

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

# **Aprendizaje del proceso osmótico mediante un caso práctico simulado con peces y algas**

---

**Learning the osmotic process  
through a simulated practical  
case with fish and algae**



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y  
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas

**19 de junio de 2019**

**Directores:** M Rut Jiménez Liso y Francisco J. Castillo Hernández

**Alumno:** Luis Delgado Mayoral  
**Especialidad:** Biología y Geología

**Agradecimientos:**

En primer lugar quiero dar las gracias a mi tutora profesional Juana García por ser tan amable tanto conmigo como con mi compañera de prácticas y confiar en nosotros desde el primer momento. También querría agradecerles este trabajo a todos los estudiantes que me dieron la oportunidad de dar mis primeros pasos como docente, ya que sin ellos no habría sido posible todo esto.

También quiero expresar mi agradecimiento a Isabel Baños, profesora de la Universidad de Murcia, quien empezó este proyecto hace algún tiempo y se ofreció encantada a que yo formara parte de él e intentar darle forma a todas esas ideas relacionadas con el mundo marino.

Además, tuve la suerte de tener como profesora y tutora a Rut Jiménez, y poder aprender de ella, que con esfuerzo e ilusión los docentes pueden lograr encender la chispa a cualquiera de sus estudiantes por imposible que parezca.

Y por último y no menos importante, a mi familia y amigos, que siempre han estado a mi lado apoyándome en cada una de las decisiones que he tomado.

## Índice

Resumen.....	1
Summary .....	1
1 Introducción .....	2
2 Fundamentación teórica.....	3
2.1 Marco legislativo: el currículo y la competencia científica .....	3
2.2 ¿Qué entienden por ciencia los alumnos? .....	4
2.3 Hacer ciencia y hablar ciencia .....	5
2.4 Aprender ciencia es tener en cuenta las concepciones alternativas del alumnado .....	6
2.5 Método de indagación: enfoque de enseñanza por indagación en ciencias (IBSE) .....	9
3 Propuesta didáctica .....	11
3.1 Objetivos generales: secuencia de enseñanza por indagación de la ósmosis.....	11
3.2 Metodología de la secuencia.....	12
3.3 Secuencia de actividades “un crimen en la playa”. Diseño, objetivos específicos y mejora de las actividades.....	13
3.3.1 Primera sesión.....	14
3.3.2 Segunda sesión .....	22
3.3.3 Tercera sesión .....	30
3.3.4 Cuarta sesión .....	34
4. Conclusiones y reflexión personal .....	39
5. Bibliografía .....	41
Anexo I. Justificación curricular en ESO y Bachillerato de la secuencia de ósmosis .....	1
Para 1º de la ESO (Biología y Geología).....	1
Para 3º de la ESO (Biología y Geología).....	3
Para 4º de la ESO (Biología y Geología).....	4
Para 4º de ESO (Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional).....	4
Para 1º de Bachillerato (Biología y Geología) .....	5
Para 2º de Bachillerato (Biología) .....	6
Anexo II. Cuaderno del alumno.....	7

Anexo III. Resultados de la <i>Actividad 7</i> .....	9
Anexo IV. Resultados de la <i>Actividad 9</i> .....	13
Anexo V. Figuras de células vegetales reales utilizadas.....	17
Anexo VI. Respuestas de la <i>Actividad 15</i> .....	18
Bibliografía de anexos .....	23

## Resumen

En el presente trabajo se desarrolla el diseño, modelización, implantación, evaluación y mejora de una propuesta didáctica para 1º ESO basada en un modelo de enseñanza por indagación en ciencias (IBSE). Dicho modelo está apoyado en un problema cercano de contaminación ambiental por salmuera en un medio acuático, el cual fue el punto de partida para que pudieran reconocer, comprender y aplicar el proceso osmótico y difusión a niveles tempranos de la ESO. Para ello, se recurrió a una serie de actividades, experimentos guiados y modelización del proceso con el que se logró que los estudiantes adquirieran de manera vivida el conocimiento y poder aplicarlo a otras dos simulaciones complementarias (consecuencias del deshielo de icebergs e intercambio de gases en las branquias de peces).

**Palabras clave:** Indagación, concepciones alternativas, proceso osmótico, agente contaminante, y ecosistema acuático.

## Summary

In the present work the designed, modeling, implementation, evaluation and improvement of a didactic proposal for 1st ESO based on a model of teaching by inquiry in sciences is developed. This model is supported by a near problem of environmental contamination by brine in an aquatic environment, which was the starting point for them to recognize, understand and apply the osmotic and diffusion process to early levels of ESO. For this, a series of activities, guided experiments and modeling of the osmotic process with which it was possible for the students to acquire in a vivid way the knowledge and be able to apply it to two other complementary simulations (consequences of the thawing of icebergs and gas exchange in the gills of fish)

**Key words:** Inquiry, alternative conceptions, osmotic process, polluting agent, and aquatic ecosystem

## 1 Introducción

Este trabajo fin del Máster en Profesorado de Educación Secundaria se enmarca en la modalidad grupal en la que los docentes nos propusieron diseñar secuencias de aprendizaje basadas en la indagación-modelización, implementarlas y evaluarlas. Como todo este proceso podía ser impensable para el tiempo del que disponemos, nos plantearon optar por realizar un diseño fundamentado o implementar-evaluar uno ya diseñado. En principio, íbamos a optar por la primera de las propuestas (diseño) pues mi interés personal por el mar me hacía querer diseñar una secuencia sobre su fauna o flora, en un principio pensamos en las posidonias oceánicas tan presentes en las costas almerienses. Sin embargo, como mi tutora del IES El Alquíán me planteó que en el periodo intensivo estaríamos trabajando los vertebrados con 1º ESO recondujimos el tema del TFM hacia los peces. Con esta segunda idea en mente mi tutora de TFM me propuso continuar una secuencia que estaba iniciándose en colaboración con mi cotutor y con la profesora de la Universidad de Murcia, Isabel Baños, sobre la perturbación producida por un vertido de salmuera de una desaladora. El problema para la expresión de ideas del alumnado estaba planteado, pero faltaba desarrollar la secuencia de indagación, sobre todo, de búsqueda de pruebas y la construcción del modelo para explicarlo.

En este trabajo fin de máster hemos finalizado el diseño de la secuencia de indagación y de modelización centrada en la ósmosis que generalmente por su dificultad se suele reservar a los cursos de Bachillerato pero que, consideramos adaptable a 1º de la ESO utilizando simulaciones para explicar fenómenos observables.

Esta secuencia ha sido implementada en tres grupos de 1º ESO (N=73 estudiantes) en grupos de tres y/o cuatro alumnos-as y ha sido evaluada su efectividad utilizando el análisis de las producciones del alumnado (cuaderno con una selección de actividades) y la videograbación de las cuatro sesiones en las que se ha desarrollado.

## 2 Fundamentación teórica

### 2.1 Marco legislativo: el currículo y la competencia científica

La asignatura de Biología y Geología durante la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), según lo establecido en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, tiene como uno de los pilares principales que:

Durante el primer ciclo de ESO, el eje vertebrador de la materia girará en torno a los seres vivos y su interacción con la Tierra, incidiendo especialmente en la importancia que la conservación del medio ambiente tiene para todos los seres vivos (BOE, 2015).

Puesto que en el periodo de prácticas, mi tutora impartía clase a tres grupos de 1º de ESO, el diseño, implementación y evaluación de mi propuesta didáctica estuvo orientada a este curso. En concreto, el tema programado entorno al que gira mi propuesta hace referencia a los contenidos señalados en la Orden de 14 de julio: *Ecosistemas acuáticos y Factores desencadenantes de desequilibrios en los ecosistemas* (BOJA, 2016a), por lo que hemos centrado mi secuencia de actividades en una perturbación simulada (muerte de peces y algas por un exceso de sal por un vertido de una desaladora) y en el uso de la ósmosis y la difusión para poder explicar lo sucedido.

Estas referencias están recogidas en el **Bloque 4. Los ecosistemas**, donde encontramos la identificación de factores desencadenantes de desequilibrios, reconocer la necesidad de conservar el medio ambiente y valorar la gran diversidad que tenemos en Andalucía. Además, esta secuencia reúne también contenidos como; *agua dulce y agua salada: importancia para los seres vivos. Contaminación del agua dulce y salada* del **Bloque 2. La Tierra en el universo**, o; *Vertebrados: Peces. Características anatómicas y fisiológicas. Plantas y algas*<sup>1</sup>. *Biodiversidad en Andalucía* del **Bloque 3. La biodiversidad en el planeta Tierra**.

Además, y debido al desarrollo que tuvo mi propuesta didáctica, permitimos que el alumno adquiriera los conocimientos esenciales que se incluyen en el currículo básico y las estrategias del método científico. La comprensión lectora, la expresión oral y escrita, la argumentación en público y la comunicación audiovisual, como queda reflejado en la

---

<sup>1</sup> Algas no aparece directamente en el currículo, pero sí lo hace en el libro de texto utilizado (Romero y Romero, 2016)

página 205 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre citado anteriormente. Es entorno a estos elementos donde entra en acción el modelo de ósmosis y difusión como eje central de mi propuesta didáctica.

Para la resolución del problema simulado que les planteamos (efectos de la salmuera sobre los organismos acuáticos) necesitamos desarrollar un contenido que no aparece en el currículo hasta 2º de Bachillerato: los procesos osmóticos. Ante este obstáculo, nos planteamos cómo trabajarlo sin dar una clase magistral del proceso teórico, sino tratar de que los alumnos fueran capaces de llegar hasta él mediante su propio conocimiento, experimentación y análisis de resultados, y que este proceso les ayudara en el futuro de sus estudios.

Además, se muestra en anexo I un repaso general de todos los cursos de Secundaria y Bachillerato donde se podría adaptar nuestra secuencia según el Currículo del BOE (Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre; y las Órdenes de 14 de julio del BOJA, 2016 para Educación Secundaria Obligatoria (BOJA, 2016a) y Bachillerato (BOJA, 2016b) de la Comunidad Autónoma de Andalucía), por la gran amplitud de elementos del que cuenta la secuencia.

## **2.2 ¿Qué entienden por ciencia los alumnos?**

En el saber popular, la ciencia es considerada actualmente como un elemento solo atribuido a grandes investigadores, quienes la utilizan como método de descubrimiento de nuevos conocimientos. Sin embargo, este hecho no es del todo cierto, pues cualquier persona puede aplicar la ciencia al usar el método científico para probar algún hecho.

Como bien indican Chalmers et al. (2000) las teorías científicas se derivan, de algún modo riguroso, de los hechos de la experiencia adquiridos mediante la observación y la experimentación. La ciencia se basa en lo que podemos ver, oír, tocar, etc. Las opiniones y preferencias personales y las imaginaciones especulativas no tienen cabida en la ciencia. La ciencia es objetiva. El conocimiento científico es conocimiento fiable porque es conocimiento basado en pruebas. A menudo este proceso de búsqueda de pruebas (indagación) se identifica con una parte que es poco compleja a nivel cognitivo, poco profunda y no es indispensable: observar, medir, clasificar, etc. Al centrarse en estos aspectos “manipulativos”, las prácticas científicas de indagación quedan reducidas a la ejecución de alguna de las fases del cuestionado y superado “método científico”:

observación, teoría, hipótesis, experimentación... y estas destrezas no desarrollan explícitamente los procesos epistémicos (Jiménez-Aleixandre, 2012).

### 2.3 Hacer ciencia y hablar ciencia

Siguiendo con estos conceptos comentados anteriormente, no es útil hacer un experimento en el aula si detrás de todo no existe una duda y una hipótesis a someter a comprobación. Si realizamos los experimentos como mero espectáculo para captar la atención de los alumnos, quizá lo consigamos, pero estaremos recurriendo a una **visión simplista del aprendizaje**, donde se ignora la existencia de concepciones alternativas y se considera que la mente del estudiante es un recipiente vacío en el que las nuevas ideas pueden introducirse. Lo decisivo en el aprendizaje, según esta visión, no es el sujeto que aprende sino la estructura y forma de la información a ser aprendida: clara, ordenada, asequible y, sobretodo, atractiva.

Por tanto, queremos dejar atrás este tipo de aprendizaje e implementar otros donde el alumnado sea el protagonista y no lo sean las actividades que realiza.

Uno de estos tipos de aprendizaje, es el **constructivista**. En él, aparecen como base todos los esquemas mentales que el estudiante ha ido formando durante su día a día (concepciones, capacidades, experiencias, actitudes, formas de conocer), sus **concepciones alternativas** y las relaciones que existen entre ellas. Buscamos, por tanto, que se produzca una interacción entre la nueva información que aprenden y los esquemas previos, que lleva a ampliar o a cambiar dichos esquemas. Desde esta perspectiva, el sujeto que aprende y su actividad mental juegan un papel decisivo en el aprendizaje, de manera que la estructura y presentación de la nueva información favorece la implicación y actividad del sujeto.

Desde esta perspectiva, logramos conectar directamente con la realidad del estudiante y dar sentido a la información que aprende por la relación entre lo conocido y lo que no lo es hasta ese momento, y el conjunto se convierte en la base a partir de la cual se construye el nuevo conocimiento. Desde un punto más filosófico, diríamos que **el alumnado aprehende** sólo aquello a lo que le encuentra sentido o lógica. Conseguimos el auténtico aprendizaje, el **aprendizaje significativo**.

En definitiva, no buscamos un aprendizaje memorístico, sino un aprendizaje vivido en su versión constructivista. Según Driver (1986) así se pueden resumir las principales características del aprendizaje constructivista:

- Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.

- Encontrar sentido supone establecer relaciones: los conocimientos no se conservan aislados en la memoria sino estructurados y con múltiples relaciones.
- Quien aprende construye activamente significados, es decir, relaciona la nueva información con sus esquemas de conocimiento.
- Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.

Y como último escalón antes de alcanzar la cima tenemos el **constructivismo social**. Lo que popularmente siempre se ha dicho como; no lo has entendido bien hasta que eres capaz de explicárselo a tu abuela. Darle la importancia necesaria a la comunicación en el proceso de construcción de conocimientos y que los significados han de ser compartidos. En ese mismo momento será cuando hablemos ciencia, esto significa observar, comparar, cuestionar, analizar, argumentar, hipotetizar, diseñar y decidir (Lemke, 2013). Se trata de un nuevo idioma que solo puede ser aprendido practicándolo y empleándolo en diversas situaciones.

#### 2.4 Aprender ciencia es tener en cuenta las concepciones alternativas del alumnado

El diseño de la secuencia que aquí se propone tiene como propósito que el alumnado sea capaz de entender y relacionar los procesos de ósmosis y difusión con la realidad que le rodea. Para ello, tenemos que tener en cuenta las **concepciones alternativas** descritas en la bibliografía que suelen poseer el alumnado (y el público en general). Las concepciones alternativas son las ideas creadas por las personas con la información externa durante su experiencia vital y las cuales les son útiles en su día a día (Solbes et al., 2006) y que suelen distanciarse de las ideas científicas.

Estas ideas personales o concepciones alternativas, suelen ser imperfectas, incompletas o totalmente erróneas, y están muy arraigadas en la mentalidad de las personas. Tanto es así, que en muchas ocasiones cuando nos dicen que estamos equivocados y que en realidad la idea correcta es otra, nos cuesta asumirla pues contradice totalmente nuestra idea previa.

Como solución, algunos modelos de enseñanza comenzaron a utilizar hace más de treinta años una medida de choque, basada en lograr un cambio conceptual (Driver, 1988). Para lograr tal efecto, no basta con mostrar el modelo correcto y que lo memoricen y acepten, sino que han de expresar en primer lugar sus concepciones

alternativas, relacionarlas con su entorno y corregir y crear un nuevo modelo mediante una serie de actividades guiadas. Todo esto se detallará más adelante.

En nuestro caso, están muy estudiadas todas las concepciones alternativas que aparecen en torno a los procesos de ósmosis y difusión en los estudiantes de los cursos superiores de la ESO, Bachillerato y el periodo universitario, por lo que lo aprovecharemos esta bibliografía para dar un análisis general en toda la etapa educativa.

En primer lugar mencionaremos los estudios realizados por Friedler, Amir y Tamir (1987) y por Tekkaya (2003) donde se muestra que los estudiantes de secundaria tienen dificultades para comprender una serie de conceptos, como la relación entre el equilibrio dinámico (con diferentes concentraciones en cada lado de la membrana), el papel de la ósmosis en las células vegetales y la relación entre la cantidad de solvente y soluto, por un lado, y la concentración, por otro.

Zuckerman (1994) también identifica cuatro conceptos erróneos relacionados con la ósmosis entre los estudiantes de ciencias de secundaria, que son:

1. La ósmosis del agua se produce para igualar concentraciones (visión antropomórfica).
2. Diferentes cantidades de agua a través de la membrana, en lugar de diferentes concentraciones, conducen la ósmosis.
3. El equilibrio osmótico no se puede alcanzar a menos que las concentraciones (o cantidades) se igualen a través de la membrana.
4. Las moléculas de agua dejan de moverse a través de la membrana cuando se alcanza en el equilibrio osmótico.

También cabe mencionar los resultados del estudio de Odom y Barrow (1995). Estos autores diseñaron y administraron el test DODT (Diffusion and Osmosis Diagnostic Test) a 116 estudiantes de biología de Secundaria, 117 estudiantes universitarios de Biología y 123 estudiantes universitarios de otras carreras. Sus resultados evidenciaron que, *incluso después de la instrucción, todos los estudiantes de su muestra mantenían ideas alternativas sobre la difusión y la ósmosis* (p. 412). *Se detectaron concepciones alternativas en cinco de las siete áreas conceptuales medidas por la prueba: la naturaleza particulada y aleatoria de la materia, la concentración y la tonicidad, las*

*influencias de las fuerzas de la vida en la difusión y la ósmosis, el proceso de difusión y el proceso de la ósmosis* (p. 411). Los autores pusieron en relación sus resultados con la posibilidad de que la enseñanza no se centre en comprender los conceptos de difusión y ósmosis, sino más bien en la adquisición de hechos.

