Algoritmo Crecimiento de Regiones para la segmentación de Glioblastomas Multiformes en MRI

Es un algoritmo que busca n regiones en una imagen I que cumplan alguna propiedad P preestablecida y, además,

$$i) \bigcup_{i=1}^{n} R_i = I$$

- ii) Todos los elementos de R_i están conectados, $i = \{1, ..., n\}$
- iii) $R_i \cap R_j = \phi$, para todos los i y $j, i \neq j$
- iv) $P(R_i) = V$, para i = 1, ..., n
- v) $P(R_i \cup R_j) = F$, para $i \neq j$

Principio básico:

 Se comienza con la selección de n puntos generadores g_i,

$$i = \{1, ..., i, ..., n\}$$

128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

Principio básico:

Se comienza con la selección de *n* puntos generadores *g_i*,

$$i = \{1, ..., i, ..., n\}$$

 Cada generador seleccionado constituye una región inicial A_i

$$A_1 \longleftarrow g_1$$

A_2	•	g_2
A A ')		02

128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

Principio básico:

A cada región A_i se agregarán todos aquellos vóxeles vecinos que cumplan un criterio de similitud predefinido

$$P(A_i) = V, i = \{1, ..., n\}$$

128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

Principio básico:

A cada región A_i se agregarán todos aquellos vóxeles vecinos que cumplan un criterio de similitud predefinido

$$P\left[d(x,g_i) = |x - g_i| \land \min \left[d(v_j,g_i) = |v_j - g_i|\right] < T\right] = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

127 127 142 83 82 77 76 128 129 1 123 125 79 75 67 83 67 75 141 1	26 36 28
123 125 79 75 67 83 67 75 141 1	
	28
125 78 76 67 83 67 69 78 142 1	
	39
113 84 78 69 74 78 84 83 126 1	27
124 75 67 83 67 69 75 75 136 1	23
132 144 63 68 63 77 78 125 128 1	25
145 123 145 137 82 78 79 73 139 1	13
143 125 126 142 143 128 126 130 126 1	29
132 113 128 131 132 130 126 143 128 1	26

Principio básico:

A cada región A_i se agregarán todos aquellos vóxeles vecinos que cumplan un criterio de similitud predefinido

$$P\left(d(x,g_i) = \left|x - g_i\right| \land \min\left[d(v_j,g_i) = \left|v_j - g_i\right|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

120	126	112	120	126	120	126	112	120	126
128	126	143	128	126	130	120	143	128	126
127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

Principio básico:

$$P\left(d(x,g_i) = \left|x - g_i\right| \wedge \min\left[d(v_j,g_i) = \left|v_j - g_i\right|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

	128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
	127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
	123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
7	125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
	113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
	124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
	132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
	145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
	143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
	132	113	128	131	132	130	126	143	128	126
'										

Principio básico:

$$P\left(d(x,g_i) = |x - g_i| \wedge \min \left[d(v_j,g_i) = |v_j - g_i|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

126	128	143	126	130	126	128	143	126	128
136	129	128	76	77	82	83	142	127	127
128	141	75	67	83	67	75	79	125	123
139	142	78	69	67	83	67	76	78	125
127	126	83	84	78	74	69	78	84	113
123	136	75	75	69	67	83	67	75	124
125	128	125	78	77	63	68	63	144	132
113	139	73	79	78	82	137	145	123	145
129	126	130	126	128	143	142	126	125	143
126	128	143	126	130	132	131	128	113	132
	128 139 126	125 73 130	78 79 126	77 78 128	63 82 143	68 137 142	63 145 126	144 123 125	132 145 143

Principio básico:

$$P\left(d(x,g_i) = \left|x - g_i\right| \wedge \min\left[d(v_j,g_i) = \left|v_j - g_i\right|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

	128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
	127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
	123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
7	125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
	113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
	124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
	132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
	145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
	143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
	132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

