. *College Teaching*, 41(1), 30-35.
- Lage, M. J., Platt, G. J. e Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: a getaway to creating an inclusive learning enviroment. *Journal of Economic Education*, 31(1), 30-43.
- Marlowe, C. A. (2012). *The effect of the flipped classroom on student achivement and stress (Tesis de maestría)*. Montana State University, Bozeman. Obtido o 5 de marzo de 2019, de <http://scholarworks.montana.edu/xmlui/handle/1/1790>
- Martínez-Olvera, W., Esquivel-Gámez, I. e Martínez Castillo, J. (2014). Aula invertida o modelo invertido de aprendizaje: Origen, sustento e implicaciones. En I. Esquivel-Gámez (Coord.), *Los modelos tecno-educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI* (pp. 143-160). Veracruz: DSAE-Universidad Veracruzana.
- Martínez-Olvera, W., Esquivel-Gámez, I. e Martínez Castillo, J. (2015). Acercamiento teórico-práctico al modelo de aprendizaje invertido. *Alternativas para nuevas prácticas educativas*, 158-172.

Proposta de intervención para Química de 2º de Bacharelato baseada na “clase invertida”

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. New Jersey: Prentice Hall.

Michael, J. (2016). Where's the evidence tha active learning works? *Advances Physiology Education*, 159-167.

Ministerio de Educación, Cultura e Deporte. (29 de xaneiro de 2015). Orde ECD/65/2015, do 21 de xaneiro, pola que se describen as relacións entre as competencias, os contidos e os criterios de avaliación da educación primaria, a educación secundaria obrigatoria e o bacharelato. *Boletín Oficial do Estado(25)*, 1-18. Madrid. Obtido o 8 de abril de 2019, de https://www.boe.es/boe_gallego/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738-G.pdf

Ministerio de Educación, Cultura e Deporte. (18 de xullo de 2015). Real Decreto 665/2015, de 17 de xullo, polo que se desenvolven determinadas disposicións relativas ao exercicio da docencia na educación secundaria obrigatoria, no bacharelato, na formación profesional e nas ensinanzasde réxime especial, á formación inici. *Boletín Oficial do Estado(171)*, 1-12. Madrid. Obtido o 8 de abril de 2019, de https://www.boe.es/boe_gallego/dias/2015/07/18/pdfs/BOE-A-2015-8043-G.pdf

Ministerio de Educación, Cultura e Deporte. (30 de xullo de 2016). Real Decreto 310/2016, do 29 de xullo, polo que se regulan as avaliacións finais de educación secundaria obrigatoria e de bacharelato. *Boletín Oficial do Estado(183)*, 1-16. Madrid. Obtido o 8 de abril de 2019, de https://www.boe.es/boe_gallego/dias/2016/07/30/pdfs/BOE-A-2016-7337-G.pdf

National Institute for Direct Instruction. (2014). *Basic Philosophy of Direct Instruction (DI)*. Obtido o 30 de xaneiro de 2019, de <http://www.nifdi.org/what-is-di/basic-philosophy>

Novak, G., Patterson, E., Gavrin, A. e Christian, W. (1999). *Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology*. New Jersey: Prentice Hall.

Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (outubro de 2014). *Aprendizaje invertido (reporte edu trends)*. Obtido o 20 de febreiro de 2019, de <https://observatorio.tec.mx/edutrendsaprendizajeinvertido>

Panopto. (26 de maio de 2017). *7 Unique FLipped Classroom Models - Which is Right for you?* Obtido o 24 de febreiro de 2019, de <https://www.panopto.com/blog/7-unique-flipped-classroom-models-right/>

Prieto Espinosa, A., Prieto Campos, B. e del Pino Prieto, B. (2016). Una experiencia Flipped Classroom. *Actas de las XXII Jenui. Almeria, 6-8 de julio 2016* (pp. 237-244). Granada: Universidad de Granada.

- Prieto, A., Díaz, D. e Santiago, R. (2014). *Metodologías inductivas: el desafío de enseñar mediante el cuestionamiento y los retos*. Barcelona: Grupo Océano.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93, 223-231.
- Raths, D. (12 de abril de 2013). *9 Video Tips for a Better Flipped Classroom*. *The Journal*.
Obtido o 18 de febreiro de 2019, de <https://thejournal.com/articles/2013/11/18/9-video-tips-for-a-better-flipped-classroom.aspx?1>
- Revista de Educación y Cultura AZ. (28 de decembro de 2016). *¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje invertido? #LoMásVisto - AZWEB*. Obtido o 20 de febreiro de 2019, de <https://www.educacionyculturaaz.com/la-metodologia-de-la-clase-al-reves-algunas-herramientas-para-empezar-a-practicarla/>
- Riddell, R. (19 de novembro de 2012). 16 flipped learning uses in K-12 and college classrooms. Education Dive. Obtido o 24 de febreiro de 2019, de <https://www.educationdive.com/news/16-flipped-learning-uses-in-k-12-and-college-classrooms/74311/>
- Román González, M. (21 de novembro de 2013). *'Flipped Classroom': una oportunidad para profundizar en el EES*. Obtido o 2 de marzo de 2019, de <https://cuedespyd.hypotheses.org/241>
- Santiago, R. (29 de agosto de 2014 a). *Analizando el Flipped Classroom: ¿qué hacen el profesor y el alumno?* Obtido o 26 de febreiro de 2019, de <https://www.theflippedclassroom.es/analizando-el-flipped-classroom-que-hacen-el-profesor-y-el-alumno/#post/0>
- Santiago, R. (22 de setembro de 2014 b). *Flipped Classroom y metodologías innovadoras*. Obtido o 22 de febreiro de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=FeTljHku464&app=desktop>
- Santiago, R. (23 de novembro de 2014 c). *Colegio San Gabriel en Zuera ¿primer colegio flipped en España?* Obtido o 5 de marzo de 2019, de <https://www.theflippedclassroom.es/colegio-san-gabriel-en-zuera-primer-colegio-flipped/>
- Santiago, R. (6 de febreiro de 2015 a). *6 Problemas que te encontrarás cuando apliques el Flipped Classroom*. Obtido o 4 de marzo de 2019, de <https://www.theflippedclassroom.es/6-problemas-que-te-encontraras-cuando-apliques-el-flipped-classroom/>

- Santiago, R. (13 de febreiro de 2015 b). *¿Modelo? ¿Enfoque? ¿Método? ¿Metodología? ¿Técnica? ¿Estrategia? ¿Recurso? ¿Cuándo debemos emplear cada uno de estos términos?* Obtido o 22 de febreiro de 2019, de <https://www.theflippedclassroom.es/modelo-enfoque-metodo-metodologia-tecnica-estrategia-recurso-cuando-debemos-emplear-cada-uno-de-estos-terminos/>
- Santiago, R. (2 de xaneiro de 2016). *Un poquito más sobre teorías del aprendizaje*. Obtido o 25 de febreiro de 2019, de The flipped classroom: <https://www.theflippedclassroom.es/un-poquito-mas-sobre-teorias-del-aprendizaje/>
- Santiago, R., Díez, A. e Andía, L. A. (2017). *Flipped classroom: 33 experiencias que ponen patas arriba el aprendizaje*. Barcelona: UOC.
- Selmes, I. (188). *La mejora de las habilidades para el estudio*. Madrid: Paidós/MEC.
- Szoka, J. (12 de maio de 2013). *Measured Results Demonstrate Enhanced Learning Outcomes in the Flipped Classroom | Emerging Education Technologies*. Obtido o 5 de marzo de 2019, de <https://www.emergingedtech.com/2013/05/measured-results-demonstrate-enhanced-learning-outcomes-in-the-flipped-classroom/>
- Talbert, R. (2012). Inverted classroom. *Colleagues*, 9(1), 18-19.
- Talbert, R. (1 de marzo de 2018). *What does the research say about flipped learning*. Obtido o 28 de febreiro de 2019, de <http://rtalbert.org/what-does-the-research-say/>
- TED. (s.d.). *Lessons Worth Sharing| TED-Ed*. Obtido o 4 de marzo de 2019, de <https://ed.ted.com/about>
- The Chronicle of Higher Education. (17 de outubro de 2012). *San Jose State U. Says Replacing Live Lectures With Videos Increased Test Scores*. Obtido o 5 de marzo de 2019, de <https://www.chronicle.com/blogs/wiredcampus/san-jose-state-u-says-replacing-live-lectures-with-videos-increased-test-scores/40470>
- Tourón, J., Santiago, R. e Díez, A. (2014). *The Flipped Classroom: Cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Grupo Océano.
- Vidal Fernández, M. C. e Peña Tresancos, J. (2016). 6. Reacciones ácido-base. En M. C. Vidal Fernández e J. Peña Tresancos, *Inicia Dual Química 2º Bachillerato* (pp. 206-243). Madrid: Oxford Educación España, S.A.
- Villar, C. (18 de abril de 2018). *Arrasar con Química en YouTube*. Obtido o 5 de marzo de 2019, de <https://www.farodevigo.es/galicia/2018/04/18/arrasar-quimica-youtube/1874746.html>