Entre los numerosos trabajos revisados (Friedler et al., 1987; Kelly y Odom, 1997; Market, Cowan, y Cavallo, 1994; Odom y Kelly, 2001; Odom y Barrow, 1995; Rundgren y Tibell, 2010; Simson y Marek, 1988; Tekkaya, 2003; Westbrook y Marek, 1991; Zukerman, 1994), a continuación se destacan ciertas concepciones alternativas comunes entre los estudiantes de Secundaria y primeros cursos de educación universitaria:

1. Durante la difusión, las moléculas de colorante, por ejemplo, dejan de moverse una vez que se alcanza el equilibrio de la concentración. Lo mismo sucede para dos medios con diferentes concentraciones hasta que se alcanza la isotonicidad.
2. La difusión está asociada con la tendencia de las moléculas de soluto a ocupar el espacio (visión antropomórfica).
3. Es la cantidad de agua en cada lado de la membrana y no la concentración lo que es responsable del proceso de ósmosis.
4. El agua se mueve para igualar las concentraciones en cada lado de la membrana (visión antropomórfica).
5. La presión hidrostática debe ser igual en cada lado de la membrana una vez que se alcanza el equilibrio.
6. La cantidad de agua debe ser igual en cada lado de la membrana en equilibrio.
7. El agua no puede cruzarse en la dirección opuesta al gradiente de presión.
8. La estructura de la membrana de la bicapa lipídica, su fluidez, así como su papel en los fenómenos de difusión y ósmosis, también son poco conocidos.
9. La velocidad de difusión es independiente de la diferencia de concentración (Meir et al., 2005).

Tales estudios también muestran que estas concepciones inadecuadas pueden vincularse a dificultades en otros aprendizajes relacionados con la ciencia. Por ejemplo, los resultados de Cook et al. (2008), que también utilizó el DODT de Odom y Barrow (1995) entre los estudiantes de secundaria para examinar cómo veían e interpretaban las

representaciones visuales de los procesos de transporte celular, mostraron que los estudiantes que tienen un alto nivel de comprensión de los fenómenos de transporte de membrana interpretan los diagramas que representan este fenómeno mejor que los estudiantes con bajo conocimiento previo.

Así mismo, muchos estudiantes también tienen problemas para comparar concentraciones y comprender el término de "concentración igual", que los estudiantes a menudo equiparan con el significado de una cantidad igual de moléculas de agua en cada lado de la membrana semipermeable. También hay creencias de que el aumento de la densidad molecular no está relacionado con la presión o el volumen; que los solutos que difieren en el tamaño de las partículas tendrían efectos diferentes en la ósmosis y que ambos procesos no continuarán después de la muerte de la célula (Meir et al., 2005; Tomažič y Vidic, 2012).

En su estudio sobre las ideas sobre la permeabilidad en 147 estudiantes de magisterio, Cortés-García (2004) destacaba que una de las dificultades para entender ese concepto es la dificultad para observar el proceso, puesto que ocurre a nivel microscópico. Además, sus resultados señalan que, aunque la mayoría de los futuros maestros relacionan permeabilidad con una propiedad de tejidos de uso cotidiano, en menor medida lo relacionan con procesos biológicos, como la ósmosis.

Como vemos, el proceso de difusión y ósmosis lleva consigo multitud de concepciones alternativas que expresan desde los alumnos de secundaria hasta estudiantes universitarios o futuros maestros, por lo que es imprescindible tenerlas en cuenta para iniciar cualquier propuesta de enseñanza-aprendizaje en el que se necesiten explicar fenómenos asociados al proceso de ósmosis.

## **2.5 Método de indagación: enfoque de enseñanza por indagación en ciencias (IBSE)**

La mayoría de las concepciones alternativas descritas en el apartado anterior no son ideas personales espontáneas sobre unos fenómenos que observamos parcialmente, sino que son dificultades académicas centradas en conceptos de difusión, concentración, presión, equilibrio dinámico, etc., basados en el sentido común que difícilmente serán

modificados si no cambiamos la manera de construir el conocimiento y validarlo. Por ello, el enfoque de enseñanza por indagación se convierte en el enfoque más adecuado pues permite construir conocimiento descriptivo (que sobre estos temas no solemos poseer) con el que generar la necesidad de explicarlo (construcción del modelo de ósmosis-difusión).

Por otro lado, para impartir clase en un instituto de secundaria se necesitan una serie de habilidades comunicativas que en muchas ocasiones no se tienen en cuenta. Como futuros docentes, debemos tener una mente abierta a nuevas herramientas y modos de dar clase. Puesto que cada instituto irá acompañado de su entorno, cada grupo tendrá sus necesidades y cada alumno su forma óptima de aprendizaje, escogeremos en la medida de lo posible, un tipo de metodología adaptada a las circunstancias.

En esta ocasión, elegimos el enfoque de enseñanza por indagación, pues es una buena alternativa frente a las clases tradicionales donde el profesor imparte una lección magistral y los alumnos escuchan, con escasa interacción entre ambas partes. Según el informe de expertos Science Education for Responsible Citizenship (Comisión Europea 2015), se define la indagación como un proceso complejo de construcción de significados y modelos conceptuales coherentes, en el que los estudiantes formulan cuestiones, investigan para encontrar respuestas, comprenden y construyen nuevo conocimiento y comunican su aprendizaje a otros, aplicando el conocimiento de forma productiva (Hazelkorn et al., 2015)

Como dice Pedaste et al. (2015), con la indagación se fomenta el razonamiento y la reflexión en el alumnado, así como la evaluación de ideas alternativas y la argumentación, en línea con propuestas recientes de re-conceptualización de la indagación en el aula. Por tanto, con este tipo de metodología estaremos implementando un aprendizaje significativo en los alumnos, por lo que es ideal para lograr nuestro fin.

Por último y no menos importante, toda esta secuencia irá acompañada de un profesor ‘activador’ que facilita la metacognición y regulación del propio aprendizaje del alumnado, que es la asociación que mejor resultados otorga a los alumnos (Hattie, 2009).

### 3 Propuesta didáctica

#### 3.1 Objetivos generales: secuencia de enseñanza por indagación de la ósmosis

Desde un punto de vista conceptual, el propósito de esta secuencia didáctica es lograr que los estudiantes sean capaces de conocer los procesos de ósmosis y difusión, reconociendo los elementos implicados en ellos, sus funciones, algunos procesos vitales donde se ven implicados y las repercusiones que pueden tener sobre los ecosistemas acuáticos.

Para ello, partimos de un caso simulado de muerte por deshidratación de peces y algas que se han encontrado en una playa cercana al IES El Alquíán, donde he desarrollado las prácticas de enseñanza. Para resolver este problema inicial deben proponer posibles causas de la mortandad de peces y algas teniendo en cuenta que se indica que los organismos están deshidratados pese a estar rodeados de agua. A partir de esa incógnita, irán surgiendo todas las infraestructuras cercanas al lugar del crimen como posibles culpables y, con la ayuda del enfoque de enseñanza por indagación, buscaremos pruebas hasta encontrar al infractor.

Puesto que no podemos ni queremos usar peces como elementos experimentales, y en el planteamiento del problema se indica que también se deshidrataron algas, hemos utilizado hojas de lechuga romana para ver el efecto de la sal en sus células. A continuación, se puede extrapolar a las células de peces y algas encontrados muertos y deshidratados.

Al final, la secuencia contará con otro caso simulado de peces y algas, esta vez muertos por hiperhidratación, y una aplicación del modelo de la difusión al proceso de la respiración de los peces.

Finalmente, hemos de decir, que, aunque pueden parecer obvios los procesos que ocurren en ósmosis y difusión, como señalamos en los antecedentes de este TFM, estos procesos suelen conllevar dificultad de abstracción para el alumnado de los cursos de primer ciclo de secundaria, quizás por ello los libros de texto los reserva hasta 3º de la ESO de una manera muy superficial (Figura 18). A nuestro parecer, la ósmosis y la difusión sirven para explicar los procesos de desalación de gran porcentaje del agua que se consume en Almería, está implicada en el intercambio gaseoso de la respiración, el intercambio y transporte de muchas sustancias en las células y en procesos como la deshidratación que nos pasa a nosotras, las personas, cuando estamos mucho tiempo en

el agua. Por tanto, como explican gran cantidad de procesos biológicos conocidos por el alumnado de 1º ESO, deberíamos enseñarlos y ponerlos a prueba mucho antes, siempre y cuando se construyan con un enfoque y actividades adecuadas (indagación) y con un modelo escolar sencillo, como se describe en este TFM.

### 3.2 Metodología de la secuencia

La secuencia de indagación se desarrolla de la siguiente forma:

- Secuencia llevada a cabo en tres clases de 1º de ESO (N=73).
- Todas las actividades diseñadas se concentran en 3-4 sesiones (1h por sesión).
- Dichas actividades se resuelven en grupo.
- Cada clase tiene 7 grupos (3-4 personas por grupo).

Esta distribución permite que cada grupo exprese sus ideas de manera consensuada en las actividades. Además, favorece un clima de confianza adecuado para que la expresión de ideas se favorezca, mostrando al alumnado que es capaz y que el profesorado puede resaltar sus capacidades. Esta organización grupal favorece también que, si fuera necesario, se apoyen en los compañeros para apartar sus inseguridades a la hora de resolver los problemas que surjan.

A partir de estos elementos, se recoge la siguiente información para su análisis:

- Cuaderno del alumnado (Anexo II), compuesto por las actividades 1, 4, 7, 9 y 15, donde hay una expresión por escrito de las ideas personales y grupales.
- El resto de actividades (2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14) fueron respondidas oralmente por los estudiantes, por lo que se recurrió a la videograbación de una secuencia completa (cuatro sesiones) de una clase de 1º de ESO. Los comentarios y respuestas de dicho alumnado, son registradas con un código único, que identifica al estudiante y momento de la videograbación donde aparece, para su análisis y si fuera necesario, posterior revisión.

### **3.3 Secuencia de actividades “un crimen en la playa”. Diseño, objetivos específicos y mejora de las actividades.**

La secuencia que presentamos a continuación puede considerarse un resultado en sí mismo como parte de una investigación de diseño (Easterday, Rees Lewis, y Gerber, 2016), fundamentada en las ideas sobre qué necesitamos aprender y en las concepciones alternativas descritas en la literatura. Como todo proceso de diseño, este ha sido un trabajo cooperativo de docentes de Didáctica de las Ciencias Experimentales y del estudiante del Máster de Secundaria, con la tutela de mi profesora de prácticas Juana García.

El detonante del diseño de esta secuencia no fue el contenido en sí mismo (ósmosis) sino una propuesta de la profesora Isabel Baños (Universidad de Murcia) que planteó a docentes de DCE de la UAL cómo se podría diseñar una secuencia por indagación para un caso de educación ambiental relacionado con el agua y la acción política en regiones semiáridas como Almería y Murcia (plan hidrológico, huella hídrica, desalación, etc.). Tras un intenso debate de clarificación conceptual se fue concentrando la secuencia hacia la simulación de una perturbación producida por una desaladora y la mortandad de peces por deshidratación.

Estos comienzos fueron retomados por el autor de este TFM para perfilar el diseño de la secuencia completa por indagación y, sobre todo, para ayudar a construir el modelo explicativo para el que hemos utilizado animaciones, puesto que la visualización de imágenes dinámicas de sistemas o procesos (López-Simó, Grimalt-Álvaro y Couso, 2018) facilitará la construcción del modelo de difusión y ósmosis y la transferencia a nuevos fenómenos (respiración de peces). En relación a esto, Tomažič y Vidic (2012) subrayaron que la mera observación a nivel macroscópico de los procesos explicados por la difusión y la ósmosis no es suficiente, y que para comprenderlo, se debe establecer un vínculo también a nivel microscópico. En este sentido, para Lankford y Friedrichsen (2012) es esencial el uso de representaciones como demostraciones, así como involucrar a los estudiantes con animaciones para visualizar fenómenos dinámicos (Cook, 2006). Para ello, parece importante empezar con representaciones familiares, concretas a nivel macroscópico, conectándolas con sus conocimientos previos, y secuenciarlas desde lo más concreto (macroscópico) a lo más abstracto (representaciones a nivel molecular).

También se tuvo en cuenta la contextualización (Torkar et al., 2018), ya que en la enseñanza de los fenómenos de difusión y ósmosis no se deben limitar a la adquisición de datos descontextualizados y no relacionados (Odom, 1995), sino que los estudiantes deben poder vincular estos nuevos conceptos con aquellos que ya les son familiares (Marek, Cowan y Cavallo, 1994).

En la descripción de la secuencia de actividades organizadas por sesiones, hemos anotado mis expectativas antes de implementar la secuencia (previo) y los comentarios tras su implementación (posterior).

Tras esta descripción, en el apartado siguiente, evaluaremos la implementación de la secuencia utilizando las respuestas del alumnado participante al cuaderno del alumno-a (Anexo II), así como el análisis de las videograbaciones de las cuatro sesiones, y si fuera necesario mejoras en las actividades realizadas.

### 3.3.1 Primera sesión

Resolviendo un crimen en la playa de la Universidad de Almería.

*Actividad 1. Han aparecido un montón de jureles y lechuga de mar (algas) muertos flotando en la playa que hay frente a la universidad. Una asociación ecologista ha encontrado que los jureles y las lechugas de mar están deshidratados, ¿cómo es posible que estén deshidratados si están rodeados de agua?*

Previa: puesto que el grupo donde se desarrollará la secuencia es en 1º de ESO y aún no han visto los conceptos como la ósmosis o la deshidratación, teóricamente no conocerán la explicación teórica. Quizá algún grupo encuentre una posible explicación, pero la mayoría no sabrán qué responder ante esta pregunta.

Posterior: si observamos la tabla 1, de todas las posibles respuestas, la contaminación es señalada por 14 de los 21 grupos que se formaron (66,6%),

*El agua está contaminada. Los peces necesitan agua limpia para que puedan respirar y todo eso... A24-1C-V1-5:30<sup>2</sup>.*

En la tabla 1 también observamos que la dispersión de respuestas es amplia, unos lo atribuyen a un exceso de Sol, otros a una enfermedad o dos grupos a la obstrucción de las branquias como posibles culpables. Estas respuestas resultan muy interesantes,

---

<sup>2</sup> Este código diferenciador sirve para identificar que el alumno 24 del listado por orden alfabético de 1ºC comenta esta frase en el minuto 5:30 (vídeo 1).

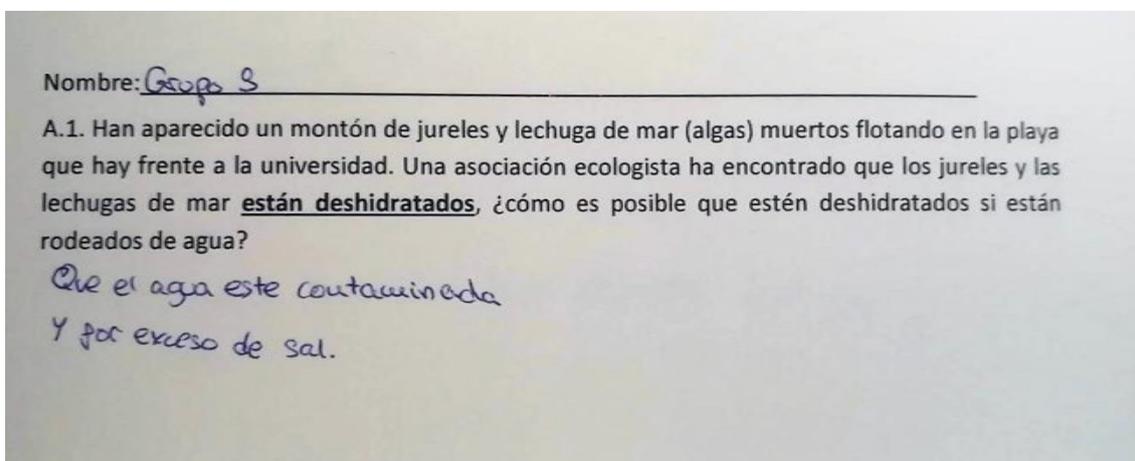
independientemente de que su frecuencia sea baja, puesto que tratan de encontrar una relación de la deshidratación con su respuesta, y no se centran únicamente en la causa de la muerte. De ahí que surjan respuestas imaginativas (Figura 1) que pueden coincidir con la causa real, como veremos más adelante.

**Tabla 1. Resultados de la actividad 1**

*Actividad 1*

	<u>1ºB</u>	<u>1ºC</u>	<u>1ºD</u>
Contaminación	4 grupos	5 grupos	5 grupos
Enfermedad	-	-	1 grupo
Exceso de Sol	-	-	1 grupo
Por comer lechuga	-	-	1 grupo
Por salir del agua	-	1 grupo	1 grupo
Falta de sal	-	1 grupo	-
Los han tirado ya muertos	2 grupos	-	-
Le tapan las branquias	2 grupos	-	-
Exceso de sal	-	-	1 grupo

*Nota: algunos grupos escriben más de una causa*



**Figura 1. Respuesta del Grupo 3 de 1ºB a la Actividad 1.**

**Actividad 2.** Para poder averiguar la causa de la muerte necesitamos saber las infraestructuras que hay en la zona y qué la pueden haber provocado. Este es el mapa que rodea la Universidad de Almería.

Previa: como guía para poder resolver la pregunta anterior, les mostraremos en un mapa posibles infraestructuras que bordean la zona del crimen (Figura 2). Con seguridad, olviden la causa original (deshidratación) pero no importa, puesto que deberán situarse en este mapa y analizar cada una de las causas como posible culpable.



Figura 2. Mapa con las infraestructuras que rodean a la Universidad de Almería.

Posterior: tras la implementación de esta actividad, el alumnado busca situarse rápidamente en el mapa, reconociendo la Universidad de Almería, frente a la cual han aparecido muertos los peces y algas, y también se localizan a ellos en el barrio de El Alquían. Como comentario, creo que logramos que den importancia al caso por proximidad y por contextualizarlo.

**Actividad 3.** *¿Qué creéis que puede tener el agua que causa la muerte masiva por deshidratación de los jureles y la lechuga de mar?*

Previa: en esta ocasión, mi predicción más optimista señala la sugerencia de varias causas de muerte por parte de los alumnos, que se podrán agrupar en 7 conjuntos:

- 1) Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación
- 2) Temperatura, falta de O<sub>2</sub>, gasoducto
- 3) Petróleo, eutrofización
- 4) Intoxicación por algas
- 5) Por pesca de arrastre
- 6) Fin de ciclo vital
- 7) Había mucha sal de la desaladora

De no ser así, se les guiará para que aparezca mínimo un tipo de cada conjunto para poder realizar la siguiente actividad.

Posterior: tras buscar la causa oralmente entre todos los grupos de la clase, se comprueba que se limitan a señalar cada uno de los elementos que hay representados en la figura 2. Por tanto, otras posibles causas alternativas como la temperatura, veneno, o fin de ciclo vital, fue más complicado que aparecieran y las tuve que ir señalando en la diapositiva para dar paso a la siguiente actividad.