Principio básico:

$$P\left(d(x,g_i) = |x - g_i| \wedge \min \left[d(v_j,g_i) = |v_j - g_i|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

	128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
	127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
	123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
7	125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
	113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
	124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
	132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
	145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
	143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
	132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

Principio básico:

$$P\left(d(x,g_i) = |x - g_i| \wedge \min \left[d(v_j,g_i) = |v_j - g_i|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

	128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
	127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
	123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
1	125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
	113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
	124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
	132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
	145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
	143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
	132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

Principio básico:

$$P\left(d(x,g_i) = |x - g_i| \wedge \min \left[d(v_j,g_i) = |v_j - g_i|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
132	113	128	131	132	130	126	143	128	126
	127 123 125 113 124 132 145 143	127 127 123 125 125 78 113 84 124 75 132 144 145 123 143 125	127 127 142 123 125 79 125 78 76 113 84 78 124 75 67 132 144 63 145 123 145 143 125 126	127 127 142 83 123 125 79 75 125 78 76 67 113 84 78 69 124 75 67 83 132 144 63 68 145 123 145 137 143 125 126 142	127 127 142 83 82 123 125 79 75 67 125 78 76 67 83 113 84 78 69 74 124 75 67 83 67 132 144 63 68 63 145 123 145 137 82 143 125 126 142 143	127 127 142 83 82 77 123 125 79 75 67 83 125 78 76 67 83 67 113 84 78 69 74 78 124 75 67 83 67 69 132 144 63 68 63 77 145 123 145 137 82 78 143 125 126 142 143 128	127 127 142 83 82 77 76 123 125 79 75 67 83 67 125 78 76 67 83 67 69 113 84 78 69 74 78 84 124 75 67 83 67 69 75 132 144 63 68 63 77 78 145 123 145 137 82 78 79 143 125 126 142 143 128 126	127 127 142 83 82 77 76 128 123 125 79 75 67 83 67 75 125 78 76 67 83 67 69 78 113 84 78 69 74 78 84 83 124 75 67 83 67 69 75 75 132 144 63 68 63 77 78 125 145 123 145 137 82 78 79 73 143 125 126 142 143 128 126 130	127 127 142 83 82 77 76 128 129 123 125 79 75 67 83 67 75 141 125 78 76 67 83 67 69 78 142 113 84 78 69 74 78 84 83 126 124 75 67 83 67 69 75 75 136 132 144 63 68 63 77 78 125 128 145 123 145 137 82 78 79 73 139 143 125 126 142 143 128 126 130 126

Principio básico:

$$P\left(d(x,g_i) = \left|x - g_i\right| \wedge \min\left[d(v_j,g_i) = \left|v_j - g_i\right|\right] < T\right) = V$$

$$v_j \in N_8(x)$$

128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
132	113	128	131	132	130	126	143	128	126

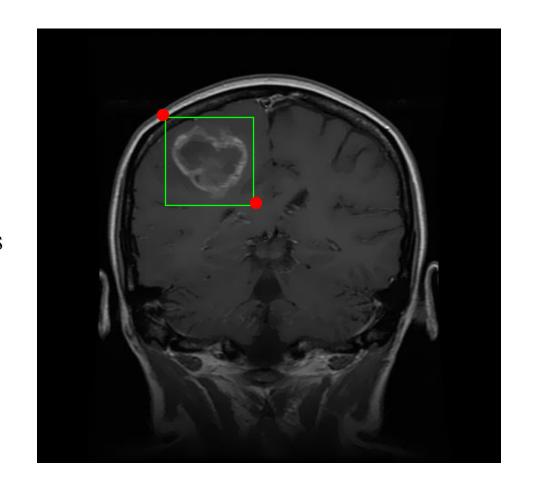
Principio básico:

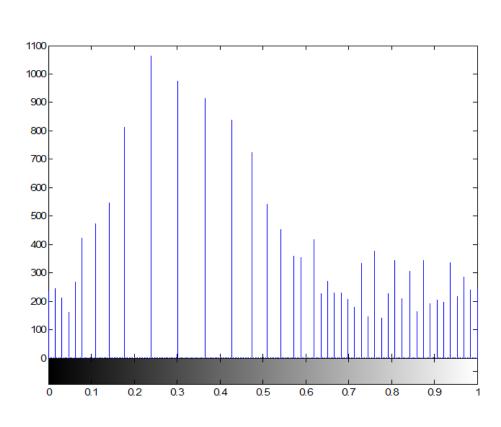
$$P\left(d(x,g_i) = \left|x - g_i\right| \wedge \min\left[d(v_j,g_i) = \left|v_j - g_i\right|\right] < T\right) = V$$

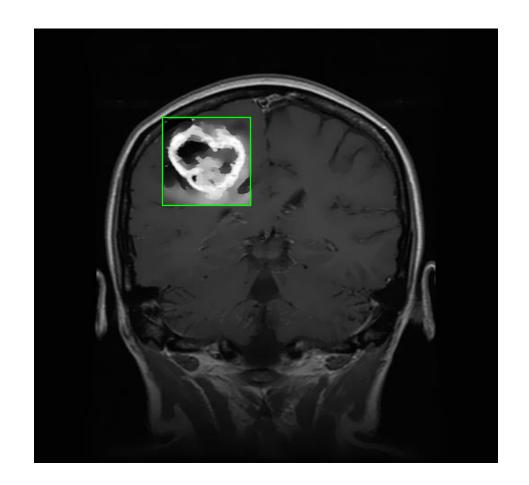
$$v_j \in N_8(x)$$

128	126	143	128	126	130	126	143	128	126
127	127	142	83	82	77	76	128	129	136
123	125	79	75	67	83	67	75	141	128
125	78	76	67	83	67	69	78	142	139
113	84	78	69	74	78	84	83	126	127
124	75	67	83	67	69	75	75	136	123
132	144	63	68	63	77	78	125	128	125
145	123	145	137	82	78	79	73	139	113
143	125	126	142	143	128	126	130	126	129
132	113	128	131	132	130	126	143	128	126
	127 123 125 113 124 132 145 143	127127123125125781138412475132144145123143125	127 127 142 123 125 79 125 78 76 113 84 78 124 75 67 132 144 63 145 123 145 143 125 126	127 127 142 83 123 125 79 75 125 78 76 67 113 84 78 69 124 75 67 83 132 144 63 68 145 123 145 137 143 125 126 142	127 127 142 83 82 123 125 79 75 67 125 78 76 67 83 113 84 78 69 74 124 75 67 83 67 132 144 63 68 63 145 123 145 137 82 143 125 126 142 143	127 127 142 83 82 77 123 125 79 75 67 83 125 78 76 67 83 67 113 84 78 69 74 78 124 75 67 83 67 69 132 144 63 68 63 77 145 123 145 137 82 78 143 125 126 142 143 128	127 127 142 83 82 77 76 123 125 79 75 67 83 67 125 78 76 67 83 67 69 113 84 78 69 74 78 84 124 75 67 83 67 69 75 132 144 63 68 63 77 78 145 123 145 137 82 78 79 143 125 126 142 143 128 126	127 127 142 83 82 77 76 128 123 125 79 75 67 83 67 75 125 78 76 67 83 67 69 78 113 84 78 69 74 78 84 83 124 75 67 83 67 69 75 75 132 144 63 68 63 77 78 125 145 123 145 137 82 78 79 73 143 125 126 142 143 128 126 130	127 127 142 83 82 77 76 128 129 123 125 79 75 67 83 67 75 141 125 78 76 67 83 67 69 78 142 113 84 78 69 74 78 84 83 126 124 75 67 83 67 69 75 75 136 132 144 63 68 63 77 78 125 128 145 123 145 137 82 78 79 73 139 143 125 126 142 143 128 126 130 126