- Walsh, K. (16 de xuño de 2013 a). *Flipped Classroom Panel Discussion Provides Rich Insights into a Powerful Teaching Technique*. Obtido o 2 de marzo de 2019, de <https://www.emergingedtech.com/2013/06/flipped-classroom-panel-discussion-provides-rich-insights-into-a-powerful-teaching-technique/>
- Walsh, K. (10 de marzo de 2013 b). *Gathering Evidence that Flipping the Classroom can Enhance Learning Outcomes | Emerging Education Technologies*. Obtido o 5 de marzo de 2019, de <https://www.emergingedtech.com/2013/03/gathering-evidence-that-flipping-the-classroom-can-enhance-learning-outcomes/amp/>
- Walvoord, B. E. e Anderson, V. J. (1998). *Effective grading: A tool for learning and assessment*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Web of Science. (27 de febreiro de 2019 a). *Web of Science [v.5.32] - Todas las bases de datos Análisis del resultado*. Obtido o 27 de febreiro de 2019, de https://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do?product=UA&SID=C1bdFebXOxMETrjVgU3&field=PY_PublicationYear_PublicationYear_en&yearSort=true
- Web of Science. (1 de xuño de 2019 b). *Web of Science [v.5.32] – Informe de citas*. Obtido o 1 de xuño de 2019, de https://apps.webofknowledge.com/CitationReport.do?action=home&product=UA&search_mode=CitationReport&cr_pqid=10&qid=10&isCRHidden=&SID=E4uw13DKB4OogyKSm7n
- Web of Science. (1 de xuño de 2019 c). *Web of Science [v.5.32] - Todas las bases de datos Análisis del resultado*. Obtido o 1 de xuño de 2019, de https://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do?product=UA&SID=E4uw13DKB4OogyKSm7n&field=SJ_ResearchArea_ResearchArea_en&yearSort=false
- Xefatura do Estado. (4 de maio de 2006). Lei orgánica 2/2006, do 3 de maio, de educación. *Boletín Oficial del Estado(6)*, 931-978. Madrid. Obtido o 8 de abril de 2019, de https://www.boe.es/boe_gallego/dias/2006/05/15/pdfs/A00931-00978.pdf
- Xefatura do Estado. (10 de junio de 2013). Lei Orgánica 8/2013, de 9 de decembro, para a mellora da calidade educativa. *Boletín Oficial do Estado(295)*, 97858-97921. Madrid. Obtido o 8 de abril de 2019, de https://www.boe.es/boe_gallego/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886-G.pdf
- Yarbro, J., Arfstrom, K. M., McKnight, K. e McKnight, P. (xuño de 2014). *The 2014 Extension of the 2013 Review of Flipped Learning*. Obtido o 21 de febreiro de 2019, de <https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/Extension-of-FLipped-Learning-LIt-Review-June-2014.pdf>

Anexo I. Proposta de programación didáctica para a materia de Química de 2º de Bacharelato.

Unidade	Apartados	Nº sesións
1. A química cuantitativa.	<ul style="list-style-type: none"> - O método científico. - Composición da materia. - Determinación da fórmula química dun composto. - Masa atómica, masa molecular e o mol. - Lei dos gases ideais. - Mesturas. Disolucións. Unidades de concentración. - Reacción química e ecuación química. - Estequiometría das reaccións químicas. - Actividade experimental: preparación de disolucións. 	10-11
2. A estrutura atómica.	<ul style="list-style-type: none"> - Primeiros modelos atómicos e a súa evolución. - Estrutura da materia. Hipótese de Planck. - Modelo atómico de Bohr. Limitacións. - Orbitais atómicos. Números cuánticos. - Modelos mecanocuánticos. - Principio de De Broglie. - Principio de indeterminación de Heisenberg. - Partículas subatómicas: orixe do Universo. 	12-13
3. O sistema periódico.	<ul style="list-style-type: none"> - Configuracións electrónicas dos átomos. - Clasificación dos elementos químicos. - O sistema periódico actual. - Propiedades periódicas dos elementos. 	7-8
4. O enlace químico.	<ul style="list-style-type: none"> - Enlace iónico. - Enlace covalente. - Teoría do enlace de valencia (TEV). - Teoría da hibridación de orbitais atómicos. - Teoría de repulsión de pares electrónicos da capa de valencia (TRPECV). - Enlace metálico. - Forzas intermoleculares. - Actividade experimental: estudo dalgunha propiedade en diferentes compostos. 	12-13
5. A cinética química.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepto de velocidade de reacción química. - Ecuación de velocidade. - Mecanismo de reacción. - Teoría de colisións e teoría do estado de transición. - Factores que afectan a velocidade de reacción. - Catálise e catalizadores. 	9-10
6. O equilibrio químico.	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo do equilibrio químico. - Formas de expresar a constante de equilibrio. - Composición no equilibrio. Grao de disociación. - Factores que afectan o equilibrio: principio de Le Châtelier. - Equilibrios heteroxéneos: reaccións de precipitación. - Factores que afectan á solubilidade dos precipitados. - Importancia dos equilibrios na industria e na vida cotiá. - Actividades experimentais: desprazamento do equilibrio coa temperatura e/ou coa concentración. 	12-13

Unidade	Apartados	Nº sesións
7. Reaccións ácido-base.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepto de ácido-base. - Medida da acidez. Concepto de pH. - Forza relativa dos ácidos e das bases. - Cálculo do pH de diferentes disolucións de ácidos e bases. - Estudo cualitativo da hidrólise das sales. - Efecto do ión común. Influencia no pH. - Estudo cualitativo das disolucións reguladoras de pH. - Indicadores e medidores de pH. - Volumetrías de neutralización ácido-base. - Actividades experimentais: valoración ácido-base. 	11-12
8. Reaccións de oxidación-redución.	<ul style="list-style-type: none"> - Reaccións de oxidación-redución. - Oxidantes e redutores. Número de oxidación. - Axuste redox polo método do ión-electrón. - Estequiometría das reaccións redox. - Celas electroquímicas. - Potencial de redución estándar. - Espontaneidade das reaccións redox. - Leis de Faraday da electrólise. - Volumetrías redox. - Aplicacións e repercusións das reaccións de redox. - Actividades experimentais: valoración oxidación-redución. 	11-12
9. Os compostos do carbono.	<ul style="list-style-type: none"> - Os enlaces do carbono. - Representación das moléculas orgánicas. - Hibridación de orbitais. - tipos de isomería. - Grupos funcionais. - Nomenclatura e formulación orgánica segundo as normas da IUPAC. - Hidrocarburos. - Compostos osixenados. - Compostos nitroxenados. - Tiois e perácidos. - Compostos orgánicos polifuncionais. 	9-10
10. A reactividade dos compostos do carbono.	<ul style="list-style-type: none"> - As reaccións orgánicas. - Mecanismos das reaccións orgánicas. - Tipos de reaccións orgánicas. - Reaccións de hidrocarburos. - Reaccións dos derivados haloxenados: haluros de alquilo. - Reaccións de alcohois e fenois. - Reaccións de aldehidos e cetonas. - Reaccións de ácidos carboxílicos. - Reaccións de compostos nitroxenados. - Principais compostos orgánicos de interese industrial. 	10-11
11. Macromoléculas e polímeros.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepto de macromolécula e de polímero. - Reaccións de polimerización. - Polímeros de orixe natural e sintética. - Polímeros de interese industrial. Impacto ambiental. - Aplicacións de polímeros de alto interese biolóxico, biomédico e tecnolóxico. 	8-9
Número total de sesións =		111-122

Anexo II. Proposta de secuenciación para a unidade didáctica de reacciones ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.

