

Universidad Internacional de Valencia

Máster en Inteligencia Artificial

Proyecto: Lógica Borrosa Aplicada a Imágenes Satelitales y bandas RGB.

Asignatura: Razonamiento Aproximado

Fecha (ISO 8601): 2023-09-02



viu

Universidad
Internacional
de Valencia

Profesor: Dr. Andrés Soto Villaverde

Alumno: Gabriel Díaz Ireland

Índice

1. Proponer un dominio y un uso inteligente que se le daría al sistema basado en reglas propuesto (no más de media página).	3
2. Ejemplificar en torno a 5 reglas imprecisas sobre ese dominio, del estilo a las que vemos en el curso y que permitan hacer “razonamiento hacia delante”.	3
3. Poner un ejemplo (análogo a los estudiados en clase) de razonamiento aproximado (inferencia borrosa) con dichas reglas, basado en representación no continua de los conjuntos borrosos y usando relaciones borrosas y Modus Ponens Generalizado, eligiendo los parámetros más adecuados (función de implicación, t-normas...).	4
4. Proponer un ejemplo (análogo a los estudiados en clase) de razonamiento aproximado (inferencia borrosa) con dichas reglas, pero ahora usando números borrosos para representar los universos de las variables de entrada y de salida, y usando un mecanismo de inferencia tipo Mamdani.	6
5. Implementar las reglas en CLIPS/FUZZY CLIPS y poner un ejemplo de inferencia TIPO MAMDANI (anexando a la documentación los archivos de BH y BC).	15

1. Proponer un dominio y un uso inteligente que se le daría al sistema basado en reglas propuesto (no más de media página).

El alumno comenzará próximamente un doctorado en Ingeniería del Medio Natural. En relación con dicho futuro doctorado, se escoge como tema de desarrollo del proyecto la aplicación de lógica borrosa a la identificación de las bandas R (Red) y G (Green) como bandas determinantes de la salud de la vegetación. Cuando el valor R es bajo, la vegetación tiene buena salud ya que la clorofila absorbe la banda roja. Cuando el valor G es bajo, nos indica una mala salud, ya que las células fotosintéticas (precisamente la molécula de la clorofila) reflejan el verde con una buena salud.

Objetivo: El objetivo será determinar la salud de la vegetación de la zona estudiada a partir de lógica borrosa.

Alcance: Se tomará el valor promedio de los píxeles en la imagen satélite para las bandas R (Red) y G (Green). A partir de esos valores promedios como entradas X e Y daremos una salida Z que nos cuantificará la salud de la vegetación en el área. Idealmente, para coronar este método, las clases borrosas deberían de ser correspondidas con un inventario de la salud en terreno considerando esto nuestro “ojo de experto”.

Límites: Hay dos factores limitantes principales. El primero es que la vegetación puede reflejar las bandas R y G de maneras distintas según la especie. Para evitar esto, nosotros usaremos pinares de la especie “*Pinus sylvestris*”. El segundo factor limitante puede ser la aparición de anomalías en la imagen satélite (Como pueden ser sombras o anomalías atmosféricas). También, hay que tener en cuenta factores como la época, ya que existe vegetación estival que es normal que esté seca en algunos meses del año y pueda contener menos cantidad de radiación G (Green) y más R (Red).

2. Ejemplificar en torno a 5 reglas imprecisas sobre ese dominio, del estilo a las que vemos en el curso y que permitan hacer “razonamiento hacia delante”.

Se plantea la siguiente lógica de tipo “modus ponens”. Nótese que el valor “-” indica cualquier combinación de esa clase con la clase adyacente, en consecuencia la regla 5 es aplicable para todos los valores de la banda R (red).

Regla	G (Green)	R (Red)	H (Health)
1	Muy bajo	Alto	Deteriorado
2	Bajo	Alto	Débil
3	Medio	Medio	Irregular
4	Alto	Medio	Abundante

5	Muy alto	-	Frondoso
---	----------	---	----------

Tabla 1. 5 reglas imprecisas.

La interpretación de la tabla 1 sería la siguiente:

Regla 1: Si el valor G es Muy bajo y El valor R es Alto, la vegetación tiene un estado Deteriorado (muy poca clorofila y está en muy mal estado de salud).

Regla 2: Si la vegetación tiene un valor G Bajo y el valor R es Alto, la vegetación tiene un estado Débil (poca clorofila y mal estado de salud).

Regla 3: Si los dos valores G y R son Medios, la vegetación está en un estado Irregular de conservación (preocupante).

Regla 4: Si el valor G es Alto, y el valor R es Medio el estado de salud de la vegetación es Abundante.

Regla 5: Si el valor G es Muy Alto, el estado de salud de la vegetación es Frondoso.

3. Poner un ejemplo (análogo a los estudiados en clase) de razonamiento aproximado (inferencia borrosa) con dichas reglas, basado en representación no continua de los conjuntos borrosos y usando relaciones borrosas y Modus Ponens Generalizado, eligiendo los parámetros más adecuados (función de implicación, t-normas...).

Planteamos nuestro escenario para la regla 4 “Si la banda G (Green) es alta y la banda R (Red) es media el valor de H (Health) es Abundante.”

3.1. La regla quedaría definida como:

$$G(\text{alto}) \wedge R(\text{medio}) \rightarrow H(\text{alto})$$

3.2. Para poder trabajar con esta regla, cogemos los siguientes conjuntos borrosos:

G alto: {0.5/medio, 0.7/alto, 0.2/muy alto} (Universo: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto)

R medio: {0.7/ medio, 0.2/bajo} (Universo: bajo, medio, alto)

H Abundante: {0.3/Irregular, 0.8 /Abundante, 0.4/Frondoso} (Universo: Deteriorado, Débil, Irregular, Abundante, Frondoso)

Nota: Al estar trabajando con valores de intensidad de píxeles, no trabajamos con unidades de medidas. Son valores adimensionales.

