

## Resumen

Cada uno de los medallones de espiral múltiple de un conjunto de Mandelbrot está formado por infinitos «babys» de dicho conjunto de Mandelbrot ordenados en espirales de múltiples ramas [1]. Nosotros hemos mostrado que cada baby de un medallón de espiral múltiple desciende de un «padre» y un «gen» [1]. Las expansiones binarias de los babys centrales se obtienen componiendo las de los padres y los genes. Por su parte, las expansiones binarias de los babys no-centrales, que conforman las espirales múltiples, se obtienen componiendo las expansiones binarias de los babys centrales y los padres. Por lo tanto, el patrón de los babys no-centrales es:  $\overline{\beta}_* = \overline{b}_* \underbrace{p_* p_* \dots p_*}_j$ , donde  $\overline{\beta}_*$  es  $\overline{\beta}_1$  ó  $\overline{\beta}_2$ ;  $\overline{b}_*$  es  $\overline{b}_1$  ó  $\overline{b}_2$ ; y  $\overline{p}_*$  es  $\overline{p}_1$  ó  $\overline{p}_2$ . Luego, cada patrón de un baby no-central tiene  $2^{j+1}$  posibles valores. En este trabajo hemos determinado cómo se emparejan estos posibles valores para que correspondan al mismo baby no-central. El estudio lo hemos extendido a todas las formas de medallones de espiral múltiple: no-espirales, de espiral simple, doble, triple, etc.

## 1. Patrones de los babys no-centrales

Los medallones de espiral múltiple se encuentran en los zarcillos de cada uno de los «midgjets» o pequeñas copias del conjunto de Mandelbrot. En la Fig. 1 se muestra la localización de los medallones de espiral múltiple de un midjet con expansiones binarias  $(\overline{p}_1, \overline{p}_2)$ .

