

Estimación de la rentabilidad en la producción de café sostenible a través de un modelo cualitativo jerárquico



Leidy Katherine Casilimas Lopez

Tesis de Maestría en Ingeniería Telemática

Director:

Dr. David Camilo Corrales Muñoz, PhD

Co-Director:

Dr. Juan Carlos Corrales Muñoz, PhD

Universidad Del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y telecomunicaciones
Departamento de Telemática
e- @ambiente
Popayán, noviembre de 2021

Leidy Katherine Casilimas Lopez

Estimación de la rentabilidad en la producción de café sostenible a través de un modelo cualitativo jerárquico

Tesis presentada a la
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de
la Universidad del Cauca, Colombia
para otorgar el grado académico de

Magíster en:
Ingeniería Telemática

Director:

Dr. David Camilo Corrales Muñoz, PhD

Co-Director:

Dr. Juan Carlos Corrales Muñoz, PhD

Popayán

2021

Lista de Tablas

Tabla 1 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee Convencional.....	18
Tabla 2 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee basado en Mandammi.....	18
Tabla 3 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee Topsis.....	19
Tabla 4 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee Saw.	19
Tabla 5 Resultados de los criterios estadísticos (Precisión, Recuperación, Puntuación-F1) de HMP-Coffee para los cuatro enfoques.	19

Lista de Figuras

Figura 1 Formato prueba 1	6
Figura 2 Formato prueba 2	7
Figura 3 Formato prueba 3	8
Figura 4 Formato prueba 4	8
Figura 5 Tabla de decisión de rentabilidad	9
Figura 6 Tabla de decisión de rentabilidad	9
Figura 7 Tabla de decisión de labores del cultivo.....	10
Figura 8 Tabla de decisión de duración de labores del cultivo.....	10
Figura 9 Tabla de decisión de Insumos	10
Figura 10 Tabla de decisión de fertilización	11
Figura 11 Tabla de decisión de administración	11
Figura 12 Tabla de decisión de cosecha	11
Figura 13 Tabla de decisión de mercado internacional	11
Figura 14 Funciones de Membresía de tiempo invertido en labores de Fertilización.....	12
Figura 15 Funciones de Membresía de tiempo invertido en labores de renovación	12
Figura 16 Funciones de Membresía de tiempo invertido en labores de control arvenses, plagas & enfermedades	13
Figura 17 Funciones de Membresía de precio de mano de obra	13
Figura 18 Funciones de Membresía de inversión en fertilizantes químicos	13
Figura 19 Funciones de Membresía de inversión en fertilizantes orgánicos.....	14
Figura 20 Funciones de Membresía de inversión en insumos para el control de arvenses....	14
Figura 21 Funciones de Membresía de inversión en insumos para renovación del cultivo	14
Figura 22 Funciones de Membresía de inversión en mantenimiento	15
Figura 23 Funciones de Membresía de gastos de transporte	15
Figura 24 Funciones de Membresía de pago por recolección de café.....	15
Figura 25 Funciones de Membresía de implementos para recolectores de café	16
Figura 26 Funciones de Membresía de inversión en proceso de beneficio de café.....	16
Figura 27 Funciones de Membresía de inversión en proceso de trilla de café	16
Figura 28 Funciones de Membresía de variación del precio del dólar	17
Figura 29 Funciones de Membresía de precio del café en la bolsa de valores de NY.....	17
Figura 30 Funciones de Membresía de volumen de producción de café	17
Figura 31 Comparación grafica de los criterios estadísticos (Precisión, Recuperación, Puntuación-F1) para los cuatro enfoques implementados: Reglas de Mandammi, Topsis, Convencional y Saw.	20