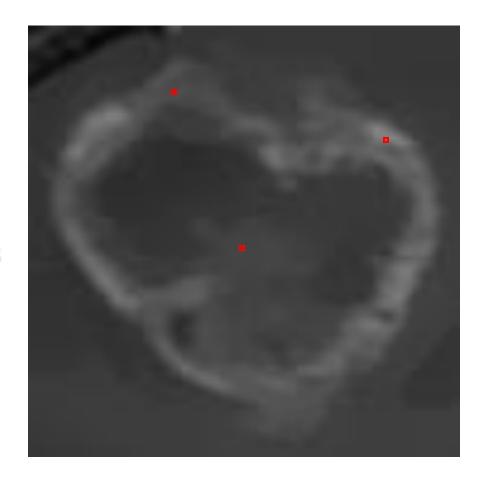
- El usuario selecciona dos puntos de la imagen para definir una región de interés (Region of Interest, ROI) que contenga el tumor
- Es de gran interés maximizar el contraste tumor/fondo para diferenciar ambos tejidos







- El usuario selecciona puntos generadores g_i ($i = \{1, ..., i, ..., n\}$) representativos de diferentes dominios del tumor
- Cada generador g_i constituye A_i regiones para conformar la región tumoral final

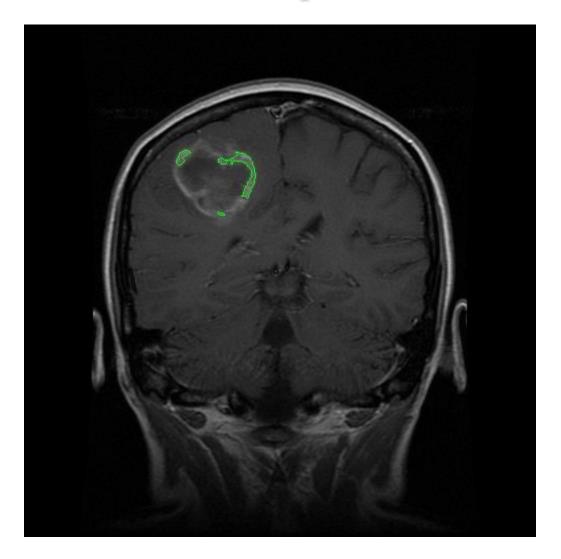


Implementación

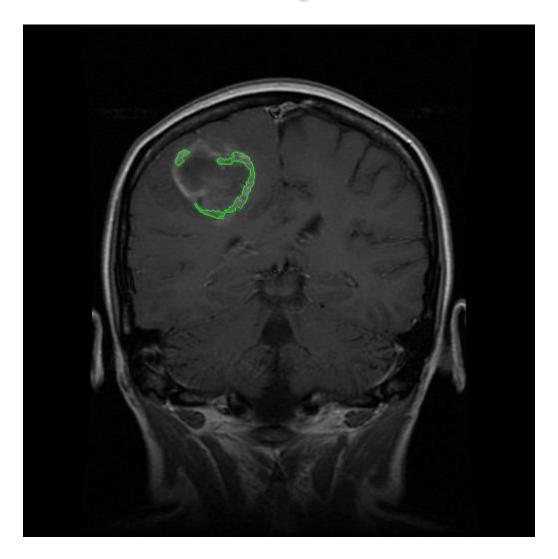
Una vez seleccionados los puntos generadores la región inicial se conformará de acuerdo al valor de *T*, especificado por el usuario



