

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 883 405**

51 Int. Cl.:

<b>C09J 105/08</b>	(2006.01)
<b>A01K 61/90</b>	(2007.01)
<b>C08L 5/08</b>	(2006.01)
<b>G01V 3/10</b>	(2006.01)
<b>G01V 15/00</b>	(2006.01)
<b>A01K 61/95</b>	(2007.01)
<b>A01K 11/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2015 PCT/CA2015/051194**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16077917**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2015 E 15860475 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.05.2021 EP 3221725**

54 Título: **Etiqueta de seguimiento de animales para la detección de depredación**

30 Prioridad:

**19.11.2014 CA 2871837**  
**03.03.2015 WO 15050160 CA**  
**04.09.2015 CA 2903243**  
**03.03.2015 WO PCT/CA2015/050160**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.12.2021**

73 Titular/es:

**INNOVASEA MARINE SYSTEMS CANADA INC.**  
**(100.0%)**  
**20 Angus Morton Drive**  
**Bedford, NS B4B 0L9, CA**

72 Inventor/es:

**FRASER, TERRANCE WILLIAM;**  
**MARSH, GARY DONALD;**  
**MURPHY, CHAD DOUGLAS;**  
**OAKLEY, DOUGLAS BRUCE;**  
**STONE, TIMOTHY BRUCE;**  
**WEBBER, DALE MITCHELL;**  
**FIELDEN, RYAN ISAAC;**  
**MILLER, KIMBERLY JEAN;**  
**WHITE, MARY ANNE;**  
**INGRAHAM, AUBREY JOHANNES y**  
**HUNTLEY, PHILIP RONALD**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

**ES 2 883 405 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Etiqueta de seguimiento de animales para la detección de depredación

5 **Campo de la invención**

La presente descripción se refiere a una etiqueta de seguimiento para animales, y en particular a una etiqueta de seguimiento capaz de detectar un acontecimiento de depredación.

10 **Antecedentes**

Los peces u otros animales marinos pueden etiquetarse con dispositivos de seguimiento para seguir su movimiento. Las etiquetas de seguimiento transmiten pulsos ultrasónicos que pueden detectarse en uno o más receptores desplegados en diversas ubicaciones de una masa de agua en estudio.

15 Las etiquetas utilizadas para seguir a animales marinos a menudo se implantan dentro de la cavidad celómica del animal que está siguiéndose. Típicamente, las etiquetas de seguimiento transmiten periódicamente pulsos ultrasónicos para comunicar un identificador único de la etiqueta que permite que se siga a animales individuales. Además, las etiquetas de seguimiento también pueden comunicar otros datos recopilados por la etiqueta, tales como información de temperatura y aceleración. Una vez que se activan las etiquetas de seguimiento, normalmente seguirán transmitiendo hasta que se agote la batería. Cuando un animal marino etiquetado es devorado por un depredador, la etiqueta de seguimiento a menudo seguirá funcionando dentro del cuerpo del depredador. Los investigadores no han podido determinar si la etiqueta de seguimiento estaba funcionando en un animal marcado o dentro de un depredador.

25 El documento US 2014/211594 divulga una etiqueta para seguir a un animal acuático que comprende una banda conductora encerrada en un material sensible al pH expuesto a un entorno externo de la etiqueta, degradándose el material sensible al pH en presencia de un entorno ácido; un sustrato de fusible para detectar un circuito cerrado que se abre tras la liberación de la banda conductora como resultado de por lo menos una degradación parcial del material sensible al pH; y circuitería para proporcionar un disparador del acontecimiento de depredación basado en el cambio en el circuito detectable por el fusible.

Es deseable una etiqueta de seguimiento adicional, alternativa y/o mejorada para animales marinos.

35 **Sumario**

Según la reivindicación 1 de la presente invención, se proporciona una etiqueta para seguir a un animal que comprende: un primer imán por lo menos parcialmente encerrado en un material sensible al pH expuesto a un entorno externo de la etiqueta, degradándose el material sensible al pH en presencia de un entorno ácido; un sensor para detectar un campo magnético; un atractor magnético que proporciona una fuerza para inducir un cambio en el campo magnético detectable por el sensor tras la liberación del primer imán como resultado de una degradación por lo menos parcial del material sensible al pH; y una circuitería para proporcionar un disparador del acontecimiento de depredación basándose en el cambio en el campo magnético detectable por el sensor.

45 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el atractor magnético comprende un segundo imán.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el segundo imán está fijado permanentemente a la etiqueta.

50 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el segundo imán hace que el primer imán se mueva con respecto al sensor cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.

55 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el segundo imán está dispuesto con su campo magnético perpendicular al campo magnético del primer imán cuando el primer imán está por lo menos parcialmente encerrado en un material sensible al pH, y el segundo imán hace que el primer imán gire cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.

60 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el sensor es capaz de detectar una orientación de un campo magnético, un cambio en la orientación del campo magnético, una magnitud del campo magnético, un cambio en la magnitud del campo magnético o una combinación de los mismos.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el segundo imán está dispuesto con su campo magnético perpendicular a un eje particular del sensor.

65 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el sensor es sensible al campo magnético del primer

imán cuando está orientado paralelo al eje particular del sensor, e insensible al campo magnético del primer imán que está orientado perpendicular al eje particular del sensor.

5 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el segundo imán atrae al primer imán fuera de un intervalo de detección del sensor cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.

10 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el primer imán y segundo imán están sujetos o ubicados unos contra otros o adyacentes entre sí por el material sensible al pH con sus respectivos campos magnéticos alineados de manera que sus respectivos campos magnéticos se suman constructivamente, en la que el primer imán y el segundo imán tienden a girar o a moverse uno con respecto a otro cuando se liberan del material sensible al pH de manera que sus respectivos campos magnéticos se suman destructivamente cuando se mueven o giran.

15 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el sensor es capaz de detectar una fuerza de los campos magnéticos o un cambio en la fuerza de los campos magnéticos.

20 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el atractor magnético comprende un material ferromagnético no magnetizado fijado permanentemente a la etiqueta.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el atractor magnético atrae al primer imán fuera de un intervalo de detección del sensor cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.

25 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el primer imán comprende un imán degradable.

30 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el imán degradable comprende unas partículas de material ferromagnético unidas entre sí por el material sensible al pH, siendo las partículas del material ferromagnético magnetizadas posteriormente a la unión entre sí para conferir un campo magnético neto al imán degradable.

35 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el imán degradable libera las partículas magnetizadas de material magnético cuando el material sensible al pH se degrada dando como resultado un campo magnético neto reducido.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el entorno ácido es el intestino de un animal depredador.

40 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH no se degrada sustancialmente en un entorno neutro o básico.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el entorno neutro o básico es una cavidad celómica del animal.

45 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el primer imán está fijado a la etiqueta utilizando el material sensible al pH como adhesivo para fijar el primer imán a la etiqueta.

50 En una forma de realización adicional de la etiqueta, el primer imán está por lo menos parcialmente encerrado en el material sensible al pH para formar un tapón que se fija a la etiqueta utilizando un adhesivo.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el primer imán está por lo menos parcialmente encerrado en el material sensible al pH para formar un tapón que se retiene mecánicamente mediante por lo menos una parte de un cuerpo de la etiqueta.

55 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH comprende un quitosano.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH se cuele a partir de una lechada del quitosano y un disolvente.

60 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el disolvente se selecciona de entre: ácido L-ascórbico; ácido cítrico; ácido acético; y ácido clorhídrico.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el disolvente es ácido cítrico.

65 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el disolvente es ácido acético.

## ES 2 883 405 T3

- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH comprende una película que presenta un grosor de por lo menos 0.05 mm.
- 5 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH comprende una película que presenta un grosor de por lo menos 0.20 mm.
- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH comprende un agente plastificante.
- 10 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el agente plastificante se selecciona de entre: glicerol; etilenglicol; polietilenglicol; eritritol; ácido oleico; propilenglicol; ácido di-hidroxiesteárico; y sorbitol.
- En una forma de forma de realización n adicional de la etiqueta, el agente plastificante es glicerol.
- 15 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH se trata con un agente de reticulación.
- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el agente de reticulación se selecciona de: citrato de sodio; sulfato de sodio; y cloruro de calcio.
- 20 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material sensible al pH comprende un material de relleno para controlar la contracción del material sensible al pH.
- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el material de relleno comprende microesferas.
- 25 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, las microesferas comprenden microesferas de vidrio.
- En una forma de realización adicional de la etiqueta, el material de relleno está presente en una cantidad de entre el 50% y el 150% en volumen del material sensible al pH antes del secado.
- 30 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, la cantidad de material de relleno presente es de entre el 83% y el 111% en volumen del material sensible al pH antes del secado.
- 35 En una forma de forma de realización adicional, la etiqueta comprende un microprocesador para controlar una o más funciones de la etiqueta basándose en el disparador del acontecimiento de deprecación.
- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, la circuitería para proporcionar el disparador del acontecimiento de deprecación los proporciona el microprocesador.
- 40 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador funciona en por lo menos uno de entre un primer modo o un segundo modo basándose en el disparador del acontecimiento de deprecación.
- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador cambia desde el funcionamiento en el primer modo hasta el funcionamiento en el segundo modo basándose en el disparador del acontecimiento de deprecación.
- 45 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador registra información relacionada con el disparador del acontecimiento de deprecación.
- 50 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador registra información en una memoria no volátil de la etiqueta.
- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador mantiene una medida de tiempo transcurrido desde el disparador del acontecimiento de deprecación, y en el que la información registrada comprende el tiempo transcurrido desde el acontecimiento del disparador del acontecimiento de deprecación.
- 55 En una forma de forma de realización adicional, la etiqueta comprende un transmisor para transmitir información relacionada con el disparador del acontecimiento de deprecación.
- 60 En una forma de realización adicional de la etiqueta, el transmisor comprende un transductor acústico.
- En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el transmisor comprende un transmisor de radiofrecuencia (RF).
- 65 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el transmisor de RF comprende un transmisor de RF activo.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el transmisor de RF comprende un transmisor de RF pasivo.

5 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el transmisor de RF pasivo comprende un transmisor de RFID.

10 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador mantiene una medida de tiempo transcurrido desde el disparador del acontecimiento de depredación, y en el que la información transmitida comprende el tiempo transcurrido desde el acontecimiento del disparador del acontecimiento de depredación.

En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, la medida de tiempo transcurrido transmitida por el transmisor se codifica de modo no lineal.

15 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador funciona en por lo menos un modo de configuración para transferir datos a la etiqueta para configurar el funcionamiento del microprocesador.

20 En una forma de forma de realización adicional de la etiqueta, se utiliza un campo magnético variable para transferir datos a la etiqueta cuando el microprocesador está en el modo de configuración.

25 En una forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador funciona además en por lo menos un modo de calibración para determinar un valor de un campo magnético de compensación para permitir la detección del campo magnético variable utilizado para transferir datos en presencia de un campo magnético constante de por lo menos el primer imán.

En una forma de realización adicional de la etiqueta, el microprocesador calcula el valor del campo magnético de compensación y transmite el valor calculado del campo magnético de compensación a un dispositivo de activación.

30 En una forma de realización adicional de la etiqueta, la etiqueta transmite una indicación de un campo magnético detectado con el fin de permitir que un dispositivo de activación calcule el valor del campo magnético de compensación.

En una forma de realización adicional de la etiqueta, el animal es un animal acuático.

### 35 **Breve descripción de los dibujos**

Características, aspectos y ventajas de la presente divulgación se entenderán mejor con respecto a la siguiente descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

40 la figura 1 representa un entorno en el que pueden utilizarse etiquetas de seguimiento;

las figuras 2A, 2B, 2C representan una etiqueta de seguimiento de depredación;

45 las figuras 3A, 3B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

las figuras 4A, 4B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

50 las figuras 5A, 5B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

las figuras 6A, 6B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

la figura 7 representa una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

55 las figuras 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F representan unas etiquetas de seguimiento de depredación adicionales;

las figuras 9A, 9B, 9C, 9D representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

las figuras 10A, 10B, 10C, 10D representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

60 las figuras 11A, 11B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional;

la figura 12 representa un activador para activar una etiqueta de seguimiento de depredación;

la figura 13 representa componentes de una etiqueta de seguimiento de depredación y un activador;

65 la figura 14 representa componentes de una etiqueta de seguimiento de depredación adicional y un activador;

la figura 15 representa componentes de la etiqueta de seguimiento de depredación de las figuras 8A-F, 9A-D, 10A-D y/o 11A-B, y un activador;

5 la figura 16 representa un método de activación de una etiqueta de seguimiento;

la figura 17 representa señales asociadas con la activación de una etiqueta;

10 la figura 18 representa señales asociadas adicionales con la activación de una etiqueta;

la figura 19 representa un método de funcionamiento de una etiqueta de seguimiento;

15 la figura 20 muestra un gráfico del efecto del grosor de película sobre el hinchamiento y la degradación de las películas;

la figura 21 muestra un gráfico del efecto de los plastificantes sobre el hinchamiento de las películas;

20 la figura 22 muestra un gráfico del efecto de la concentración de glicerol con respecto a quitosano sobre el hinchamiento;

la figura 23 muestra un gráfico del efecto de los agentes de reticulación sobre el hinchamiento y la degradación de las películas;

25 la figura 24 muestra un gráfico del efecto de la concentración de citrato de sodio sobre el hinchamiento y la degradación;

la figura 25 muestra un gráfico del efecto del tiempo de reticulación sobre el hinchamiento y la degradación de las películas;

30 la figura 26 muestra un gráfico del efecto de los aditivos sobre la estabilidad a largo plazo de las películas; y

la figura 27 muestra un gráfico del efecto del envejecimiento acelerado sobre las películas.

### Descripción detallada

35 En la presente memoria, se describe adicionalmente una etiqueta de seguimiento para seguir a animales. La etiqueta de seguimiento es capaz de detectar si el animal que está siguiéndose ha sido devorado por un depredador y ajustar su funcionamiento basándose en la detección del acontecimiento de depredación. La etiqueta de seguimiento utiliza un imán sujeto en su sitio por un material sensible al pH que se degrada en presencia del  
40 entorno ácido del intestino de un depredador. Una vez lo suficientemente degradado, el imán se mueve y el campo magnético resultante, o el cambio en el campo magnético, puede utilizarse como una indicación de que se ha producido un acontecimiento de depredación. La etiqueta según la invención incluye un componente, tal como un imán adicional o material ferromagnético no magnetizado, que proporciona una fuerza de derivación al imán de modo que, una vez liberado el imán del material sensible al pH degradado, el imán tenderá a moverse provocando  
45 un cambio detectable en el campo magnético.

La figura 1 representa un entorno 100 en el que pueden utilizarse etiquetas de seguimiento. Aunque la figura 1 representa una etiqueta de seguimiento de depredación que está utilizándose dentro de un entorno acuático, la etiqueta de seguimiento de depredación puede utilizarse en otros entornos no acuáticos. Se etiqueta un pez 102 con un dispositivo de seguimiento 104, denominado etiqueta de seguimiento, o simplemente etiqueta. Las etiquetas de seguimiento pueden implantarse dentro de la cavidad celómica del animal. Adicional o alternativamente, la etiqueta de seguimiento puede unirse externamente al animal, por ejemplo, mediante adhesión o fijación al pelaje o la aleta de un animal. La etiqueta 104 emite periódicamente pulsos ultrasónicos que se reciben por uno o más receptores 106 que están ubicados dentro de la masa de agua o área que está estudiándose. Los receptores pueden estar anclados 108 en su sitio o pueden estar suspendidos mediante una boya 110, o cualquier otro medio adecuado de posicionamiento del receptor en una ubicación deseada. El receptor 106 detecta los pulsos ultrasónicos transmitidos por las etiquetas. El receptor 106 registra y almacena los acontecimientos de detección. Los acontecimientos registrados pueden recuperarse de cada uno de los receptores. Por ejemplo, los datos pueden descargarse periódicamente a un ordenador tal como un ordenador portátil 112. Aunque se represente como que se lleva a cabo mientras que el receptor 106 permanece en posición, los datos pueden recuperarse también del receptor 106 mediante una conexión física al receptor, lo que puede requerir que el receptor 106 se recupere. El periodo de tiempo que el receptor permanece en su sitio puede variar dependiendo de los requisitos del estudio. Además, es posible seguir una etiqueta en tiempo real; sin embargo, esto se realiza normalmente con un receptor ubicado en un bote y persiguiendo al animal marino que está siguiéndose a medida que se mueve.

65 Las etiquetas pueden comunicar datos utilizando diversas técnicas. Por ejemplo, las etiquetas pueden transmitir

señales de manera continua, o pueden transmitir señales periódicamente. El intervalo de tiempo en el que las etiquetas transmiten señales puede variar y puede ser ajustable. Por ejemplo, una etiqueta puede transmitir señales cada 1 segundo, 5 segundos, 10 segundos, 15 segundos, 30 segundos 60 segundos, o a otros intervalos. Además de variar cuándo las etiquetas transmiten información, la información que se transmite puede también variarse. Por ejemplo, la etiqueta puede simplemente transmitir un identificador (ID) único, o único dentro de un conjunto particular de etiquetas. Los receptores pueden detectar la transmisión periódica de los ID únicos y registrar los acontecimientos de detección, junto con la hora de la detección. El movimiento del animal que está siguiéndose puede reconstruirse a partir de los diversos acontecimientos de detección con ID únicos correspondientes. Además del ID único, la etiqueta puede transmitir también otra información tal como un número de secuencia que aumenta con cada transmisión, u otros datos que sigue la etiqueta dependiendo de los sensores disponibles en la etiqueta. Por ejemplo, la etiqueta también puede indicar lecturas de un sensor de temperatura, sensores de aceleración u otros tipos de sensores que puede proporcionar la etiqueta.

Las etiquetas pueden durar un periodo de tiempo variable dependiendo de las características de funcionamiento de la etiqueta, así como de la fuente de energía de la etiqueta. Generalmente, una etiqueta se activa antes de unirse a o implantarse en el animal que está siguiéndose. Una vez activada la etiqueta, normalmente seguirá funcionando hasta que no presente suficiente energía. Si un animal marino que está siguiéndose, tal como el pez 102, es devorado por un depredador tal como el pez 114, la etiqueta puede seguir funcionando y el movimiento del depredador puede asociarse incorrectamente con el animal marino que fue devorado.

Las etiquetas descritas en la presente memoria pueden detectar un acontecimiento de depredación y ajustar su funcionamiento de manera correspondiente. Cuando una etiqueta detecta que el animal marino ha sido devorado, la etiqueta puede dejar de transmitir información adicional, o puede seguir transmitiendo información, pero proporcionar una indicación de que se detectó un acontecimiento de depredación, por ejemplo, transmitiendo un ID secundario de la etiqueta. El ID secundario de la etiqueta puede incluir el ID único original o está asociado de otra forma con el ID original de modo que puede determinarse el animal que fue devorado. Por ejemplo, el primer ID único para seguir a un animal vivo etiquetado puede ser 123A, mientras que el segundo ID único de la etiqueta utilizado cuando se ha detectado un acontecimiento de depredación puede ser 123B. En este ejemplo de los ID, se supone que la parte 123 de ambos ID es única con respecto a otras etiquetas. La etiqueta no detecta el acontecimiento de depredación directamente, sino que más bien detecta un cambio asociado con el animal que está siendo devorado. La etiqueta puede utilizar un material sensible al pH que se degrada en el entorno ácido del intestino de un depredador. La etiqueta puede detectar la degradación del material sensible al pH y, como tal, la etiqueta puede ajustar su funcionamiento por consiguiente.

Además de proporcionar una indicación de que se ha producido un acontecimiento de depredación, por ejemplo, transmitiendo un ID único diferente cuando se produce un acontecimiento de depredación, la etiqueta puede transmitir información adicional asociada con el acontecimiento de depredación. Por ejemplo, la etiqueta puede transmitir una medida de tiempo transcurrido desde la detección de un cambio en la característica de la etiqueta, cambio que está asociado con el acontecimiento de depredación. La medida de tiempo transcurrido puede transmitirse en la señal ultrasónica. La medida puede aumentar con el paso del tiempo a lo largo de la vida útil de la etiqueta. La medida de tiempo transcurrido puede codificarse en un formato o modo lineal o no lineal. La codificación del tiempo transcurrido de un modo no lineal puede proporcionar una mejor resolución durante fases tempranas tras la depredación en comparación con fases tardías. Por ejemplo, la medida puede cambiar en incrementos de 15 minutos a corto plazo tras el acontecimiento de depredación, pero utilizar incrementos de un día posteriormente en su vida útil, y posiblemente utilizar otros diversos incrementos entretanto a medida que pasa el tiempo. El tiempo desde la detección de un cambio en la característica de la etiqueta puede seguirse mediante el microcontrolador u otros componentes apropiados de la etiqueta.

Aunque se describe que la etiqueta 104 comunica información, incluyendo información relacionada con un acontecimiento de depredación, a un receptor utilizando pulsos ultrasónicos, es posible que la etiqueta de seguimiento de depredación controle el funcionamiento de la etiqueta de otras formas en respuesta a un acontecimiento de depredación detectado. Por ejemplo, la etiqueta podría transmitir la información utilizando transmisores adicionales o alternativos, tales como transmisores de radiofrecuencia (RF). Los transmisores acústicos pueden ser muy adecuados para entornos acuáticos, sin embargo, es posible que se utilicen transmisores de RF en entornos acuáticos, aunque las características del agua, incluyendo, por ejemplo, el contenido de sal, pueden reducir el alcance de transmisión útil del transmisor de RF. Adicional o alternativamente, la etiqueta podría registrar, o almacenar, la aparición del acontecimiento de depredación en una memoria de la etiqueta para su recuperación posterior tras la recuperación de la etiqueta de seguimiento de depredación. Resultará evidente que las etiquetas de seguimiento de depredación pueden realizar diferentes funciones o funcionar de diferentes modos cuando se produce un acontecimiento de depredación.

Las figuras 2A, 2B, 2C representan una etiqueta de seguimiento de depredación no según la invención reivindicada. La etiqueta de seguimiento de depredación 200 puede utilizarse para seguir a un animal etiquetado. La etiqueta 200 detecta un acontecimiento de depredación, es decir, el animal etiquetado que está siendo devorado por un depredador. La etiqueta 200 comprende un cuerpo principal 202 que alberga los componentes principales de la etiqueta. La etiqueta 200 puede variar en tamaño desde unos pocos milímetros hasta unos pocos centímetros o

más dependiendo del tamaño del animal que está siguiéndose. La etiqueta 200 incluye un sensor 204 que detecta una característica eléctrica de la etiqueta 200. El sensor 200 comprende un sustrato 206 que proporciona soporte para dos electrodos 208a, o 208b. La impedancia u otras características eléctricas de los electrodos pueden detectarse mediante un microcontrolador de la etiqueta.