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	3
Lista de Figuras	4
Tabla de Contenido	4
A Anexo 1	6
A.1 Proceso de extracción de conocimiento experto	6
A.1.1 Identificación	6
A.1.2 Conceptualización y relacionamiento de conceptos	6
B Anexo 2	8
C Anexo 3	12
C.1 Funciones de Membresía del modelo HMP-Coffee	12
D Anexo 4	17
D.1 Matriz de confusión de los 4 enfoques utilizando el conjunto de datos de ICAFE con 405 instancias.	18
D.1.1 Convencional	18
D.1.2 Basado en Mandammi	18
D.1.3 Topsis	19
D.1.4 Saw	19
D.1.5 Comparación general de los modelos	19
D.2 Precisión, recuperación y puntuación-F1 de cada enfoque para rentabilidad Favorable, Promedio y Desfavorable.	19
D.3 Grafica comparativa del comportamiento promedio de los resultados	20

A Anexo 1

Este anexo contiene los formatos estructurados aplicados al panel de expertos relacionados a los tres primeros pasos de la metodología de Buchanan. Las fuentes de datos no estructuradas, semiestructuradas y las diligenciadas por los expertos no son anexadas por motivos de confidencialidad.

A.1 Proceso de extracción de conocimiento experto

A.1.1 Identificación

Para este paso se desarrollaron alrededor 20 entrevistas no estructuradas y semiestructuradas en torno al funcionamiento de la finca la sultana. Además, se recopilaron entrevistas (audio), seminarios basados en el funcionamiento económico de la finca e información de dos visitas técnicas. Finalmente, el análisis textual de la sección 3.2.1 complemento este proceso.

A.1.2 Conceptualización y relacionamiento de conceptos

Para identificar los conceptos relevantes y la forma en que se relacionaban con rentabilidad, el panel de expertos desarrollo tres pruebas.

a Formato prueba 1:

Descripción de la prueba: Seleccionar los conceptos que impactan la Rentabilidad/Sostenibilidad/ costos de producción de los cultivos de café sostenible a pequeña escala (circulo verde: alto impacto, circulo amarillo: nivel de impacto medio y circulo rojo: no impacta el concepto. La figura 2 muestra la forma en que el experto visualizó la actividad para su posterior desarrollo

Renovación 1	Características del cultivo 2	Mantenimiento 3	Productividad(@*H) 4
Mercado internacional 5	Inversiones 6	Depreciación 7	Mano de Obra 8
Buenas Practicas Agrícolas 9	Costos Fijos (Logística y Mantenimiento) 10	Manejo de costos 11	Edad plantación 12
Precio café Bolsa NY 13	Densidad(# Arboles *H) 14	Insumos 15	Costos Variables (De producción) 16
Precio del Dólar (Tasa de cambio) 17	Labores del Cultivo 18	Costos Variables (De producción) 19	



Figura 1 Formato prueba 1

b Formato prueba 2:

Descripción de la prueba: Agrupar los conceptos relacionados a Rentabilidad/Sostenibilidad/ costos de producción en cultivos de café sostenible a pequeña escala. La figura 3 muestra la forma en que el experto visualizó la actividad para su posterior desarrollo.

