Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

TÍTULO DE PATENTE NO. 269875

Titular(es): RODOLFO ALVARADO CERVANTES

Domicilio(s): Papagayo # 5, Lago de Guadalupe, 54760, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, MÉXICO

Denominación: MÉTODO DE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES EN COLOR, MEDIANTE EL USO DE LA INFORMACIÓN DE COLOR COMO UN TODO.

Clasificación: Int.Cl.8: G06K9/34; H04N9/804

Inventor(es): RODOLFO ALVARADO CERVANTES

SOLICITUD

Número:	Fecha de presentación:	Hora:
PA/a/2006/004633	26 de abril de 2006	14:14

PRIORIDAD

País:	Fecha:	Número:

ESTA PATENTE CONCEDE A SU TITULAR EL DERECHO EXCLUSIVO DE EXPLOTACIÓN DEL INVENTO RECLAMADO EN EL CAPÍTULO REIVINDICATORIO Y TIENE UNA VIGENCIA IMPRORROGABLE DE VEINTE AÑOS CONTADOS A PARTIR DE LA FECHA DE PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD, QUE ESTARÁ SUJETA AL PAGO DE LA TARIFA CORRESPONDIENTE.

Fecha de expedición: 8 de septiembre de 2009

EL DIRECTOR DIVISIONAL DE PATENTES

QUÍM. FABIAN R. SALAZAR GARCÍA

MX/2009/82019

269875

2006/4633

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

MÉTODO DE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES EN COLOR, MEDIANTE EL USO DE LA INFORMACIÓN DE COLOR COMO UN TODO

ANTECEDENTES

La segmentación de una imagen es la partición de dicha imagen en diferentes regiones que son similares de una manera predefinida [1][2]. La segmentación es una importante característica de la percepción visual humana la cual se manifiesta de manera espontánea y natural [1][2]. También es la tarea más importante y difícil en las áreas de análisis y procesamiento de imágenes [1] [2] [3] [4] [6] [7]; todos los pasos posteriores a la segmentación tales como la extracción de características y el reconocimiento dependen en gran medida de la calidad de la segmentación: Sin una buena técnica de segmentación, los objetos de interés (en una imagen relativamente compleja) son muy difíciles (muchas veces imposible) de reconocer utilizando técnicas automáticas [1] [2] [3] [5] [6] [7] [12]. Por tal razón es común que se requiera un considerable esfuerzo en el diseño de métodos de segmentación que incrementen la probabilidad de una segmentación exitosa.

Existen varias técnicas de segmentación disponibles para el procesamiento de imágenes en color, pero hasta años recientes, la mayoría de las técnicas de segmentación en color eran en realidad técnicas monocromáticas aplicadas a cada componente de la imagen en color (a veces trabajando en diferentes espacios) donde los resultados son después integrados para generar un resultado [10] [12] [3]. El problema en común con estos enfoques es que cuando los componentes de color de un píxel en particular son procesados de manera separada, la información de color es de tal manera diseminada en sus diferentes componentes de color, que gran parte de la percepción del color se pierde [6] [7] [10] [12].

En esta solicitud de patente se presenta un método de segmentación de imágenes semi-automático, el cual a diferencia de la mayoría de las técnicas publicadas, procesa la información de color como un todo para cada píxel, evitando de esta manera la diseminación de la información de color en sus componentes. El método aquí presentado es directo, simple y computacionalmente económico; su mejora en la calidad de la segmentación así como sus rápidos resultados, son significativos con respecto a otras soluciones.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

La información de color es integrada al generar lo que llamo Imágenes de Probabilidad de Color (IPC´s), calculando PC (ver página 13) para cada píxel, lo cual es original en esta solicitud de patente. La distancia Δ_h es también original y está formulada de acuerdo a las modificaciones del espacio de color HSI en especial de la representación de la tonalidad como vector en R^2.

En el método aquí presentado, se describen operaciones necesarias para obtener centroides de color directamente en este espacio HSI modificado, así como medidas de dispersión estadística diseñadas particularmente para interpretar la naturaleza vectorial de la tonalidad en el modelo HSI modificado. Las operaciones basadas en la representación de la tonalidad como un vector en R^2 también son originales.

Estado de la Técnica

En los últimos años ha habido un considerable esfuerzo de investigación dedicados al problema de la segmentación de imágenes de color debido a su importancia en las áreas de procesamiento y análisis de imágenes. Ha recibido gran atención porque el color es una característica visual muy robusta y efectiva para diferenciar un objeto de su entorno. Las técnicas publicadas disponibles y sus enfoques son ampliamente variados, desde extensiones de las técnicas monocromáticas clásicas [11] [34] a morfología matemática [6], esquemas de agrupamientos [20] [21], uso de wavelets [19] [23], técnicas estadísticas [2][35], y representación usando cuaterniones [29] entre otros.

En [10] y [12], los autores comentan que la mayoría de los enfoques de segmentación en color se basan en realidad en métodos de segmentación monocromáticos, operando en diferentes espacios de color. En estos espacios de color se aplican métodos de segmentación en tonos de gris en cada uno de los componentes. Sin embargo, un problema que no se resuelve es: *¿Cómo poder emplear la información de color, como un todo, para cada píxel?* En el momento que el color se proyecta en sus diferentes componentes, la información de color que los humanos pueden percibir, se pierde. Este problema en especial es en el que se trabajó para generar el método de segmentación que se presenta en esta solicitud de patente.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

En [33] se presenta una modificación al sistema de color I_1 I_2 I_3 propuesto por Yuiei Ohta en [34]. Las componentes modificadas las obtuvieron de forma experimental creando otras componentes C_1 C_2 y C_3 con las diferencias de los canales RG, GB y BR. Su método lo aplicaron a la segmentación de capas temáticas (ríos, carreteras, etc) en mapas cartográficos. Este método también puede considerarse del tipo mencionado en [5] y [9] ya que puede reducirse a la aplicación de técnicas monocromáticas a componentes de color individuales (en este caso los componentes ortogonales C_1 C_2 y C_3) y después la integración de los resultados.

Mucho trabajo se ha dirigido al desarrollo de técnicas de segmentación basados en modelos aleatorios [2]. En estas técnicas las regiones de la imagen son modeladas como campos aleatorios y el problema de segmentación es propuesto como un problema de optimización estadístico [2]. Comparado con otras técnicas, los métodos basados en modelos aleatorios proveen una caracterización más precisa de las regiones de la imagen, haciendo que varios de estos modelos puedan ser usados para sintetizar texturas de color que se parecen mucho a las encontradas en escenas naturales. La mayoría de las técnicas introducidas, usan interrelaciones espaciales como en los Campos Aleatorios de Markov o en los Campos Aleatorios de Gibbs [2][35]. La diferencia principal de estos métodos con el presentado en esta solicitud es que están basados en relaciones espaciales con la vecindad del píxel siendo procesado mientras que para la generación de una imagen IPC solo se toma en consideración la similitud del píxel a procesar sin tomar en cuenta su vecindad.

En [6] se presenta una técnica que combina características geométricas y de color para la segmentación extendiendo conceptos de morfología matemática para procesar imágenes en color. La segmentación final es obtenida fusionando una imagen de partición jerárquica y una imagen de detalles finos. Los autores consideran que a través de su enfoque (con la generación de una partición jerárquica de regiones de color y la obtención de los detalles finos a través de umbralización de top-hats), pueden obtener un análisis completo de la imagen. Su enfoque vectorial tiene como inconvenientes: 1) la complejidad computacional de los algoritmos, haciendo que las implementaciones sean

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

muy lentas. 2) Tiende a juntar texto, objetos puntuales y lineales en una sola imagen de detalles geométricos; todavía habría que separar las capas temáticas con un procesamiento extra para cada color para obtener una segmentación semejante al propuesto en esta solicitud.

En [7] los autores argumentan que espacios polares de color, tales como HLS, HSV, HSI, etc son inadecuados para tareas de procesamiento y análisis de imágenes. Después de presentar tres prerrequisitos para que los espacios polares de color tridimensionales sean adecuados para el procesamiento de imágenes, derivan una representación coordinada la cual satisface los prerrequisitos y al cual llaman Improved HLS (IHLS).

En [8] la idoneidad de las representaciones polares en tres dimensiones para tareas cuantitativas en procesamiento de imágenes es investigada. Después de un análisis crítico de la corrección gama se propone una representación polar usando la norma L_1. Los autores validan la relevancia de su propia representación a través de histogramas de luminancia / saturación, la cuales exhiben alineamientos observables y por lo mismo alguna forma de orden.

En [11] y [12] los autores presentan un método de segmentación basadas en una serie de combinaciones lineales de los componentes de color RGB y de las versiones ecualizadas de cada uno de ellos para crear 16 imágenes monocromáticas las cuales son después combinadas para obtener la partición final. Este método de segmentación es la base para los trabajos presentados en [13] [15] [16] y [17]. Este método es un caso típico de los mencionados en [5] y [6] que utilizan métodos monocromáticos en canales separados o combinaciones lineales de ellos (en este caso en el espacio RGB). A diferencia de este método, el propuesto en esta solicitud utiliza la información de color de manera conjunta para cada píxel de la imagen original RGB, transformándola a un espacio HSI especialmente modificado.

En [2] se presenta el estado de la técnica concerniente al procesamiento digital de imágenes en color, incluyendo segmentación. Se presentan varias distancias y medidas de similitud de color. Todas estas medidas comparan a los píxeles de color como unidad y están basadas en representaciones vectoriales tridimensionales para el color en cada componente. En ninguna de las distancias y medidas de similitud presentadas en [2] se

maneja la representación vectorial en R^2 para la tonalidad, tampoco el cálculo de la tonalidad promedio a través de sumas vectoriales como en el método presentado en esta solicitud de patente.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

En [20] se introduce un método de segmentación en color el cual se fundamenta en características cognoscitivas humanas. Fueron obtenidas a través de experimentos de categorización de color 11 categorías para segmentar la imagen. Desarrollaron una distancia llamada Fast Exact Euclidean Distance (FEED) trabajando el espacio de color HSI estándar. En [22] los autores usaron técnicas de imágenes multiespectrales para segmentar partes de glóbulos blancos en la sangre en vez de procesamiento de imágenes en color y procesaron el espectro de cada píxel individualmente.

Algunos de los métodos combinan textura e información de color para obtener la segmentación como en [18][29] y [31]. En [31] los autores mejoran una medida de integración llamada "J" la cual es usada para obtener bordes de color / textura y obtener a partir de ellos la segmentación final.

El método presentado en [30] ataca el problema de segmentar texto inmerso en imágenes de color del mundo real. Integran la información de color trabajando en el espacio RGB con información espacial usando varias métricas y filtros Log-Gabor.

En [25] los autores proponen un modelo de color confiable en el espacio de color HSI considerando la información de intensidad al adaptar ajuste de curvas B-spline para crear un modelo matemático para las características estadísticas de color con respecto a la intensidad.

En [24] los autores argumentan que tareas difíciles como la extracción y análisis de texto en imágenes de documentos Web se beneficia de las capacidades humanas de la percepción del color, en preferencia al análisis en el espacio de color RGB. Su enfoque permite la segmentación de texto en situaciones complejas como color y textura variantes. La imagen es segmentada utilizando análisis de los histogramas de tonalidad Hue) y Lightness en el espacio de color HLS y después fusionándolos usando información de la discriminación humana de longitud de onda y luminancia.

En [26] los autores proponen un método de segmentación de imágenes en color que filtra la imagen simultáneamente utilizando tensores de votación como paso principal de filtrado. Primero descomponen la imagen en regiones cromáticas y acromáticas, después

identifican las capas de texto usando tensores de votación y eliminan el ruido usando filtros medianos adaptativos de manera iterativa. Finalmente obtienen estimaciones de la densidad para detección de centroides y se realiza el agrupamiento con el algoritmo K-means para la segmentación de los valores de acuerdo al componente tonalidad (hue) o intensidad en la imagen mejorada.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

En [27] los autores presentan un esquema de segmentación de imágenes en color en una clasificación de píxeles no supervisada. En su técnica, cuando los puntos de color de diferentes regiones en una imagen dan origen a un solo cluster en el espacio de color, dividen este cluster en sub-clusters de puntos de color definidos por dominios de color. Las propiedades de conexión y de homogeneidad de sub-clusters de píxeles de color definidos por estos dominios de color son después analizados para construir las clases que representan las regiones de interés de la imagen.

En la técnica presentada en [29] la información de color para cada píxel es representada y analizada como una unidad en la forma de cuaterniones en el cual cada componente del espacio de color RGB corresponde a las bases i,j,k imaginarias respectivamente. Esta representación del color ha mostrado ser efectiva en el contexto de segmentar imágenes en color en regiones de textura y color similar

Referencias

[1] Gonzalez R.C., Woods R.E. "Digital Image Processing", Prentice Hall Tercera Edición, USA 2008.

[2] Plataniotis, K.N., Venetsanopoulos A.N, "Color Image Processing and Applications", 1ra Edición Springer Germany 2000, 354pp.

[3] Alvarado-Cervantes R., Tesis de Maestría en Ciencias, "Segmentación de patrones lineales topológicamente diferentes, mediante agrupamientos en el espacio de color HSI", Centro de Investigación en Computación Instituto Politécnico Nacional, México, 2006.

[4] Felipe-Riverón, E. M., García-Ramos, M. E. Levachkine S. P., "Problemas

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

potenciales en la digitalización automática de los mapas cartográficos en colores" *Proceedings of the International Congress on Computing CIC IPN '2000*, Ciudad de México, México 2000.