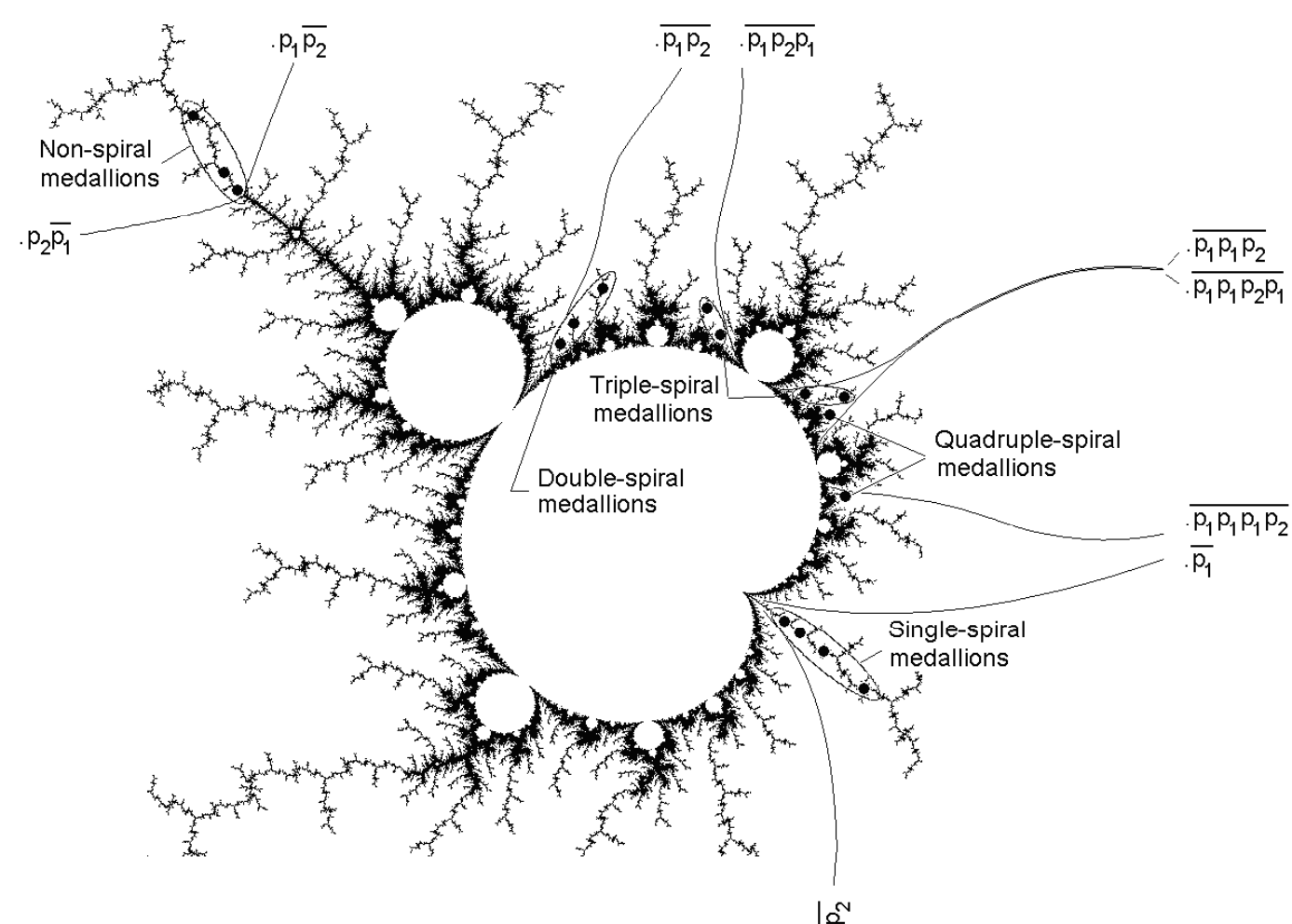


Fig. 1: Localización de los medallones no espirales, de espiral simple, doble, triple, etc. ...

Como sabemos de [1], el patrón de los babys no-centrales tiene la forma:  $\overline{\beta}_* = \overline{b}_* \underbrace{p_* p_* \dots p_*}_j$ . Utilizando el «outer algorithm» y el «inner algorithm» [2] podemos calcular este patrón; es decir, determinar si  $\overline{b}_*$  es  $\overline{b}_1$  ó  $\overline{b}_2$ , y si cada  $\overline{p}_*$  es  $\overline{p}_1$  ó  $\overline{p}_2$ .

Las Figs 2, 3, 4 y 5 muestran los patrones de los babys no-centrales de los medallones no espirales, de espiral simple, de espiral doble y de espiral triple respectivamente.

