

DISEÑA TU PROTOTIPO "PISCÍCOLA"

Barandela González, M., Carramal Pérez, S., García Ramírez, M.L., Gutiérrez Álvarez, S.M., Melón Rodríguez, I., París Barbeitos, N., Rodríguez Carín, M. Rodríguez Salas, C., Ruíz Domínguez, L., Veiga García, M.M.

Trabajo Zoología II

Grado en Biología.

Tutora:

Iglesias Briones, María Jesús

Departamento de Ecología y

Biología Animal

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

Las adaptaciones de los "peces" al medio se convierten en "innovaciones industriales" aeronáuticas y de automoción. Un ejemplo, es el nuevo concepto de vehículo biónico desarrollado por *DaimlerChrysler*, para el cual los ingenieros de Mercedes-Benz han recurrido por primera vez a un ejemplo específico de la naturaleza, el pez cofre (*Ostracion cubicus*). Este modelo de utilidad ha servido para que los alumnos de la asignatura *Zoología II: Invertebrados Artrópodos y Cordados*, desarrollaran un prototipo tecnológico con el fin poner en valor avances anatómicos, fisiológicos, etc. de los "peces".

INTRODUCCIÓN

Aunque generalmente los conocemos como "peces", en realidad son cinco clases diferentes del subfilo Vertebrados: i) clase Mixines, ii) clase Petromizónidos (lampreas), iii) clase Condrictios (tiburones, rayas, etc.), iv) clase Actinoptergios (los más conocidos, ya que en este grupo se incluyen la mayoría de las especies comerciales que se consumen en el mundo) y v) clase Sarcoptergios (tronco del que evolucionaron los anfibios). Todos ellos comparten una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les han permitido colonizar los mares y océanos del mundo, lagos y ríos, convirtiéndolos en el grupo de Vertebrados más diverso (en cuanto a número de especies). Entre ellas, su forma aerodinámica que, junto a su musculatura segmentada y aletas, les permite el avance rápido en el agua. Además, ciertas especies han adoptado formas corporales y adquirido características especiales para sobrevivir en condiciones extremas y evitar ser atacados por depredadores.

Por tanto, son muchos los aspectos de estos organismos que pueden ser utilizados para resolver tareas y problemas cotidianos. Esta propuesta supone conjugar la apariencia (morfología externa) real de la especie elegida con una posible utilidad, también real, para asegurar su éxito en el mercado.

EL VERSÁTIL PLAN CORPORAL DE LOS PECES

Aunque todos los "peces" comparten un plan corporal similar, las condiciones particulares de su hábitat condicionan su capacidad de supervivencia. A la hora de trasladar estas adaptaciones a la resolución de un problema concreto se pueden adoptar dos estrategias: bien realizar adiciones al modelo biológico escogido (de tal forma que el modelo y el prototipo se asemejen mucho) o bien combinar determinados elementos del modelo y crear un prototipo distinto al modelo inicial.

En el primer caso, Sandra Carramal Pérez ha diseñado un robot para realizar muestreos en fondos someros y estuarios inspirándose en el pez escorpión común *Myoxocephalus scorpius* (orden Scorpaeniformes; Figura 1a). La elección de este pez como modelo se debe a su morfología: 30 cm de longitud, cabeza y aletas grandes, lo que permite albergar los múltiples instrumentos para la toma de muestras.

El AJ 3600 (Figura 1b) está dotado de dos focos en la parte anterior, visión nocturna y cámara de infrarrojos. En las aletas dorsales se encuentran unos dispositivos para registrar datos de salinidad, temperatura, clorinidad y pH. El desplazamiento se consigue mediante unas estructuras que imitan a las aletas pectorales y aleta caudal. Los datos obtenidos son enviados directamente al centro de investigación. Una de las características más destacables de este dispositivo son sus dos cámaras panorámicas.

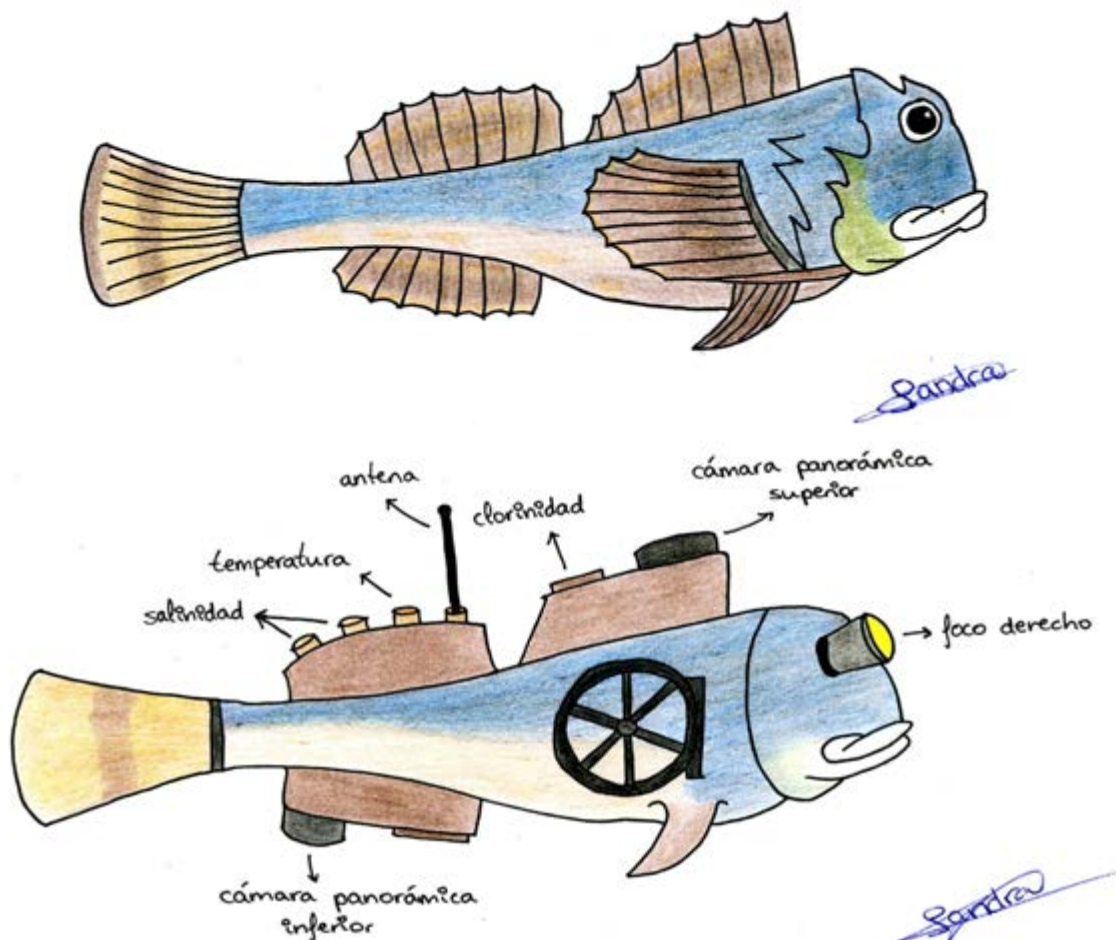


Figura 1. Las capacidades exploratorias que ofrece el plan corporal de los peces: a) *Myoxocephalus scorpius* (figura superior); b) Prototipo del AJ 3600 (figura inferior) (Dibujos originales de Sandra Carramal Pérez).

