



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

**SISTEMA ACUAPÓNICO PARA TRABAJAR  
LOS ECOSISTEMAS A NIVEL MESO EN  
EDUCACIÓN INFANTIL**

Trabajo Fin de Máster en Educador Ambiental

Autor: **Lorenzo Muñoz Saá**

Directora: **M<sup>a</sup>. Rut Jiménez Liso**

Convocatoria: junio 2016

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO.....	3
2. <b>PARTE 1. SISTEMA ACUAPÓNICO EN EDUCACIÓN INFANTIL: DE UNA AFICIÓN A UN RECURSO PARA EL APRENDIZAJE DE LOS ECOSISTEMAS A NIVEL MESO</b> .....	3
2.1 AFICIONADO A LA ACUAPONIA.....	4
2.2 CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE ACUAPONIA .....	4
2.3 POTENCIAL DIDÁCTICO DEL SISTEMA ACUAPÓNICO CON ALUMNADO DE EDUCACIÓN INFANTIL .....	7
3. <b>PARTE 2. RESÚMENES Y COMENTARIOS SOBRE LAS LECTURAS EN REVISTAS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES</b> .....	10
3.1 PROBLEMAS DE LA ESCUELA ACTUAL .....	11
3.2 CONCEPCIONES ALTERNATIVAS.....	12
3.3 MODELOS MENTALES.....	15
3.4 MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR.....	15
3.5 MODELO SER VIVO.....	16
3.6 MODELO ECOSISTEMA .....	17
3.7 ACUAPONIA EN LA ESCUELA .....	18
3.8 VENTAJAS PEDAGÓGICAS .....	20
4. CONCLUSIONES.....	21
5. VALORACIÓN PERSONAL DEL PROCESO DEL TFM .....	22
6. REFERENCIAS .....	23
7. OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	25
8. RELACIÓN DE FIGURAS .....	26
9. RELACION DE PÁGINAS WEB CONSULTADAS.....	26

## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO**

En este Trabajo Fin de Máster en Educador Ambiental (TFM) vamos a mostrar, en la primera parte, una experiencia docente en Educación Infantil desarrollada por el autor, cursando dicho master, en el CEIP San Pedro Apóstol de La Mojonera (Almería) con 25 niños y niñas del aula de Infantil (5 años) durante el segundo trimestre del curso 2012-2013 en la que se introdujo un sistema acuapónico para trabajar las relaciones animales-plantas en un ecosistema (*artículo enviado a la revista Aula de Innovación Educativa*). En la segunda parte, señalamos una búsqueda de documentación en revistas y tesis de Didáctica de las Ciencias Experimentales sobre acuaponía, seres vivos y ecosistemas con que fundamentar una propuesta más sistematizada.

Los objetivos del presente trabajo fin de master se centran, por un lado, en narrar la experiencia singular de introducir un sistema acuapónico en Infantil y, por otro, en fundamentar teóricamente una futura propuesta para trabajar los ecosistemas a nivel meso en este nivel educativo.

## **2. PARTE 1. SISTEMA ACUAPÓNICO EN EDUCACIÓN INFANTIL: DE UNA AFICIÓN A UN RECURSO PARA EL APRENDIZAJE DE LOS ECOSISTEMAS A NIVEL MESO**

César Bona nos contaba en una conferencia en Almería que había convertido su afición al cine y al teatro en uno de sus principales recursos para el aula. Con ello, conseguía divertirse mientras resolvía problemas de conflictos familiares o mientras su alumnado aprendía a ir al baño en “quijotesco” (Bona, 2015).

En este artículo queremos compartir la experiencia y las reflexiones de un docente de Infantil que llevó al aula su afición por la acuaponia, sin ser inicialmente muy consciente de lo que ello podría aportar al aprendizaje del alumnado de Infantil. La

experiencia evidencia el potencial de la acuaponía para el aprendizaje sobre los ecosistemas a nivel meso (ni macro, ni micro), incluso en infantil.

## **2.1 AFICIONADO A LA ACUAPONIA**

Desde bien pequeño he tenido contacto con la agricultura y la ganadería, recuerdo disfrutar en mi infancia yendo “al campo”. A pesar de haber crecido en la ciudad, he sido consciente de que el medio natural cercano era un tesoro a proteger y por el que luchar ante los ataques devastadores de la sobreexplotación urbanística. El poniente almeriense, donde soy docente y el levante murciano, de donde provengo, me han hecho reflexionar sobre los actuales modelos de agricultura y, poco a poco, me fui interesando por la agricultura urbana como un modelo sostenible de vida en sociedad. Hice mis primeros intentos de plantación en casa, con bolsas de rafia, con pallets reciclados y comencé lo que en la actualidad es ya costumbre en mí.

En este camino descubrí la Acuaponía, escalable a nivel de aula, visual, práctica y con alta potencialidad social como modelo sostenible de autosuficiencia familiar. Me documenté, leí algunos manuales y busqué formas sencillas de elaborar los diferentes elementos técnicos que esta requiere. El proyecto me pareció una magnífica oportunidad para convertir el aula en un laboratorio, soñar y disfrutar con los niños del posible fracaso/éxito del proyecto y salir de una posición egoísta respecto a los niños: poner mi granito de arena y no negarles la posibilidad de vivir una experiencia educativa de calidad. Por mi deber con ellos y su infinito interés seguí adelante.

## **2.2 CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE ACUAPONIA**

La acuaponía es la combinación de acuicultura (cría y mantenimiento de especies acuáticas en cautividad) e hidroponía (cultivo de vegetales en agua).

