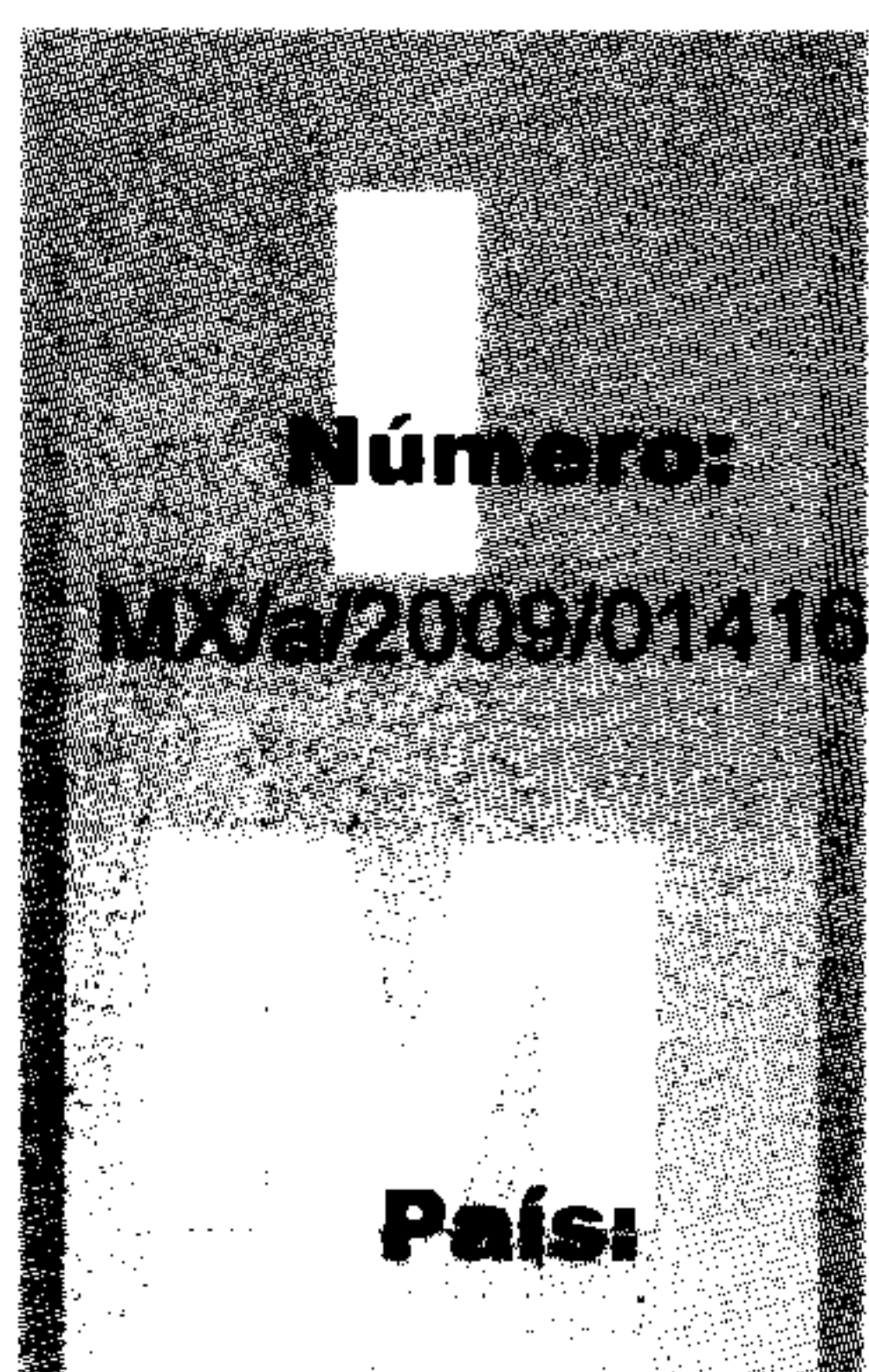


## TÍTULO DE PATENTE NO. 339703

**Titular(es):** UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO  
**Domicilio:** Lascuráin de Retana No. 5, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO  
**Denominación:** DISPOSITIVO SIMULADOR DE FASES Y TRANSICIONES DE FASE MOLECULARES  
**Clasificación:** Int.Cl.8: G09B23/06; G09B23/26  
**Inventor(es):** PEDRO COUTIÑO SOTO; ALEJANDRO GIL-VILLEGAS MONTIEL



**Vigencia:** Veinte años

**Fecha de Vencimiento:** 21 de diciembre de 2029

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

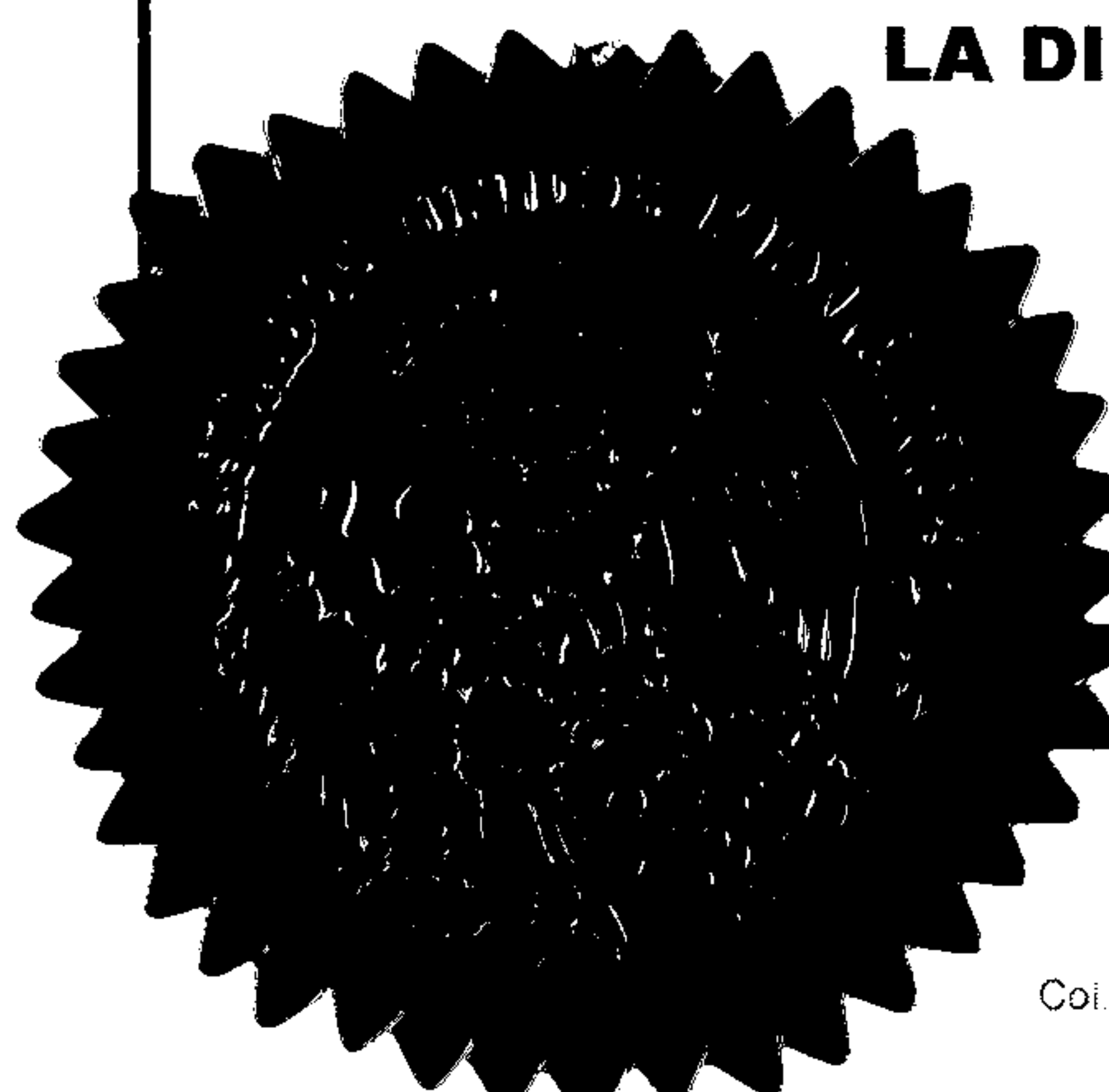
De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud, y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 07/05/2009, 06/01/2010, 19/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012 y 09/04/2012); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 07/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