También tras pensar en cuáles son más adecuadas, se emplean las siguientes normas:

T-norma = $\text{MIN}(a,b)$. Conserva la incertidumbre

T-conorma = $\text{MAX}(a,b)$. Escoge la regla con mayor "certeza"

Función de implicación = $I(a, b) = \text{MIN}(1, (b/2) + a)$. Usamos una modificación de la implicación de Zadeh-Min, utilizando como entrada con mayor valor el obtenido a partir de la T-norma (valor "a" en este caso)

3.3. Trabajando la regla:

$$R4 = \{G(\text{alto}) \wedge R(\text{medio}) \rightarrow H(\text{alto})\}$$

$$\{0.5/\text{medio}, 0.7/\text{alto}, 0.2/\text{muy alto}\} \wedge \{0.2/\text{bajo}, 0.7/\text{medio}\} \rightarrow \{0.3/\text{Irregular}, 0.8/\text{Abundante}, 0.4/\text{Frondoso}\}$$

Aplicamos la T-Norma:

	<i>R medio</i>	<i>R bajo</i>	
<i>G medio</i>	0.5	0.2	$\rightarrow \{0.3/\text{Irregular}, 0.8/\text{Abundante}, 0.4/\text{Frondoso}\}$
<i>G alto</i>	0.7	0.2	
<i>G muy alto</i>	0.2	0.2	

Aplicamos la modificación de la función de implicación Zadeh-Min:

	<i>Irregular</i>	<i>Abundante</i>	<i>Frondoso</i>
<i>R m G m</i>	0.65	0.9	0.7
<i>R b G m</i>	0.35	0.6	0.4
<i>R m G a</i>	0.85	1	0.9
<i>R b G a</i>	0.35	0.6	0.4
<i>R m G a</i>	0.35	0.6	0.4
<i>R b G a</i>	0.35	0.6	0.4

Aplicamos a un hecho específico:

1. Tenemos el siguiente hecho (afirmación):

$$H = \{G(\text{medio}) \wedge R(\text{bajo})\}$$

$$\{0.5/\text{medio}, 0.7/\text{alto}, 0.2/\text{muy alto}\} \wedge \{0.8/\text{bajo}, 0.5/\text{medio}\}$$

2. Aplicamos T-Norma.

	<i>R medio</i>	<i>R bajo</i>
<i>G medio</i>	0.5	0.5
<i>G alto</i>	0.5	0.7
<i>G muy alto</i>	0.2	0.2

3. Obtenemos el resultado a partir de la operación Min-Max.

R4 o H							
	<i>Irregular</i>	<i>Abundante</i>	<i>Frondoso</i>				
<i>R m G m</i>	0.65	0.9	0.7	O			
<i>R b G m</i>	0.35	0.6	0.4				
<i>R m G a</i>	0.85	1	0.9		<i>G medio</i>	0.5	0.5
<i>R b G a</i>	0.35	0.6	0.4		<i>G alto</i>	0.5	0.7
<i>R m G a</i>	0.35	0.6	0.4		<i>G muy alto</i>	0.2	0.2
<i>R b G a</i>	0.35	0.6	0.4				

En la operación Min Max se compara cada elemento de la matriz H con cada columna de la matriz Rz (Siendo z = número de regla)

$$R4 \text{ o } H = \{0.5, 0.6, 0.5\}$$

Irregular = 0,5

Abundante = 0.6

Frondoso = 0.5

3.5. Resultados

Podemos observar finalmente que, a partir de conocimiento previos y definiendo las “reglas” podríamos realizar la investigación para determinar el output final del estado de conservación vegetal de nuestra área de estudio mediante lógica borrosa.

Con la regla 4 “La banda G (Green) es alta y la banda R (Red) es media entonces el valor de H (Health) es Abundante.” Aplicada al caso “La banda G (Green) es alta y la banda R (Red) es baja” nos da unos valores razonables como output para H.

Nota: tomamos la banda verde alta como que no existen posibilidades de que haya un bosque débil o deteriorado. De ahí que no aparezcan estas clases de H en la evaluación de cualquier regla que contenga una banda G (green) Alta o Muy alta.

4. **Proponer un ejemplo (análogo a los estudiados en clase) de razonamiento aproximado (inferencia borrosa) con dichas reglas, pero ahora usando números borrosos para representar los universos de las variables de entrada y de salida, y usando un mecanismo de inferencia tipo Mamdani.**

4.1. Caso de ejemplo:

En nuestro caso tenemos una imagen cuyo valor promedio de entrada es una banda G (Green) con valor 211 y una banda R (red) con valor 103.