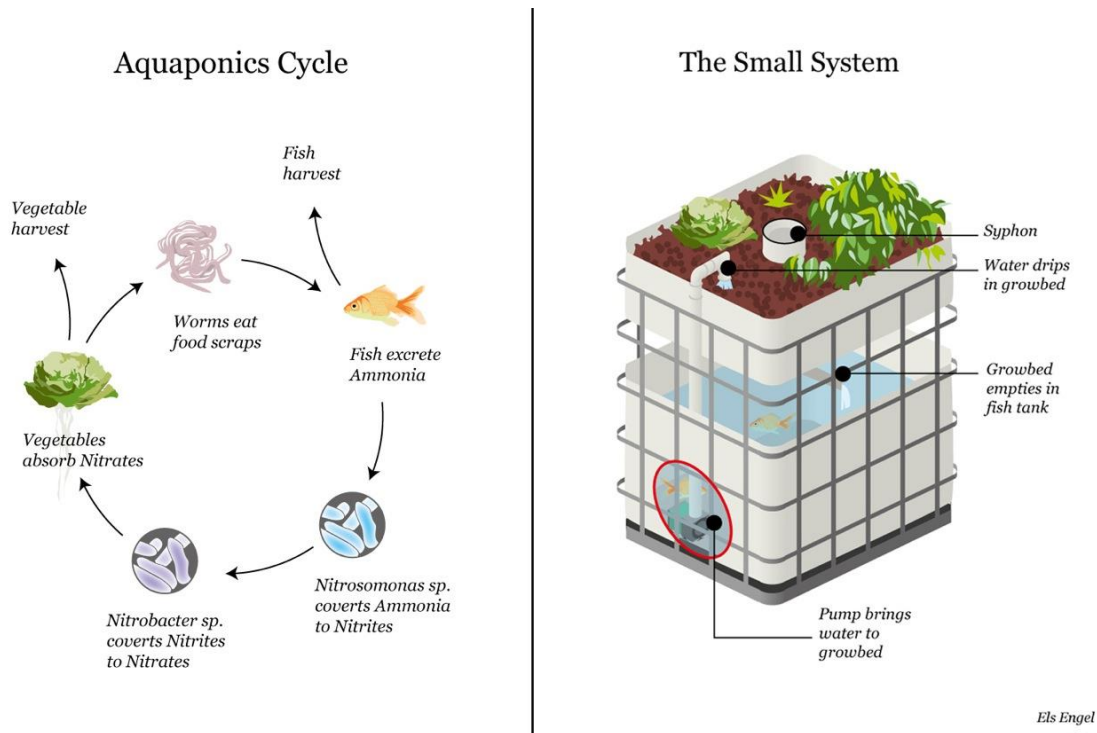


Figura 1. Ciclo y sistema acuapónico (Imágenes tomadas de

<http://southwesttilapiafarm.com/albums/photos/aquaponics-cycle-and-the-small-system/>)

En la parte izquierda de la Figura 1 podemos ver el ciclo de la vida que se forma en un sistema acuapónico que consiste en: los residuos de los peces presentes en el agua rápidamente se convierten en amoníaco que es muy tóxico en pequeñas cantidades para ellos mismos. Para ello se necesitan bio-filtros (bacterias) que conviertan el amoníaco en nitritos y después en nitratos, esenciales para el crecimiento de las plantas. Sin la presencia de estas bacterias, los peces morirían intoxicados por el amoníaco en agua.

En la parte derecha de la Figura 1 podemos ver el sistema acuapónico. Hay muchos tipos en función de su configuración y funcionamiento: Sistemas de flujo cada una hora, de flujo continuo, de balsas flotantes, de sustrato, etc.

El sistema de la Figura 1, con su correspondiente adaptación, es el que hemos montado en nuestra aula: sistema de inundación y drenaje mediante flujo continuo.

Se trata de dos recipientes de plástico transparentes, uno superior de 50 litros y otro de 80 litros puestos uno encima del otro. El que está en la parte inferior será el vivero de peces y el otro, lleno de arcilla expandida, servirá para el crecimiento de los vegetales.

En la parte central del recipiente superior hemos dispuesto un *sifón de campana*, mecanismo gracias al cual el agua es evacuada del depósito superior al inferior cada cierto tiempo cuando llega a determinado nivel. Una bomba de agua en el recipiente inferior bombea continuamente agua hacia el superior permitiendo que se alcance el nivel prefijado mediante el nivel de campana.

De especial relevancia en nuestro sistema acuapónico es el bio-filtro. En él se crearán condiciones idóneas para el crecimiento de las bacterias nitrificantes que transforman los desechos en elementos asimilables por las plantas. Nuestro sistema dispondrá de dos de ellos: el propio sustrato –arcilla expandida- y otro más “tranquilo” en la salida de agua de la bomba. Lo construí con una botella de agua reciclada con agujeros en la base y llena de fibra filtrante. Este segundo bio-filtro se limpia al 50% cada 2/3 semanas y cumple una doble función: mantener el agua cristalina y libre de impurezas (partículas en suspensión) y asegurar la supervivencia de “nuestras amigas” las bacterias. Sin este segundo biofiltro el agua queda turbia y aunque, en teoría el sistema funcionaría, éste mejora su rendimiento y permite una mejor visibilidad (*se puede ver en:* <https://www.youtube.com/watch?v=-yV8pz7BUdE>).

En los primeros momentos es importante dejar que el sistema madure antes de meter los peces y las plantas. Al comienzo, durante la maduración del sistema, podemos comprar un kit “probiótico” (una carga de bacterias) en una tienda de acuariofilia que acelerará el proceso. Debemos dejar que el agua circule del recipiente inferior al superior sin plantas ni animales de una a dos semanas echando diariamente unas pocas escamas de comida para peces en el agua para que se descompongan (*se puede ver cómo madura el sistema acuapónico en:* <https://www.youtube.com/watch?v=SIHTMrB2Hgg>).

Después de las primeras dos semanas sembramos un plantón de lechuga y tras 48h pusimos dos peces del tipo *goldfish* en el acuario.

Debemos tener en cuenta que la incorporación de elementos nuevos al sistema debe de ser lenta y paulatina y que la proporción plantas/peces suele ser 1:2. Prestaremos especial atención al estado del agua durante este periodo de maduración del agua efectuando diariamente test de nitratos, especialmente cuando introduzcamos los peces en el acuario. En el siguiente enlace podemos ver a niñas y niños conversando en los primeros días sobre los peces: <https://www.youtube.com/watch?v=xA5doLXIWzQ>. Para las niñas y niños de Infantil fue todo un éxito cuando el sistema acuapónico ya

estuvo maduro (se puede ver en: <https://www.youtube.com/watch?v=H9zMEDujFlo>) y han podido observar cómo (y cuánto) han crecido nuestras plantas (Figuras 2 y 3).



*Figuras 2 y 3. Sistema acuapónico maduro (elaboración propia)*

Nuestra sorpresa fue mayúscula pues, al cabo de las semanas, los niveles del test de nitratos se mantenían cercanos a cero y la lechuga tenía un aspecto muy saludable y comenzaba a crecer. Por ello, con este mismo procedimiento gradual y, aprovechando la primavera, añadimos dos peces más y más plantas de lechuga y de tomate cherry al sistema. Las lechugas crecieron bien (Figuras 2 y 3), sin embargo, el tomate cherry tuvo más dificultades y las flores no cuajaron. Creemos que pudo ser debido o bien a falta de sol (por encontrarse dentro de un aula) o a la falta de nutrientes (falta de peces). Aún así el sistema prosperó y nos permitió trabajar con los niños-as lo que había sucedido.