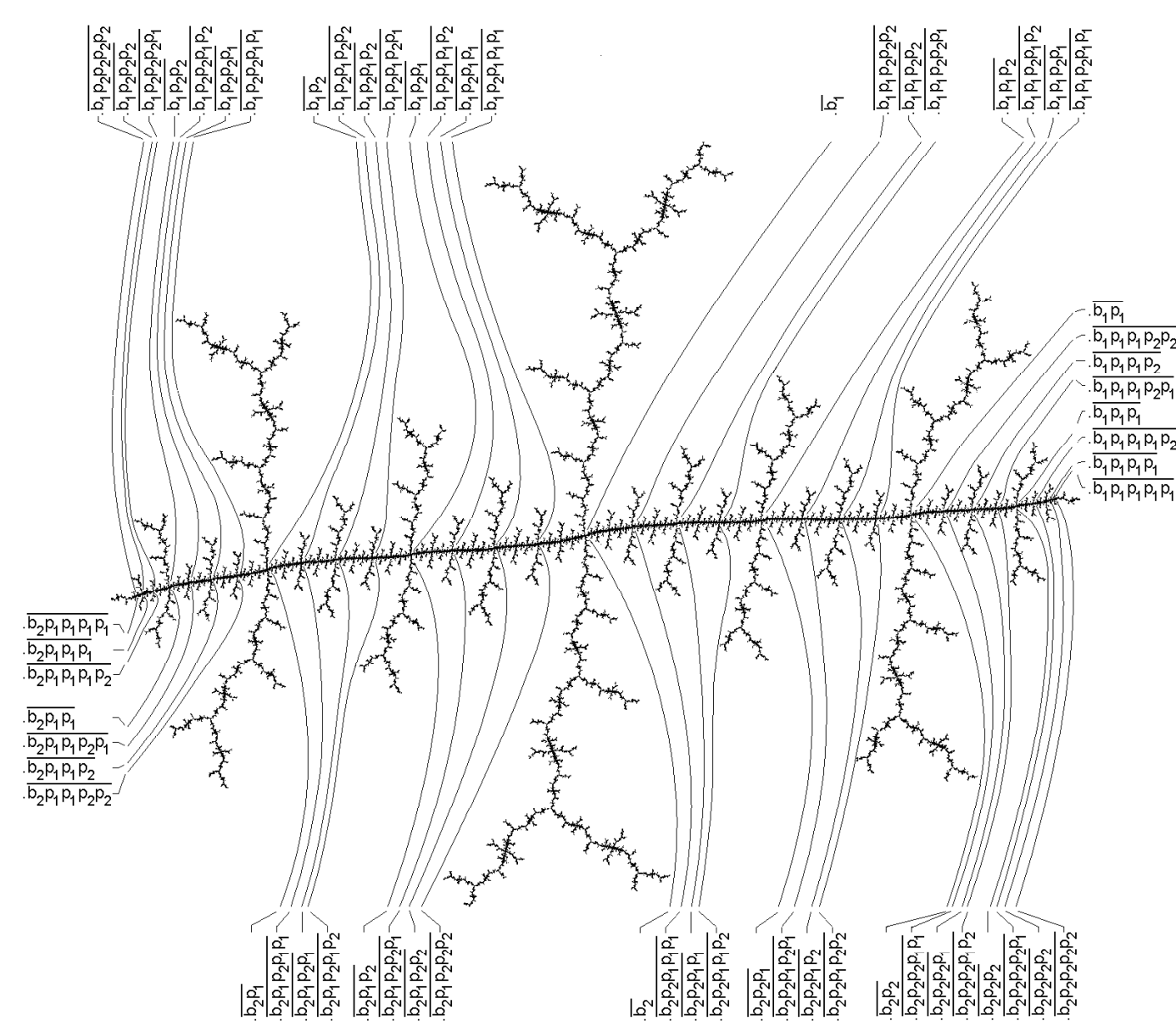


Fig. 2: Patrones de los babys no-centrales del medallón no espiral  $(\overline{b}_1, \overline{b}_2) = (\overline{p}_1 \overline{p}_2^3 \overline{g}_2, \overline{p}_2 \overline{p}_1^3 \overline{g}_1)$  localizado en  $-0,168988004 + 1,042370723i$  cuando  $(\overline{p}_1, \overline{p}_2) = (\overline{0011}, \overline{0100})$  y  $(\overline{g}_1, \overline{g}_2) = (\overline{001}, \overline{010})$ .