Puede formarse un recubrimiento o una película de un material sensible al pH 210a sobre los electrodos 208a, 208b tal como se representa en la figura 2B. El material sensible al pH se selecciona para que se degrade, preferiblemente de manera rápida, en el entorno ácido del intestino de un depredador, al tiempo que resiste la degradación en un entorno neutro o básico, tal como una cavidad celómica de un animal en el que se ha implantado la etiqueta. Como tal, cuando la etiqueta permanece en la cavidad celómica del animal que está siguiéndose, el material sensible al pH permanece intacto cubriendo los electrodos 208a, 208b y, como tal, se medirá un primer valor para la característica eléctrica particular que está monitorizándose, tal como la impedancia o resistencia.

Si el animal etiquetado es devorado, el animal se digerirá dentro del intestino del depredador y, como tal, la etiqueta 200 se expondrá al entorno ácido del intestino del depredador. El entorno ácido degradará el material sensible al pH 210b que cubre los electrodos tal como se representa en la figura 2C. A medida que el material sensible al pH se degrada, los electrodos 208a, 208b se expondrán al entorno y el valor medido previamente de la característica eléctrica cambiará. La etiqueta detecta y utiliza el valor diferente para determinar que se ha producido un acontecimiento de depredación. Una vez que la etiqueta, o más particularmente, un microcontrolador de la etiqueta, ha determinado que se ha producido el acontecimiento de depredación, el funcionamiento puede ajustarse por consiguiente, por ejemplo deteniendo la transmisión adicional, o alterando el ID transmitido de la etiqueta utilizado para indicar que la etiqueta ha detectado un acontecimiento de depredación. Pueden producirse acciones adicionales o alternativas tales como registrar información tras la detección del acontecimiento de depredación.

Pueden utilizarse diversos materiales sensibles al pH, y se describe una selección de posibles materiales sensibles al pH más adelante en la presente memoria. El material sensible al pH debe resistir la degradación cuando está en el entorno asociado con un animal vivo que está siguiéndose. El material sensible al pH debe resistir la degradación en un entorno de este tipo durante un periodo de tiempo relativamente largo, tal como la vida útil de funcionamiento esperada de la etiqueta. Aunque el material sensible al pH debe resistir la degradación dentro de un entorno de funcionamiento normal, tal como dentro de una cavidad celómica, debe degradarse, preferiblemente de manera rápida, dentro del entorno ácido. Por ejemplo, el material sensible al pH puede degradarse lo suficientemente rápido como para exponer los electrodos en el plazo de 60 a 120 minutos de que un depredador devore un animal etiquetado. La composición del material sensible al pH, así como la cantidad del material sensible al pH utilizado para cubrir los electrodos, y por tanto que debe degradarse para exponer los electrodos, puede ajustarse para cumplir las características requeridas. Además, la composición puede incluir uno o más aditivos que pueden afectar a la detección de la característica y, como tales, facilitar la determinación de si el material sensible al pH está todavía intacto o no o se ha degradado sustancialmente. Puede considerarse que el material sensible al pH se ha degradado sustancialmente una vez que se ha degradado lo suficiente como para que pueda detectarse un cambio en la característica con el fin de indicar la aparición del acontecimiento de depredación.

Las figuras 3A, 3B representan unas etiquetas de seguimiento de depredación adicionales no según la invención reivindicada. Las etiquetas representadas son similares a la etiqueta 200 descrita anteriormente; sin embargo, la geometría de los electrodos difiere. La etiqueta de seguimiento de depredación 300 comprende un cuerpo 302 y un sensor de depredación acortado y redondeado 304 acoplado a la electrónica 312 de la etiqueta de seguimiento de depredación 302. El sensor de depredación 304 comprende los electrodos 308a, 308b sobre un sustrato 306. Los electrodos 308a, 308b se cubren con un material sensible al pH 310 que se degrada en el entorno ácido del tracto digestivo de un depredador. Cuando un animal etiquetado con la etiqueta de seguimiento de depredación 302 es devorado por un depredador, el material sensible al pH 310 se disuelve en el tracto digestivo del animal. Una vez que el material sensible al pH 310 se degrada, los electrodos 308a, 308b se exponen al entorno y la electrónica 312 puede detectar un cambio en las características eléctricas de los electrodos. La geometría acortada y redondeada del sensor de depredación 304 puede ser apropiada para su inserción en la cavidad celómica debido a su longitud acortada y la falta de esquinas.

Las figuras 4A, 4B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional no según la invención reivindicada. La etiqueta 400 es similar a las etiquetas descritas anteriormente y comprende un cuerpo 402 y un componente de sensor externo capaz de medir una característica de la etiqueta. El sensor 404 comprende dos electrodos elásticos, comprendiendo cada uno un material elástico 406a, 406b y un material conductor 408a, 408b. Tal como se representa en la figura 4A, el material sensible al pH 410a se cuele con el fin de impedir que los electrodos elásticos entren en contacto entre sí. Cuando un entorno ácido degrada sustancialmente el material sensible al pH 410b tal como se representa en la figura 4B, el material elástico 406a, 406b de los electrodos hace que el material eléctricamente conductor 408a, 408b entre en contacto entre sí. La etiqueta 400, o más particularmente un microcontrolador de la etiqueta, puede detectar la conexión eléctrica recién establecida entre los dos electrodos, lo que puede utilizarse como una indicación de que el animal marino que está siguiéndose fue devorado por un depredador. Una vez que la etiqueta detecta la conexión eléctrica entre los electrodos, la etiqueta puede cambiar del primer modo de funcionamiento asociado con el seguimiento del animal originalmente etiquetado a un segundo modo de funcionamiento asociado con el animal originalmente etiquetado que está siendo

devorado por un depredador.

Las figuras 5A, 5B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional no según la invención reivindicada. La etiqueta 500 es similar a las etiquetas descritas anteriormente y puede detectar un cambio en una característica de la etiqueta 500 cuando el entorno en el que se encuentra la etiqueta cambia de un entorno neutro o básico, tal como el encontrado en el fluido celómico, a un entorno ácido tal como el encontrado en el intestino de un depredador. La etiqueta 500 comprende un cuerpo 502 y un sensor para medir una característica de la etiqueta. El sensor se representa como una galga extensiométrica 504a u otro sensor similar que cambia sus características eléctricas basándose en la forma del sensor 504a. Tal como se representa en la figura 5A, la galga extensiométrica 504a puede colarse dentro de un material sensible al pH 506a con el fin de mantener la galga extensiométrica 504a en una primera configuración. Tal como se representa en la figura 5B, cuando el entorno ácido degrada sustancialmente el material sensible al pH 506b, la galga extensiométrica 504b cambia las configuraciones, reduciendo la deformación, que puede detectarse mediante la etiqueta y utilizarse como una indicación de que el animal que está siguiéndose fue devorado por un depredador.

Las figuras 6A, 6B representan una etiqueta de seguimiento de depredación adicional no según la invención reivindicada. La etiqueta 600 es similar a las etiquetas descritas anteriormente y puede detectar un cambio en una característica de la etiqueta 600 cuando el entorno en el que se encuentra la etiqueta cambia de un entorno neutro o básico, tal como el encontrado en el fluido celómico, a un entorno ácido tal como el encontrado en el intestino de un depredador. La etiqueta 600 comprende un cuerpo 602 y un sensor para medir una característica de la etiqueta. El sensor se representa como un par de transmisor y receptor de infrarrojos (IR) 608a, 608b. El transmisor de IR 608a y el receptor de IR 608b están encerrados en el material sensible al pH 610a que se degrada en un entorno ácido. El material sensible al pH 610a es opaco de modo que, cuando está presente, tal como se representa en la figura 6A, la luz infrarroja transmitida desde el transmisor de IR 608a no se recibe en el receptor 608b. Cuando el material sensible al pH 608b se degrada tal como se representa en la figura 6B, la luz infrarroja transmitida desde el transmisor de IR 608a se recibe en el receptor de IR 608b tal como se representa mediante las flechas 612. La detección de la luz infrarroja en el receptor 608b puede detectarse mediante la electrónica de la etiqueta y utilizarse como una indicación de que se ha producido un acontecimiento de depredación.

La figura 7 representa una etiqueta de seguimiento de depredación adicional no según la invención reivindicada. La etiqueta 700 puede ser similar a las etiquetas descritas anteriormente, sin embargo, el cuerpo de la etiqueta se extiende para proporcionar protección física a los sensores de depredación. Las etiquetas de depredación descritas anteriormente pueden incluir un sensor de depredación que se extiende más allá del cuerpo de la etiqueta. Debido al pequeño tamaño de las etiquetas, la extensión de los sensores de depredación puede ser susceptible a romperse. La etiqueta de depredación 700 comprende un cuerpo que proporciona protección al sensor de depredación 704. El cuerpo comprende una parte de cuerpo principal 702a que encierra la electrónica 712 de la etiqueta. La parte de cuerpo principal 702a puede proporcionarse mediante un tubo u otra estructura similar. El cuerpo comprende además una parte de extensión hueca 702b que se extiende más allá del sensor de depredación 704 y proporciona protección física al sensor de depredación contra el daño. La cavidad hueca de la parte de cuerpo de extensión 702b puede llenarse o llenarse parcialmente con material sensible al pH 710a. La parte de extensión 702b del cuerpo de la etiqueta está abierta en un extremo con el fin de exponer el material sensible al pH al entorno de la etiqueta de modo que el material sensible al pH se degradará cuando se produzca un acontecimiento de depredación.

Las figuras 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F representan etiquetas de seguimiento de depredación adicionales. La etiqueta 800 es similar a la etiqueta 200; sin embargo, en vez de utilizar electrodos para detectar un cambio en una característica eléctrica, la etiqueta 800 utiliza un sensor magnético 810 para detectar la presencia o ausencia de un imán 806. Tal como se representa en la figura 8A, la etiqueta 800 incluye un cuerpo 802 que presenta una parte rebajada 804 para recibir un imán 806. Aunque se representa como situado dentro de un rebajo 804, se contempla que el imán pueda fijarse a la etiqueta sin estar situado dentro de un rebajo. El imán 806 se fija a la etiqueta 800 mediante un material sensible al pH 808a tal como se representa en la figura 8B. El imán 806 puede fijarse mediante una capa de material sensible al pH que actúa como adhesivo para mantener el imán 806 en su sitio al tiempo que se utiliza un recubrimiento adicional de material sensible al pH para adherir además el imán 806 a la etiqueta 800. Tal como se describió anteriormente, el material sensible al pH se degrada en el entorno ácido del intestino de un depredador. Una vez que el entorno ácido degrada el material sensible al pH 808b que fija el imán 806, el imán 806 puede separarse de la etiqueta 800 y la ausencia del imán puede detectarse mediante la etiqueta 800. Una vez que la etiqueta 800 detecta la ausencia del imán 806, la etiqueta puede cambiar los modos de funcionamiento para indicar que se ha detectado un acontecimiento de depredación.

El imán y el material sensible al pH pueden unirse al cuerpo de la etiqueta de otras maneras distintas a las descritas anteriormente. Por ejemplo, en la figura 8D se representa una etiqueta adicional 800d. Tal como se representa, el imán 806 puede estar encerrado en un tapón 808d hecho del material sensible al pH, y el tapón 808d puede unirse a un cuerpo 802d de diversos modos, incluyendo, por ejemplo, por medio de un material adhesivo 812.

En la figura 8E, se representa un ejemplo adicional de una etiqueta 800e. Tal como se representa, el imán 806 puede estar encerrado en un tapón 808e del material sensible al pH. El tapón 808e está conformado para permitir

que el tapón se retenga mecánicamente dentro de una parte de cavidad conformada correspondientemente 814e del cuerpo de la etiqueta 802e, hasta que por lo menos una parte del material sensible al pH se disuelva. En la figura 8F se representa un ejemplo todavía adicional de una etiqueta 800f. Tal como se representa, el imán 806 puede estar encerrado en un tapón 808f del material sensible al pH; sin embargo, en vez de retenerse en una cavidad correspondiente de la etiqueta tal como se describió anteriormente, el tapón 808f comprende una cavidad correspondiente que retiene mecánicamente una parte saliente conformada correspondientemente 814f del cuerpo de la etiqueta 802f.

Las etiquetas 800, 800d, 800e, 800f descritas anteriormente se basan en la separación del imán de la etiqueta. Aunque dicha separación puede producirse, es deseable proporcionar una fuerza adicional para ayudar en la separación, o por lo menos el movimiento del imán, para cambiar el campo magnético detectado por el sensor. Una fuerza de este tipo según la invención reivindicada se proporciona incluyendo un atractor magnético en la etiqueta. El atractor magnético proporciona una fuerza al imán que tenderá a dar como resultado el movimiento del imán tras la degradación parcial o completa del material sensible al pH. Aunque se describe que el atractor magnético proporciona una fuerza de atracción, se apreciará que puede proporcionarse una fuerza de repulsión y puede presentar el mismo efecto. Es decir, el atractor magnético puede proporcionar tanto atracción como repulsión del imán. La implementación de una etiqueta que comprende un atractor magnético se describe en más detalle con respecto a las figuras 9 - 11.

Las figuras 9A a 9D representan una etiqueta de deprecación adicional 900. Las figuras 9A a 9D pueden denominarse colectivamente figura 9, donde tal referencia no provoca ninguna ambigüedad o falta de claridad. Tal como se representa, un primer imán 906, que puede denominarse imán de detección, está encerrado, o por lo menos parcialmente encerrado, en el material sensible al pH 908a. El imán de detección 906 y el material sensible al pH 908a pueden formar un tapón que está conformado de manera que se retiene mecánicamente dentro de una parte de cavidad conformada correspondientemente 904 del cuerpo de la etiqueta 902. Un sensor de campo magnético 910 está situado por debajo de la parte de cavidad 902, y está orientado de manera que un eje de sensibilidad del sensor 910 es paralelo, o por lo menos generalmente paralelo, al campo magnético del imán de detección 906. Como tal, cuando el imán de detección 906 está dispuesto con su campo magnético alineado con el eje de sensibilidad del sensor tal como se representa en las figuras 9A y 9B, el sensor detecta el campo magnético. El atractor magnético, que proporciona una fuerza que tiende a mover el imán de detección cuando no está retenido por el material sensible al pH, puede proporcionarse mediante un segundo imán 912. El segundo imán 912, que puede denominarse imán de atracción, puede estar incrustado dentro del cuerpo de la etiqueta. El segundo imán 912 puede estar sujeto permanentemente al cuerpo de la etiqueta 902 en proximidad estrecha a la parte de cavidad 904 de modo que los campos magnéticos del segundo imán y el imán de detección interactúan entre sí y ejercen fuerzas sobre los imanes. Tal como se representa en la figura 9, el segundo imán 912 puede estar situado de manera que su campo magnético es perpendicular, o por lo menos generalmente perpendicular, al campo magnético del imán de detección. Con el campo magnético del imán de detección 906 generalmente alineado con el eje de sensibilidad del sensor de campo magnético 910, el campo magnético del segundo imán 912 no afecta sustancialmente al sensor. Esta alineación del imán de detección 906 con el eje de sensibilidad del sensor de campo magnético 910, más el posicionamiento perpendicular del campo magnético del segundo imán 912 en relación con el campo magnético del imán de detección, funciona impidiendo la detección del campo magnético del segundo imán 912 por el sensor 910. Por consiguiente, antes de un acontecimiento de deprecación, con el imán de detección 906 encerrado en el material sensible al pH tal como se representa en las figuras 9A y 9B, el sensor 910 detecta el campo magnético del imán de detección 906 que es por lo menos generalmente paralelo al eje de sensibilidad del sensor.

Durante un acontecimiento de deprecación, el material sensible al pH se degradará. Por ejemplo, tal como se representa en las figuras 9C y 9D, el material sensible al pH 908b se degrada como resultado de un acontecimiento de deprecación. Una vez que el material sensible al pH se ha degradado suficientemente, el imán de detección 906 puede liberarse del material sensible al pH de la etiqueta y puede quedar suelto dentro de la cavidad 904. Con el imán de detección liberado, la interacción magnética entre el imán de detección 906 y el segundo imán 912 hará que el imán de detección 906 se mueva o gire de manera que queda sustancialmente paralelo al segundo imán 912 tal como se ilustra en las figuras 9C y 9D. Esto da como resultado que el campo magnético del imán de detección 906 se disponga perpendicular al eje de sensibilidad del sensor de campo magnético 910, haciendo de ese modo que el sensor ya no detecte la presencia de un campo magnético. El segundo imán estacionario 912 proporciona un atractor magnético que tiende a hacer que el imán de detección 906 gire cuando se libera del material sensible al pH 908b y alinee su campo magnético con el del segundo imán 912, provocando de ese modo un cambio detectable del campo magnético detectado por el sensor 910.

Se apreciará que la orientación de uno o más del sensor, el imán de detección y el atractor magnético puede variarse. Por ejemplo, uno o más del sensor, el imán de detección y el atractor magnético pueden estar dispuestos de modo que el campo magnético del imán de detección sea inicialmente perpendicular al eje de sensibilidad del sensor, dando como resultado que el sensor no detecte la presencia del imán de detección, y posteriormente, tras la degradación del material sensible al pH, sea paralelo al eje de sensibilidad del sensor, dando como resultado que el sensor detecte la presencia del imán de detección y detecte de ese modo un acontecimiento de deprecación. Sin embargo, en una forma de realización de este tipo, puede ser necesario que el segundo imán esté ubicado lo

suficientemente lejos del sensor para que la fuerza de su campo magnético esté por debajo de un umbral de detección en el sensor, al tiempo que se proporciona todavía una fuerza sobre el imán de detección. Adicional o alternativamente, el sensor puede detectar una fuerza del campo magnético, o cambios en la fuerza del campo magnético.

5

Las figuras 10A a 10D representan una etiqueta de depredación adicional 1000. Las figuras 10A a 10D pueden denominarse colectivamente figura 10 en las que tal referencia no provoca ninguna ambigüedad o falta de claridad. La etiqueta 1000 es similar a la etiqueta 900 descrita anteriormente con referencia a la figura 9, ya que la etiqueta 1000 incluye un atractor magnético para provocar, o por lo menos tender a provocar, el movimiento del imán de detección 1006 cuando se libera del material sensible al pH 1008a. Sin embargo, en contraste con la etiqueta 900 que incluye un segundo imán 912 que tiende a hacer que el imán de detección 906 gire para alinear su eje de campo magnético con el del segundo imán 912 tras la degradación del material sensible al pH, el atractor magnético de la etiqueta 1000 comprende un material ferromagnético 1012 al que se atrae el imán de detección. Aunque se representa como un trozo de material ferromagnético, el atractor magnético 1012 puede comprender un segundo imán al que se atraería el primer imán. Además, en vez de detectar una alineación, o alineación errónea, del campo magnético, el sensor 1010 puede detectar la presencia o ausencia de un campo magnético, o un campo magnético por encima de un umbral. Tal como se representa, el sensor magnético 1010 se alinea bajo una cavidad 1004 dentro del cuerpo 1002 de la etiqueta 1000. El sensor 1010 está situado para detectar la presencia del imán de detección 1006 cuando el imán de detección 1006 está ubicado en una primera ubicación representada en las figuras 10A y 10B. El imán de detección 1006 puede estar sujeto dentro de la cavidad 1004 en la primera ubicación por el material sensible al pH 1008a.

10

15

20

25

30

Durante un acontecimiento de depredación, el material sensible al pH 1008b se degrada suficientemente para liberar el imán de detección 1006. Cuando se libera, el imán de detección 1006 puede quedar suelto dentro de la cavidad 1004. El imán de detección 1006 se atrae al material ferromagnético 1012 del atractor magnético y, como tal, se mueve hacia el material ferromagnético 1012. El movimiento del imán de detección 1006 hace que se mueva fuera de la primera ubicación donde el sensor magnético 1010 detecta su presencia y a una segunda ubicación donde el imán de detección 1006 no se detecta por el sensor magnético 1010. El material ferromagnético 1012 proporciona un atractor magnético que tiende a hacer que el imán de detección 1006 se mueva cuando se libera del material sensible al pH 1008b degradado, dando como resultado de ese modo un cambio detectable del campo magnético detectado por el sensor 1010.

35

Las figuras 11A y 11B representan una etiqueta de depredación adicional 1100. Las figuras 11A y 11B pueden denominarse colectivamente figura 11 donde tal referencia no provoca ninguna ambigüedad o falta de claridad. La etiqueta 1100 incluye un primer imán 1106, que puede considerarse por lo menos conceptualmente como un imán de detección. La etiqueta 1100 incluye además un segundo imán 1112, que puede considerarse por lo menos conceptualmente como un imán de atracción.

40

45

Sin embargo, en contraste con la etiqueta 900 en la que el imán de atracción 912 está permanentemente fijado al cuerpo de la etiqueta, el segundo imán 1112 no está permanentemente fijado al cuerpo de la etiqueta 1102. Más bien, el segundo imán 1112 está sujeto o ubicado contra o adyacente al primer imán 1106 por el material sensible al pH 1108a. El primer imán 1106 y el segundo imán 1112 están sujetos entre sí con sus respectivos campos magnéticos alineados, es decir, los polos iguales están adyacentes entre sí, de modo que los campos magnéticos se suman constructivamente, dando como resultado de ese modo un campo magnético relativamente grande detectado por el sensor 1110. Tal como se representa en la figura 11A, cuando están sujetos por el material sensible al pH 1108a, el primer imán 1106 y el segundo imán 1112 están alineados con sus polos norte adyacentes y polos sur adyacentes.

50

55

Durante un acontecimiento de depredación, el material sensible al pH se degrada suficientemente para permitir que el segundo imán 1112 gire en relación con el primer imán 1106, o viceversa. La alineación inicial de los imanes y sus correspondientes campos magnéticos tenderán a hacer que los imanes 'giren' en relación entre sí de modo que el polo sur del primer imán es adyacente al polo norte del segundo imán, y el polo norte del primer imán es adyacente al polo sur del segundo imán. Con los polos opuestos ubicados adyacentes entre sí, los respectivos campos magnéticos del primer imán 1106 y el segundo imán 1112 se sumarán destructivamente dando como resultado que se detecte un campo magnético más pequeño mediante el sensor 1110. Por consiguiente, el segundo imán 1112 provoca, o por lo menos tiende a provocar, el movimiento del primer imán 1106, y viceversa, provocando de ese modo un cambio detectable en el campo magnético. Se apreciará que pueden emplearse más de dos imanes en una variación de la forma de realización descrita anteriormente.