[5] Felipe-Riveron, E. M., Garcia-Ramos M. E., "Enhancement of Digital Color Halftoning Printed Images", GEOPRO 2002 ISBN: 970-18-8521-X, México.

[6] Angulo J., Serra J., "Mathematical Morphology in Color Spaces applied to The Analysis of Cartographic Images", GEOPRO 2003 México.

[7] Hanbury, A., Serra, J. "A 3D-polar Coordinate Colour Representation Suitable for Image Analysis", Technical Report PRIP-TR-77 Austria 2002.

[8] Angulo J., Serra J., "Modelling and segmentation of colour images in polar representations", Image and Vision Computing 25 (2007) 475–495 Centre de Morphologie Mathématique – Ecole des Mines de Paris, France.

[9] Bodansky, E. "System Approach To A Raster-To-Vector Conversion: From Research To Commercial System", GEOPRO 2002 ISBN 970-18-8521-X, México.

[10] Cheng H., Jiang X, Sun Y., Wang J., "Color image segmentation: Advances and prospects", Pattern Recognition 2001, 34(12), 2259-2281.

[11] Velazquez A., Levachkine S. P. "Text/Graphics Separation In Raster-Scanned Color Cartographic Maps", GEOPRO 2002, ISBN 970-18-8521-X, México.

[12] Levachkine S. P., Velázquez A. *et a.l.*, "Color Image Segmentation and Representation Using False Colors", Reporte Técnico #140, Serie Azul, CIC-IPN. México 2002.

[13] Levachkine S. P., "System Approach to R2V Conversion for Analytical GIS", GEOPRO 2002, Mexico ISBN 970-18-8521-X.

[14] Levachkine, S. P., Polchkov, E. A., "Cartographic Pattern Recognition", Reporte Técnico #54, Serie: Azul CIC-IPN. México 2000.

[15] Levachkine, S. P., Alexandrov, V., "Semantic-mind analysis and objected-oriented data integration of visual information: a Primer", GEOPRO 2003 – ISBN: 970-36-0111-1, México.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

[16] Levachkine S. P. Velázquez A., Alexandrov V., Kharinov M.," Semantic Analysis and Recognition of Raster-Scanned Color Cartographic Images", GEOPRO CIC IPN México 2002.

[17] Gelbukh, A., Han S., Levachkine S. P., "Combining Sources of Evidence to Resolve Ambiguities in Toponym Recognition in Cartographic Maps", GEOPRO 2003 ISBN: 970-36-0111-1, México.

[18] Allili M. S., Ziou D.,"Globally Adaptive Region Information For Automatic Color–Texture Image Segmentation", Pattern Recognition Letters 28 (2007) 1946–1956, Elsevier.

[19] Bourbakis N., Yuan P., Makrogiannis S., "Object Recognition Using Wavelets, *L-G* graphs and Synthesis of Regions", Pattern Recognition 40 (2007) 2077 – 2096, Elsevier.

[20] E.L. van den Broek, Schouten Th.E., Kisters P.M.F., "Modeling Human Color Categorization", Pattern Recognition Letters 2007, Elsevier.

[21] Chang H., Yeung D. Y.,"Robust Path-based Spectral Clustering", Pattern Recognition 41 (2008) 191 – 203, Elsevier.

[22] Guo N., Zeng L., Wu Q., "A method based on multispectral imaging technique for White Blood Cell Segmentation", Computers in Biology and Medicine 37 (2006) 70 – 76, Elsevier.

[23] Rosito-Jung, "Unsupervised multiscale segmentation of color images", Pattern Recognition Letters 28 (2007) 523–533, Elsevier.

[24] Karatzas D., Antonacopoulos A., "Colour Text Segmentation in Web Images Based on Human Perception", Image and Vision Computing 25 (2007) 564–577, Elsevier.

[25] Kim C., You B.J., Jeong M.H., Kim H., "Color Segmentation Robust To Brightness Variations By Using B-Spline Curve Modeling ", Pattern Recognition 41 (2008) 22 – 37, Elsevier.

[26] Lim J., Park J., Medioni G.G., "Text Segmentation in Color Images Using Tensor Voting", Image and Vision Computing 25 (2007) 671–685, Elsevier.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

[27] Macaire L., Vandenbroucke N., Postaire J.G., "Color Image Segmentation By Analysis Of Subset Connectedness And Color Homogeneity Properties", Computer Vision and Image Understanding 102 (2006) 105–116, Elsevier.

[28] Salvador E., Cavallaro A., Ebrahimi T., "Cast Shadow Segmentation Using Invariant Color Features", Computer Vision and Image Understanding 95 (2004) 238–259, Elsevier.

[29] Shi L., Funt B., "Quaternion Color Texture Segmentation", Computer Vision and Image Understanding 107 (2007) 88–96, Elsevier.

[30] Mancas-Thillou C., Gosselin B., "Color Text Extraction with Selective Metric-Based Clustering", Computer Vision and Image Understanding 107 (2007) 97–107, Elsevier.

[31] Wang Y.G., Yang J., Chang Y.C., "Color–Texture Image Segmentation by Integrating Directional Operators into JSEG Method", Pattern Recognition Letters 27 (2006) 1983–1990, Elsevier.

[32] R2V, Able Software Corp., http://www.ablesoftware.com

[33] Báez Roja J..J., Guerrero M.L., Conde Acevedo J., Padilla Vivancoa A. "Segmentación de imágenes en color", Revista Mexicana de Física **50** (6) 579–587 México (2004)

[34] Yu-Ichi Ohta, Takeo Kanade, and Toshiyuki Sakai, *Computer Graphics and Image Processing* **13** (1980) 222.

[35] Martín Fernadez M. "Campos Aleatorios de Markov", Curso 2004

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Los detalles característicos de esta nueva técnica de segmentación de imágenes en color se describen claramente en la siguiente descripción:

El método de segmentación en color, se puede dividir conceptualmente en dos pasos:

1. Mediante un procedimiento desarrollado para este fin, y aplicándolo en una imagen en color con formato RGB (la que se quiere segmentar) y donde previamente se seleccionó un color, se obtienen imágenes en tonos de grises, las que llamo Imágenes de

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Probabilidad de Color (IPC), en donde los píxeles que corresponden en la posición de aquellos del color seleccionado aparecen con mucha mayor intensidad. Es este paso donde se hace uso de la información de color como un todo en el procesamiento y es la parte novedosa de la invención.

2. El uso de herramientas de morfología matemática aplicadas a las imágenes IPC generadas para introducir características geométricas discriminantes. Ya que el resultado del paso 1 es una imagen en tonos de grises, se pueden utilizar las ya maduras y desarrolladas técnicas de morfología matemática para integrar características discriminantes geométricas con las de color generadas en el paso 1.

Para la generación de una imagen IPC, es necesario:

1. Una imagen en color con formato RGB.
2. Una muestra de píxeles que sea representativa del color percibido de un región de la imagen de interés.

A partir de la muestra de píxeles representativos, se calculan valores estadísticos mediante formulas que se desarrollaron para ese fin:

$$\text{Saturación_media} = \frac{\sum_{i=0}^{n} \mathbf{saturacion(i)}}{\mathbf{n}}$$

$$\text{Intensidad_media} = \frac{\sum_{i=0}^{n} \mathbf{intensidad(i)}}{\mathbf{n}}$$

Tonalidad_promedio = (Ver página X).

$$\text{Desviación estándar de Tonalidad } \sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta^2{}_t(\mathbf{i})}{\mathbf{n}-1}}$$

$$\text{Desviación estándar de Saturación } \sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta^2{}_s(\mathbf{i})}{\mathbf{n}-1}}$$

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Desviación estándar de Intensidad $\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta^2_i(i)}{n-1}}$

Donde:

n es el número de elementos de la muestra.

Δ_t = distancia_tonos_Δ_t (tonalidad(i),tonalidad_media). Ver página 16.

Δ_s = distancia_saturación_Δ_s (saturación(i),saturación_media). Ver página 17.

Δ_i = distancia_intensidad_Δ_i (intensidad (i),intensidad_media). Ver página 17.

Tonalidad(i) = Ver página 19.

Saturación(i) = Ver página 19.

Intensidad(i) = 1/3 (R+G+B)

Finalmente, para la generación de la imagen IPC, se recorre toda la imagen en color, y se calcula para cada píxel la "Probabilidad de color " PC(i,j) de la siguiente manera:

$$\mathbf{PC} = \mathbf{e}^{\left(\frac{-a_1\Delta_t^2}{2\sigma_t^2}\right)} \mathbf{e}^{\left(\frac{-a_2\Delta_s^2}{2\sigma_s^2}\right)} \mathbf{e}^{\left(\frac{-a_3\Delta^2 i}{2\sigma_i^2}\right)}$$

donde:

e = 2.7182...

Δ_t = distancia_tonos_Δ_t (tonalidad(i,j),tonalidad_media). Ver página 16.

Δ_s = distancia_saturación_Δ_s (saturación(i,j),saturación_media) . Ver página 17.

Δ_i = distancia_intensidad_Δ_i (intensidad (i,j),intensidad_media) . Ver página 17.

El centroide de color está formado por (tonalidad_media, saturación_media, intensidad_media)

$\mathbf{a_1}$, $\mathbf{a_2}$ y $\mathbf{a_3}$ son valores de una máscara de discriminación, que puede ser igualados a 1 o 0 (uno o cero) únicamente. Sirven para discriminar cualquiera de los componentes H,S o I en algunos casos que se requiere. 0 (cero) corresponde a discriminación.

σ_t = máximo(Desviación estándar de tonalidad, umMínimo)

σ_s = máximo(Desviación estándar de saturación, umMínimo)

σ_i = máximo(Desviación estándar de intensidad, umMínimo)

Generalmente umMínimo = 0.07 da buenos resultados.

umMínimo es un umbral para mejorar la imagen IPC que se obtuvo a partir de experimentos.

Una vez que se obtiene la imagen IPC, se puede utilizar cualquier herramienta de morfología matemática para procesarla; al igual que se puede hacer uso de cualquier otra imagen en tonos de grises que se obtengan por una combinación lineal de los componentes RGB para obtener información que permita refinar la segmentación.

A través del concepto de Probabilidad de Color (PC), el cual representa la factibilidad de que el píxel en cuestión pertenezca a un color previamente seleccionado, se emplea la información de color como un todo, para ser procesada directamente sin proyectar sus componentes separadamente.

CÁLCULO DE TONALIDAD PROMEDIO

Para la obtención de la tonalidad_promedio, se toma ventaja de la representación de la tonalidad en forma de vector en R^2 (Ver página 19) Los vectores en R^2, que representan la tonalidad, se combinan a través de una suma vectorial.

Del vector resultante de la suma, se obtiene la tonalidad promedio y un valor llamado saturación relativa. La saturación relativa nos proporciona una medida de en qué manera los diferentes tonos agrupados afectan la saturación del conjunto.

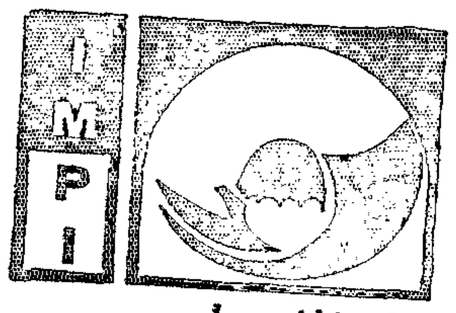
De esta manera, se define la tonalidad_promedio (Hm) con el siguiente procedimiento:

1. A cada píxel del grupo a promediar, se aplica una transformación de R^3 a R^2 definida en la siguiente matriz:

VR (P)=

$$\{ \quad \begin{bmatrix} 1 & -\cos(\pi/3) & -\cos(\pi/3) \\ 0 & \operatorname{sen}(\pi/3) & -\operatorname{sen}(\pi/3) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \text{Si } P \notin \mathbf{G}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad \text{Si } P \in \mathbf{G} \qquad \}$$



Donde **G** representa la zona acromática o de singularidades (Ver página 18).

[RGB] es el píxel representado en el espacio de color RGB

2. Se ejecuta el equivalente al siguiente procedimiento:

```
Vector.x = 0;
Vector.y = 0;
For (i = 1; i <= n; i++)
{  Vector.x = Vector.x +   VR(i).x;
   Vector.y = Vector.y +  VR(i).y;}
```

Se tiene un Vector acumulador que se encarga de mantener el resultado de las sumas parciales, mientras se recorre el índice i. Cada uno de los vectores que se adicionan al acumulador corresponden a la transformación previamente hecha en el paso 1: VR(i).

3. Se obtiene el ángulo con respecto al eje X en R^2 que corresponde a la tonalidad (Hue): Hm = ángulo (Vector,0).

4. Se obtiene la saturación relativa Sr:

Sr = Mag(Vs) / Mag(V1) + Mag(V2)

DEFINICIÓN DE DISTANCIAS DE COLOR Δ_t, Δ_s, Δ_i

DISTANCIA DE TONALIDAD Δ_t

A partir de la representación vectorial de la tonalidad, se define la distancia de tonalidad Δ_t, para dos píxeles P_1 y P_2 como:

$$\Delta_t(P1,P2) = \quad | K*\operatorname{abs}(\operatorname{acos}[\text{prod_escalar}(V_1,V_2) / \text{mag}(V_1)*\text{mag}(V_2)]) \text{ Si } P_1 \text{ y } P_2 \notin \mathbf{G}$$

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

| 0 Si P_1 o P_2 $\in$ **G**.

Donde:

abs () = valor absoluto

acos () = arco-coseno

mag () = magnitud de los vectores.

prod_escalar () = producto escalar de dos vectores.