LAS ADAPTACIONES MORFOLÓGICAS DE LOS PECES DEMERSALES

Los “peces” demersales viven cerca de los fondos de las zonas litoral, eulitoral y plataforma continental, llegando hasta profundidades de 500 metros. La disponibilidad de luz, y de recursos alimenticios disponibles en estas zonas conforman la anatomía (forma aplanada, receptores sensoriales específicos) y

comportamiento (poco movimiento) de estos organismos.

El diseño exterior de "Leopoldibot", el nuevo robot aspirador inteligente creado por Mayra Larissa García Ramírez, se inspira en una especie de raya de río autóctona de Brasil, *Potamotrygon leopoldi* (Figura 2). Como el original, el robot adopta una forma redondeada con una coloración dorsal negra y moteada. En el interior el esqueleto cartilaginoso se recrea con silicona para imitar el movimiento de las rayas al nadar y deslizarse por los fondos de todo tipo (rocoso, arenoso y fangoso); de este modo, el aspirador puede adaptarse también a las diferentes superficies durante las sesiones de trabajo. Mediante la expansión o retracción de varillas y cables internos provoca el movimiento de partículas hacia su parte ventral, donde se encuentra la "boca de aspiración". Las "hendiduras branquiales" típicas de las rayas aquí están provistas de cepillos largos, con lo que barren el polvo y la suciedad y lo dirigen hacia la parte ventral del robot donde es aspirado gracias al potente motor. Los filtros se encuentran localizados en el interior de la parte anterior del prototipo, entre las dos filas de "hendiduras branquiales" y la "boca".

Su apariencia compacta de apenas 40 cm de diámetro y 8 cm de altura, le permite adentrarse en espacios pequeños y recónditos con facilidad. El sistema de tracción de cuatro ruedas proporciona la potencia idónea para cruzar umbrales fácilmente y moverse de una habitación a otra. El modelo está provisto del sistema de detección inteligente de infrarrojos en los bordes que le valen de paragolpes, así como detectores de suciedad que se localizan en la posición donde se ubican las narinas y espiráculos de la raya. Tiene una autonomía de 130 minutos, tras los cuales debe conectarse a su adaptador de alimentación que imita a la cola de la raya, hasta la próxima sesión.

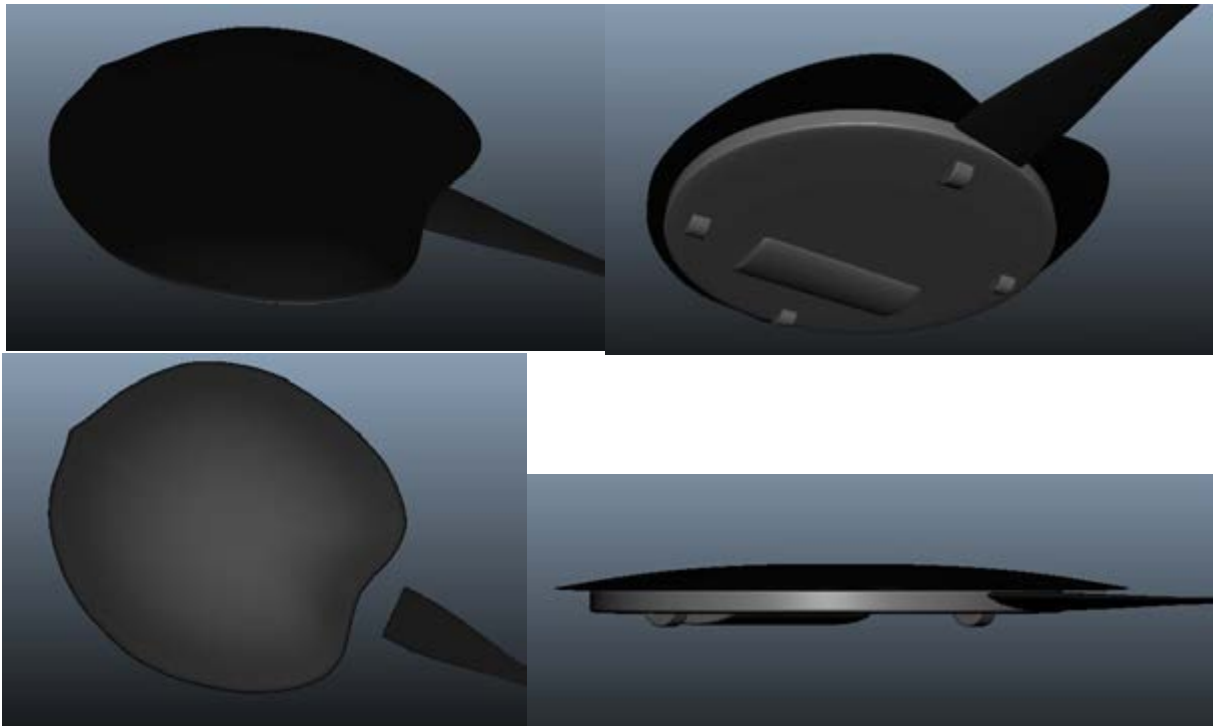


Figura 2. Leopoldibot (Idea original de Mayra Larissa García Ramírez; Diseño gráfico de Valerie Bartsch A., estudiante de diseño Industrial).

Una idea similar es la propuesta por Lourdes Ruíz Domínguez, un robot autónomo para limpiar los fondos de piscina e inspirado en la morfología de la raya látigo común *Dasysatis pastinaca*, el RAYA-TURBO 1.0 (Figura 3). Realizado en fibra de carbono, posee una rigidez y dureza inigualables a la vez que ligero; consta de unos propulsores a modo de aletas que, junto con la cola, desmontable, que contiene el filtro proporcionan el desplazamiento. El agua es aspirada por la "boca" y filtrada en cola. Para mantenerse a la distancia óptima del fondo está equipada con toberas (los "espiráculos" de la raya) por donde entra el agua, que luego es

expulsada con fuerza a través de las "hendiduras branquiales" proporcionando direccionalidad. La flotabilidad se consigue con un tubo de circulación de aire, lo que permite su recogida en superficie para su recarga y limpieza de filtro. Para mayor efectividad, incorpora 3 rodillos que rascan el fondo.