**Fecha de expedición:** 16 de mayo de 2016

**LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES**

**NAHANNY CANAL REYES**



**DISPOSITIVO SIMULADOR DE FASES  
Y TRANSICIONES DE FASE MOLECULARES**

---

**DESCRIPCIÓN**

5

**OBJETO DE LA INVENCION.**

El objeto de la presente invención es proveer de un dispositivo simulador de fases y transiciones de fase moleculares capaz de formar patrones estructurales que representen los diferentes estados condensados (sólido, líquido y gaseoso) ó las transiciones entre estos estados que puede tener un material formado de moléculas que producen arreglos columnares en determinadas condiciones termodinámicas.

**ANTECEDENTES**

15 La presente invención se refiere a un dispositivo que produce patrones estructurales columnares dinámicos y estables de elementos que representan moléculas, donde dichos patrones simulan las configuraciones moleculares microscópicas de un material a diferentes temperaturas y densidades. Existen antecedentes de varios experimentos y dispositivos que permiten el estudio de la interacción entre elementos que representan moléculas los cuales producen patrones estructurales como el citado en la patente de Arne T. Skjeltorp con número US 4,846,988, donde se describe un método y aparato para formar

20

patrones estructurales regulares simulando estructuras moleculares con partículas  
esféricas no magnéticas.

En otros aparatos como el citado en la patente de Trinh Cuong FR 2,703,495, se  
5 describe la construcción de un dispositivo para simular la actividad molecular en  
un tubo recto con elementos de comparativa molecular.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION.

La presente invención trata de un dispositivo capaz de implementar un efecto  
10 análogo al de la temperatura en un sistema. El sistema a estudiar consiste de  
elementos que simulan estructuras moleculares que pueden formar arreglos  
columnares. El dispositivo permite observar la representación molecular de los  
estados condensados estables de un sistema (sólido, líquido ó gaseoso) ó la  
evolución dinámica al pasar de un estado a otro.

15

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1.- Vista frontal del dispositivo simulador de fases y transiciones de fase  
moleculares;

(1) Contenedor de frontera cilíndrica;

20

(2) Motor;

(2-a) Eje de rotación del motor;

(3) Soportes para ajuste de altura;

(3-a) Tuercas superiores;

(3-b) Tuercas inferiores;

- (4) Base plana para contenedor;
- (5) Base rectangular rotatoria;
- (6) Arreglo de un par de imanes cuadrados con polaridad invertida;
- (7) Regulador de velocidad para motor;
- 5       (7-a) Botón de encendido y controlador de frecuencia de rotación;
- (8) Estructura central;
- (8-a) Columnas de la estructura central.

Figura 2.- Vista superior del dispositivo simulador de fases y transiciones de fase moleculares;

- 10   Figura 3.- Vista frontal del Mecanismo que genera el campo magnético alterno de frecuencia variable para el dispositivo simulador de fases y transiciones de fase moleculares;

- Figura 4.- Figuras planas representando moléculas (9-a) con forma geometría de triangulo, cuadrado, pentágono, hexágono, disco y esferocilindro plano y esferas  
15   representando moléculas con simetría esférica. En la figura (9-b) se dibuja el dipolo magnético permanente ( $\mu$ ) perpendicular al plano de orientación de cada una de los elementos planos y sus líneas de campo magnético.

Figura 5.- Fotografías de arreglos columnares estables conformados por elementos representando moléculas disco (A) y esferocilindros planos (B).

- 20   Figura 6.- Fotografías del sistema para diferentes densidades de elementos representando moléculas con forma de esferocilindros planos, a una frecuencia constante del campo magnético alterno. El cuadro superior izquierdo representa la

menor densidad del sistema, el cuadro que le sigue a la derecha representa un incremento en la densidad y así hasta llegar al cuadro superior derecho, después bajamos un renglón comenzando nuevamente en la parte izquierda y así sucesivamente hasta llegar al cuadro inferior derecho.

- 5 Figura 7.- Fotografías del sistema para diferentes densidades de elementos representando moléculas planas (C), a una frecuencia constante del campo magnético alterno. El orden de las imágenes es el mismo que el descrito en la Figura 6.

10

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION.

La principal aportación de este invento es la implementación de un dispositivo que simula transiciones de fase y fases estables de un material compuesto de moléculas que forman arreglos columnares a diferentes temperaturas y densidades. Los elementos que representan a las moléculas (9-a) en el dispositivo son capaces de formar patrones estructurales columnares dinámicos y estables debido a la interacción que sufren con campos magnéticos alternos de frecuencia variable, en donde el dispositivo ilustrado en la Figura 3 funciona como un análogo de la temperatura en el sistema, así podemos simular estados condensados ó transiciones entre estados de la materia que se generan microscópicamente, pero desde una perspectiva macroscópica.