K es un factor real que sirve para normalizar la distancia $\Delta_t \in [0,1]$.

G es la región acromática o de singularidades (Ver página 18)

V_1 y V_2 son los vectores en R^2 formados mediante la transformación Vm(P):

Vm (P)=

$$\{ \begin{bmatrix} 1 & -\cos(\Pi/3) & -\cos(\Pi/3) \\ 0 & \operatorname{sen}(\Pi/3) & -\operatorname{sen}(\Pi/3) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Si P} \notin \mathbf{G}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Si P} \in \mathbf{G} \qquad \}$$

Donde **G** representa la zona acromática o de singularidades.

Se tiene:

Vs = Vm / |Vm|

DISTANCIA DE SATURACIÓN Δ_s

A partir del espacio de color seleccionado, y del algoritmo propuesto para calcular la saturación, se define la distancia de tonalidad Δ_s para dos píxeles P1 y P2 como:

Δ_s = abs [saturación(P1)-saturación(P2)]

DISTANCIA DE INTENSIDAD Δ_i

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

A partir del espacio de color seleccionado, se define la distancia de intensidad Δ_i, para dos píxeles P_1 y P_2 como:

$$\Delta_i = \text{abs}\,[\text{intensidad}(P_1)-\text{intensidad}(P_2)]$$

USO DE MORFOLOGÍA MATEMÁTICA SOBRE IMÁGENES IPC

La imagen IPC nos indica que píxeles en la imagen tienen la mayor probabilidad de pertenecer a los objetos de interés. Esta imagen se puede tratar con cualquier herramienta de morfología matemática para tonos de grises; ya sean filtros, operaciones, umbralizaciones, etc. El uso de morfología matemática fortalece el método de segmentación; ya que introduce características geométricas, mientras que la imagen IPC introduce características de color; ambos se complementan dando buenos resultados. También se puede incluir (como información complementaria), en el procesamiento, la imagen de intensidad. Cuando los objetos de interés están formados principalmente por píxeles acromáticos, es más fácil segmentarlos a partir de la imagen de intensidad que de la imagen IPC. No obstante, en estos casos, las imágenes IPC pueden servir para remover elementos que se confundan, en la imagen de intensidad con los objetos de interés.

DEFINICIÓN DE LA ZONA ACROMÁTICA O DE SINGULARIDADES G

Se entiende como zona acromática del espacio de color HSI, como aquella región donde no se percibe tonalidad alguna. Es decir, el color se percibe como un nivel de gris. Esto se debe a que la saturación del color es baja o la intensidad es casi cero o muy alta.

Dado el modelo tridimensional del sistema HSI, definimos la región acromática (también llamada de singularidades) **G** a la unión de los puntos del cilindro definido por Saturación < umbral_1 y de los conos Intensidad < umbral_2 e Intensidad > umbral_3. Los píxeles en esta zona acromática son percibidos como niveles de gris. Para la técnica aquí descrita, son necesarias ciertas modificaciones en la representación de color y de

algunos cálculos en el espacio de color estandarizado HSI que se describen a continuación.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

MODIFICACIONES AL MODELO ESTÁNDAR DE COLOR HSI

CAMBIOS EN REPRESENTACIÓN DE LA TONALIDAD

Una modificación importante al modelo de color HSI consiste en cambiar la representación del atributo de tonalidad (Hue), que generalmente es un ángulo $\in$ [0, 360]; a un punto (x,y) $\in R^2$, y con distancia al origen igualada a uno. Esta representación alternativa permite encontrar el cambio de tonalidad (o distancia Δ_t), entre dos píxeles, en función del ángulo que existe entre los vectores generados en R^2.

Siendo así, la representación alternativa de la tonalidad se define como: Un vector V $\in$ R^2 con |V| = 1, que tiene como ángulo a la tonalidad (Hue) entre el vector V y un vector unitario paralelo al eje X. Con el fin de normalizar, se da una magnitud al vector igual a 1 (Ver figura 1: Donde R representa al rojo, G al verde, B al azul, H a Hue y C es el circulo con magnitud 1).

En sí, esta representación en R^2 puede considerarse equivalente a la comúnmente utilizada en el modelo HSI, en el sentido de representar completamente al atributo tonalidad, pero con la diferencia, en que con esta nueva representación se puede interpretar la distancia entre tonos, en función del menor ángulo entre dos vectores.

CAMBIOS INTRODUCIDOS EN EL CÁLCULO DE LA SATURACIÓN

Con el objeto de evitar que el valor de la saturación se indetermine cuando la intensidad es igual a cero, se iguala la saturación a cero en este punto del espacio de color. El algoritmo para calcular la saturación queda de la siguiente manera:

```
si (intensidad>0)
 saturación (P) = 1 - ((3/(intensidad(P))) * mínimo(r,g,b))
en otro caso
 saturación (P) = 0
```

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

```
fin
```

Donde r,g,b, son los valores de color respectivos, en formato RGB, del pixel P.

Para completar esta descripción, se añaden un ejemplo de la aplicación del método aquí expuesto y se compara con un software comercial (el mejor que se conoce) que es representativo de los métodos de segmentación existentes. Se comparan los resultados y se puede observar la gran mejora en la calidad de la segmentación que resulta de nuestra técnica.

EJEMPLO DE LA UTILIZACIÓN DEL METODO DESCRITO

Aquí se muestra un ejemplo de la implementación del método descrito aplicado a una imagen de prueba, que consiste en una porción de un mapa topográfico previamente digitalizado en formato RGB con tamaño de 300 x 350 píxeles, mostrado en la figura 2.

Para el procesamiento se utilizó una computadora PC con las siguientes características:

Microprocesador:	Intel Pentium
Memoria RAM:	512 Mb
Disco Duro:	80 Gb
Sistema Operativo:	Windows XP
Plataforma Tecnológica:	Matlab

Los capas temáticas de interés para segmentar en esta imagen son las siguientes:

- α. Ríos (líneas azules)
- β Isolíneas café gruesas (curvas de nivel tipo A)
- γ Isolíneas café delgadas (curvas de nivel tipo B)
- δ Área verde
- ε Puntos verdes

Para segmentar las líneas azules, se siguen los pasos del 1 al 5 :

1. Selección de píxeles muestra. Se tomó una muestra de píxeles que forman parte de las líneas azules. En este caso fueron:

   Muestra (renglón, columna) =

   155 52

   155 53

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

156	52
157	51
157	52
158	51
159	50
160	49
161	48
163	46
164	46

Se muestran marcados y señalados con el símbolo α en la figura 3.

2. Con estos píxeles se calcula el centroide del color de los píxeles seleccionados con las fórmulas expuestas: Centroide de Color $\{Hc \in [0,2\pi], Sc \in [0,1], Ic \in [0,255]\} = (3.56, 0.4126, 102)$

El vector representativo de la tonalidad promedio es: Vrep = (-0.9123, -0.4094)

A partir de la muestra, se calcula la desviación estándar, teniendo como resultado:

$\sigma_{ti} = 0.0392$

$\sigma_{si} = 0.0884$

$\sigma_{ii} = 0.0382$

De tal manera que los valores para el cálculo de PC son

$\sigma_t = 0.07$

$\sigma_s = 0.0884$

$\sigma_i = 0.07$

3. Se genera la imagen IPC a partir de los datos obtenidos.
4. En este primer intento, se puede observar en la imagen IPC un buen resalte de los píxeles que forman los ríos. Se puede considerar una imagen útil para la segmentación.
5. Se binariza la imagen IPC aplicando un umbral. en este caso es de 30 (el rango es de 0 a 255).

La figura 4 muestra la segmentación señalada con el símbolo α

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Segmentación de isolíneas café gruesas (curvas de nivel tipo A)

1. Selección de píxeles muestra. Se tomaron muestras de píxeles que parecieron representativas de las isolíneas café gruesas. En éste caso fueron:

Muestra (renglón, columna) =

182 80
183 78
183 79
184 77
184 78
185 76
185 77
186 74
187 73
188 72

En la figura 8 se muestran señalados estos pixeles con el símbolo α

2. Con estos píxeles se calculó el centroide del color Cc del color de los píxeles seleccionados en el espacio HSI, con las fórmulas expuestas en la sección 5.6:

Centroide de Color $\{Hc \in [0,2\pi], Sc \in [0,1], Ic \in [0,255]\} = (0.31,\ 0.45,\ 66)$

El vector representativo de la tonalidad promedio es: Vrep = (0.9515, 0.3077)

A partir de la muestra, se calculó la desviación estándar, teniendo como resultado:

$\sigma_{ti} = 0.0392$

$\sigma_{si} = 0.0884$

$\sigma_{ii} = 0.0382$

De tal manera que los valores para el cálculo de PC son:

$\sigma_t = 0.07$

$\sigma_s = 0.0884$

$\sigma_i = 0.07$

3. Se generó la imagen IPC a partir de los datos obtenidos.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

4. En este primer intento, se puede observar en la imagen IPC un buen resalte de los píxeles que forman a las curvas de nivel tipo A. Se puede considerar una imagen útil para la segmentación.

5. Se umbraliza con un valor de 80.

Aunque la imagen puede considerarse como aceptable para el reconocedor, se pueden eliminar los puntos aislados de la siguiente forma:

6.1 Utilizando morfología matemática, se genera una imagen dilatada con un elemento estructural de 3x 3.

6.2 Se eliminan las áreas conexas menores a 20 píxeles.

Por último, se obtiene la segmentación al aplicar la función lógica *and* a la imagen de donde se eliminó las áreas conexas menores a 20 píxeles (imagen del paso 6.2) y donde se umbralizó con un valor de 80 (imagen del paso 5).

La figura 6 muestra la segmentación de las isolíneas café gruesas sobre la imagen de intensidad señalada con el símbolo α

Segmentación de isolíneas café delgadas (curvas de nivel tipo B)

1. Selección de píxeles muestra. Se tomaron muestras de píxeles que parecieron representativas de las líneas café delgadas. En este caso fueron:

Muestra (renglón, columna) =

238 180
239 179
241 178
242 176
242 177
243 175
244 174

Estos pixeles se encuentran señalados en la figura 7 con el símbolo α.

2. Centroide de Color {Hc Î [0,2 p], Sc Î [0,1], Ic Î [0,255]} = (0.435, 0.323, 129)

El vector representativo de la tonalidad promedio es: Vrep = (0.9069 0.4213)

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

A partir de la muestra, se calculó la desviación estándar, teniendo como resultado:

$\sigma_{ti} = 0.0293$

$\sigma_{si} = 0.0390$

$\sigma_{ii} = 0.0662$

De tal manera que los valores para el cálculo de PC son:

$\sigma_t = 0.07$

$\sigma_s = 0.07$

$\sigma_i = 0.07$

3. Se generó la imagen IPC a partir de los datos obtenidos.

4. En este primer intento, se puede observar en la imagen IPC un buen resalte de los píxeles que forman a las curvas de nivel tipo B. Se puede considerar una imagen útil para la segmentación.

5. Se binarizó la imagen con un umbral de 150.

Para mejorar la calidad de la segmentación se substrajo la imagen dilatada de líneas café gruesas de la binarización con umbral de 150 (imagen del paso 5).

La figura 8 muestra la segmentación señalado con el símbolo α

Segmentación del área verde

1. Selección de píxeles muestra. Se tomaron muestras de píxeles que parecieron representativas de las líneas azules cortadas. En este caso fueron:

Muestra (renglón, columna) =

73 234

73 235

74 233

74 234

74 235

75 233

75 234

76 234

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Estos píxeles se muestran en la figura 9 señalados con el símbolo α.

2. Centroide de Color {Hc ∈ [0,2 π], Sc ∈ [0,1], Ic ∈ [0,255]} = (186.0 33.150.6)

El vector representativo de la tonalidad promedio es: Vrep = (0.2052 0.9787)

A partir de la muestra, se calculó la desviación estándar, teniendo como resultado:

$\sigma_{ti} = 0.0514$

$\sigma_{si} = 0.0680$

$\sigma_{ii} = 0.0376$

De tal manera que los valores para el cálculo de PC son:

$\sigma_t = 0.07$

$\sigma_s = 0.07$

$\sigma_i = 0.07$

3. Se generó la imagen IPC a partir de los datos obtenidos.
4. En este primer intento, se puede observar en la imagen IPC un buen resalte de los píxeles que forman al área verde. Se puede considerar una imagen útil para la segmentación.
5. Se binarizó con un umbral de 150.

A partir de esta imagen se utilizó procesamiento morfológico para mejorar la segmentación.

6.1 Se realizó una apertura con un elemento estructural de 3x 3.

6.2 Se eliminaron las regiones conexas mayores a 20 píxeles.

6.3 Al resultado anterior se le aplica una cerradura con un disco de radio 5 píxeles, y se tiene la segmentación deseada. Esta se muestra en la figura 10 señalada con el símbolo α

Segmentación de puntos verdes

1. Selección de píxeles muestra. Se tomaron muestras de píxeles que parecieron representativas de los puntos verdes. En este caso fueron:

Muestra (renglón, columna) =

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

233 192

233 193

233 194

233 192

234 193

En la figura 11 se muestran estos píxeles señalados por el símbolo α

2. Centroide de Color $\{Hc \in [0,2\pi], Sc \in [0,1], Ic \in [0,255]\} = (1.8, 0.19\ 114.3)$

El vector representativo de la tonalidad promedio es: Vrep = (-0.2277 0.9737)

A partir de la muestra, se calculó la desviación estándar, teniendo como resultado:

$\sigma_{ti} = 0.1350$

$\sigma_{si} = 0.0418$

$\sigma_{ii} = 0.0887$

De tal manera que los valores para el cálculo de PC son

$\sigma_t = 0.1350$

$\sigma_s = 0.07$

$\sigma_i = 0.0887$

3. Se generó la imagen IPC a partir de los datos obtenidos.

4. En este primer intento, se puede observar en la imagen IPC un buen resalte de los píxeles que forman a los puntos verdes. Se puede considerar una imagen útil para la segmentación.