RAYA-TURBO 1.0

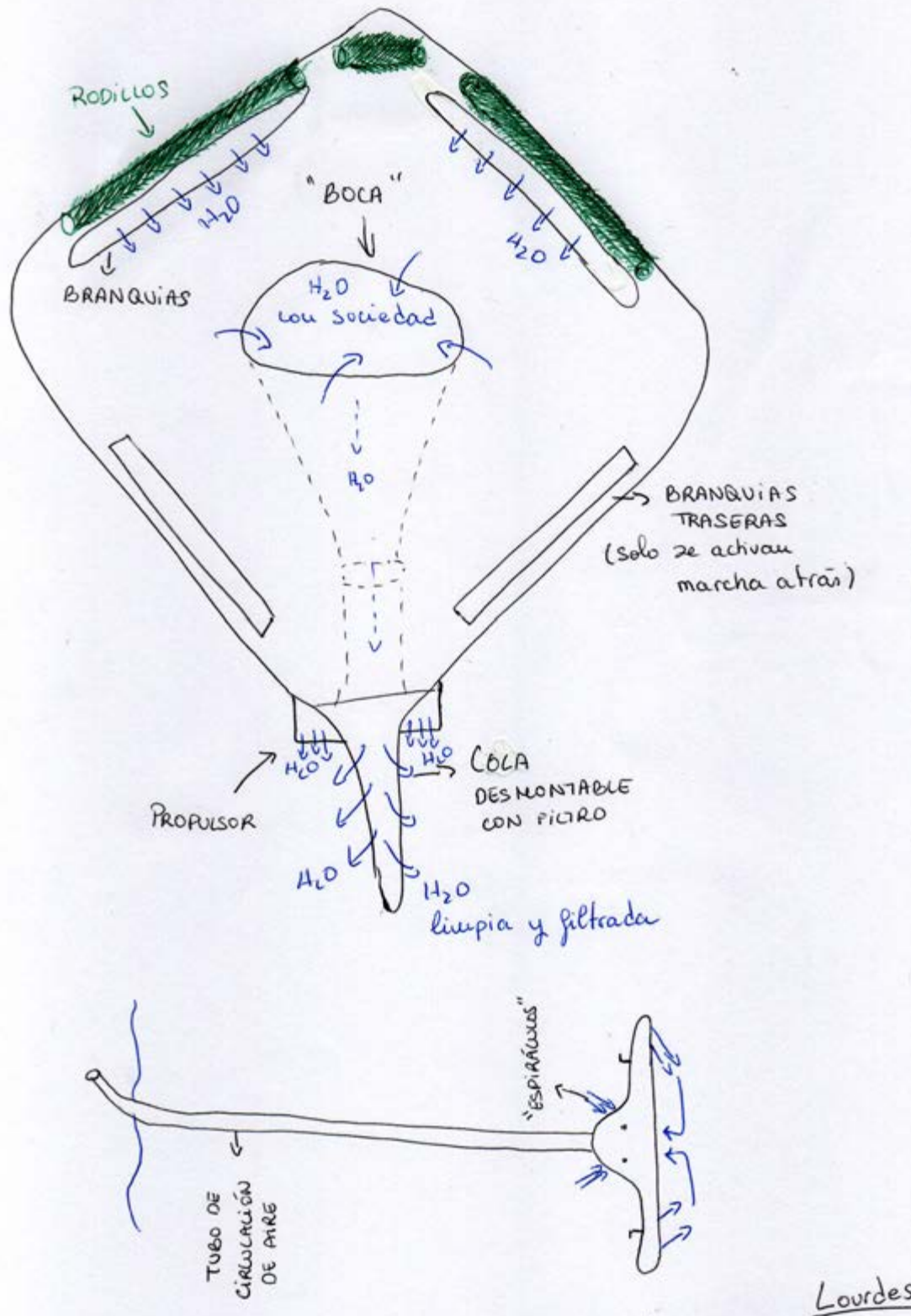


Figura 3. La RAYA-TURBO 1.0 (Dibujo original de Lourdes Ruíz Domínguez).

LAS ADAPTACIONES MORFOLÓGICAS DE LOS PECES MESO Y BATI-PELÁGICOS Y ABISALES

Los peces de la zona mesopelágica (uno de los niveles en los que se divide el océano según la profundidad) son los que habitan las aguas marinas situadas entre 200 y 1000 metros de profundidad, entre la zona epipelágica (< 200 m) y la batipelágica (desde los 1000 a los 4000 m de profundidad). Aunque penetra algo de luz solar, es insuficiente para la fotosíntesis, lo que hace que los habitantes de estas zonas presenten adaptaciones específicas para la captura de alimento.

El engullidor negro (*Chiasmodon niger*) habita las zonas mesopelágicas y batipelágicas (entre 700 y 2700 m de profundidad) de las aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Posee un cuerpo alargado y comprimido que alcanza una longitud máxima de 25 cm, de color negro y sin escamas. Se alimenta de peces óseos que duplican su tamaño y superan 10 veces su masa, lo que consigue gracias a que su estómago puede dilatarse en función del tamaño de la presa.

Esta capacidad de su estómago para dilatarse fué la fuente de inspiración que llevó a Marta Barandela González a crear el "dron expandible marino flotante" o conocido por sus siglas en inglés FMED (*Floating Marine Expandable Dron*) (Figura 4). Se trata de una modificación del "Marine Drone" inventado por los ingenieros franceses Elie Ahovi, Adrien Lefebvre, Philomène Lambaere y Marion Wipliez para recoger los residuos de plástico que flotan en los mares. El diseño original de estos inventores consiste en una canasta gigante que se desplaza por el mar propulsado por baterías, y una vez lleno su depósito de almacenaje de basura, regresa a la embarcación base donde es vaciado.

El FMED propuesto aquí no bucea, se encuentra en la superficie del mar, flotando y filtrando agua con residuos, los cuales quedan atrapados en su contenedor. El circuito de filtrado se alimenta con placas solares y el contenedor donde se almacena la basura recogida consiste en una tela muy elástica impermeabilizada, que se distiende al igual que lo hace el estómago de *Chiasmodon niger*, pero que además ejerce una presión de compresión sobre los plásticos para reducir su volumen y facilitar su posterior reciclado.

Se ha podido constatar que *Chiasmodon niger* puede morir si ingiere presas muy grandes, posiblemente por rotura de las paredes del estómago, lo cual sería un gran inconveniente para el funcionamiento de FMED, pues la basura recogida volvería otra vez a contaminar las aguas. Por ello, la tela del contenedor del prototipo es tremendamente resistente y se expande principalmente en la vertical hasta 10 veces su tamaño original llegando a una capacidad de 320 litros. Llegado a su capacidad máxima, se apaga el circuito de corriente de agua, se cierra la cámara de agua con la tapadera flotador y se dirige a su embarcación base más cercana donde será vaciado y devuelto a la mar para seguir cumpliendo su misión.