**Actividad 4.** Puesta en común de todas las respuestas. Atribuirle a cada grupo una de estas respuestas. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si son la causa de la muerte en masa de peces y algas. Desmentir los motivos uno por uno mediante estos elementos.

Previa: puesto que tendremos 7 grupos, se le asignará a cada uno la causa o causas según aparece en la tabla 2. A partir de cada caso concreto, deberán pensar qué notarían en el agua si ocurriera ese proceso y un diseño para comprobarlo, y posteriormente compartirlo con el resto de la clase. En definitiva estaríamos aplicando la metodología del puzle (Aronson et al., 1978) en esta actividad.

Debido a que algunas causas no son visibles a simple vista, como la temperatura, la falta de O<sub>2</sub> o mucha sal en el agua, será complicado que los alumnos encuentren una comprobación a éstas en concreto. Por lo que, sobretodo, darán respuesta a cosas más perceptibles a simple vista como chapapote o aguas sucias. Respecto a los diseños, creo que serán numerosas las dificultades, puesto que no se trabaja normalmente el diseño experimental en las clases de ciencias, por lo que la puesta en común de los grupos puede ser beneficiosa.

**Tabla 2. Cuadro a rellenar por los grupos con las posibles causas que provocaron la muerte a los peces y algas**

Causa (ejemplos)	¿En qué se notarían en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación		
2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto		
3. Petróleo, eutrofización		
4. Intoxicación de algas		
5. Por pesca de arrastre		
6. Fin de ciclo vital		
7. Había mucha sal de la desaladora		

**Tabla 3. Resultados de la actividad 4**  
Actividad 4

	1ºB		1ºC		1ºD	
	A	D	A	D	A	D
Vertido, depuradora, químicos, veneno y contaminación	×	×	✓	✓	✓	✓
Temperatura y falta de O <sub>2</sub> , gasoducto	✓	✓	✓	✓	×	✓
Petróleo y eutrofización	×	✓	✓	✓	✓	✓
Intoxicación por algas	×	✓	×	✓	✓	✓
Por pesca de arrastre	✓	✓	×	✓	×	✓
Fin de ciclo vital	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Había mucha sal en el agua	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*Nota: columna A: qué ven en el agua; columna D: diseño para comprobarlo; ×: no tienen respuesta o su respuesta no es acorde con lo solicitado; ✓: dan una respuesta coherente a lo solicitado.*

Posterior: como se puede observar en la tabla 3, el 95,2 % de los grupos supo diseñar un método o experimento óptimo para comprobar su causa, que fue totalmente opuesto a lo que pensaba que ocurriría antes de implementar dicha actividad. Una primera dificultad que tuve que subsanar sobre la marcha fue la interpretación de la actividad, ya que para ellos la palabra *diseño* parece significar *dibuja*, por lo que después de que todos intentaran dibujar algo, tuve que insistirles en que debían explicar lo que ocurría. Pese a todo, algunos solo pusieron los dibujos, por lo que como mejora de esta actividad será eliminar la palabra “diseño” y la tercera columna quedaría; ¿cómo podrías comprobarlo?

Nombre: Grupo 1. B

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación	<p>en la contaminación del agua</p>	
2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto		
3. Petróleo, eutrofización		
4. Intoxicación por algas		
5. Por pesca de arrastre		
6. Fin de ciclo vital		
7. Había mucha sal de la desaladora		

**Figura 3. Respuesta de G1-1B a la actividad 4 (Vertido, depuradora, químicos, veneno y contaminación)**

Siguiendo con la descripción de la tabla 3, solo un grupo (Figura 3) no fue capaz de dar respuesta a la causa que se le asignó (G1-1B<sup>3</sup>: vertido, depuradora, químicos veneno y contaminación). Puede que solo fuera debido a falta de tiempo o actitud.

Una vez que todos los grupos acabaron sus diseños, se pasó a una puesta común de las respuestas y si había alguna duda resolverla. Para aclarar todas las preguntas, se les mostró una posible respuesta a cada causa, que fueron las siguientes:

1. Vertido, depuradora, químicos, veneno y contaminación: análisis del agua.  
Esta misma respuesta fue descrita por un alumno: *Cogiendo un tarro con un poco de agua, echar una gota y verlo al microscopio.* A21-1C-V1-28:39.
2. Temperatura, falta de O<sub>2</sub>, gasoducto: la temperatura y concentración de gases es igual que en otras zonas sin muerte de peces.

En la figura 4, el G2-1C identificó temperaturas altas del agua, algas muertas por falta de oxígeno y gases salidos de algún escape en el gasoducto como elementos que se perciben en el agua.

Nombre: Juan, Alicia, Daniel

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación	temperatura: elevada o baja falta de O <sub>2</sub> : se han muerto muchas algas.	temperatura Falta O <sub>2</sub>
2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto	gasoducto Suelta gases contaminantes por algas	algas gasoductos
3. Petróleo, eutrofización		
4. Intoxicación por algas		
5. Por pesca de arrastre		
6. Fin de ciclo vital		
7. Había mucha sal de la desaladora	fallo	

Figura 4. Respuesta de G2-1C a la actividad 4 (Temperatura, falta de O<sub>2</sub> y gasoducto)

3. Petróleo y eutrofización: Las aguas son transparentes, sin restos de petróleo o eutrofización.

En la figura 5, el G3-1D también se guió por el color de las aguas, y además utilizó la comparación con otros lugares en su diseño.

<sup>3</sup> Para denominar la producción de los grupos señalamos como código grupo G1 (grupo 1) y curso 1B (1ºB).

Nombre: Grupo 3

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación 2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto 3. Petróleo, eutrofización 4. Intoxicación por algas 5. Por pesca de arrastre 6. Fin de ciclo vital 7. Había mucha sal de la desaladora	Que el agua estaría mas oscura	Vamos a ver desde un punto de vista la parte donde han aparecido los peces y después vamos a ver la otra parte del mar. Si en la parte donde están los peces el agua es mas oscura que en el otro lado significa que la culpa es del petróleo y por el olor del agua.

Figura 5. Respuesta de G3-1D a la actividad 4 (Petróleo y eutrofización)

4. Intoxicación por algas: Kit VDM – TEST contra la toxina diarreaica de microalgas.

En la figura 6, el G4-1D propuso que los peces debían comer algas y si estaban infectadas por virus, los peces morirían.

Nombre: Grupo 4

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación 2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto 3. Petróleo, eutrofización 4. Intoxicación por algas 5. Por pesca de arrastre 6. Fin de ciclo vital 7. Había mucha sal de la desaladora	que los peces se comen las algas y los algas estan intoxicados	

Figura 6. Respuesta de G4-1D a la actividad 4 (Intoxicación por algas)

5. Por pesca de arrastre: El terrero no presenta modificaciones antrópicas recientes.

En la figura 7, el G5-1B, respondió que si la causa era por la pesca de arrastre, debían aparecer redes junto a los peces y algas.

Nombre: 5

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

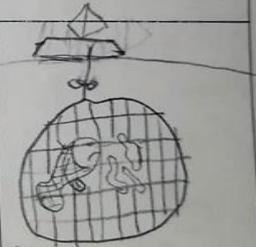
Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación 2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto 3. Petróleo, eutrofización 4. Intoxicación por algas 5. Por pesca de arrastre 6. Fin de ciclo vital 7. Había mucha sal de la desaladora	- Algas, Peces y redes	 <p>Una red arrastrando los peces por la superficie</p>

Figura 7. Respuesta de G5-1B a la actividad 4 (Por pesca de arrastre)

6. Fin de ciclo vital: había peces de todas las edades; alevines, juveniles, adultos.

En la figura 8, el G6-1C dio una respuesta similar a la nuestra, puesto que aparecerán muertos los peces viejos.

Nombre: G6-1C

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación 2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto 3. Petróleo, eutrofización 4. Intoxicación por algas 5. Por pesca de arrastre 6. Fin de ciclo vital 7. Había mucha sal de la desaladora	Fin de ciclo vital se verían peces viejos muertos	

Figura 8. Respuesta de G6-1C a la actividad 4 (Fin de ciclo vital)

7. Había mucha sal en el agua. En este caso no dimos la respuesta en ese momento, puesto que se trataría más adelante, pero el G7-1C (Figura 9) respondió que era debido a un cúmulo de sal que tenía la desaladora.

Nombre: Grupo 7: Mireya, Silvia, Cristiana, Violeta

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación 2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto 3. Petróleo, eutrofización 4. Intoxicación por algas 5. Por pesca de arrastre 6. Fin de ciclo vital 7. <b>Había mucha sal de la desaladora</b>	<p>Que el agua está <sup>mata</sup> muy salada y a los peces.            Porque la desaladora tenía o tiene un cúmulo de sal hasta que lo ha saltado.</p>	<p>Desaladora infiltrando el agua.</p> <p>→ agua → Tubos de infiltración → Sal.</p>

Figura 9. Respuesta del G7-1C a la actividad 4 (Había mucha sal de la desaladora)

### 3.3.2 Segunda sesión

#### Actividad 5. ¿Todos sabéis cómo funciona una desaladora?

Previa: con seguridad han oído hablar de desaladoras alguna vez, pero no sabrán cómo son ni cómo funcionan, por lo que ante la duda que consideramos va a surgir, les explicaremos de forma simplificada y con un experimento con materiales cotidianos, el funcionamiento y partes principales de las plantas desalinizadoras.

Posterior: antes de desarrollar un poco el funcionamiento de una planta desalinizadora, repartí los materiales para el siguiente experimento (botes, piedras, cubeta y trapos). Tras mostrarles una foto aérea de la planta desalinizadora de Almería y sus grandes dimensiones, les pregunté que cómo podría eso desalar el agua y me respondieron:

*Con una cosa parecida a esto (señala el trazo que repartí a cada grupo)...Habrá algún filtro. A10-1C-V2-6:20.*

Efectivamente le di la razón, pues el proceso se produce en tubos con algunos poros donde están los filtros colocados y les pregunté, que qué permitía esa tela en los tubos.

*Que pase solo el agua y la sal se quede dentro (dentro de los tubos). A21-1C-V2-7:32.*

#### Actividad 6. ¡Vamos a verlo! Simulamos una desaladora.

Previa: mediante un experimento demostrativo podremos ver de forma simplificada la ósmosis inversa que tiene lugar en una planta desalinizadora con sus elementos principales.

Materiales que se utilizarán: un recipiente cilíndrico de plástico, una cubeta grande, agua, grava y un trapo.

En nuestro experimento, la grava será el símil de la arena y la sal, y el trapo será el símil de la membrana semipermeable de la desaladora. Con estos materiales, deberán filtrar la mezcla y separarla. Por un lado, el agua tendría que quedar en la cubeta y la sal y la arena en el bote cilíndrico.

Posterior: les fui indicando qué representaba cada material en nuestro experimento y lo que quería que hicieran: separar la grava del agua, dejando la grava dentro del bote cilíndrico y el agua en la cubeta. Rápidamente todos los grupos pusieron el trapo cubriendo el bote cilíndrico e hicieron la separación.

Sin embargo, tras realizar el proceso, se dieron cuenta que parte del agua se quedó en el trapo, por lo que les pregunté, ¿entonces cómo se podría separar el agua de ahí?

*Pues lo escurres.* A10-1C-V2-12:45.

Les pedí que lo hicieran entonces, y tras esto, aproveché para comparar la fuerza que tuvieron que hacer, con la fuerza que necesita la desaladora para separar completamente el agua de la sal.

**Actividad 7.** *Imaginaos que de verdad es la sal la culpable de que estén deshidratados, ¿cómo lo podríamos demostrar (sin matar peces que sufren)? Diseñad un experimento usando lechugas que permita ver el efecto de la sal sobre las algas.*

Previa: puesto que se nombran en el enunciado de la actividad solamente la lechuga y la sal como ingredientes, puede derivar a que su diseño solo cuente con estos dos elementos y un solo experimento: “echamos sal a la lechuga y vemos que le pasa”. Por tanto, olvidarían el agua como base fundamental y no aparecerían otros experimentos control como comparación.

Posterior: tras señalar lo que tenían que hacer en la actividad 7 para demostrar si la sal podía ser la culpable, surgió un comentario con algo que no había tenido en cuenta: *pues si los peces siempre están viviendo en el agua salada.* A10-1C-V2-14:36.

Esto dio lugar a explicar que nosotros lo que hicimos fue una simulación con elementos similares a las algas que aparecieron usando hojas de lechuga, y que posteriormente veríamos si es aplicable a lo que les pasó a peces y algas.

Hicimos una recopilación con todos los experimentos, y surgieron tres elementos: qué se usa, qué se observa y el formato que le han dado al experimento. Todo esto se puede observar en la tabla 4 y en la figura 10.

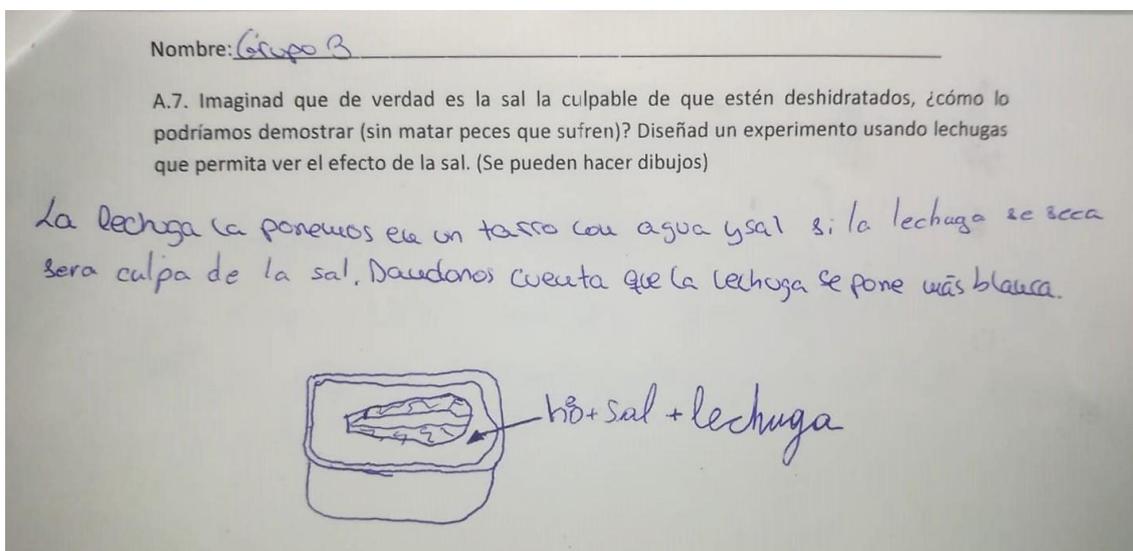


Figura 10. Respuesta de G3-1D a la actividad 7

Tabla 4. Respuestas de la actividad 7

Actividad 7

	<u>1°B</u>	<u>1°C</u>	<u>1°D</u>
Usan:			
Sal y agua	5 grupos	6 grupos	5 grupos
Solo sal	2 grupos	1 grupo	2 grupos
Qué observan:			
Se chafa / pudre	2 grupos	2 grupos	1 grupo
Se pone blanca	-	-	1 grupo
Se absorbe la sal	3 grupos	-	1 grupo
Se encoje	-	1 grupo	-
Formato del experimento:			
Esperar un tiempo	-	1 grupo	1 grupo
Comparamos agua y agua + sal	1 grupo	1 grupo	-

*Nota: un mismo grupo puede haber respondido a varios apartados de la tabla.*

En algunos grupos solo se usó en el experimento sal junto con la lechuga (23,8%), mientras que el resto usarían también el agua junto con la sal (76,2%), por ejemplo, el anterior de la figura 10.

Si nos fijamos ahora en qué observarían los grupos, vemos que el 52,4% desarrollaron alguna cosa específica. Por ejemplo, la consistencia de la lechuga (Figura 25), el color que adquiriría (Figura 26), que absorbería sal (Figuras 19 y 20) o incluso que encogería (Figura 19). Prácticamente identificaron todos los procesos que ocurren en la ósmosis, cambiando algunos elementos como la absorción de agua en lugar de la sal.

En cuanto al formato del experimento, pese a que pocos grupos lo especificaron (19,0%) por escrito, en la puesta en común y evaluación de los diseños, notaron que faltaban algunos elementos. Por ejemplo, cuando les pregunté sobre si era suficiente con meter la hoja de lechuga en el agua con sal y sacarla para que se deshidrate, respondieron:

*La dejamos varios días. A8-1C-V2-28:10.*

*La tenemos que dejar un tiempo y ver lo que pasa. A5-1C-V2-28:15.*

Y antes de comenzar el experimento, valoramos la necesidad de sumergir la lechuga en tres tipos de agua (con sal, sin sal y destilada), para ver si realmente puede ser culpable la sal o sería el agua.

Para el experimento se utilizaron los siguientes materiales: cubetas, agua del grifo, agua destilada, sal y hojas de lechuga.

A cada grupo se le asignó un tipo de agua (agua del grifo, agua con sal o agua destilada). En algunos grupos hubo un poco de decepción al no asignarle el tipo de agua que querían, así que en próximas ocasiones lo repartiría por sorteo para que no haya enfados de ningún tipo o que todos los grupos experimenten con los tres tipos.

1. En un cuenco, poned una hoja de lechuga sumergida en agua del grifo durante cinco minutos.
2. En un cuenco, poned otra hoja de lechuga sumergida en una solución de agua y sal cinco minutos.
3. En un cuenco, poned otra hoja de lechuga sumergida en agua destilada durante cinco minutos. En este momento incluso, aparecen preguntas de si esa agua se puede beber.

Pasado el tiempo pasaríamos a ver lo que le ocurrió a las hojas de lechuga a simple vista, y a sus células.

**Actividad 8.** *Recopilación de datos. ¿Qué les pasa entonces a las células de la lechuga con las diferentes aguas? ¿En cuáles de los casos aparece deshidratada la hoja? ¿Hay algún caso de hiperhidratación?*

Previa: a simple vista, verán iguales las hojas de lechuga sumergidas en agua destilada y agua del grifo, y dirán que no ha pasado nada. En contraposición, la lechuga con agua y sal que se habrá arrugado y perdido consistencia. Por tanto, no habrá ningún caso de hiperhidratación.