5. Se binarizó con un umbral de 70.

6. Para obtener la segmentación de los puntos solo es necesario substraer la segmentación del área verde (figura 10) a la imagen anterior. El resultado se muestra en las figura 12 señalado con el símbolo α.

PRUEBAS COMPARATIVAS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos con el software R2V de Able Software Corp. (que es representativo de los mejores métodos de segmentación existentes [X]) al ser aplicados a la imagen de prueba. La salida de este software no es

solo la segmentación de los objetos de interés, sino su vectorización. A pesar de esto, se puede apreciar la calidad de la segmentación. La diferencia de resultados con respecto al método propuesto es asombrosa.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Procesamiento de las líneas azules

Se seleccionó un grupo de píxeles pertenecientes a las líneas azules. Se pueden observar en la figura 13 señalados con el símbolo α.

El resultado del procesamiento es el mostrado en la figura 14 señalado con el símbolo α.

Como puede observarse, la calidad de la segmentación es mucho menor a la del sistema propuesto, tanto que el resultado es prácticamente inutilizable.

Procesamiento de isolíneas café gruesas (curvas de nivel tipo A)

Se seleccionó un grupo de píxeles pertenecientes a las isolíneas café gruesas. Estos píxeles pueden observarse en la figura 15 señalados con el símbolo α.

El resultado del procesamiento es el mostrado en la figura 35.

En este caso el resultado es tań pobre que tampoco es útil para propósitos prácticos.

Procesamiento de isolíneas café delgadas (curvas de nivel tipo B)

Se seleccionó un grupo de píxeles pertenecientes a las isolíneas café delgadas Estos píxeles pueden observarse en la figura 17 señalados con el símbolo α.

El resultado del procesamiento es el mostrado en la figura 18 señalado con el símbolo α.

En este caso el resultado tampoco es útil.

Procesamiento del área verde

Se seleccionó un grupo de píxeles pertenecientes al área verde Estos píxeles pueden observarse en la figura 19 señalados con el símbolo α.

El resultado del procesamiento es el mostrado en la figura 20 señalado con el símbolo α.

Procesamiento de los puntos verdes

Se seleccionó un grupo de píxeles pertenecientes a los puntos verdes Estos píxeles pueden observarse en la figura 21 señalados con el símbolo α.

El resultado del procesamiento es el mostrado en la figura 22 señalado con el símbolo α.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

REIVINDICACIONES

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Habiendo descrito suficientemente mi técnica, considero como una novedad y por tanto reclamo como de mi exclusiva propiedad lo contenido en las siguientes clausulas:

1. El método de segmentación de imágenes en color, implementado en una computadora, el cual recibe una imagen en color en formato RGB de 24 bits a la que se desea segmentar diferentes regiones homogéneas en color, y se le suministra una pequeña muestra de **n** píxeles representativos del color de los objetos que se desean segmentar, en donde el método para obtener la segmentación de la región de interés está caracterizado por los siguientes pasos:

a) Obtener el centroide de color **[Hc, Sc, Ic]** y los parámetros estadísticos σ_t, σ_s, σ_i mediante el procesamiento de la muestra de **n** píxeles.

b) Recorrer toda la imagen con el procesador, y para cada píxel **P** de la imagen:

- Transformar el píxel **P** de R^3 a R^2 con $|V| = 1$ mediante la transformación:

$$Vm(P) = \begin{cases} \begin{bmatrix} 1 & -\cos(\Pi/3) & -\cos(\Pi/3) \\ 0 & \operatorname{sen}(\Pi/3) & -\operatorname{sen}(\Pi/3) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \end{bmatrix} & \text{Si } P \notin \mathbf{G} \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} & \text{Si } P \in \mathbf{G} \end{cases}$$

Donde **G** es la zona acromática o de singularidades

y $V_s = V_m/|V_m|$.

- Obtener la distancia Δ_t: Δ_s y Δ_i

- Calcular el valor de PC a partir la ecuación:

$$\mathbf{PC} = \mathbf{e}^{\left(\frac{-\mathbf{a}_1\Delta_t^2}{2\sigma_t^2}\right)} \; \mathbf{e}^{\left(\frac{-\mathbf{a}_2\Delta_s^2}{2\sigma_s^2}\right)} \; \mathbf{e}^{\left(\frac{-\mathbf{a}_3\Delta^2\mathbf{i}}{2\sigma_i^2}\right)}$$

Donde a_1, a_2 y a_3 son valores de una máscara de discriminación, que puede ser igualados a 1 o 0 (uno o cero) únicamente.

- Guardar este valor en una nueva imagen en la misma posición del píxel procesado. De esta manera se obtiene la imagen de probabilidad de color (IPC).

c) Obtener la umbralización de la imagen IPC previamente obtenida y este resultado genera la segmentación de la región de interés usando características de color únicamente.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

2. El método de segmentación de imágenes en color de conformidad con la reivindicación 1 caracterizado además por que a las imágenes de probabilidad de color (IPC´s) se le aplican técnicas de morfología matemática.

3. Un método de segmentación de conformidad con la reivindicación 1 y 2 caracterizado porque el paso de umbralar la imagen IPC se realiza mediante el calculo de operaciones estadísticas aplicadas a la imagen fuente, la imagen IPC y la muestra inicial de **n** píxeles.

4. El método para calcular la tonalidad promedio (Hm) de un grupo de píxeles, la cual forma parte del centroide de color [Hc Sc Ic] (haciendo Hc = Hm), que es necesario calcular en el paso **a** de la reivindicación 1, que es provisto de una muestra de **n** píxeles representativos del color a promediar en formato RGB, caracterizado por los siguientes pasos:

   a) Transformar cada píxel **P** de la imagen de R^3 a R^2 mediante la transformación $V_m(\mathbf{P})$.

   b) Sumar cada componente de los vectores en R^2 obtenidos (suma vectorial).

   c) Obtener el ángulo del vector suma con respecto al eje X el cual corresponde a la saturación promedio Hm.

5. El método para calcular la tonalidad promedio (Hm) de un grupo de píxeles en conformidad con la reivindicación 4, caracterizado además por dividir el vector entre su norma ($V_s = V_m/|V_m|$) antes de hacer la suma vectorial.

RESUMEN

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

En esta solicitud de patente se presenta un novedoso método semi-automático de segmentación de imágenes en color, el cual a diferencia de la mayoría de las técnicas publicadas, procesa la información de color como un todo para cada píxel, evitando de esta manera la diseminación de la información de color en sus componentes. El método aquí presentado es directo, simple y computacionalmente económico; su mejora en la calidad de la segmentación así como sus rápidos resultados, son significativos con respecto a otras soluciones.

El método se basa fundamentalmente en la generación, a partir de imágenes en color en formato RGB, de Imágenes de Probabilidad de Color (IPC) que son imágenes en escalas de grises donde aparecen resaltados los píxeles en las posiciones que corresponden al color de una pequeña muestra representativa. Estas imágenes IPC pueden ser procesadas con técnicas de morfología matemática para introducir características geométricas en la segmentación.

El método puede ser dividido conceptualmente en dos pasos:

1. La creación de Imágenes de Probabilidad de Color (IPC´s) usando el color como única característica discriminante.
2. En caso de ser necesario, se introducen características geométricas mediante la aplicación de técnicas de morfología matemática sobre las imágenes IPC´s generadas en el paso 1.

También se describen operaciones necesarias para obtener centroides de color directamente en este espacio HSI modificado así como medidas de dispersión estadística diseñadas particularmente para interpretar la naturaleza vectorial de la tonalidad en el modelo HSI modificado.