Contidos	Criterios de avaliación	Estándares de aprendizaxe avaliábeles	Obxectivo didáctico	Comp. Clave
Concepto de ácido-base (B3.12). - Propiedades de ácido e bases. - Teoría de Arrhenius. - Teoría de Brønsted-Lowry (B3.13). - Par ácido-base conxugada. - Anfótero.	1. Coñecer o comportamento fenomenolóxico de ácidos e bases. 2. Aplicar a teoría de Arrhenius e de Brønsted-Lowry para recoñecer substancias que poden actuar como ácidos e bases (B3.11).	1.1. Identifica unha substancia como ácido ou base polo seu comportamento fenomenolóxico. 2.1. Xustifica o comportamento ácido ou base dun composto aplicando as teorías de Arrhenius e de Brønsted-Lowry. 2.2. Identifica os pares de ácido-base conxugada. 2.3. Identifica substancias con comportamento anfótero.	a) b) c)	CCEC CMCCT CCL CAA
Medida da acidez. Concepto de pH (B3.16). - Equilibrio iónico da auga (B3.15). - Concepto de pH e pOH.	3. Analizar a auga como ácido e como base. 4. Coñecer o concepto de pH e pOH.	3.1. Manexa a K_w da auga. 4.1. Calcula o pH dunha disolución coñecendo a $[H_3O^+]$, a $[OH^-]$ ou o pOH.	c) d)	CMCCT CAA
Forza relativa dos ácidos e das bases (B.14). - Ácidos e bases fortes e febles. - Constante de acidez e de basicidade. - Grao de ionización. - Ácidos polipróticos.	5. Distinguir entre ácidos e bases fortes e febles. 6. Empregar a constante de equilibrio de disociación dun ácido ou dunha base.	5.1. Dado os valores da K_a , da K_b ou do α , distingue entre ácidos e bases fortes e febles. 6.1. Obtén o grao de disociación de ácidos e bases dados os valores de K_a ou K_b segundo o caso.	a) b) e) f)	CCL CMCCT CAA
Cálculo do pH de diferentes disolucións de ácidos e bases. - Disolución de ácido forte. - Disolución de base forte. - Disolución de ácido feble. - Disolución de base feble.	7. Determinar o valor do pH de distintos tipos de ácidos e bases (B3.12).	7.1. Identifica o carácter ácido, neutro ou básico dunha disolución e a fortaleza ácido-base de distintas disolucións segundo o tipo de composto disolto nelas (QUB3.12.1). 7.2. Determina teoricamente o valor do pH das mesmas (QUB3.12.1).	d) e) g)	CMCCT CAA
Estudo cualitativo da hidrólise das sales (B3.20). - Sal de ácido forte e base forte. - Sal de ácido feble e base forte. - Sal de ácido forte e base feble. - Sal de ácido feble e base feble.	8. Xustificar o pH resultante na hidrólise dunha sal (B3.14).	8.1. Predí o comportamento ácido-base dunha sal disolta en auga aplicando o concepto de hidrólise, escribindo os procesos intermedios e equilibrios que teñen lugar (QUB3.14.1). 8.2. Xustifica o pH resultante da disolución.	b) f) h)	CMCCT CAA
Efecto do ión común. Influencia no pH e no grao de ionización.	9. Estudiar o efecto da adición dunha especie que aporte un ión común sobre o equilibrio ácido-base.	9.1. Xustifica a variación no pH e no grao de disociación ou ionización dunha especie cando se engade outra que aporte un ión común. 9.2. Analiza o efecto do pH sobre o equilibrio de solubilidade dun composto pouco soluble.	b) f) h) i)	CMCCT CAA
Estudo cualitativo das disolucións reguladoras de pH (B3.17). - Dun ácido feble máis unha sal dese ácido feble. - Dunha base feble máis unha sal desa base feble.	10. Coñecer o funcionamento dunha disolución reguladora.	10.1. Selecciona conxuntos de substancias coas que elaborar unha disolución reguladora. 10.2. Predí o comportamento das disolucións reguladoras de pH ao engadir ácidos ou bases a estas, establecendo os mecanismos polo que a disolución reguladora mantén o pH.	b) d) f) k)	CMCCT CAA
Indicadores e medidores de pH.	11. Coñecer o funcionamento dos indicadores e medidores de pH.	11.1. Selecciona un indicador adecuado para unha valoración.	l)	CMCCT CAA
Volumetrías de neutralización ácido-base (B3.19).	12. Empregar os cálculos estequiométricos necesarios para levar a cabo unha reacción de neutralización ou volumetría ácido-base (B3.15).	12.1. Describe o procedemento para realizar unha volumetría ácido-base dunha concentración descoñecida, realizando os cálculos necesarios (QUB3.13.1). 12.2. Determina a concentración dun ácido ou dunha base valorándoa con outra de concentración coñecida, establecendo o punto de equivalencia da neutralización mediante o emprego de indicadores ácido-base (faino no laboratorio no caso de ácidos e bases fortes) (QUB3.15.1).	b) d) f) m)	CMCCT CAA

Anexo III. Proposta de temporalización para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.

Sesión	Contido	Actividades fóra da aula	Actividades na aula ²³
0	A clase invertida.		
1	Concepto de ácido-base.	Vídeo 1: ¿Ácido ou bases? Cuestionario de auto-avaliación 1.	P. 206, Actividade 1 a 4. P. 207, Actividade 1. P. 241, Actividades 1 a 5. Boletín 1 (ver Anexo VI).
2	Medida da acidez. Concepto de pH.	Vídeo 2: Acidez e pH. Cuestionario de auto-avaliación 2.	P. 211, Actividades 4 a 6. P. 212, Actividades 7 a 10. Boletín 2 (ver Anexo VI).
3	Forza relativa dos ácidos e das bases.	Vídeo 3: ¿Quen é o máis forte? Cuestionario de auto-avaliación 3.	P. 215, Actividade 11 e 12. P. 241, Actividades 6 e 7. Boletín 3 (ver Anexo VI).
4	Determinar o valor do pH de distintos tipos de ácidos e bases. - Disolución de ácido forte. - Disolución de base forte. - Disolución de ácido feble. - Disolución de base feble.	Vídeo 4: ¿Cal é o pH da disolución? Cuestionario de auto-avaliación 4.	P. 216, Actividades 13 a 15. P. 217, Actividades 16 e 17. Boletín 4 (ver Anexo VI).
5	Estudo cualitativo da hidrólise das sales.	Vídeo 5: ¡Sales! ¡A hidrolizarse! Cuestionario de auto-avaliación 5.	P. 242, Actividades 21 a 25. Boletín 5 (ver Anexo VI).
6	Efecto do ión común. Influencia no pH e no grao de ionización.	Vídeo 6: ¿Que temos en común? Cuestionario de auto-avaliación 6.	P. 225, Actividades 28 e 29. P. 242, Actividade 29. Boletín 6 (ver Anexo VI).
7	Estudo cualitativo das disolucións reguladoras de pH. Indicadores e medidores de pH.	Vídeo 7: Disolucións reguladoras do pH. Cuestionario de auto-avaliación 7. Vídeo 8: Indícame o pH. Cuestionario de auto-avaliación 8.	P. 242, Actividade 32. Boletín 7 (ver Anexo VI). Boletín 8 (ver Anexo VI).
8	Volumetrías ácido-base.	Vídeo 9: Volumetrías. Cuestionario de auto-avaliación 9.	P. 242, Actividade 32. Boletín 9 (ver Anexo VI).
9	Práctica de laboratorio: volumetría ácido-base. ²⁴		P. 236.
10	Sesión de recapitulación e resolución de exercicios pendentes.		P. 241, Actividades 9 a 20. P. 243, Actividades 39, 43, 44, 45, 46, 47 e 48.
11	Proba final de avaliación.		Ver Anexo VIII.
12	Entrega das cualificacións, comentario dos resultados e aclaración de dúbidas.		

²³ As actividades indicadas corresponden á sección 6. *Reacciones ácido-base* do libro de texto empregado polo alumnado de Química de 2º de Bacharelato do centro de prácticas e titulado *Inicia Dual Química 2º Bachillerato* (Vidal Fernández e Peña Tresancos, 2016) e ás que se propoñen nos correspondentes boletíns que se inclúen no Anexo VI.

²⁴ Como á hora da gravación dos vídeos non se dispuña de materiais nin de acceso ao laboratorio, non se filmou un vídeo que aborde o procedemento da práctica de laboratorio para este traballo.

Anexo IV. Vídeos para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.

Miniatura do vídeo	Título do vídeo Descrición do vídeo Enlace ao vídeo	Duración
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 1: ¿Ácidos ou bases?</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste primeiro vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátanse os conceptos de ácidos e bases segundo dúas das principais teorías: a Teoría de Arrhenius e a Teoría de Brønsted-Lowry. Dentro desta última, explicaranse os conceptos de par ácido-base conxugada e o seu análogo par base-ácido conxugado, así como o concepto de anfótero. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/pvwdWyMBUFcsPWNX6</p> <p>https://youtu.be/xrChnEuVv6g</p>	09:47
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 2: Acidez e pH.</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste segundo vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátase o concepto de acidez e introdúcense as escalas de pH e pOH descritas por Søren Sørensen. Para isto, veranse a reacción de autoionización da auga e o produto iónico da auga. Ademais, determinarase se unha disolución é ácida, neutra ou básica en función tanto da concentración de oxonios, da concentración de hidroxilos, do pH e do pOH. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/bp9iwsKjHG3jg1Lr6</p> <p>https://youtu.be/n_KHTnAW-84</p>	09:54
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 3: ¿Quen é o máis forte?</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste terceiro vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátase a fortaleza relativa dos ácidos e das bases. Para isto, introduciranse a constante de acidez (K_a) e a constante de basicidade (K_b). Tamén se introducirán os conceptos de grao de ionización e de disociación e se falará dos ácidos polipróticos. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/rS2k9C2dYZPWyNZZ8</p> <p>https://youtu.be/eJHYWkB7QFg</p>	10:30
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 4: ¿Cal é o pH da disolución?</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste cuarto vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátase o cálculo numérico do pH dunha disolución. Para isto, englobaranse tódalas posibles situacións en catro casos xenéricos, segundo sexa unha disolución dun ácido forte, unha disolución dunha base forte, unha disolución dun ácido feble ou unha disolución dunha base feble. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/1E3RHvgDZwbSgmnH8</p> <p>https://youtu.be/txx4rEjz uw</p>	10:32
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 5: ¡Sales! ¡A hidrolizarse!</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste quinto vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátase a hidrólise de sales. Así, grazas á axuda de exemplos representativos, abordarase a determinación cualitativa do pH dunha disolución en función da sal disolta. Resumiranse tódalas posibles situacións en catro casos, segundo se os ións da sal proceden dun ácido forte e dunha base forte, dun ácido feble e unha base forte, dun ácido forte e dunha base feble ou dun ácido feble e dunha base feble. Neste último caso, introducirase o concepto de constante de hidrólise (K_h). Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/gk2cJstVXvNUN3wo8</p> <p>https://youtu.be/Pt5_jv_rBa4</p>	09:29