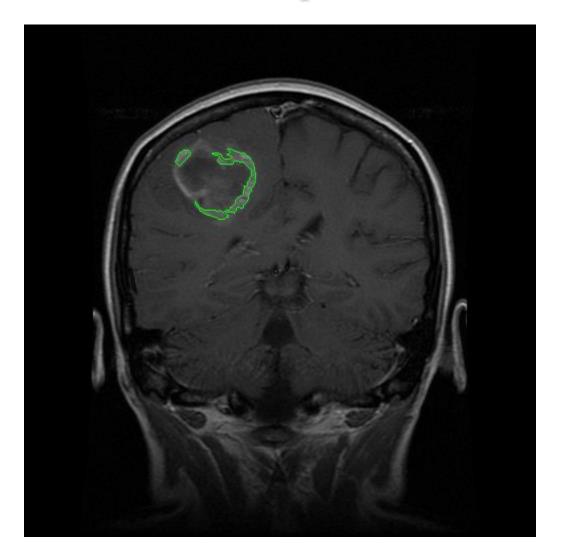
- Una vez seleccionados los puntos generadores la región inicial se conformará de acuerdo al valor de *T*, especificado por el usuario
- El usuario controla el crecimiento de la región, seleccionando el umbral *T* hasta obtener la región final deseada



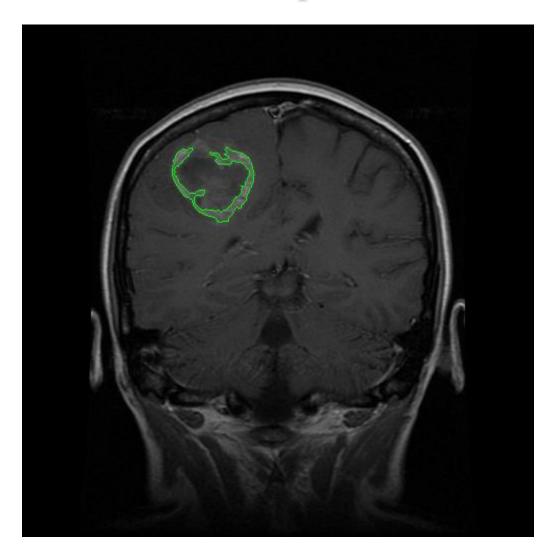
- Una vez seleccionados los puntos generadores la región inicial se conformará de acuerdo al valor de *T*, especificado por el usuario
- El usuario controla el crecimiento de la región, seleccionando el umbral *T* hasta obtener la región final deseada



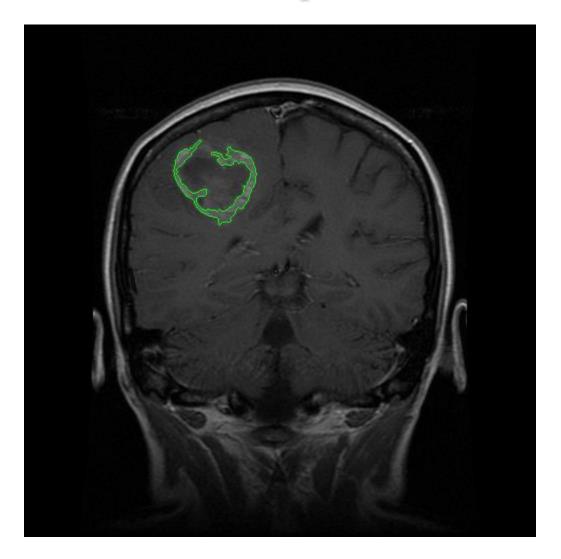
- Una vez seleccionados los puntos generadores la región inicial se conformará de acuerdo al valor de *T*, especificado por el usuario
- El usuario controla el crecimiento de la región, seleccionando el umbral *T* hasta obtener la región final deseada