60

65

El primer y segundo imanes pueden ser indistinguibles entre sí. Sin embargo, en combinación, cada uno actúa como imán de detección y como imán de atracción para el otro imán. La utilización de una pluralidad de imanes individuales sujetos dentro de un material sensible al pH con sus campos magnéticos alineados de manera que sus campos magnéticos se suman de manera constructiva puede aplicarse a partículas magnéticas incrustadas dentro del material sensible al pH con el fin de proporcionar un imán degradable. Las partículas magnéticas pueden estar incrustadas dentro del material sensible al pH y utilizarse un campo magnético externo para magnetizar las partículas incrustadas de modo que sus campos magnéticos se alinean y se suman de manera constructiva para

proporcionar un campo magnético que es detectable por el sensor. Cuando el material sensible al pH se degrada mediante el entorno ácido, las partículas magnéticas se liberan y son libres de girar o moverse de otra forma en relación entre sí y, como tales, ejercerán fuerzas sobre las otras partículas magnéticas de manera que los campos magnéticos se alinearán cancelándose y sin dar como resultado un campo magnético neto.

5 Anteriormente, se han descrito diversas etiquetas que pueden utilizarse para seguir a un animal marino y también proporcionan una indicación de que el animal ha sido devorado por un depredador. Aunque se han descrito formas de realización particulares con referencia a etiquetas para seguir animales marinos, es posible que se utilice una etiqueta similar para seguir otros animales. En el caso del seguimiento de animal no acuáticos, las señales ultrasónicas pueden no ser útiles y, como tal, el transductor de la etiqueta puede reemplazarse por un transductor de señales apropiado que puede detectarse y utilizarse para el seguimiento del animal no acuático. Por ejemplo, los transductores pueden utilizar señales de radiofrecuencia (RF) en vez de las señales ultrasónicas utilizadas para entornos marinos.

15 Las etiquetas descritas anteriormente haciendo referencia a las figuras 9, 10, 11 comprenden cada una un detector de depredación que comprende un sensor magnético, un primer imán por lo menos parcialmente encerrado en material sensible al pH y un atractor magnético dispuesto de manera que, tras la degradación del material sensible al pH, el primer imán es libre de moverse y el atractor magnético proporciona una fuerza que tiende a hacer que el imán se mueva. El movimiento del primer imán da como resultado un cambio en el campo magnético detectado por sensor. Cuando la electrónica de la etiqueta, u otra circuitería, detectan un cambio en el campo magnético, o un campo magnético que cumple otras características, tales como la presencia o ausencia del campo magnético, puede desencadenarse un acontecimiento de depredación. La detección de depredación descrita anteriormente puede ser adecuada para su incorporación en una amplia gama de etiquetas de seguimiento de animales, ya sea para el seguimiento de animales acuáticos, terrestres o aéreos. Las etiquetas pueden recibir por telemetría datos de otros diversos sensores y pueden transmitir, almacenar y/o procesar la información de diversos modos, lo que puede verse afectado por la detección de un acontecimiento de depredación. La transmisión de información desde la etiqueta puede utilizar diferentes transductores tales como transmisores acústicos, transmisores de radiofrecuencia activos y/o transmisores de radiofrecuencia pasivos tales como etiquetas de RFID. El registro o almacenamiento de la información puede ser en una memoria volátil o no volátil de la etiqueta para su análisis posterior si se recupera la etiqueta.

Con los animales no acuáticos, a menudo se une una etiqueta externamente en lugar de implantarse internamente en la cavidad celómica. En dichas formas de realización, la etiqueta con el detector de depredación puede beneficiarse de la protección contra el impacto, la abrasión y la luz ultravioleta, ya que estos pueden degradar el material sensible al pH haciendo probablemente que la etiqueta detecte falsamente un acontecimiento de depredación. Esta protección podría lograrse mediante blindaje mecánico. Los efectos de líquidos externos (por ejemplo, lluvia, agua subterránea, etc.) sobre el detector de depredación dependerán de su química específica en el sitio. Puede ser necesario considerar esta característica para determinar si las posibles condiciones del estudio son adecuadas para evitar la detección falsa de acontecimientos de depredación.

Las aplicaciones para animales no acuáticos pueden estar limitadas en la práctica a animales pequeños que devora más o menos completamente un depredador grande, de manera que la etiqueta se ingiere intacta realmente. Este sería el caso, por ejemplo, cuando una serpiente devora su presa entera. En otros casos en los que el depredador solo devora parcialmente la presa o la devora un poco cada vez, es posible que no se trague la etiqueta en absoluto ni que la dañe. Para animales de tamaño mediano a grande, las etiquetas se unen normalmente por medio de un collar de alguna combinación de metal, plástico y cuero, y es poco probable que un depredador devore un collar de este tipo.

Las etiquetas descritas en la presente memoria funcionan con baterías y generalmente se activan antes de que se etiquete con las mismas un animal. Las etiquetas pueden incluir un sensor magnético con el fin de proporcionar un medio de activación de las etiquetas. Las etiquetas pueden insertarse en un campo magnético producido por un dispositivo de activación. El sensor magnético de la etiqueta detecta el campo magnético, que puede proporcionar instrucciones para activar la etiqueta.

La figura 12 representa un activador para activar una etiqueta de seguimiento. El activador 1200 puede ser un dispositivo manual en el que se inserta una etiqueta 1202 que va a activarse. El activador 1200 presenta una cámara 1204 en la que puede colocarse la etiqueta. Puede enrollarse una bobina electromagnética alrededor de la cámara 1204 de modo que, cuando la etiqueta se coloca, dentro de la cámara 1204, esté dentro de un campo magnético de la bobina. El campo magnético producido por la bobina puede controlarse mediante el activador 1200 y puede comunicar comandos de activación a las etiquetas.

Puede ser posible comunicar otra información desde el activador hasta la etiqueta controlando el campo magnético producido por la bobina. Por ejemplo, puede establecerse un modo de funcionamiento de la etiqueta, o puede controlarse la frecuencia de transmisión u otras opciones. El activador también puede desactivar las etiquetas de manera similar. El activador 1200 incluye componentes de entrada y salida para controlar el funcionamiento del activador. Por ejemplo, el activador puede presentar un botón de 'Encendido' 1206 que se utiliza para activar la

etiqueta. Puede utilizarse un botón 1208 de 'Apagado' para desactivar una etiqueta activada. El activador 1200 puede incluir salidas o medios de visualización para proporcionar información sobre la etiqueta. Por ejemplo, el activador puede incluir un LED 1210 de 'Apagado' que puede utilizarse para indicar que la etiqueta está desactivada. Un LED 1212 de 'Ocupado' puede indicar que el activador está ocupado actualmente, por ejemplo, puede estar intentando activar o desactivar una etiqueta. Un LED 1214 de 'encendido' puede indicar que la etiqueta se ha activado con éxito. Con el fin de determinar si la etiqueta se ha activado o desactivado con éxito, el activador 1200 puede escuchar la transmisión ultrasónica de la etiqueta.

La figura 13 representa los componentes de la etiqueta de seguimiento de las figuras 2A-C y un activador. Tal como se describió anteriormente, puede utilizarse un activador para activar una etiqueta. Una etiqueta 1302 puede comprender una fuente de energía 1304, tal como una batería, un microcontrolador 1306 u otro tipo de circuito para controlar el funcionamiento de la etiqueta 1302. La etiqueta 1302 también puede incluir una memoria 1308 para almacenar instrucciones y/o datos. Aunque se representa como un componente diferenciado del microprocesador 1306, la memoria 1308 o por lo menos una parte de la memoria 1308 puede ser parte del microcontrolador 1306. La etiqueta puede comprender además un transductor ultrasónico 1310 para transmitir información, tal como el ID único, cuando la etiqueta está activada. La etiqueta 1300 también puede incluir un sensor magnético 1312 que se utiliza para recibir instrucciones del activador. Además, tal como se describió anteriormente, la etiqueta 1302 puede incluir un sensor de depredación 1314 para medir una característica de la etiqueta que cambiará cuando se encuentre en un entorno ácido.

El activador 1316 incluye una fuente de energía 1318, un microcontrolador 1320 para controlar el funcionamiento del activador, así como una memoria 1322 para almacenar instrucciones y/o datos utilizados por el microcontrolador 1320. El microcontrolador 1320 puede controlar una bobina electromagnética 1324 con el fin de generar un campo magnético utilizado para comunicar comandos a la etiqueta cuando la etiqueta está ubicada dentro del campo magnético generado. Los comandos pueden incluir comandos para activar y/o desactivar la etiqueta, así como para establecer parámetros operativos de la etiqueta. El activador 1316 puede incluir un micrófono 1326 para detectar los pulsos ultrasónicos transmitidos por la etiqueta una vez activada. Aunque no se representa, el activador puede incluir una pantalla para visualizar el ID único de la etiqueta. El activador 1316 puede incluir componentes de entrada/salida 1328 con el fin de permitir que un usuario interactúe con el activador 1316 para activar y desactivar, así como posiblemente configurar etiquetas.

La figura 14 representa componentes de una etiqueta de seguimiento de depredación y un activador. La etiqueta 1402 es similar a la etiqueta 1302 descrita anteriormente con referencia a la figura 13 y, como tal, solo se representan las diferencias. Además, el activador 1408 es similar al activador 1316 y, como tal, solo se representan las diferencias. La etiqueta 1402 utiliza el sensor magnético 1404 para detectar la presencia o ausencia de un imán 1406. Tal como se describió anteriormente, el imán 1406 puede fijarse a la etiqueta utilizando el material sensible al pH. Aunque el imán 1406 proporciona un medio conveniente para detectar un acontecimiento de depredación, su presencia cerca del sensor magnético 1404 puede sobrecargar el campo magnético generado por el activador y dificultar el proceso de activación. El activador 1408 puede incluir la funcionalidad de compensación del campo magnético 1410 para superar el campo magnético del imán 1406 con el fin de comunicarse con la etiqueta. La funcionalidad de compensación del campo magnético 1410 puede generar un campo magnético variable para determinar el campo magnético requerido para cancelar, o contrarrestar, el campo magnético del imán 1406. Una vez que el activador determina el campo magnético requerido para compensar la presencia del imán 1406, puede utilizarse como línea base en la variación del campo magnético para permitir la comunicación entre el activador 1408 y la etiqueta 1402. Con el campo magnético del imán 1406 cancelado en el sensor 1404 por la compensación del campo magnético de línea base, el sensor magnético 1404 puede detectar cambios en el campo magnético provocados por el activador y, como tal, el activador puede comunicarse con la etiqueta 1402.

Una vez que se activa una etiqueta, puede implantarse en una cavidad celómica de un animal marino, o unirse de otra forma al animal, y el animal puede liberarse y seguirse utilizando la etiqueta.

La figura 15 representa unos componentes de una etiqueta de seguimiento de depredación magnética y un activador. La etiqueta de seguimiento de depredación magnética puede ser, por ejemplo, una etiqueta tal como las etiquetas de las figuras 8A-F, figuras 9A-D, figuras 10A-D y figuras 11A-B. El activador 1500 comprende un microcontrolador 1502 que controla varios convertidores de digital a analógico (DAC) 1504a, 1504b (denominados colectivamente DAC 1504) y un receptor/transmisor asíncrono universal (UART) 1510. Se suministra un voltaje de referencia 1506 a los DAC 1504, cuyas salidas se proporcionan a un multiplexor analógico 1508. La salida del multiplexor analógico 1508 se controla mediante el UART 1510 y se suministra a un excitador de bobina 1512 para producir un campo magnético 1514. Con el fin de recibir información de la etiqueta 1530, el activador incluye un transductor acústico 1518 que detecta señales acústicas 1516 de la etiqueta. La salida del transductor acústico 1518 se proporciona a un amplificador 1520 para amplificar la señal que se proporciona a un detector de señal 1522 y los resultados se suministran al microcontrolador 1502.

La etiqueta 1530 incluye un sensor de campo magnético 1534. El sensor de campo magnético 1534 puede utilizar un sensor GMR (magnetorresistivo gigante), pero diseños alternativos podrían utilizar un interruptor de lengüeta mecánico, sensor de efecto Hall u otro tipo de sensor. Típicamente, estos sensores presentan una salida digital

que producirá un “1” si está presente un campo magnético externo, y un “0” si no está presente el campo magnético, o viceversa. Típicamente, se requiere un nivel de campo magnético mínimo para que estos sensores indiquen que está presente un campo. El sensor de campo magnético proporciona su salida a un UART 1536, que la proporciona a un microcontrolador 1538. Alternativamente, la salida del sensor de campo magnético puede proporcionarse al microcontrolador 1538. El microcontrolador procesa la información del campo magnético con el fin de controlar el funcionamiento de la etiqueta. El microcontrolador puede enviar la información a un generador de señal 1540 que genera una señal que se amplifica mediante un amplificador 1542 y se proporciona a un transductor acústico 1544 que produce una señal acústica 1516. Tal como se describió anteriormente, la señal acústica 1516 puede detectarse mediante el activador 1500.

Cuando el imán de detección de depredación 1532 está unido a la etiqueta 1530, el sensor magnético 1534 detectará el campo del imán 1532 e indicará la presencia del campo magnético en su salida. Sin campos magnéticos adicionales aplicados, la salida seguirá siendo la misma hasta que el imán se retire, o bien manualmente, o bien por un acontecimiento de depredación. Desafortunadamente, esto significa que el envío de datos a la etiqueta se vuelve más difícil, puesto que no se detectará una variación simple de un campo magnético. Con el fin de enviar datos a la etiqueta 1530, el activador 1500 tiene que aplicar un campo magnético con fuerza equivalente y polaridad opuesta, de modo que el sensor magnético 1534 detecte que no está presente ningún campo. Es decir, el activador debe aplicar un campo magnético opuesto con el fin de contrarrestar el campo magnético del imán.

El activador puede generar un campo magnético fijo para contrarrestar una fuerza de imán conocida. Sin embargo, la generación de un campo magnético fijo puede no ser fiable, puesto que el campo magnético que va a contrarrestarse puede variar de una etiqueta a otra. El imán unido a la etiqueta podría fijarse en dos polaridades diferentes, ya que los imanes son relativamente pequeños a aproximadamente 1x0.5 mm y no presentan los polos marcados. La determinación de la orientación de los polos durante el ensamblaje sería difícil. Además, el campo magnético del imán puede presentar algo de variación en su fuerza de campo debido a las tolerancias de fabricación/material. Adicionalmente, la distancia entre el imán y el sensor de campo magnético puede variar, debido a la variación mecánica en la construcción de la carcasa, el grosor de la película sensible al pH de base y la variación del posicionamiento cuando el ensamblador del producto une el imán a la etiqueta. Finalmente, el cliente que utiliza el activador de etiqueta podría insertar la etiqueta en el activador en dos posibles orientaciones. El efecto global es que resulta poco práctico aplicar un nivel de campo magnético fijo a la etiqueta, lo que cancelaría de manera fiable el campo del imán de depredación y permitiría una comunicación de datos fiable.

Tal como se describe adicionalmente a continuación, es posible calibrar el activador con el fin de contrarrestar el campo del imán y permitir así la comunicación entre el activador y la etiqueta. El activador puede configurar uno de los DAC 1504a para proporcionar una salida que generará el campo magnético de oposición y así hacer que el sensor de campo magnético 1534 de la etiqueta indique que no se detecta ningún campo. El segundo DAC 1504b puede configurarse para proporcionar una salida que generará un campo complementario para hacer que el sensor de campo magnético 1534 de la etiqueta indique que se detecta un campo. El UART puede controlar entonces el multiplexor analógico con el fin de seleccionar cuál de las señales se utiliza para excitar la bobina 1512 y así generar el campo magnético.

La figura 16 representa un método de activación de una etiqueta. Cuando se inserta una etiqueta en el activador, la etiqueta se coloca en un modo de calibración con el fin de determinar el campo magnético de oposición. Una vez realizada la calibración, pueden transferirse datos desde el activador hasta la etiqueta. El método comienza con la generación de una señal de atención (1602). La señal de atención puede ser un campo magnético rápidamente variable. Por ejemplo, puede generarse una forma de onda de 100 Hz triangular. El campo magnético variable se detecta en la etiqueta (1604). El campo magnético variable contrarrestará en ciertos puntos el campo del imán y, como tal, provocará un cambio en el campo magnético detectado. En funcionamiento normal, el campo magnético no variará rápidamente a lo largo del tiempo y, como tal, cuando la etiqueta detecta el campo variable, la etiqueta puede entrar en un modo de calibración (1606). La etiqueta puede indicar que se ha entrado en el modo de calibración (1608) al activador enviando un tren de pulsos apropiado desde el transductor ultrasónico. El activador recibe la indicación de que la etiqueta ha entrado en el modo de calibración (1610) y comienza a variar el campo magnético (1612) que se detecta en la etiqueta (1614). La etiqueta indica la presencia o ausencia de un campo magnético detectado (1616) al activador. El activador determina el campo magnético de oposición (1618) que hizo que la etiqueta no detectara ningún campo magnético y ajusta los DAC (1620) utilizados para generar los campos magnéticos representativos de ‘0’ y ‘1’. La etiqueta entra en el modo de transferencia de datos (1622) y el activador comienza a transferir datos (1624), que se reciben en la etiqueta (1626).

La figura 17 representa unas señales asociadas con la activación de una etiqueta. Inicialmente, el activador excita en primer lugar la bobina con una onda triangular a escala completa a una frecuencia de 100 Hz tal como se representa en la figura 17. Esto da como resultado una señal de “pulso doble” bastante distintiva a partir del sensor de campo magnético representado en la figura 17. La etiqueta detecta la señal de pulso doble y entra en el modo de calibración. La detección de la forma de onda en la etiqueta puede conseguirse determinando si el valor de sensor de campo magnético es diferente de un valor detectado previo y, si es diferente, manteniendo el sensor de campo magnético encendido y observando el valor detectado durante los siguientes 20 ms o más. Si los valores

de sensor de campo magnético parecen estar cambiando rápidamente, la salida del sensor de campo magnético se observa durante un periodo de tiempo fijo y se cuenta el número de transiciones en el valor. Si la frecuencia está dentro del intervalo esperado de 200 Hz (dos transiciones para cada pulso triangular a 100 Hz), la etiqueta entra en el modo de calibración. Tras la detección de la señal variable, la etiqueta emite una secuencia distintiva de silbidos, que son diferentes de sus transmisiones de funcionamiento habituales, para decirle al activador que está entrando en el modo de calibración. Aunque se representa como una forma de onda triangular que presenta una frecuencia de 100 Hz, es posible que la forma de onda presente frecuencias o formas diferentes. Por ejemplo, la señal puede presentar frecuencias que oscilan entre aproximadamente 10 Hz, o menos, y aproximadamente 10 kHz o más. El intervalo de frecuencia de entre 10 Hz y 10 kHz es solo ilustrativo, y la frecuencia puede ser mayor de 10 kHz o menor de 10 Hz.

Una vez que la etiqueta está en el modo de calibración, el activador intenta determinar el ajuste de DAC requerido para contrarrestar el campo magnético del imán. En el modo de calibración, la etiqueta mantiene su sensor de campo magnético encendido. Si el sensor de campo magnético detecta la ausencia de un campo magnético, la etiqueta emitirá de manera continua silbidos, de lo contrario la etiqueta permanecerá silenciosa. Para mayor precisión, la etiqueta puede emitir silbidos inmediatamente después de que el sensor de campo magnético detecte la ausencia de un campo magnético.

Si el sensor de campo magnético se mantiene bajo durante un tiempo lo suficientemente largo e ininterrumpido, entonces la etiqueta entra en el modo de transferencia de datos. Si el sensor de campo magnético no baja durante un largo periodo de tiempo, se supone que se produjo un fallo en el proceso de activación y la etiqueta puede regresar al funcionamiento normal.

En el modo de calibración, el activador puede buscar el “punto cero”, es decir, el ajuste de DAC que contrarresta el campo magnético del imán en el sensor mediante el siguiente método del siguiente pseudocódigo. A continuación, se supone que ‘DAC0’ es el primer DAC utilizado para generar el campo magnético de oposición y que los valores de DAC pueden variar entre 0 y 4095. Un valor de 0 corresponde a la corriente negativa a escala completa, 2048 a la corriente cero y 2095 a la corriente positiva a escala completa.

Comenzar con el campo magnético en cero (DAC0=2048)

- Si la etiqueta emite silbidos, no está presente ningún imán - ajustar DAC0 a 2048 y regresar;

Aumentar el ajuste de DAC0 hasta:

- que se alcanza DAC0=4095;
- o la etiqueta emite silbidos;

Si la etiqueta emitió silbidos:

- registrar el ajuste de DAC0;
- ajustar el valor de DAC0 a 4095;
- disminuir lentamente el campo del imán (disminuir el ajuste de DAC0) hasta que la etiqueta emite silbidos;
- registrar el segundo ajuste de DAC0;

Si DAC0 alcanzó 4095:

- ajustar el campo magnético de nuevo a cero (DAC0=2048);
- disminuir el ajuste de DAC0 hasta que la etiqueta emita silbidos; registrar el valor de DAC0;
- ajustar el valor de DAC0 a 0;
- aumentar el valor de DAC0 hasta que la etiqueta emita silbidos. Registrar el valor de DAC0;

Ajustar el valor de DAC0 al promedio de los dos valores registrados.

El activador mantiene entonces el valor de ‘DAC0’, hasta que la etiqueta deja de emitir silbidos. Una vez calibrado el campo magnético de oposición, la etiqueta puede colocarse en un modo de transferencia de datos en el que el activador ajusta el primer DAC al valor de ‘DAC0’ calculado y ajusta el segundo DAC a un valor adecuado ‘DAC1’ que garantizará que el sensor magnético detecta un campo magnético. El valor puede determinarse según:

Si (DAC0 <2048) entonces DAC1 = 4095;	(positivo a escala completa)
de lo contrario DAC1=0	(negativo a escala completa)

Una vez ajustados los DAC, los datos pueden transmitirse a la etiqueta cambiando la salida del multiplexor para seleccionar qué DAC excita la bobina.