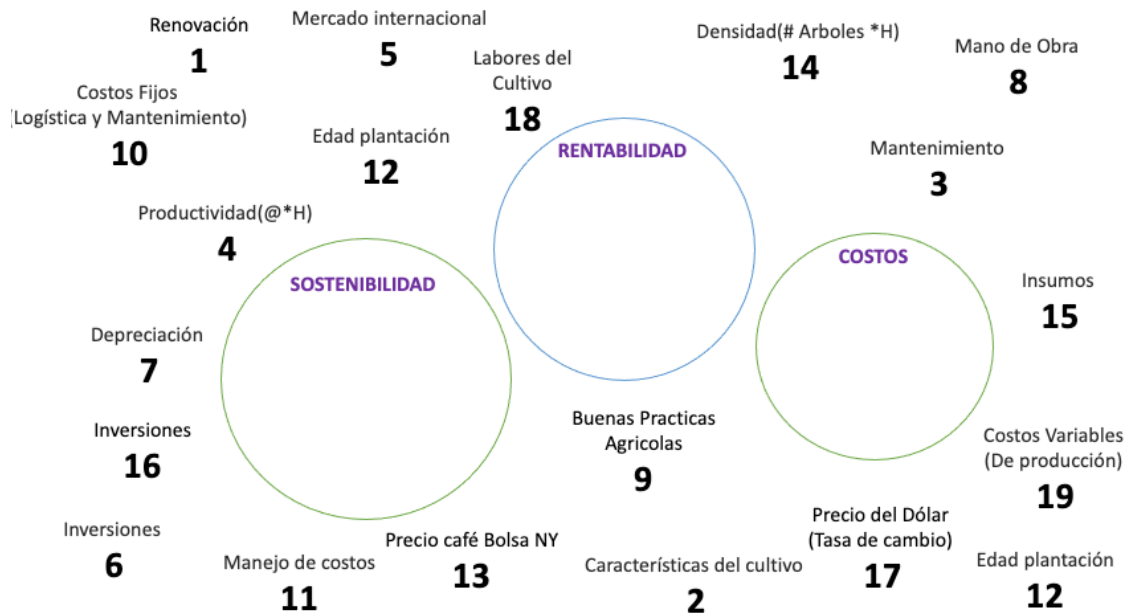


Figura 2 Formato prueba 2

c Formato prueba 3:

Descripción de la prueba: Clasificar los conceptos a Rentabilidad/Sostenibilidad/Costos de producción por niveles de relevancia.



Figura 3 Formato prueba 3

d Formato prueba 4:

Descripción de la prueba: Asignar un puntaje de 1 a 5 por niveles de relevancia. La figura 5 muestra la forma en que el experto visualizó la actividad para su posterior desarrollo.