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

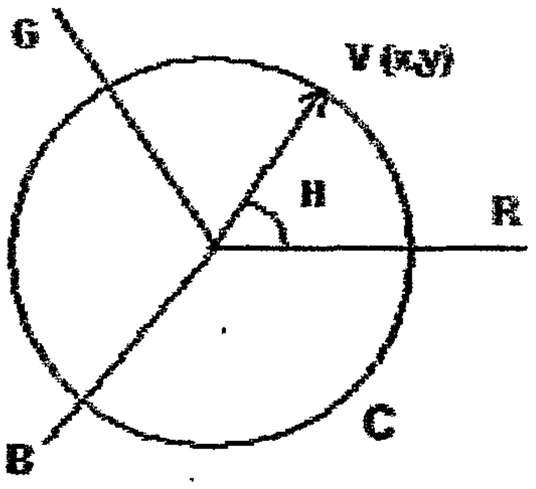


Figura 1

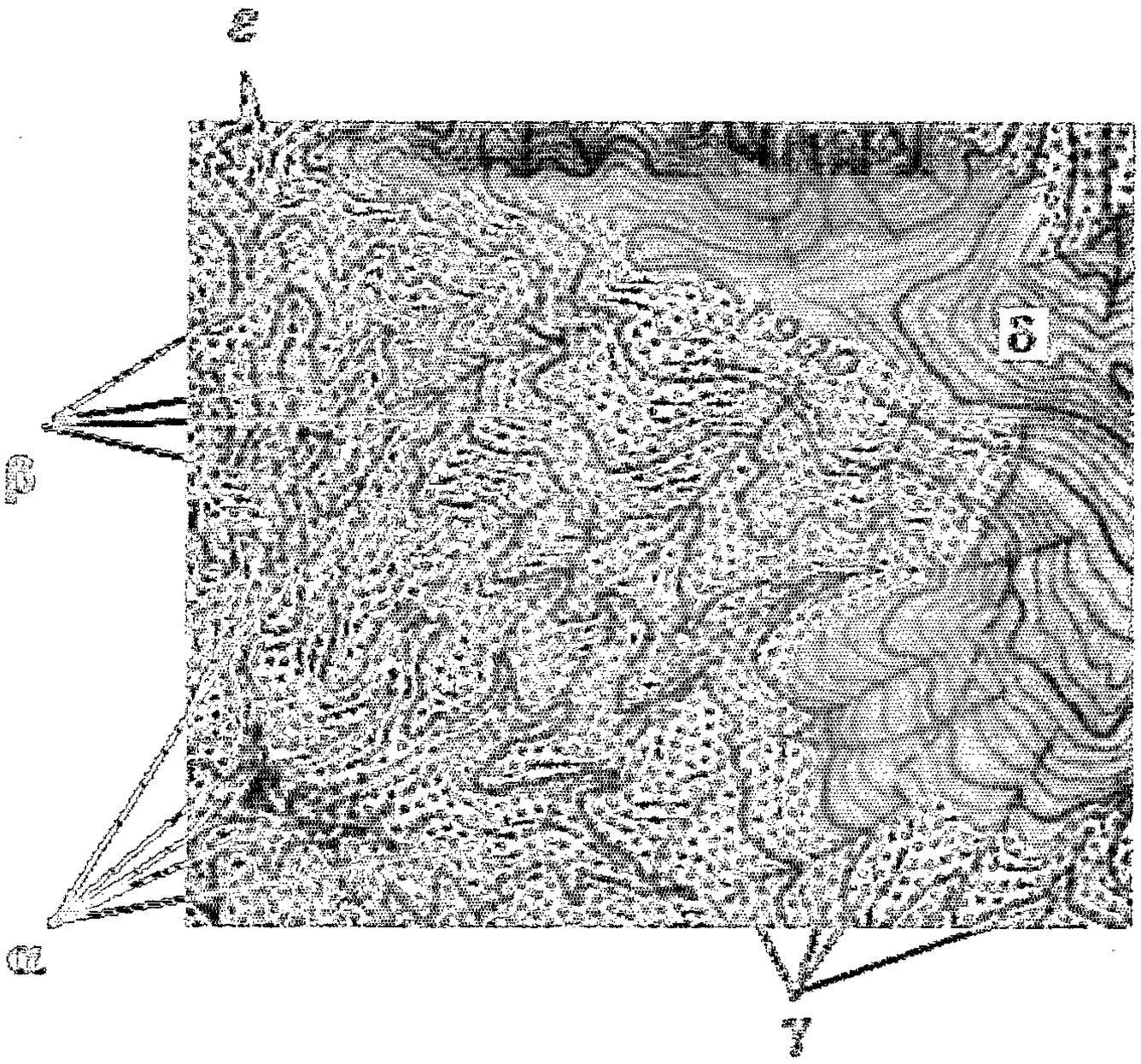


Figura 2

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

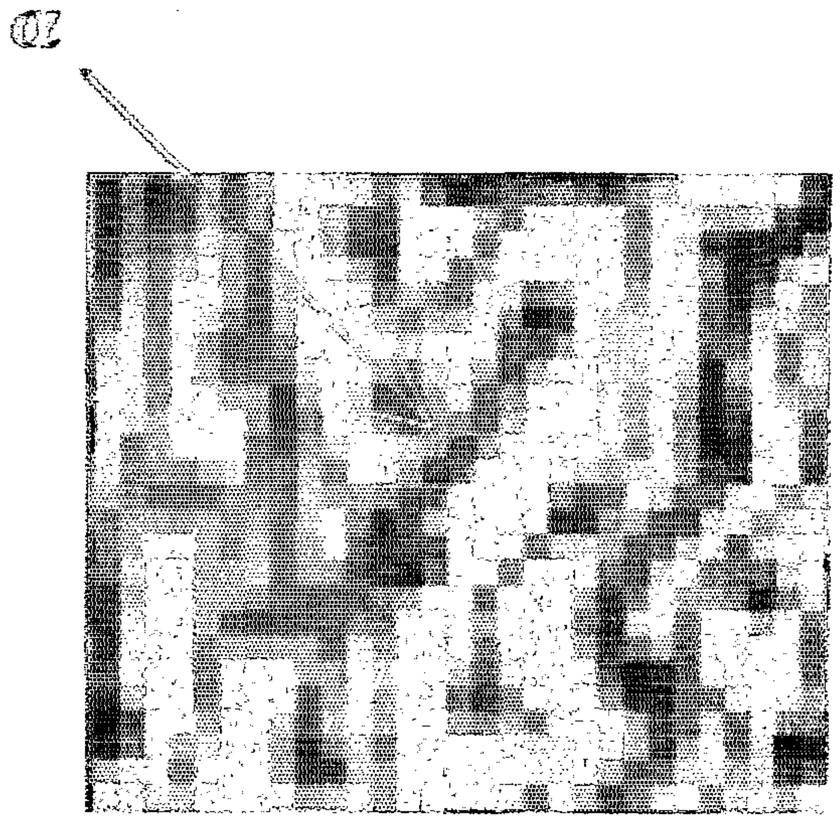


Figura 3

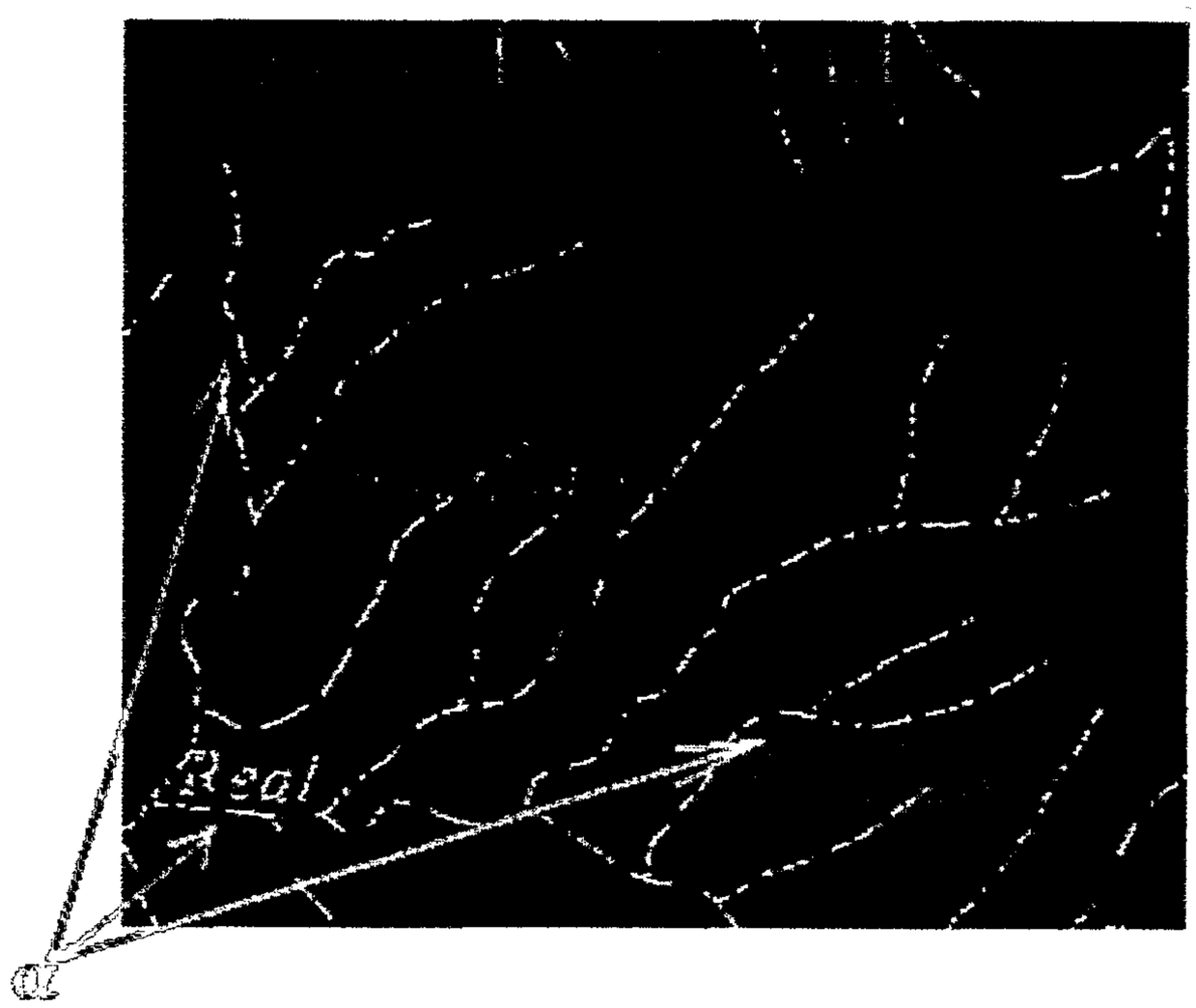


Figura 4

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

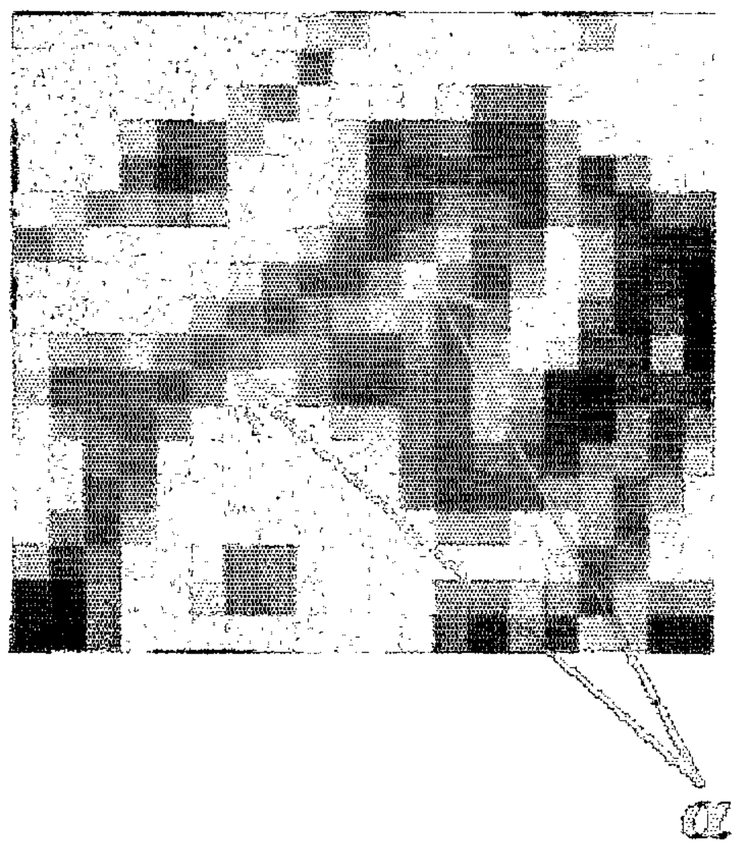


Figura 5