Miniatura do vídeo	Título do vídeo Descrición do vídeo Enlace ao vídeo	Duración
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 6: ¿Que temos en común?</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste sexto vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátase o efecto do ión común. Amosarase como afecta o principio de Le Châtelier a un equilibrio ácido-base. Para iso analizarase cualitativamente como se modifica tanto o grao de disociación ou o grao de ionización, como o pH ou o pOH en catro disolución, ao engadirilles un ácido ou unha base forte e ao engadirilles unha sal que teña algún ión común, segundo o caso. Para finalizar, tratarase o caso particular do efecto da variación do pH sobre o equilibrio de solubilidade dunha sal. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/WmLMMFFQFDJX947S9</p> <p>https://youtu.be/2X017Fo_feM</p>	11:56
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 7: Disolucións reguladoras do pH.</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste sétimo vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátanse as disolucións reguladoras do pH, tamén coñecidas como disolucións amortecedoras ou disolución tampón. Para iso, explicaranse a formación e os mecanismo de regulación do pH tanto das disolucións reguladoras ácidas como das disolucións reguladoras básicas. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/Rbo7hB11DWtPThHYA</p> <p>https://youtu.be/MJ-qyBR3zgc</p>	04:08
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 8: Indícame o pH.</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste oitavo vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátanse as formas de determinar o pH nun laboratorio, xa sexa cualitativamente, co emprego dos indicadores de pH ou dos papeis indicadores, como cuantitativamente, coa utilización de pH-metros. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/duYvDTyeZQbzyB3P9</p> <p>https://youtu.be/6HlyepRFNH0</p>	04:54
	<p>Unidade de reaccións ácido-base. Vídeo 9: Volumetrías.</p> <p>¡Ola estudante da química! Neste noveno e último vídeo da unidade de reaccións ácido-base trátanse as volumetrías. Para iso, amosaranse en que consiste unha acidimetría e unha alcalimetría. Ademais, levarase a cabo a explicación da resolución teórica dos exercicios numéricos desta parte da unidade. Ao finalizar o vídeo lémbrete de facer a tarefa de auto-avaliación que está dispoñible neste enlace: https://forms.gle/mjiEVmJ6mvLa24756</p> <p>https://youtu.be/HHC-Qg1gnncy</p>	07:52

Anexo V. Cuestionarios de auto-avaliación para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.

Listado dos cuestionarios de auto-avaliación.

Título	Enlace
1. ¿Ácido ou base?	https://forms.gle/pvwdWyMBUFcsPWNX6
2. Acidez e o pH.	https://forms.gle/bp9iwsKjHG3jg1Lr6
3. ¿Quen é o máis forte?	https://forms.gle/rS2k9C2dYZPWYnZZ8
4. ¿Cal é o máis forte?	https://forms.gle/1E3RHvgDZwbSgmnH8
5. ¡Sales! ¡A hidrolizarse!	https://forms.gle/gk2cJstVXvNUN3wo8
6. ¿Que temos en común?	https://forms.gle/WmLMMFFQFDJX947S9
7. Disolucións reguladoras do pH.	https://forms.gle/Rbo7hB11DWtPThHYA
8. Indícame o pH.	https://forms.gle/duYvDTyeZQbzyB3P9
9. Volumetrías.	https://forms.gle/mjiEVmJ6mvLa24756

Exemplos de cuestionarios de auto-avaliación.^{25, 26, 27}

1. ¿Ácido ou base?

1.- O ácido perclórico (HClO_4) compórtase como:

- un ácido segundo a teoría de Arrhenius.
- un ácido segundo a teoría de Brønsted-Lowry.
- as dúas respostas anteriores son correctas.
- tódalas respostas son falsas.

Resposta: c). O ácido perclórico (HClO_4) é unha substancia electricamente neutra capaz de ceder un protón e, polo tanto, compórtase como un ácido tanto segundo a teoría de Arrhenius como segundo a teoría de Brønsted-Lowry.

2.- O dihidróxido de bario ou $\text{Ba}(\text{OH})_2$ compórtase como:

- unha base segundo a teoría de Arrhenius.
- unha base segundo a teoría de Brønsted-Lowry.
- as dúas respostas anteriores son correctas.
- tódalas respostas son falsas.

²⁵ Dado que a materia de Química de 2º de Bacharelato impártese en castelán seguindo o establecido no Decreto 79/2010, de 20 de maio, para o plurilingüismo na ensinanza non universitaria de Galicia (Consellería de Educación e Ordenación Universitaria, 2010), os cuestionarios de auto-avaliación facilitaríanse en castelán.

²⁶ Para non superar en demasía o número de páxinas do TFM, neste Anexo V só se transcriben para facilitar a súa consulta dous dos nove cuestionarios de auto-avaliación elaborados, podendo consultar o resto dende os correspondentes enlaces que se indican en cada caso.

²⁷ As posibles respostas ás cuestións creadas cos formularios Google (dispoñibles en liña a través dos enlaces indicados), poden aparecer nunha orde diferente da recollida neste Anexo V xa que, durante a súa elaboración, seleccionouse a posibilidade de “ordenar as opcións aleatoriamente”.

Resposta: c). O dihidróxido de bario ou $\text{Ba}(\text{OH})_2$ é unha substancia electricamente neutra que, ao disolverse na auga, libera anións hidroxilo e, polo tanto, compórtase como unha base tanto segundo a teoría de Arrhenius como segundo a teoría de Brønsted-Lowry.

3.- O amoníaco (NH_3) compórtase como:

- a) unha base segundo a teoría de Arrhenius.
- b) un base segundo a teoría de Brønsted-Lowry.
- c) as dúas respostas anteriores son correctas.
- d) tódalas respostas son falsas.

Resposta: b). O amoníaco (NH_3) é unha substancia capaz de captar protóns (aumentando a proporción de hidroxilos no medio), polo que se comporta como unha base segundo a teoría de Brønsted-Lowry. Esta base non entra dentro da teoría de Arrhenius porque non libera hidroxilos ao disolverse na auga.

4.- O hidroxeno sulfato (HSO_4^-) compórtase como:

- a) un ácido segundo a teoría de Arrhenius.
- b) un ácido segundo a teoría de Brønsted-Lowry.
- c) un base segundo a teoría de Brønsted-Lowry.
- d) un ácido ou unha base, segundo a teoría de Brønsted-Lowry e en función da substancia á que se enfrente.

Resposta: d). O hidroxeno sulfato (HSO_4^-) é unha substancia anfótera ou anfiprótica, polo que ten a capacidade tanto de ceder un protón e comportarse como un ácido segundo a teoría de Brønsted-Lowry (formaríase o ácido sulfúrico, H_2SO_4 , que sería o ácido conxugado), como de captar un protón e comportarse como unha base de Brønsted-Lowry (formaríase o anión sulfato, SO_4^{2-} , que sería a base conxugada). A teoría de Arrhenius non considera que o hidroxeno sulfato (HSO_4^-) sexa un ácido, aínda que poda ceder un protón, xa que non é un electrólito neutro.

5.- O ácido conxugado do hidróxencarbonato (HCO_3^-) é:

- a) o ácido carbónico (H_2CO_3).
- b) o anión carbonato (CO_3^{2-}).
- c) a H_2O , porque lle cede un protón.
- d) a H_2O , da que capta un protón.

Resposta: a). Se o hidróxencarbonato (HCO_3^-) se comporta coma unha base, capta un protón e xera o ácido carbónico (H_2CO_3), que será o correspondente ácido conxugado.

6.- A base conxugada do hidróxencarbonato (HCO_3^-) é:

- a) o ácido carbónico (H_2CO_3).
- b) o anión carbonato (CO_3^{2-}).
- c) a H_2O , porque lle cede un protón.
- d) a H_2O , da que capta un protón.

Resposta: b). Se o hidróxencarbonato (HCO_3^-) se comporta como un ácido, cede un protón e xera o anión carbonato (CO_3^{2-}), que será a correspondente base conxugada.

2. A acidez e o pH.

1.- Nunha disolución acuosa dun ácido:

- a) o pH da disolución é maior de 7.
- b) o produto $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ vale sempre 10^{-14} , independentemente da temperatura.
- c) a concentración de hidroxilos é maior a 10^{-7} M.
- d) a concentración de oxonios é maior a 10^{-7} M.

Resposta: d). Mentres que nunha disolución neutra a 25 °C cúmprese que: $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ M, nunha disolucións dun ácido $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$. Por tanto, a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ é maior de 10^{-7} M e o pH será menor de 7.

2.- Se nunha disolución aumentas a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ (concentración de oxonios):

- a) o pH aumenta.
- b) o pH diminúe.
- c) o pOH diminúe.
- d) varía o produto iónico da auga.

Resposta: b). Como $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$, ao aumentar a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ o pH diminúe. Por iso, unha disolución ácida ten un $\text{pH} < 7$ cando a $[\text{H}_3\text{O}^+] > 10^{-7}$ M.

3.- Se nunha disolución aumentas a $[\text{OH}^-]$ (concentración de hidroxilos):

- a) o pH aumenta.
- b) o pH diminúe.
- c) o pOH aumenta.
- d) varía o produto iónico da auga.