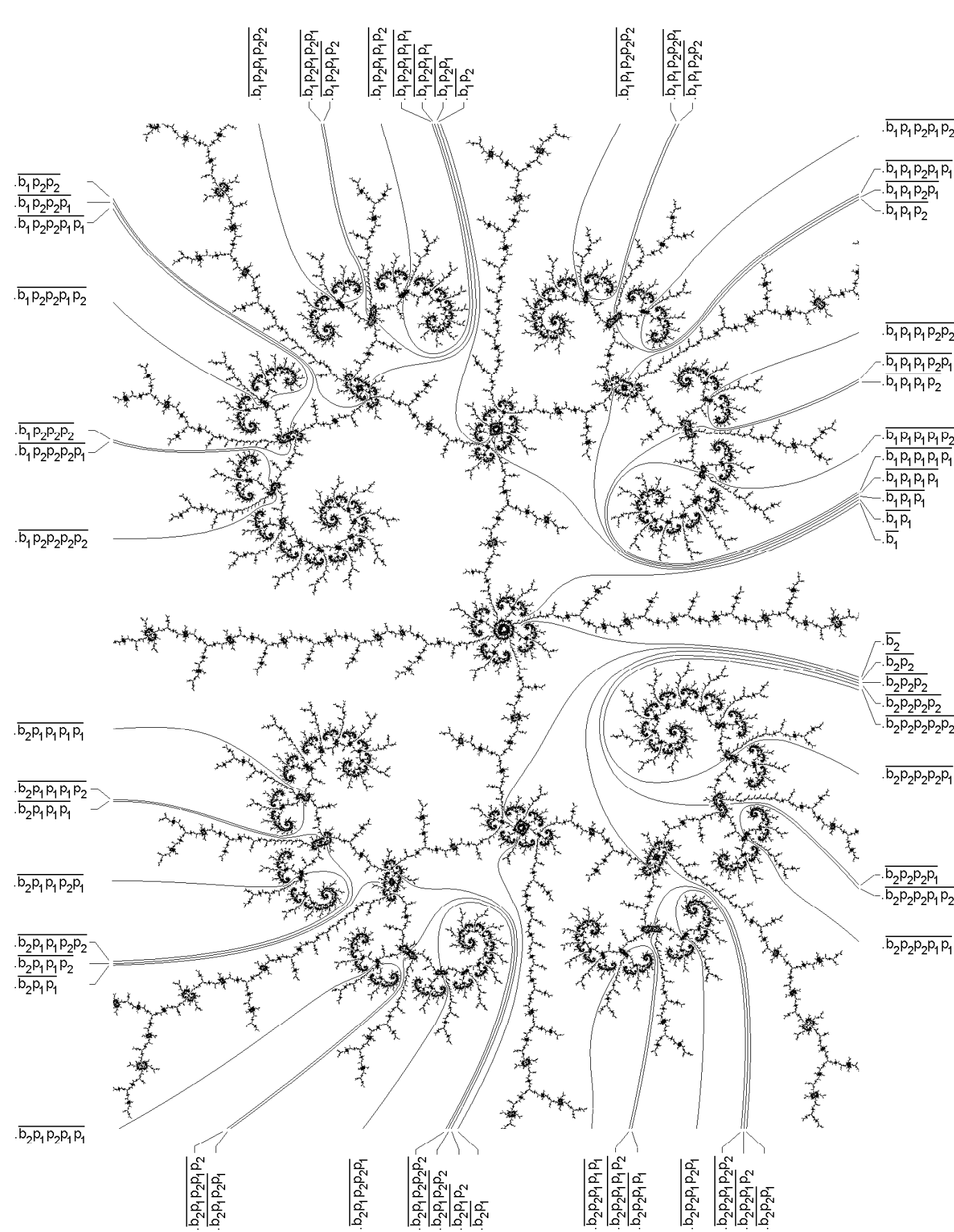


Fig. 3: Patrones de los babys no-centrales del medallón de espiral simple  $(b_1, b_2) = (\overline{p}_1^{10} \overline{g}_1, \overline{p}_2^{10} \overline{g}_2)$  localizado en  $-0,1537562 + 1,0303830i$  cuando  $(\overline{p}_1, \overline{p}_2) = (\overline{0011}, \overline{0100})$  y  $(\overline{g}_1, \overline{g}_2) = (\overline{001}, \overline{010})$ .