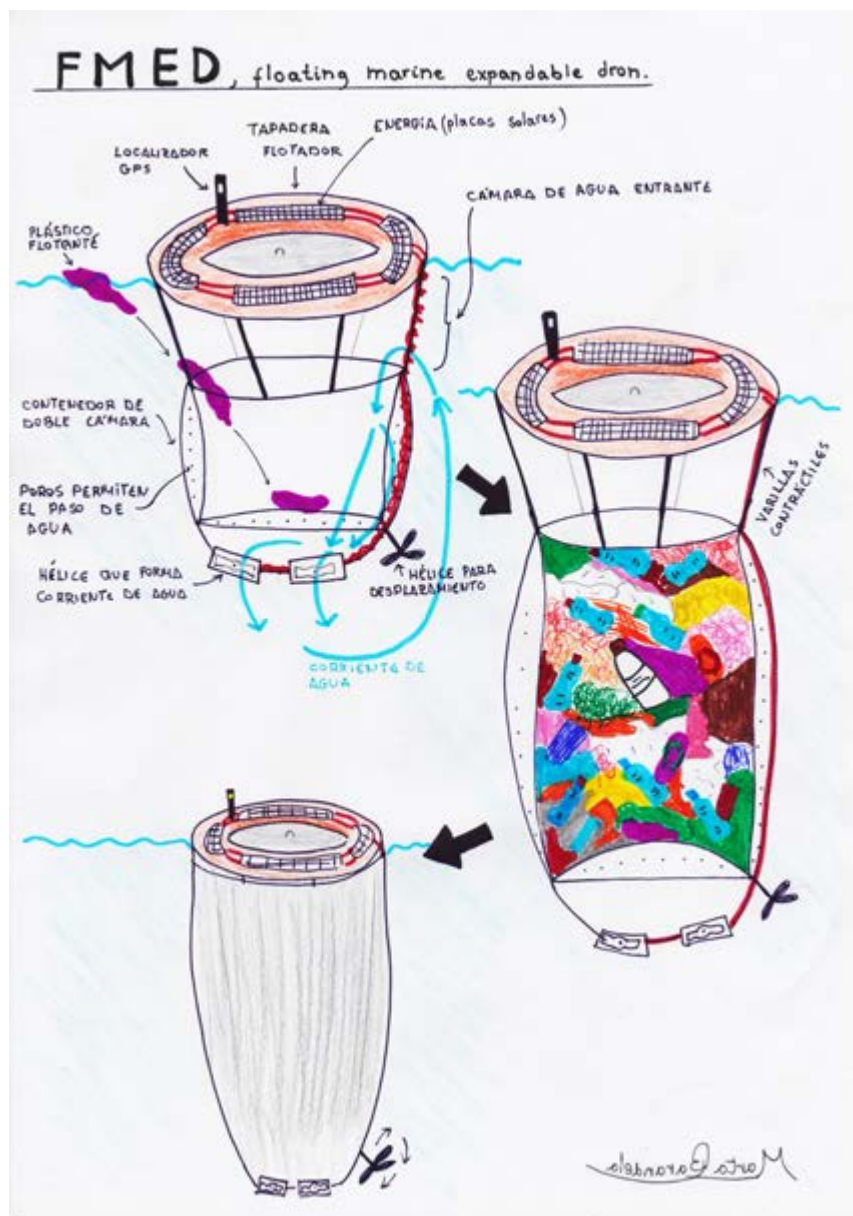


Figura 4. El "dron expandible marino flotante" o FMED (*Floating Marine Expandable Dron*) (Dibujo original de Marta Barandela González).

Los "peces" abisales habitan la zona abisal o zona abisopelágica de los mares y los océanos, el nivel más profundo en el que se divide el océano según la profundidad (> 1000 m). En estas zonas no penetra la luz, por lo que sus habitantes deben estar adaptados a estas condiciones de oscuridad o generar su propia luz. Por ejemplo, el pez linterna (*Centropryne spinulosa*) cuenta con un señuelo luminoso alojado sobre su cabeza. Esta estructura, derivada del radio primero de su aleta caudal, aloja el órgano bioluminiscente del pez con el atrae a sus presas potenciales o bien a una posible pareja.

Estos aspectos son lo que ha llevado a Nicolás París Barbeito a diseñar una cámara de última generación pensada para obtener detalles en alta definición dejando las manos libres, la Abyssal Pro™ de Skuallo (Figura 5). Se trata de una cámara full HD de dos megapíxeles acoplada a un brazo móvil que se sujeta mediante un par de cinturones al torso de su portador. Cuenta también con una linterna de seis luces LED para aportar iluminación blanca. La imagen se envía mediante Bluetooth a una tableta (modelo de serie Skuallo Med-Fin™ de 20") que puede acoplarse al aparato mediante un imán. El brazo semirrígido puede moverse en todas direcciones, lo que permite alterar el punto de vista sin necesidad de desplazarse. Obtiene su alimentación de una batería portátil de bajo consumo acoplada sobre el arnés de

la espalda, sin riesgo de quemaduras. Su tecnología giroscópica corrige la respiración del usuario para evitar la distorsión de la imagen.

Abyssal Pro™, como el señuelo bioluminiscente, cuenta con multitud de aplicaciones. Puede actuar como cámara fotográfica y de vídeo, además de como linterna o a modo de lupa, siempre dejando las manos libres. La tableta permite obtener imágenes ampliadas y puede colocarse a gran altura, de forma que el portador no ha de inclinarse sobre su lugar de trabajo. Libertad de acción, precisión y comodidad, valores básicos en trabajos artísticos y manipulación de materiales delicados.