Resposta: a). Dúas posibles formas de xustificalo:

- Como o produto iónico da auga no equilibrio permanece constante, se aumentas a $[\text{OH}^-]$, a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ diminúe. Como $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$, ao diminuír a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ o pH aumenta. Por iso, unha disolución básica ten un $\text{pH} > 7$ cando a $[\text{H}_3\text{O}^+] < 10^{-7}$ M.
- Como $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$, ao aumentar a $[\text{OH}^-]$ o pOH diminúe. Por outra parte, como $\text{pH} + \text{pOH} = 14$, se pOH diminúe, o pH aumenta.

4.- Se nunha disolución diminúes a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ (concentración de oxonios):

- a) o pOH aumenta.
- b) o pOH diminúe.
- c) o pH diminúe.
- d) varía o produto iónico da auga.

Resposta: b). Dúas posibles formas de xustificalo:

- Como o produto iónico da auga no equilibrio permanece constante, se diminúes a $[H_3O^+]$, a $[OH^-]$ aumenta. Como $pOH = -\log [OH^-]$, ao aumentar a $[OH^-]$ o pOH diminúe. Por iso, unha disolución básica ten un $pH > 7$ cando a $[H_3O^+] < 10^{-7}$ M.
- Como $pH = -\log [H_3O^+]$, ao diminuír a $[H_3O^+]$ o pH aumenta. Por outra parte, como $pH + pOH = 14$, se pH aumenta, o pOH diminúe.

5.- Se nunha disolución diminúe $[OH^-]$ (concentración de oxonios):

- a) o pOH aumenta.
- b) o pOH diminúe.
- c) o pH aumenta.
- d) varía o produto iónico da auga.

Resposta: a). Como $pOH = -\log [OH^-]$, ao diminuír a $[OH^-]$ o pOH aumenta. Por iso, unha disolución básica ten un $pOH > 7$ cando a $[OH^-] < 10^{-7}$ M.

6.- Se a $[OH^-] = 10^{-9}$ M:

- a) o medio é básico.
- b) o $pH = 9$.
- c) o $pH = 5$ e $pOH = 9$.
- d) o $pH = 9$ e $pOH = 5$.

Resposta: c). $pOH = -\log [OH^-] = -\log (10^{-9}) = 9$; $pH = 14 - pOH = 5$.

Anexo VI. Boletíns para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.^{28, 29}

Listado de boletíns.

Título	Enlace
Boletín 1. Concepto de ácido-base.	https://drive.google.com/file/d/1-Lpfa7p3a2jzRHhNjC2gK893a0Jl_isb/view?usp=drivesdk
Boletín 2. Concepto de pH. ³⁰	https://drive.google.com/file/d/1-MPeRHa35wqh3NEvfLhX0Whjgt-7n-L/view?usp=drivesdk
Boletín 3. Fortaleza relativa dos ácidos e das bases.	https://drive.google.com/file/d/1-ibeW6Nh6yLds7Q_3waGP_Q6bbKgL6Ri/view?usp=drivesdk
Boletín 4. Cálculo do pH de disolucións.	https://drive.google.com/file/d/1-fhHkL8k2DSutnavoJgynUmlIEbczTb4/view?usp=drivesdk
Boletín 5. Estudo cualitativo da hidrólise de sales.	https://drive.google.com/file/d/1-SZJNminYwzwhDpyQaLaCR7NhnB3wBE4/view?usp=drivesdk
Boletín 6. Influencia no pH e no grao de ionización.	https://drive.google.com/file/d/1-kfKVXq9ZiGjaDR6mOu5jpdLoKR22EGP/view?usp=drivesdk
Boletín 7. Estudo cualitativo das disolucións reguladoras de pH. ³¹	https://drive.google.com/file/d/1-Vd-My9q9dc59XIBV2JB97Vw-27-yCg7/view?usp=drivesdk
Boletín 8. Indicadores e medidores de pH. ³⁰	https://drive.google.com/file/d/1-ewQdICU3xx4JPNVlczZSSWQnkJ4weIM/view?usp=drivesdk
Boletín 9. Valoracións ácido-base.	https://drive.google.com/file/d/1-fJRkJtWKCTogn_sJUHz47J1MIXtnv/view?usp=drivesdk

²⁸ Dado que a materia de Química de 2º de Bacharelato impártese en castelán seguindo o establecido no Decreto 79/2010, de 20 de maio, para o plurilingüismo na ensinanza non universitaria de Galicia (Consellería de Educación e Ordenación Universitaria, 2010), os boletíns entregaríanse en castelán.

²⁹ Para este TFM axúntanse os boletíns resoltos.

³⁰ Nas probas das PAAU, PAU e ABAU consultadas non se atoparon exercicios sobre estes contidos illados, senón que forman parte de preguntas máis extensas. Por tanto, as actividades propostas simplemente son alternativas ás do libro de texto.

³¹ A actividade proposta neste boletín corresponde a unha proba de Selectividade xa que nas probas das PAAU, PAU e ABAU consultadas non se atoparon exercicios sobre este contido. Obtívose de: *Tema 6. Equilibrios ácido-base* do libro *Química. Segundo Curso de Bacharelato* (Domínguez Real, 2001, p. 178).

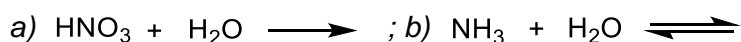
Exemplos de boletíns.³²

Boletín 1. Concepto de ácido-base.

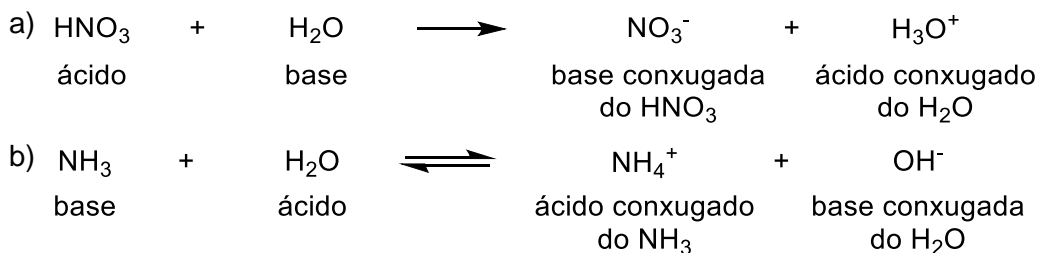
Teoría de Arrhenius	<p>Ácido: substancia neutra que, ao disolverse na auga, libera protóns.</p> $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$
	<p>Base: substancia neutra que, ao disolverse na auga, libera hidroxilos.</p> $\text{B(OH)} \rightleftharpoons \text{B}^+ + \text{OH}^-$
Teoría de Brønsted-Lowry	<p>Ácido: substancia capaz de ceder protóns.</p> $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$
	<p>Base: substancia capaz de captar protóns.</p> $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HB}^+ + \text{OH}^-$

ABAU xuño 2018

1.- Completa as seguintes reaccións e identifica os pares conxugados ácido-base.



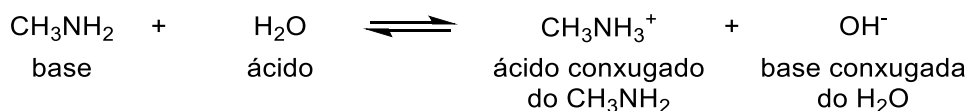
Resposta:



PAU xuño 2015

2.- A metilamina en disolución acuosa compórtase como unha base feble, de forma similar ao amoníaco. Escribe a reacción e indica os pares ácido/base conxugados.

Resposta:



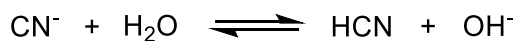
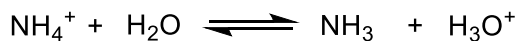
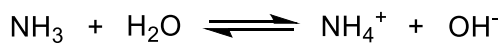
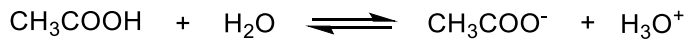
³² Para non superar en demasía o número de páxinas do TFM, neste Anexo VI só se transcriben para facilitar a súa consulta dous dos nove boletíns elaborados, podendo consultar o resto dende os correspondentes enlaces que se indican en cada caso.

3.- a) *Escrebe as reaccións de disociación en auga, segundo o modelo de Brønsted-Lowry, das seguintes especies químicas: CH₃COOH, NH₃, NH₄⁺ e CN⁻.*

b) *Indica os pares ácido/base conxugados.*

Resposta:

a)



b)

CH₃COOH/CH₃COO⁻: ácido/base conxugada. H₂O/H₃O⁺: base/ácido conxugado.

NH₃/NH₄⁺: base/ácido conxugado. H₂O/OH⁻: ácido/base conxugada.

NH₄⁺/NH₃: ácido/base conxugado. H₂O/H₃O⁺: base/ácido conxugado.

CN⁻/HCN: base/ácido conxugado. H₂O/OH⁻: ácido/base conxugada.

4.- *Indica, segundo a teoría de Brønsted-Lowry, cal ou cales das seguintes especies poden actuar soamente como ácido, soamente como base e como ácido e base. Escrebe as correspondentes reaccións ácido-base.*

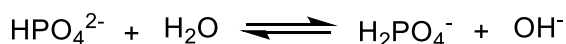
a) CO₃²⁻, b) HPO₄²⁻, c) H₃O⁺ e d) NH₄⁺.