### **2.3 POTENCIAL DIDÁCTICO DEL SISTEMA ACUAPÓNICO CON ALUMNADO DE EDUCACIÓN INFANTIL**

Esta experiencia ha sido realizada en el CEIP San Pedro Apóstol de La Mojonera (Almería) con 25 niños y niñas del aula de Infantil 5 años durante el segundo trimestre del curso 2012-2013. Mientras el sistema acuapónico maduraba, en el aula de

Educación Infantil, ¿qué hacían los niños-as? Durante este tiempo los niños y niñas se responsabilizaban del cuidado del sistema. Pusimos nombres a los peces, nombramos encargados-as de darles de comer, rellenábamos con “agua buena” (de osmosis) la pecera, etc. Además, fuimos haciéndonos preguntas acerca del mismo - ¿Qué les gusta comer a los peces? ¿Por dónde comen los peces? ¿Qué echan al agua después de comer? ¿Y el agua de los peces a dónde va? Y a las plantas ¿qué les gusta comer? ¿Por dónde comen? Los adultos sabemos que el principal nutriente de las plantas procede del aire pero, en educación infantil de 5 años, hemos querido centrar el aprendizaje en que la tierra no imprescindible (cultivos hidropónicos) contribuyendo así a evitar la concepción alternativa de que las plantas se alimentan de la Tierra.

En el sistema acuapónico que tenemos en clase, ¿hace falta que reguemos las plantas? ¿De dónde viene el agua que las riega? Si estas plantas no tienen tierra, ¿de dónde viene su alimento? Como en nuestro sistema acuapónico encontramos plantas que aparecieron roídas, también pudimos incorporar nuevas preguntas: ¿Qué o quién se está comiendo las hojas? Lo que nos permitió hacer de investigadores y descubrir unos caracoles en la cortina que cubre el sistema acuapónico.

Este sistema permitió, además, la implicación de las familias así como del alumnado y profesorado de Educación Primaria del centro, con el fin de obtener información útil que nos ayudara en el seguimiento y comprensión del sistema.

Al final del curso escolar, los niños y niñas del centro tenían una versión bastante aproximada a la realidad del funcionamiento del sistema, de los diferentes factores que en él influían y eran capaces de extrapolarlo a otros contextos y, algo que suele pasar desapercibido: se emocionaron aprendiendo.

Por tanto, podemos analizar la experiencia desde un punto de vista económico, social y, por supuesto, escolar. En primer lugar, desde la economía, encontramos necesario trabajar con la acuaponía como modelo alternativo al que habitualmente vemos en nuestro centro, en el poniente almeriense, rodeados del “mar de plástico”, donde los niños y niñas viven y juegan entre invernaderos, conocen las plantas, aperos, maquinaria, plásticos, eficiencia hídrica, saben de plagas y de control biológico para combatirlos. En segundo lugar, desde un punto de vista social, vivimos en un mundo vertiginoso, vorágino, global, ultra-tecnológico, con sus ventajas pero también con sus exigencias e incertidumbres. Observamos que las experiencias y conocimientos trascendentales se pasan por alto pues se valoran las fugaces, que permiten pasar página



sin demasiada carga emocional, en busca del siguiente objetivo cada vez más rápido e importante. Los niños y niñas de infantil no son ajenos a este cambio social por lo que ofertar experiencias con ritmo pausado se convierte en una necesidad, como señalan Jiménez-Liso, Martínez-Chico y López-Gay, (2014). Los alumnos tienen necesidad de un marco temporal pausado de pensamiento que ofrezca tiempos en los que poder reestructurar sus ideas; el estudio de las plantas de nuestro sistema acuapónico posibilita al niño reestructurar sus ideas y mantener el interés conforme el proyecto avanza, lo que también supone ofrecer un modelo alternativo de consumo y producción (ajeno al mundo fugaz en el que vivimos). Al introducir en el aula la acuaponia de peces, tomates y lechugas ofrecemos la procedencia de alimentos que consumen, además de la vivencia diaria de un medioambiente cercano, compuesto por frágiles relaciones que posibilitan la vida que hay que amar y cuidar. Creemos que esto puede ser el germen para crear futuros ciudadanos respetuosos con el medio.

Así pues desde el punto de vista escolar, el estudio de las plantas y el huerto constituye un tema clásico de la etapa de Educación Infantil ya que brinda una oportunidad de explorar el entorno natural generando interpretaciones sobre la realidad cercana, aprovechando la curiosidad natural del alumno sobre los seres vivos. Sin embargo, este tema se suele abordar de forma muy lineal por medio de fichas o de experiencias de plantación y cuidado de plantas, totalmente aisladas de otros componentes necesarios del medio (bióticos y abióticos, Torres, Asensi y Gavidia, 2015).

Este tratamiento aislado, superficial (y generalmente transmisivo) induce o refuerza concepciones alternativas relacionadas con los ecosistemas, como la confusión entre hábitat (lugar donde habitan seres vivos) y ecosistema (organizado con relaciones entre los seres vivos y los elementos abióticos) o las dificultades en transferencia de materia y energía (como señalan Leach, Driver, Scott & Wood-Robinson, 1996; Bravo y Jiménez-Alexandre, 2010).

Pero la mayor contribución de introducir la acuaponia para trabajar los seres vivos en edades tempranas tiene que ver con la escala. Cuando trabajamos con escolares en general, más aún para los infantiles (3-6 años), las escalas microscópica y macroscópica suelen ser un problema pues se escapan por abstracción, dando paso a cosas más concretas y tangibles para ellos-as. Al construir este ecosistema (forzado) ofrecemos un sistema ni micro ni macro (meso) en el que se relacionan plantas y animales, cerrándose

el ciclo de materia con estas bacterias “amigas” que no vemos pero que sabemos que están porque medimos la calidad del agua para los peces.

La acuaponia nos brinda la oportunidad a los docentes de trabajar el clásico tema de los seres vivos en esta etapa educativa, añadiendo las relaciones simbióticas entre vegetales y animales. Podemos observar además otras características de los ecosistemas:

- Se autorregulan en el tiempo y se modifican durante su transcurso, lo que constituye el concepto de sucesión ecológica. En la acuaponia podemos ver cómo al principio los valores de amoníaco son “medios” y tras la introducción de las plantas son casi nulos.
- Tiene propiedades solo atribuibles a tal sistema, como son la biomasa, la productividad, la diversidad, la tasa de renovación, etc. En la acuaponia podríamos hablar de ratio peces:planta:agua etc.
- La organización del ecosistema se la concede su cadena trófica o alimentaria, a través de la cual discurre la materia y la energía de unos organismos a otros. En nuestro sistema acuapónico hemos trabajado la siguiente cadena: Comida peces - Peces - Desechos - Bacterias nitrificantes - Nitratos – Plantas, sin olvidarnos de la fotosíntesis o de la energía eléctrica necesaria para que el sistema funcione.