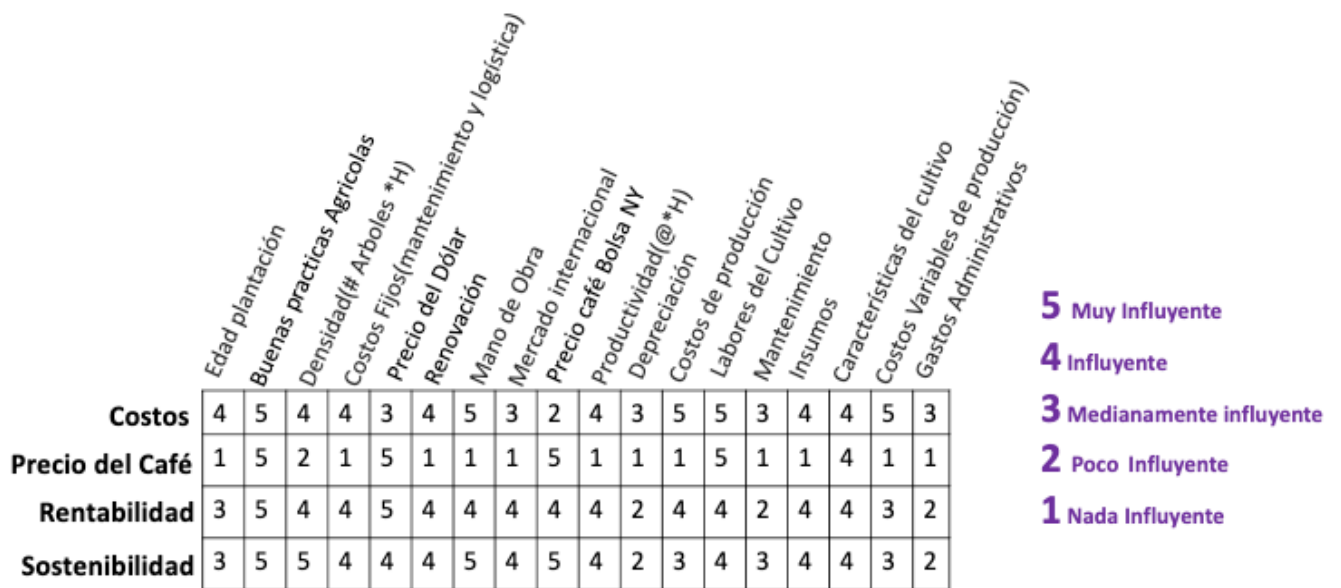


Figura 4 Formato prueba 4

B Anexo 2

Este anexo contiene tablas de decisión del modelo HMP-Coffee

	Costos	Volumen de produccion	Mercado internacional	Rentabilidad
	40%	40%	20%	
1	Alta	Baja	*	Baja
2	Alta	<=Promedio	Poco rentable	Baja
3	<=Promedio	Baja	Poco rentable	Baja
4	Alta	>=Promedio	>=Promedio	Promedio
5	<=Promedio	Promedio	>=Promedio	Promedio
6	<=Promedio	>=Promedio	Promedio	Promedio
7	*	Promedio	Promedio	Promedio
8	Alta	Alta	*	Promedio
9	<=Promedio	Alta	<=Promedio	Promedio
10	Promedio	<=Promedio	>=Promedio	Promedio
11	Promedio	*	Promedio	Promedio
12	>=Promedio	Baja	>=Promedio	Promedio
13	>=Promedio	<=Promedio	Promedio	Promedio
14	Promedio	Promedio	*	Promedio
15	Promedio	>=Promedio	<=Promedio	Promedio
16	>=Promedio	Promedio	<=Promedio	Promedio
17	Baja	Baja	*	Promedio
18	Baja	<=Promedio	<=Promedio	Promedio
19	>=Promedio	Alta	Rentable	Alta
20	Baja	>=Promedio	Rentable	Alta
21	Baja	Alta	*	Alta

Figura 5 Tabla de decisión de rentabilidad

	Produccion	Administracion	Cosecha	Beneficio	Trilla	Costos
	42%	12%	32%	7%	7%	
1	Alta	Alta	*	*	*	Alta
2	Alta	<=Promedio	*	Con tratamiento aguas residuales	*	Alta
3	Alta	<=Promedio	*	*	Si	Alta
4	Alta	*	<=Promedio	*	*	Alta
5	Alta	*	*	Con tratamiento aguas residuales	Si	Alta
6	<=Promedio	Alta	<=Promedio	*	*	Alta
7	<=Promedio	<=Promedio	<=Promedio	Con tratamiento aguas residuales	Si	Alta
8	<=Promedio	*	Alta	*	*	Alta
9	*	Alta	Alta	Con tratamiento aguas residuales	*	Alta
10	*	Alta	Alta	*	Si	Alta
11	<=Promedio	>=Promedio	Baja	Sin tratamiento aguas residuales	No	Promedio
12	<=Promedio	Baja	Baja	*	No	Promedio
13	<=Promedio	Baja	Baja	Sin tratamiento aguas residuales	*	Promedio
14	Promedio	*	Baja	*	*	Promedio
15	>=Promedio	Alta	Baja	Con tratamiento aguas residuales	Si	Promedio
16	Promedio	>=Promedio	>=Promedio	*	No	Promedio
17	>=Promedio	>=Promedio	Promedio	*	No	Promedio
18	Promedio	>=Promedio	>=Promedio	Sin tratamiento aguas residuales	*	Promedio
19	>=Promedio	>=Promedio	Promedio	Sin tratamiento aguas residuales	*	Promedio
20	Promedio	Baja	>=Promedio	*	*	Promedio
21	>=Promedio	Baja	Promedio	*	*	Promedio
22	Baja	*	<=Promedio	Sin tratamiento aguas residuales	No	Promedio
23	Baja	Alta	>=Promedio	Con tratamiento aguas residuales	Si	Promedio
24	Baja	*	Promedio	*	*	Promedio
25	Baja	>=Promedio	<=Promedio	*	*	Promedio
26	Baja	*	Baja	*	No	Baja
27	Baja	*	Baja	Sin tratamiento aguas residuales	*	Baja
28	Baja	>=Promedio	Baja	*	*	Baja