En la figura 1 se aprecia la vista frontal del dispositivo simulador de fases y transiciones de fase moleculares, el cual esta formado por una estructura central (8) en forma de "U", que soporta todos los elementos del dispositivo. En la parte inferior de la estructura central (8) se coloca el mecanismo para generar campos magnéticos alternos de frecuencia variable citado en la Figura 3, el cual consiste de un motor (2) con un eje de rotación (2-a) sobre el cual se monta una base rectangular rotatoria (5) en la que en sus extremos se pone el arreglo de un par de imanes cuadrados con polaridad invertida (6). Además el mecanismo incluye un regulador de velocidad para motor (7) con su botón de encendido y apagado (7-a). En la figura 1 se aprecia una base plana (4) para el contenedor de frontera cilíndrica (1), la cual mantiene fijo al contenedor; dicho contenedor simula una frontera de forma cilíndrica, pero este puede tener cualquier forma geométrica arbitraria. La base plana (4) para contenedor (1) esta colocada sobre las columnas (8-a) y se mantiene en su posición por los soportes de ajuste de altura (3), las tuercas superiores (3-a) y tuercas inferiores (3-b), los soportes de ajuste de altura están unidos en las columnas (8-a) de la estructura central (8).

En la figura 2 se ilustra el plano superior del dispositivo simulador de fases y transiciones de fase moleculares eliminando de la imagen el contenedor (1) de frontera cilíndrica, la base plana (4) para contenedor (1), los soportes de ajuste de altura (3), las tuercas superiores (3-a) y las tuercas inferiores (3-b) solo dejando el resto de los elementos de la figura 1. En la Figura (3), el arreglo de imanes cuadrados con polaridad invertida (6), se aprecian cruces y puntos sobre las

superficies planas y estos representan líneas de campo magnético entrando (puntos) y saliendo (cruces) respectivamente.

En la figura 3 se dibujan las distribuciones de las líneas de campo magnético en un plano producidas por el arreglo del par de imanes cuadrados con polaridad invertida (6) y se aprecia una vista completa del mecanismo generador de campos magnéticos alternos de frecuencia variable.

En la figura 4 se aprecian los elementos que representan a las moléculas (9-a) del sistema. Estos elementos consisten de cuerpos planos con formas geométricas de triángulos, cuadrados, pentágonos, hexágonos, discos y esferocilindros planos con un dipolo magnético  $\mu$  permanente (9-b) perpendicular a la cara plana de la figura, y elementos que representan moléculas con simetría esférica sin dipolo magnético permanente. Los elementos que representan a las moléculas planas son cortados a partir de una hoja de imán flexible, con una superficie idéntica entre ellos. Cada elemento cortado de una hoja de imán flexible tiene un dipolo magnético de orientación e intensidad arbitraria, así que a cada figura plana se le induce un dipolo magnético permanente perpendicular a su plano y de intensidad uniforme en todos los elementos. Los dipolos de estos elementos individuales interactúan entre vecinos cercanos y en determinadas condiciones son capaces de formar estructuras columnares situándose paralelos unos de otros.

## MEJOR MANERA DE LLEVAR A CABO LA INVENCION.

Sobre el contenedor de frontera cilíndrica (1) se colocan los elementos de la misma o diferente especie que representan a las moléculas (9-a) que se desea estudiar. Estas entidades planas en forma de triángulo, cuadrado, pentágono, hexágono, disco y esferocilindro plano tienen un dipolo magnético permanente  $\mu$  (9-b) orientado perpendicular al plano de la forma geométrica. Enseguida se regula la altura de la base plana (4) para el contenedor (1), girando la tuerca superior (3-a) y la tuerca inferior (3-b) sobre los soportes de ajuste de altura (3), hasta la altura que requiera la base plana (4) para obtener la interacción deseada del campo magnético externo con el campo del dipolo magnético permanente  $\mu$  (9-b) de los elementos que representan a las moléculas (9-a). El dispositivo se enciende presionando el botón de encendido (7-a) y se gira hacia la derecha hasta obtener la frecuencia de giro deseada del eje del motor (2-a). El eje del motor (2-a) transmite el movimiento a la base rectangular rotatoria (5) que en sus extremos lleva el arreglo de un par de imanes cuadrados con polaridad invertida (6), los imanes comienzan a tener un movimiento circular uniforme, el cual va a ser responsable de producir un campo magnético alterno en cualquier punto interno del contenedor (1). La frecuencia de giro se incrementa o disminuye de acuerdo con la necesidad de interacción que se necesite entre los dipolos magnéticos permanentes  $\mu$  (9-b) de los elementos que representan moléculas (9-a). Esta frecuencia de giro es el equivalente a la temperatura en un sistema real; la condición de caos se genera debido a que los dipolos magnéticos



permanentes  $\mu$  (9-b) de cada uno de los elementos que representan a las  
moléculas (9-a) tiende a alinearse con el campo magnético externo de los imanes  
(6), pero el campo magnético externo no es estático sino que cambia con el  
tiempo, por lo cual los elementos que representan moléculas (9-a) estarán  
5 moviéndose en todo momento. Además de la interacción con el campo magnético  
externo, los elementos que representan moléculas (9-a) también interaccionaran  
entre ellos mismos situándose paralelamente uno de otro, dando lugar a la  
formación de columnas. Las interacciones (Dipolo-Campo Magnético Externo) y  
(Dipolo-Dipolo) son las responsables de producir un movimiento caótico por parte  
10 de los elementos que representan moléculas (9-a), y la intensidad con que estas  
interacciones estén presentes darán lugar a la formación de distintos patrones  
estructurales que simularan los distintos estados condensados de la materia. Las  
diferentes fases que pueden formar estos sistemas ya sean estables ó dinámicas  
se encuentran cambiando la frecuencia de rotación del motor (2) para un numero  
15 fijo de elementos que representan moléculas (9-a), o cambiando la densidad de  
los elementos que representan moléculas (9-a) para una frecuencia de rotación  
constante. Para una densidad baja de elementos que representan moléculas (9-a)  
y una frecuencia de rotación constante del motor (2) se puede observar de manera  
simulada el estado gaseoso, el cual esta caracterizado por el movimiento aleatorio  
20 de los elementos que conforman el sistema. Variando la densidad de los  
elementos en el contenedor de frontera cilíndrica (1) se puede observar el  
fenómeno simulado de cambio a estado líquido dando lugar a la formación de