Posterior: durante la actividad los primeros grupos que vieron cosas, fueron los grupos con agua destilada, que comentaron que le estaba pasando algo a la lechuga (algo que no esperaban). Uno de esos comentarios fue:

*Profesor, ¿por qué se está volviendo transparente (la lechuga)? A18-1C-V2-34:25.*

Por el contrario, los grupos que tenían el agua del grifo y agua con sal, comentaban que no les había pasado nada a sus hojas de lechuga. Algo que contradecía totalmente nuestra hipótesis, cuyo conflicto fue debido a que aún no habían sacado los trozos de lechuga del agua y, por tanto, todo parecía seguir igual. Sin embargo, al sacar las lechugas del agua en los distintos medios acuosos, claramente notaron la diferencia, sobre todo, entre el agua con sal y el agua destilada.

**Actividad 9.** *¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina qué ocurre dentro de la célula cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada (dibújalo en el siguiente esquema) (A.9 del anexo II).*

Previo: puesto que en clase se hace mucho hincapié, sabrán que las células vegetales tienen formas poligonales, pero quizá no reflexionen sobre los huecos que tienen las paredes celulares y por las que se producirá el intercambio de agua con el medio.

La mejor predicción del modelo puede que sea la de agua con sal, puesto que la deshidratación se debe a la salida del agua que se puede representar por flechas. Sin embargo, no tendrán en cuenta las concentraciones de sal para realizar la predicción, por lo que debemos hacer hincapié nosotros en ello con nuestra propuesta de modelo.

Posterior: Para analizar las respuestas de los grupos se han separado en la tabla 5 en función del contenido de los cuencos: lechuga y agua destilada; lechuga y agua del grifo; y lechuga y agua con sal.

**Tabla 5. Respuestas a la actividad 9.***Actividad 9*

	<u>Grupo B</u>	<u>Grupo C</u>	<u>Grupo D</u>
En agua destilada:			
Entra agua	5 grupos	2 grupos	2 grupos
Sale la sal	1 grupo	-	-
Entra agua y sal	-	-	1 grupo
Se rompe la pared	-	-	1 grupo
Cambio del tamaño de las células	1 grupo	2 grupos	1 grupo
Células tiesas	-	-	2 grupos
En agua del grifo:			
No pasa nada	4 grupos	2 grupos	7 grupos
Sale agua	-	1 grupo	-
Entra agua	1 grupo	-	-
En agua con sal:			
Salen unas sales y entran la otras	-	-	1 grupo
Entra agua y sal	1 grupo	-	2 grupos
Entra sal	3 grupos	-	1 grupo
Salen células	-	1 grupo	-
Sale agua	-	1 grupo	-
Sale agua y sal	1 grupo	-	-

*Nota: en algunos casos aparece más de una respuesta por grupo y en cambio a otros grupos les falta responder a algunos casos.*

A continuación, vamos a comentar los resultados según el medio en el que se encuentra la lechuga para, posteriormente, hacer comentarios por grupos a la coherencia de sus respuestas en los tres medios.

En primer lugar, vamos a comentar las respuestas de la lechuga y agua destilada. Como se observa en la tabla 5, un 42,9% de los grupos propuso que en las células de la lechuga había entrado agua y 19,0% interpretó que debía de haber ocurrido un cambio en el tamaño de las células. Aunque hay también otras respuestas minoritarias, resaltamos estas dos porque, a pesar de no haber estudiado previamente nada relacionado con el proceso de ósmosis, el conocimiento descriptivo generado en el proceso de indagación con la lechuga en agua destilada ha permitido que el alumnado construyera un procedimiento sobre lo que realmente les ocurre a las células, aproximándose considerablemente al proceso de ósmosis.

En segundo lugar, el 61,9% de los grupos respondieron que en agua del grifo no le pasaba nada a la lechuga, se quedaba igual, ni entraba ni salía nada, respuesta marcada por la observación.

Y en tercer lugar, las respuestas de la lechuga en el agua con sal no indican una explicación dominante sobre el resto, la dispersión de respuestas plantean la entrada y/o salida de sales, entrada o salida de agua y sal, salida de agua o incluso salida de células.

Las respuestas expuestas en el anexo IV, nos permiten analizar la coherencia de sus respuestas. De esta manera, una categoría "coherente" será quienes planteen que el exceso del medio entra en la célula. La figura 11 es un ejemplo de esta categoría (G3-1D) donde entra agua destilada, en agua del grifo no entra ni sale nada y en agua salada entra el agua con sal. Para estos alumnos, todo lo que rodee a la lechuga debe entrar y el efecto observado se debe a que entra en la célula independientemente de qué.

Nombre: Grupo B ♥

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

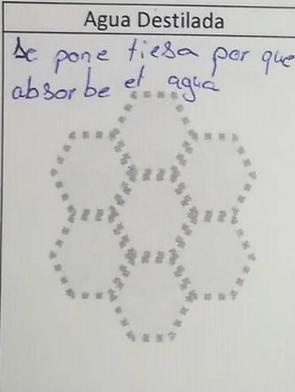
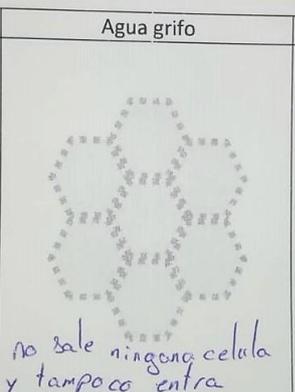
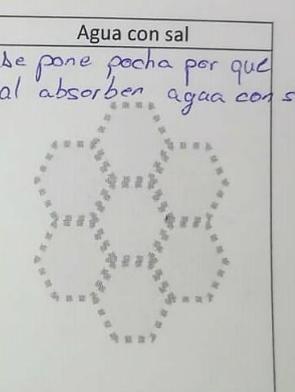
Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
<p>Se pone tiesa por que absorbe el agua</p> 	<p>No sale ninguna célula y tampoco entra</p> 	<p>Se pone pochá por que al absorber agua con sal se deshidrata</p> 
<p>La lechuga se ha puesto tiesa</p>	<p>Se ha quedado igual peso y medida.</p>	<p>La lechuga se ha puesto blanda</p>

Figura 11. Respuesta de G3-1D a la actividad 9

La figura 12, del G4-1C, representa otra categoría, pues plantea que el agua es lo que entra y sale, aproximándose mucho al proceso de ósmosis y donde la incorporación de la sal no conllevará mucha dificultad.

Nombre: Grupo A

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal

Figura 12. Respuesta de G4-1C a la actividad 9

Similar a esta y que puede plantear poca dificultad en la posterior construcción del modelo científico es lo que señalan en la figura 13 el G2-1B, donde lo que plantean es la salida de sal (en medio agua destilada) y la entrada de sal (en medio agua salada).

Nombre: Grupo 2

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal

En el agua destilada le saca la sal y se queda blanca y dulce.

Entra sal

Figura 13. Respuesta de G2-1B a la actividad 9

### 3.3.3 Tercera sesión

#### *Construcción de un MODELO DE ÓSMOSIS*

Previa: utilizaremos animaciones (Figuras 14, 15 y 16) para ayudar a construir el modelo de ósmosis que explique los fenómenos observados de la lechuga en los tres medios acuosos (destilada, grifo y salada), para posteriormente plantear transferencia a otros procesos osmóticos. A modo de pruebas, expondremos imágenes reales del proceso a nivel microscópico que les permitirá ver que los modelos que hemos creado realmente ocurren en la naturaleza (Anexo V).

A partir de las imágenes animadas (Figuras 14, 15 y 16) comentaremos los términos habituales usados en ósmosis, como solución, soluto y concentración, apoyándonos en el número de moléculas de agua y sal en cada animación (similar a lo utilizado por Jiménez-Liso, López-Gay y Márquez, 2010). Será importante destacar el motivo y sentido del movimiento de dichas moléculas con las propias animaciones de las moléculas y el cambio estructural que pueden sufrir las células para incidir directamente en las ideas expresadas en la actividad anterior, sobre todo, aquellos grupos que incidieron en la entrada y salida de sal (Figura 13). Y por último, la semipermeabilidad selectiva de las membranas y paredes celulares de las células gracias a los pequeños poros que se representan en las figuras 14, 15 y 16. Éstos dejarán pasar aquellas moléculas cuyo tamaño lo permita e impedirá el paso a otras moléculas de mayor tamaño que no quepan por los mismos poros (relacionando esto con la analogía de la filtración con el trapo que hicimos en la actividad 6).

A la hora de realizar los modelos, en todo momento aparecerá una leyenda con el significado de cada parte: los hexágonos verdes serán las células vegetales, los puntos azules serán más moléculas de agua, y los puntos negros la sal.

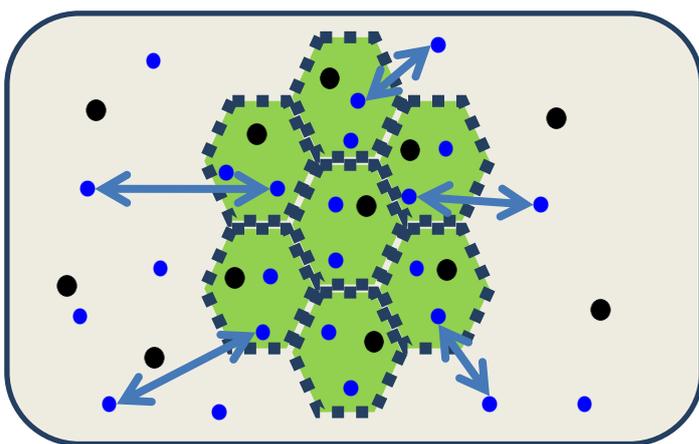


Figura 14. Esquema del proceso de equilibrio osmótico (con agua del grifo)

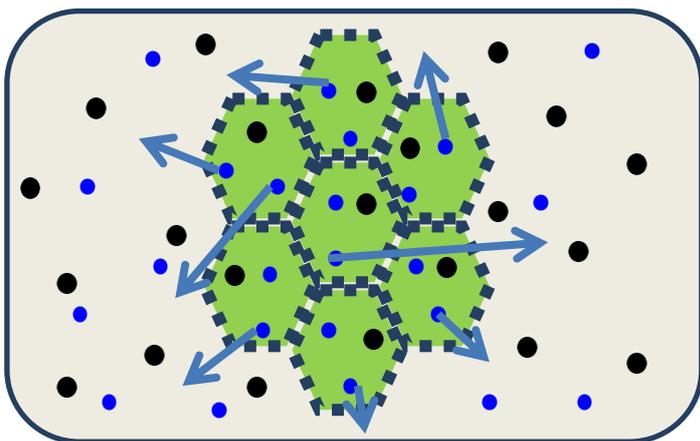


Figura 15. Proceso de deshidratación (con agua salada)

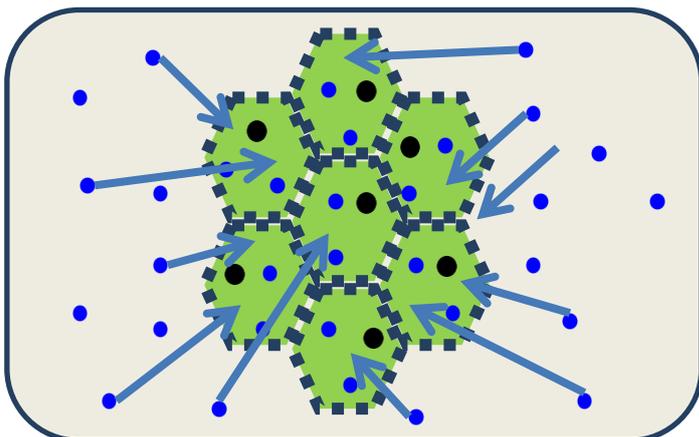


Figura 16. Proceso de hiperhidratación (con agua destilada)

Posterior: comencé por el modelo que representaba al procesos de equilibrio con la lechuga y el agua del grifo. En la animación, solo se muevían un tipo de moléculas y es lo primero que captaron los alumnos:

*Solo se mueve el agua pero la sal no. A12-1C-V3-5:51.*

Ese comentario me permitió señalar la presencia de poros en las paredes celulares y explicar su función, puesto que solo dejan pasar el agua por ellos (semipermeabilidad selectiva). Además, en la animación hay un movimiento constante de moléculas de agua entrando y saliendo de la célula, y cuando una alumna preguntó que por qué pasaba eso, un compañero de clase le respondió:

*Es un proceso infinito. A24-1C-V3-7:26.*

Y tenía razón, el intercambio siempre se produce en un equilibrio dinámico dependiendo de las concentraciones, lo que produjo la siguiente respuesta sobre qué era la concentración:

*Cuando se junta todo mucho. A9-1C-V3-8:13.*

Son varios alumnos los que manifiestan esto, que conocen el significado de concentrado, y que lo identifican con concentración. Parolo, Barbieri y Chrobak (2004) ya determinaron las dificultades de entender el concepto de concentración de una solución como la cantidad de soluto disuelta en un disolvente o solución, por lo que les expliqué esto utilizando lo que habían desayunado la mayoría ese mañana, un vaso de leche con cacao, diferenciando entre cantidad y concentración para evitar problemas con los modelos (Furió y Ortiz, 1983). Si echaban media cucharada de cacao en un vaso de leche, lograrían un desayuno menos concentrado que si echaban diez cucharadas de cacao en el mismo vaso de leche.

Pasamos después a ver lo que le ocurrió a la lechuga con el agua y la sal. En este caso, pregunté cómo se conseguiría el equilibrio; la respuesta muestra una de las concepciones alternativas señaladas por Zuckerman (1994):

*Cuando haya la misma cantidad de sal que de agua. A3-1C-V3-16:43.*

Como se puede apreciar, es fácil confundir cantidad con concentración, por lo que será importante diferenciarlos para comprender completamente el proceso de ósmosis. Siguiendo con el modelo, cuando llegamos al momento donde encogen las células y algunos estudiantes no lo relacionan, utilizo el símil de un globo cuando le sacamos el aire (en nuestro caso le sacamos el agua a las células), que encoge y se arruga. Pues lo mismo le pasa a nuestra lechuga.

Y por último la lechuga con el agua destilada. En este caso, el proceso tiene varias fases, donde primero entraban unas pocas moléculas de agua a las células y éstas se hinchaban, pero se dieron cuenta que no se había alcanzado el equilibrio osmótico por lo que les pregunté que qué pasaría después en esas células:

*Que entra más agua. A14-1C-V3-27:42.*

Y efectivamente, así fue, siguió entrando más agua puesto que nunca se alcanzaba el equilibrio osmótico, por lo que algunas células estallaban. Con este modelo incluso, razonamos por qué el agua destilada no se podía beber, pregunta que surgió anteriormente, puesto que podrían estallar nuestras células.

**Actividad 10.** *¿Con esos datos, qué creéis que les pasará a los peces y algas si hay mucha sal en el agua?*

Previa: una vez vistos todos los modelos de ósmosis y haber visualizado lo que ocurre en cada caso, serán capaces de responder que se sale el agua de las células de los peces (se deshidratan) al igual que le ocurre a las células de la lechuga.

Posterior: efectivamente, se resaltó en primer lugar la diferencia de concentraciones de sal que existía entre el interior de la célula y el medio externo, y a continuación buscamos la forma de que hubiera unas concentraciones equilibradas tanto dentro como fuera y la única forma de que esto ocurriera era que las moléculas de agua salieran.

Relacionan directamente este proceso como culpable entonces de que los peces estén deshidratados.

*Actividad 11. Recordamos que una asociación ecologista ha encontrado que los jureles y las lechugas de mar estaban deshidratados, ¿puedes explicar ahora cómo es posible que estén deshidratados si estaban rodeadas de agua?*

Previo: debido a que es prácticamente igual que la fundamentación de la pregunta anterior, creo que serán capaces de dar una respuesta que implique el proceso de ósmosis y la sal que hay disuelta en el agua como los culpables.

Respuesta buscada: proceso de ósmosis debido a la sal, las células se quedan sin agua (sale hacia el exterior) → Deshidratación

Posterior: esta pregunta resulta un poco repetitiva, puesto que varios alumnos ya han relacionado que la deshidratación se ha producido por el efecto de la sal al ver el modelo anterior. Por lo que una mejora sería unificar las actividades 10 y 11 en una sola.

*Actividad 12. ¿Cómo creéis que se hizo esa agua más salada de repente?*

Recordamos la desaladora, y que el agua que “filtran” es utilizada para los invernaderos y/o consumo humano, pero que la sal y la arena que había no la usan. ¿Dónde irá a parar la mezcla que no pueden aprovechar?

Previo: como no sabrán lo que se hace con los restos del proceso de desalinización (arena más sales), los guiaremos para que lo conozcan: de nuevo al mar.

Posterior: después de recordar la función de las desaladoras y que el agua que sacan la usamos en nuestra ciudad por ejemplo para el consumo humano, surge la duda de qué hacen entonces con la sal y la arena sobrante, y como era de esperar piensan:

*Pues la reusan para la comida y todo eso... A12-1C-V3-39:50.*

Pero se les guía diciendo que esta sal al estar mezclada con la arena no sirve para consumo, así que, ¿qué podrían hacer entonces con todo esto que sobra? Rápidamente responden que: *la echan al agua*. A14-1C-V3-40:06.

Y al echar más sal al mar, se vuelve más salado y en definitiva ocurre el mismo proceso que les ocurría a las células de las lechugas y...

¡TENEMOS CULPABLE!

### 3.3.4 Cuarta sesión

**Actividad 13.** *¿Por qué crees que sólo han aparecido muertos los jureles y lechugas de mar y no todos los tipos de peces y algas que había en ese lugar?*

Previo: la hipótesis más probable que aparecerá será que en ese lugar solamente estaban esas dos especies de organismos, y por ello no han aparecido otras. Por tanto, debemos mostrarle que esa no es la explicación, puesto que es una zona de grandes praderas de posidonia con gran biodiversidad (mostramos fotos con especies del Mediterráneo).

Puesto que no surgirán otras hipótesis más complejas nosotros los guiamos hacia el Mar Mediterráneo y sus aguas, que tienen una salinidad promedia de 37.5 unidades prácticas de salinidad. Sin embargo muchas especies tienen límites de salinidad muy próximos a esa cantidad y esa puede ser una hipótesis más acertada (Tabla 6):

**Tabla 6. Tabla de tolerancias de ecosistemas/especies del Mar Mediterráneo**  
*Tabla de tolerancias*

<u>Ecosistemas/especies</u>	<u>Límites críticos de salinidad</u>
Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	No debe pasar 38.5 psu
Pradera de <i>Cymodocea nodosa</i>	No debe pasar 39.5 psu
Alga <i>Caulerpa prolifera</i>	Umbral establecido en 50–60 psu.
Mejillones ( <i>Mytilu ssp.</i> )	Umbral establecido en 50–70 psu.
Jurel ( <i>Trachurus mediterraneus</i> )	Umbral establecido 34.9-35.2 psu.