La figura 18 representa señales adicionales asociadas con la activación de una etiqueta. Tal como se describe adicionalmente haciendo referencia a la figura 18, es posible determinar el ajuste de DAC requerido para contrarrestar el campo magnético del imán en la etiqueta. Es posible combinar las formas de onda de activación y calibración en una sola etapa: la etiqueta observa la forma de onda que sale del sensor de campo magnético, calcula un valor de calibración y notifica el valor calculado al activador.

Este método requiere que el sensor de campo magnético se detecte con un temporizador de hardware en el microcontrolador de la etiqueta, o con un código de ejecución rápida en el microcontrolador de la etiqueta, con el fin de medir los retrasos temporales con una precisión razonable. Para activar la etiqueta, el activador aplica una forma de onda asimétrica, de dientes de sierra a la bobina tal como se muestra en la figura 18. La señal de excitación de la bobina presenta un tiempo de subida de aproximadamente 3,33 ms, un tiempo de caída de aproximadamente 6,67 ms y un período de 10 ms (100 Hz). Aunque se representa como una forma de onda triangular que presenta una frecuencia de 100 Hz, es posible que la forma de onda presente diferentes frecuencias o formas. Por ejemplo, la señal puede presentar frecuencias que oscilan entre aproximadamente 10 Hz, o menos, y aproximadamente 10 kHz o más. El intervalo de frecuencia de entre 10 Hz y 10 kHz es solo ilustrativo y la frecuencia puede ser mayor de 10 kHz o menor de 10 Hz. Además, los tiempos de subida y bajada pueden variar basándose en la asimetría de la forma de onda.

La señal resultante que sale del sensor de campo magnético, representado en la figura 18, es similar a la forma de onda de "doble pulso" anterior, excepto porque los dos pulsos presentan longitudes diferentes. Si el pulso estrecho o ancho viene primero depende de la polaridad del campo magnético requerida para cancelar el imán de depredación. Una vez que la etiqueta determina la presencia de la señal de activación, la etiqueta mide los siguientes retrasos:

- T1 Ancho del primer pulso
- T2 Ancho del segundo pulso
- T12 Retraso temporal desde el final del primer pulso hasta el inicio del segundo pulso

Dados estos valores, la etiqueta puede calcular el valor de calibración requerido con el método del siguiente pseudocódigo:

```
Si (T2 > T1) {
  DACH = 4095 - (T12 * k1);
  DACL = DACH - (T2 * k2);
  DAC0 = (DACH + DACL) >> 1;
} de lo contrario {
  DACL = (T12 * k1);
  DACH = DACH + (T1 * k2);
  DAC0 = (DACH + DACL) >> 1;
}
```

k1 y k2 son constantes derivadas de la frecuencia de la forma de onda, el ciclo de trabajo de la forma de onda y las unidades de medida de T1, T2 y T12.

El valor de 'DAC0' resultante, que puede variar entre 0 y 4095, por ejemplo, se devuelve al activador utilizando una secuencia de PPM distinta, diferente de un silbido de PPM habitual. La etiqueta puede entonces entrar en el modo de transferencia de datos.

Entonces, el activador ajusta su valor de 'DAC0' al valor proporcionado, ajusta 'DAC1' a un valor complementario adecuado y comienza la transferencia de datos.

La figura 19 representa un método de funcionamiento de una etiqueta de seguimiento. El método 1900 comienza cuando se activa una etiqueta (1902) y se implanta en una cavidad celómica de un animal. Entonces, el animal puede liberarse de nuevo en el cuerpo de agua, con la etiqueta funcionando para transmitir periódicamente su ID único. La etiqueta transmite su ID y cualquier otro dato adicional (1904), tal como información de sensor incluyendo sensores de temperatura, sensores de aceleración o cualquier otro sensor. Una vez que se ha transmitido el ID único, la etiqueta espera (1906) durante un período de tiempo. El período de tiempo que espera la etiqueta puede variar. Sin embargo, una vez que finaliza el período de espera, la etiqueta determina si una característica detectada cruzó un umbral de depredación (1908). El umbral de depredación proporciona una indicación de los valores característicos detectados que están asociados con que la etiqueta se encuentre en un entorno ácido. Si el valor detectado no ha cruzado el umbral de depredación (No en 1908), la etiqueta transmite su ID y cualquier dato adicional nuevamente (1904). Si el valor detectado ha cruzado un umbral de depredación (Sí en 1908), se ha producido un acontecimiento de depredación y, como tal, la etiqueta puede cambiar su modo de funcionamiento. La etiqueta puede comenzar a transmitir una ID de depredación (1910), que difiere de la ID de etiqueta regular, con el fin de indicar que se ha detectado un acontecimiento de depredación. La etiqueta también puede transmitir

datos adicionales tales como lecturas de temperatura o valores de otros sensores. Los datos adicionales también pueden incluir una indicación de la cantidad de tiempo que ha transcurrido desde la detección de un cambio en la característica de la etiqueta, cambio que está asociado con el acontecimiento de depredación. Después de que se haya detectado un acontecimiento de depredación, ya no es necesario comprobar si se ha cruzado el umbral de depredación y, como tal, la etiqueta puede esperar (1912) durante un período de tiempo antes de volver a transmitir la ID de depredación (1910).

Las etiquetas de depredación descritas anteriormente utilizan un material sensible al pH que se degrada preferiblemente de manera rápida en un entorno ácido, pero no se degrada en un entorno neutro o básico. Tal como se describe adicionalmente, se desarrollaron diversos materiales sensibles al pH y se sometieron a prueba para determinar su idoneidad en su utilización con etiquetas de depredación. El material sensible al pH debe ser lo suficientemente robusto como para sobrevivir meses dentro de la cavidad corporal de un pez donde se implanta la etiqueta, aunque se descompone de manera relativamente rápida una vez que se produce la depredación.

Se utilizó quitosano en la creación del material sensible al pH. El material sensible al pH de quitosano puede formarse a partir de la colada de una lechada y la evaporación de un disolvente de la lechada. Las propiedades de hinchamiento y degradación del quitosano pueden verse afectadas por diferentes aditivos tales como plastificantes y agentes de reticulación. A continuación, se exponen adicionalmente resultados de pruebas realizadas sobre diversas suspensiones de quitosano, así como la utilización de la lechada sobre etiquetas.

Se utilizó quitosano de peso molecular medio (aproximadamente 750,000 Daltons) en la preparación y las pruebas del material sensible al pH. El quitosano se adquirió de Sigma Aldrich™. Es de bajo coste con un 88% de desacetilación, tal como se determina por medio de análisis de RMN. El quitosano puede disolverse en disolución y luego colarse como una película o utilizarse como adhesivo. Las propiedades del quitosano y su película pueden adaptarse basándose en el grado de desacetilación, cristalinidad, pureza, peso molecular de la muestra, pH del entorno, presencia o ausencia de agentes plastificantes, condiciones de reticulación, secado y aislamiento, y el ácido utilizado en el disolvente. Se sometieron a prueba diversas suspensiones de quitosano para determinar la velocidad de degradación en fluido celómico simulado, el grado de hinchamiento en fluido celómico simulado y el tiempo hasta la descomposición en una disolución ácida. Es deseable que el material sea estable en la cavidad corporal ventral de un pez, pero que se disuelva rápidamente en el estómago primitivo de los depredadores.

El quitosano puede disolverse en un disolvente prótico para obtener una lechada uniforme que puede colarse como una película o utilizarse como un adhesivo. En el caso de la formación de una película, se permite que el disolvente se evapore a lo largo de un periodo de tiempo. Se ha demostrado que la composición de la disolución, la presencia de aditivos y las condiciones de evaporación afectan todas a las propiedades del producto resultante.

El factor más influyente sobre las propiedades del producto resultante es la elección de la mezcla de disolventes. Se consideraron cuatro disoluciones acuosas ácidas para la solvatación del quitosano. Los solutos incluían ácido L-ascórbico, ácido cítrico, ácido acético y ácido clorhídrico. Los resultados de las pruebas de solutos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Efecto de diversos solutos sobre la formación de la película de quitosano.

Soluto	Resultados de la prueba
Ácido L-ascórbico	Las películas mostraron evidencias de descomposición extrema a lo largo del tiempo en el aire.
Ácido cítrico	Las películas mostraron buena adhesión y tenacidad cuando estaban húmedas. Las películas mostraron hinchamiento en exceso cuando se colocaron en agua y se contrajeron al secarse. Las películas no eran flexibles cuando estaban secas.
Ácido acético	Las películas no se adherían bien. Hinchamiento menos perceptible cuando estaban húmedas. Ligero arrugamiento de los bordes al secarse. Las películas mantenían un buen grado de flexibilidad cuando estaban secas.
Ácido clorhídrico	Las películas eran quebradizas. La concentración de HCl provocó hidrólisis.

Tal como puede observarse a partir de la tabla 1, ácido acético y ácido cítrico mostraron los resultados más favorables y se utilizaron para pruebas adicionales. La utilización de un agente plastificante puede mejorar las características de los materiales colados con ácido acético tal como se describe adicionalmente a continuación. Los materiales de ácido cítrico no mostraron características mejoradas con plastificante y, como tales, se centró la atención en suspensiones con ácido acético.

La adhesión de las películas y la lechada a materiales de sustrato tales como epoxi y parileno puede ser importante para garantizar que la película permanece adherida a la etiqueta. Se realizaron estudios de suspensiones de quitosano con ácido acético que se centraban en la adhesión de la película sobre un sustrato. Mientras se secaba,

a menudo la película mostraba poca adhesión y se despegaba. Se encontró que la adhesión de la película al sustrato podía mejorarse lijando la superficie del sustrato con papel de lija de grano 600. El lijado aumentó el área de superficie y permitió una adhesión fuerte, sin despegado u ondulación resultante en el borde de las películas. Todas las películas pasaron una prueba de rayado y cinta una vez que las superficies se habían lijado. Una prueba de rayado es simplemente rayar la superficie de la película con la uña de un dedo, mientras que la prueba de cinta se realizó adhiriendo un trozo de una pulgada de cinta adhesiva de la marca STAPLES™ y retirándolo rápidamente. Una prueba se consideró positiva si la película permanecía intacta después de la prueba. Se sometieron a prueba las películas de quitosano para determinar su adhesión a una superficie recubierta con parileno y discos de epoxi. El quitosano mostró buena adhesión al parileno. Tras el lijado, la película de quitosano mostró buena adhesión a los discos de epoxi. Generalmente, se observó buena adhesión después de que el área de superficie se aumentara mediante lijado y todas pasaron las pruebas de rayado y cinta.

Las películas de quitosano coladas en ácido acético eran flexibles y fuertes. Con el fin de someter a prueba las características de hinchamiento y degradación de las películas, así como el efecto de los aditivos sobre las películas, las películas se sometieron a prueba en fluido celómico simulado (SCF). El SCF se produjo para imitar las condiciones dentro de la cavidad corporal de un pez que son típicas de un pez marino. El SCF estaba compuesto por: disolución de tampón HEPES 0.02 mM (83264-500ML, Sigma Aldrich), NaCl 124.1 mM (Sigma Aldrich), KCl 5.1 mM (Sigma Aldrich), CaCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 1.6 mM (Sigma Aldrich) y MgSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 1.0 mM (JT Baker). El pH de la disolución se ajustó a 8.20 utilizando NaOH 1 M. Las disoluciones utilizadas en estudios biológicos incluyen también a menudo dextrosa y penicilina. Estos se omitieron en este caso, ya que se considera que presentan poca influencia sobre la conductividad iónica y la degradación de las películas. Además, la dextrosa podría permitir el crecimiento de bacterias sobre las muestras durante estudios a largo plazo.

Las películas se dejaron reposar en 5 ml de SCF durante diferentes períodos de tiempo. Durante estos períodos, las disoluciones se agitaron diariamente y el fluido se reemplazó cada tres días para imitar la reposición natural del fluido celómico en un pez vivo.

Antes de colocar las películas en el SCF, se pesaron para obtener su masa seca inicial. Después de dejarlas reposar en el SCF durante un período de tiempo específico, se retiraron del fluido. Se secaron con golpecitos y se pesaron inmediatamente para obtener la masa húmeda. Entonces, las películas se dejaron secar durante un período de una semana y luego volvieron a pesarse para obtener la masa seca después de la prueba. Utilizando estas tres masas diferentes (masa seca, masa húmeda y masa seca después del ensayo), se cuantificaron el hinchamiento y la degradación de las películas, tal como sigue:

$$\% \text{ de hinchamiento} = \frac{\text{masa húmeda} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ de degradación} = \frac{\text{masa seca tras el ensayo} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} \times 100 \quad (2)$$

La ecuación (1) muestra el hinchamiento experimentado por una película en el SCF, mientras que la ecuación (2) muestra la pérdida de masa de la película, que se denomina degradación de la misma película.

Un valor de 100% de hinchamiento representaría una película que ha duplicado su masa y, por tanto, ha experimentado un hinchamiento considerable. No es raro que estas películas delgadas capten mucha agua mientras están en el SCF. Un valor de 0% de hinchamiento significa que ese cambio de masa era indetectable, pero el 0% de hinchamiento no es característico de estas películas de quitosano. El % de degradación se expresa generalmente como negativo, lo que significa que la masa se perdió durante los estudios. Un valor de -50% de degradación significaría que la película ha perdido la mitad de su masa original. Los valores típicos están alrededor del -10% de degradación.

Se observó que el grosor de las películas puede afectar drásticamente al hinchamiento y la degradación de las películas, tal como se observa en el gráfico de la figura 20. Se colocaron películas de diferente grosor, de 0.05 a 0.25 mm, en SCF durante períodos de tres o siete días. La formulación de la película era el 2% en masa de quitosano con respecto a disolvente y el 20% en masa de glicerol con respecto a quitosano en ácido acético 0,2 M. Se observó que, a medida que aumentaba el grosor de la película, disminuían el hinchamiento y la pérdida de masa.

Las películas preparadas a partir de polímero de quitosano puro tienden a ser quebradizas e incluso a agrietarse tras secarse. La adición de plastificantes a la lechada de formación de películas puede aliviar este problema. Esta adición de plastificante puede mejorar la flexibilidad y posiblemente también las propiedades mecánicas de la película. Sin embargo, la adición de plastificante puede provocar efectos adversos sobre las propiedades de la película, tal como un aumento del hinchamiento de las películas en disolución. Cuando el plastificante excede una cierta concentración, también puede producirse separación de fases. La cantidad de plastificante utilizada en la formación de la película también debe ser lo suficientemente pequeña como para evitar cualquier efecto tóxico y no biocompatible, pero lo suficientemente grande como para aumentar la flexibilidad.

5 Los plastificantes de interés en la presente memoria incluían glicerol, etilenglicol, poli(etilenglicol), eritritol, ácido oleico, propilenglicol, ácido di-hidroxiesteárico y sorbitol. Estos se seleccionaron basándose en su bajo coste, baja toxicidad y respuesta *in vivo* favorable. En su mayoría son polioles que pueden reducir la temperatura de transición vítrea del plástico, haciéndolo más flexible a la temperatura a la que se utilizará. Esto significa que la durabilidad debe aumentar como resultado. De estos plastificantes, el glicerol, el sorbitol y el poli(etilenglicol) están fácilmente disponibles y son de bajo coste. Se realizaron pruebas sobre películas coladas con estos tres plastificantes y los resultados se muestran en la figura 21.

10 Se utilizaron dos formas de quitosano para esta prueba de plastificantes: polímeros de quitosano de peso molecular medio y bajo. Cada uno de estos quitosanos se sometió a prueba con los tres plastificantes. Se añadió una cantidad del 20% en masa de cada plastificante con respecto a quitosano a la lechada de quitosano para las pruebas. El quitosano de bajo peso molecular mostró resultados similares para todos los plastificantes en cuanto a hinchamiento (sometido a prueba a los 7 días y 3 días) y degradación (sometida a prueba a los 7 días). Sin embargo, el quitosano de peso molecular medio podía afinarse más con los diferentes plastificantes. Las muestras de glicerol mostraron menos hinchamiento en comparación con aquellas con sorbitol y poli(etilenglicol). La degradación fue aproximadamente la misma para todos los plastificantes que utilizaron quitosano de peso molecular medio.

20 A partir de lo explicado anteriormente, el plastificante de glicerol proporciona a las películas de quitosano las características más favorables y se utilizó para pruebas adicionales. También se sometió a prueba la influencia de la cantidad de plastificante de glicerol en la lechada de quitosano. La figura 22 muestra la influencia de la concentración, en porcentaje en peso, de glicerol con respecto a quitosano sobre el hinchamiento y la degradación.

25 Cuanto mayor es la concentración de glicerol, más hinchamiento experimentan las películas en SCF. Concentraciones más altas de glicerol también conducen a una mayor degradación. Existe un límite aparente en la concentración de glicerol por encima del cual el hinchamiento salta a valores mucho más altos. Este límite está entre el 20 y el 30 por ciento en masa de glicerol. Los datos indican que solo se necesita una pequeña cantidad de glicerol para producir las propiedades de película deseadas. Por consiguiente, la utilización del 3% - 20% en masa de glicerol con respecto a quitosano cuando se forma el material sensible al pH puede proporcionar un hinchamiento deseablemente bajo, mientras se mantienen la plasticidad y flexibilidad de la película.

35 Además del plastificante, la película de quitosano puede incluir agentes de reticulación. La utilización de agentes de reticulación sirve para proporcionar puentes o enlaces entre las cadenas de un polímero para unir las entre sí. Estos enlaces pueden ser o bien covalentes, o bien iónicos. Los agentes de reticulación presentan la capacidad de mejorar la densidad de la película y disminuir la absorción de agua al humedecerse en SCF, dando menos hinchamiento de las películas, así como menos degradación. La reticulación también hace que la flexibilidad disminuya y la dureza aumente. Globalmente, las interacciones añadidas pueden fortalecer la película de quitosano. El polímero de quitosano puede reticularse con compuestos tales como citrato de sodio, sulfato de sodio y cloruro de calcio. Para la reticulación, las películas simplemente se dejaron remojar en la solución de reticulación (un cierto % en masa de agente de reticulación mezclado en agua) durante un período de tiempo fijo, después del cual se enjuagaron con abundantes cantidades de agua destilada para neutralizarlas. Se incluyó hidróxido de sodio en las suspensiones, ya que sirve para basificar las películas que son ácidas debido al ácido acético utilizado en la formulación; sin embargo, el hidróxido de sodio no participa en la etapa de reticulación y no induce reticulación. 40 y 45 Tanto el citrato de sodio como el sulfato de sodio proporcionan aniones polivalentes que se unen a las cadenas de quitosano para reticularlas iónicamente. Todas las películas se reticularon durante un período de dos horas a menos que se especifique lo contrario. Después de la reticulación, las películas se dejaron secar antes de realizar pruebas adicionales.

50 La figura 23 muestra los resultados de hinchamiento y degradación de películas coladas utilizando el 2% en masa de quitosano en la suspensión y el 20% en masa de glicerol con respecto a quitosano en disolvente de ácido acético 0.2 M y luego se trataron con diferentes agentes de reticulación durante dos horas con un % en masa especificado de agente de reticulación. El hinchamiento disminuyó cuando se utilizó citrato de sodio como agente de reticulación en comparación con los otros, mientras que el control de tan solo NaOH y sin agente de reticulación mostró el mayor hinchamiento. La degradación no se vio influida fuertemente por la reticulación, ya que todos los valores de degradación fueron relativamente bajos.

60 También se sometió a prueba la concentración de agente de reticulación para observar su efecto sobre el hinchamiento y la degradación de la película. Para esta prueba, se utilizó el citrato de sodio, que proporcionaba un bajo hinchamiento y degradación. Se utilizó un 7% en masa convencional de NaOH junto con diferentes concentraciones de citrato de sodio. Las películas se colaron a partir de un 2% en masa de quitosano en la disolución y un 20% en masa de glicerol con respecto a quitosano en ácido acético y disolvente de agua. La figura 24 muestra el hinchamiento y la degradación de la película cuando se cambia la concentración de citrato de sodio desde el 0 hasta el 30% en masa. El hinchamiento a los 3 días disminuyó a medida que la cantidad de agente de reticulación de citrato de sodio aumentó. La degradación no mostró un patrón regular después de o bien 3 días, o bien 7 días, pero fue de casi cero a bajas concentraciones después de 7 días. Una concentración de citrato de

sodio deseable para la reticulación fue de aproximadamente el 10% en masa en relación con el quitosano.

Se llevó a cabo otro estudio para determinar la influencia del tiempo de reticulación sobre el hinchamiento y la degradación de la película. Los datos de este estudio se muestran en la figura 25. El tiempo de reticulación se varió desde 0 (enjuague rápido) hasta 8 horas. El hinchamiento fue máximo para los tiempos de reticulación bajos y la degradación no se vio influida mucho por el tiempo de reticulación. Un tiempo de reticulación más corto es más deseable en cuanto a la producción. Por consiguiente, 30 minutos de reticulación pueden proporcionar características favorables de la película, concretamente, hinchamiento y degradación reducidos al tiempo que proporcionan un tiempo de producción aceptable.

Globalmente, la reticulación es una etapa deseable en la formación de una película de quitosano. La reticulación con citrato de sodio reduce el hinchamiento y minimiza la degradación. Remojar durante media hora en el 10% en masa de citrato de sodio en relación con quitosano es suficiente para proporcionar las propiedades deseables.

Se llevaron a cabo estudios de degradación a largo plazo para evaluar la utilización de los aditivos descritos. Los objetivos fueron proporcionar estabilidad del quitosano durante meses en el SCF, pero una degradación rápida en el pH bajo del intestino de los peces. El estudio a largo plazo examinó la estabilidad de las películas sumergidas en el SCF durante periodos de tiempo de hasta 90 días. Se colaron películas de quitosano con el 2% en masa de quitosano de peso molecular medio y el 20% en masa de glicerol con respecto a quitosano en ácido acético y disolvente de agua durante estas pruebas. Se utilizaron varios agentes de reticulación para este estudio a largo plazo y la figura 26 muestra los resultados.

Todas las películas resistieron al SCF durante el periodo extendido de 90 días. El hinchamiento fue mínimo en la película reticulada con citrato después de los 30 días (101%), mientras que la película en el SCF durante 90 días y reticulada con citrato de sodio se hinchó aproximadamente el 112%. La degradación en la película reticulada con citrato de sodio después de los 90 días fue de aproximadamente el -2%. Globalmente, las películas presentaban una buena estabilidad a largo plazo en el SCF.