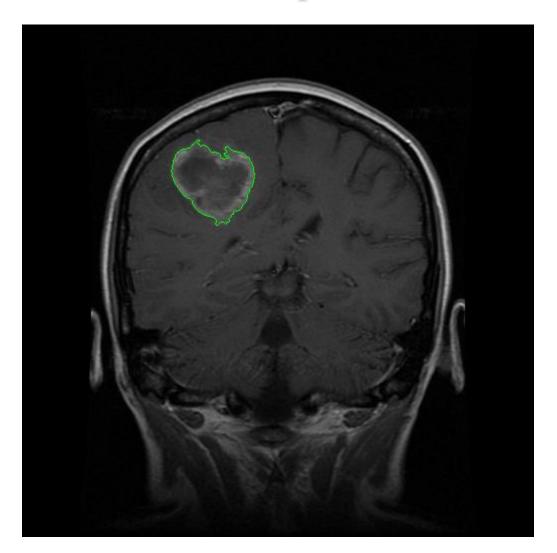
- Una vez seleccionados los puntos generadores la región inicial se conformará de acuerdo al valor de *T*, especificado por el usuario
- El usuario controla el crecimiento de la región, seleccionando el umbral *T* hasta obtener la región final deseada



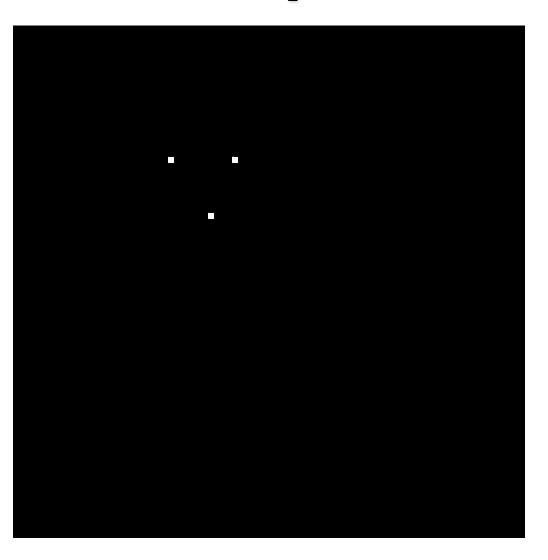
- Una vez seleccionados los puntos generadores la región inicial se conformará de acuerdo al valor de *T*, especificado por el usuario
- El usuario controla el crecimiento de la región, seleccionando el umbral *T* hasta obtener la región final deseada



- Una vez seleccionados los puntos generadores la región inicial se conformará de acuerdo al valor de *T*, especificado por el usuario
- El usuario controla el crecimiento de la región, seleccionando el umbral *T* hasta obtener la región final deseada