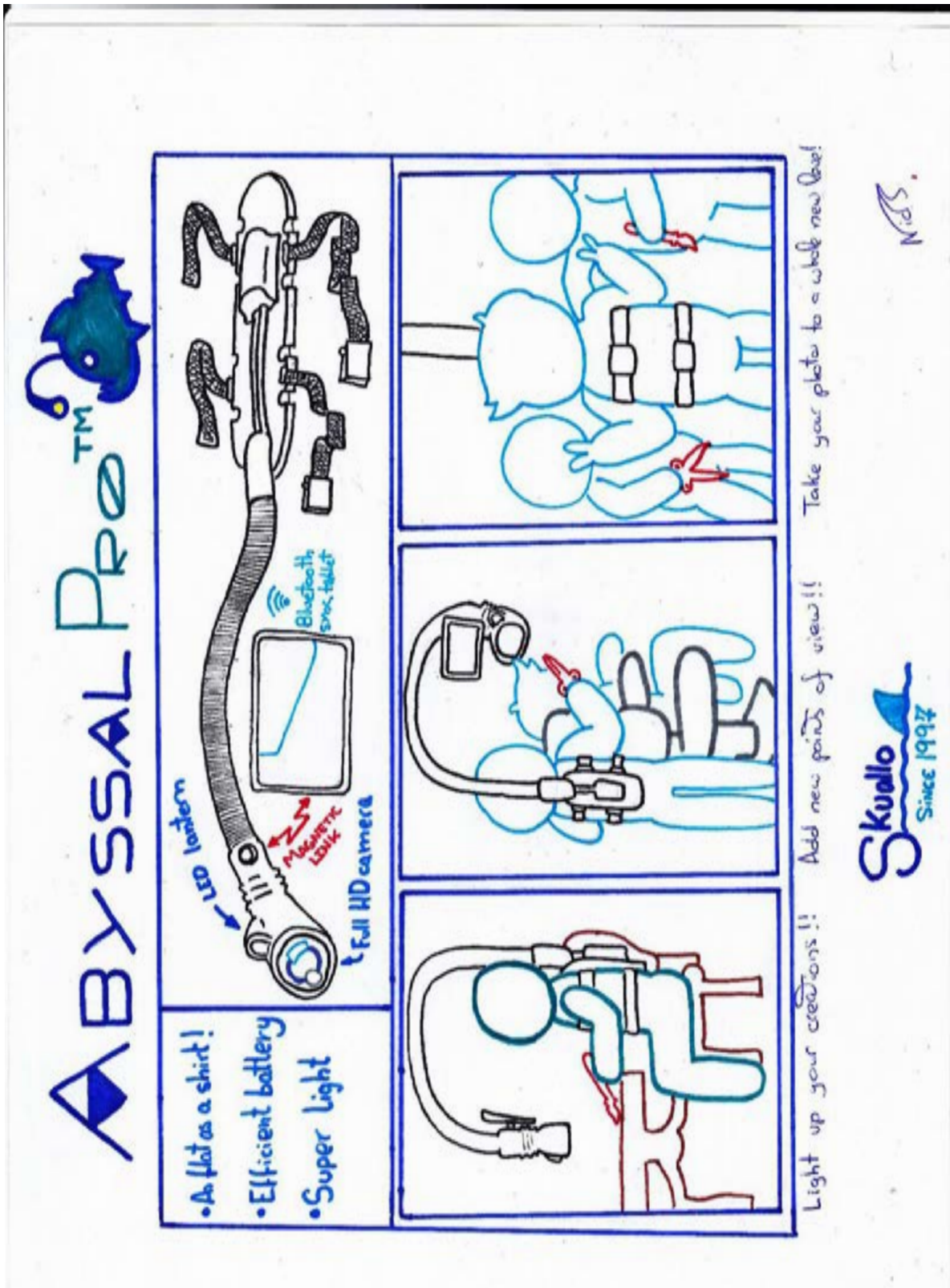


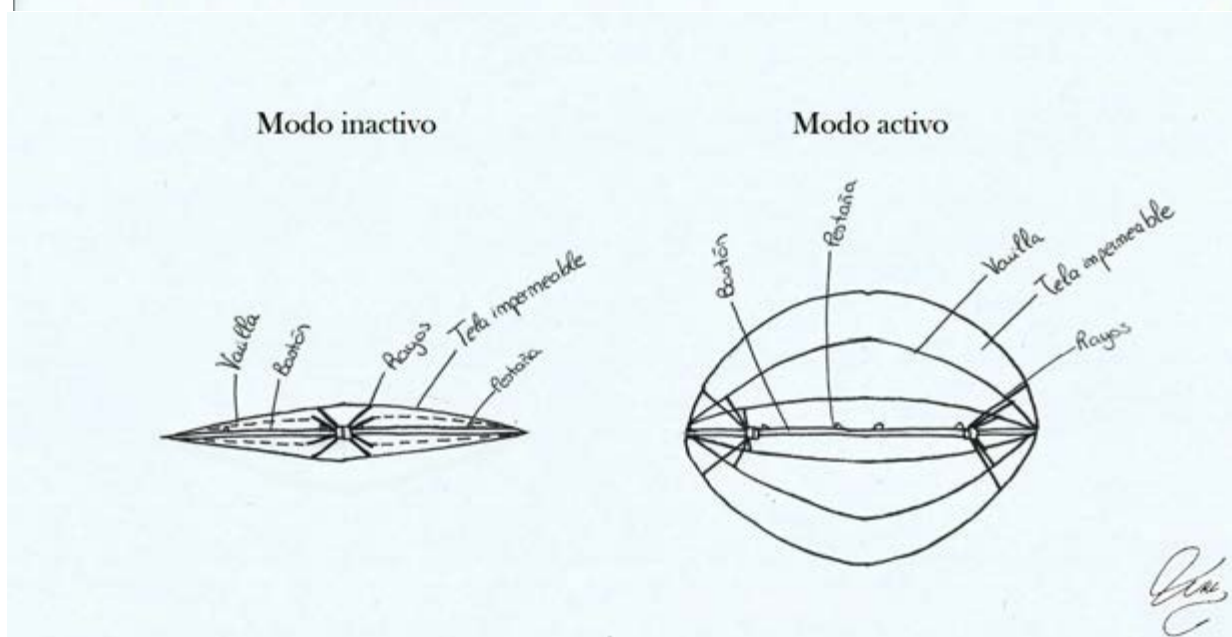
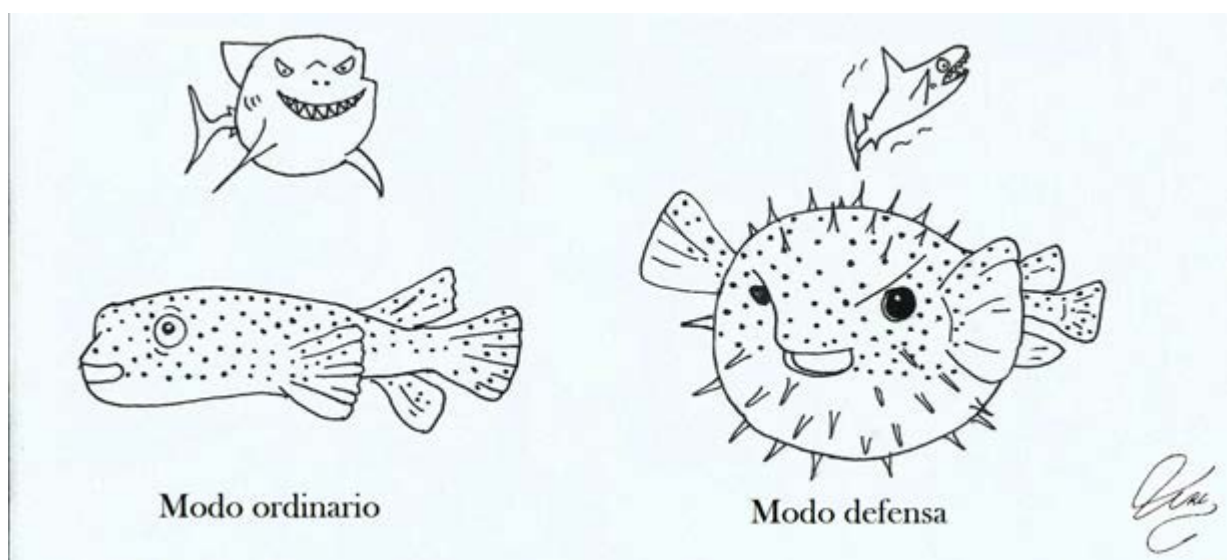
Figura 5. El Abyssal Pro™ de Skullo (Dibujos originales de Nicolás París Barbeito).

LAS ESTRATEGIAS DEFENSIVAS DE LOS TETRAODONTIFORMES Y SCORPAENIFORMES

Los representantes más conocidos de los Tetraodontiformes son los peces globo incluidos en la familia Tetraodontidae y que con frecuencia se confunden con los representantes de otra familia de este mismo orden, los Diodontidae, conocidos como pez puercoespín. Ambos poseen la capacidad de hincharse, tragando agua o aire, gracias a una glándula especial alojada en su estómago, cuando son atacados o se asustan, multiplicando varias veces su tamaño, asustando así a su depredador y haciendo imposible que el atacante pueda tragarlo (Figura 6a).

Estas adaptaciones se han reflejado en el diseño de María Rodríguez Carlín denominado Fugusfear ('fugu' en japonés pez globo y 'fear' en inglés miedo) y que funcionaría como un espantapájaros. La estructura interna estaría constituida por una varilla central (bastón) más gruesa a la que se acoplan otras más finas (rayos) ambos lados; una tela impermeable cubriría toda la estructura. Presentará dos modos, uno inactivo (plegado) y otro activo (desplegado) (Figura 6b).

Fugusfear se colocará en un alambre con sensor de movimiento. Cuando un ave se acerque, será detectada por el sensor, activando el Fugusfear que se desplegará de forma rápida como un paraguas, espantando al pájaro. Para asegurarse al 100% de efectividad en ahuyentar al ave, Fugusfear se desplazará por el alambre hacia el punto donde el sensor detectó al ave. Volverá a su estado inactivo tras 30 segundos sin que el sensor detecte movimientos (Figura 6c).