pequeñas columnas que no son estables en el tiempo. También ~~podemos obtener~~  
el mismo efecto disminuyendo la frecuencia de rotación del motor (2) pero  
manteniendo la densidad de elementos constante, recordando que este campo  
simula la temperatura de un sistema. Por ultimo después de cierta densidad de  
5 elementos que representan moléculas (9-a) se obtiene la simulación de la fase  
sólida, en la cual la formación de columnas es constante en el tiempo y ocupa todo  
el espacio del contenedor (1), lo anterior también se logra incrementando la  
velocidad de rotación del motor (2) manteniendo la densidad constante. En el  
dispositivo también pueden introducirse elementos que representan moléculas  
10 esféricas (9-a), estos elementos son pequeñas esferas de acero, a las cuales se  
les inducirá un dipolo magnético al encontrarse inmersas en un campo magnético  
y formaran configuraciones de cadenas representando polímeros de distintas  
longitudes y ramificaciones. Se pueden mezclar esferas de plástico que no sufren  
interacción alguna debido al campo magnético externo pero actúan como un  
15 solvente al estar presentes con las esferas de acero propiciando a la formación de  
diferentes arreglos de cadenas de polímeros debido a su presencia, actuando  
como un catalizador en el sistema.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo simulador de fases y transiciones de fase Moleculares, que se compone por:

- 5
- Un contenedor de frontera cilíndrica (1) en donde se colocan los elementos de la misma o diferente especie que representan a las moléculas (9-a) que se desea estudiar, las cuales tienen un dipolo magnético permanente (9-b) orientado perpendicular al plano de la forma geométrica;
- 10
- Una base plana (4) para contenedor (1), la cual se regula su altura, girando la tuerca superior (3-a) y la tuerca inferior (3-b) sobre los soportes de ajuste de altura (3), hasta la altura que requiera la base plana (4) para obtener la interacción deseada del campo magnético externo con el campo del dipolo magnético permanente (9-b) de los
- 15
- elementos que representan a las moléculas (9-a);
  - una base rectangular rotatoria (5);
  - un motor (2) y su eje (2-a) que transmite el movimiento a la base rectangular rotatoria (5) que en sus extremos lleva el arreglo de un par de imanes cuadrados con polaridad invertida (6), los imanes comienzan
- 20
- a tener un movimiento circular uniforme, el cual va a ser responsable de producir un campo magnético alterno en cualquier punto interno del contenedor (1);

- un botón de encendido (7-a), el cual se presiona y gira a la derecha hasta obtener la frecuencia de giro deseada del eje del motor (2-a) para encender el dispositivo.

2. El Dispositivo Simulador de Fases y Transiciones de fase moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde los elementos que representan a las moléculas pueden tener forma de triángulo, cuadrado, pentágono, hexágono, disco o esferocilindro plano.
3. El dispositivo simulador de fases y transiciones de fase moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde la frecuencia de giro se incrementa o disminuye de acuerdo con la necesidad de interacción que se necesite entre los dipolos magnéticos permanentes (9-b) de los elementos que representan moléculas (9-a).
4. El dispositivo simulador de fases y transiciones de fase moleculares descrito en la reivindicación 1 y 3, en donde la frecuencia de giro es el equivalente a la temperatura en un sistema real; la condición de caos se genera debido a que los dipolos magnéticos permanentes (9-b) de cada uno de los elementos que representan a las moléculas (9-a) tiende a alinearse con el campo magnético externo de los imanes (6), pero el campo magnético externo no es estático sino que cambia con el tiempo, por lo cual los elementos que representan moléculas (9-a) estarán moviéndose en todo momento.
5. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en las reivindicaciones 1, 3 y 4, en donde los elementos que representan

moléculas (9-a) también interaccionaran entre ellos mismos situándose paralelamente uno de otro, dando lugar a la formación de columnas.

- 5 6. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en las reivindicaciones 1, 3, 4 y 5, en donde Las interacciones (Dipolo-Campo Magnético Externo) y (Dipolo-Dipolo) son las responsables de producir un movimiento caótico por parte de los elementos que representan moléculas (9-a), y la intensidad con que estas interacciones estén presentes darán lugar a la formación de distintos patrones estructurales que simularan los distintos estados condensados de la materia.
- 10 7. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en las reivindicaciones 1 y 6, en donde las interacciones (Dipolo-Campo Magnético Externo) y (Dipolo-Dipolo) son las responsables de producir un movimiento caótico por parte de los elementos que representan moléculas (9-a), y la intensidad con que estas interacciones estén presentes darán  
15 lugar a la formación de distintos patrones estructurales que simularan los distintos estados condensados de la materia.
- 20 8. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en las reivindicaciones 1, 3, 5, 6 y 7, en donde las diferentes fases que pueden formar estos sistemas ya sean estables ó dinámicas se encuentran cambiando la frecuencia de rotación del motor (2) para un numero fijo de elementos que representan moléculas (9-a), o cambiando la densidad de los elementos que representan moléculas (9-a) para una frecuencia de rotación constante.