4.2. Definimos los siguientes conjuntos borrosos de Mamdani:

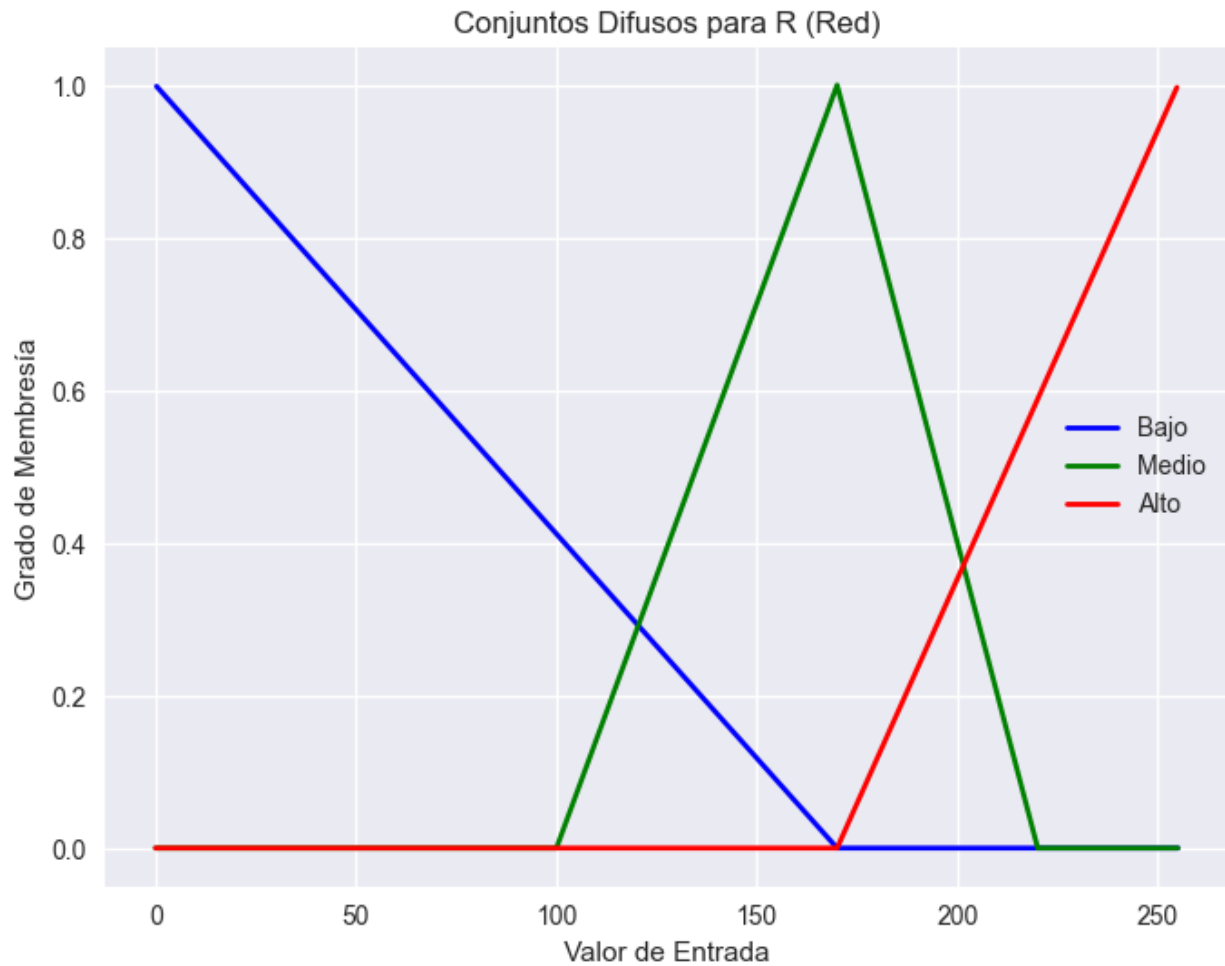


Figura 1. Conjunto difuso para la banda roja.

Tabla 2. Conjunto borroso R (Red)

Conjunto Difuso	Límite Inferior	Límite Medio	Límite Superior
Bajo	0	0	170
Medio	100	170	220
Alto	170	220	255

El valor rojo, cuya abundancia indica una falta de clorofila, puede tener otras razones inminentes de valor alto, como puede ser la aparición de rocas y claros en el bosque, por lo que se pronuncia la probabilidad de que sea un valor alto, por encima de la media en el conjunto borroso pero no represente una mala salud de la vegetación. Por esto mismo nos aseguramos que se suavizen los valores altos de la banda roja con una lógica como esta.

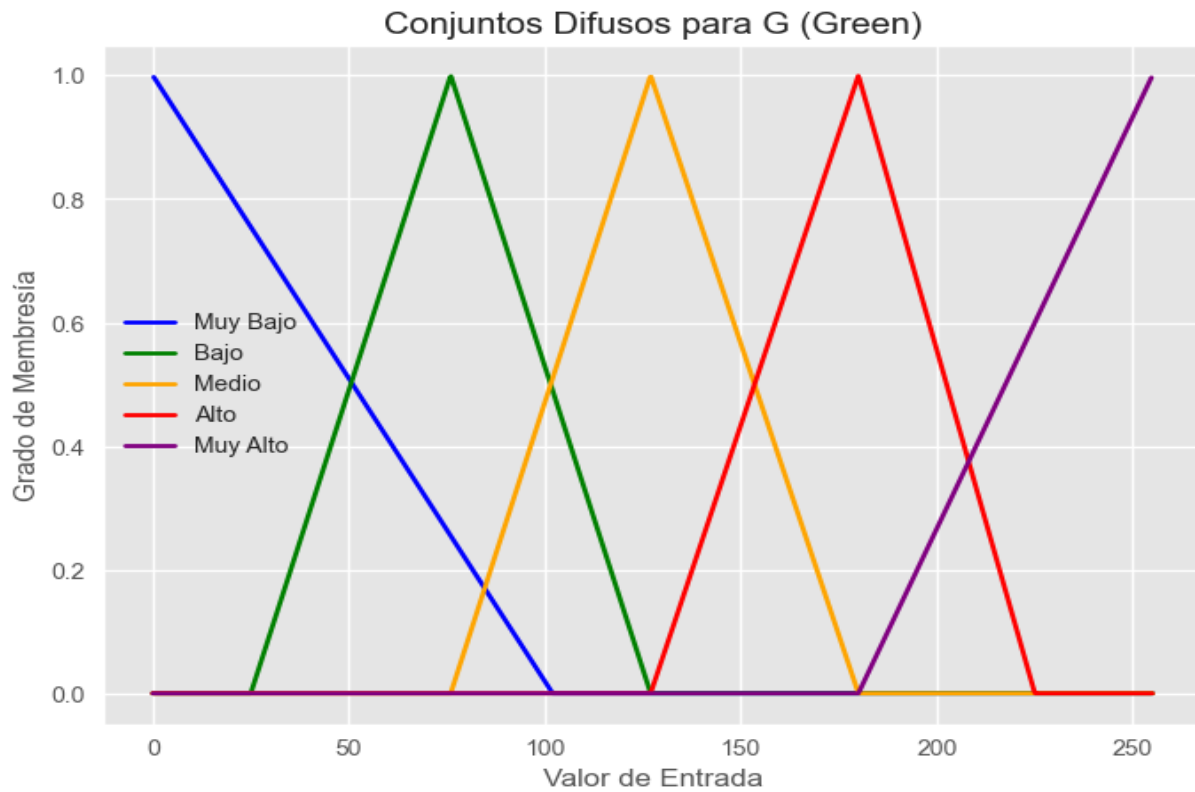


Figura 2. Conjunto difuso para la banda verde.

Tabla 3. Conjunto borroso G (Green)

Conjunto Difuso	Limite Inferior	Limite Medio	Limite Superior
Muy Bajo	0	0	102
Bajo	25	76	127
Medio	76	127	180
Alto	127	180	225
Muy Alto	180	225	255

El valor verde, cuya abundancia indica una buena cantidad de clorofila, es tomado como una lógica borrosa en la que los campos difusos se complementan de manera equilibrada.