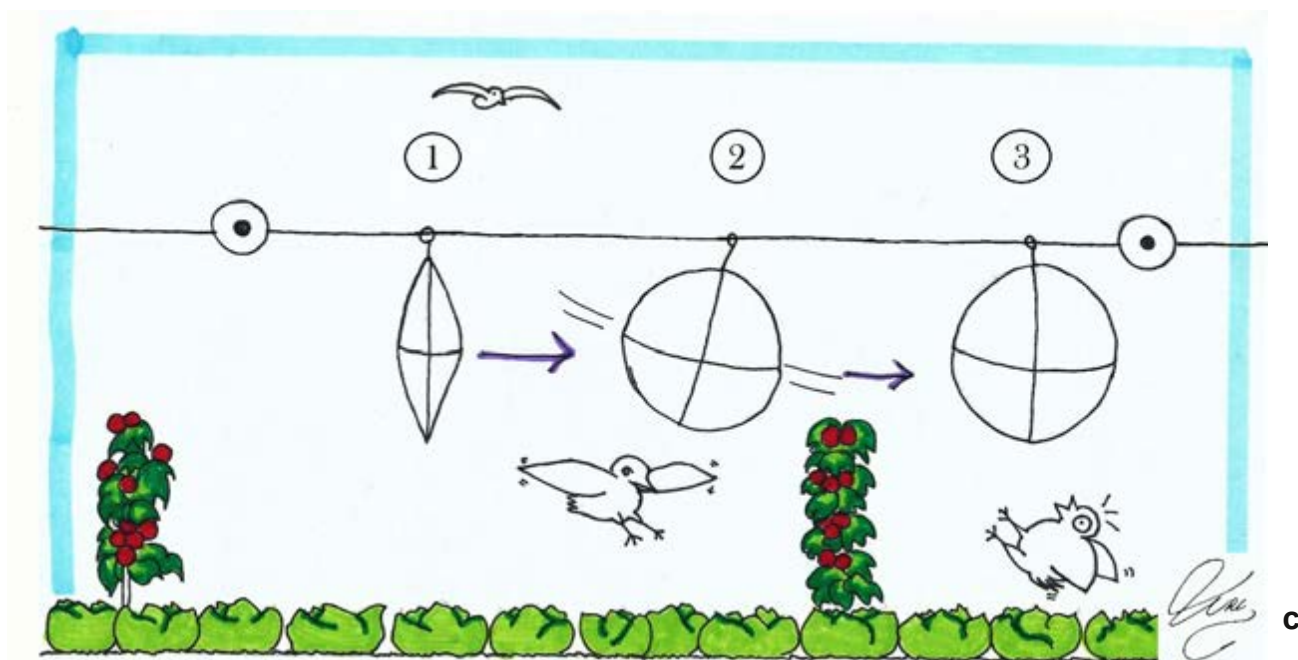


Figura 6. Las capacidades defensivas de los Tetraodontiformes pueden ser adaptadas a otras necesidades: a) Pez globo en modo normal y en modo defensa (ante un depredador); b) Estructura del Fugusfear en modo inactivo y modo activo; c) Funcionamiento: paso 1 - estado inactivo, paso 2 - el sensor detecta un ave, se activa el Fugusfear inflándose, paso 3 - el aparato se mueve hacia el ave para espantarla (por si acaso) (Dibujos originales de María Rodríguez Carlín.).

Los representantes del orden Scorpaeniformes se caracterizan por las prolongaciones espinosas que adornan su superficie corporal. En el pez león *Pterois antennata*, los radios de la aleta dorsal, dos de los radios de la aleta ventral y dos de la aleta anal están conectados a glándulas venenosas que producen una neurotoxina y las picaduras, aparte de ser sumamente dolorosas, pueden ocasionar fiebres, parálisis respiratorias y una severa reacción alérgica.

Este mecanismo de defensa ha servido de inspiración a Sarah María Gutiérrez para diseñar una pulsera "anti-violación" (Figura 7) para el público femenino, dado que es un hecho constatado que las mujeres son más susceptibles que los hombres a sufrir algún tipo de situación violenta. Por ejemplo, cuando la víctima potencial vaya a salir, especialmente de noche, y sepa que va a estar sola por la calle, si en algún momento se siente amenazada, que la están persiguiendo o incluso que vea venir un claro acercamiento por parte de un más que posible agresor, solo tiene que activar la pulsera para que ésta, al igual que hace el pez león, inyecte o dispare un algún tipo de toxina paralizante y la usuaria pueda escapar.

La pulsera contiene microconductos que disparan la toxina o quizás gas pimienta (dependiendo de la legislación vigente de cada país) a través de unas protuberancias espinosas. Además de esto, lleva incorporado un chip que emite una señal de aviso de agresión a la policía indicando la posición exacta. La pulsera descargará todo el contenido en cuanto se active, por lo que sólo vale para un uso, pero cuenta con un orificio por donde rellenar su carga.

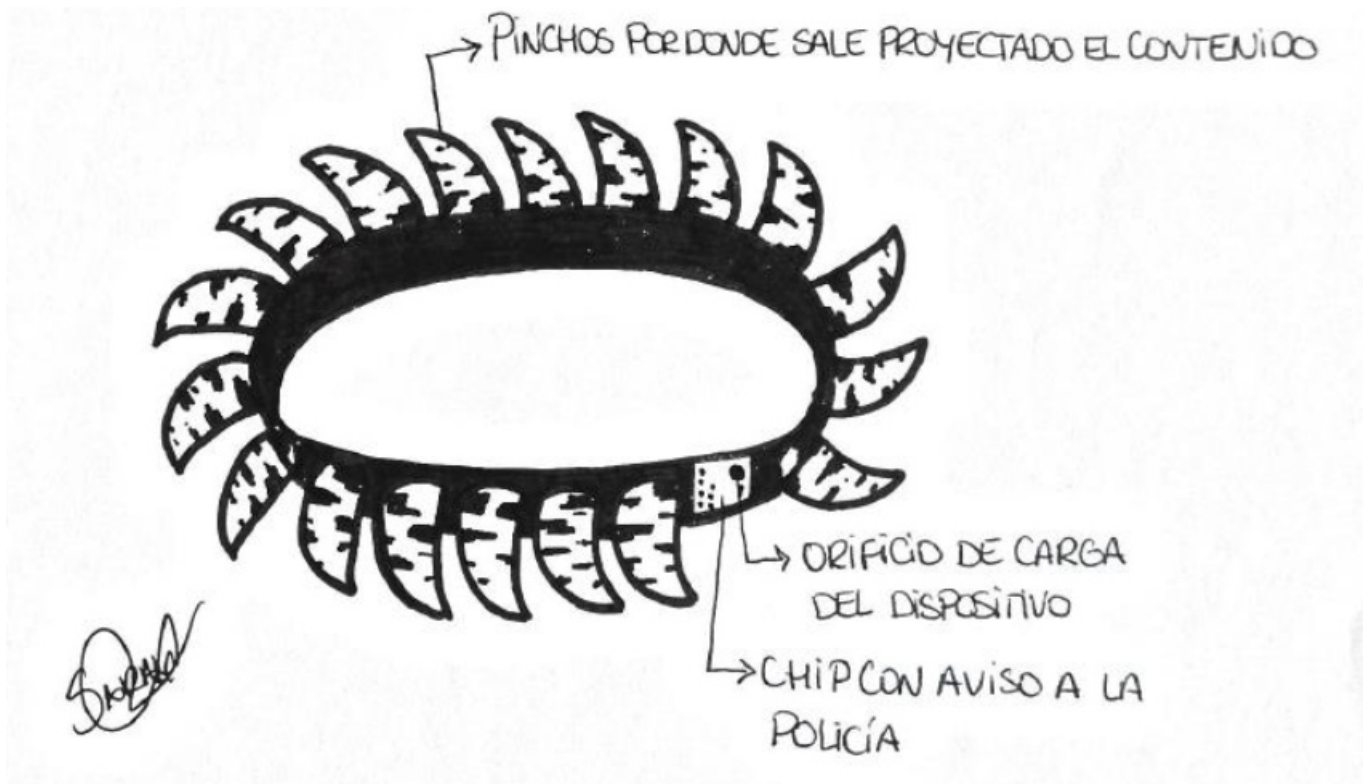


Figura 7. La pulsera anti-violadores (Dibujo original de Sarah María Gutiérrez Álvarez).