Implementación



Implementación



Implementación



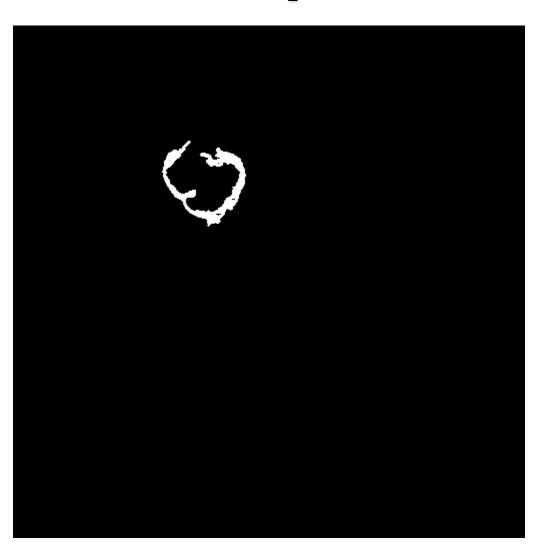
Implementación



Implementación

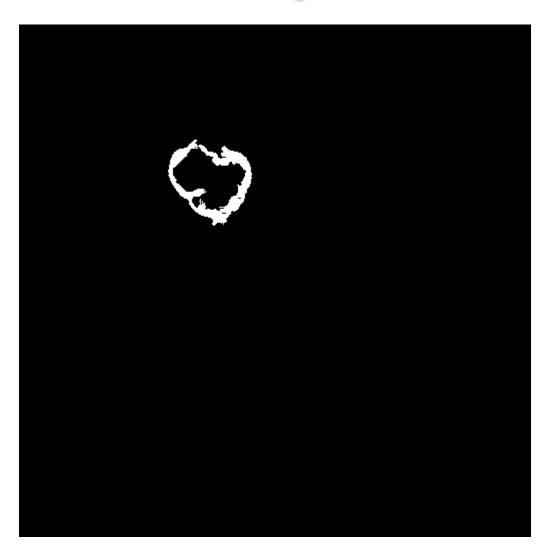


Implementación



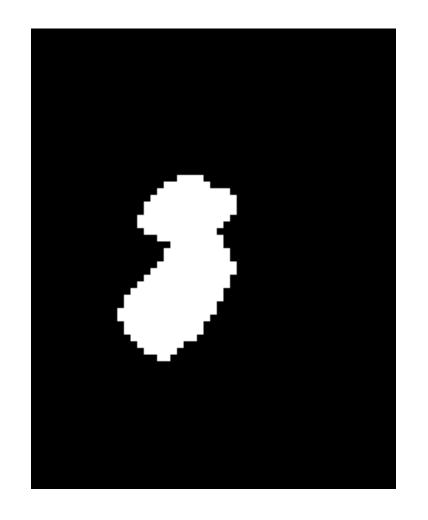
Implementación

Región tumoral =
$$\bigcup_{i=1}^{n} A_i$$



Los vecinos de una región cualquiera A_i se obtienen aplicando la técnica de dilatación, dada por:

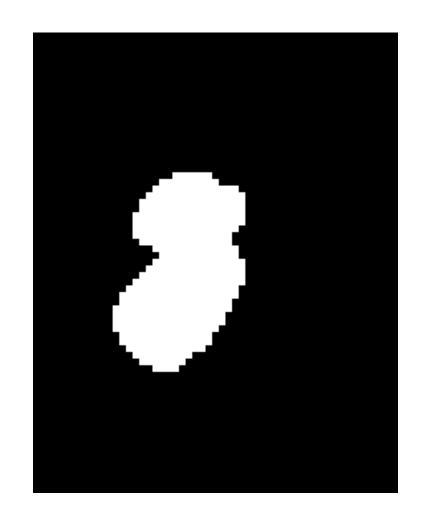
$$A_i \oplus B = \{ z \mid [(\hat{B})_z \cap A_i] \subseteq A_i \}$$



■ La dilatación de A_i por un elemento estructurante B simétrico hace la hace crecer en la misma proporción en todas las direcciones

$$A_i \oplus B = \{ z \mid [(\hat{B})_z \cap A_i] \subseteq A_i \}$$

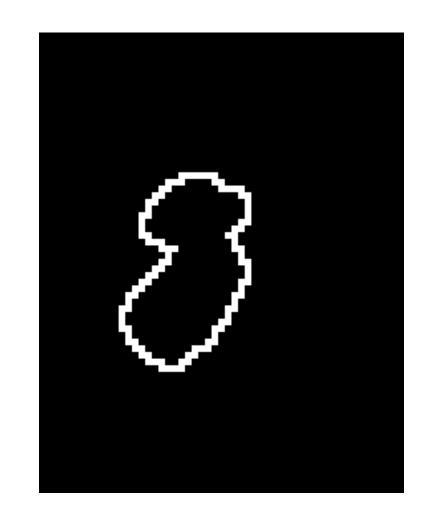
$$B = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$



Los vecinos de A_i se obtienen calculando:

$$V_i = \{ v \mid [(A_i \oplus B) \cap A_i^c] \subseteq Z^2 \}$$

 Este proceso de realiza hasta que ningún vecino de A_i cumple el criterio de similitud establecido



- Los vacíos internos de la región tumoral se corrigen tomando en cuenta sólo el borde externo de la región obtenida
- El borde obtenido es superpuesto en la imagen original para visualizar el tumor segmentado