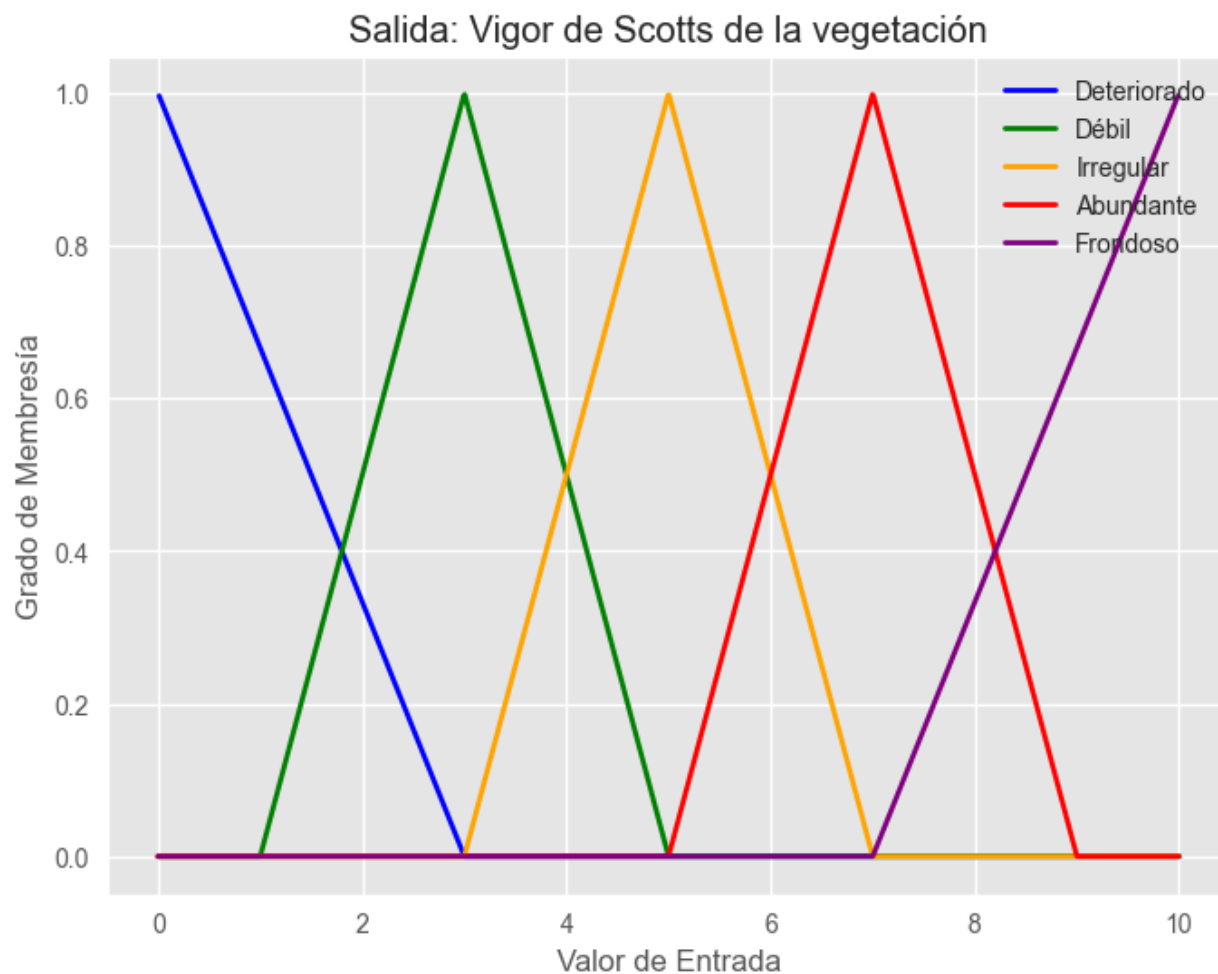


Figura 3. Conjunto de salida de G y R en H.

Tabla 4. Conjunto de salida. Vigor de Scotts

Conjunto Difuso	Límite Inferior	Límite Medio	Límite Superior
Deteriorado	0	0	3
Débil	1	3	5
Irregular	3	5	7
Abundante	5	7	9
Frondoso	7	9	10

Utilizamos la escala de medida de Vigor de vegetación de Scotts como referencia de salida.

4.3. Aplicamos los conjuntos borrosos a nuestro caso ejemplo expuesto previamente:

“Valor promedio de entrada es una banda G (Green) con valor 211 y una banda R (red) con valor 103”

Revisando el hecho aplicado en nuestros conjuntos borrosos.

- El valor G (Green) puede ser Alto o Muy alto.
- El valor R (Red) puede ser Bajo.

Revisando nuestra tabla (Apartado 2) observamos que las reglas que se disparan son las siguientes:

Regla 5: Si el valor G es Muy Alto, el estado de salud de la vegetación es Frondoso.