De esta manera, en el aula de infantil (otro ecosistema-aula) introducimos un ecosistema-laboratorio del que los niños y niñas son responsables, que les permite descubrir, investigar y manipular los diferentes factores que en él influyen, todo ello de una forma muy emotiva y cercana al alumno de educación infantil. Y para mí, como docente aficionado a la acuaponia, la conexión entre mis dos pasiones: la educación y la agricultura.

### **3. PARTE 2. RESÚMENES Y COMENTARIOS SOBRE LAS LECTURAS EN REVISTAS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**

Como hemos indicado en la breve introducción de este TFM, el objetivo principal de esta segunda parte es realizar una búsqueda de documentación en revistas y tesis de Didáctica de las Ciencias Experimentales sobre los contenidos relacionados con la

experiencia anterior (acuaponía, seres vivos y ecosistemas) con que fundamentar una propuesta más sistematizada que, en principio, por motivos de tiempo no vamos a poder sistematizar. Sin embargo, sí vamos a reflexionar en lo que sigue sobre las lecturas realizadas en torno a los tres ejes que señalamos en la Figura 4, esto es, *Problemas de la escuela actual*, *Estudio de los modelos mentales y de ser vivo*, *Acuaponia en la escuela*, dejando la *Futura nueva propuesta didáctica*, abierta.

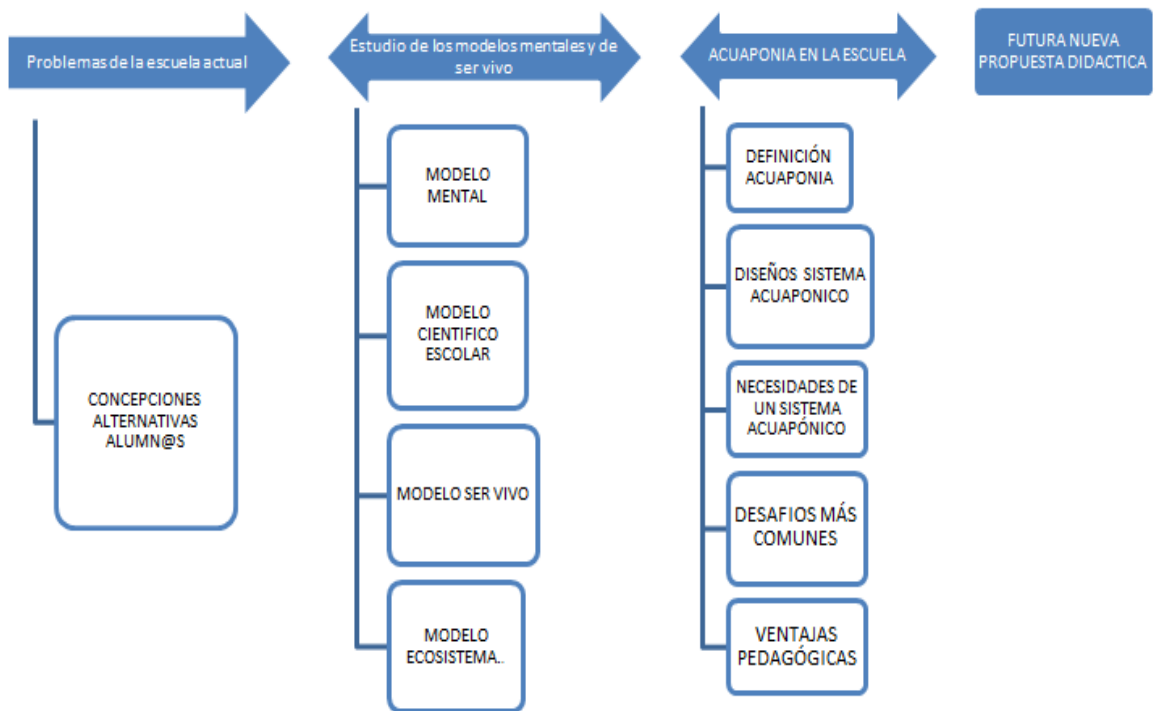


Figura 4. Esquema estudio bibliográfico (elaboración propia)

### 3.1 PROBLEMAS DE LA ESCUELA ACTUAL

En consonancia con las ideas de Hernández y Hernández (2012) podemos afirmar que en nuestros días la escuela se enfrenta a un duro reto; continuar siendo un lugar de conocimiento, aprendizaje, innovación y socialización en un mundo hiper-tecnologisticado, en el que la información está a “golpe de un clic de ratón” y se presenta de forma audiovisual, intuitiva e interactiva.

La escuela se encuentra anclada en el pasado: centrada en seleccionar lenguajes y modos de expresión de los niños – lectura, escritura y matemáticas - áridas y de difícil

acceso para el infante, prestándose poca atención a las expresiones genuinas del niño, a la imaginación, creación y a su interés innato por los fenómenos naturales (Carrascosa, 2005).

Una escuela que convierte a las personas en “*repetidoras de la cultura vigente*” crea alumnos con actitudes poco positivas hacia el conocimiento y la ciencia, lo que se traduce en un bajo rendimiento académico. Todo ello sumado a la lentitud con la que ésta responde a los nuevos retos de las nuevas tecnologías y la poca orientación, formación y herramientas de las que habitualmente disponemos los docentes termina reforzando el antropocentrismo del niño, dándosele una visión errada de lo vivo y negándosele una imagen científica de la realidad. Sobran clases magistrales, faltan modelos educativos en los que el alumno se haga partícipe de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, en los que el maestro pase de “ser el que dice qué/cómo” a ser un mero ayudante/estimulador del aprendizaje (Castaño y Leudo, 1998).

Es vital indagar por qué los alumnos no comprenden los conceptos, y justo es posicionarnos en que no son una “*tabula rasa*” sino que llegan a clase con conocimientos ya construidos. No se trata pues de adquirir una nueva cultura experimental sino de cambiar las concepciones alternativas que el niño ha elaborado empíricamente tratando de entender fenómenos de su vida cotidiana (Castaño y Leudo, 1998).

Para la comprensión y transformación de dichas concepciones alternativas toman especial valor las sensaciones, percepciones, métodos, relaciones inter-personales, valores, metas, propósitos, voluntad, vocación... como motores del espíritu investigador y creativo del niño. Los alumnos aprenden a relacionar experiencias presentes y pasadas y, tanteando y reflexionando, formulan hipótesis, evalúan consecuencias y cotejan diferentes alternativas y posibilidades (Gómez, 2005).