Resposta:

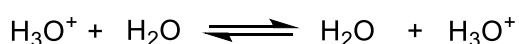
a) CO₃²⁻ só pode captar protóns. Por tanto comportarase como unha base de Brønsted-Lowry. $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$

b) HPO₄²⁻ pode ceder o protón que lle queda. Nese caso comportarase como un ácido de Brønsted-Lowry. $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_3\text{O}^+$

HPO₄²⁻ pode captar protóns. Nese caso comportarase como unha base de Brønsted-Lowry.



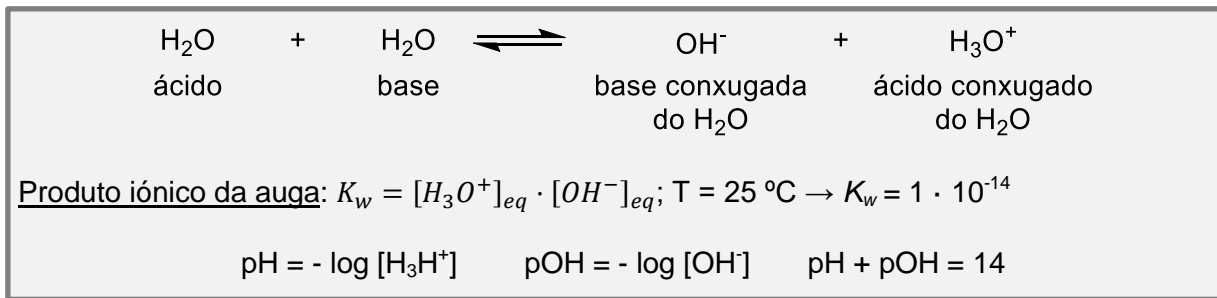
c) H₃O⁺ pode ceder un protón. Por tanto, comportarase como un ácido de Brønsted-Lowry.



d) NH₄⁺ pode ceder un protón. Por tanto, comportarase como un ácido de Brønsted-Lowry.



Boletín 2. Unidade reacción ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato. Medida de acidez. Concepto de pH.



1.- A 25 ° C o pH dunha disolución é 4,6. Calcula a concentración de ións oxonio, a concentración de ións hidroxilo e o pOH da disolución.

Resposta:

$$\text{pH} = -\log ([\text{H}_3\text{O}^+]) \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4,6} = 2,51 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

- Primeira forma:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{2,51 \cdot 10^{-5}} = 3,98 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log ([\text{OH}^-]) = -\log 3,98 \cdot 10^{-10} = 9,4$$

- Segunda forma (alternativa):

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 4,6 = 9,4$$

$$\text{pOH} = -\log ([\text{OH}^-]) \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-9,4} = 3,98 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

2.- Contesta razoadamente: ¿cal é o pH de 100 mL de auga destilada?

Resposta:

Como se trata de auga destilada a $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = x$.

Ademais, como a 25 °C $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} \cdot [\text{OH}^-]_{eq} = 1 \cdot 10^{-14}$, pódese escribir que:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} \cdot [\text{OH}^-]_{eq} = x \cdot x = x^2 = 1 \cdot 10^{-14}$$

$$x = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) = -\log(1 \cdot 10^{-7}) = 7$$

O pH de 100 mL de auga destilada será 7, é dicir, será neutro.

Anexo VII. Proposta de rúbrica para a avaliación da unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.

Estándares de aprendizaxe avaliáveis	Comp. Clave	Excelente	Satisfactorio	En proceso	Non acadado
2.1. Xustifica o comportamento ácido ou base dun composto aplicando as teorías de Arrhenius e de Brønsted-Lowry. 2.2. Identifica os pares de ácido-base conxugada. 2.3. Identifica substancias con comportamento anfótero.	CMCCT CCL CAA	É capaz de explicar tódalas limitación da teoría ácido-base de Arrhenius coa teoría de Brønsted-Lowry. Non comete erros ao relacionar os pares ácido-base conxugados, incluso en substancias anfóteras.	Comete algún erro ao identificar os pares ácido-base conxugados.	Identifica correctamente unha substancia illada como ácido ou base segundo algunha das teorías.	Confunde as teorías de Arrhenius e de Brønsted-Lowry.
3.1. Manexa a K_w da auga. 4.1. Calcula o pH dunha disolución coñecendo a $[H_3O^+]$, a $[OH^-]$ ou o pOH.	CMCCT CAA	Calcula sen erro o pH e pOH dunha disolución a partir da $[H_3O^+]$ e da $[OH^-]$ e o interpreta ben.	Calcula a $[H_3O^+]$ e $[OH^-]$ dunha disolución pero comete erros ao calcular e interpretar o pH.	Coñece a autoionización da auga pero non relaciona a K_w con esa constante de equilibrio.	Non coñece o proceso de autoionización da auga.
7.1. Identifica o carácter ácido, neutro ou básico dunha disolución e a fortaleza ácido-base de distintas disolucións segundo o tipo de composto disolto nelas. 7.2. Determina teoricamente o valor do pH das mesmas.	CMCCT CAA	Resolve correctamente calquera cuestión relacionada coa disociación dun ácido ou base, independentemente da información da que se parta.	Ao analizar o equilibrio de disociación de ácidos ou bases comete algún erro de cálculo, por exemplo, porque non interpreta o grao de disociación ou non realiza as simplificacións necesarias.	Formula o equilibrio de disociación dun ácido ou dunha base pero só pode calcular o pH coñecendo a concentración de ácido (ou base) e a K_a (ou K_b).	Non é quen de formular o equilibrio de disociación dun ácido ou dunha base.
8.1. Predí o comportamento ácido-base dunha sal disolta en auga aplicando o concepto de hidrólise, escribindo os procesos intermedios e equilibrios que teñen lugar. 8.2. Xustifica o pH resultante da disolución.	CMCCT CCL CAA	Non comete erros ao xustificar o pH resultante da disolución para cada tipo de sal.	Formula os equilibrios de hidrólise dos ións dunha sal pero comete algúns erros ao xustificar o pH resultante da disolución.	Comprende o comportamento ácido-base dunha sal pero non é capaz de formular os equilibrios ácido-base.	Non recoñece o comportamento ácido-base das sales.
9.1. Xustifica a variación no pH e no grao de disociación ou ionización dunha especie cando se engade outra que aporte un ión común. 9.2. Analiza o efecto do pH sobre o equilibrio de solubilidade dun composto pouco soluble.	CMCCT CCL CAA	Analiza a influencia dun ión común no equilibrio ácido-base e xustifica, sen erros, as consecuencias desa adición na concentración das distintas especies presentes no medio.	Formula o equilibrio ácido-base dunha substancia á que se engadiu outra que aporta un ión común, pero comete algún erro na xustificación das consecuencias que ten esa adición na concentración dos ións presentes no medio.	Identifica o ión común que interfere nun determinado equilibrio ácido-base pero non é capaz de formular a súa importancia de forma cualitativa.	Non é capaz de comprender o efecto dun ión común no equilibrio ácido-base dunha substancia disolta.
10.1. Selecciona conxuntos de substancias coas que elaborar unha disolución reguladora. 10.2. Predí o comportamento das disolucións reguladoras de pH ao engadir ácidos ou bases a estas, establecendo os mecanismos polo que a disolución reguladora mantén o pH.	CMCCT CCL CAA	Sabe como preparar unha disolución reguladora. Coñece os mecanismos cos que regula o pH.	É capaz de elixir as substancias idóneas para elaborar unha disolución reguladora, pero comete erros ao analizar os mecanismos con que regula o pH.	Coñece a existencia das disolucións reguladoras e a súa utilidade, pero é incapaz de elixir as substancias.	Descoñece que é unha disolución reguladora.
12.1. Describe o procedemento para realizar unha volumetría ácido-base dunha concentración descoñecida, realizando os cálculos necesarios.	CMCCT CCL CAA	Deseña sen ningunha dificultade o procedemento para levar a cabo unha volumetría de forma experimental. Realiza os cálculos correctamente.	Deseña a experiencia de laboratorio para levar a cabo unha volumetría, pero comete algún erro na elección dalgún material ou no seu manexo.	Pode facer os cálculos resultantes dunha volumetría, pero no é capaz de deseñar a experiencia de laboratorio que permita levala a cabo.	Descoñece o que representa unha volumetría.

Anexo VIII. Proposta de proba de avaliación final para a unidade didáctica de reaccións ácido-base da materia de Química de 2º de Bacharelato.^{33, 34}

Instrucións para realizar o exame:

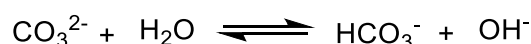
- Este exame é unha mostra do coñecemento que posúes no momento actual.
- As preguntas están formuladas en base ao visto na clase.
- Le ben os enunciados e responde ao que se pregunta.
- Se notas que o enunciado está mal formulado ou xórdeche algunha dúbida, pregunta.
- Non esquezas poñer as unidades nos resultados sempre que sexa necesario.
- As cuestións son común para tódolos exames.
- No apartado de problemas podes escoller ou os 3 problemas do apartado A ou os 3 problemas do apartado B. O grao de dificultade de cada opción é similar.
- A maiores, hai un exercicio extra que ten un punto adicional.
- Confía nos coñecementos que adquiriches e no teu traballo. ¡Ánimo!