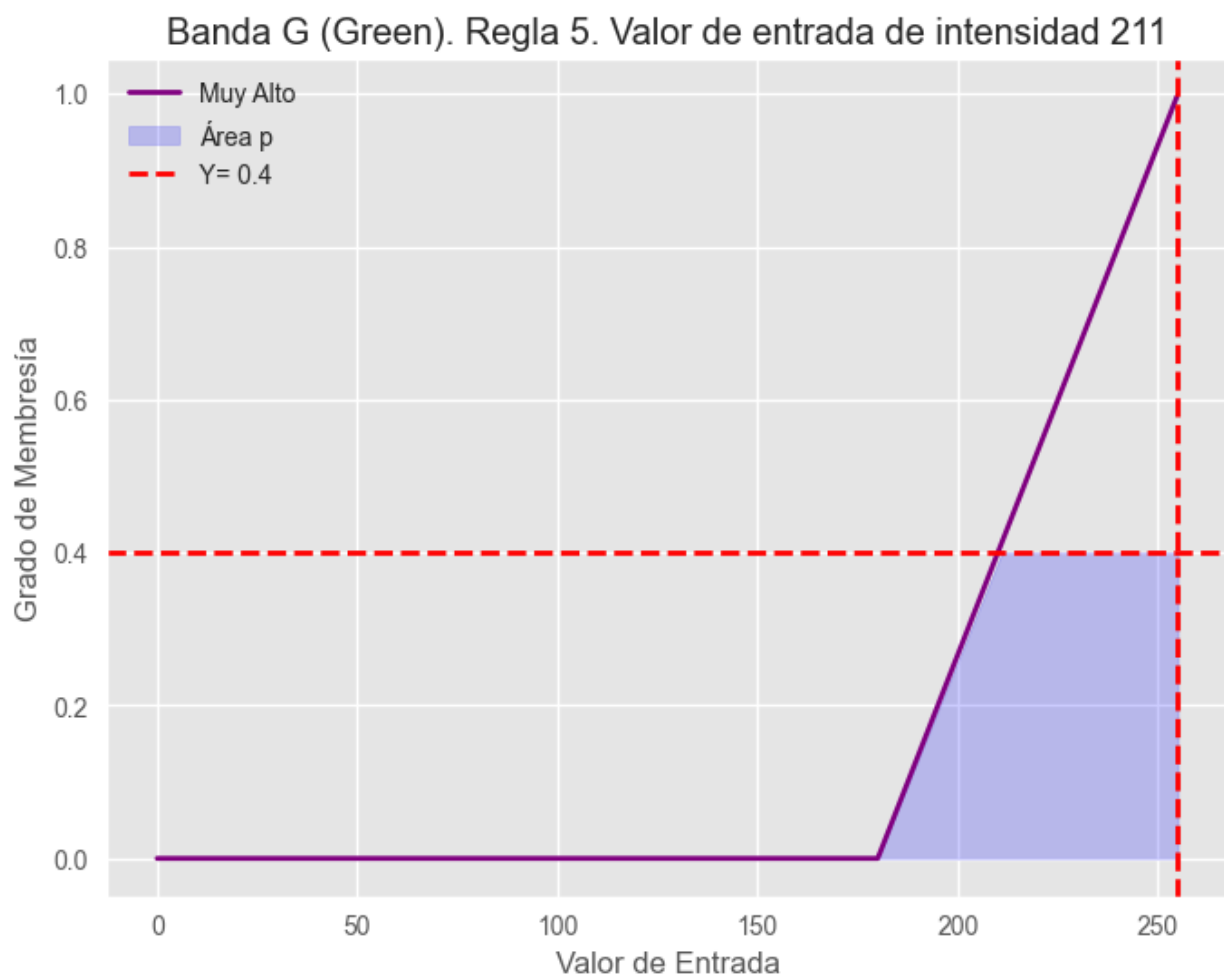


Figura 4. Entrada para G (Green) = 211. Muy alto = 0.4

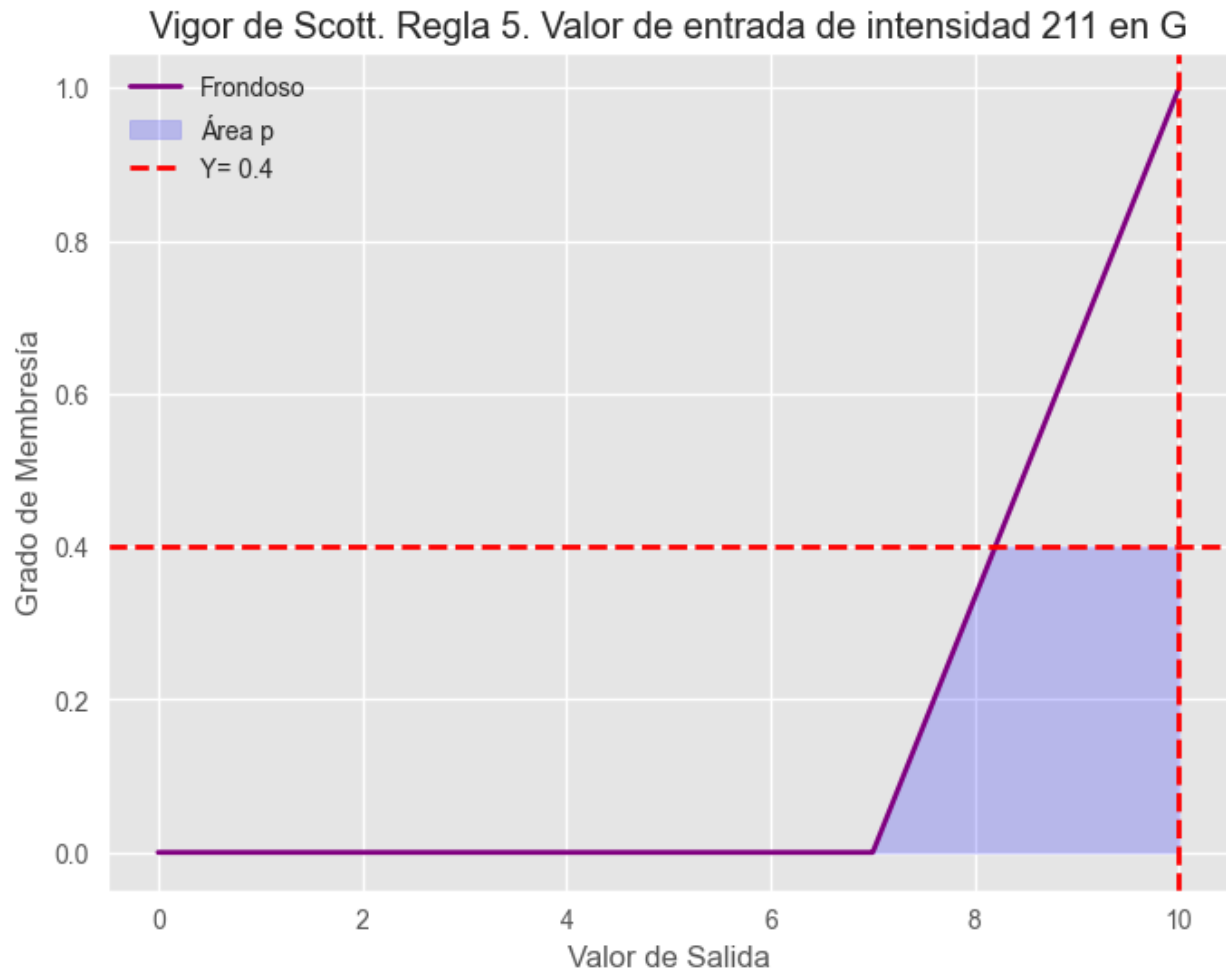


Figura 5. Entrada para G (Green) = 211. Regla 5. Salida Frondoso = 0.4

Como se ha disparado solo la regla 5 de las 5 reglas que pusimos inicialmente de ejemplo y además esta tiene un *modus ponens* con solo la variable G (Green), metemos una sexta regla.

Regla 6: Si el valor G es Alto, y el valor R es bajo el estado de salud de la vegetación es Abundante.