Figura 6 Tabla de decisión de rentabilidad

	Duracion	Precio mano de obra	Labores del cultivo
	67%	33%	
1	Alta	<=Promedio	Alta
2	<=Promedio	Baja	Promedio
3	Promedio	*	Promedio
4	>=Promedio	Alta	Promedio
5	Baja	>=Promedio	Baja

Figura 7 Tabla de decisión de labores del cultivo

	Fertilizacion	Renovacion	Manejo de arvenses / Control Plagas y enfermedades	Duracion
	33%	56%	11%	
1	Alta	Alta	*	Alta
2	<=Promedio	Alta	<=Promedio	Alta
3	Alta	>=Promedio	*	Promedio
4	<=Promedio	>=Promedio	Alta	Promedio
5	*	Promedio	*	Promedio
6	>=Promedio	<=Promedio	Baja	Promedio
7	Baja	<=Promedio	*	Promedio
8	>=Promedio	Baja	>=Promedio	Baja
9	Baja	Baja	*	Baja

Figura 8 Tabla de decisión de duración de labores del cultivo

	Fertilizacion	Manejo de arvenses / Control Plagas y enfermedades	Renovacion	Insumos
	80%	10%	10%	
1	Alta	<=Promedio	*	Alta
2	Alta	*	<=Promedio	Alta
3	<=Promedio	Baja	Baja	Promedio
4	Promedio	*	*	Promedio
5	>=Promedio	Alta	Alta	Promedio
6	Baja	*	>=Promedio	Baja
7	Baja	>=Promedio	*	Baja

Figura 9 Tabla de decisión de Insumos

	Organica	Quimica	Fertilizacion
	33%	67%	
1	<=Promedio	Alta	Alta
2	Alta	>=Promedio	Promedio
3	*	Promedio	Promedio
4	Baja	<=Promedio	Promedio
5	>=Promedio	Baja	Baja

Figura 10 Tabla de decisión de fertilización

	Mantenimiento y servicios	Transporte	Administracion
	67%	33%	
1	Alta	<=Promedio	Alta
2	<=Promedio	Baja	Promedio
3	Promedio	*	Promedio
4	>=Promedio	Alta	Promedio
5	Baja	>=Promedio	Baja

Figura 11 Tabla de decisión de administración

	Recoleccion	Implementos	Cosecha
	100%	0%	
1	Alta	*	Alta
2	Promedio	*	Promedio
3	Baja	*	Baja

Figura 12 Tabla de decisión de cosecha

	Tasa de cambio	Precio Bolsa NY	Mercado internacional
	50%	50%	
1	Baja	Baja	Poco rentable
2	<=Promedio	Baja	Promedio
3	Promedio	<=Promedio	Promedio
4	>=Promedio	Promedio	Promedio
5	Baja	>=Promedio	Promedio
6	Alta	>=Promedio	Rentable
7	<=Promedio	Alta	Rentable

Figura 13 Tabla de decisión de mercado internacional

C Anexo 3

Este anexo contiene las funciones de membresía para los atributos del modelo HMP-Coffee