### **3.2 CONCEPCIONES ALTERNATIVAS**

Los niños y niñas desarrollan concepciones sobre el mundo natural que les rodea mucho antes de que entren al mundo escolar. Es un pensamiento “coherente” acerca del mundo que les rodea aunque se diferencia de la visión del adulto. Hay diversas formas de

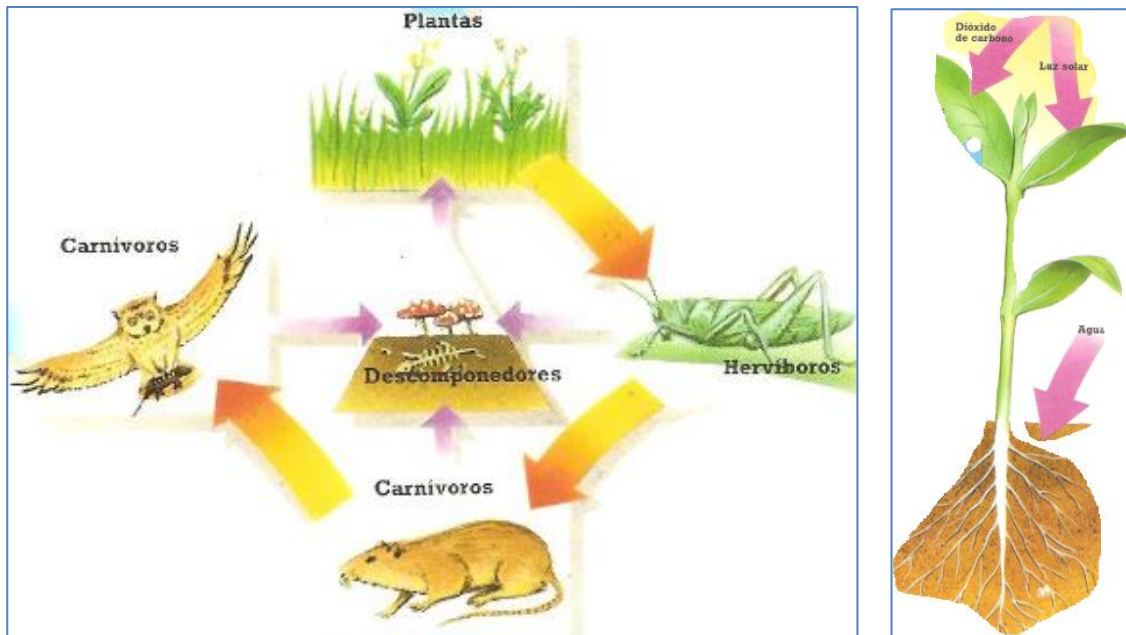
entender estas concepciones. La más aceptada las entiende como un conjunto de concepciones relacionadas con un mismo conjunto de fenómenos y que difieren de los modelos de explicación científica. Son pues, representaciones autónomas que el sujeto hace para conceptualizar su experiencia en el mundo (Calixto y García, 2011).

Según Carrascosa (2005), estas concepciones tienen su origen en:

- Experiencias cotidianas de los alumnos y alumnas: Son experiencias de carácter reiterativo, sensorial y directo, lo que lleva a interiorizarlas como verdades incuestionables
- Experiencias obtenidas durante la enseñanza en clase
- Limitaciones del pensamiento infantil descritas por Piaget
- Experiencias provenientes de los libros de texto y/o docentes
- Lenguaje verbal. El lenguaje cotidiano lleva a confusiones (ej. trabajo-esfuerzo) ya que es mucho menos preciso que el lenguaje científico.

Respecto a ejemplos de posibles experiencias provenientes de libros de texto, exponemos las siguientes ilustraciones que inducen o refuerzan algunas concepciones habituales sobre la nutrición de las plantas o la función de relación.

Por ejemplo, en la Figura 5 (izqda.), que trata de cómo se recicla la comida, las relaciones deberían ser bidireccionales, se obvia el sol como fuente de energía necesaria, entre otros. En la Figura 6 (dcha.), que trata de cómo fabrican el alimento las plantas, se omiten el oxígeno y las sales minerales en el sistema así como la fotosíntesis. A pesar de que se detalla más adelante en el texto, nuestros alumnos, de corta edad, se suelen sentir más atraídos por los aprendizajes de carácter visual, lo que lleva a confusiones.



Figuras 5 y 6. Esquemas simplificados que dan lugar a confusiones (Chisholm & Beeson, 1986, pp. 13 y 10, respectivamente).

Siguiendo con los ejemplos, en la Figura 7 (izqda.), se omite la necesidad de sales minerales y nitrógeno de las plantas, no se habla de la fotosíntesis y se da una visión antropocéntrica de los seres vivos: las plantas “son plantas” porque no son sensibles y los animales sí. En la Figura 8 (dcha.), se muestra un ciclo simplificado del oxígeno en el que se obvia el papel de los océanos y la atmósfera.



Figuras 7 y 8. Información parcial y resumida (Chisholm & Beeson, 1986, pp. 9 y 16, respectivamente).

Es de vital importancia que los alumnos terminen identificando sus concepciones alternativas para superarlas. Por ello y para profundizar en su conocimiento y superar los obstáculos que estas suponen para la comprensión de los elementos principales que integran un sistema acuapónico escolar, se hace imprescindible el estudio de los diferentes modelos, de ser vivo, de ecosistema, así como el modelo científico escolar.

### **3.3 MODELOS MENTALES**

En línea con Torres et al. (2015), entendemos que los modelos son herramientas mediadoras entre la realidad y la teoría y poseen dos características que hacen que sean vitales para la enseñanza; su poder de representación, que hace que funcionen como instrumentos de investigación, y su capacidad para facilitar el aprendizaje durante su construcción y utilización.

En nuestro caso, la acuaponía se convierte en una herramienta útil para que los alumnos contrasten su propio modelo mental con el modelo acuapónico que se les propone y busquen semejanzas y diferencias, formulen hipótesis, hagan predicciones, etc.

### **3.4 MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR**

La forma en la que los infantes explican los fenómenos del mundo real dista mucho de la forma utilizada por los científicos. Dicha forma de entender el mundo compite con los modelos explicativos enseñados en la escuela.

Con los *modelos científicos escolares* (Gómez, 2005) no se pretende hacer una simplificación de los modelos científicos eruditos sino hacer una construcción nueva, donde se tenga en cuenta el contexto y las finalidades de la misma. Dichos modelos se asemejan a los eruditos porque son *funcionales*, ya que explican fenómenos del mundo; *coherentes*, ya que sus premisas no se contradicen entre sí; y *completos*, ya que tratan de explicar aspectos diversos de la realidad con la que se relacionan.

Sin embargo, existen claras diferencias entre ambos modelos;

- Tratan diferentes fenómenos, siendo los correspondientes a los modelos científicos de una naturaleza más abstracta y lejana al niño.
- Las ideas, conceptos, analogías y metáforas, así como su nivel de abstracción son diferentes, ya que el modelo científico escolar pretende tener en cuenta a los escolares y que tenga sentido para ellos

Con la construcción de los modelos científicos escolares se pretende dar la oportunidad a los niños y niñas de pensar, ver y actuar en el mundo desde una postura científica y crítica, cooperando con sus iguales (Gómez, 2005).