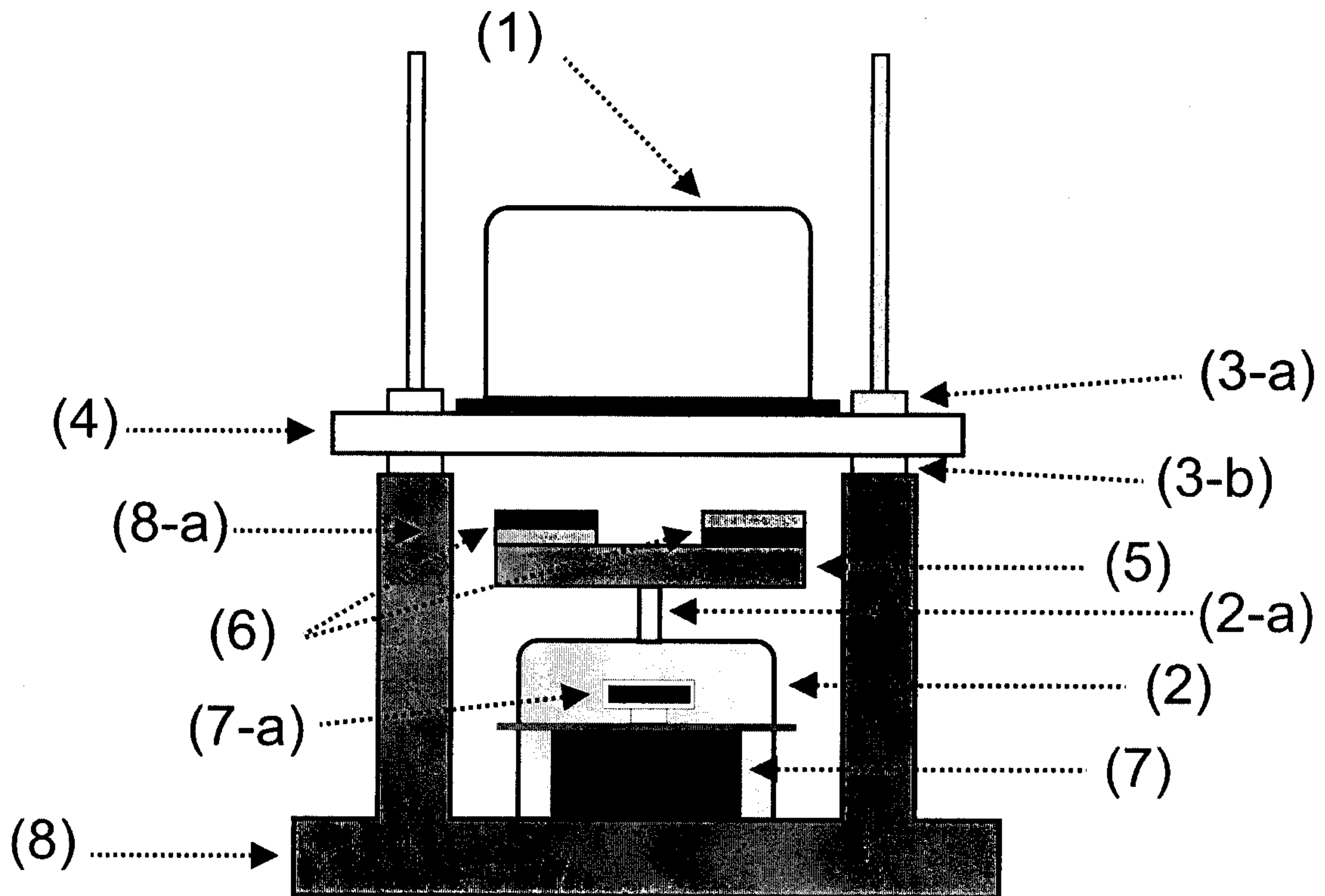
9. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde para una densidad baja de elementos que representan moléculas (9-a) y una frecuencia de rotación constante del motor (2) se puede observar de manera simulada el estado gaseoso, el cual esta caracterizado por el movimiento aleatorio de los elementos que conforman el sistema.
10. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde variando la densidad de los elementos en el contenedor de frontera cilíndrica (1) se puede observar el fenómeno simulado de cambio a estado líquido dando lugar a la formación de pequeñas columnas que no son estables en el tiempo.
11. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde se puede observar el fenómeno simulado de cambio a estado líquido dando lugar a la formación de pequeñas columnas que no son estables en el tiempo, disminuyendo la frecuencia de rotación del motor (2) pero manteniendo la densidad de elementos constante.
12. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde después de cierta densidad de elementos que representan moléculas (9-a) se obtiene la simulación de la fase sólida, en la cual la formación de columnas es constante en el tiempo y ocupa todo el espacio del contenedor (1), lo anterior también se logra incrementando la velocidad de rotación del motor (2) manteniendo la densidad constante.

13. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde pueden introducirse pequeñas esferas de acero, las cuales representan moléculas esféricas (9-a)
14. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en las reivindicaciones 1 y 13, en donde a las pequeñas esferas de acero se les inducirá un dipolo magnético y al encontrarse inmersas en un campo magnético formaran configuraciones de cadenas representando polímeros de distintas longitudes y ramificaciones.
15. El dispositivo simulador de fases y transiciones moleculares descrito en la reivindicación 1, en donde se pueden mezclar esferas de plástico que no sufren interacción alguna debido al campo magnético externo pero actúan como un solvente al estar presentes con las esferas de acero propiciando a la formación de diferentes arreglos de cadenas de polímeros debido a su presencia, actuando como un catalizador en el sistema.