Cuestións

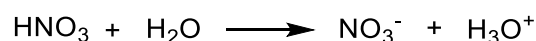
1.- Para cada unha das seguintes especies: CO_3^{2-} , HNO_3 , NH_3 e HF :

a) *Escribe a reacción ou o equilibrio ácido-base que se produce ao disolver cada unha delas en auga. Indica de forma razoada para cada caso se a disolución resultante será ácida, neutra ou básica. Indica tamén se o pH da disolución será menor, igual ou maior a 7. (1,5 puntos)*

Resposta:



A disolución resultante é básica xa que a $[\text{OH}^-]$ aumenta. O $\text{pH} > 7$.



A disolución resultante é ácida xa que a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ aumenta. O $\text{pH} < 7$.



A disolución resultante é básica xa que a $[\text{OH}^-]$ aumenta. O $\text{pH} > 7$.



A disolución resultante é ácida xa que a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ aumenta. O $\text{pH} < 7$.

³³ Dado que a materia de Química de 2º de Bacharelato impártese en castelán seguindo o establecido no Decreto 79/2010, de 20 de maio, para o plurilingüismo na ensinanza non universitaria de Galicia (Consellería de Educación e Ordenación Universitaria, 2010), a proba de avaliación realizaríase en castelán.

³⁴ Para este TFM axúntase a proposta de proba de avaliación resolta.

b) En cada unha das reaccións anteriores identifica os pares ácido-base conxugado que existan e sinala que especie se comporta como ácido e cal como base. Indica tamén o comportamento da auga en cada reacción. (0,5 puntos)

Resposta:

$\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$: base/ácido conxugado.

$\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$: ácido/base conxugada.

$\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$: ácido/base conxugada.

$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_3\text{O}^+$: base/ácido conxugado.

$\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$: base/ácido conxugado.

$\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$: ácido/base conxugada.

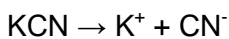
HF/F^- : ácido/base conxugada.

$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_3\text{O}^+$: base/ácido conxugado.

2.- a) Xustifica o carácter ácido, neutro ou básico dunha disolución acuosa de KCN. Para axudarte, indica se cada un dos ións sufrirá ou non hidrólise en auga. Dato: $K_a(\text{HCN}) = 4,9 \cdot 10^{-10}$. (1 punto)

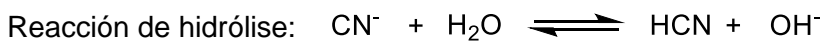
Resposta:

KCN é unha sal procedente dunha base forte (KOH) e un ácido feble (HCN).



O ión K^+ , como procede dunha base forte (KOH), é un ácido conxugado feble, polo que non sufrirá hidrólise.

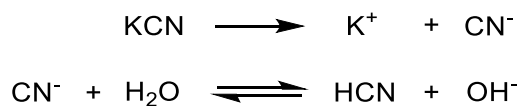
O ión CN^- , como procede dun ácido feble (HCN), é unha base conxugada relativamente forte que sufrirá hidrólise:



Polo tanto, a disolución acuosa de KCN terá un pH básico.

b) Indica como afectará ao grao de disociación do KCN o engadir: un ácido como HClO_4 , unha base como $\text{Mg}(\text{OH})_2$, unha sal como NaCN ou unha sal como NaCl. (1 punto)

Resposta:



- Ao engadir un ácido forte como o ácido perclórico (HClO_4) xéranse ións oxonio (H_3O^+) que reaccionan cos ións hidroxilos (OH^-) orixinados polo CN^- e se forma auga. Como se consomen os OH^- , o equilibrio de hidrólise do CN^- desprázase cara a dereita segundo o Principio de Le Châtelier e se consome o CN^- . Isto provoca que a sal de KCN se disocie máis. Polo tanto, ao engadir un ácido forte como o HClO_4 aumenta o grao de disociación do KCN.

Proposta de intervención para Química de 2º de Bacharelato baseada na “clase invertida”

- Ao engadir unha base forte como o hidróxido de magnesio $[Mg(OH)_2]$ xéranse ións hidroxilos (OH^-) e, polo Principio de Le Châtelier, o equilibrio de hidrólise desprázase cara a esquerda, orixinando máis CN^- . Isto provoca que a disociación da sal KCN diminúa. Polo tanto, ao engadir unha base forte como o $Mg(OH)_2$ diminúe o grao de disociación do KCN.
- Ao engadir a sal NaCN, esta dissociarase na auga: $NaCN \rightarrow Na^+ + CN^-$. Desta forma, increméntase a concentración de anións CN^- na disolución. Como se trata dun anión que procede dun ácido feble (HCN), os anións CN^- comportaranse como unha base relativamente forte e darán lugar a hidrólise. Polo tanto, estes anións non afectarán á cantidade que se disocia da sal KCN. Engadir unha sal como NaCN non afecta ao grao de disociación de KCN, que permanecerá constante.
- Engadir unha sal como NaCl non afectará ao grao de disociación do KCN xa que non se disocia en ningún ión que dea lugar ao efecto do ión común nin ningún dos ións da sal NaCl produce hidrólise en auga [non afecta á concentración de ións oxonio (H_3O^+) nin á de ións hidroxilos (OH^-)]. Polo tanto, engadir unha sal como NaCl á disolución de KCN non afecta ao grao de disociación de KCN.

3.- Das seguintes substancias: HCl, NaCl, $NaCH_3COO$, NaOH e CH_3COOH , indica cales empregarías para preparar unha disolución reguladora. Ademais, comenta como actuaría dita disolución reguladora se: a) se lle engadise HCl; b) se se lle engadise NaOH. (1 punto)

Resposta:

CH_3COOH/CH_3COO^- : disolución reguladora ácida.

- Se se engade HCl: $HCl + CH_3COO^- \rightarrow Cl^- + CH_3COOH$

O HCl reaccionará coa especie básica da disolución reguladora, o CH_3COO^- (anión acetato). Como resultado aumenta a concentración do ácido feble (CH_3COOH), pero a concentración de H_3O^+ apenas variará, polo que o pH manterase constante.

- Se se engade NaOH: $NaOH + CH_3COOH \rightarrow Na^+ + CH_3COO^- + H_2O$

O NaOH reaccionará coa especie ácida da disolución reguladora, o CH_3COOH (ácido acético). Como resultado aumenta a concentración de sal ($NaCH_3COO$), pero a concentración OH^- apenas variará, polo que o pH manterase constante.

Problemas opción A:

1.- a) *Calcula $[H_3O^+]$, $[OH^-]$ e o pH dunha disolución que ten un $pOH = 8,3$. Dato: considera $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$. (0,6 puntos)*

Resposta:

$$pOH = -\log([OH^-]) \rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-8,3} = 5,0 \cdot 10^{-9}\text{ M}$$

- Primeira forma:

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{5,0 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^{-6}\text{ M}$$

$$pH = -\log([H_3O^+]) = -\log 2 \cdot 10^{-6} = 5,7$$

- Segunda forma (alternativa):

$$pH = 14 - pOH = 14 - 8,3 = 5,7$$

$$pH = -\log([H_3O^+]) \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-5,7} = 2,0 \cdot 10^{-6}\text{ M}$$

b) *Se aumenta a concentración de $[OH^-]$, ¿o pOH aumentará ou diminuirá? E o pH ¿aumentará ou diminuirá? (0,4 puntos)*

Resposta:

Ao aumentar a $[OH^-]$ o pOH diminuirá, xa que $pOH = -\log([OH^-])$.

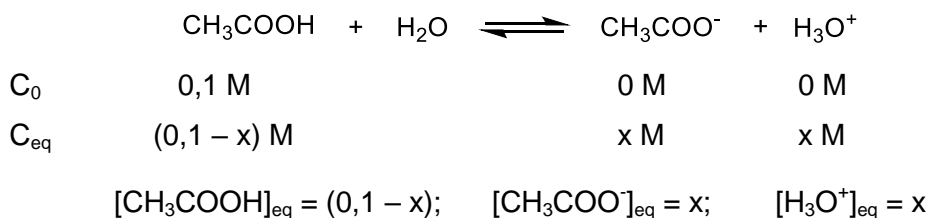
Como ao aumentar a $[OH^-]$ o pOH descende, o pH aumentará, xa que: $pH = 14 - pOH$.

Outra forma de velo sería: como no equilibrio o produto iónico da auga é constante ($K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = \text{constante}$), se aumenta a $[OH^-]$ implica que diminuirá a $[H_3O^+]$. Por tanto, como $pH = -\log([H_3O^+])$, se descende a $[H_3O^+]$, o pH aumentará.