*Notas: psu: unidades prácticas de salinidad*

Posterior: puesto que ya descubrimos al culpable de la muerte de los peces y algas en la actividad anterior, los estudiantes pensaron que ya habíamos terminado, por lo que al plantearle la actividad 13, muchos grupos se quedaron en blanco. Pese a todo, un alumno hizo referencia de forma indirecta a que la causa era la tolerancia:

*Son a los que más les afecta (a los jureles y lechugas de mar)...la concentración (de sal).* A4-1C-V3-42:48.

En el resto de grupos, sin embargo, se hizo referencia a que sólo había esos peces por allí y por eso solo se encontraron los jureles:

*Porque solo había peces de esos y lechuga de esa en esa zona.* A3-1C-V4-11:09.

Puesto que suponíamos que iban a responder esto, se mostró con imágenes y dibujos a acuarelas, que existía una gran biodiversidad en la zona del crimen y por tanto esa no podía ser la causa.

A continuación se introdujo la salinidad en el Mediterráneo y los distintos tipos de límites críticos de salinidad en diferentes seres vivos del lugar (Tabla 6). En este caso, se simplificaron las comparativas a; si el límite de salinidad estaba por encima o por debajo de la salinidad media del Mediterráneo y a saber si desde esta perspectiva estaban en peligro o no esas especies. Esto permitió que relacionaran rápidamente al jurel como muy sensible a altas concentraciones de sales puesto que su límite estaba por debajo de la concentración media de salinidad de Mediterráneo, pero entonces, ¿en qué zonas tienen que vivir los jureles?

*En los ríos.* A14-1C-V4-17:18.

Y aunque la respuesta que apareció fue extrema, estaba bien orientada, y se puso en común que, una posibilidad es que vivan en zonas de desembocaduras de ríos o zonas con entradas de agua dulce que compense la salinidad del Mediterráneo.

### **Ampliación y aplicación del modelo en dos casos: hiperhidratación y respiración por branquias**

*Actividad 14.* Después de averiguar lo que les ha ocurrido a los peces y algas de la playa de la universidad, investigadores se preguntan si éste fenómeno guarda relación con los peces muertos en las playas de Islandia donde han aparecido inflados (hiperhidratados). ¿Qué crees que ha podido ocurrir en las aguas de Islandia?

Previo: ya que se muestran las mismas infraestructuras que en el mapa del comienzo de la secuencia salvo el iceberg, ocurrirán dos cosas; unos grupos achacarán de nuevo la infracción a la desaladora sin aplicar ningún modelo o explicación, mientras que otros dirán que es el iceberg porque es lo único distinto a lo anterior.

Entonces debemos ir una por una refutando cada infraestructura y quedarnos solo con el iceberg como posible culpable y hacer que aparezca el modelo formado con agua

destilada que hacía que las células se hiperhidratan. En este caso, el iceberg con grandes cantidades de agua dulce, será el culpable de diluir las aguas al derretirse.

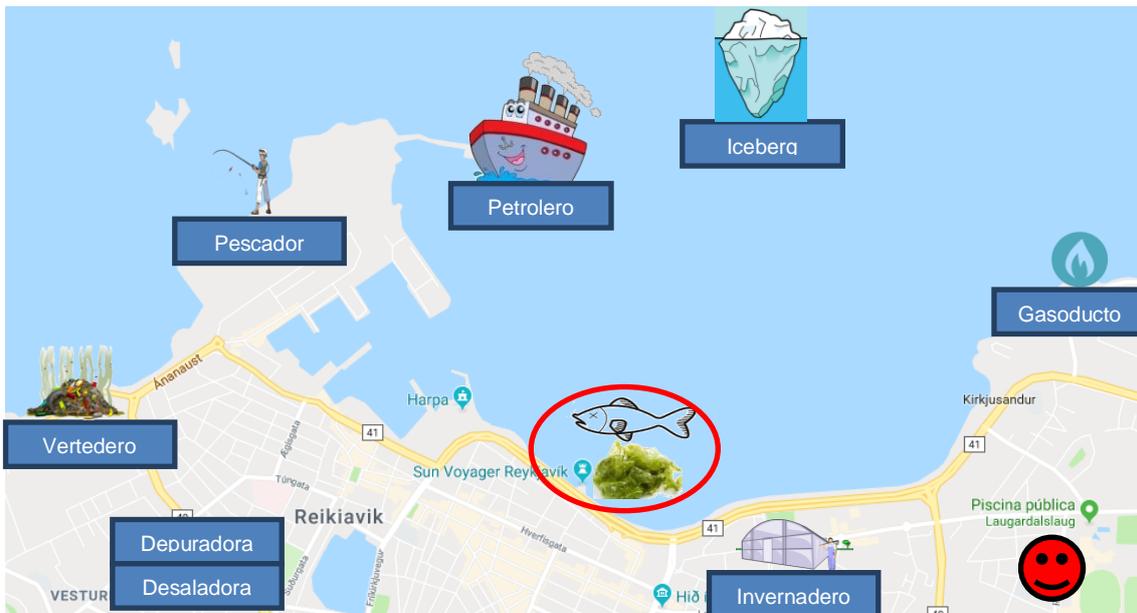


Figura 17. Infraestructuras cercanas a nuestro caso simulado de muerte de peces y algas por hiperhidratación

Posterior: cuando se presentó este caso de Islandia y visualizaron la figura 17, lo primero en que se fijaron la mayoría de alumnos fue en el iceberg y por tanto atribuyeron directamente que era el culpable.

*Por culpa del iceberg, porque eso se derrite y va al mar.* A1-1C-V4-18:46.

Esto surgía en cada curso por igual, pero algunos estudiantes no tenían claro por qué iba a ser el iceberg, por lo que se aprovechaba para hacer énfasis en analizar algún otro caso, como por ejemplo el petrolero. Incluso, cuando les pregunto que qué debía de pasar para que el petrolero fuera culpable me respondieron:

*Que lleve mucha agua.* A21-1C-V4-19:06.

En este sentido, había aparecido otro posible culpable, puesto que tenía sentido lo que había dicho, por lo que se incidió en qué debería pasar para que los peces y algas murieran por hiperhidratación:

*Mucha agua que no esté salada.* A5-1C-V4-19:21.

¿Y de dónde podía proceder esa gran cantidad esa agua? Del iceberg, aclarando que éste está compuesto por agua dulce y no de agua salada, y que ha de derretirse para provocar la hiperhidratación de peces y algas, como dijeron desde el principio.

Como mejora de la actividad, propondría no mostrar al iceberg desde el principio, y en su lugar crear una pequeña incertidumbre al principio. Así evitamos que los estudiantes elijan al iceberg por la novedad en lugar de por fundamentación y relación de conceptos.

*Actividad 15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $CO_2$  y  $O_2$ . (A.15 del anexo II).*

Previo: ellos ya conocen los gases implicados en la respiración por lo que si son capaces de visualizar los modelos anteriores harán la aplicación a las células de las branquias de los peces. Además, pueden aprovechar y jugar con los tamaños de las moléculas para comprobar si los “poros” de las membranas celulares son suficientemente grandes para el paso de todas o solo algunas moléculas en el intercambio gaseoso.

Cuando ya todos hayan completado su actividad, se hará una recopilación de sus respuestas y se mostrará el Modelo de Respiración por Branquias mediante animaciones, al igual que se hará con el Modelo de Ósmosis.

Posterior: esta actividad resultó ser bastante confusa para los estudiantes debido a que no entendían qué se solicitaba en ella pese a haberse realizado una breve descripción para toda la clase. Por tanto, se tuvo que ir grupo por grupo aclarando dudas y repitiendo que debían de utilizar los movimientos que se producen por las concentraciones de moléculas para expresar lo que ocurre en las branquias de peces durante la respiración.

Algunas de estas respuestas están recogidas en el anexo VI y la información de esta actividad ha sido clasificada en dos grupos en la tabla 7: representación del modelo e intercambios. Además con (\*) se destacan las opciones que se buscaban que respondieran.

En primer lugar señalamos a las moléculas de agua, que han estado representadas de todas las formas posibles: agua solo dentro de las células (23,8%), agua solo fuera de las células (23,8%) y agua dentro y fuera (33,3%). Al mostrar el Modelo donde aparece dentro y fuera, los grupos que pusieron que el agua solo estaba fuera quisieron conocer cómo había llegado dentro de la célula si no cabía, por lo que recurrimos a la alimentación y no solo a los intercambios de la respiración.

Respecto a los gases CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, resultó algo más complejo para ellos y no todos supieron representar de forma gráfica lo que pensaban. En total, el 76,1% de los grupos hizo un modelo descifrable. El 31,3% de esos grupos representó un equilibrio de gases entre el interior y exterior de la célula, el 56,22% que había más concentración de O<sub>2</sub> fuera de las células y el mismo porcentaje (56,2%) que había más concentración de CO<sub>2</sub> dentro de las células.

En el apartado de los intercambios se observa que el 66,6% de los grupos identificó que en la respiración entra O<sub>2</sub> y sale CO<sub>2</sub>, y que el 57,1% entendió que el agua en este tipo de intercambio no podía ni entrar ni salir ya que tuvo en cuenta a los poros de la membrana de las células.

**Tabla 7. Resultados de la actividad 15**  
*Actividad 15*

	<u>Grupo B</u>	<u>Grupo C</u>	<u>Grupo D</u>
Representación del modelo:			
Agua solo dentro de las células	1 grupo	2 grupos	2 grupos
Agua solo fuera de las células	3 grupos	-	2 grupos
*Agua dentro y fuera de las células	1 grupo	4 grupos	2 grupos
*Más concentración de O <sub>2</sub> fuera de las células	2 grupos	3 grupos	4 grupos
Más concentración de O <sub>2</sub> en las células	-	-	-
Más concentración de CO <sub>2</sub> fuera de las células	-	-	1 grupo
*Más concentración de CO <sub>2</sub> en las células	2 grupos	4 grupos	3 grupos
Mismas concentraciones de gases a ambos lados	1 grupo	3 grupos	1 grupo
Intercambios:			
*Sale CO <sub>2</sub> y entra O <sub>2</sub>	5 grupos	4 grupos	5 grupos
Entra CO <sub>2</sub> y sale O <sub>2</sub>	-	-	1 grupo
*Tienen en cuenta el tamaño de los poros	4 grupos	4 grupos	4 grupos
No tienen en cuenta el tamaño de los poros	2 grupos	1 grupo	-

*Nota: en algunos casos aparece más de una respuesta por grupo y en cambio a otros grupos les falta responder a algunos casos. Las opciones marcadas con (\*) son las que se buscaban en esta actividad.*

Y por último, como propuesta de mejora en esta actividad, cambiaría sobretodo dos elementos. El primero es el enunciado de la actividad, puesto que surgieron muchas dudas en la mayoría de grupos de qué es lo que se pedía que hicieran, por lo que enfocaría la pregunta desde otro modo: utilizando los movimientos por concentración

dibuja lo que le ocurre al H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en la respiración en las células branquiales de los peces.

Siguiendo con los modelos que representen, exigir que se utilicen flechas, distintos colores para representar a las moléculas y que expliquen lo que pasa en sus modelos. Con esto logramos aclarar lo que se exige en la pregunta y que las interpretaciones de sus modelos nos sean más sencillas.

#### **4. Conclusiones y reflexión personal**

Como objetivo de toda la secuencia estaba que los estudiantes de 1º de ESO aprendieran el proceso de ósmosis y difusión de una forma distinta, y esto se pudo llevar a cabo y me hace sentir orgulloso como docente.

Desde el momento en el que me propusieron darle sentido e implementar una secuencia que llevaba involucrada a peces y algas, no pude decir que no, puesto que mi gran pasión siempre ha sido el mar. Sin embargo, al principio resultó chocante que el eje central de esta secuencia de indagación fuera la ósmosis, puesto que este concepto no aparece hasta 2º de Bachillerato (BOJA, 2016b).

En cuanto a la implementación, en primer lugar todos los estudiantes destacaron que no se parecía en nada a las clases tradicionales que estaban acostumbrados a dar y eso ayudó a muchos alumnos considerados por muchos profesores como malos alumnos puesto que se les daba la oportunidad de dar su opinión y expresar sus ideas libremente. En cuanto al resto, casi todos los alumnos se implicaron en las clases antes o después sin importar sus capacidades o ideas, porque en este tipo de enseñanza hay que tener en cuenta que los estudiantes son los protagonistas. Añadido a que, desde el principio prestaron atención, puesto que los pusimos en relación con su entorno, con su realidad y el ecosistema que tenían más cercano, le dio a la secuencia mayor relevancia.

Además, pudieron hacer dos experimentos con los que comprobar sus ideas y pensamientos, y sentirse científicos, gracias a que ese día el laboratorio se trasladó a clase; porque si se quiere se pueden hacer muchas cosas en biología.

En esos mismos experimentos, y durante las preguntas que se planteaban, tanto ellos como yo, nos dimos cuenta que saben mucho más de lo que piensan. Aunque también siempre hay variedad en las clases y no por eso se ha de dejar atrás a quien más le

cuesta entender las cosas. Tanto fue así, que una secuencia planteada para cuatro horas tuvo una variación de una hora entre el grupo que menos tardó (secuencia completa en 3 horas) y el que más (secuencia completa de 4 horas). Por tanto, la secuencia y yo como docente en particular, hemos sido capaces de adaptarnos a la heterogeneidad de cada grupo con naturalidad.

En cuanto a la creación del Modelo de Ósmosis, me di cuenta del poder que puede tener una presentación con las animaciones adecuadas y que pese a todas las nuevas tecnologías de las que están rodeadas los estudiantes actualmente, les sigue sorprendiendo porque no hacen uso de ellas en clase.

Incluso, con la búsqueda de contaminantes, diseño de experimentos y el hallazgo de la desaladora como culpable de que los peces y algas hayan aparecido deshidratados, ha despertado actitudes de respeto y puesta en valor del entorno y biodiversidad que los rodea.

En definitiva, se ha logrado que los alumnos relacionen conceptos que podían resultar abstractos si no se ven experimentalmente, que razonen el funcionamiento del Modelo de Ósmosis y Difusión, y que sean capaces de aplicarlo, y sobre todo, que se den cuenta que no hace falta aprenderse las cosas de memoria, porque la verdadera memoria se consigue con los hechos vividos.

## 5. Bibliografía

- Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., y Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills.
- BOE-A-2015-37. Núm. 3 Sábado 3 de enero de 2015 Sec. I, 204-205.
- BOJA (2016a). Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Disponible en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/144/18>.
- BOJA (2016b). Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Disponible en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/145/52>.
- Chalmers, A. F., Villate, J. A. P., Máñez, P. L., y Sedeño, E. P. (2000). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* (No. Q175 C3218 2000). Madrid: siglo XXI.
- Cook, M. (2006). Visual representations in science education: the influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90, 1073–1091.
- Cook, M., Carter, G., y Wiebe, N. (2008). The interpretation of cellular transport graphics by students with low and high prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(2), 239-263.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 3-15.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 6(2), 109-120.
- Easterday, M. W., Rees Lewis, D. G., y Gerber, E. M. (2016). The logic of the theoretical and practical products of design research. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32(4), 125–144. <https://doi.org/10.14742/ajet.2464>.
- Friedler, Y., Amir, R., y Tamir, P. (1987). High school students' difficulties in understanding osmosis. *International Journal of Science Education*, 9(5), 541-551.
- Furió, C., y Ortiz, E. (1983). Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 015-20.
- Hattie, J. (2009) *Visible Learning, A synthesis of over 800 meta-Analyses relating to achievement*, (2ª Edición), Routledge: New York.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M., ... y Welzel-Breuer, M. (2015). Science education for responsible citizenship. *Report to the European Commission of the expert group on science education*, 68-69.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias. En Domínguez-Castiñeiras, J.M. (ed.). *XXV Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales*, 9–15. Servicio de publicaciones de USC: Santiago de Compostela.
- Jiménez-Liso, M. R. López-Gay, R., y Márquez, M. M. (2010). Química y cocina: del contexto a la construcción de modelos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, 33-44.

- Kelly, P. V. y Odom, A. L. (1997). The union of concept mapping and learning cycle for meaningful learning: diffusion and osmosis. In *National Science Teachers Association*, New Orleans: Louisiana.
- Lankford, D., y Friedrichsen, P. (2012). Red onions, Elodea, or decalcified chicken eggs? Selecting & sequencing representations for teaching diffusion & Osmosis. *The American Biology Teacher*, 74(6), 392-399.
- Lemke, J. L. (2013). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- López-Simó, V., Grimalt-Álvaro, C., y Couso, D. (2018). ¿Cómo ayuda la Pizarra Digital Interactiva (PDI) a la hora de promover prácticas de indagación y modelización en el aula de ciencias?. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 330201-330215.
- Marek, E. A., Cowan, C. C., y Cavallo, A. M. (1994). Students' misconceptions about diffusion: How can they be eliminated?. *The American Biology Teacher*, 74-77.
- Meir, E., Perry, J., Stal, D., Maruca, S., y Klopfer, E. (2005). How effective are simulated molecular-level experiments for teaching diffusion and osmosis?. *Cell biology education*, 4(3), 235-248.
- Odom, A. L. (1995). Secondary & college biology students' misconceptions about diffusion & osmosis. *American Biology Teacher*, 57, 409-415.
- Odom, A. L., y Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of research in Science Teaching*, 32(1), 45-61.
- Odom, A. L. y Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Science Education*, 85(6), 615-635.
- Parolo, M. E., Barbieri, L. M., y Chrobak, R. (2004). La metacognición y el mejoramiento de la enseñanza de química universitaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 22(1), 79-92.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47-61.
- Romero, A. I., y Romero, R. M. (2016). *Biología y Geología 1ºESO. Andalucía*. España: Oxford University Press. ISBN: 9788467385823
- Rundgren, C. J., y Tibell, L. A. (2010). Critical features of visualizations of transport through the cell membrane—an empirical study of upper secondary and tertiary students' meaning-making of a still image and an animation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 223-246.
- Simpson, W. D., y Marek, E. A. (1988). Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5), 361-374.
- Solbes, J., Jaime, C. A., y Más, C. F. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (48), 64-77.
- Tekkaya, C. (2003). Remediating high school students' misconceptions concerning diffusion and osmosis through concept mapping and conceptual change text. *Research in Science & Technological Education*, 21(1), 5-16.