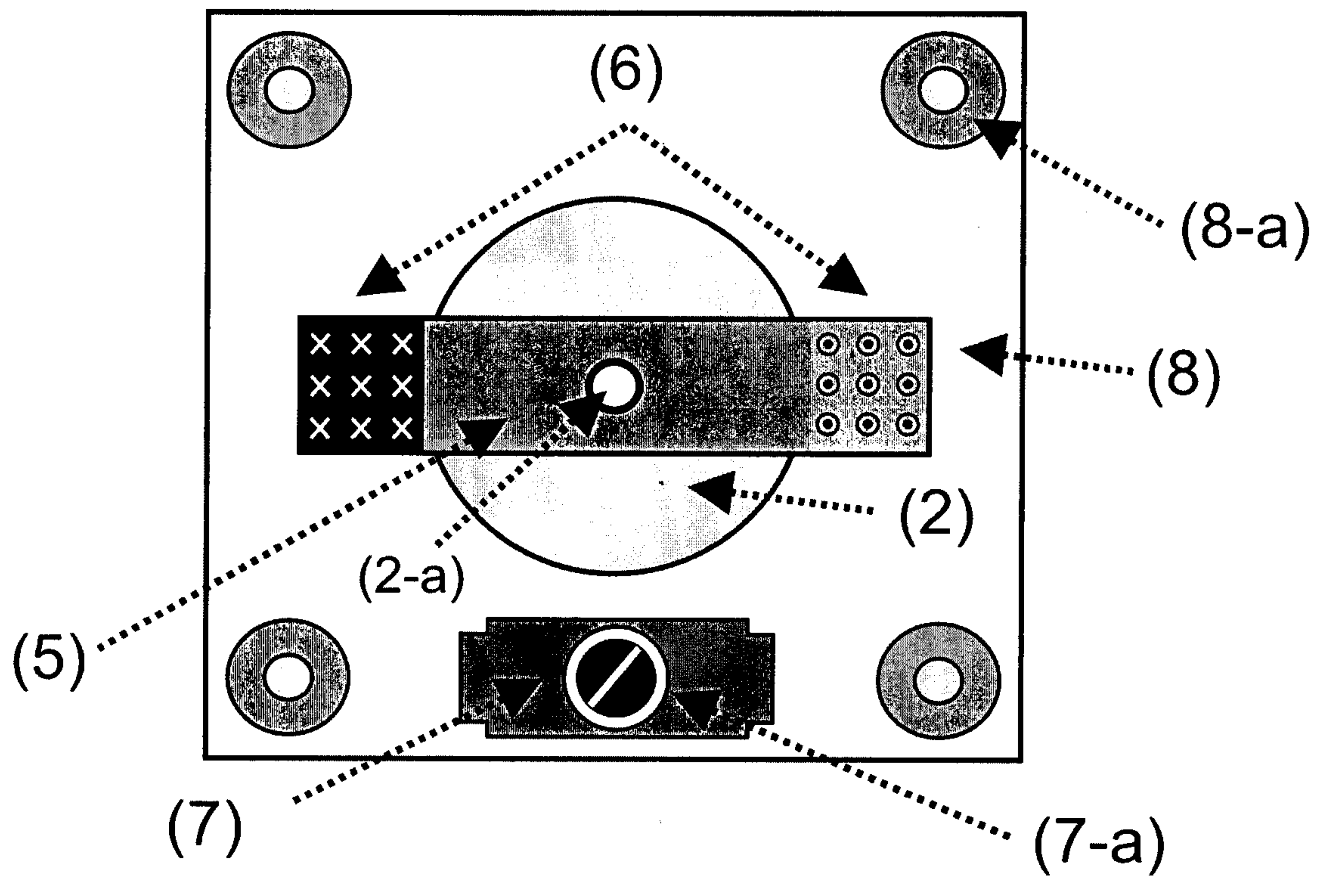
**RESUMEN**

La presente invención se refiere a un dispositivo capaz de simular las transiciones de fase y fases estables de un sistema material debido a la interacción molecular que experimentan sus componentes a diferentes temperaturas. Las moléculas mencionadas son representadas por figuras planas con diferentes formas geométricas (9-a) tales como discos, hexágonos, pentágonos, triángulos, cuadrados, esferocilindros planos, con un dipolo magnético permanente  $\mu$  (9-b) perpendicular a su plano de orientación capaz de interactuar con vecinos cercanos y formar columnas en determinadas condiciones, representando así moléculas capaces de formar arreglos columnares. También pueden introducirse elementos con simetría esférica y formar arreglos que representen cadenas de polímeros ramificadas ó lineales. Este dispositivo se caracteriza por la auto-organización en distintos patrones estructurales columnares ó de cadena dinámicos ó estables de los elementos que representan a las moléculas (9-a) dentro del contenedor de frontera cilíndrica (1) simulando así los diferentes estados de la materia (gas, líquido ó sólido) ó las transiciones que sufre al pasar de un estado a otro. El efecto equivalente a la temperatura se introduce en la invención a través de un mecanismo generador de campos magnéticos alternos de frecuencia variable Figura 3 capaz de interactuar fuertemente con los dipolos de los elementos que representan a las moléculas (9-a).