2.- *Unha disolución acuosa contén 0,1 moles por litro de ácido acético (ácido etanoico) e presenta un grao de disociación de $1,33 \cdot 10^{-2}$.*

a) *Escribe a reacción de disociación e calcula a concentración molar de cada unha das especies existentes na disolución unha vez alcanzado o equilibrio. (2 puntos)*

Resposta:



$$K_a = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{x \cdot x}{0,1 - x}$$

A partir do grao de disociación (α) pódese determinar a cantidade que se ioniza (x):

$$\alpha = \frac{x}{C_0} \rightarrow x = \alpha \cdot C_0 = 1,33 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1 = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Polo tanto, a concentración molar de cada especie no equilibrio será:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{eq}} = 0,1 - 1,33 \cdot 10^{-3} = 0,09867 \text{ mol/L}$$

$$[\text{ClCH}_2\text{COO}^-]_{\text{eq}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

b) *Calcula a K_a do ácido acético, o pH e o pOH da disolución. (1 punto)*

Resposta:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{1,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,33 \cdot 10^{-3}}{0,1 - 1,33 \cdot 10^{-3}} = 1,79 \cdot 10^{-5}$$

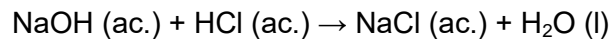
$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,33 \cdot 10^{-3} = 2,88$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 2,88 = 11,12$$

3.- *Na valoración de 25,0 mL dunha disolución de hidróxido de sodio gástanse 22,1 mL dunha disolución de ácido clorhídrico de concentración 0,1 mol/L.*

a) *Escribe a reacción que ten lugar e calcula a concentración molar da disolución da base. (0,5 puntos)*

Resposta:



$$C = n/V \rightarrow n = C \cdot V = 0,1 \cdot 22,1 \cdot 10^{-3} = 22,1 \cdot 10^{-4} \text{ moles de HCl}$$

Como por cada mol de HCl reacciona un mol de NaOH:

$$22,1 \cdot 10^{-4} \text{ moles de HCl} \cdot \frac{1 \text{ mol de NaOH}}{1 \text{ mol de HCl}} = 22,1 \cdot 10^{-4} \text{ moles de NaOH}$$

Como preguntan pola concentración da disolución de NaOH:

$$C = n/V = \frac{22,1 \cdot 10^{-4}}{25 \cdot 10^{-3}} = 0,0884 \text{ mol/L} \rightarrow [\text{NaOH}] = 0,0884 \text{ mol/L}$$

b) *Xustifica se o pH no punto de equivalencia será ácido, neutro ou básico. (0,5 puntos)*

Resposta:

Como se trata da valoración dunha base forte cun ácido forte (alcalimetría), no punto de equivalencia a concentración de ións hidroxilos ou hidroxilos (OH^-) que proceden da base forte será igual que a concentración de ións oxonios (H_3O^+) que proceden do ácido forte. Por tanto, o pH no punto de equivalencia será neutro.

Problemas opción B

1.- a) Calcula $[H_3O^+]$, $[OH^-]$ e o pOH dunha disolución que ten un pH = 3,8. (0,6 puntos)

Resposta:

$$pH = -\log([H_3O^+]) \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,8} = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

- Primeira forma:

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,58 \cdot 10^{-4}} = 6,33 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

$$pOH = -\log([OH^-]) = -\log 6,33 \cdot 10^{-11} = 10,2$$

- Segunda forma (alternativa):

$$pOH = 14 - pH = 14 - 3,8 = 10,2$$

$$pOH = -\log([OH^-]) \rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-10,2} = 6,31 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

b) Se aumenta a concentración de $[H_3O^+]$, ¿o pH aumentará ou diminuirá? E o pOH ¿aumentará ou diminuirá? (0,4 puntos)

Resposta:

Ao aumentar a $[H_3O^+]$ o pH diminuirá, xa que $pH = -\log([H_3O^+])$

Como ao aumentar a $[H_3O^+]$ o pH descende, o pOH aumentará, xa que: $pOH = 14 - pH$.

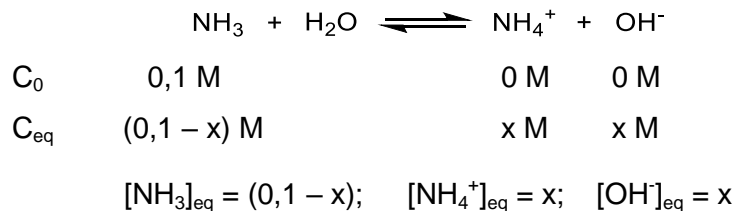
Outra forma de velo sería: como no equilibrio o produto iónico da auga é constante ($K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = \text{constante}$), se aumenta a $[H_3O^+]$ implica que diminuirá a $[OH^-]$. Por tanto, como $pOH = -\log([OH^-])$, se descende a $[OH^-]$, o pOH aumentará.

2.- Dispoñemos dunha disolución acuosa de amoníaco de concentración 0,1 mol/L.

a) Escribe a reacción de disociación e calcula a concentración molar de cada unha das especies existentes na disolución unha vez se alcance o equilibrio.

Dato: $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$. (2 puntos)

Resposta:



$$K_b = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_3]} = \frac{x \cdot x}{0,1 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Este problema poderíase resolver de dúas formas:

- Sen simplificar:

Ao desenvolver a ecuación anterior chégase á seguinte expresión:

$$x^2 + 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot x - 1,8 \cdot 10^{-5} = 0$$

Para resolver esta ecuación de segundo grao aplícase:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Despois de realizar as operacións matemáticas obtéranse dous posibles resultados para x:

$$x = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$x = -1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L (descártase por ser un valor negativo)}$$

Polo tanto, a concentración molar de cada especie no equilibrio será:

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = 0,1 - 1,33 \cdot 10^{-3} = 0,09867 \text{ mol/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{eq}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

- Simplificando:

Como a concentración inicial de base (C_0) é máis de tres ordes de magnitude superior á constante de basicidade (K_b) ($0,1 \gg 10^{-5}$), a cantidade que se ioniza de base (x) é moi pequena en comparación coa concentración inicial (C_0). Por tanto, pódese considerar que: $C_0 - x \approx C_0$.

Se se ten en conta esta simplificación, a expresión anterior de K_b pódese escribir como:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x \cdot x}{0,1 - x} \approx \frac{x^2}{0,1} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Desta forma: } x = \sqrt{0,1 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}} = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Polo tanto, a concentración molar de cada especie no equilibrio será:

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = 0,1 - 1,34 \cdot 10^{-3} = 0,09866 \text{ mol/L}$$

$$[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{eq}} = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

- b) Calcula o pH e o pOH da disolución. Ademais, calcula o grao de disociación do amoníaco. (1 punto)

Resposta:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} \quad \alpha = \frac{x}{C_0}$$

Sen simplificar:

$$\text{pOH} = 2,88$$

$$\text{pH} = 11,12$$

$$\alpha = 0,0133$$

Simplificando:

$$\text{pOH} = 2,87$$

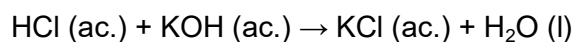
$$\text{pH} = 11,13$$

$$\alpha = 0,0134$$

3.- Na valoración de 25,0 mL dunha disolución de ácido clorhídrico gástanse 22,1 mL dunha disolución de hidróxido de potasio de concentración 0,1 mol/L.

a) Escribe a reacción que ten lugar e calcula a concentración molar da disolución do ácido. (0,5 puntos)

Resposta:



$$C = n/V \rightarrow n = C \cdot V = 0,1 \cdot 22,1 \cdot 10^{-3} = 22,1 \cdot 10^{-4} \text{ moles de NaOH}$$

Como por cada mol de NaOH reacciona un mol de HCl:

$$22,1 \cdot 10^{-4} \text{ moles de NaOH} \cdot \frac{1 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de NaOH}} = 22,1 \cdot 10^{-4} \text{ moles de HCl}$$

Como preguntan pola concentración de HCl:

$$C = n/V = \frac{22,1 \cdot 10^{-4}}{25 \cdot 10^{-3}} = 0,0884 \text{ mol/L} \rightarrow [\text{HCl}] = 0,0884 \text{ mol/L}$$

b) Xustifica se o pH no punto de equivalencia será ácido, neutro ou básico. (0,5 puntos)

Resposta:

Como se trata da valoración dun ácido forte cunha base forte (acidimetría), no punto de equivalencia a concentración de ións oxonios (H_3O^+) que proceden do ácido forte será igual que a concentración de ións hidroxilos (OH^-) que proceden da base forte. Por tanto, o pH no punto de equivalencia será neutro.

Punto extra

¿Como obterías a relación entre pH e pOH a partir do produto iónico da auga?

Dato: considera $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$. (1 punto)

Resposta:

A $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, o produto iónico da auga é:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$$

Se se aplican logaritmos decimais a cada membro da expresión anterior obtense a seguinte expresión:

$$\log ([\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]) = \log (1,0 \cdot 10^{-14})$$

Como o logaritmo dun produto é igual á suma dos logaritmos, pódese escribir:

$$\log ([\text{H}_3\text{O}^+]) + \log ([\text{OH}^-]) = \log (1,0 \cdot 10^{-14})$$

Se se cambia o signo a tódolos membros da igualdade:

$$-\log ([\text{H}_3\text{O}^+]) - \log ([\text{OH}^-]) = -\log (1,0 \cdot 10^{-14})$$

Se se substitúen as expresións de $\text{pH} = -\log ([\text{H}_3\text{O}^+])$ e $\text{pOH} = -\log ([\text{OH}^-])$, obtense:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$