### 3.5 MODELO SER VIVO

Una de las grandes dificultades que los niños y niñas tienen es diferenciar lo vivo de lo no vivo y entender la diversidad de especies a nivel macroscópico y microscópico. Por ello es de especial importancia incluir en el proceso de enseñanza el concepto de ser vivo.

Remitiéndonos a la historia del modelo descrito por Rivera (2013), ha habido diferentes intentos de explicar dicho concepto.

*Tabla 1*

*Adaptación de la revisión histórica del modelo de ser vivo descrita por Rivera (2013). (Elaboración propia)*

<b>Animismo</b>	<b>Mecanicismo</b>	<b>Vitalismo</b>	<b>Organicismo</b>	<b>Pensamiento sistémico</b>
<i>Sócrates. Ser vivo es poseer alma y movimiento.</i>	<i>Descartes. Los organismos son máquinas en funcionamiento.</i>	<i>Schelling. La vida es lo que cambia y evoluciona.</i>	<i>Explica a los SSVV desde su estructura y organización.</i>	<i>Organización de los SSVV respecto a su entorno.</i>
<i>“Vivimos porque Dios nos dio la vida”</i>	<i>“Lo que no tiene vida no puede andar ni correr”</i>	<i>“Un organismo está vivo porque nace, crece, se reproduce y muere”</i>	<i>“Una planta está viva porque nace de una semilla, da una flor, la flor da fruto...”</i>	<i>“Los seres vivos son un elemento más dentro de un todo”</i>



### 3.6 MODELO ECOSISTEMA

En consonancia con lo que afirma (González-García, Carrillo-Rosúa y García-Alix, 2015), un ecosistema es un conjunto biológico no aislado en el que una comunidad de organismos de diversas especies – *biocenosis* - se relacionan entre sí y están sujetos a las características del medio que ocupan – *biotopo* – con el que a su vez también interaccionan.

Entre sus características fundamentales están:

- La capacidad de autorregularse en el tiempo y modificarse durante su transcurso.  
*Por ejemplo en nuestro ecosistema acuapónico podemos ver como al principio los valores de amoníaco son “medios” y tras la introducción de las plantas son casi nulos.*
- Tener propiedades solo atribuibles a dicho sistema: biomasa, productividad, diversidad, tasa de renovación etc.  
*En acuaponía podemos hablar de ratio peces:planta:litros de agua.*
- Su estructura trófica o alimentaria a través de la cual discurre la materia y la energía de unos organismos a otros.  
*En acuaponía: Comida peces ↔ Peces ↔ Desechos ↔ Bacterias nitrificantes ↔ Nitratos ↔ Plantas ↔ Fotosíntesis (Obviando la energía eléctrica necesaria para que el sistema funcione).*

Es de vital importancia el estudio de las perturbaciones ambientales para entender lo que ocurre en el medio ambiente, ya que en la naturaleza “el cambio es la constante”. Comprender qué sucede con los individuos u organismos cuando hay perturbaciones ambientales es de vital consideración en la construcción del modelo de ser vivo en el aula. Sin embargo, para los escolares solo es posible registrar cambios a corto plazo (Gómez, Sanmartí y Pujol, 2007).

### 3.7 ACUAPONIA EN LA ESCUELA

La acuaponía es el cultivo combinado de peces y plantas en sistemas de recirculación donde existe una mínima pérdida de agua, alcanzándose hasta solo un 10% de pérdidas por evaporación y transpiración. Supone una alternativa a la pesca de peces “en libertad” y al expolio de las reservas acuáticas para la alimentación humana, ofreciendo un sistema que genera productos de origen animal y vegetal.

Hay diferentes diseños acuapónicos y cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes: el diseño elegido para nuestro proyecto ha sido un diseño tipo “Crowbed” o de “Cama de cultivo con arcilla expandida” por ser de fácil montaje, manipulación y escalabilidad a nivel de aula. (Jiménez, 2013)

Nuestro sistema es un sistema de pequeño tamaño. Sin embargo, como afirman Hart, Webb and Danylchuk (2013) en su estudio, respecto al mismo hay posturas variadas: en general se recomienda empezar con un sistema pequeño y después escalarlo, teniendo en cuenta las limitaciones de las instalaciones existentes; no es lo mismo un edificio viejo que no soporte 2 toneladas de agua que un terreno anexo al colegio sin limitaciones de peso. En general a más tamaño, más potencial de enseñanza-aprendizaje y más complicaciones técnicas.

Un sistema acuapónico tiene las siguientes necesidades:

- Espacio mínimo: una mesa libre, luz solar o en su defecto, luz artificial de crecimiento.
- Objetivos a cumplir:realistas y flexibles.
- Miembros de la comunidad educativa implicados.
- Financiación
- Cultivar experiencia con el sistema a través de la comunicación entre miembros de la comunidad escolar: serán necesarios conocimientos de fontanería, biología, agricultura, acuicultura etc.
- Soluciones al cuidado vacacional

Teniendo en cuenta las consideraciones de Rose (2013), de cara al montaje y mantenimiento de un sistema acuapónico escolar, los desafíos por orden de frecuencia podrían ser:

1. Problemas tecnológicos.
  - Estabilizar la calidad del agua.
  - Ratio plantas:peces:líquido.
  - Trasplante de las plantas al sistema acuapónico
  - Exceso de luz en el tanque de peces (lo que hace que aparezcan algas)
2. Problemas de espacio y localización:
  - Excesivo calor
  - Falta de espacio en el aula.
3. Tiempo
  - Los maestros tienen una carga de trabajo bastante alta e involucrarse en el proyecto significa aumentarla, sin embargo, la experiencia indica que algunos muestran una muy buena disposición a la hora de participar en el programa.
4. Cuidado durante el tiempo no lectivo.
  - Al poner en marcha un sistema a medio plazo surge el problema del cuidado durante las vacaciones. Una posibilidad es que los alumnos u otro personal del centro lo cuiden (en casa o en el colegio [si hay disponibilidad])
5. Otros (burocracia, información, etc.)
  - No hay información contrastada en la red. El grosso de la información proviene de aficionados y en ocasiones está desordenada y/o es contradictoria lo que hace difícil averiguar los pasos a seguir.
  - Financiación: : en muchos casos proviene de particulares, que tienen que hacer frente a sumas relativamente grandes
  - Dificultades administrativas para acceder al centro en horario no-lectivo para el mantenimiento del sistema.
  - Especies de peces: Al elegir la especie de peces *Tilapia* con un sistema de camas flotantes, los peces se comen las raíces de las plantas. La especie más apropiada es una especie “de fondo” como el cangrejo de río que no se las come.
  - Autosuficiencia del sistema.