- Tomažič, I., y Vidic, T. (2012). Future science teachers' understandings of diffusion and osmosis concepts. *Journal of Biological Education*, 46(2), 66-71.
- Torkar, G., Veldin, M., Glažar, S. A., y Podlesek, A. (2018). Why do plants wilt? investigating students' understanding of water balance in plants with external representations at the macroscopic and submicroscopic levels. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2265-2276. <https://doi.org/10.29333/ejmste/87119>
- Westbrook, S. L., y Marek, E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 649-660.
- Zuckerman, J. T. (1994). Problem solver's conceptions about osmosis. *The American Biology Teacher*, 22-25.

## Anexo I. Justificación curricular en ESO y Bachillerato de la secuencia de ósmosis

Fragmentos del Currículo para Educación Secundaria Obligatoria (BOJA, 2016a) y del Currículo para Bachillerato (BOJA, 2016b), donde puede adaptarse la secuencia del presente trabajo.

### Para 1º de la ESO (Biología y Geología)

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica		
<p>La metodología científica. Características básicas.</p> <p>La experimentación en Biología y geología: obtención y selección de información a partir de la selección y recogida de muestras del medio natural.</p>	<p>1. Utilizar adecuadamente el vocabulario científico en un contexto adecuado a su nivel. CCL, CMCT, CEC.</p> <p>2. Buscar, seleccionar e interpretar la información de carácter científico y utilizar dicha información para formarse una opinión propia, expresarse adecuadamente y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y la salud. CCL, CMCT, CD, CAA, CSC, CEC.</p> <p>3. Realizar un trabajo experimental con ayuda de un guión de prácticas de laboratorio o de campo describiendo su ejecución e interpretando sus resultados. CCL, CMCT, CAA, SIEP.</p> <p>4. Utilizar correctamente los materiales e instrumentos básicos de un laboratorio, respetando las normas de seguridad del mismo. CMCT, CAA, CSC.</p>	<p>1.1. Identifica los términos más frecuentes del vocabulario científico, expresándose de forma correcta tanto oralmente como por escrito.</p> <p>2.3. Utiliza la información de carácter científico para formarse una opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados.</p> <p>3.1 Conoce y respeta las normas de seguridad en el laboratorio, respetando y cuidando los instrumentos y el material empleado.</p> <p>3.2. Desarrolla con autonomía la planificación del trabajo experimental, utilizando tanto instrumentos ópticos de reconocimiento, como material básico de laboratorio, argumentando el proceso experimental seguido, describiendo sus observaciones e interpretando sus resultados.</p>

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 2. La Tierra en el universo		
<p>Agua dulce y agua salada: importancia para los seres vivos. Contaminación del agua dulce y salada.</p>	<p>14. Justificar y argumentar la importancia de preservar y no contaminar las aguas dulces y saladas. CCL, CMCT, CSC.</p> <p>16. Investigar y recabar información sobre la gestión de los recursos hídricos en Andalucía. CMCT, CD, CAA, SIEP.</p>	<p>14.1. Reconoce los problemas de contaminación de aguas dulces y saladas y las relaciona con las actividades humanas.</p>

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 3. La biodiversidad en el planeta Tierra		
<p>La célula. Características básicas de la célula procariota y eucariota animal y vegetal.</p> <p>Vertebrados: Peces. Características anatómicas y fisiológicas.</p> <p>Plantas. (Algas**). Características principales, nutrición, relación y reproducción. Biodiversidad en Andalucía</p>	<p>1. Reconocer que los seres vivos están constituidos por células y determinar las características que los diferencian de la materia inerte. CMCT.</p> <p>6. Caracterizar a los principales grupos de invertebrados y vertebrados.</p> <p>7. Determinar a partir de la observación las adaptaciones que permiten a los animales y a las plantas sobrevivir en determinados ecosistemas. CMCT, CAA, SIEP.</p> <p>10. Valorar la importancia de Andalucía como una de las regiones de mayor biodiversidad de Europa. CMCT, CEC.</p>	<p>1.2. Establece comparativamente las analogías y diferencias entre célula procariota y eucariota, y entre célula animal y vegetal.</p> <p>6.2. Reconoce diferentes ejemplares de vertebrados, asignándolos a la clase a la que pertenecen.</p> <p>7.1. Identifica ejemplares de plantas y animales propios de algunos ecosistemas o de interés especial por ser especies en peligro de extinción o endémicas.</p> <p>7.2. Relaciona la presencia de determinadas estructuras en los animales y plantas más comunes con su adaptación al medio.</p>

*Nota: Algas\*\* no aparece directamente en el currículo, pero sí en el libro de texto utilizado (Romero y Romero, 2016), por lo que se incluyó en este bloque.*

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 4. Los ecosistemas		
<p>Ecosistemas acuáticos.</p> <p>Factores desencadenantes de desequilibrios en los ecosistemas.</p> <p>Acciones que favorecen la conservación del medio ambiente.</p>	<p>2. Identificar en un ecosistema los factores desencadenantes de desequilibrios y establecer estrategias para restablecer el equilibrio del mismo. CMCT, CAA, CSC, CEC.</p> <p>3. Reconocer y difundir acciones que favorecen la conservación del medio ambiente. CMCT, CSC, SIEP.</p> <p>6. Reconocer y valorar la gran diversidad de ecosistemas que podemos encontrar en Andalucía. CMCT, CEC.</p>	<p>2.1. Reconoce y enumera los factores desencadenantes de desequilibrios en un ecosistema.</p> <p>3.1. Selecciona acciones que previenen la destrucción del medioambiente.</p>

## Para 3º de la ESO (Biología y Geología)

Extracción del libro de texto de Biología y Geología para 3º de ESO (Pedrinaci, Gil y Pascual, 2016), donde solo aparecen los casos en los que entran sustancias en la célula y no se muestran los casos en los que éstas salen.

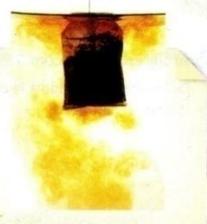
### 4 La membrana y los intercambios con el medio

#### Difusión en una infusión

Introducimos una bolsita de té en agua caliente. Las moléculas solubles del té están concentradas en el interior de la bolsita y muy pocas han pasado al agua caliente.

A los 30 segundos, las moléculas del té atraviesan libremente la bolsita y se están moviendo desde donde se encuentran altamente concentradas hacia donde su concentración es menor.

A los 3 minutos, las moléculas del té se hallan repartidas uniformemente por toda la taza.



Las células necesitan un constante aporte de sustancias procedentes del medio para su mantenimiento, y también requieren desprenderse de los desechos que producen. En cualquier caso, estas moléculas deben atravesar la membrana plasmática.

#### ¿Cómo atraviesan la membrana las moléculas pequeñas?

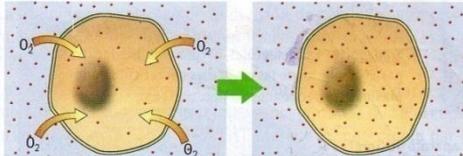
Las **moléculas pequeñas**, como el agua o el oxígeno, atraviesan la membrana mediante dos mecanismos diferentes:

- **Difusión.** Es el mecanismo por el que las moléculas pequeñas atraviesan libremente la membrana plasmática sin un aporte extra de energía. Si su concentración es mayor en el medio que rodea a la célula que en su interior, entran en la célula; en caso contrario, las moléculas salen de la célula y así las concentraciones a ambos lados de la membrana tienden a igualarse. Como sucede al hacer una infusión.

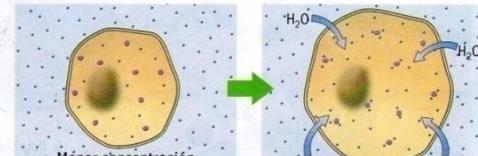
La **difusión del agua** a través de una membrana desde una disolución diluida hacia otra más concentrada se denomina **ósmosis**. El agua atraviesa la membrana de forma que las concentraciones a ambos lados tienden a igualarse.

**En la Web**  
Observa cómo funciona la ósmosis.  
[www.e-sm.net/svbg3eso01\\_03](http://www.e-sm.net/svbg3eso01_03)

#### DIFUSIÓN



#### ÓSMOSIS



- **Transporte activo.** En ocasiones, la célula necesita sustancias que se encuentran en menor concentración en el medio extracelular que en su interior. Su transporte puede hacerse mediante un proceso contrario a la difusión, es decir, desde el lugar en el que su concentración es menor hacia donde es mayor. Este traslado supone un gran **gasto de energía** para la célula, del mismo modo que requiere energía sacar el agua de un pozo hasta la superficie, por eso se conoce como transporte activo.

#### ¿Cómo pasan las partículas más grandes?

Las **partículas de gran tamaño** no pueden atravesar la membrana. Para introducirlas, la membrana se hunde y forma una pequeña bolsa que termina por desprenderse y se incorpora al citoplasma. Este mecanismo se denomina **endocitosis**; y si por endocitosis se capturan grandes partículas se llama **fagocitosis**.

El proceso contrario, por el cual las vesículas celulares cargadas de partículas vierten su contenido al exterior, recibe el nombre de **exocitosis**.

#### ACTIVIDADES

8. Además de la infusión, ¿conoces algún ejemplo sencillo de difusión en la vida cotidiana?
9. Si el interior de una célula contiene una disolución más concentrada que la del medio extracelular, ¿hacia dónde se desplazará el agua?

Figura 18. Página 11 del libro: Biología y Geología para 3.º de ESO (edición para Andalucía)

### Para 4º de la ESO (Biología y Geología)

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 3. Ecología y medio ambiente		
Factores limitantes y adaptaciones. Límite de tolerancia. Autorregulación del ecosistema, de la población y de la comunidad. Impactos y valoración de las actividades humanas en los ecosistemas. La actividad humana y el medio ambiente. Conocimiento de técnicas sencillas para conocer el grado de contaminación y depuración del medio ambiente.	2. Reconocer el concepto de factor limitante y límite de tolerancia. CMCT. 5. Comparar adaptaciones de los seres vivos a diferentes medios, mediante la utilización de ejemplos. CCL, CMCT 8. Contrastar algunas actuaciones humanas sobre diferentes ecosistemas, valorar su influencia y argumentar las razones de ciertas actuaciones individuales y colectivas para evitar su deterioro. CAA, CSC, SIEP.	2.1. Interpreta las adaptaciones de los seres vivos a un ambiente determinado, relacionando la adaptación con el factor o factores ambientales desencadenantes del mismo. 8.1. Argumenta sobre las actuaciones humanas que tienen una influencia negativa sobre los ecosistemas: contaminación, desertización, agotamiento de recursos,... 8.2. Defiende y concluye sobre posibles actuaciones para la mejora del medio ambiente.

### Para 4º de ESO (Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional)

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. Técnicas instrumentales básicas		
Técnicas de experimentación en física, química, biología y geología.	3. Contrastar algunas hipótesis basándose en la experimentación, recopilación de datos y análisis de resultados. CMCT, CAA. 5. Preparar disoluciones de diversa índole, utilizando estrategias prácticas. CAA, CMCT	3.1. Recoge y relaciona datos obtenidos por distintos medios para transferir información de carácter científico. 5.1. Decide qué tipo de estrategia práctica es necesario aplicar para el preparado de una disolución concreta.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 2. Aplicaciones de la ciencia en la conservación del medio ambiente		
Contaminación: concepto y tipos. Contaminación del agua	1. Precisar en qué consiste la contaminación y categorizar los tipos más representativos. CMCT, CAA. 2. Contrastar en qué consisten los distintos efectos medioambientales tales como la lluvia ácida, el efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono y el cambio climático. CCL, CAA, CSC. 4. Precisar los agentes contaminantes del agua e informar sobre el tratamiento de depuración de las mismas. Recopila datos de observación y experimentación para detectar contaminantes en el agua. CMCT, CAA, CSC.	1.1. Utiliza el concepto de contaminación aplicado a casos concretos. 2.1. Categoriza los efectos medioambientales conocidos como lluvia ácida, efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono y el cambio global a nivel climático y valora sus efectos negativos para el equilibrio del planeta. 4.1. Discrimina los agentes contaminantes del agua, conoce su tratamiento y diseña algún ensayo sencillo de laboratorio para su detección

## Para 1º de Bachillerato (Biología y Geología)

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 4. La biodiversidad</b>		
<p>La clasificación y la nomenclatura de los grupos principales de seres vivos.</p> <p>Las grandes zonas biogeográficas. Patrones de distribución.</p> <p>Los principales biomas.</p> <p>Factores que influyen en la distribución de los seres vivos: geológicos y biológicos.</p> <p>La conservación de la biodiversidad.</p> <p>El factor antrópico en la conservación de la biodiversidad.</p>	<p>5. Situar las grandes zonas biogeográficas y los principales biomas. CMCT, CAA, CSC</p> <p>14. Definir el concepto de endemismo y conocer los principales endemismos de la flora y la fauna españolas. CMCT, CCL, CEC.</p> <p>15. Conocer las aplicaciones de la biodiversidad en campos como la salud, la medicina, la alimentación y la industria y su relación con la investigación. CMCT, SIEP.</p> <p>16. Conocer las principales causas de pérdida de biodiversidad, así como y las amenazas más importantes para la extinción de especies. CMCT, CSC.</p> <p>17. Enumerar las principales causas de origen antrópico que alteran la biodiversidad. CMCT.</p> <p>19. Describir las principales especies y valorar la biodiversidad de un ecosistema cercano, así como su posible repercusión en el desarrollo socioeconómico de la zona. CMCT, CCL, CSC, CEC, SIEP.</p>	<p>5.2. Diferencia los principales biomas y ecosistemas terrestres y marinos.</p> <p>14.1. Define el concepto de endemismo o especie endémica.</p> <p>14.2. Identifica los principales endemismos de plantas y animales en España.</p> <p>15.1. Enumera las ventajas que se derivan del mantenimiento de la biodiversidad para el ser humano.</p> <p>16.1. Enumera las principales causas de pérdida de biodiversidad.</p> <p>16.2. Conoce y explica las principales amenazas que se ciernen sobre las especies y que fomentan su extinción.</p> <p>17.1. Enumera las principales causas de pérdida de biodiversidad derivadas de las actividades humanas.</p> <p>17.2. Indica las principales medidas que reducen la pérdida de biodiversidad.</p> <p>19.1. Diseña experiencias para el estudio de ecosistemas y la valoración de su biodiversidad.</p>

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 5. Las plantas: sus funciones, y adaptaciones al medio</b>		
<p>Las adaptaciones de los vegetales al medio</p>	<p>1. Describir cómo se realiza la absorción de agua y sales minerales. CMCT, CCL.</p> <p>16. Reconocer las adaptaciones más características de los vegetales a los diferentes medios en los que habitan. CMCT, CAA.</p> <p>17. Diseñar y realizar experiencias en las que se pruebe la influencia de determinados factores en el funcionamiento de los vegetales. CMCT, CAA, SIEP.</p>	<p>1.1. Describe la absorción del agua y las sales minerales.</p> <p>16.1. Relaciona las adaptaciones de los vegetales con el medio en el que se desarrollan.</p> <p>17.1. Realiza experiencias que demuestren la intervención de determinados factores en el funcionamiento de las plantas.</p>

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 6. Los animales: sus funciones, y adaptaciones al medio</b>		
<p>El transporte de gases y la respiración.</p>	<p>8. Distinguir respiración celular de respiración (ventilación, intercambio gaseoso). CMCT, CAA.</p> <p>9. Conocer los distintos tipos de aparatos respiratorios en invertebrados y vertebrados. CMCT.</p> <p>10. Definir el concepto de excreción y relacionarlo con los objetivos que persigue. CMCT, CCL.</p> <p>29. Reconocer las adaptaciones más características de los animales a los diferentes medios en los que habitan. CMCT, CAA.</p>	<p>8.1. Diferencia respiración celular y respiración, explicando el significado biológico de la respiración celular.</p> <p>9.1. Asocia los diferentes aparatos respiratorios con los grupos a los que pertenecen, reconociéndolos en representaciones esquemáticas.</p> <p>10.1. Define y explica el proceso de la excreción.</p> <p>29.2. Identifica las adaptaciones animales a los medios acuáticos.</p>

## Para 2º de Bachillerato (Biología)

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 1. La base molecular y fisicoquímica de la vida</b>		
Las moléculas e iones inorgánicos: agua y sales minerales. Fisicoquímica de las dispersiones acuosas. Difusión, ósmosis y diálisis	2. Argumentar las razones por las cuales el agua y las sales minerales son fundamentales en los procesos biológicos. CMCT, CCL, CD.	2.2. Distingue los tipos de sales minerales, relacionando composición con función. 2.3. Contrasta los procesos de <b>difusión*</b> , <b>ósmosis*</b> y diálisis, interpretando su relación con la concentración salina de las células.

*Nota: \*: único lugar del currículo donde aparecen los términos de difusión y ósmosis.*

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 2. La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular</b>		
Las membranas y su función en los intercambios celulares. Permeabilidad selectiva.	6. Examinar y comprender la importancia de las membranas en la regulación de los intercambios celulares para el mantenimiento de la vida. CMCT, CCL, CAA, CD.	6.1. Compara y distingue los tipos y subtipos de transporte a través de las membranas explicando detalladamente las características de cada uno de ellos.

## Anexo II. Cuaderno del alumno

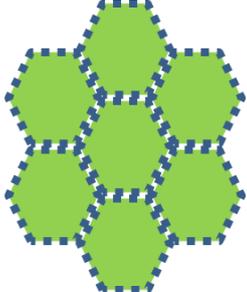
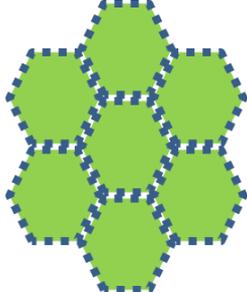
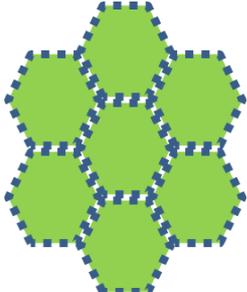
A.1. Han aparecido un montón de jureles y lechuga de mar (algas) muertos flotando en la playa que hay frente a la universidad. Una asociación ecologista ha encontrado que los jureles y las lechugas de mar **están deshidratados**, ¿cómo es posible que estén deshidratados si están rodeados de agua?

A.4. Cada grupo debe pensar cómo comprobar si la causa que le ha tocado (1) es el motivo de la muerte en masa de peces y algas.