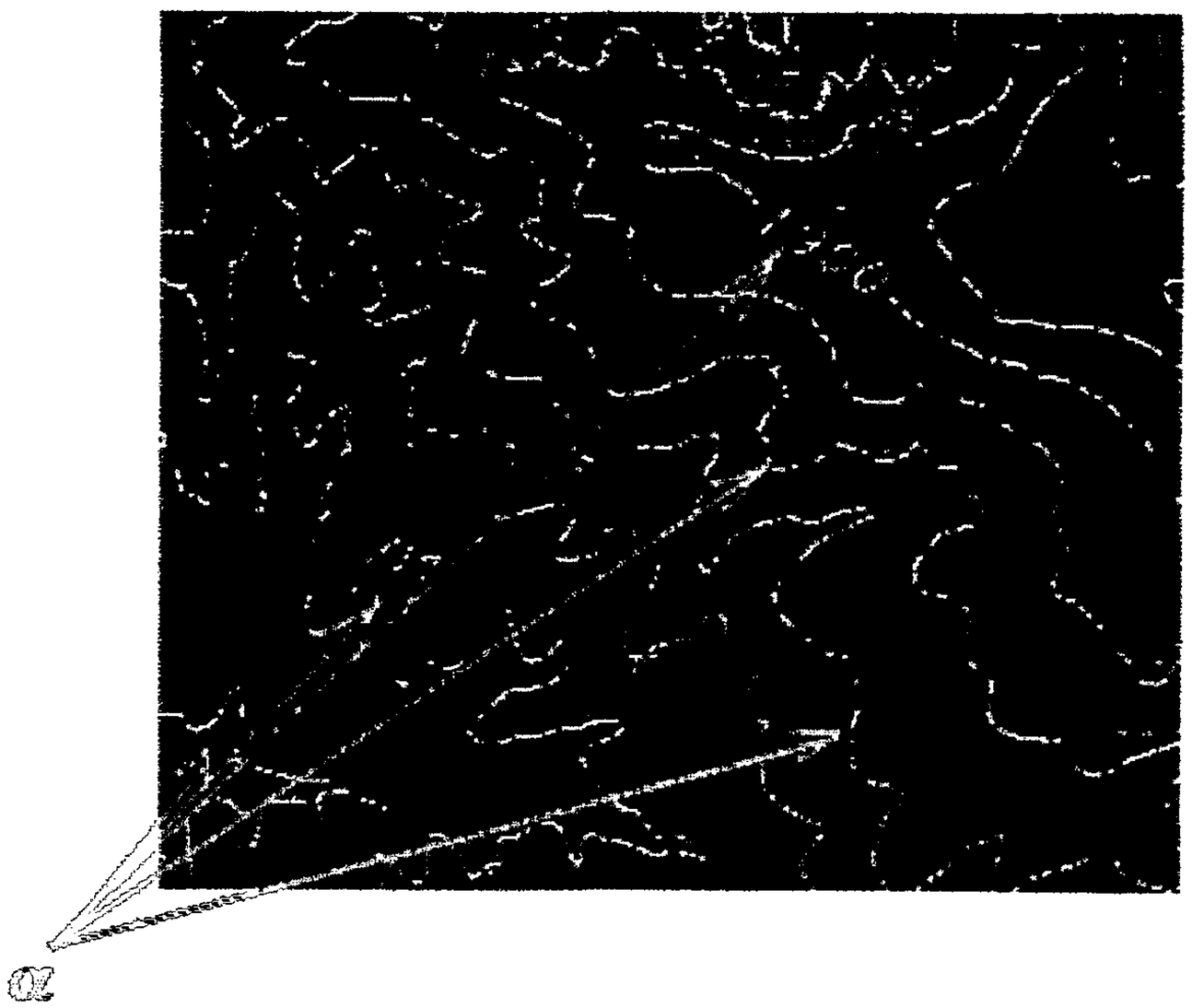


Figura 6

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

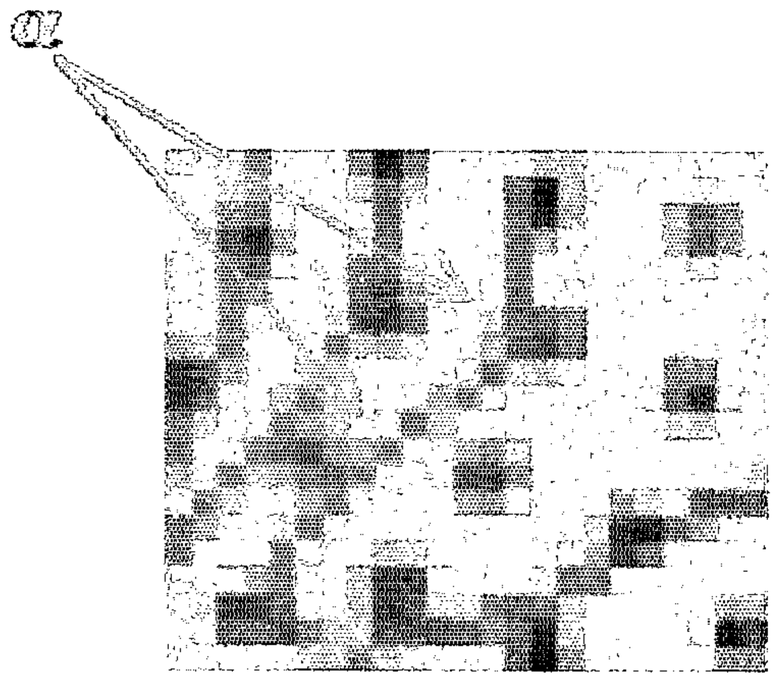


Figura 7

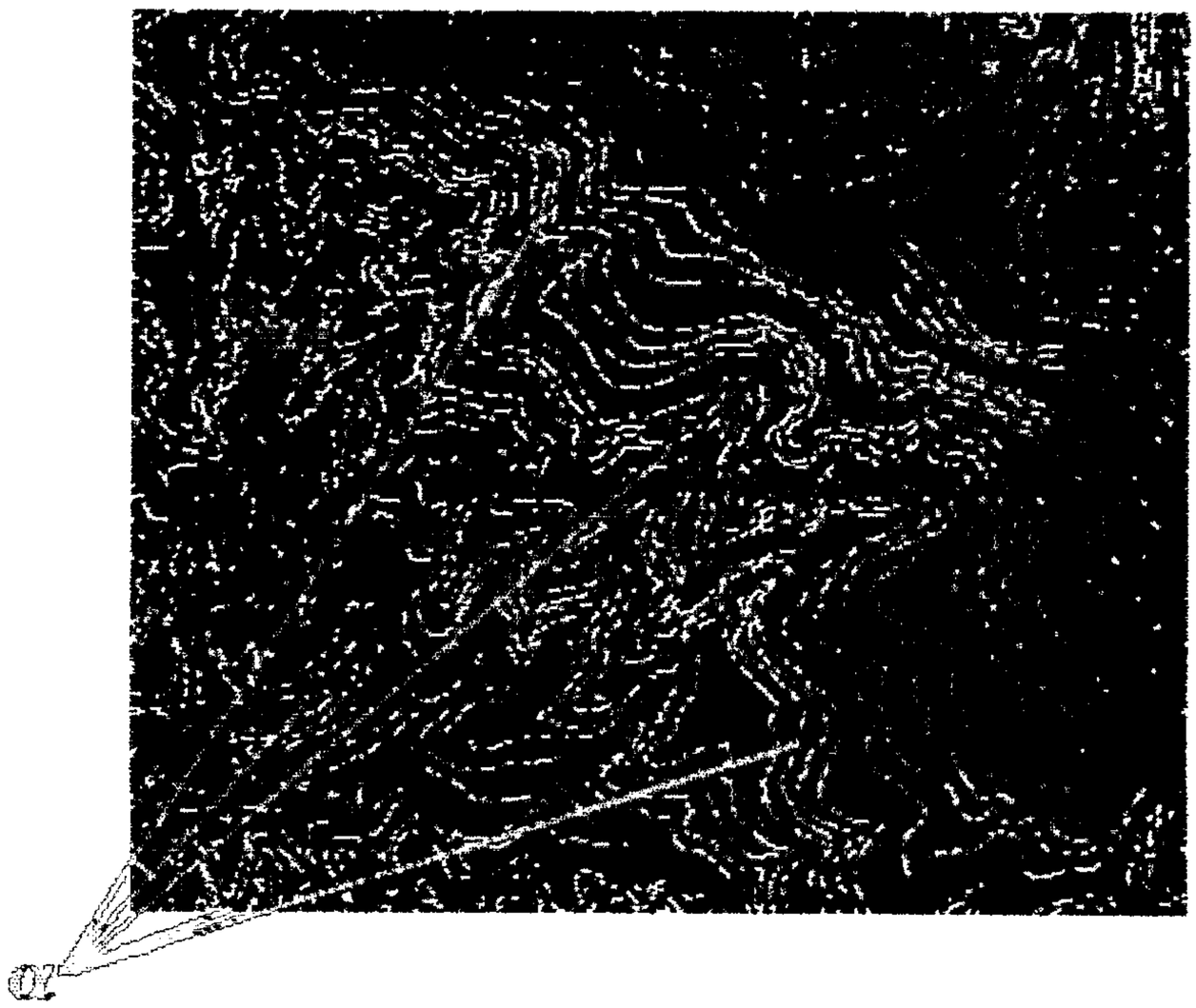


Figura 8

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

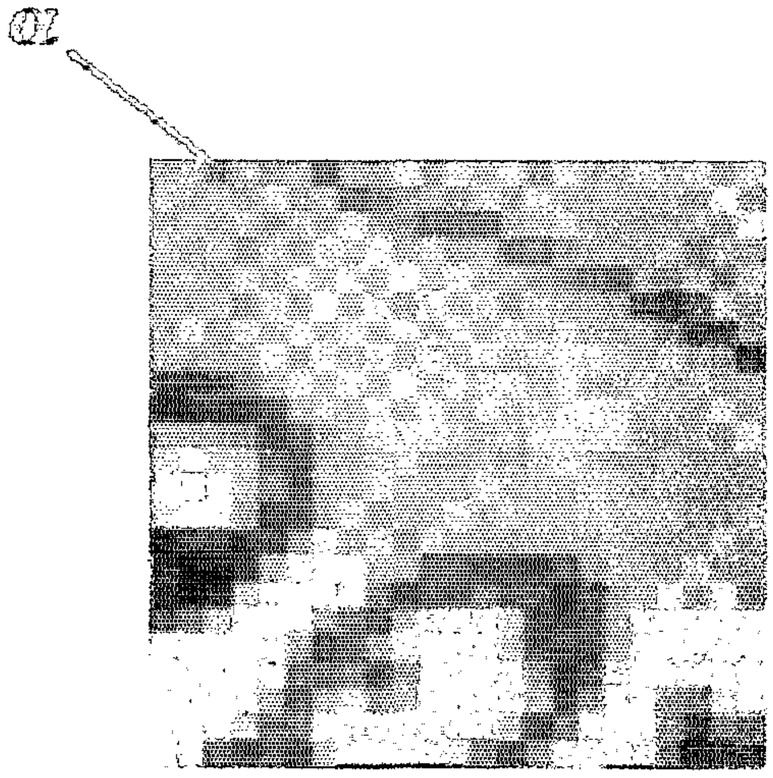


Figura 9

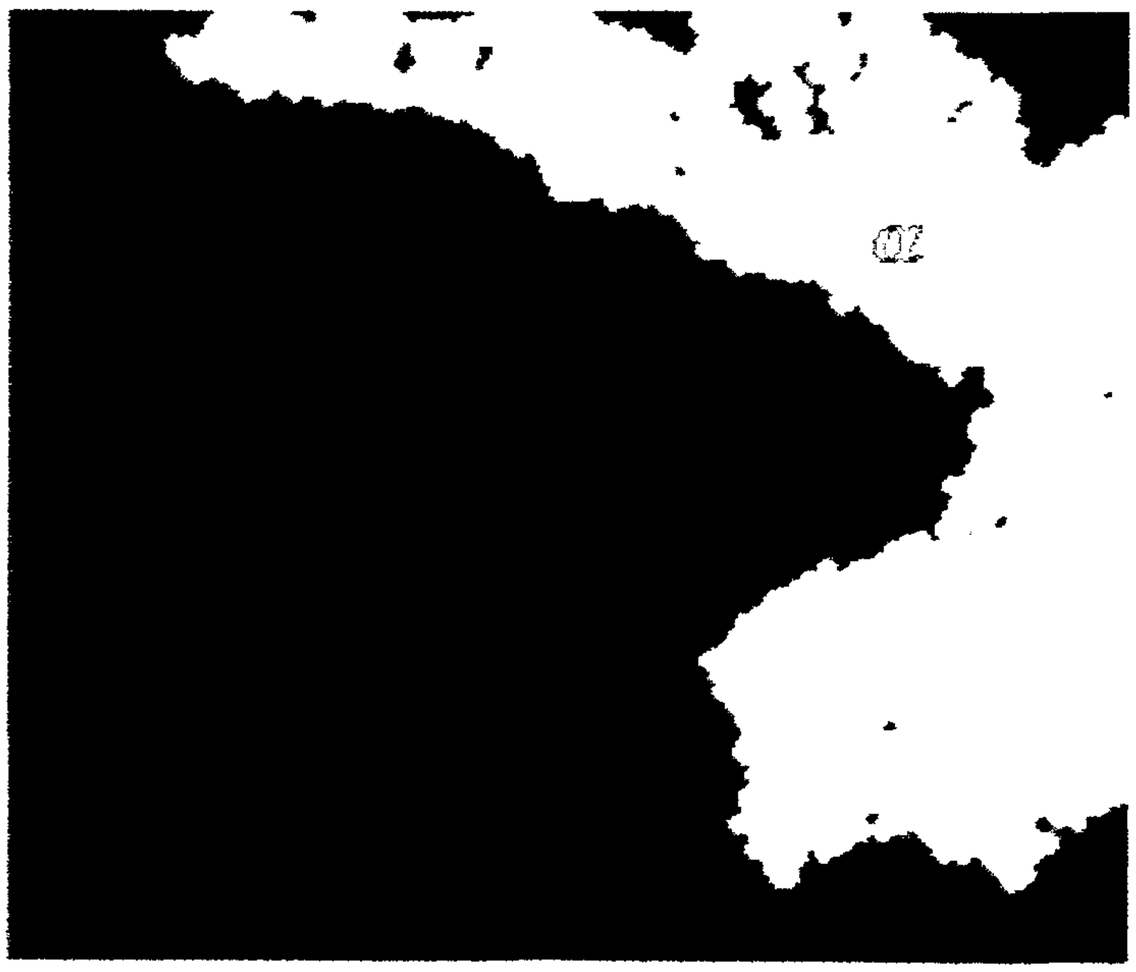


Figura 10

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

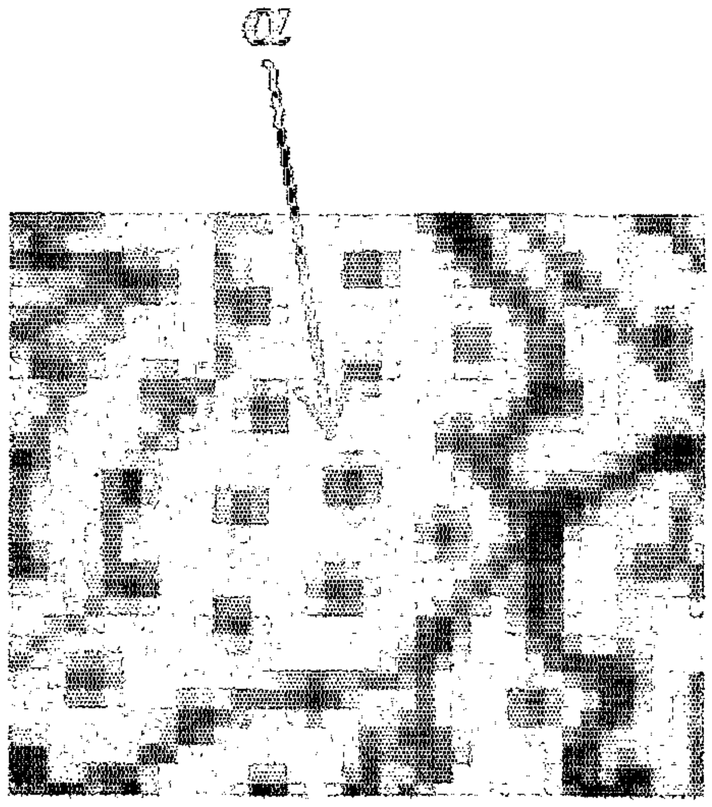