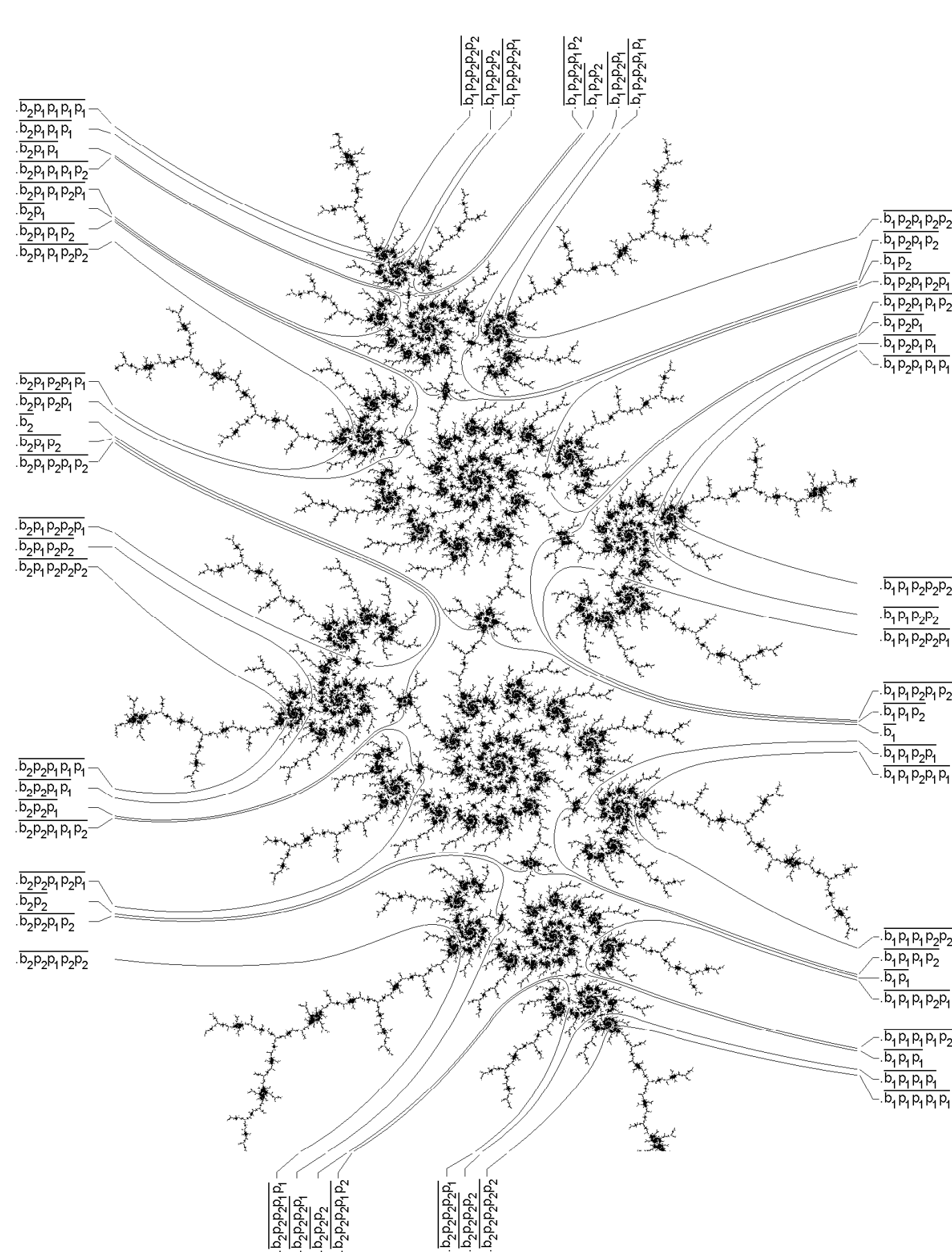


Fig. 4: Patrones de los babys no-centrales del medallón de espiral doble  $(b_1, b_2) = (\overline{p}_1 \overline{p}_2^4 \overline{p}_1 \overline{p}_1 \overline{g}_2, \overline{p}_1 \overline{p}_2^5 \overline{g}_1)$  localizado en  $-0,1598550 + 1,0381000i$  cuando  $(\overline{p}_1, \overline{p}_2) = (\overline{0011}, \overline{0100})$  y  $(\overline{g}_1, \overline{g}_2) = (\overline{001}, \overline{010})$ .