### 3.8 VENTAJAS PEDAGÓGICAS

Según Jiménez (2013), a nivel pedagógico la acuaponía:

- Ofrece un modelo alternativo de cultivo respetuoso con el medio ambiente.
- Se adecua al ambiente de la clase como medio esencial en la facilitación de la labor investigadora.
- Promueve la formulación de los problemas como un estímulo personal para la acción investigadora de los alumnos, provocando en ellos curiosidad y deseos de indagar.
- Pone en juego las informaciones previas de los alumnos (creencias, representaciones, pre-conceptos, etc.) sobre el modelo que se investiga.
- Contrasta entre sí dichas informaciones, alentando la confrontación de argumentos, evidencias y ejemplos y promoviendo, con ello, la reelaboración del conocimiento inicial que los alumnos tienen sobre el modelo, así como la formación de corrientes de opinión e hipótesis sobre la manera de resolverlo.
- Realiza actividades específicas de aplicación de los nuevos constructos elaborados por los alumnos, a situaciones y contextos diferentes a los investigados, promoviendo la maduración y generalización de los aprendizajes.
- Acumula y difunde los informes de investigación, como forma de disponer de un patrimonio de conocimiento escolar sobre la realidad que puede tomarse como referencia para futuras investigaciones y como forma de transmitir a la sociedad el conocimiento generado en la escuela.
- Muestra al niño un ecosistema “finito” e interconectado, en el cual si falta algún recurso hay consecuencias evidentes, lo que ayuda al niño a generalizar la experiencia y a hacer un símil con el mundo en el que vivimos.

Parafraseando a Gómez, Sanmartí y Pujol (2007), la utilización de un micro-ecosistema acuapónico en el aula se convierte en:

1. Intermediario entre los diferentes niveles de los escolares.
2. Intermediario entre un fenómeno de difícil comprensión y las ideas de partida de los estudiantes.

3. Mediador entre el modelo de los docentes y los modelos de partida de los escolares.

Concluyendo, con la acuaponía, los docentes no se mantienen al margen de la conversación sino que siguen a los estudiantes en la controversia planteada. Sin embargo, aunque los docentes en muchos casos acaban guiando la conversación, parten para ello de las experiencias de los escolares y de los modelos que ellos tienen contruidos.

#### 4. CONCLUSIONES

Son necesarias experiencias renovadoras en la escuela que impliquen a todos los miembros de la comunidad educativa y hagan partícipes a los alumnos de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje mediante experiencias investigadoras, en pos de que continúe siendo una herramienta fundamental para la sociedad. Tras la revisión bibliográfica, podemos afirmar que la acuaponía cumple los requisitos de esta nueva escuela por contar con innumerables ventajas pedagógicas.

Sin embargo, se hace necesario por parte del docente una mayor continuidad en el tiempo, formación, madurez pedagógica y planificación, así como una mayor comunicación inter-escolar para que los que (como nosotros) “empiezan el camino” tengan suficiente retroalimentación para continuarlo y madurarlo en el tiempo.

Y acercándonos al aula, creemos que un buen comienzo sería una aproximación didáctica a través del diseño de un proyecto de trabajo que conllevaría las siguientes etapas:

- Se partiría de un proceso de descubrimiento de los diferentes elementos que intervienen en la acuaponía con el objeto de que el alumnado los reconozcan y formulen preguntas en torno a ellos (*¿Qué sabemos?* y *¿Qué queremos aprender?*)
- Tras ello, se plantearían, en primer lugar, dinámicas de exploración por parte del alumnado sobre las diferentes relaciones que intervienen en los elementos del ecosistema (como pueden ser, ratio [peces]:[plantas]:[agua]; luz solar; cantidad y tipo de alimento proporcionado a los peces...).Y, en segundo lugar,

dinámicas de toma de conciencia de los aprendizajes adquiridos (*¿Qué hemos aprendido?*)

- Y por último, actividades de exposición en las que los alumnos se convertirían en “docentes” que explicarían a compañeros de otras aulas en qué consiste el sistema acuapónico y alguno de sus descubrimientos, dando así a conocer la acuaponía a un nuevo alumnado

## **5. VALORACIÓN PERSONAL DEL PROCESO DEL TFM**

En el mes de junio del año 2013, a pesar de estar muy motivado con todas las experiencias que había tenido en el máster, me sentí saturado: no conseguía disfrutar del final de curso escolar como era debido. Era uno de mis primeros años como maestro y la burocracia, organización de material a final de curso, reuniones de evaluación, reuniones con los padres, fiestas de fin de curso, etc. suponían una montaña que me hacía sentir triste, cuando debían ser sinónimo de todo lo contrario. Un ciclo acababa y otro comenzaba. Por ello, y para ofrecerle a los niños y niñas una despedida en condiciones, decidí postergar mi trabajo final de máster para el año siguiente. *¡Todo a su tiempo!*

Durante el año siguiente, tal y como me había prometido a mí mismo, retomé mis esfuerzos para terminar el proyecto que el año anterior había iniciado. Se me asignó una directora de trabajo final de máster y orienté mis esfuerzos hacia el estudio de la plataforma “Salvemos La Molineta” de Almería. Descubrir el valor de dicho paraje, el coraje y esfuerzo continuado de los integrantes de dicho colectivo así como la asociación de vecinos y vecinas del barrio de Los Ángeles me hizo ilusionarme con mi proyecto: compartí emociones, experiencias y en definitiva, me contagiaron ese espíritu de lucha que los caracteriza.

Sin embargo, con el transcurso de los meses dicho ánimo se fue diluyendo y me sentí perdido de nuevo: echaba de menos un enfoque más cercano a mi día a día, a los problemas relacionados con la escuela y la educación infantil. Perdido y sin ver una salida decidí dejar a un lado el proyecto por segunda vez.

No me gusta calificarme como una persona que deja sus proyectos sin terminar e inspirado en “*el colectivo Salvemos La Molineta*” y su lucha continuada, decidí “*retomar mi pequeña lucha*” con este proyecto y volver a matricularme. Cuál fue mi sorpresa al constatar que era imposible matricularme: *¡Había agotado el número de convocatorias disponibles!* No había contado con ese factor.

Un día por casualidad leí un email de la coordinadora del Master y decidí contarle mi problema. Al poco tiempo me respondió informándome de que existía “una convocatoria de gracia” para alumnos en mi circunstancia por lo que me adscribí a ella.