APLICACIONES DE LAS ADAPTACIONES DE LOS “PECES” EN BIOINGENIERIA

Las tres propuestas que se describen a continuación utilizan la segunda opción de diseño de un modelo de utilidad y que se basa en combinar determinados elementos del pez elegido como modelo y crear un prototipo nuevo que no se parece morfológicamente al modelo inicial.

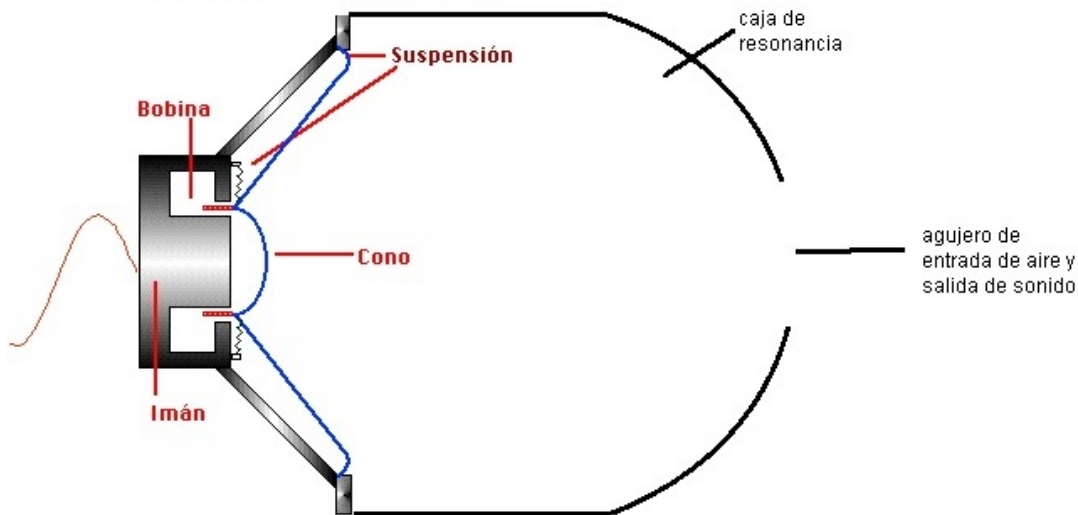
- Prototipo de altavoces basados en el diseño corporal de un pez globo (Tetraodontidae)

La capacidad de los peces globo para distender su cuerpo e inflarse puede ser re-interpretada y empleada como una caja de resonancia, para amplificar o modular un sonido. Este es el caso del prototipo de altavoces diseñado por Irene Melón Rodríguez (Figura 8).

Los altavoces poseen la estructura básica de un altavoz común, con la peculiaridad añadida de tener una estructura externa flexible que mantienen plegada cuando están inactivos, reduciendo su volumen a una forma compacta, pequeña y cómoda para poder transportarlos. Una vez se conectan con cualquier aparato electrónico que pueda suministrarles un mínimo de energía, al igual que hace un pez globo, estos altavoces aumentan un 150% su tamaño absorbiendo aire, con lo que crean una caja de resonancia potente capaz de amplificar y modular el sonido sin distorsionarlo, aumentando su calidad acústica.

Tienen la ventaja de ser de pequeño tamaño, ligeros y simples, fáciles de transportar y que en el momento de enchufarlos a un aparato eléctrico aumentan su volumen ejerciendo de caja de resonancia.

Si a esto añadimos una estructura flexible externa similar a las paredes del cuerpo de un pez globo, una vez se conecta el altavoz a la corriente, una pequeña parte de esta es destinada a desplegar esta estructura (que se infla absorbiendo el aire de fuera), que se convertirá en una caja de resonancia cuya función es la de amplificar el sonido y modularlo, sin distorsionarlo:



* Esta estructura, además de flexible, debe ser semirrígida para poder mantenerse abierta mientras el altavoz funciona. Después de esto, al desenchufar el altavoz de la corriente, esta estructura se plegaría de nuevo, volviendo el altavoz compacto y fácilmente portable.

Figura 8. Aplicación para audio (Diseño de Irene Melón Rodríguez).

- Prototipo para la extracción fácil de muestras de sangre de otros peces basado en lampreas (Petromyzontiformes)

Las lampreas son “peces” sin mandíbulas, con una boca circular provista de varias filas de dientes córneos. Las formas parásitas se alimentan de fluidos corporales de otros “peces” (utilizando su boca circular a modo de ventosa, raspando los tejidos y succionando la sangre) y las no parásitas no se alimentan.

Basándose en la forma en que tienen las especies parásitas para obtener el alimento, María de las Mercedes Veiga García ha diseñado el NOR72 (Figura 9), capaz de mejorar en tiempo y condiciones la toma de muestras de sangre en los cultivos de peces de piscifactorías, sin necesidad de sedación ni de aislamiento de los ejemplares y sin provocar estrés en los individuos.

NOR72 se desplaza por el agua de forma homóloga a la lamprea, ondulando su cuerpo y moviendo su aleta caudal gracias a una batería recargable cada 18 h. En su parte anterior presenta una ventosa con la que se fijará en los flancos del pez que va a ser analizado, el cual será localizado gracias al “detector de superficies” situado en la cara interna de la ventosa (para localizar la línea lateral de los “peces presa”). En el centro de esta superficie se encuentra una aguja que se inyecta de modo automático, como si fuera una lanceta. La sangre se recoge en un recipiente que contiene un anticoagulante (heparina). Recubriendo este recipiente hay una malla de plástico metalizado que semeja las escamas de un pez para reducir el rozamiento con el agua.