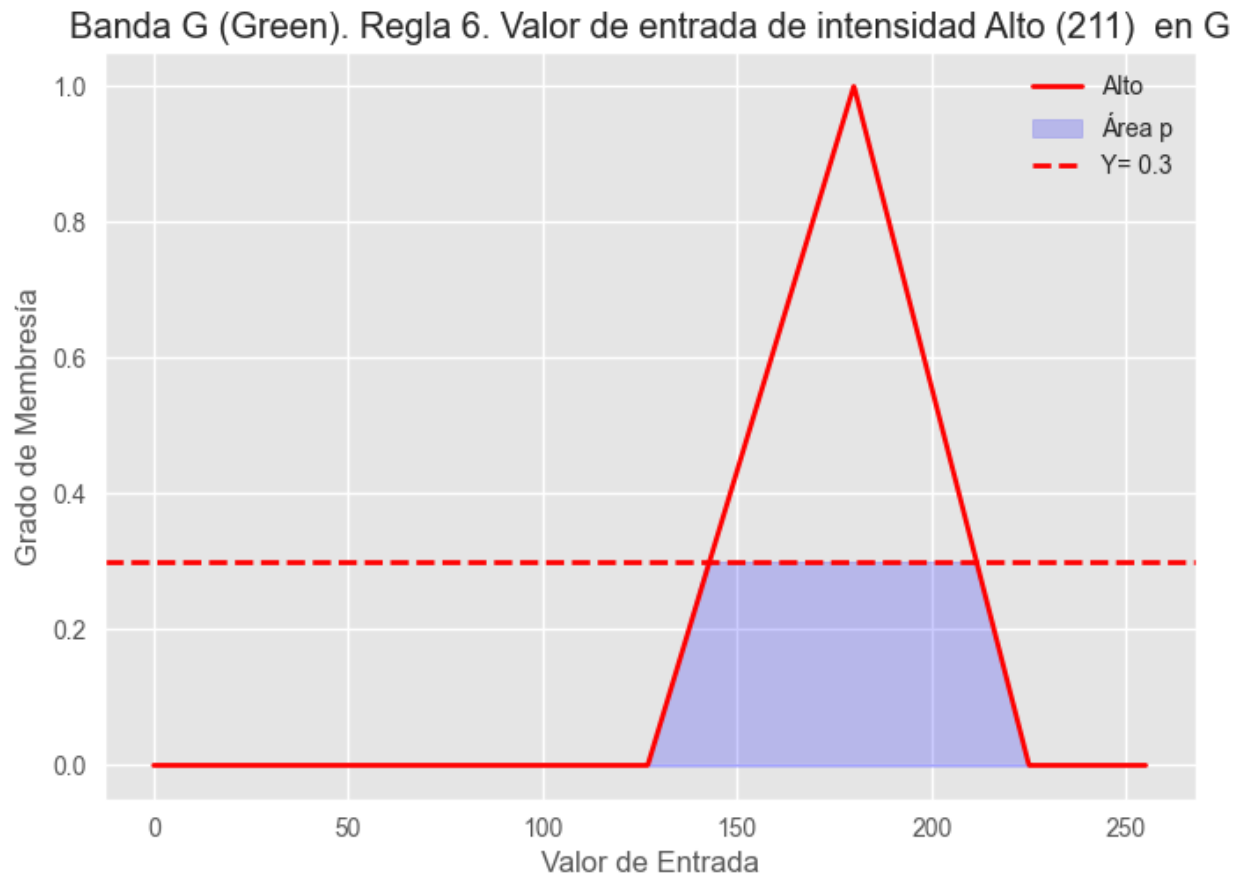


Figura 5. Entrada para G (Green). Alto = 211. Regla 6 = 0.3