Se realizaron estudios de envejecimiento acelerado sobre una película de quitosano de peso molecular medio con glicerol colado a partir de una disolución de ácido acético y agua. El envejecimiento acelerado se realizó colocando cuadrados de 1×1 cm de la película en un horno a 65°C durante 0, 2, 5 y 24 horas. Los resultados de los estudios de envejecimiento acelerado pueden observarse en la figura 27.

A medida que las películas se calentaban para simular el envejecimiento, se alteraba su color ligeramente, volviéndose de casi incoloras a un color amarillo y ondulándose alrededor de los bordes. Esto fue también característico de películas que no se sometieron a envejecimiento acelerado, es decir, películas que se dejaron en la mesa de trabajo durante varios meses, lo que indica que el envejecimiento acelerado método era fiable como procedimiento de pseudoenvejecimiento. Se observó una alteración del color extrema por encima de 65°C. Los estudios también mostraron una película que se volvió marrón a medida que se calentaba hasta temperaturas tan altas como 100°C.

Después de que las películas se calentaran para acelerar el proceso de envejecimiento, se sometieron a prueba en SCF y luego una disolución ácida de HCl para determinar las características de degradación e hinchamiento. La figura 27 muestra el hinchamiento y la degradación de las películas tras sumergirse en SCF durante 24 horas.

Las pruebas de envejecimiento acelerado mostraron que las películas que se trataron a temperaturas elevadas durante periodos prolongados de tiempo experimentaron un aumento del hinchamiento. Esto puede atribuirse a una descomposición de la estructura del polímero, que en el caso de 24 horas a 65°C conduce a un hinchamiento extremo del 300%. La degradación de las películas de envejecimiento acelerado no parece alterarse con el proceso de envejecimiento, ya que todas las películas todavía se degradan tanto como otras sometidas a prueba. Se observa que la relación entre el tratamiento de una película a 65°C durante 10 horas y el envejecimiento normal de la película no está clara; sin embargo, las pruebas en una disolución de HCl para simular un acontecimiento de depredación muestran que cuanto más tiempo se sometió la película a temperaturas elevadas, más rápido se degradó. Todas las películas se degradaron en el plazo de dos horas, sin embargo, la película tratada durante 24 horas a 65°C se degradó en una hora. Por tanto, el envejecimiento no parece influir de manera adversa en la utilización de estas películas para la degradación dependiente del pH.

Basándose en los estudios que se realizaron, una posible formulación para una lechada de quitosano con aditivos adecuados para su utilización como material sensible al pH en una etiqueta de depredación puede resumirse tal como sigue. Puede añadirse un plastificante tal como glicerol en concentraciones de desde el 3% hasta el 20% en masa en relación con el quitosano. A esta concentración, la película gana flexibilidad al tiempo que se evita el hinchamiento extremo que es característico de concentraciones más altas de plastificante. La reticulación puede realizarse con citrato de sodio, ya que disminuye el hinchamiento y la degradación en comparación con otros agentes de reticulación. La concentración de citrato de sodio que aumenta la resistencia de la película de quitosano al tiempo que reduce la degradación fue de entre el 5% y el 30% en masa de solución de reticulación. El tiempo de reticulación tuvo poco efecto sobre las propiedades de la película en comparación con las concentraciones de

agente de reticulación, por lo que media hora fue suficiente.

La formulación anterior puede ser muy adecuada para colar una película sobre electrodos expuestos; sin embargo, estaba demasiado líquida como para adherir un imán a una etiqueta. La concentración máxima de quitosano en una lechada que podía agitarse con una barra de agitación magnética fue del 2% en masa. Con el fin de aumentar la concentración de quitosano, la lechada tuvo que mezclarse a mano. Pueden lograrse concentraciones tan altas como el 10% en masa cuando se mezcla a mano. Se sometieron a prueba suspensiones con concentraciones de quitosano del 2 al 10% en masa.

Las suspensiones agitadas presentaban burbujas de aire atrapadas y se dejaron reposar y desgasificar durante la noche. Suspensiones del 8 y el 10% en masa de quitosano eran más como una pasta. Todas excepto la lechada del 2% en masa de quitosano todavía presentaban burbujas de gas que permanecían después de 24 horas de reposo. El 4% en masa de quitosano tardó varios días en desgasificarse, lo que puede ser demasiado largo para la producción. Por encima del 4% en masa, hubo problemas de uniformidad (grumos), aun cuando el quitosano se disolvió. La disolución al 2% en masa se desgasificó rápidamente y era uniforme, pero no era lo suficientemente viscosa mientras que el 4% en masa era lo suficientemente viscosa y uniforme, pero se desgasificaba demasiado lentamente. Una lechada con el 3% en masa de quitosano resultó aceptable para adherir un imán a la etiqueta. La lechada al 3% en masa era suficientemente viscosa, uniforme y se desgasificaba durante la noche. Esta lechada de quitosano al 3% en masa se colocó gota a gota sobre las etiquetas con un trozo de clip (aproximadamente 5 mm de longitud). El trozo de clip se utilizó para imitar el pequeño imán de tierras raras eventual y se situó en un pequeño pocillo en la etiqueta tal como se representa en las figuras 8A-8C. La lechada del 3% en masa de quitosano formó perlas sobre el trozo de clip y proporcionó un adhesivo eficaz. Después de dejar secar la lechada, se formó una película delgada que protegía el clip contenido en el pocillo.

Puede prepararse un lote de 300 ml de la lechada al 3% en masa con 9 g del quitosano de peso molecular medio (3% en masa) suspendido en 150 ml de agua destilada. Una vez suspendido, pueden añadirse 150 ml de la disolución de ácido acético 0.4 M. Este proceso de dos etapas evita la aglutinación del quitosano. Entonces, la disolución puede agitarse a mano con una varilla de agitación. A continuación, pueden añadirse gota a gota 0.9 g (27 gotas) de glicerol (10% en masa con respecto a quitosano) mientras se agita una vez más con una varilla de agitación de vidrio. A continuación, puede dejarse reposar la lechada durante la noche para que cualquier burbuja que se haya formado pueda escapar (desgasificación).

La cantidad de lechada que va a aplicarse a las etiquetas puede determinarse experimentalmente. Se encontró que la aplicación de la lechada es más fácil si se realiza haciendo gotear una sola gota sobre una etiqueta y luego añadiendo cada gota adicional una cada vez con una etapa de secado entre medias. Se sometieron a prueba ocho etiquetas con películas secadas en SCF durante la noche y luego se degradaron en una disolución de HCl. Había dos etiquetas cada una con 1, 2, 3 o 4 gotas de lechada. Se aplicaron múltiples gotas dejando secar la gota anterior antes de añadir otra. Se reticuló una de cada una de las etiquetas con 1, 2, 3 y 4 gotas utilizando NaOH al 7%/citrato de sodio al 10% dejándolas remojar en la disolución de reticulación durante dos horas. La disolución de reticulación se preparó disolviendo 7 g de gránulos de NaOH y 10 g de citrato de sodio en 100 ml de agua destilada. Una vez transcurridas las dos horas, se retiraron las etiquetas y se enjuagaron con abundantes cantidades de agua destilada hasta que el diluyente fue neutro, tal como se sometió a prueba con papel de pH. Entonces, las etiquetas se colocaron en SCF durante la noche. Las etiquetas con más de dos gotas mostraron un hinchamiento excesivo en el SCF.

Después de que las etiquetas reposaran en el SCF durante la noche, se colocaron en una disolución de HCl débilmente ácida (pH ~ 3) para someter a prueba el tiempo de degradación. Se determinó que el adhesivo se degradó cuando el trozo de clip adherido cayó de su pocillo. Se comprobaron las etiquetas cada media hora agitando el vial en el que estaban contenidas. La tabla 2 muestra el tiempo que tardó en degradarse el adhesivo según el número de gotas aplicadas y si estaba reticulado.

Tabla 2: Horas hasta la degradación del adhesivo de quitosano en diferentes etiquetas.

Número de gotas de lechada	Reticulación	Tiempo hasta degradarse (horas)
1	No	2.5
1	Sí	3
2	No	5
2	Sí	6
3	No	7
3	Sí	8
4	No	11
4	Sí	12

El adhesivo se degradó siempre en el orden de horas. Tal como se esperaba, cuantas más gotas de lechada haya en la etiqueta, más tiempo tardó la degradación. Los resultados también muestran que la etapa de reticulación

generalmente añadía una hora extra al tiempo de degradación. Es deseable que el quitosano se degrade de manera relativamente rápida en el pH bajo del intestino del pez. La digestión puede tardar desde un par de horas hasta un día o así en los peces. Una o dos gotas de lechada de quitosano de peso molecular medio con una etapa de reticulación serían suficientes con el fin de mantener el tiempo de degradación alrededor de seis horas o menos. Debe indicarse que, en un intestino de pez, las etiquetas se verían sometidas a un tratamiento más severo en cuanto a acción de batido y un pH más bajo.

Se sometieron a prueba varias etiquetas pequeñas que utilizan imanes de tierras raras que miden aproximadamente 1 mm x 0,5 mm. En la etiqueta sometida a prueba, una batería estaba en proximidad estrecha a donde se adhirió el imán. Como resultado, el imán se veía atraído a los componentes metálicos de la batería, lo que dificultó la adhesión. El imán tenía que mantenerse en su sitio mientras se secaba el adhesivo de quitosano con el fin de que el imán permaneciera en la posición correcta y no saltara a la batería. Para que esto ocurriera, inicialmente solo se aplicó una pequeña gota de lechada debajo del imán mientras que un trozo de plástico que no tocaba el adhesivo, tal como unas pinzas, sostenía el imán. El adhesivo de quitosano se secó para dar una unión inicial entre el imán y la etiqueta suficiente como para evitar que el imán saltara a los componentes metálicos de la batería. Tras completarse el secado, pudo retirarse el trozo de plástico y pudo aplicarse una segunda gota de adhesivo de quitosano para recubrir el resto del imán y proporcionar protección y robustez al imán y la etiqueta una vez implantada. La segunda gota podría ser de la misma lechada o de una diferente, lo que significa que la concentración de quitosano en las dos gotas puede ser diferente, tal como el 2, el 3 o el 4% en masa, ya que presenta un efecto relativamente pequeño sobre las propiedades del producto final.

Las etiquetas con los pequeños imanes de tierras raras adheridos tal como se describe se sometieron a prueba en SCF. Los dispositivos se sometieron a prueba durante un período de siete días de inmersión en SCF y el imán permaneció en su sitio durante este período de tiempo, aunque fue evidente algo de hinchamiento del adhesivo a simple vista. Después de estar en el SCF, las etiquetas se transfirieron a una disolución de HCl que simulaba un acontecimiento de depre-dación. El adhesivo se degradó rápidamente, en el plazo de media hora, y el imán se cayó de su sitio, habitualmente saltando a la batería cercana. Esta degradación fue mucho más rápida que las etiquetas normales que se sometieron a prueba utilizando un clip, lo que puede atribuirse a la fuerza de atracción entre el imán de tierras raras y los componentes magnéticos de la batería cercana. El clip, de lo contrario, caería de su sitio debido a la gravedad.

La lechada de quitosano descrita anteriormente puede contraerse durante el proceso de secado. Dependiendo de cómo se utilice la lechada de quitosano, por ejemplo, como adhesivo, la contracción puede no presentar un reto. Sin embargo, en otras utilizaciones, tales como para formar un tapón o rellenar una cavidad dentro del cuerpo de la etiqueta, tal contracción puede ser indeseable o problemática.

La contracción puede controlarse o mitigarse mediante la adición de un material de relleno sólido. El material de relleno sólido puede ser microesferas, aunque puede utilizarse otro material de relleno, solo o en combinación. En las pruebas de la contracción de la lechada de quitosano con material de relleno sólido, se utilizaron microesferas de vidrio K37 de la marca 3M™. Las microesferas de vidrio K37 son un relleno en polvo disponible comercialmente que es liviano y químicamente no reactivo. El relleno ocupa la mayor parte del espacio, mientras que el quitosano actúa como un aglutinante sensible al pH para mantener juntas las partículas del relleno hasta que la etiqueta se introduce en el entorno ácido del estómago del depredador. En este momento, el quitosano se degrada permitiendo que el material compuesto se desintegre.

El material compuesto de quitosano/microesferas seco puede triturarse con relativa facilidad. Esto puede aprovecharse de manera beneficiosa en las etiquetas magnéticas descritas anteriormente con referencia a las figuras 9, 10 y 11, ya que puede formarse fácilmente una depresión en el material seco presionando una herramienta en la superficie. La forma de la depresión puede corresponder a la forma de un imán. El imán puede insertarse en la depresión con el fin de sujetar el imán en su sitio. La depresión dentro del material sensible al pH puede proporcionar una barrera física degradable que impide o por lo menos resiste el movimiento del imán mientras el material sensible al pH permanece intacto o sin degradar.

Se sometió a prueba un intervalo de concentraciones de relleno para determinar la tasa de contracción resultante y otros efectos sobre las propiedades del material. En la tabla 3 a continuación, el “% en volumen de relleno” es el volumen de las microesferas de vidrio K37 de la marca 3M™ como porcentaje del volumen de la lechada de quitosano después de diluir la lechada 1:1 con agua para facilitar el procesamiento. “% en volumen de contracción” es el porcentaje de reducción en volumen después del secado.

Tabla 3 - Tabla que muestra el % en volumen de contracción de la lechada de quitosano con cantidades variables de relleno

% en volumen de relleno	% en volumen de contracción
27.7%	56%
55.5%	18%
83.2%	Aproximadamente 0%

% en volumen de relleno	% en volumen de contracción
111%	Aproximadamente 0%
139%	Aproximadamente 0%
166%	Aproximadamente 0%

5      Cuanto más relleno se añadió, más viscosa se volvió la mezcla húmeda. La adición de microesferas de vidrio al 83.2-111% eliminó sustancialmente la contracción después del secado y dio como resultado una mezcla húmeda con una viscosidad que se dispensó fácilmente. La velocidad de degradación del material compuesto seco en un ambiente ácido no se vio sustancialmente afectada, ni su supervivencia en un entorno neutro o básico. Con la adición de microesferas al 166%, la mezcla era tan viscosa que era difícil de dispensar y era quebradiza y desmenuzable cuando se secó.

10     Se han descrito anteriormente diversas etiquetas de depredación que utilizan un material sensible al pH con el fin de proporcionar un cambio medible cuando la etiqueta está en un entorno ácido. Se ha descrito una formulación de lechada de quitosano, que puede ser útil como material sensible al pH. La lechada puede utilizarse para adherir imanes de tierras raras sobre etiquetas de peces como un modo de detectar acontecimientos de depredación, o para recubrir electrodos u otros sensores.

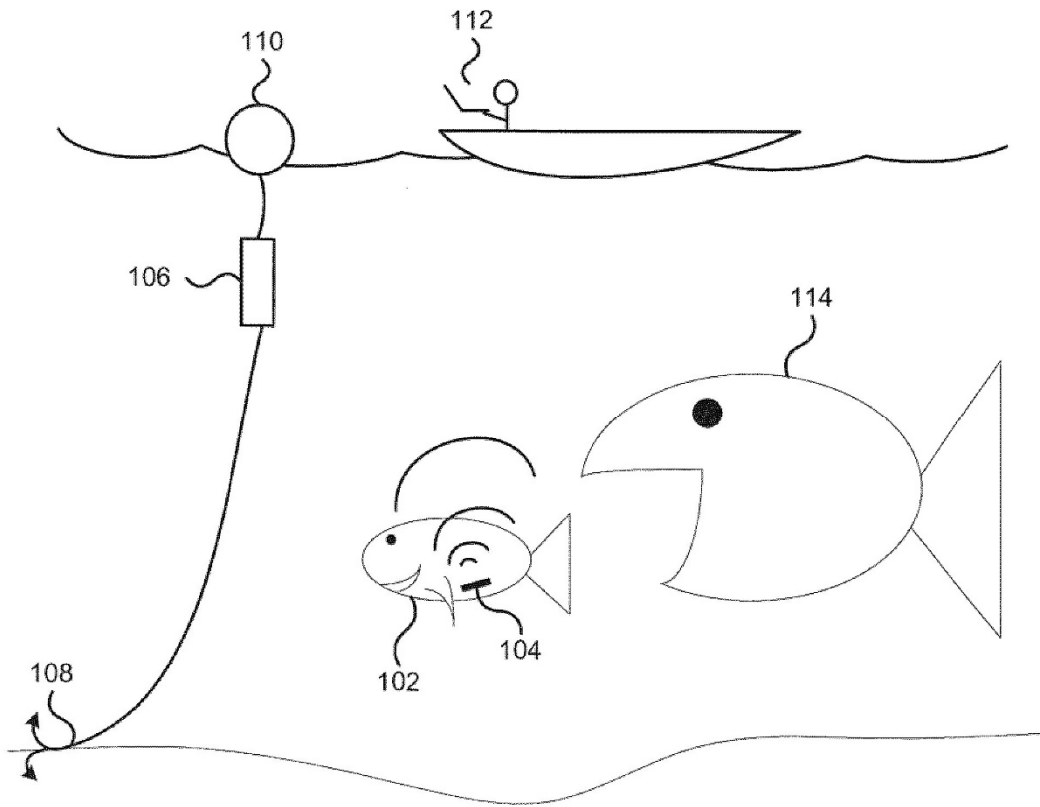
**REIVINDICACIONES**

1. Etiqueta (800, 900, 1000, 1100) para seguir a un animal (102) que comprende:
  - 5 un primer imán (806, 906, 1006, 1106) por lo menos parcialmente encerrado en un material sensible al pH (808a, 908a, 1008a, 1108a) expuesto a un entorno externo de la etiqueta, degradándose el material sensible al pH en presencia de un entorno ácido;
  - 10 un sensor (810, 910, 1010, 1110) para detectar un campo magnético;
  - 10 un atractor magnético (912, 1012, 1112) que proporciona una fuerza para inducir un cambio en el campo magnético detectable por el sensor tras la liberación del primer imán como resultado de la degradación por lo menos parcial del material sensible al pH; y
  - 15 una circuitería para proporcionar un disparador del acontecimiento de depredación basándose en el cambio en el campo magnético detectable por el sensor.
2. Etiqueta según la reivindicación 1, en la que el atractor magnético comprende un segundo imán que está fijado permanentemente a la etiqueta y que hace que el primer imán se mueva con respecto al sensor cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.
3. Etiqueta según la reivindicación 2, en la que el segundo imán está dispuesto con su campo magnético perpendicular al campo magnético del primer imán cuando el primer imán está por lo menos parcialmente encerrado en un material sensible al pH, y el segundo imán hace que el primer imán gire cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.
4. Etiqueta según la reivindicación 3, en la que el sensor es capaz de detectar una orientación de un campo magnético, un cambio en la orientación del campo magnético, una magnitud del campo magnético, un cambio en la magnitud del campo magnético o una combinación de los mismos.
5. Etiqueta según la reivindicación 4, en la que el segundo imán está dispuesto con su campo magnético perpendicular a un eje particular del sensor.
6. Etiqueta según la reivindicación 5, en la que el sensor es sensible al campo magnético del primer imán cuando está orientado paralelo al eje particular del sensor, e insensible al campo magnético del primer imán que está orientado perpendicular al eje particular del sensor.
7. Etiqueta según la reivindicación 2, en la que el segundo imán atrae al primer imán fuera de un intervalo de detección del sensor cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.
8. Etiqueta según la reivindicación 2, en la que el primer imán y el segundo imán están sujetos o ubicados uno contra otro o adyacentes entre sí por el material sensible al pH con sus respectivos campos magnéticos alineados de manera que sus respectivos campos magnéticos se sumen juntos constructivamente, en la que el primer imán y el segundo imán tienden a girar o a moverse uno con respecto a otro cuando se liberan del material sensible al pH de manera que sus respectivos campos magnéticos se sumen destructivamente cuando se mueven o giran.
9. Etiqueta según la reivindicación 7 u 8, en la que el sensor es capaz de detectar una fuerza de los campos magnéticos o un cambio en la fuerza de los campos magnéticos.
10. Etiqueta según la reivindicación 1, en la que el atractor magnético comprende un material ferromagnético no magnetizado fijado permanentemente a la etiqueta, en la que el atractor magnético atrae al primer imán fuera de un intervalo de detección del sensor cuando el material sensible al pH está degradado suficientemente para liberar el primer imán.
11. Etiqueta según la reivindicación 1, en la que el primer imán comprende un imán degradable.
12. Etiqueta según la reivindicación 11, en la que el imán degradable comprende unas partículas de material ferromagnético unidas entre sí por el material sensible al pH, siendo las partículas del material ferromagnético magnetizadas posteriormente a la unión entre sí para conferir un campo magnético neto al imán degradable.
13. Etiqueta según la reivindicación 12, en la que el imán degradable libera las partículas magnetizadas de material magnético cuando el material sensible al pH está degradado dando como resultado un campo magnético neto reducido.
14. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que el entorno ácido es un intestino de un animal depredador, en la que el material sensible al pH no está degradado sustancialmente en un entorno neutro o básico,

y en la que el entorno neutro o básico es una cavidad celómica del animal.

- 5 15. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que el primer imán está fijado a la etiqueta utilizando el material sensible al pH como adhesivo para fijar el primer imán a la etiqueta.
16. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que el primer imán está por lo menos parcialmente encerrado en el material sensible al pH para formar un tapón que está fijado a la etiqueta utilizando un adhesivo.
- 10 17. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que el primer imán está por lo menos parcialmente encerrado en el material sensible al pH para formar un tapón que es retenido mecánicamente por al menos una parte de un cuerpo de la etiqueta.
- 15 18. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en la que el material sensible al pH comprende un quitosano y es colado a partir de una lechada del quitosano y un disolvente, y en la que el disolvente se selecciona de entre:
- 20 ácido L-ascórbico;  
ácido cítrico;  
ácido acético; y  
ácido clorhídrico.
19. Etiqueta según la reivindicación 18, en la que el material sensible al pH comprende una película que presenta un grosor de por lo menos 0.05 mm.
- 25 20. Etiqueta según la reivindicación 18 o 19, en la que el material sensible al pH comprende un agente plastificante.
21. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, en la que el material sensible al pH se trata con un agente de reticulación que se selecciona de entre:
- 30 citrato de sodio;  
sulfato de sodio; y  
cloruro de calcio.
- 35 22. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 21, en la que el material sensible al pH comprende un material de relleno para controlar la contracción del material sensible al pH.
23. Etiqueta según la reivindicación 22, en la que el material de relleno está presente en una cantidad comprendida entre el 50% y el 150% en volumen del material sensible al pH antes del secado.
- 40 24. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, que comprende asimismo un microprocesador para controlar una o más funciones de la etiqueta basándose en el disparador del acontecimiento de depredación, en la que el microprocesador registra información relacionada con el disparador del acontecimiento de depredación y mantiene una medida de tiempo transcurrido desde el disparador del acontecimiento de depredación, y en la que
- 45 la información registrada comprende el tiempo transcurrido desde el acontecimiento del disparador del acontecimiento de depredación.
25. Etiqueta según la reivindicación 24, que comprende asimismo un transmisor para transmitir información relacionada con el disparador del acontecimiento de depredación, en la que el transmisor comprende un transductor acústico.
- 50 26. Etiqueta según la reivindicación 24, que comprende asimismo un transmisor para transmitir información relacionada con el disparador del acontecimiento de depredación, en la que el transmisor comprende un transmisor de radiofrecuencia (RF).
- 55 27. Etiqueta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 26, en la que el animal es un animal acuático.