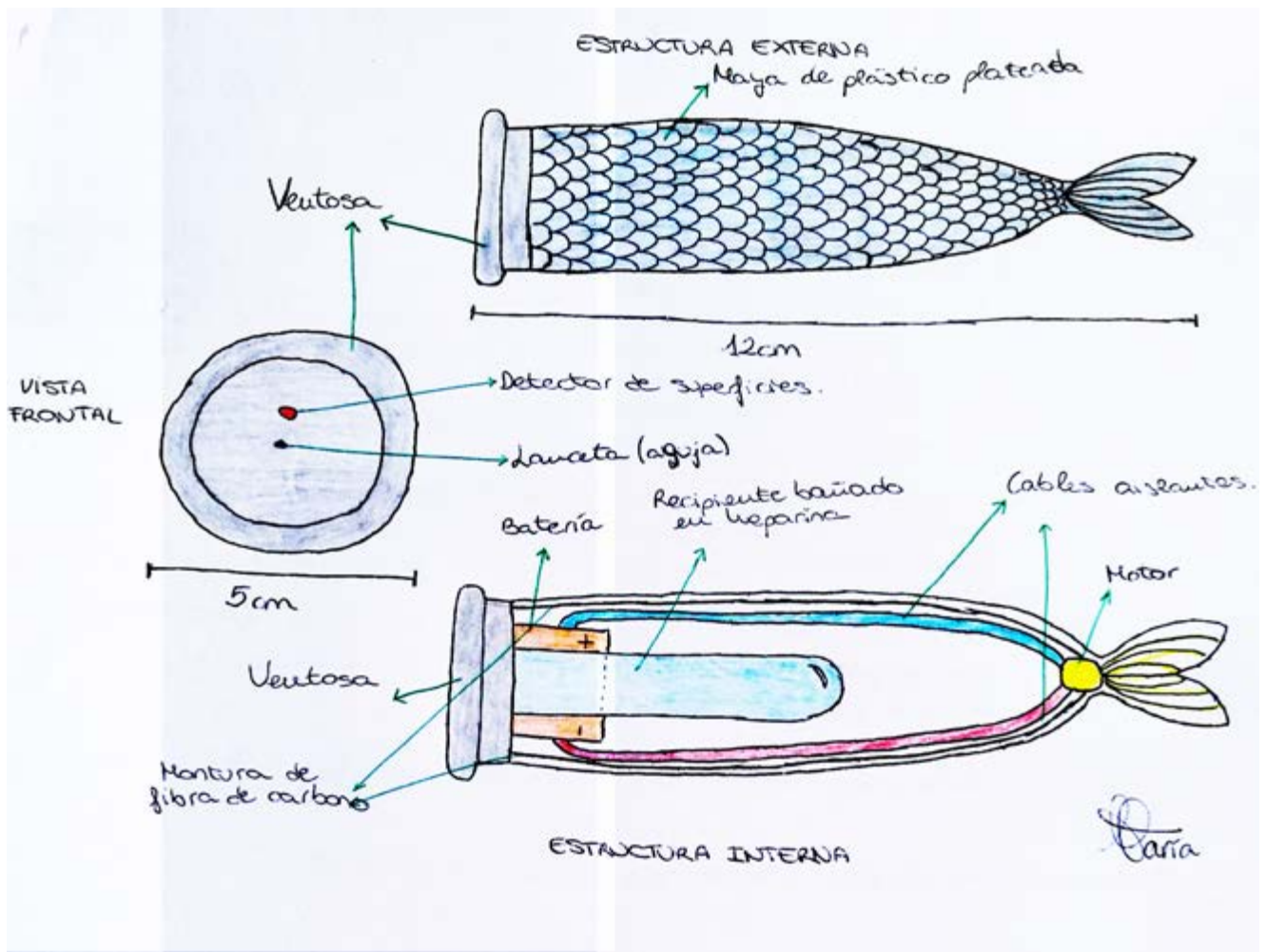


Figura 9. El NOR72 para extracción de muestras de sangre de peces de acuicultura (Dibujo original de María de las Mercedes Veiga García).

- Prototipo funda de móvil basada en el pez luna (*Mola mola*)

El pez luna (*Mola mola*) es un pez pelágico tetraodontiforme de la familia Molidae. Su nombre común hace referencia a su forma redondeada, con su cuerpo aplastado lateralmente y cuando extiende sus aletas dorsal y ventral, el pez es tan largo como alto. No tiene aleta caudal y en su lugar presenta el clavus (una pseudocola en forma de abanico), formado por extensiones de la aleta dorsal y los radios de la aleta anal.

Estas particularidades morfológicas es lo que ha llevado a Carolina Rodríguez Salas a diseñar una funda para móvil (Fig. 10). Las aletas dorsal y anal incorporan altavoces en su parte frontal, el clavus sujeta el móvil por la base. Además, las aletas se pueden utilizar como soporte del móvil tanto en vertical como en horizontal, cuya posición es regulable gracias a unas ranuras posteriores de las aletas. Los altavoces se conectan en la clavija de audio de los auriculares.

Al igual que el pez luna, la funda incorpora una pequeña "aleta" pectoral, que protege la cámara trasera del móvil y proporciona un punto de apoyo extra cuando se coloca el móvil en horizontal. Gracias a las bisagras, permite reducir el volumen de la funda al compactar las aletas y un cambio de posición de la aleta pectoral permite utilizar la cámara o bien apoyar el móvil sobre una superficie.

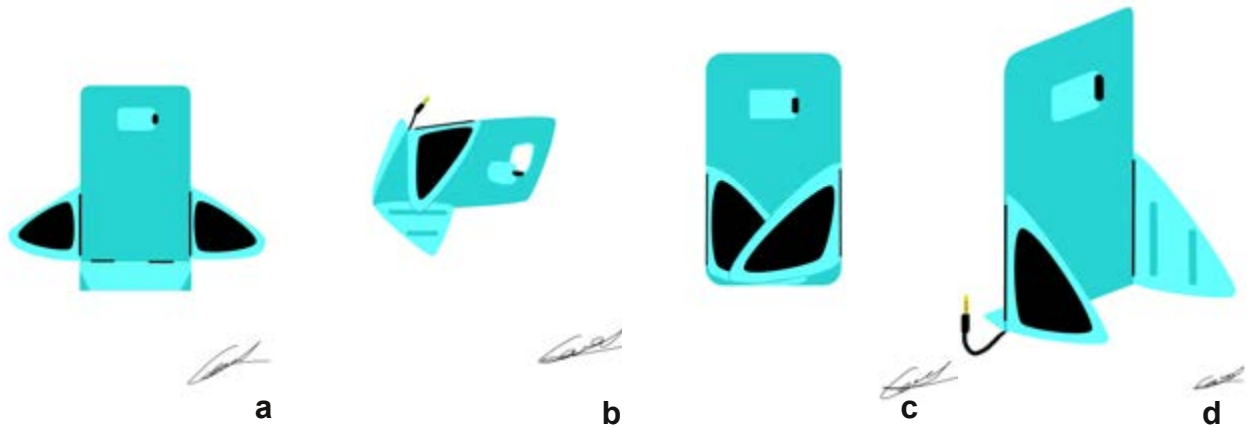


Figura 10. La funda de móvil *Mola mola*: a) funda desplegada en vista frontal; b) funda en vista horizontal; c) funda plegada en posición vertical; d) funda desplegada en posición vertical (Composición gráfica original de Carolina Rodríguez Salas).

CONCLUSIONES

La biomímesis (de bio, "vida", y mimesis, "imitar"), también conocida como biomimética o biomimetismo, es la ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración de nuevas tecnologías innovadoras para resolver aquellos problemas humanos que la naturaleza ya ha resuelto. No sólo se trata de imitar y emular dispositivos sino también de conectar con la Tierra y el respeto por la biodiversidad. Al conjugar la observación de los animales con la creatividad y tecnología es posible que tras una histórica "revolución industrial" podamos generar una "revolución ecológica" en el que las soluciones a los problemas no resulten en un daño para el medio ambiente.