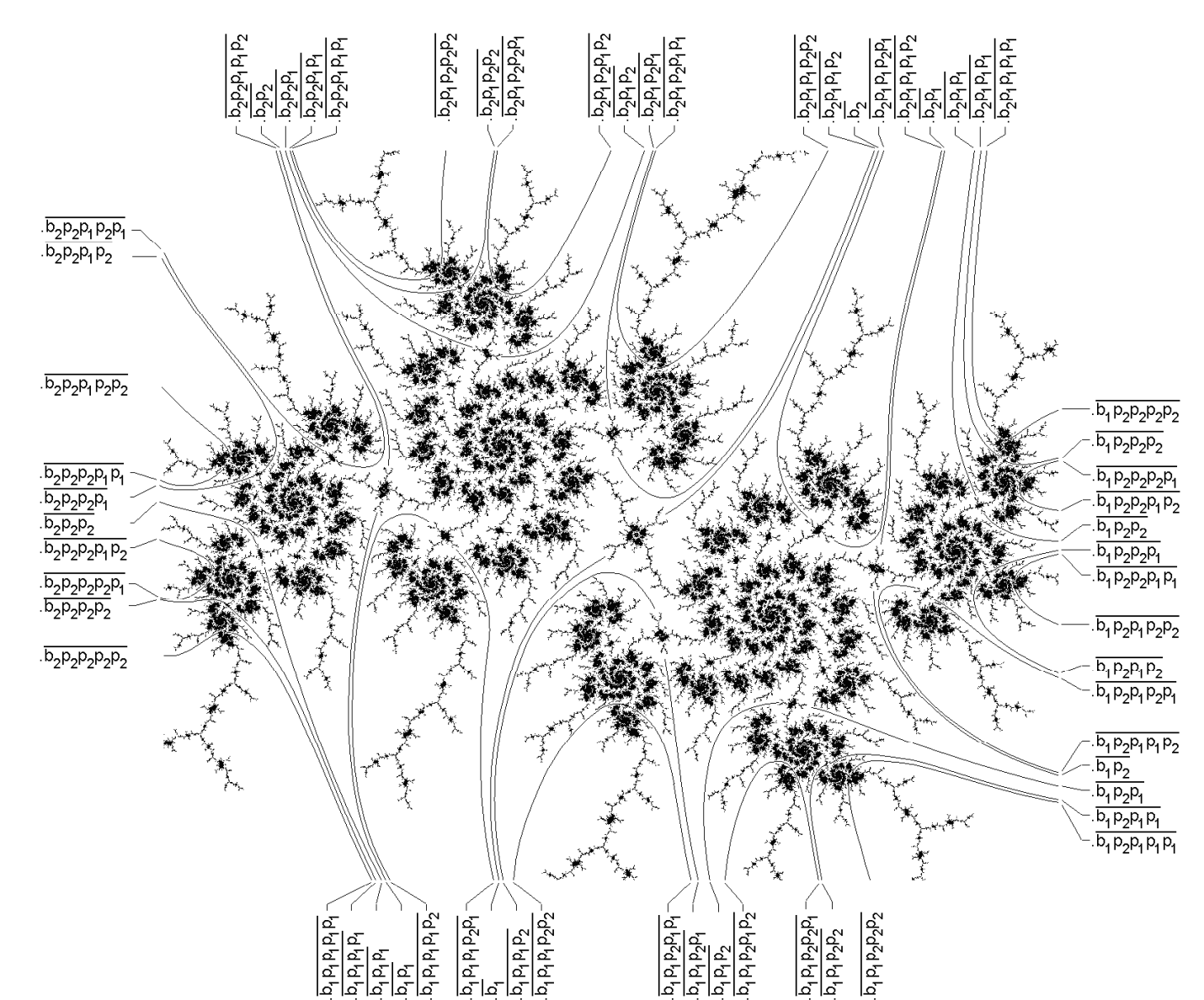


Fig. 5: Patrones de los babys no-centrales del medallón de espiral triple  $(\overline{b}_1, \overline{b}_2) = (\overline{p}_1 \overline{p}_1 \overline{p}_2^3 \overline{p}_1 \overline{p}_1 \overline{g}_2, \overline{p}_1 \overline{p}_1 \overline{p}_2^4 \overline{g}_1)$  localizado en  $-0,153266 + 1,036706i$  cuando  $(\overline{p}_1, \overline{p}_2) = (\overline{0011}, \overline{0100})$  y  $(\overline{g}_1, \overline{g}_2) = (\overline{001}, \overline{010})$ .

## 2. Emparejamiento de patrones

Utilizando las anteriores Figs. 2, 3, 4 y 5, podemos ver cómo se emparejan los patrones que corresponden al mismo baby no-central. En la Fig. 6 puede apreciarse cómo es este emparejamiento en los medallones no espirales (a), medallones de espiral simple (b), y medallones de espiral doble, triple, cuádruple y quintuple (c).