100



**Figura 1**

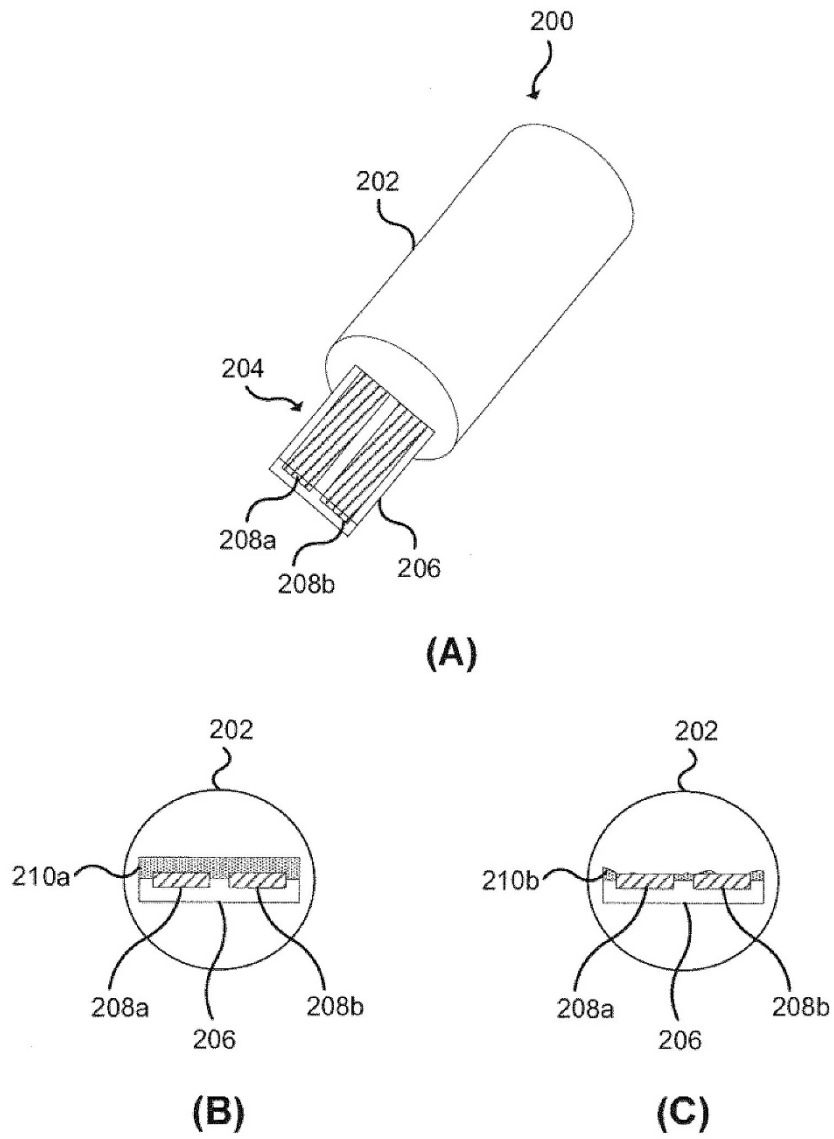


Figura 2

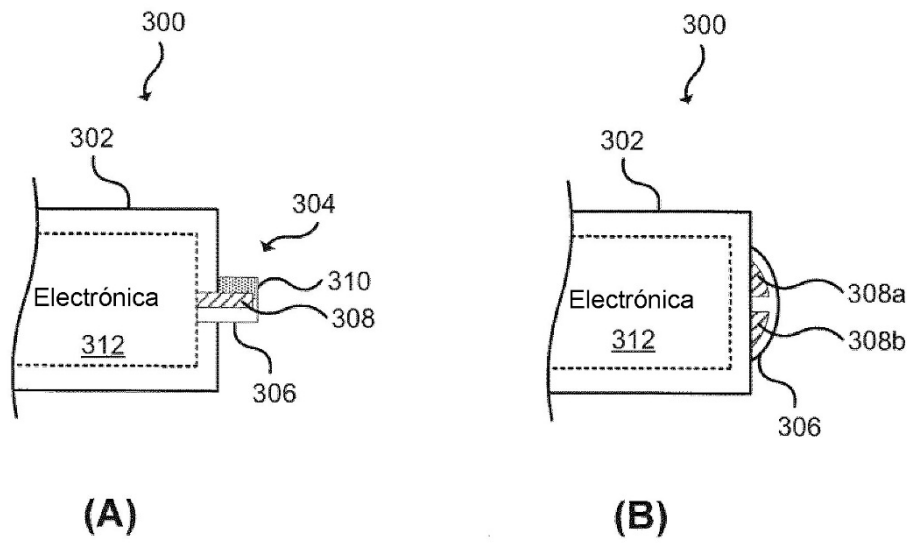


Figura 3

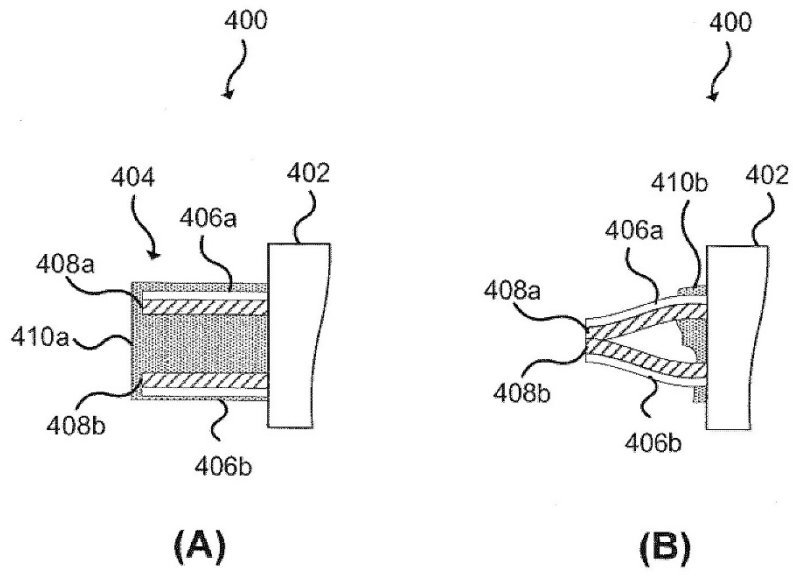
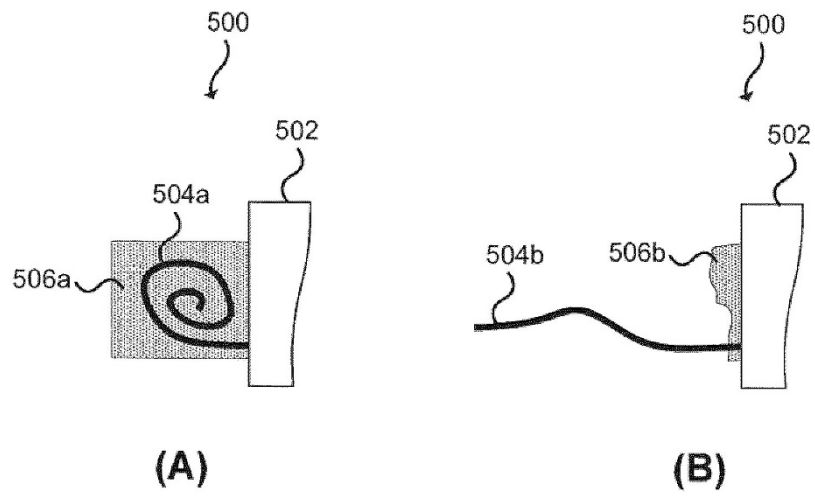


Figura 4



**Figura 5**

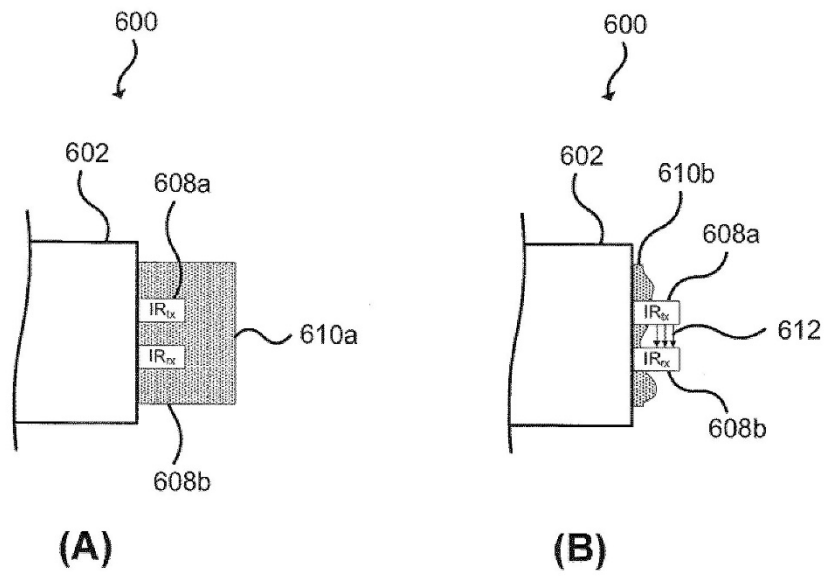
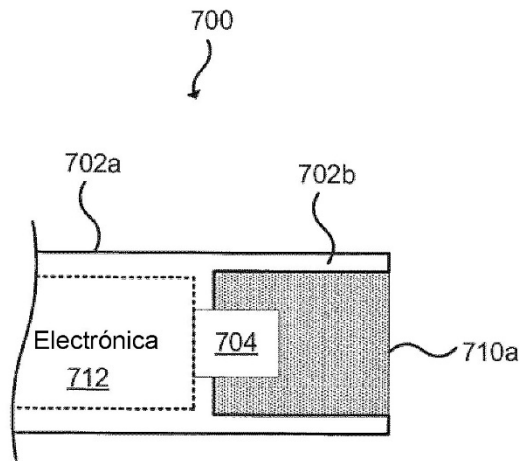