Figura 11

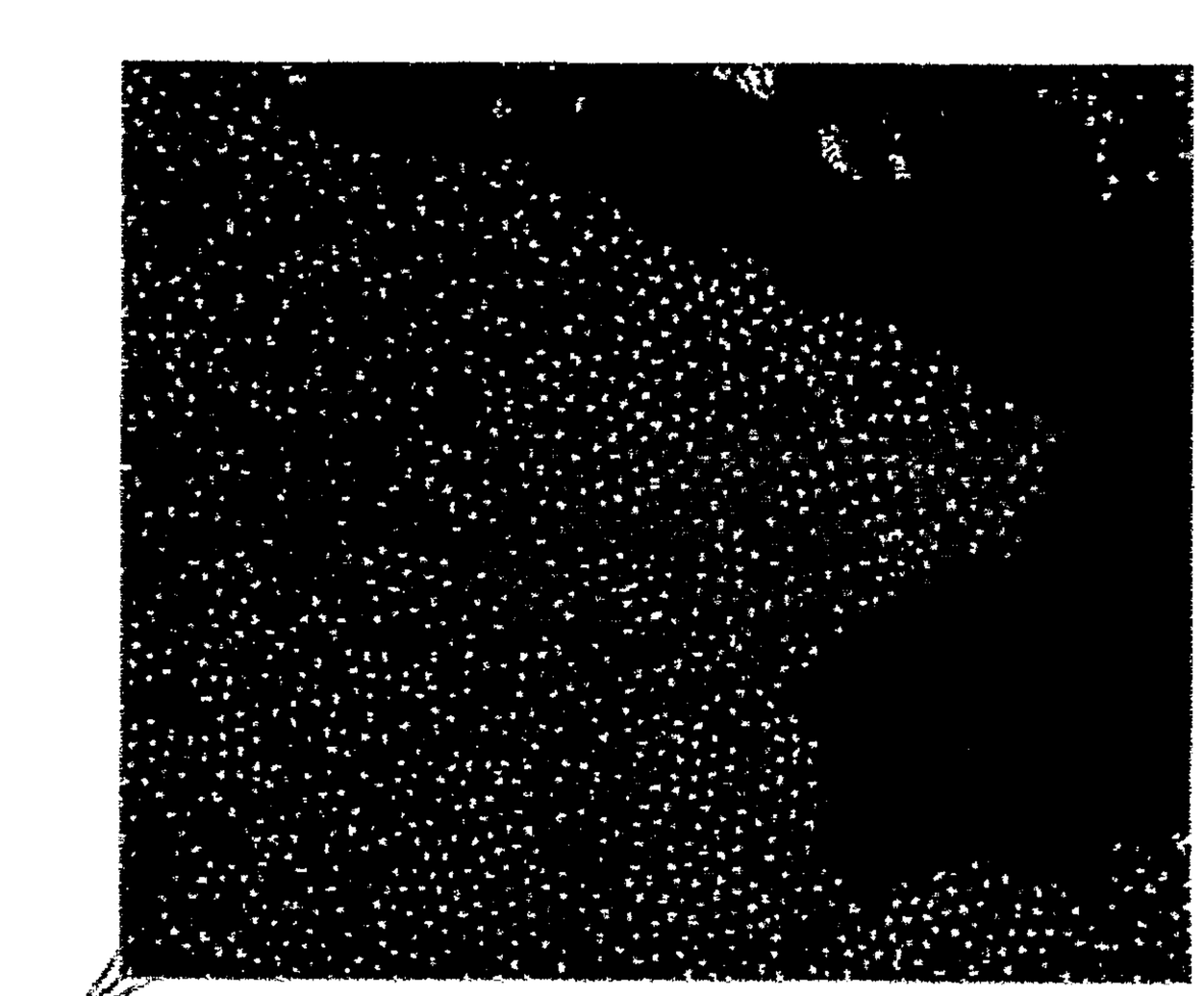


Figura 12

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

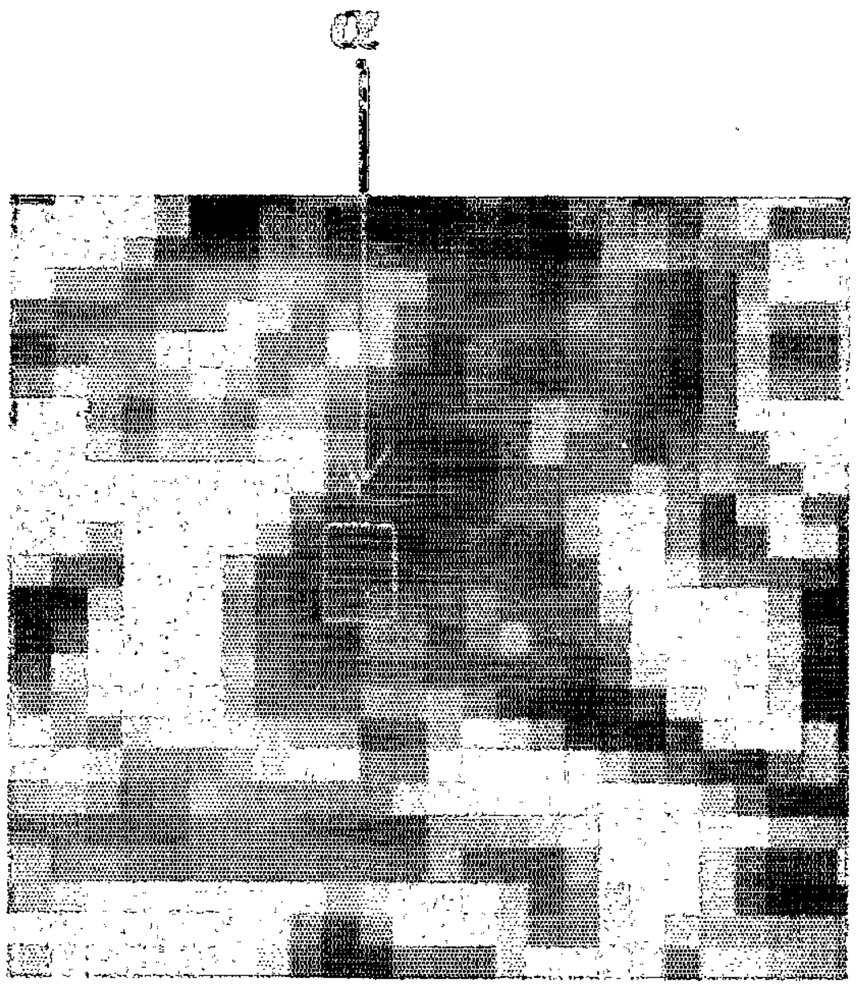


Figura 13

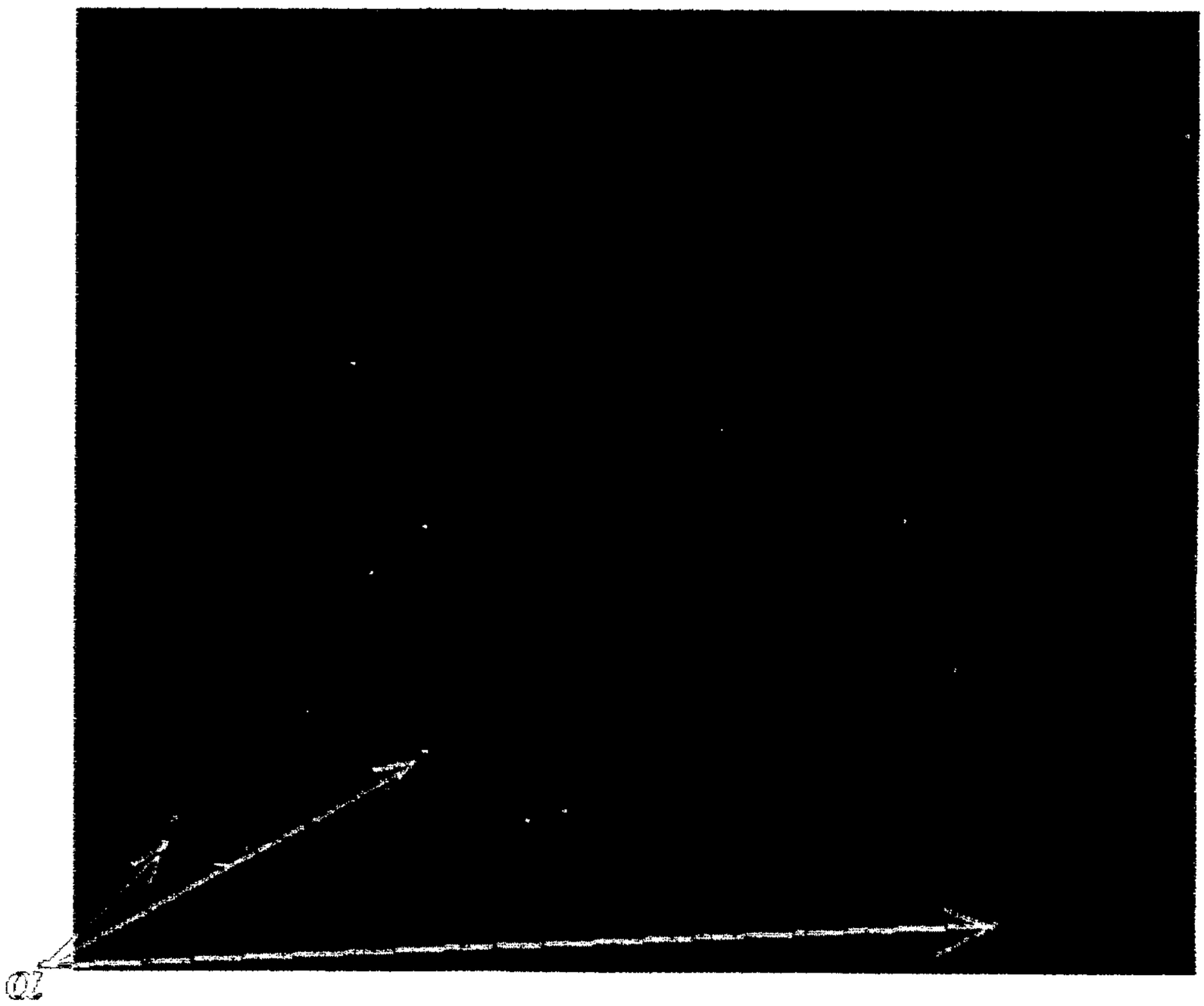


Figura 14

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

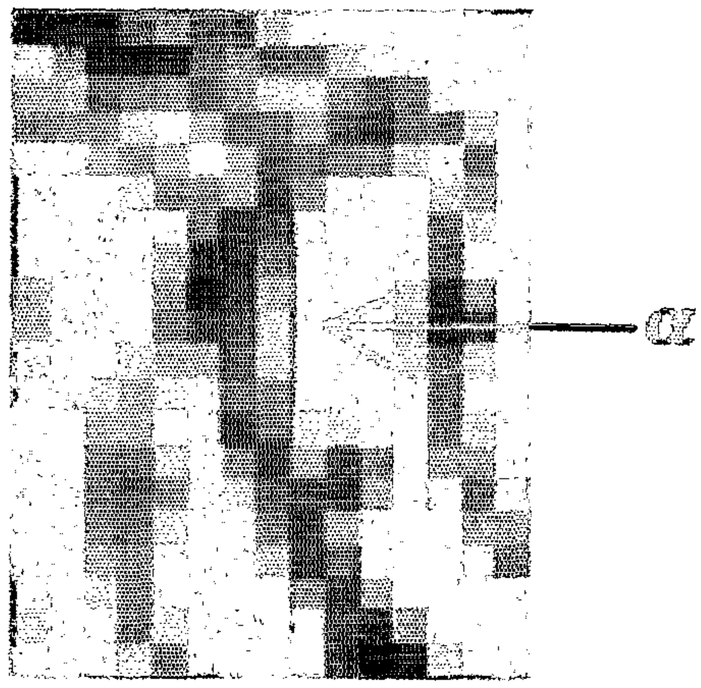


Figura 15

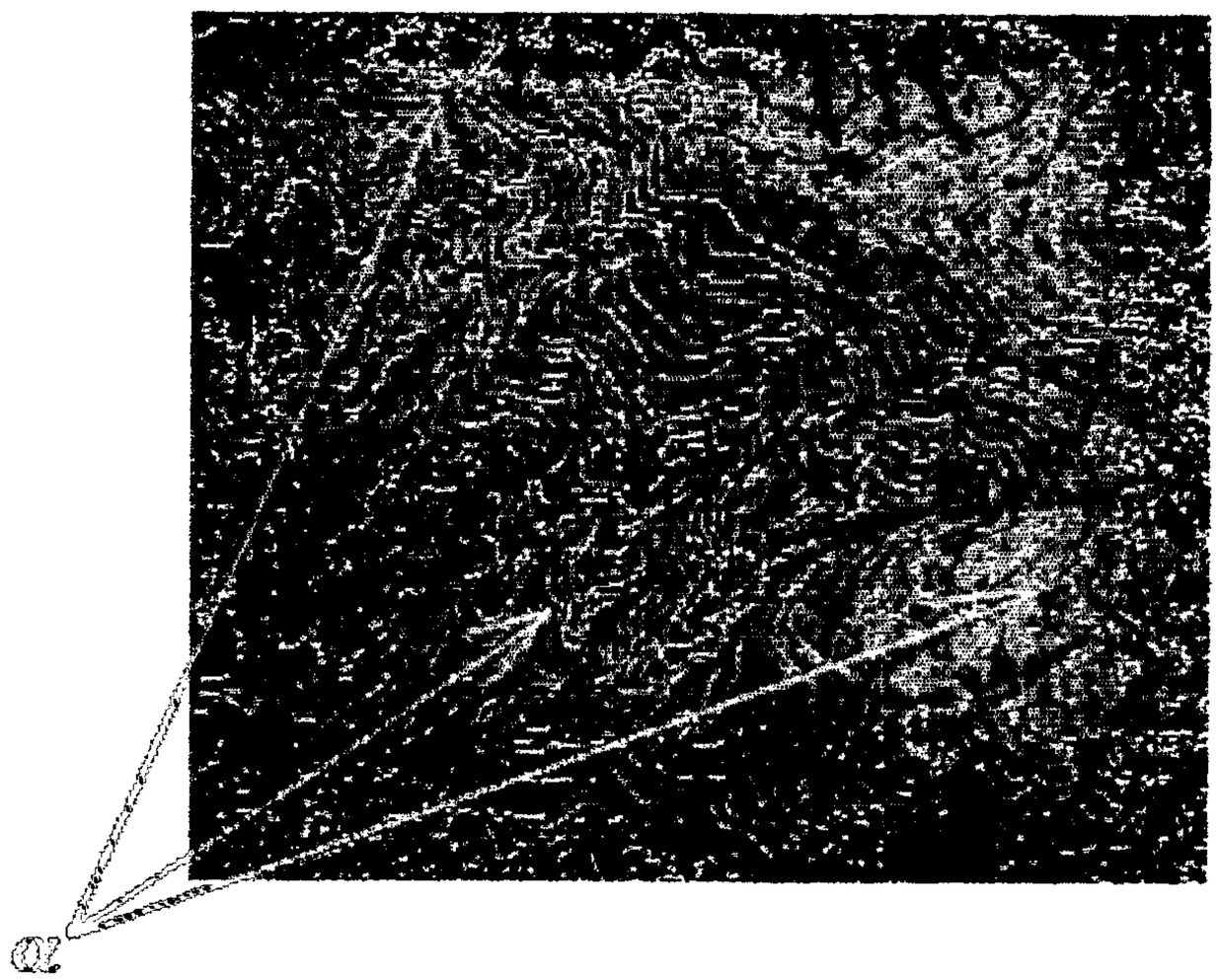


Figura 16

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