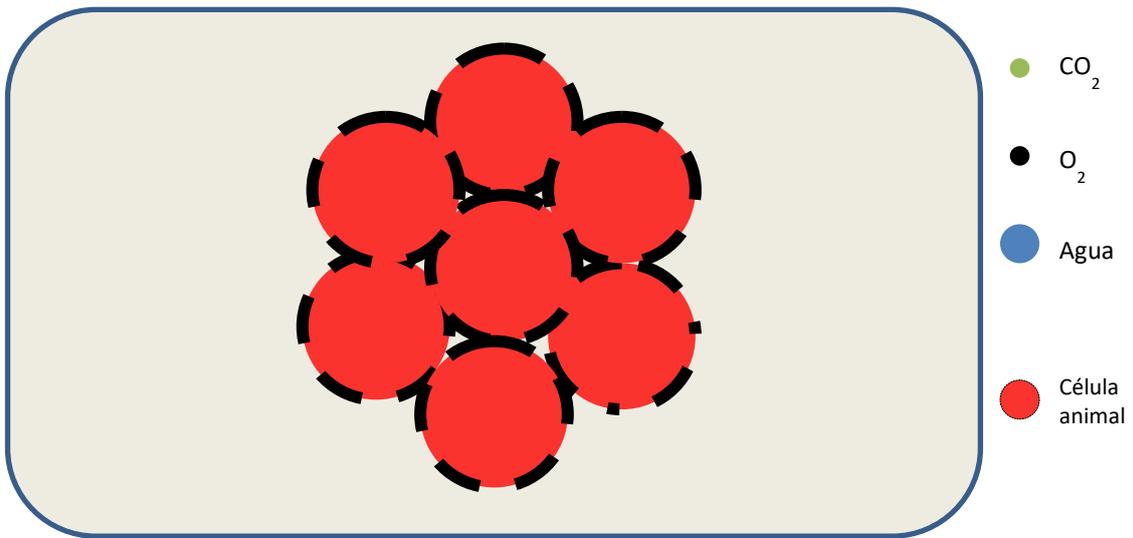
Causa (ejemplos)	¿En qué se notaría en el agua además de las muertes de peces y algas?	Diseño para comprobarlo
1. Vertido, depuradora, químicos, veneno, contaminación 2. Temperatura, falta de O <sub>2</sub> , gasoducto 3. Petróleo, eutrofización 4. Intoxicación de algas 5. Por pesca de arrastre 6. Fin de ciclo vital 7. Había mucha sal de la desaladora		

A.7. Imaginaos que de verdad es la sal la culpable de que estén deshidratados, ¿cómo lo podríamos demostrar (sin matar a peces que sufren)? Diseñad un experimento usando lechugas que permita ver el efecto de la sal. (Se pueden hacer dibujos)

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada, agua salada.

Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
		

A.15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

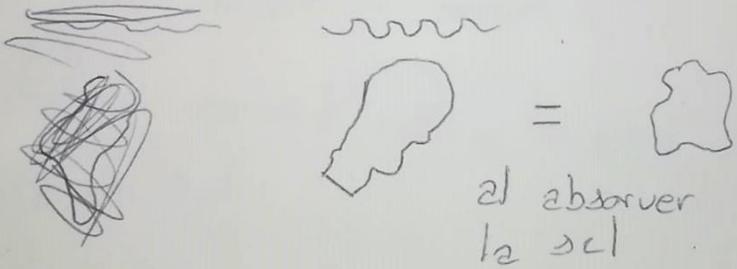


### Anexo III. Resultados de la Actividad 7

Nombre: Grupo 1

A.7. Imaginad que de verdad es la sal la culpable de que estén deshidratados, ¿cómo lo podríamos demostrar (sin matar peces que sufren)? Diseñad un experimento usando lechugas que permita ver el efecto de la sal. (Se pueden hacer dibujos)

Por que si bebes agua con sal te entra mucha sed y si no bebes agua potable te deshidratas.



al absorber la sal

Figura 19. G1-1B

Nombre: Grupo 2

A.7. Imaginad que de verdad es la sal la culpable de que estén deshidratados, ¿cómo lo podríamos demostrar (sin matar peces que sufren)? Diseñad un experimento usando lechugas que permita ver el efecto de la sal. (Se pueden hacer dibujos)

Poniedo en un recipiente sal y agua y un pez, si se muere es que se deshidrata.

La lechuga absorbe la sal y los peces se quedan sin sal y se deshidratan

Figura 20. G2-1B

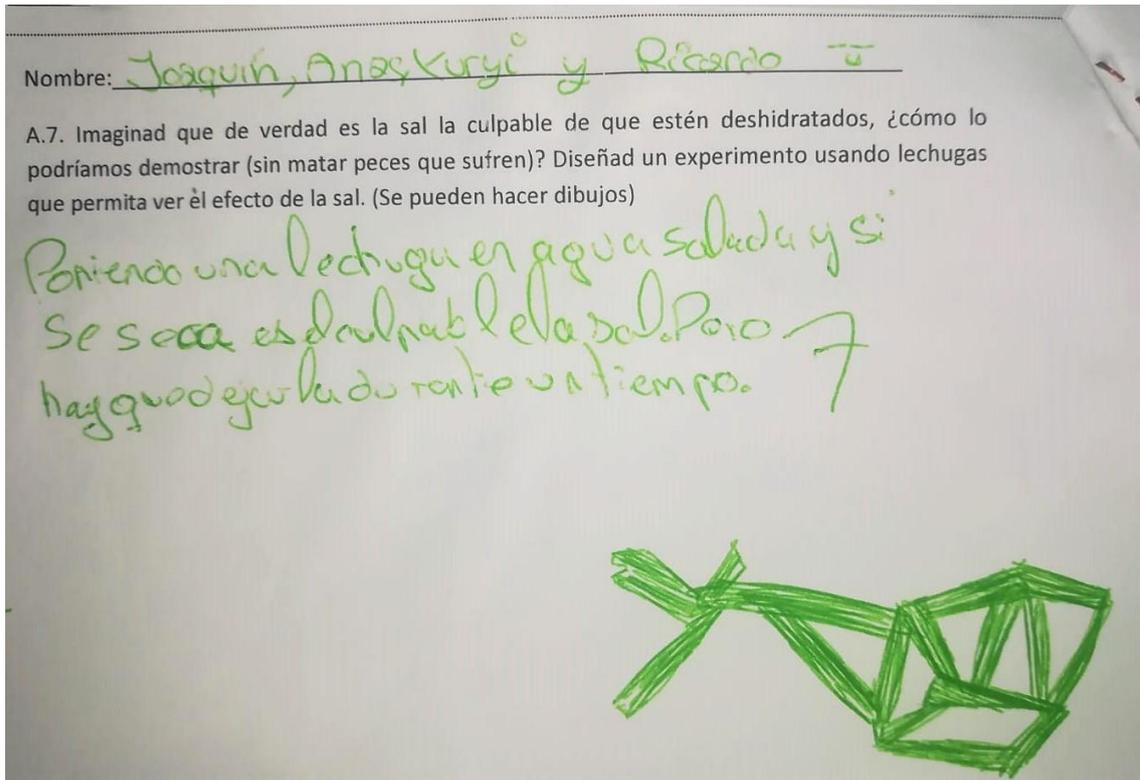


Figura 21. G7-1B

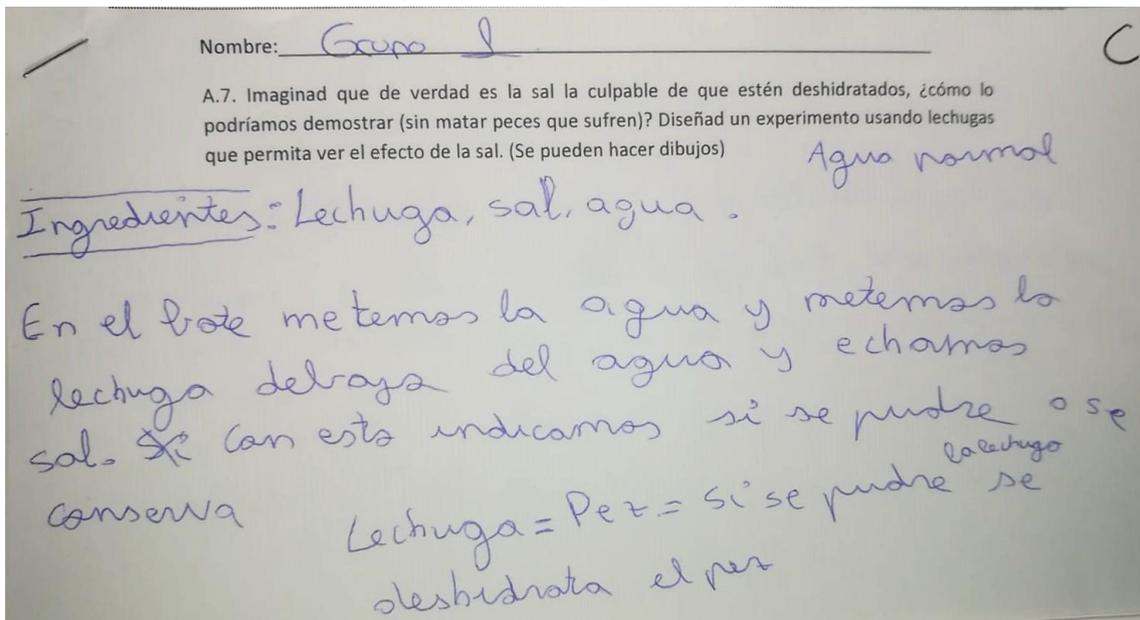


Figura 22. G1-1C

Nombre: 2

A.7. Imaginad que de verdad es la sal la culpable de que estén deshidratados, ¿cómo lo podríamos demostrar (sin matar peces que sufren)? Diseñad un experimento usando lechugas que permita ver el efecto de la sal. (Se pueden hacer dibujos)

1º - Poneos la lechuga en un bote y le echamos agua y sal.  
2º - Hacemos lo mismo que antes: El agua salada le quitamos la sal con la ceniza (Filtro) cogemos la sal y se la echamos a la lechuga.

Figura 23. G2-1C

Nombre: Grupo 6

A.7. Imaginad que de verdad es la sal la culpable de que estén deshidratados, ¿cómo lo podríamos demostrar (sin matar peces que sufren)? Diseñad un experimento usando lechugas que permita ver el efecto de la sal. (Se pueden hacer dibujos)

meter la lechuga en agua y sal.

Primero un trozo de lechuga la mojamos un poco de agua y la llenamos entera de sal pasado un minuto y quitamos la sal y vemos la reacción de la sal con la lechuga.

¡¡¡¡ CON SAL

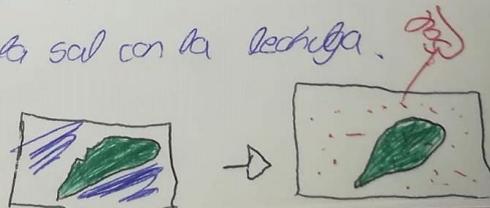


Figura 24. G6-1C

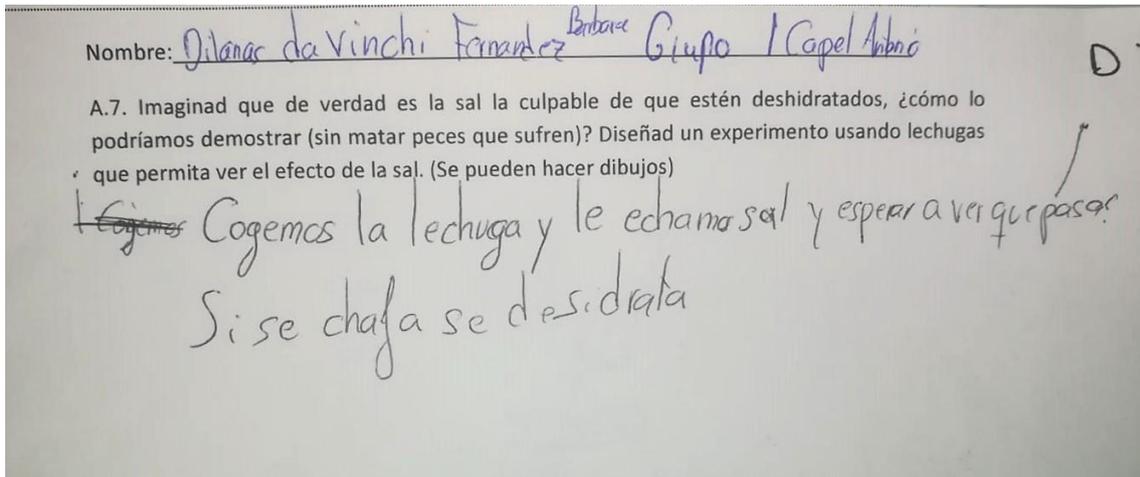


Figura 25. G1-1D

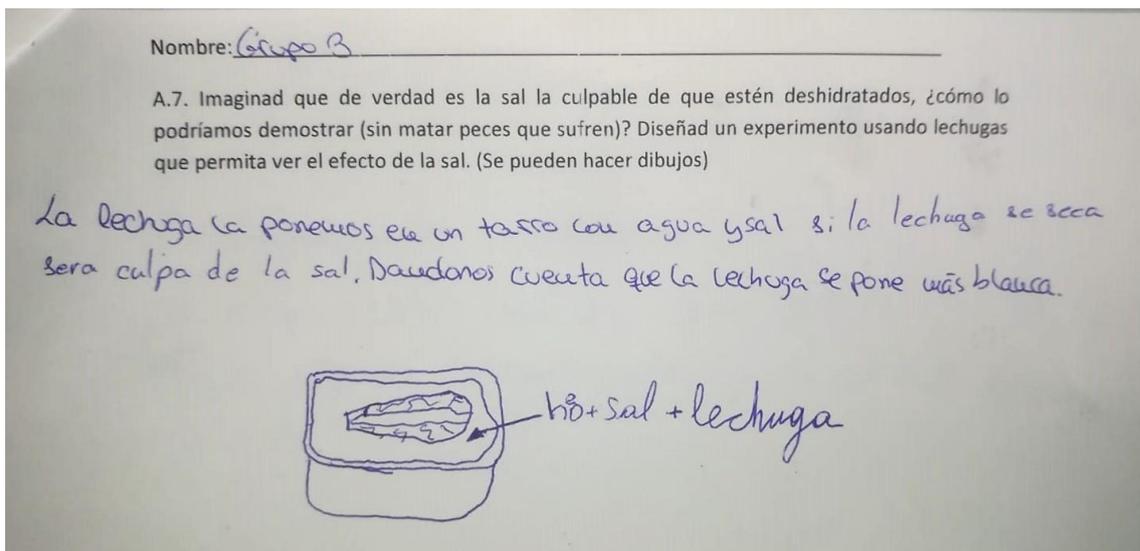


Figura 26. G3-1D

## Anexo IV. Resultados de la Actividad 9

Nombre: Grupo 2

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

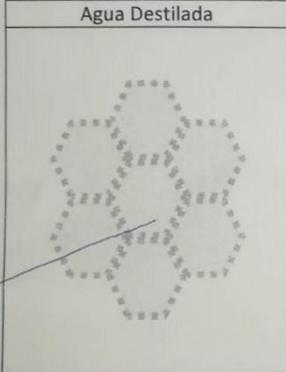
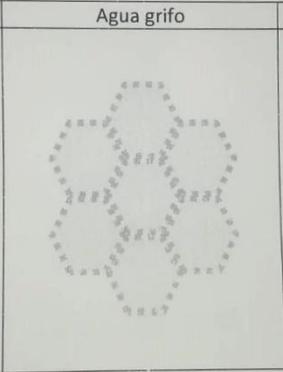
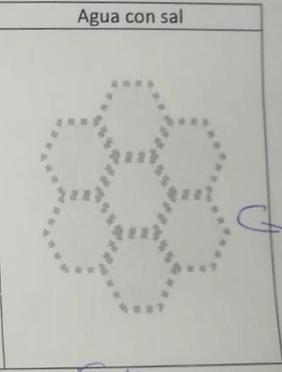
Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
		
En el agua destilada se saca la sal y se queda blanda y dura		Entra sal

Figura 27. G2-1B

Nombre: GRUPO 3B

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

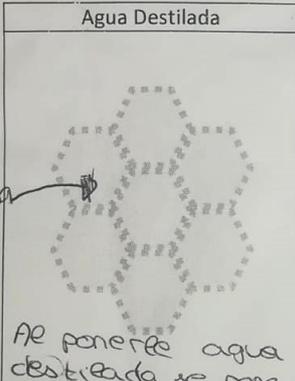
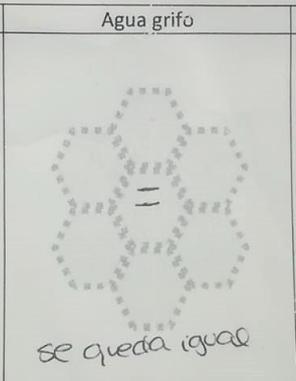
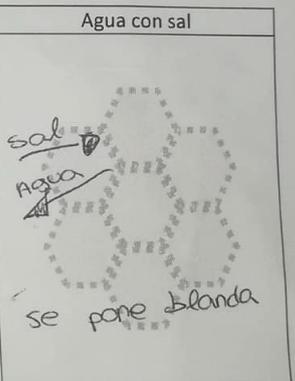
Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
		
Al ponerle agua destilada se pone más dura.	se queda igual	se pone blanda

Figura 28. G3-1B

Nombre: Grupo 4

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
<p>La célula se pone más choca y se pone más dura</p>		<p>Se pone blanda la célula se abate</p>
<p>Entra agua y se abate la célula</p>	<p>ENTRA Agua</p>	<p>Entra sal y agua</p>

Figura 29. G4-1B

Nombre: Grupo 1

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
<p>Se juntan</p> <p>Se queda dura</p>	<p>Se pone dura y se transparenta</p>	<p>Flacida y blanda</p> <p>Se van abatas</p>

Figura 30. G1-1C

Nombre: Grupo A

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
<p>Entro mas agua</p>	<p>Igual</p>	<p>sale el agua</p>

Figura 31. G4-1C

Nombre: 2

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
<p>hidrata la célula Porque le quita toda la sal</p>	<p>No cambia nada Permanece igual <del>Del</del> <del>Durará</del></p>	<p>Se queda blanda Porque quitan los sales minerales y pone las otras</p>

Figura 32. G2-1D

Nombre: Grupo B 

A.9. ¿Cómo crees que ha podido ocurrir esto? Imagina por dentro de la célula qué ocurre cuando añadimos agua, agua destilada y agua salada.