Figura 6



**Figura 7**

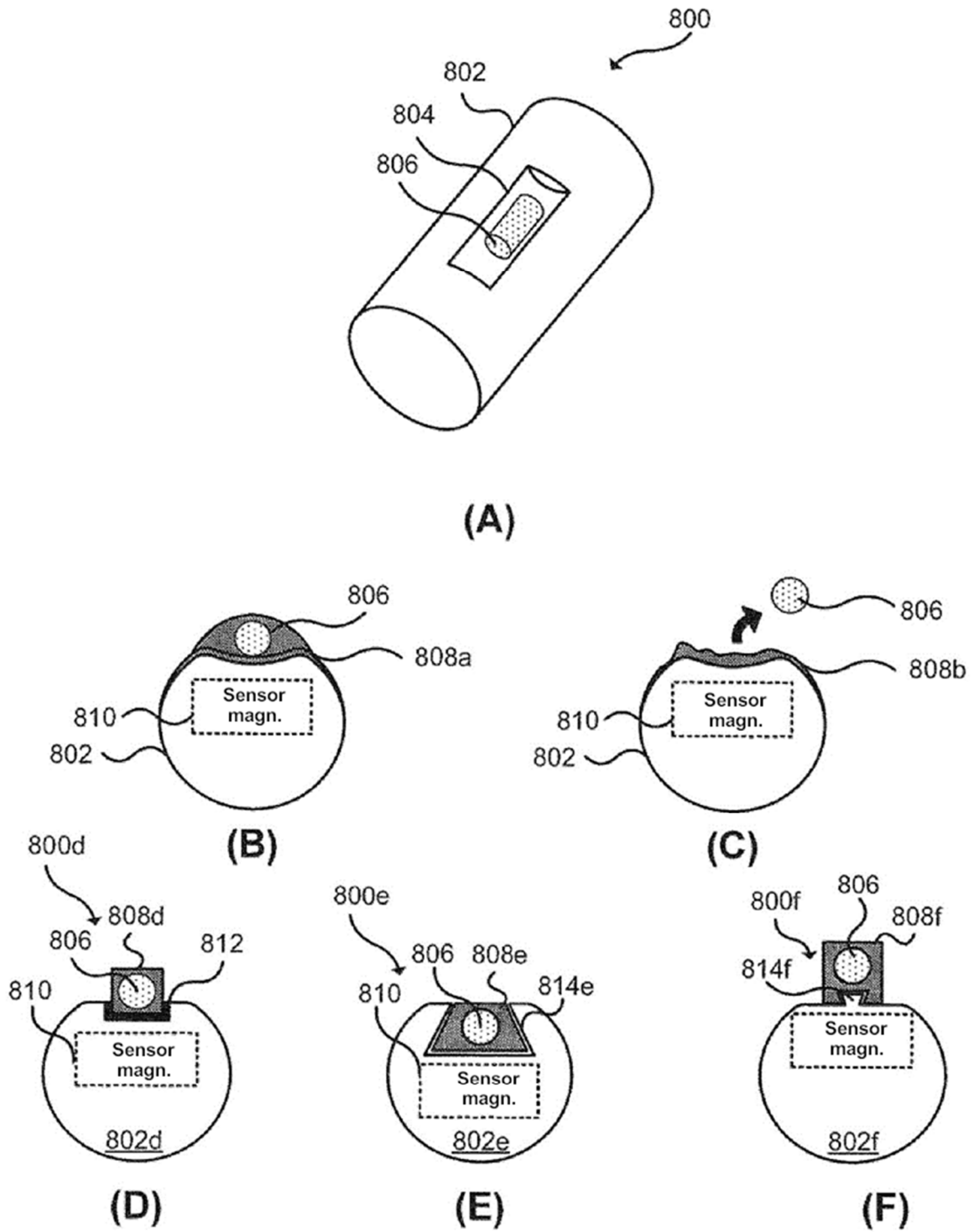


Figura 8

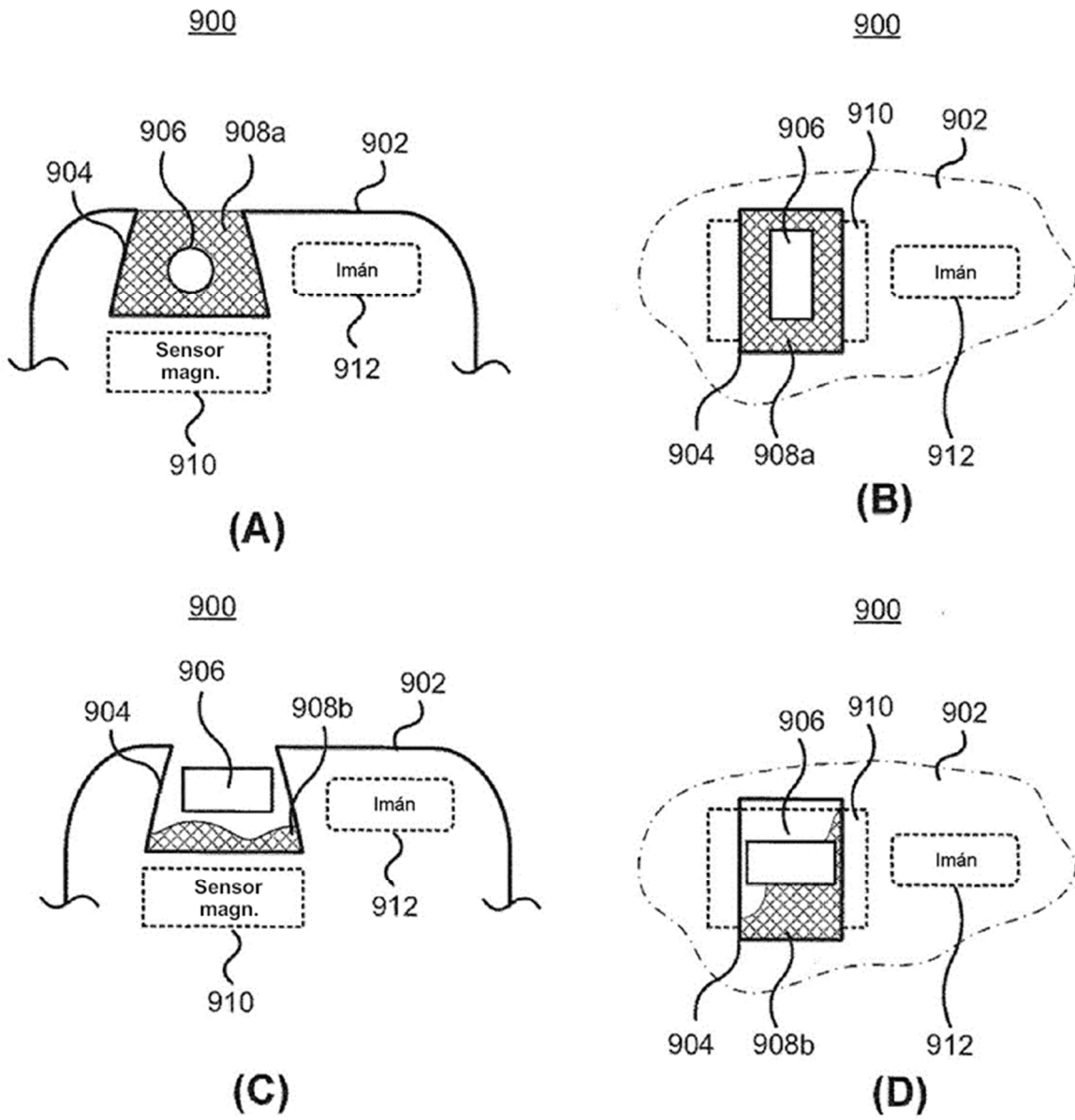


Figura 9

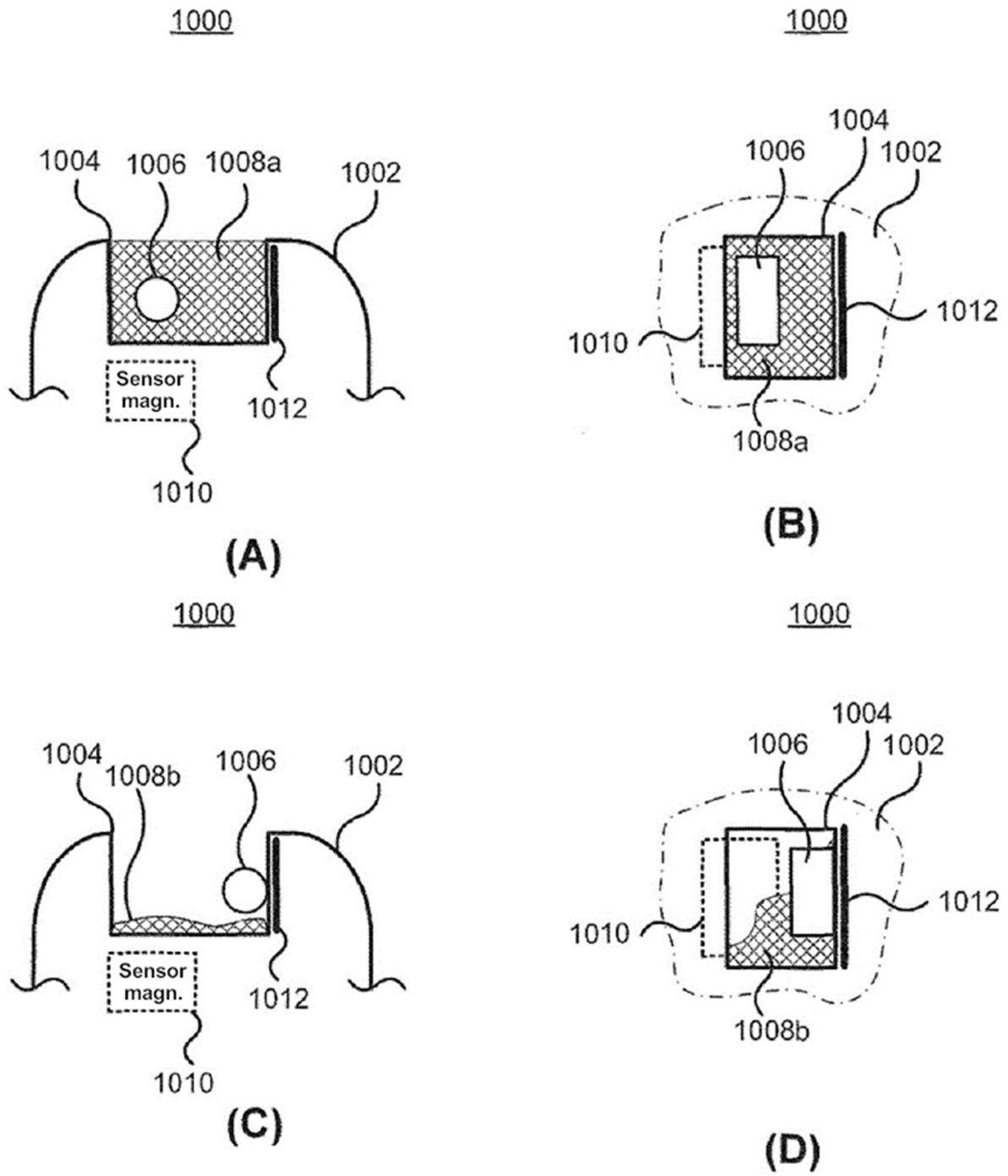


Figura 10

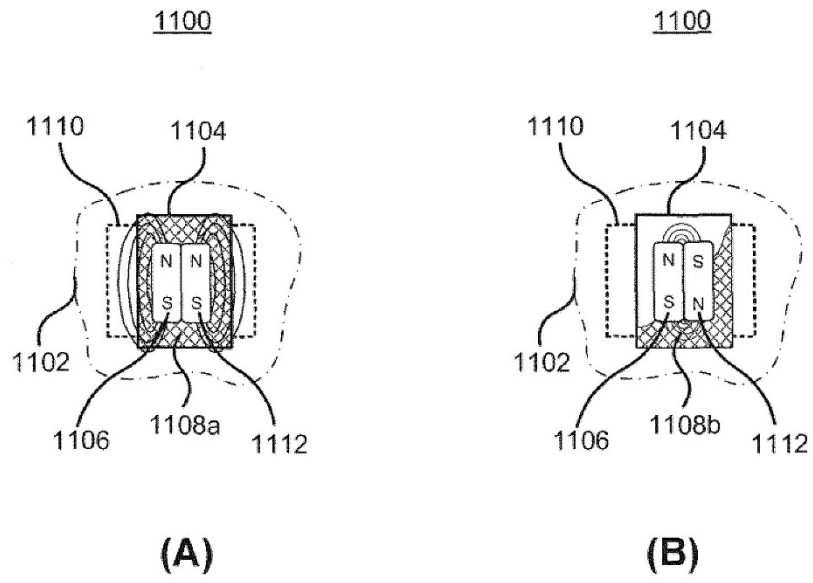
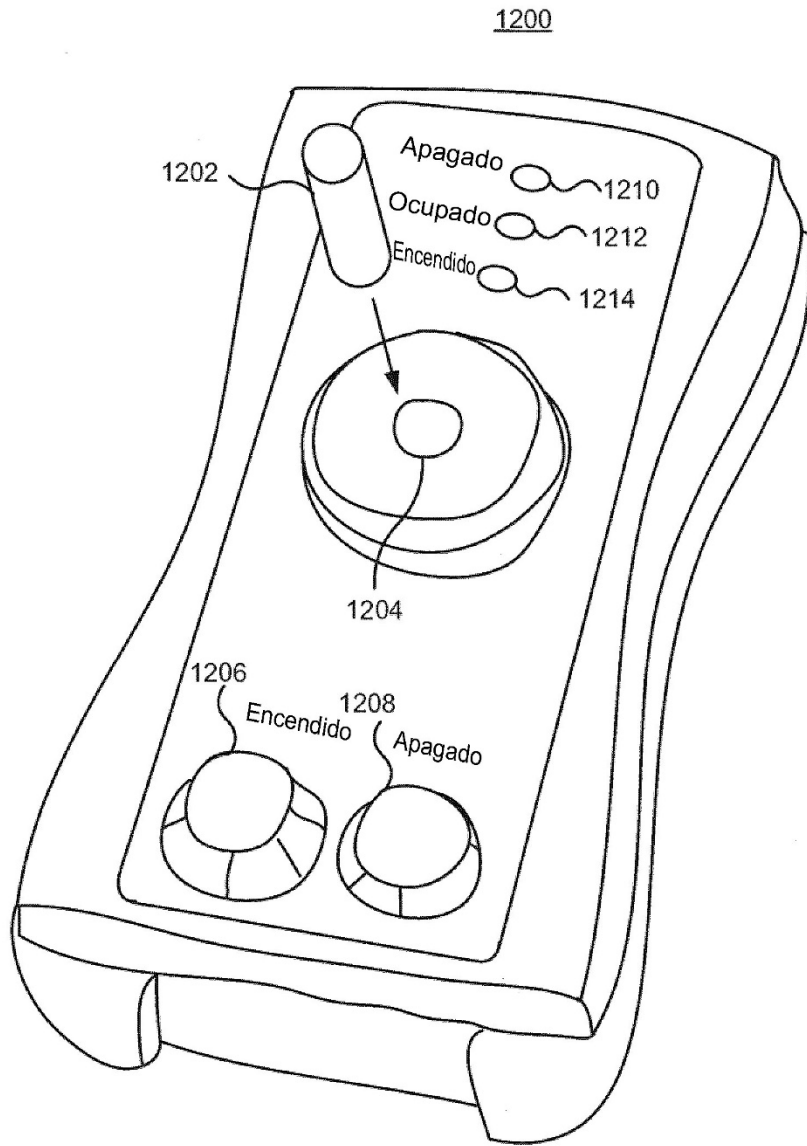
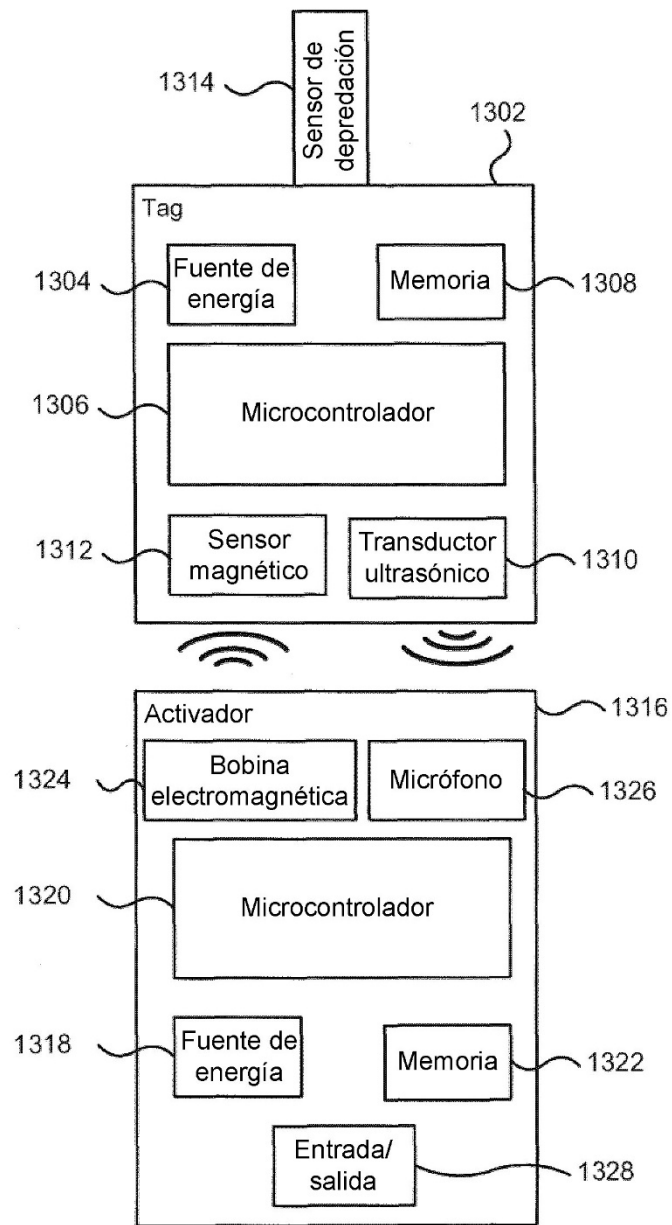


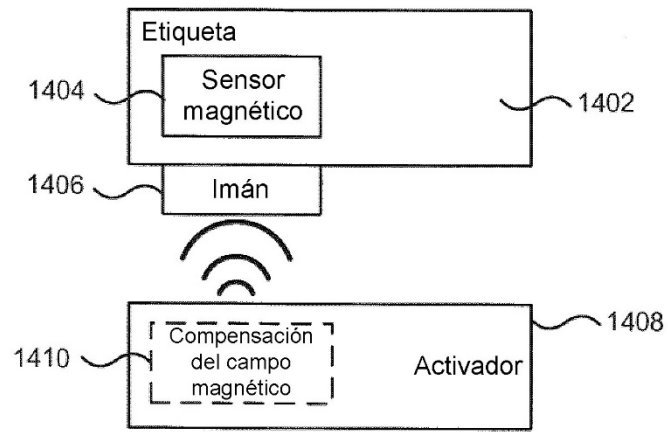
Figura 11



**Figura 12**



**Figura 13**



**Figura 14**

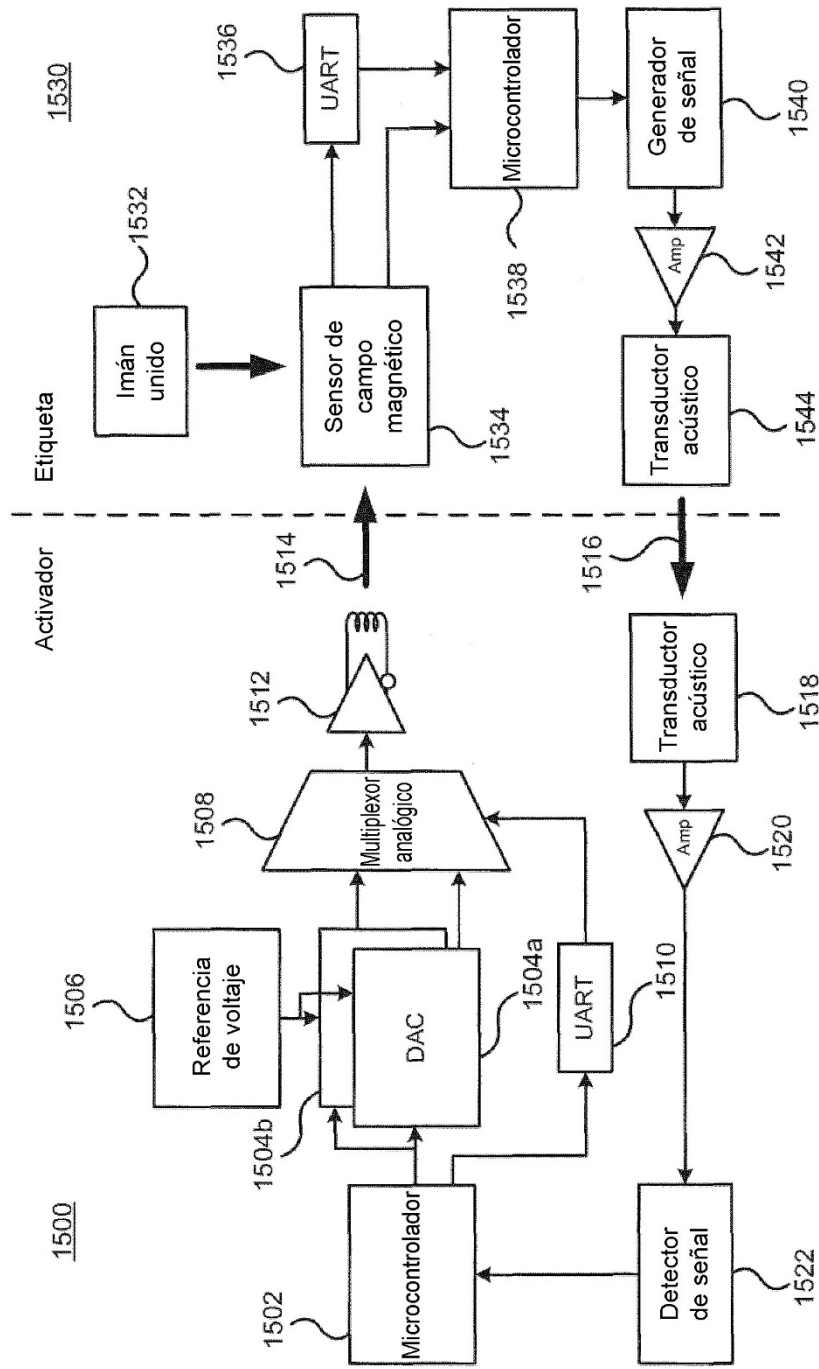
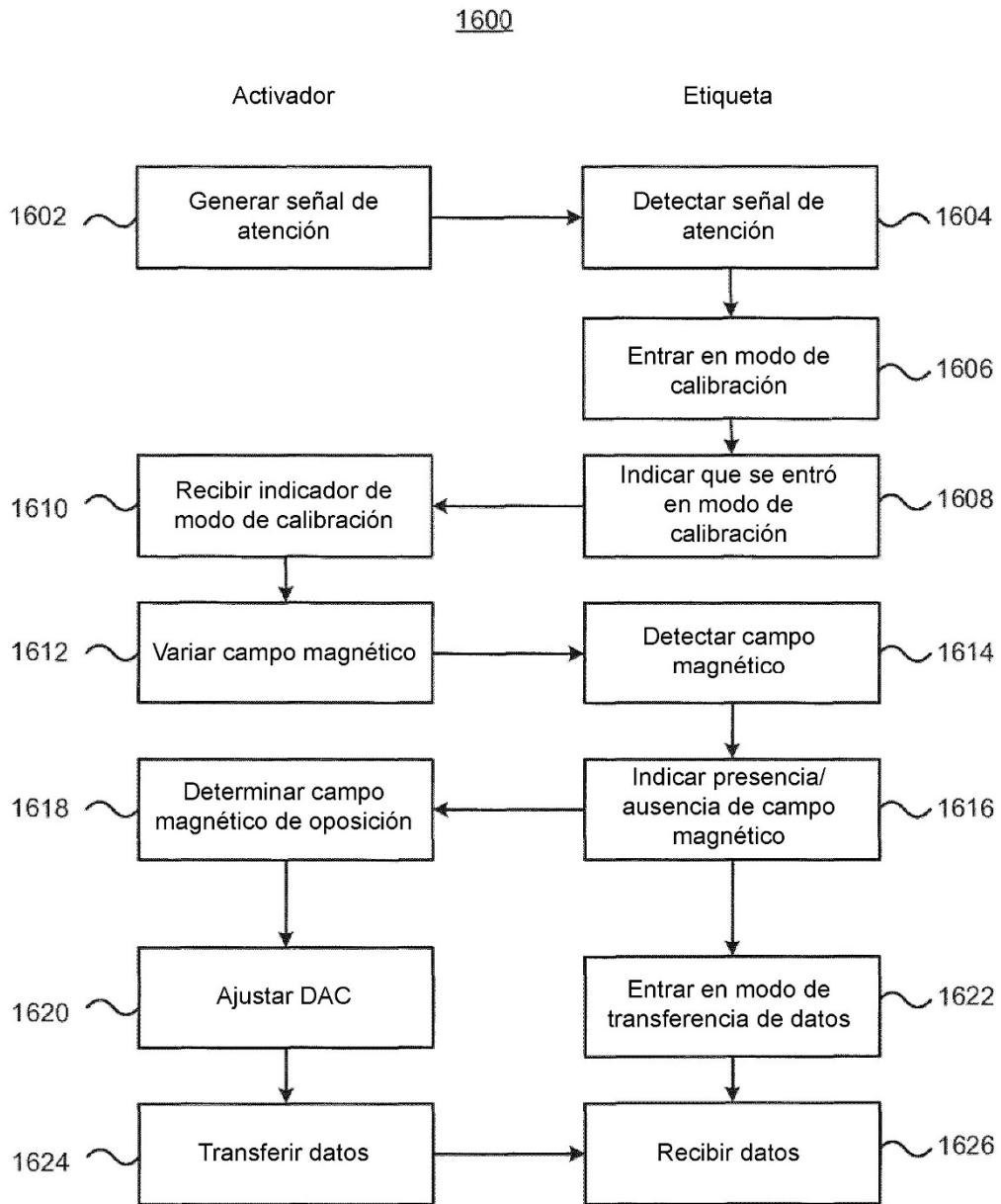
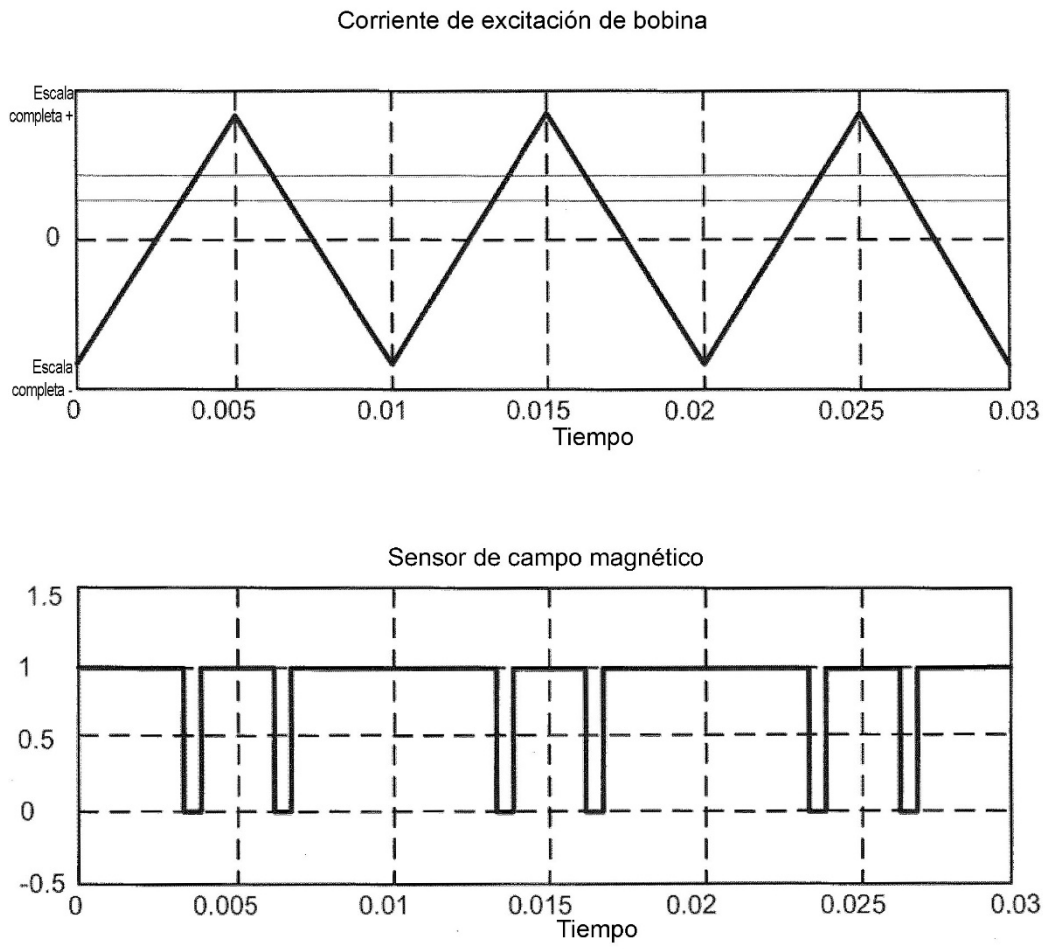