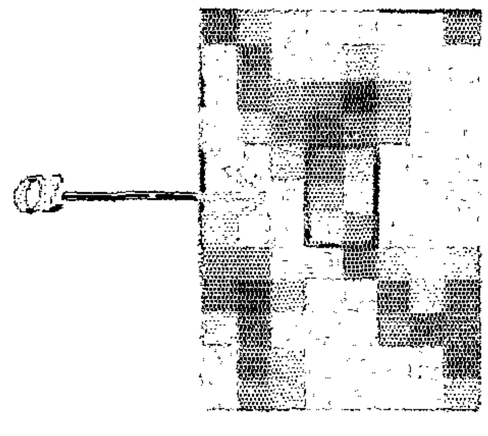


Figura 17

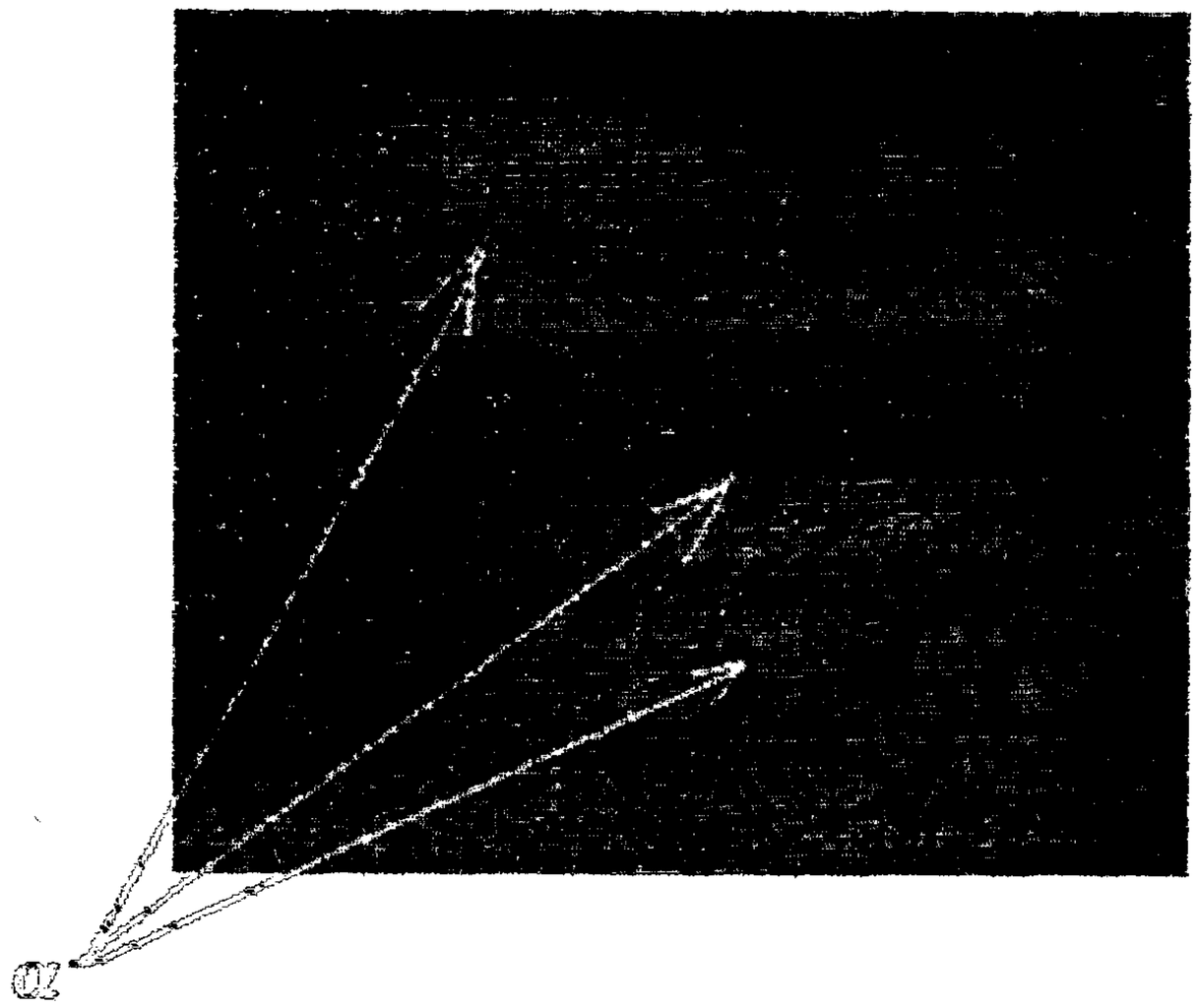


Figura 18

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

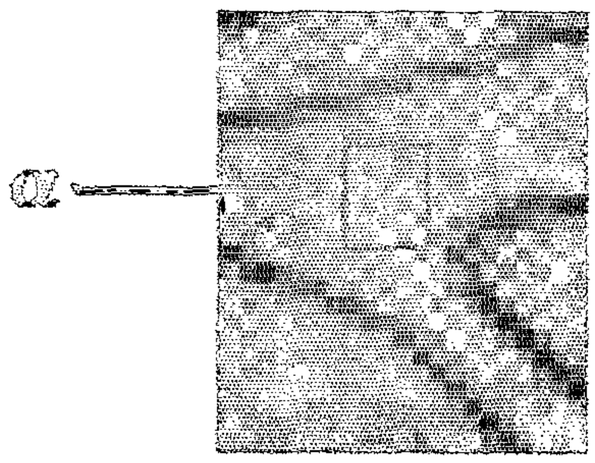


Figura 19

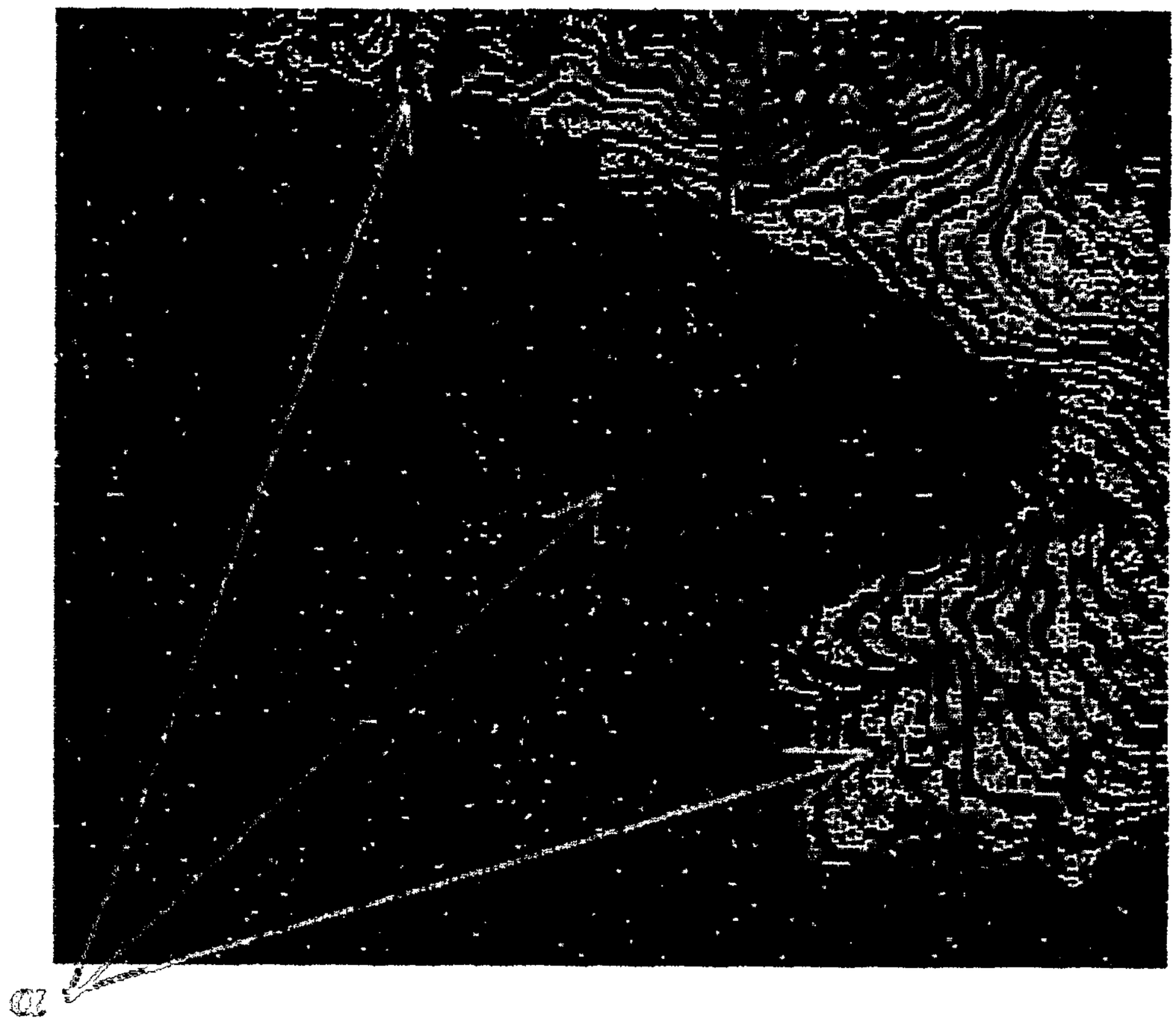


Figura 20

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

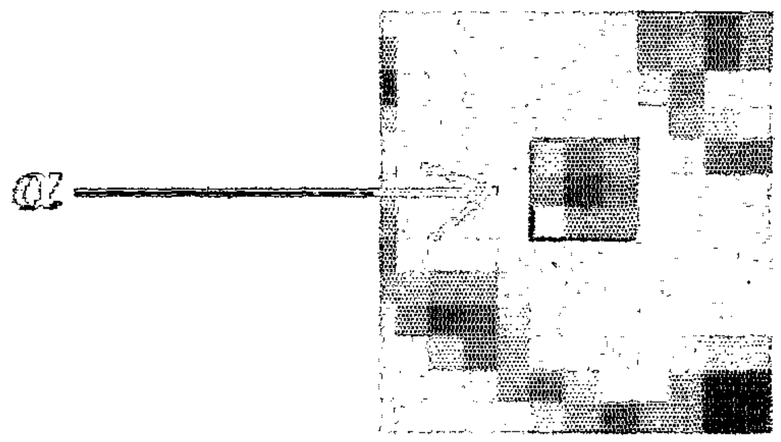


Figura 21

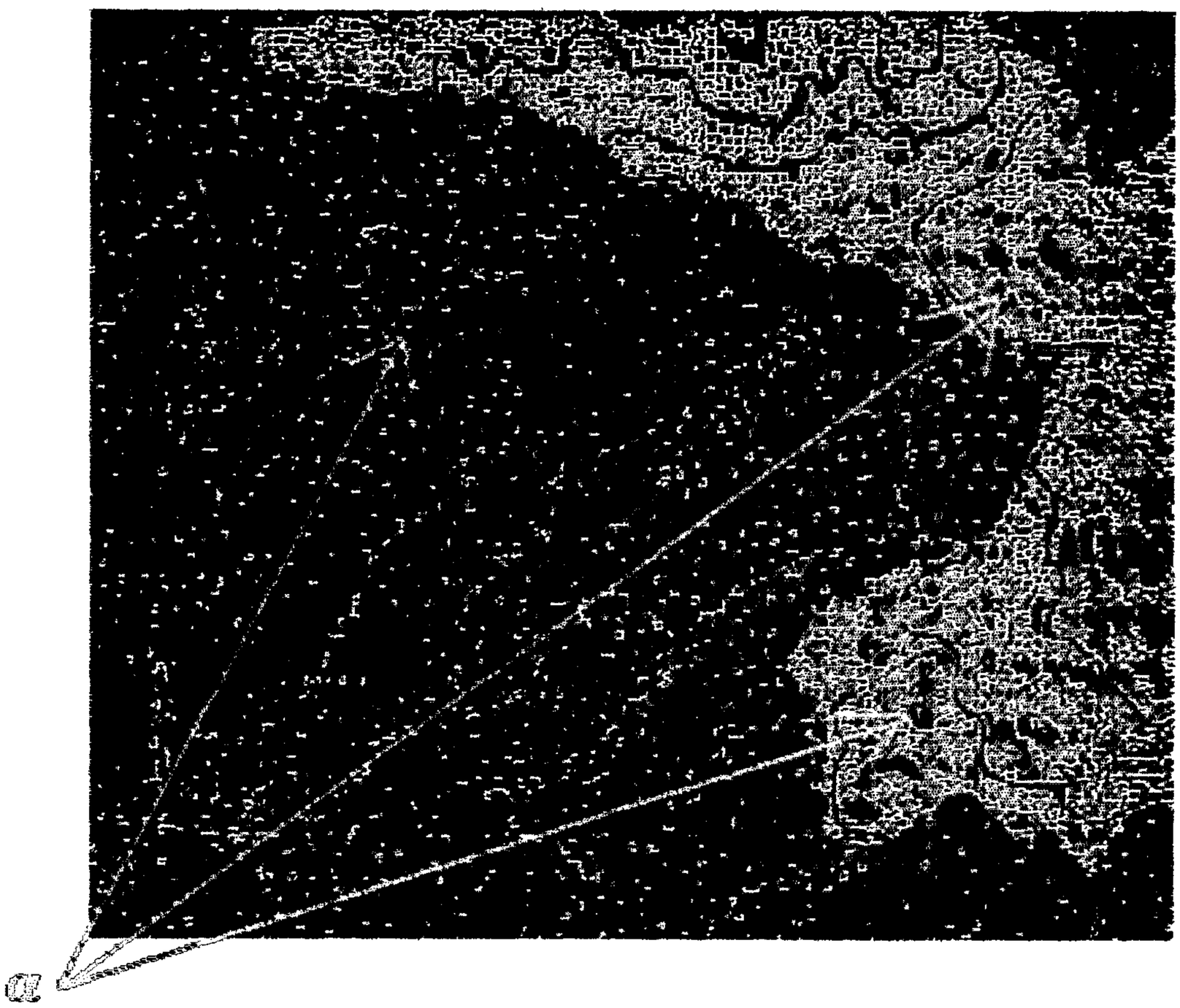


Figura 22