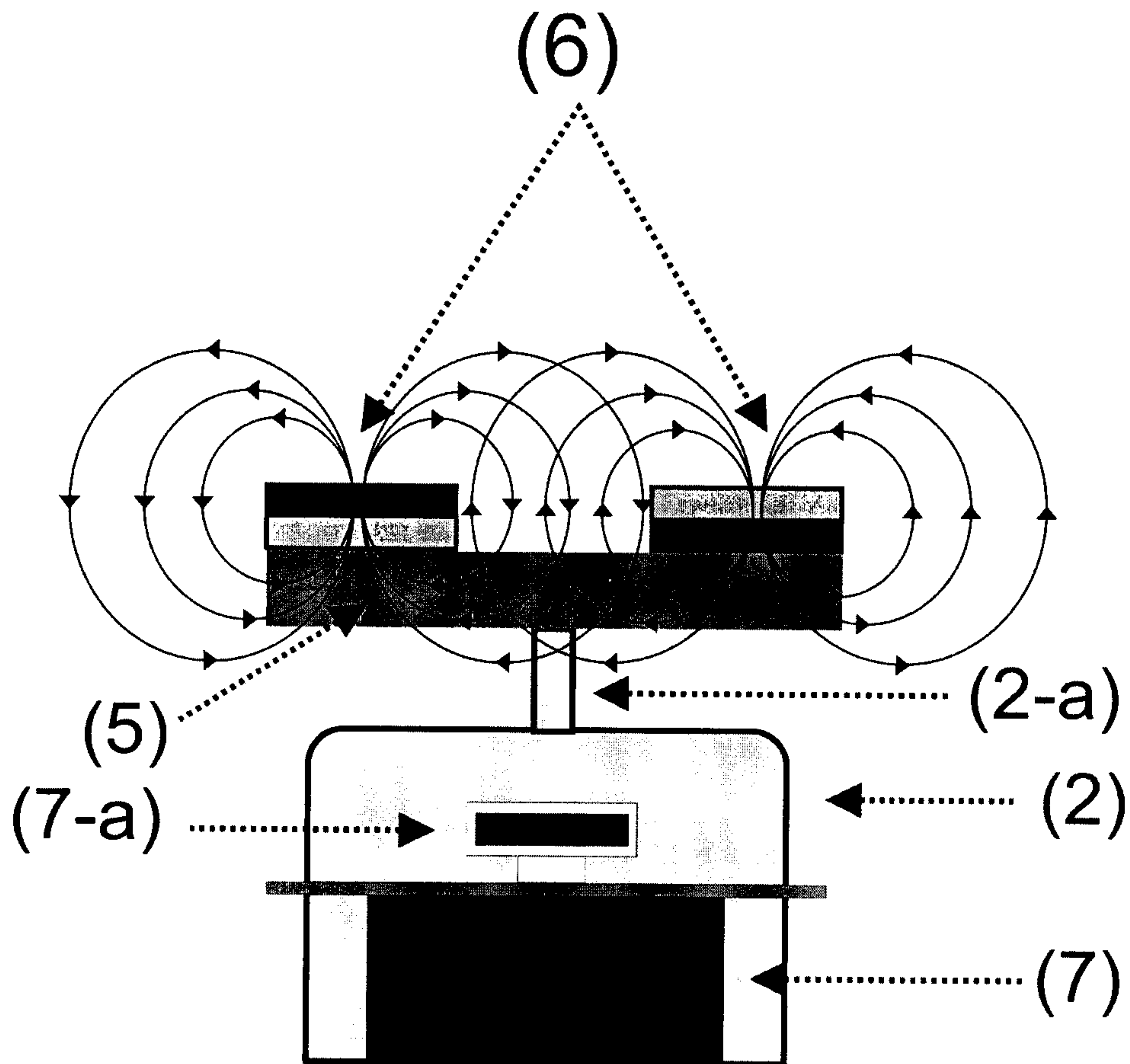




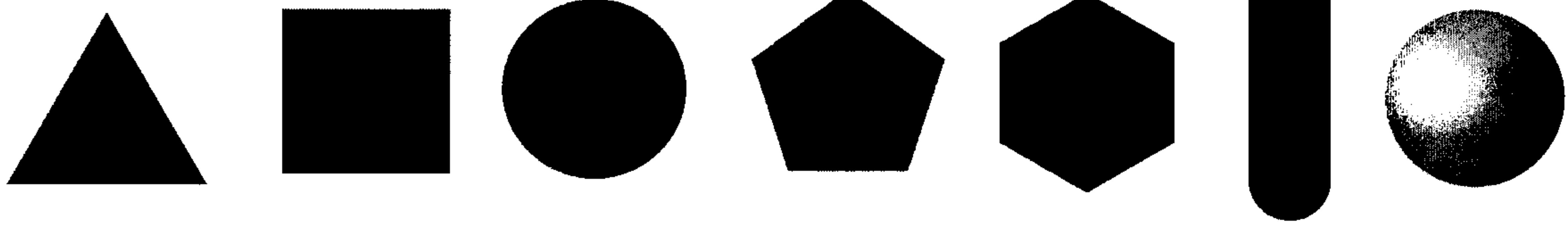
**Figura 1.**



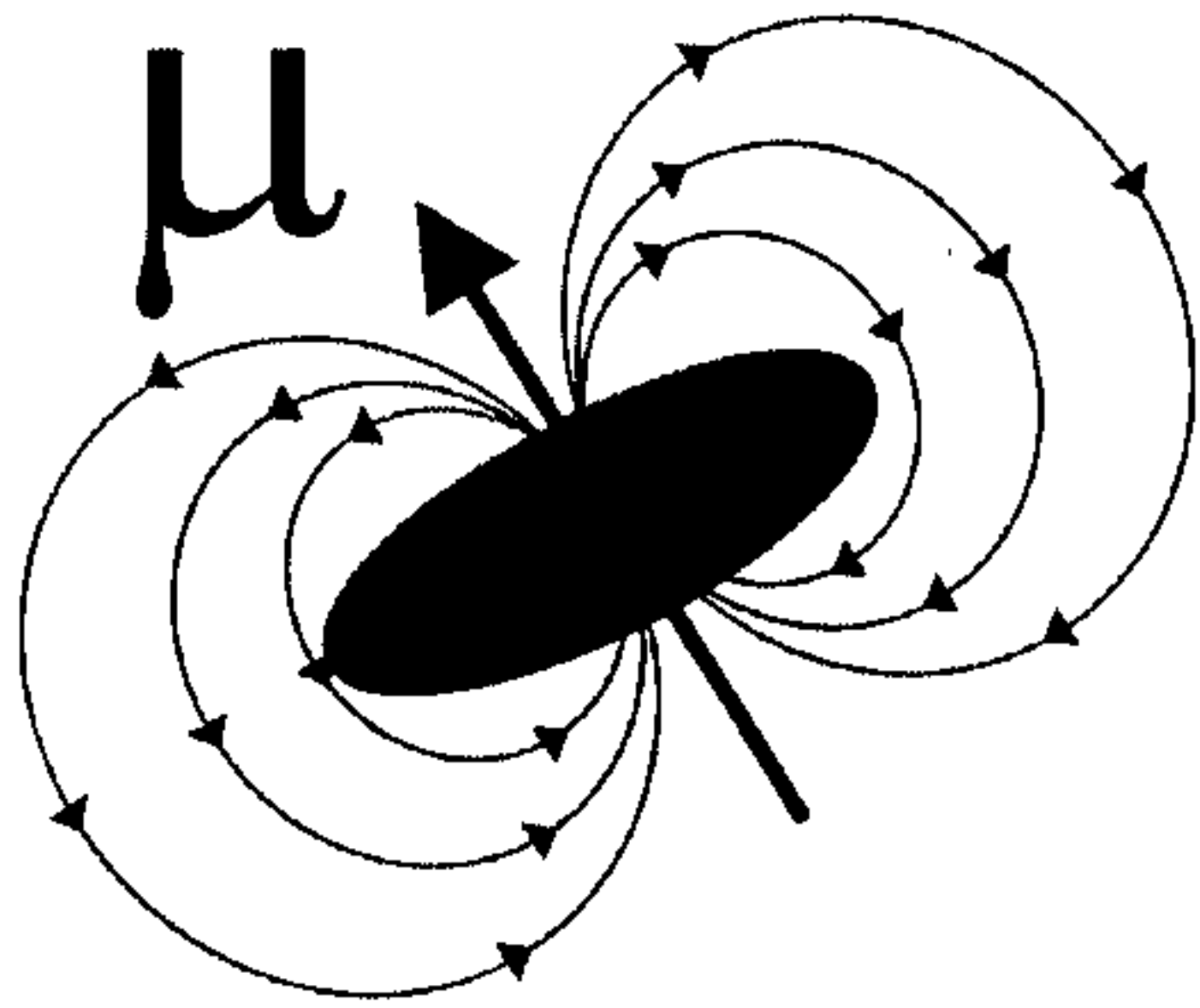
**Figura 2.**



**Figura 3.**



(9-a)



(9-b)

Figura 4



(A)



(B)