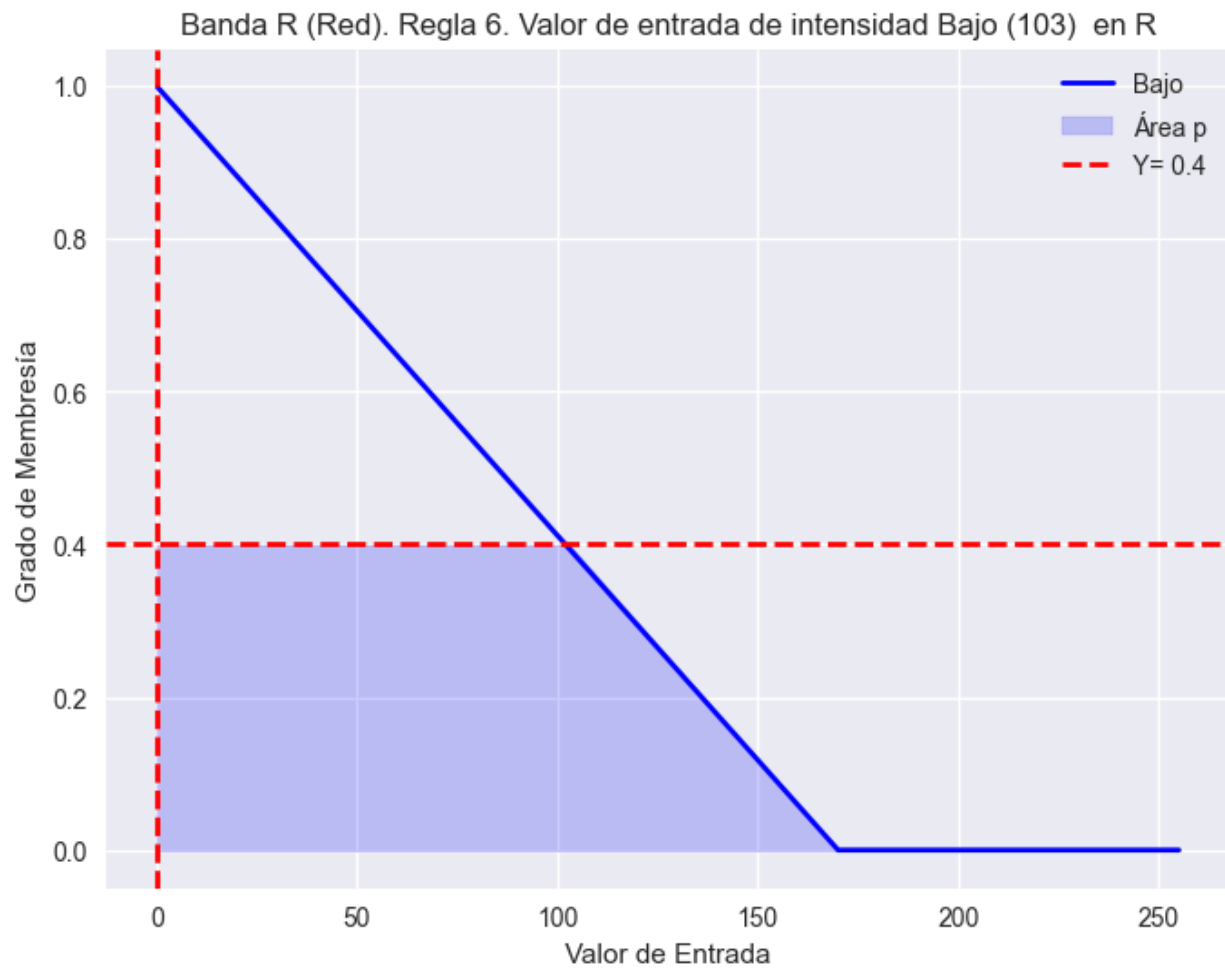
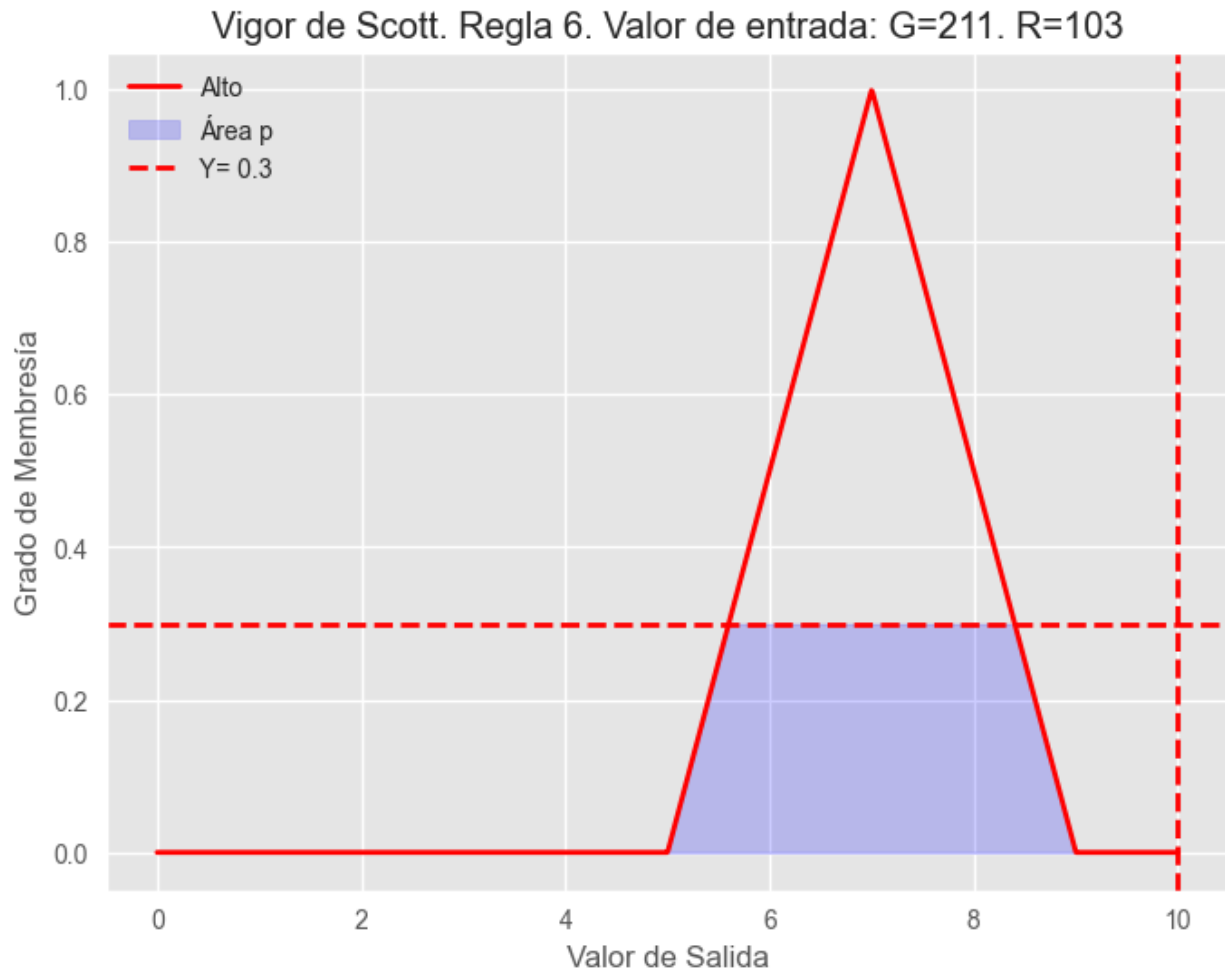