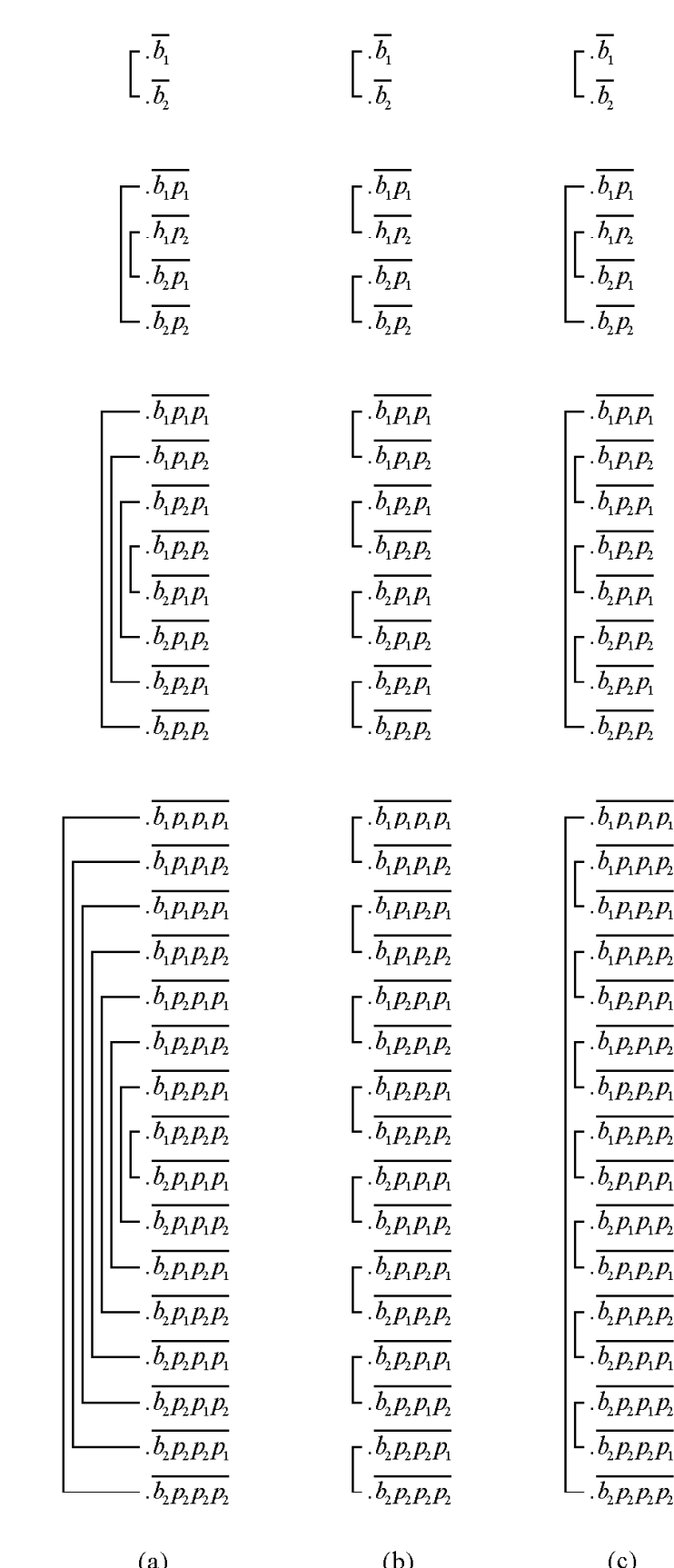


Fig. 6. Típico emparejamiento de patrones de los bMs en los medallones de espiral múltiple: (a) Medallones no espirales. (b) Medallones de espiral simple. (c) Medallones de espiral doble, triple, cuádruple y quintuple.

## Referencias

- [1] M. Romera, G. Pastor, G. Alvarez and F. Montoya, External arguments in the Mandelbrot set, Computers and Graphics 30 (2006) 461-470.
- [2] G. Pastor, M. Romera, G. Alvarez, J. Nunez and F. Montoya, Operating with external arguments of Douady and Hubbard, Discrete Dynamics in Nature and Society, Volume 2007, Article ID 45920, 17 pages.