Figura 5

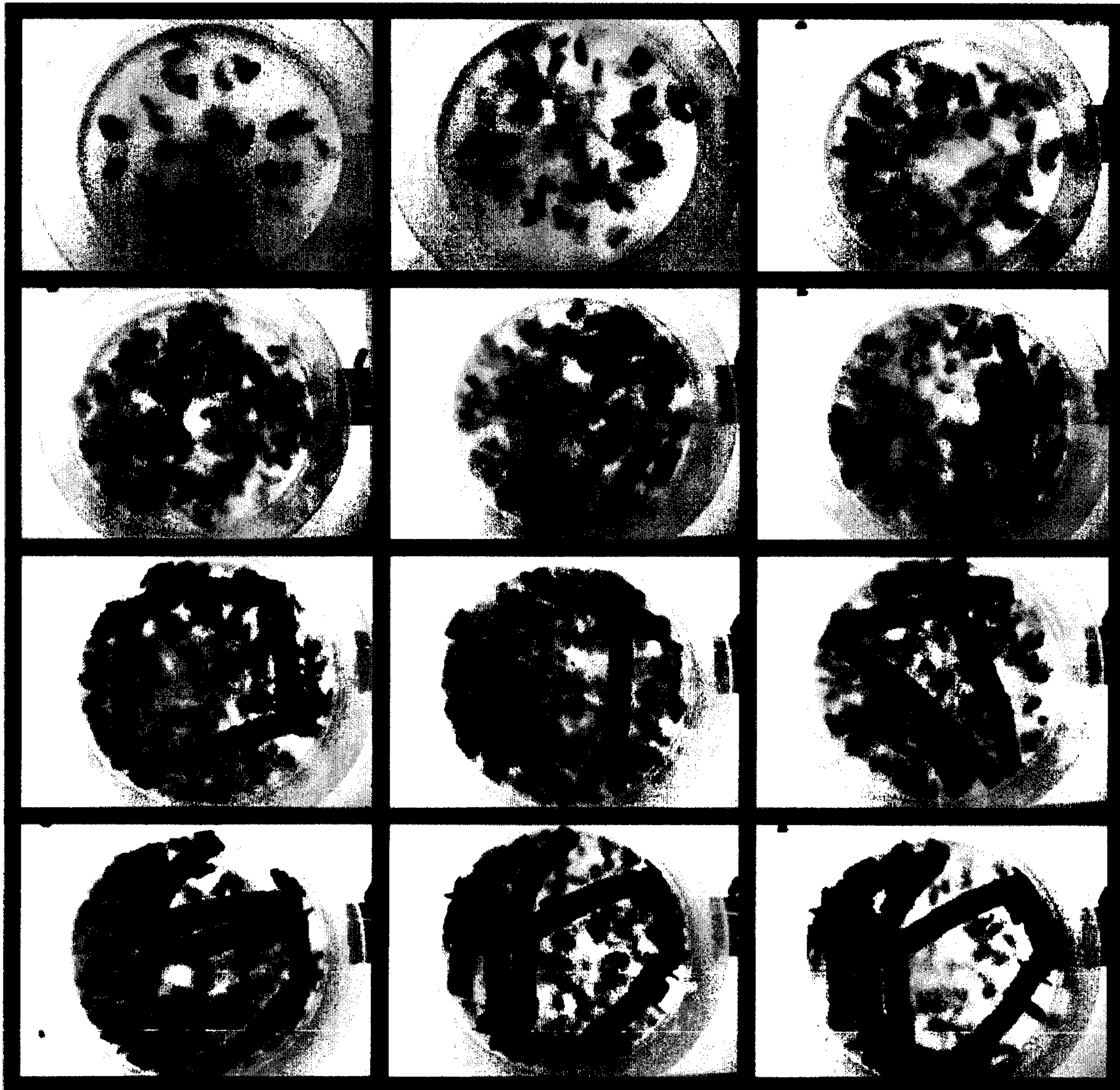


Figura 6

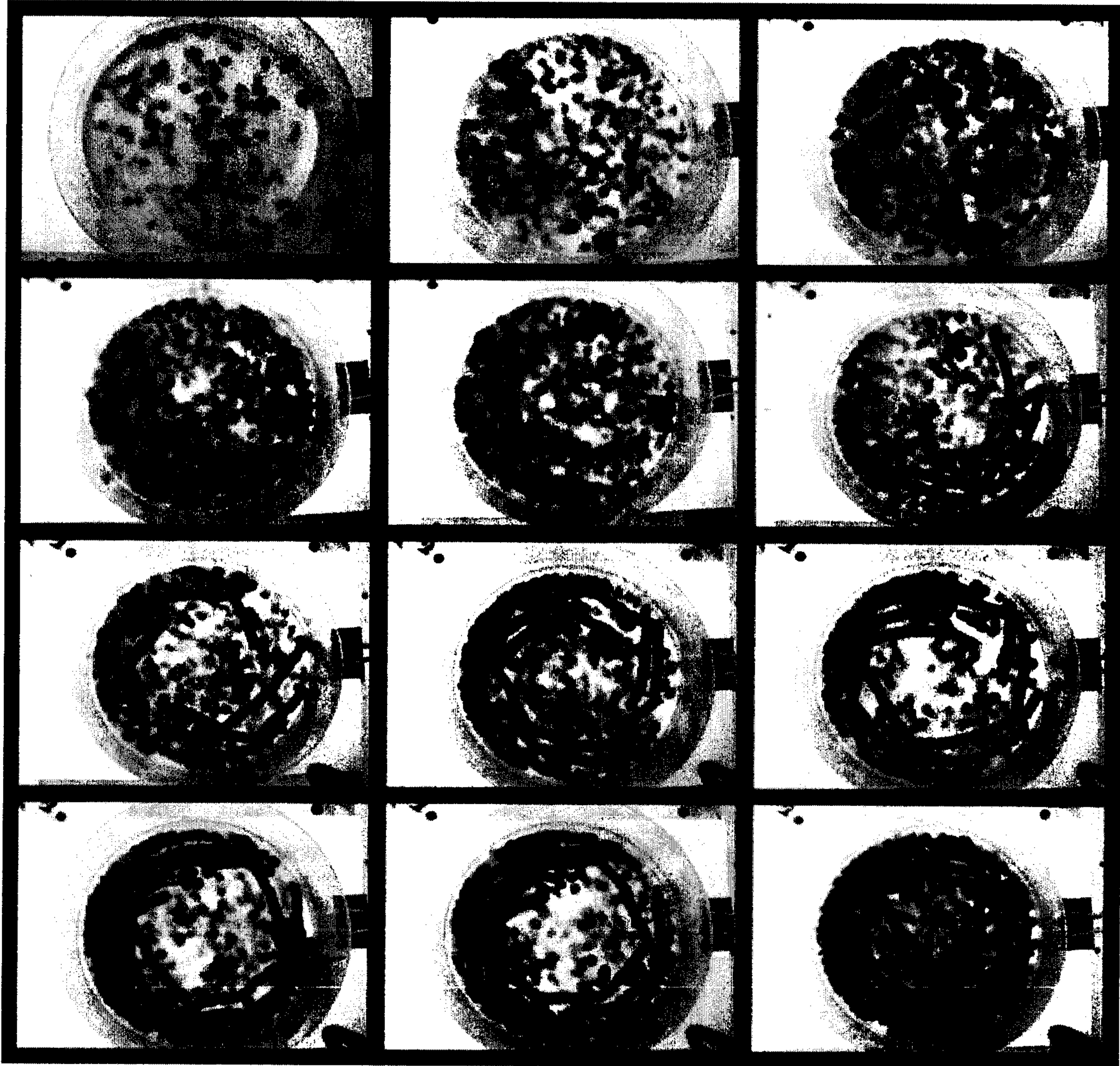


Figura 7