C.1 Funciones de Membresía del modelo HMP-Coffee

a Tiempo invertido en labores de Fertilización-t1

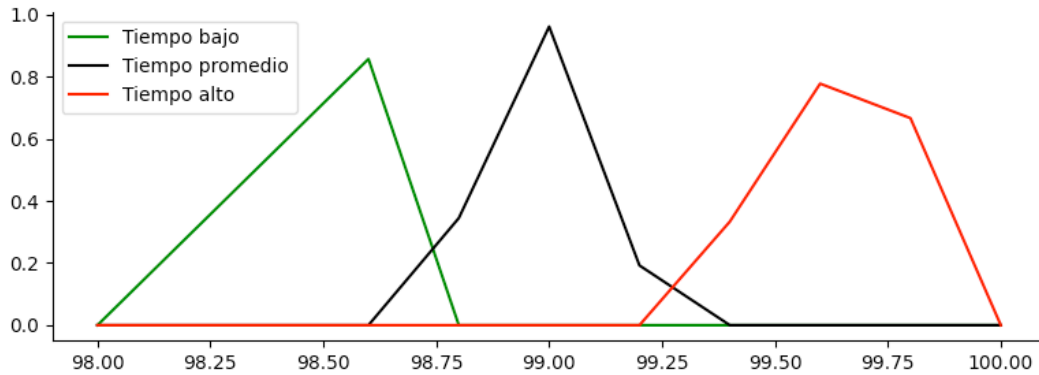


Figura 14 Funciones de Membresía de tiempo invertido en labores de Fertilización

b Tiempo invertido en labores de Renovación-t2

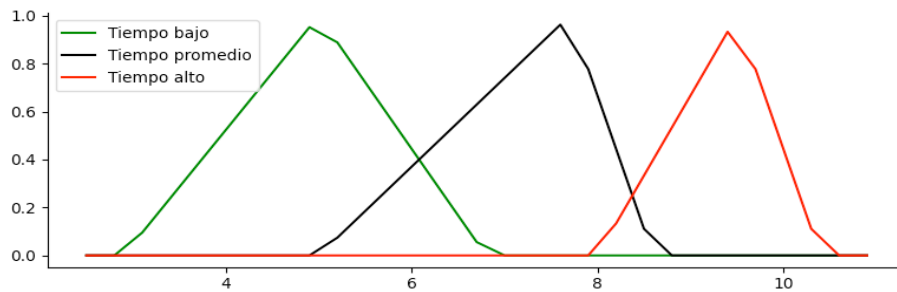


Figura 15 Funciones de Membresía de tiempo invertido en labores de renovación

c Tiempo invertido en labores de Control arvenses, plagas & enfermedades-t3

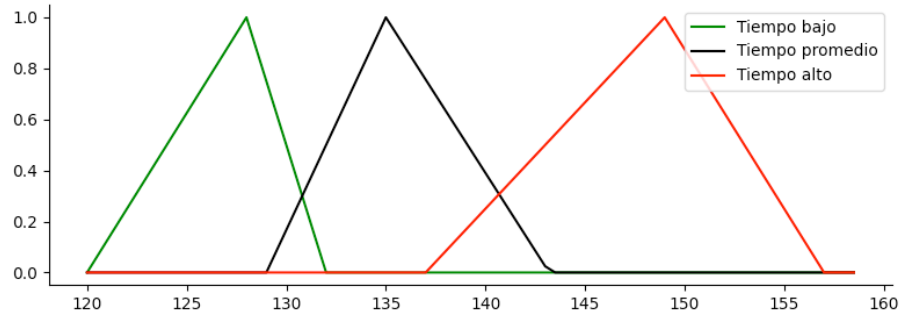


Figura 16 Funciones de Membresía de tiempo invertido en labores de control arvenses, plagas & enfermedades