Durante este año he retomado el proyecto con “ánimos triplicados” habiendo encontrado un punto de convergencia entre dos de mis pasiones: la educación infantil y la agricultura. Gracias a ello, a la enorme ayuda de mi directora del trabajo final de máster y a la colaboración de mis niños y niñas, madres/padres y compañeras, este proyecto ha sido posible.

## 6. REFERENCIAS

Bona, C. (2015). *La buena educación*. Barcelona: Plaza Janés.

Bravo, B. y Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). ¿Salmones o sardinas?: una unidad para favorecer el uso de pruebas y la argumentación en ecología. *Alambique*, 63, 19-25

Calixto, R. y García, M. (2011). *Concepciones alternativas de los profesores de biología. Una aproximación desde la investigación educativa* [Alternative conceptions of biology teachers. An approach from educational research]. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 5(1), 13-23.

Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte i). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, 183-208.

Castaño, N.C. y Leudo, M. (1998). Las nociones de los niños acerca de lo vivo. Implicaciones didácticas. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, 4, 49-57.

Chisholm, J. & Beeson, D. (1986). *Biología*. Madrid, España:PLESA

- Gómez, A. A. (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: una visión escalar*. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R. M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 25(3), 325-340.
- González-García, F., Carrillo-Rosúa, F.J. y García-Alix, A. (2015). Fundamentos de Ecología. En González-García, F. (coord.). *Didáctica de las Ciencias para Educación Primaria II. Ciencias de la vida*. Madrid: Editorial Pirámide.
- Hart, R., Webb, J. & Danylchuk, A.(2013). Implementation of aquaponics in education: An assessment of challenges and solutions. *Science Education International*, 24, Issue 4, 460-480.
- Hernández, A. y Hernández, L. (2012). Ecosistemas escolares para el desarrollo del pensamiento creativo en los niños. *Praxis & Saber*, 3, 141-164.
- Jiménez, A. (2013). Acuaponía: Herramienta educativa para el aprendizaje transversal de las ciencias [*Aquaponics: Educational tool for cross-learning of science*]. *Ciencia y desarrollo*, 16, 83-90.
- Jiménez-Liso, M.R.; Martínez-Chico, M. y López-Gay, R. (2014). Pero para que haya sombra tiene que haber oscuridad. Luces y sombras en la indagación escolar en ciencias. *Aula de innovación educativa*, 233-234, 18-22
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1996).
- a. Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 15-16 about the cycling of matter. *International journal of science education*, 18(1), 19-34.
  - b. Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 15-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18(2), 129-141.
- Rivera, L. H. (2013). *Enseñanza aprendizaje del concepto de ser vivo en estudiantes de básica primaria* [ Teaching Learning of the Concept Be Live in Students In Primary Basic]. (Trabajo de grado). Universidad Nacional de Colombia, Manizares.
- Rose, E. (2013). *Implementation of Aquaponics in Education: An Assessment of Challenges, Solutions and Success*. (Masters thesis). University of Massachusetts, Amherst.
- Torres, A., Asensi, J. y Gavidia, V. (2015). La biosfera en un bote. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 82, 66-70.



## 7. OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Branca, R., Ferreira, M. E. y Carvalho, G. S. (2014). Content analysis of ecosystems and geochemical cycles in portuguese textbooks [Análisis de contenidos de ecosistemas y ciclos geoquímicos en los manuales portugueses]. *Aula*, 20, 187-202.
- Charrier, M., Cañal, P. y Rodrigo, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 401-410.
- Garrido, M. (2007). *La evolución de las ideas de los niños sobre los seres vivos*. (Tesis doctoral). Universidad de la Coruña, La Coruña.
- Hart, E.M; Webb, J.B.; Hollingsworth, C. y Danylchuck, A.J. (2014). Managing Expectations for Aquaponics in the Classroom: Enhancing Academic Learning and Teaching an appreciation for Aquatic Resources. *Fisheries*, 39 (11), 525-530.
- Legarralde, T., Vilches, A., Górriz, V. y Darrigran, G. (2007, Octubre). *Concepciones sobre los seres vivos en los estudiantes que ingresan al profesorado de biología*. Presentado en las Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, La Plata.
- López, R. y Jiménez, M. P. (2007). ¿Podemos cazar ranas? Calidad de los argumentos de alumnado de primaria y desempeño cognitivo en el estudio de una charca. *Enseñanza de las ciencias*, 25(3), 309-324.
- Maguregi, G. y Uskola, A. (2012). El modelo de ser vivo. *IKD baliabideak*, 4, 1-35, Recuperado de <http://cvb.ehu.es/ikd-baliabideak/ik/maguregi-4-2012-ik.pdf>
- Márquez, C., Roca, M., Gómez, A., Sardá, A. y Pujol, R. M. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela*, 53, 71-81.
- Ministerio de Educación y Ciencia. Dirección General de Educación Básica. (1981). *Ciencias de la naturaleza (II)*. Servicio de publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: Navarra
- Nunez, J.(Sin año). *Curso de Acuaponía - Guía paso a paso. Guía paso a paso para construir su propio sistema acuapónico en casa*. Recuperado de: <https://www.amazon.es/Curso-Acuapon%C3%ADa-Gu%C3%ADa-paso-ebook/dp/B0097S7B80>
- Rueda, J., López, C. y Hernández, R. (2005). Evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos a partir del modo de nutrición (IMN) de sus macroinvertebrados. Una adaptación para la educación secundaria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 19, 103-114.

Scheneller, A., Schofield, C., Frank, J., Hollister, E. & Mamuszka, L. (2015). A Case Study of Indoor Garden-Based Learning With Hydroponics and Aquaponics: Evaluating Pro-Environmental Knowledge, Perception, and Behavior Change. *Applied Environmental Education & Communication*, 14 (4), 256-265. doi: 10.1080/1533015X.2015.1109487

Wardlow, G., Johnson, D., Mueller, C. & Hilgenberg, C. (2002). Enhancing Student Interest in the Agricultural Sciences through Aquaponics. *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ*, 31, 55-58.

## **8. RELACIÓN DE FIGURAS**

*Figura 1.* Ciclo y sistema acuapónico

*Figuras 2 y 3.* Sistema acuapónico maduro

*Figura 4.* Esquema bibliografía

*Figuras 5 y 6.* Esquemas simplificados que dan lugar a confusiones

*Figuras 7 y 8.* Información parcial y resumida

## **9. RELACION DE PÁGINAS WEB CONSULTADAS**

<http://southwesttilapiafarm.com/albums/photos/aquaponics-cycle-and-the-small-system/>

<https://www.youtube.com/watch?v=-yV8pz7BUdE>

<https://www.youtube.com/watch?v=SlHTMrB2Hgg>

<https://www.youtube.com/watch?v=xA5doLXlWzQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=H9zMEDujFlo>