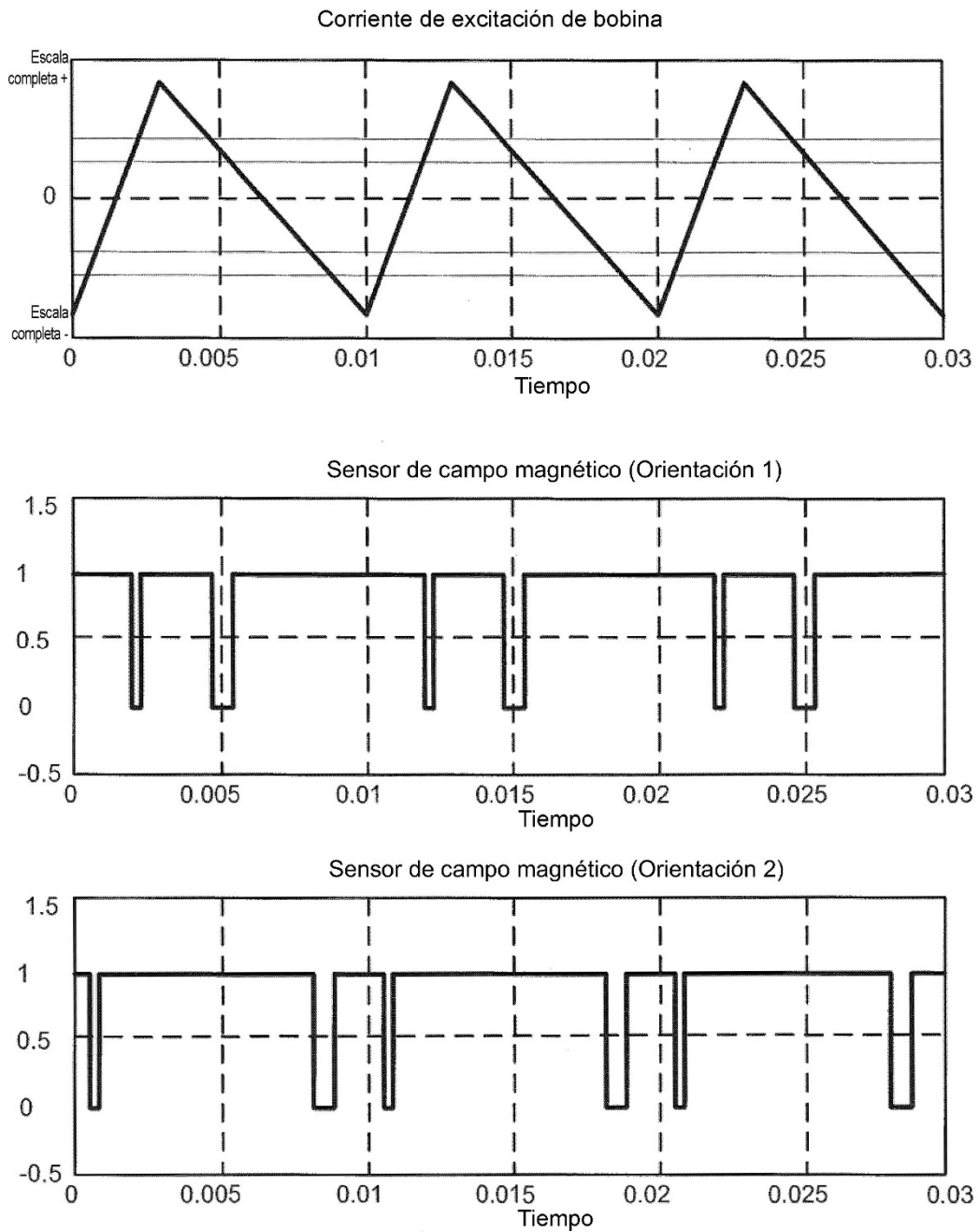
Figura 15



**Figura 16**



**Figura 17**



**Figura 18**

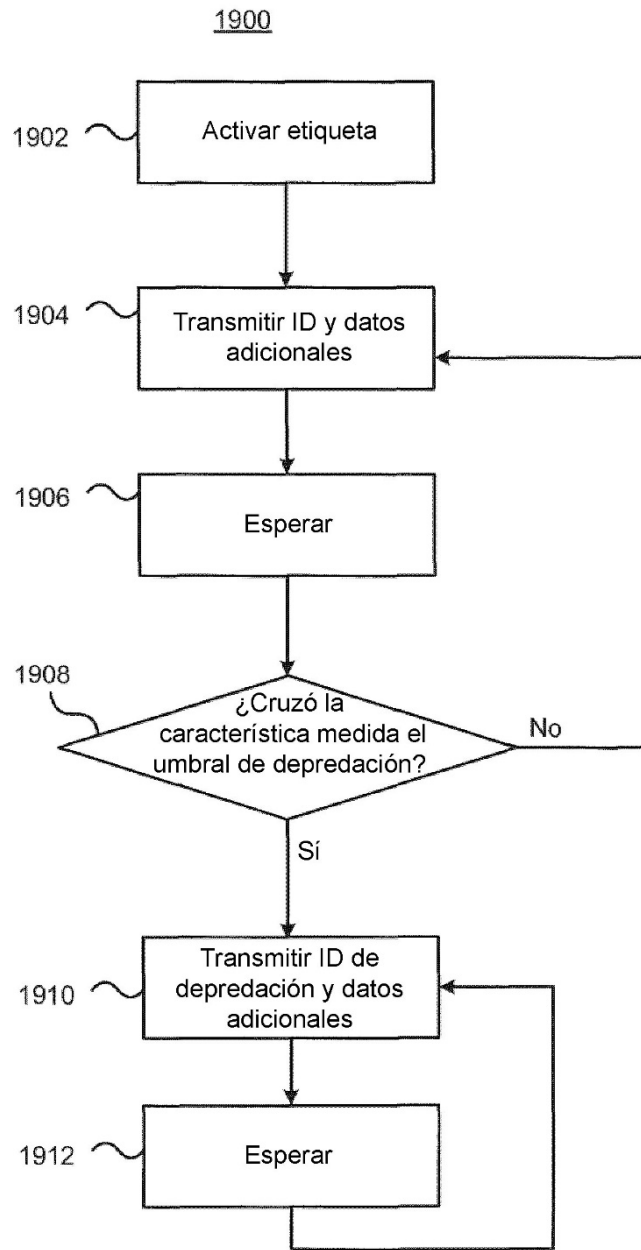


Figura 19

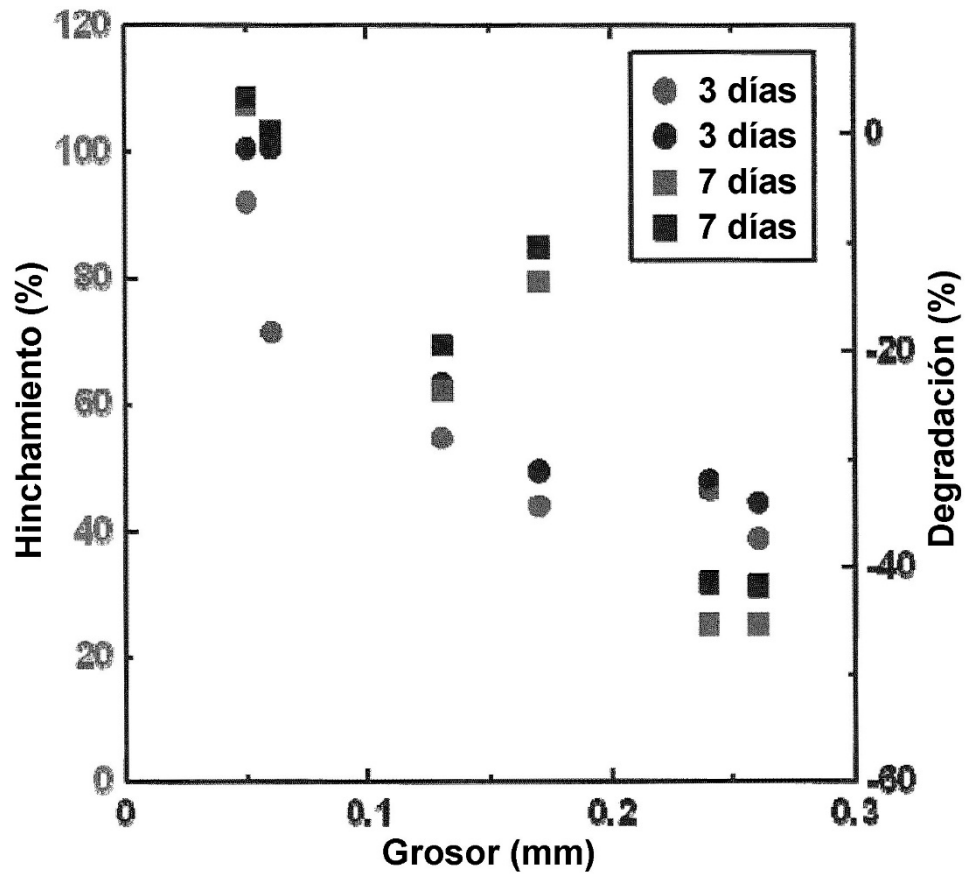


Figura 20

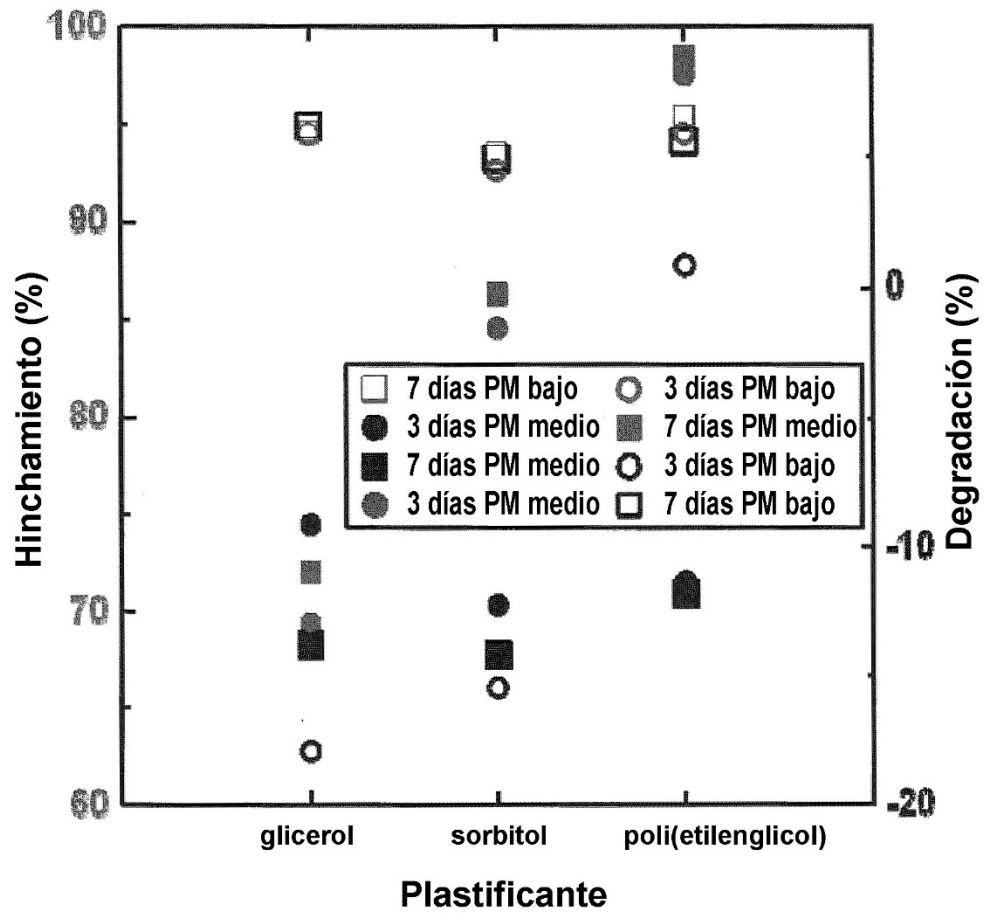


Figura 21

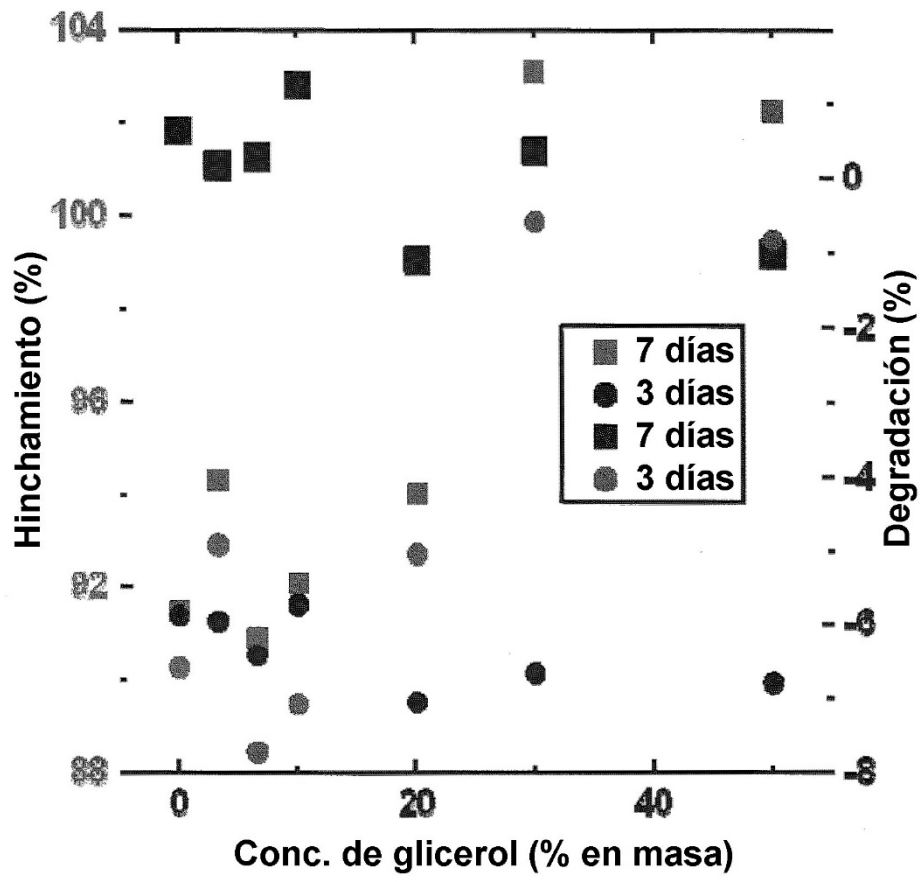


Figura 22

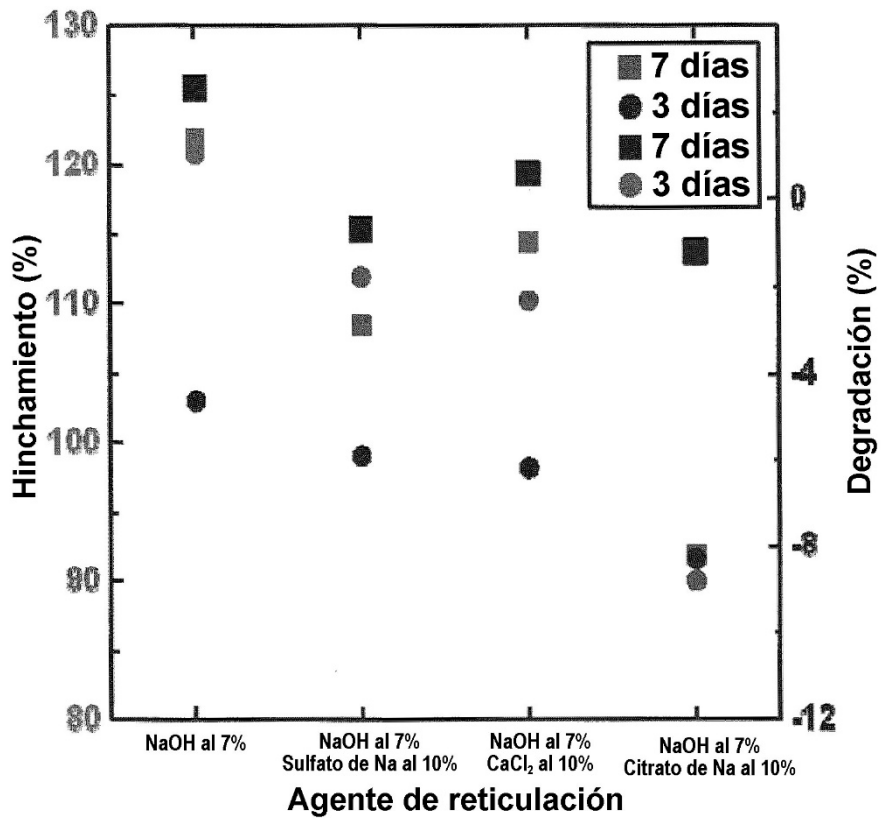


Figura 23

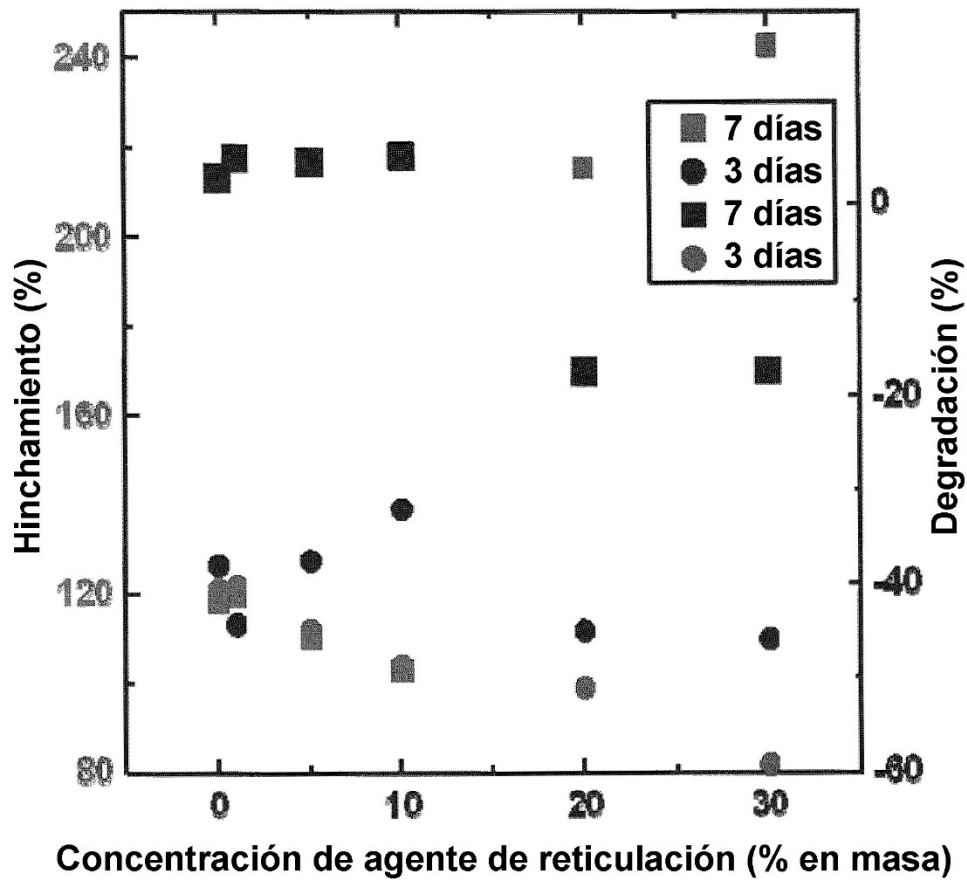


Figura 24

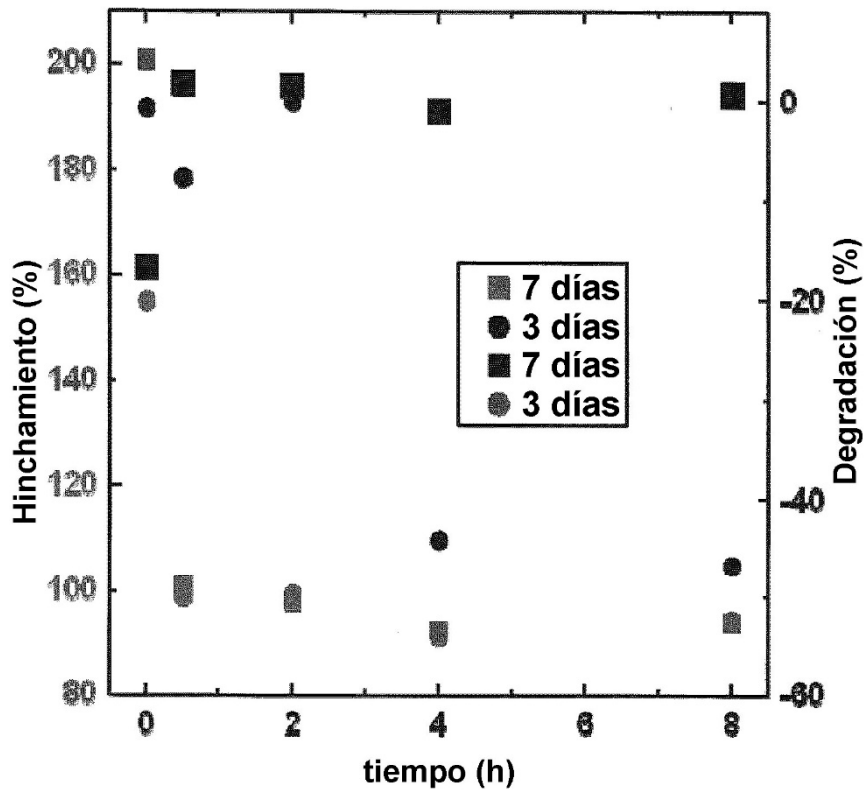


Figura 25

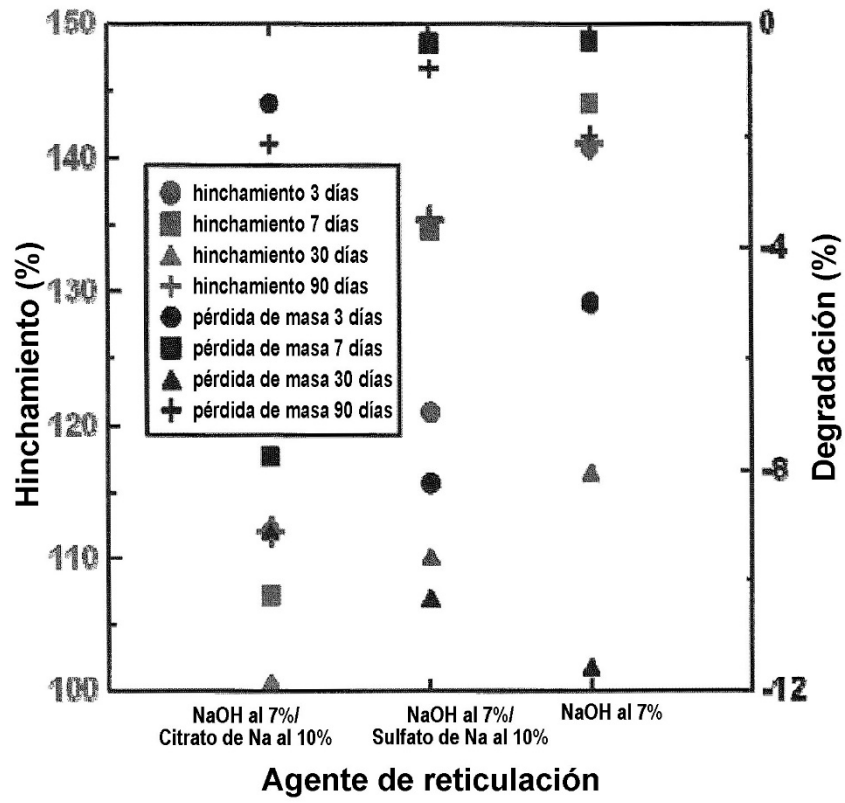


Figura 26

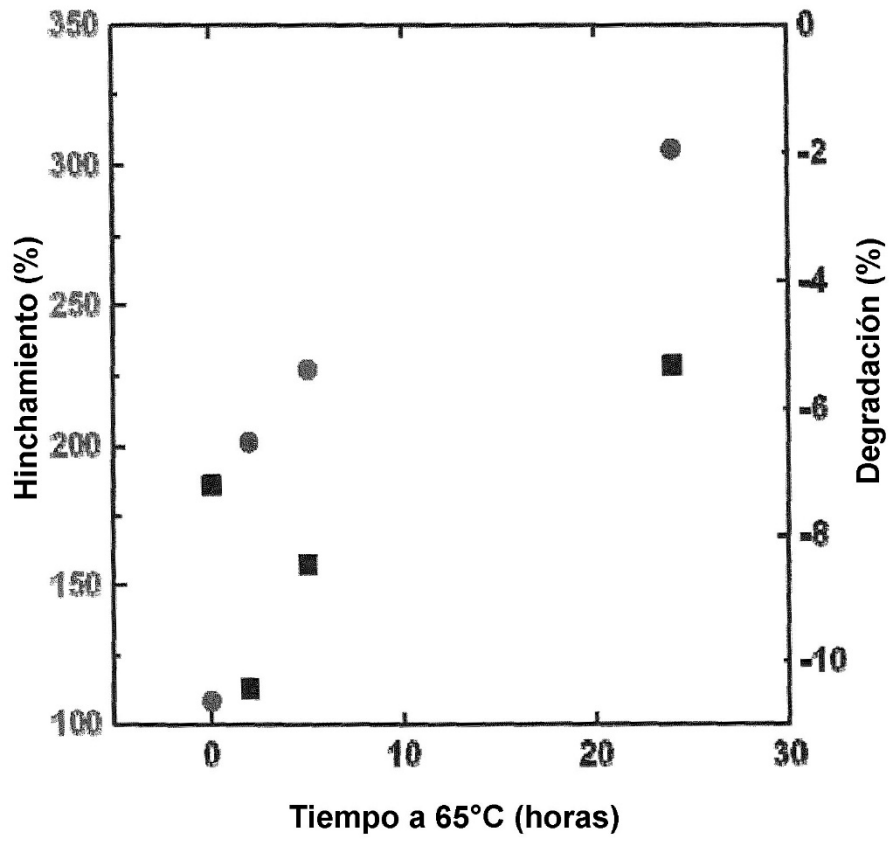


Figura 27