d Precio de mano de obra-t4

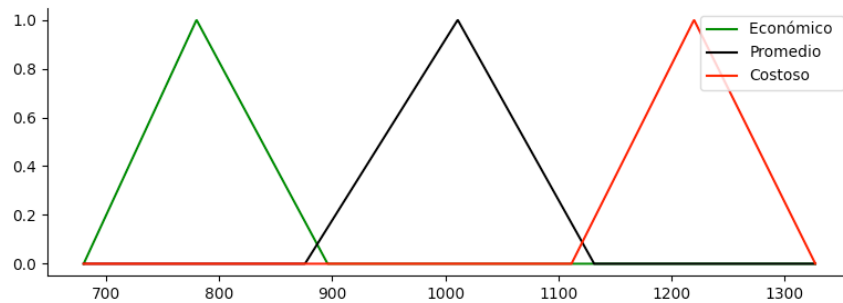


Figura 17 Funciones de Membresía de precio de mano de obra

e Inversión en fertilizantes químicos -t5

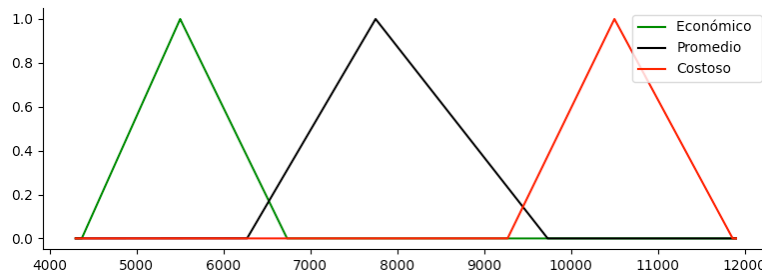


Figura 18 Funciones de Membresía de inversión en fertilizantes químicos

f Inversión en fertilizantes orgánicos -t6

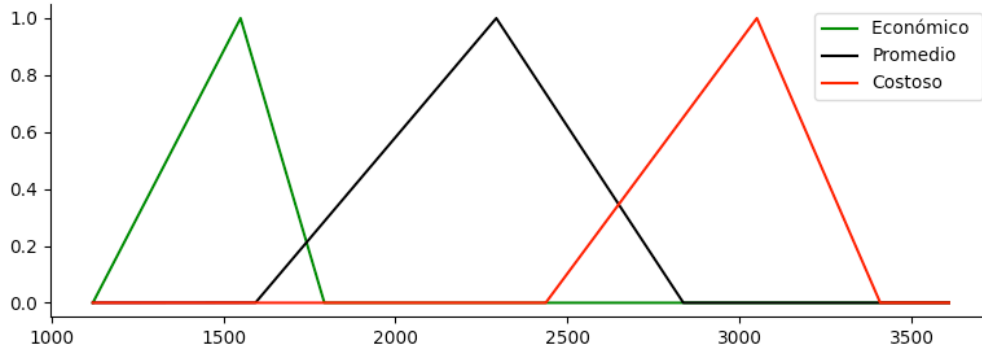


Figura 19 Funciones de Membresía de inversión en fertilizantes orgánicos

g Inversión en insumos para el control de arvenses-t7

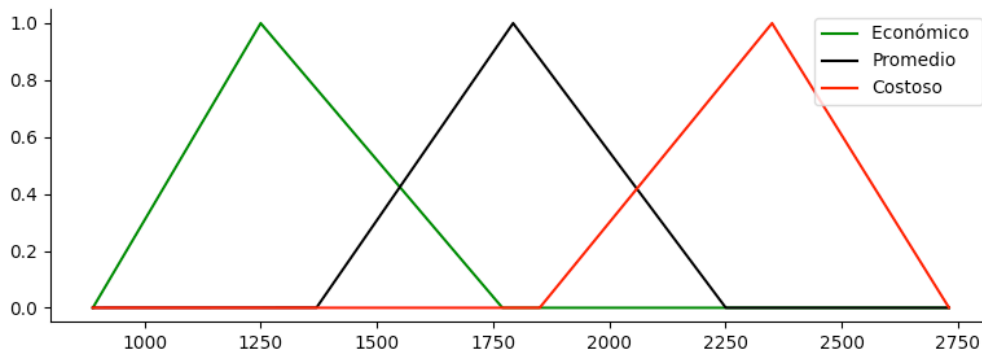


Figura 20 Funciones de Membresía de inversión en insumos para el control de arvenses