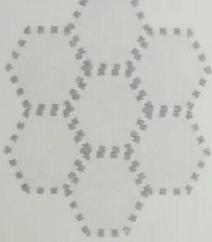
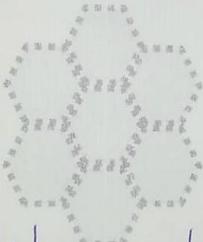
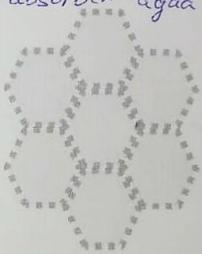
Agua Destilada	Agua grifo	Agua con sal
<p data-bbox="316 409 603 477">Se pone tiesa por que absorbe el agua</p>  <p data-bbox="288 768 533 846">La lechuga se ha puesto tiesa</p>	 <p data-bbox="612 689 879 768">No sale ninguna célula y tampoco entra</p> <p data-bbox="608 768 852 846">Se ha quedado igual peso y medida.</p>	<p data-bbox="911 409 1369 499">Se pone pocha por que al absorber agua con sal se deshidrata</p>  <p data-bbox="911 768 1155 846">La lechuga se ha puesto blanda</p>

Figura 33. G3-1D

## Anexo V. Figuras de células vegetales reales utilizadas

Figuras extraídas de Biologiaentodas.blogspot.com, 2019.



Figura de célula vegetal con agua del grifo

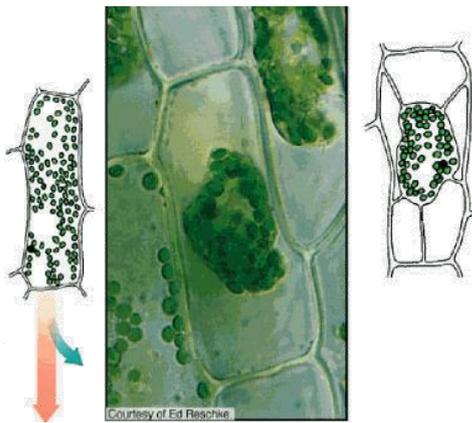


Figura de célula vegetal expuestas a agua con sal

Figuras modificadas y adaptadas para la secuencia del modelo de ósmosis:



Figuras comparativas de células vegetales en agua del grifo (izquierda) y en agua destilada (derecha)

## Anexo VI. Respuestas de la Actividad 15

Nombre: Grupo 1

A.15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

●  $\text{CO}_2$

●  $\text{O}_2$

● Agua

○ Célula animal

Figura 34. G1-1B

Nombre: Grupo 3B

A.15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

○  $\text{CO}_2$

●  $\text{O}_2$

● Agua

○ Célula animal

El oxígeno entra porque hay más concentración fuera

El dióxido de carbono sale porque hay más concentración dentro

Figura 35. G3-1B

Nombre: Grupo 2

A.15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

●  $\text{CO}_2$  las que están dentro  
 ●  $\text{O}_2$  todo lo de fuera  
 ● Agua la grande de dentro  
 ● Célula animal

Figura 36. G2-1C

Nombre: Grupo 4.

A.15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

●  $\text{CO}_2$   
 ●  $\text{O}_2$   
 ● Agua  
 ● Célula animal

Tiene que salir el  $\text{CO}_2$  a fuera y para eso tiene que haber mas  $\text{CO}_2$  dentro.

Figura 37. G4-1C

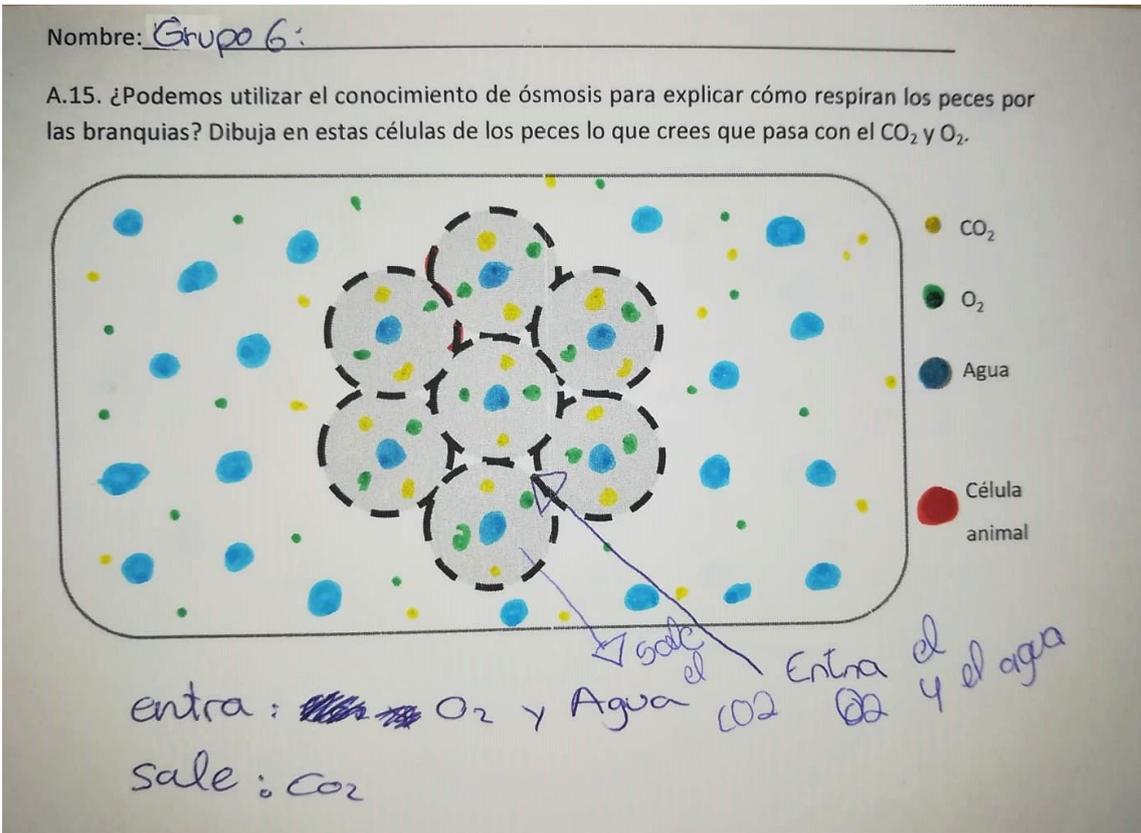


Figura 38. G6-1C

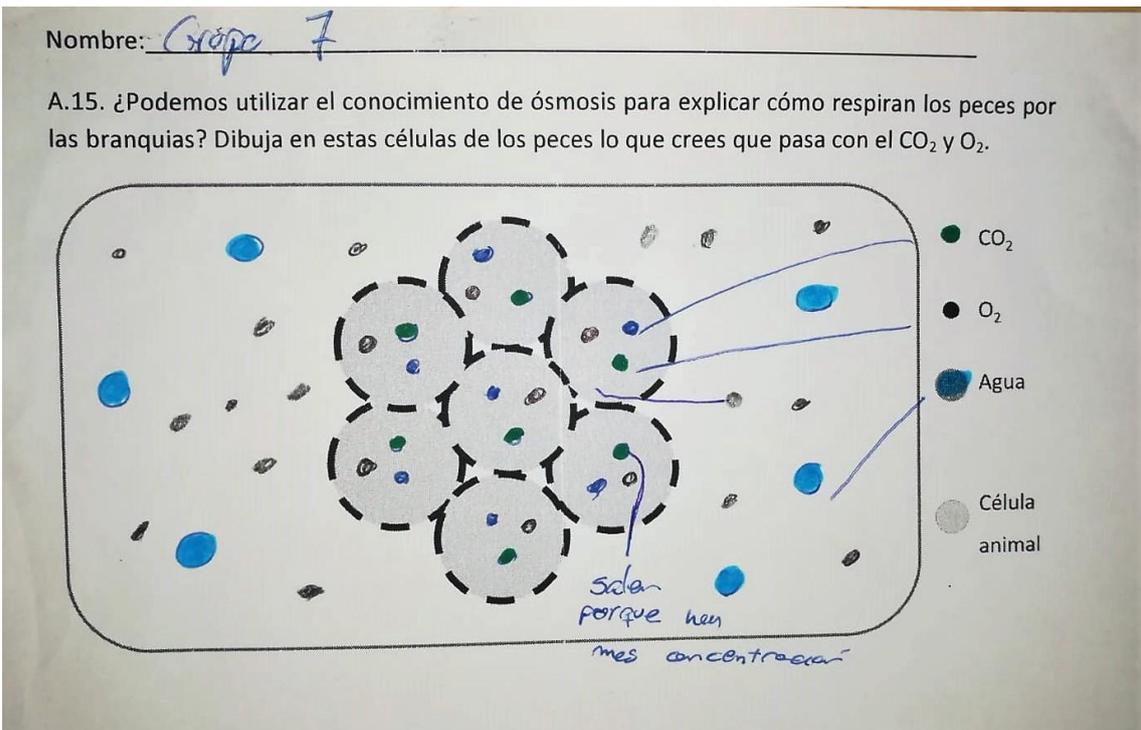
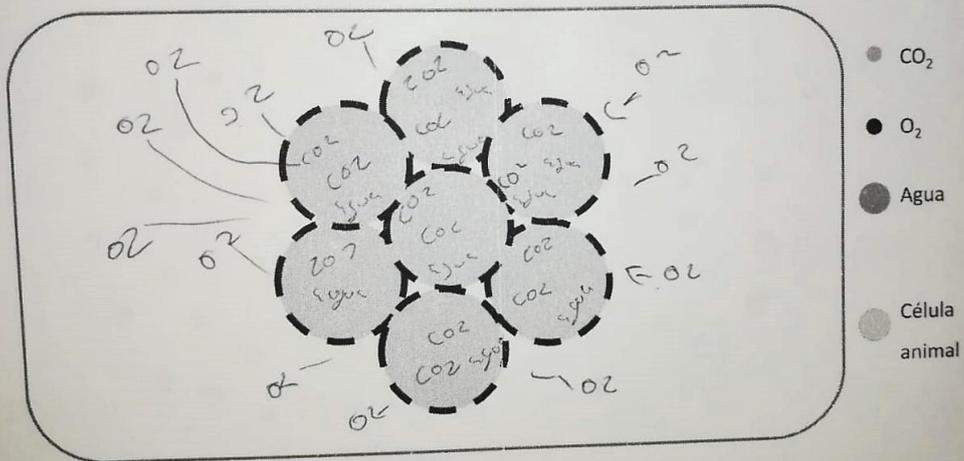


Figura 39. G7-1C

Nombre: grupo 4

A.15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .



entra el  $\text{O}_2$   
y sale el  $\text{CO}_2$

Figura 40. G4-1D

Nombre: Grupo 5

A.15. ¿Podemos utilizar el conocimiento de ósmosis para explicar cómo respiran los peces por las branquias? Dibuja en estas células de los peces lo que crees que pasa con el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

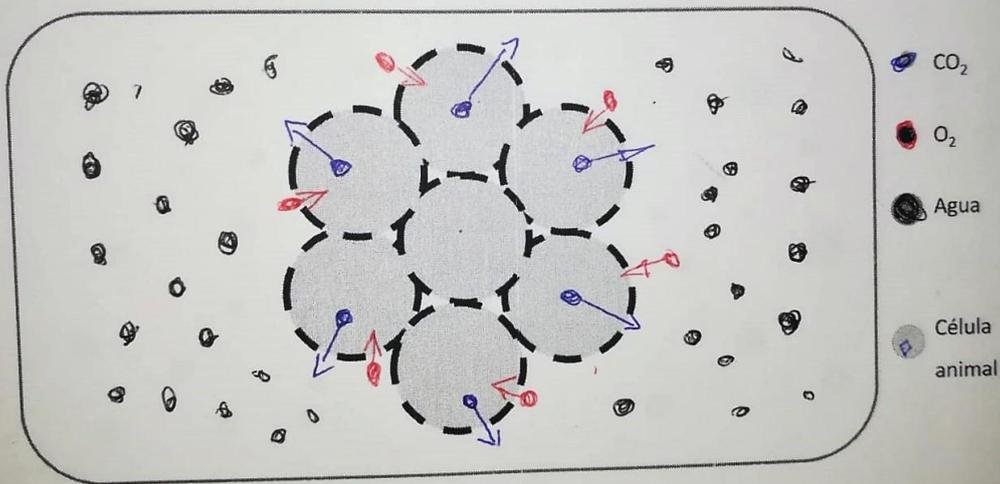


Figura 41. G5-1D

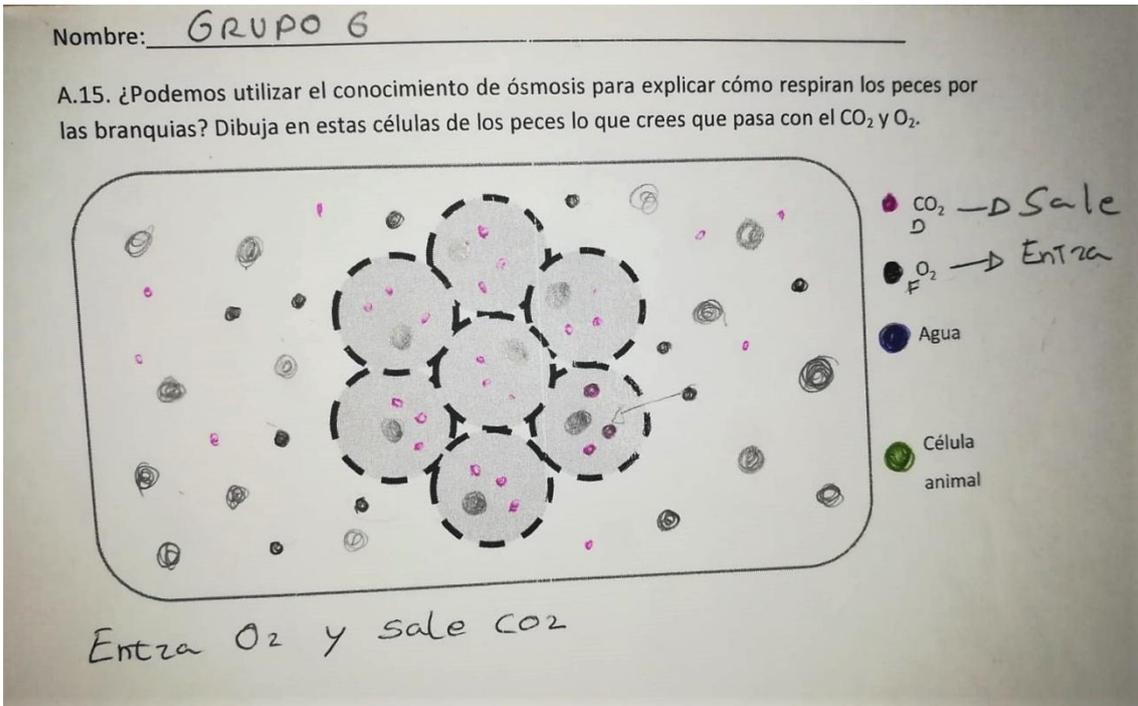


Figura 42. G6-1D

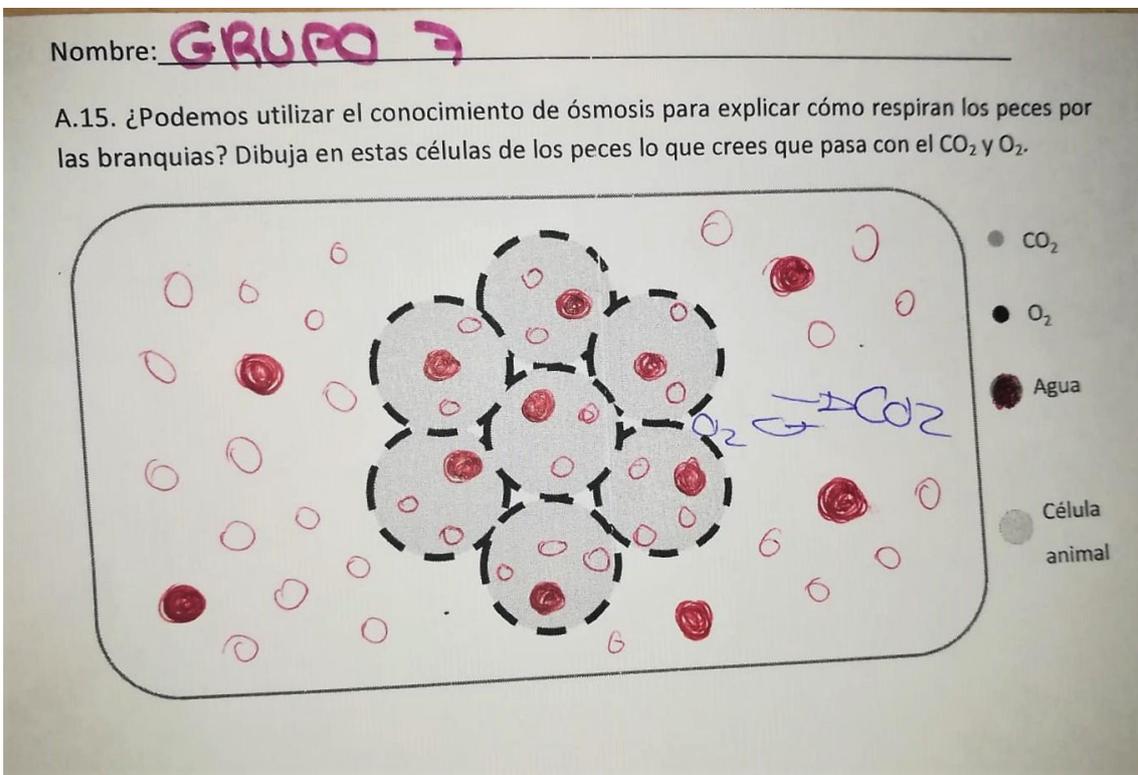


Figura 43. G7-1D

## Bibliografía de anexos

- Biologiaentodas.blogspot.com. (2019). *Biología en todas partes!*. [online] Disponible en: <http://biologiaentodas.blogspot.com/2016/06/> [Acceso el 1 de mayo de 2019].
- BOJA (2016a). Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Disponible en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/144/18>.
- BOJA (2016b). Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Disponible en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/145/52>.
- Pedrinaci, E., Gil, C., y Pascual, J.A. (2016). *Biología y Geología 3º ESO. Andalucía*. Andalucía, España: Ediciones SM.
- Romero, A. I., y Romero, R. M. (2016). *Biología y Geología 1º ESO. Andalucía*. España: Oxford University Press. ISBN: 9788467385823