Figura 6. Entrada para G (Green). Bajo = 103. Regla 6 = 0.4

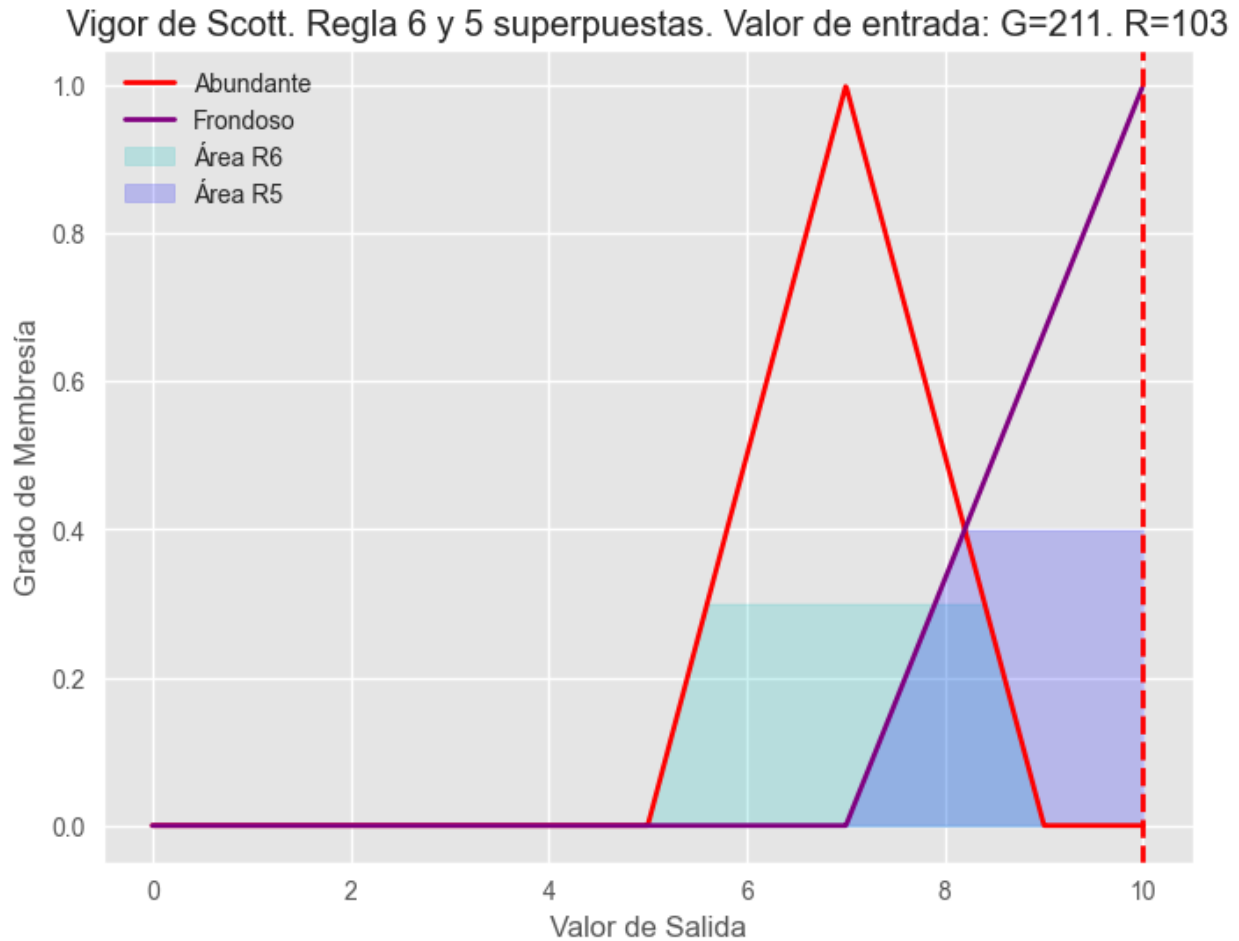
Si hacemos:

Figura5 O Figura6

Obtenemos



4.4. Ahora que hemos visto las salidas de la regla 5 y 6, podemos juntarlas en una sola en un gráfico superpuesto.



Podemos observar como para la entrada $G = 211$ y $R = 103$, obtenemos conclusiones válidas sobre los datos. Siendo la más relevante, que la probabilidad es que el bosque estudiado en la imagen satélite contenga un vigor Frondoso en la escala de Vigor de Scott.

Esto se ve reflejado al escoger los conjuntos borrosos, en el que se prioriza que un valor promedio de pixel de banda roja relativamente grande (Por ejemplo 101) no influencia tanto en el resultado.

5. Implementar las reglas en CLIPS/FUZZY CLIPS y poner un ejemplo de inferencia TIPO MAMDANI (anexando a la documentación los archivos de BH y BC).

5.1. Definimos la base de hechos.

(deffacts hechos

(G 211)

(R 103))

5.2. Definimos la base de conocimiento.

```
(defrule Regla1
  (and
    (G MuyBajo)
    (R Alto)
  )
  =>
  (assert (Estado Deteriorado))
)
```

```
(defrule Regla2
  (and
    (G Bajo)
    (R Alto)
  )
  =>
  (assert (Estado Débil))
)
```

```
(defrule Regla3
  (and
    (G Medio)
    (R Medio)
  )
  =>
  (assert (Estado Irregular))
)
```



```
(defrule Regla4
  (and
    (G Alto)
    (R Medio)
  )
  =>
  (assert (Estado Abundante))
)
```

```
(defrule Regla5
  (G MuyAlto)
  =>
  (assert (Estado Frondoso))
)
```

```
(defrule Regla6
  (and
    (G Alto)
    (R Bajo)
  )
  =>
  (assert (Estado Abundante))
)
```

5.3. Cargamos hechos y conocimiento.

```
CLIPS> (load "USER_Gabriel_Ireland_Path/BH_vegetacion.clp")
```

```
CLIPS> (load "USER_Gabriel_Ireland_Path/BC_vegetacion.clp")
```

```
CLIPS> (facts)
```

```
f-0 (initial-fact)
```

```
f-1 (hechos (G 211) (R 103))
```

For a total of 2 facts.

```
CLIPS> (reset)
```

```
CLIPS> (run)
```

Firing Rule: Regla6

```
(G Alto)
```

```
(R Bajo)
```

```
=>
```

```
(assert (Estado Abundante))
```

Firing Rule: Regla4

```
(G Alto)
```

```
(R Medio)
```

```
=>
```

```
(assert (Estado Abundante))
```

Firing Rule: Regla3

```
(G Medio)
```

```
(R Medio)
```

```
=>
```

```
(assert (Estado Irregular))
```

Firing Rule: Regla2

(G Bajo)

(R Alto)

=>

(assert (Estado Débil))

Firing Rule: Regla1

(G MuyBajo)

(R Alto)

=>

(assert (Estado Deteriorado))

Firing Rule: Regla5

(G MuyAlto)

=>

(assert (Estado Frondoso))

CLIPS> (facts)

f-0 (initial-fact)

f-1 (hechos (G 211) (R 103))

f-2 (Estado Abundante)

f-3 (Estado Abundante)

f-4 (Estado Irregular)

f-5 (Estado Débil)

f-6 (Estado Deteriorado)

f-7 (Estado Frondoso)

For a total of 8 facts.

5.4. Grafico

El alumno no encuentra una referencia buena para instalar la extensión de FuzzyClips de manera segura. Prefiere dejar en blanco la graficación de Mamdani con FuzzyClips y recibir la penalización correspondiente en el subapartado de la pregunta 5