h Inversión en insumos para renovación del cultivo-t8

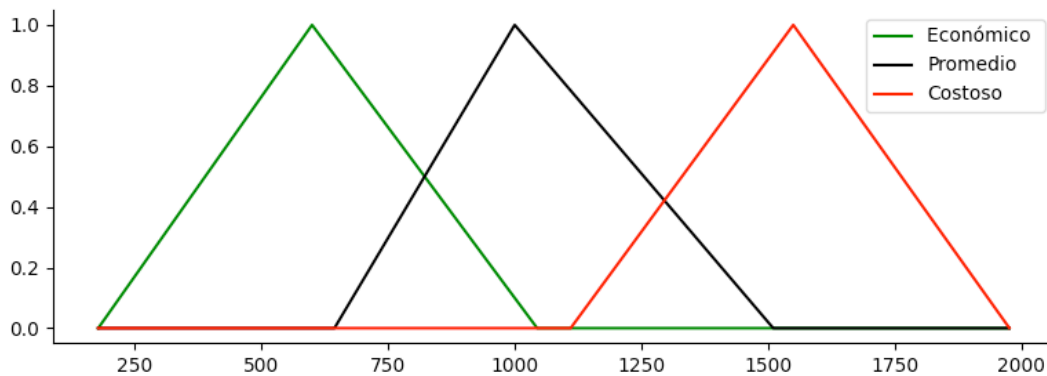


Figura 21 Funciones de Membresía de inversión en insumos para renovación del cultivo

i Inversión en mantenimiento-t9

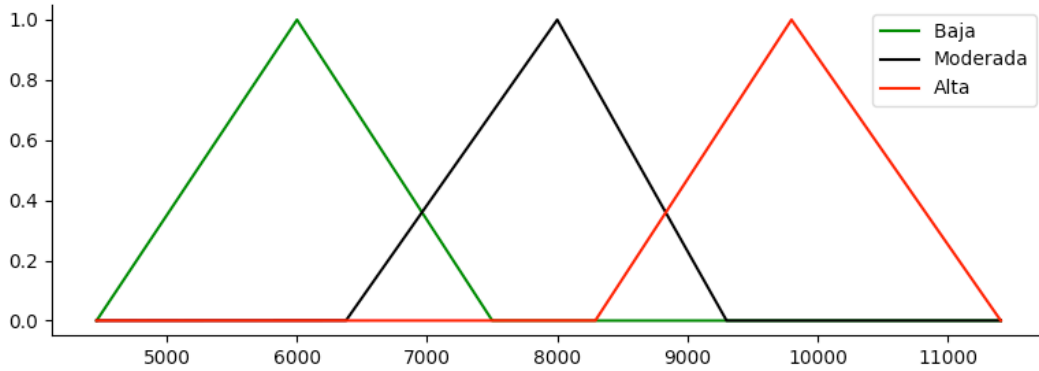


Figura 22 Funciones de Membresía de inversión en mantenimiento

j Gastos de transporte-t10

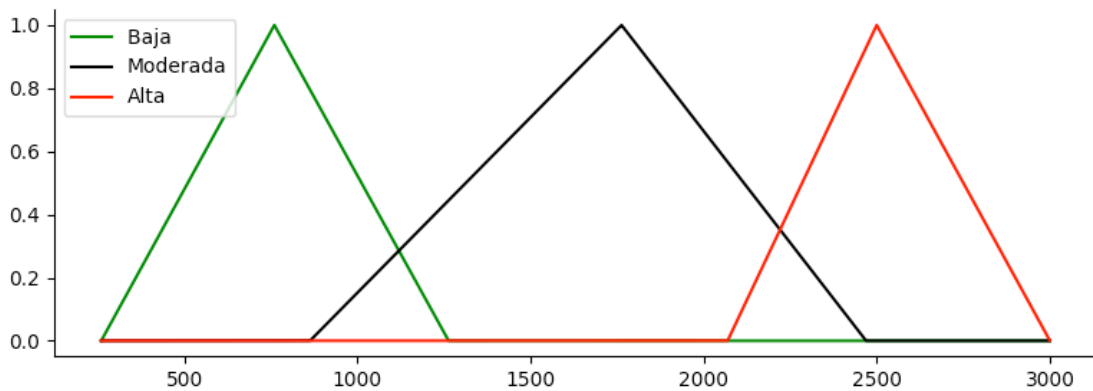


Figura 23 Funciones de Membresía de gastos de transporte

k Pago por recolección de café-t11

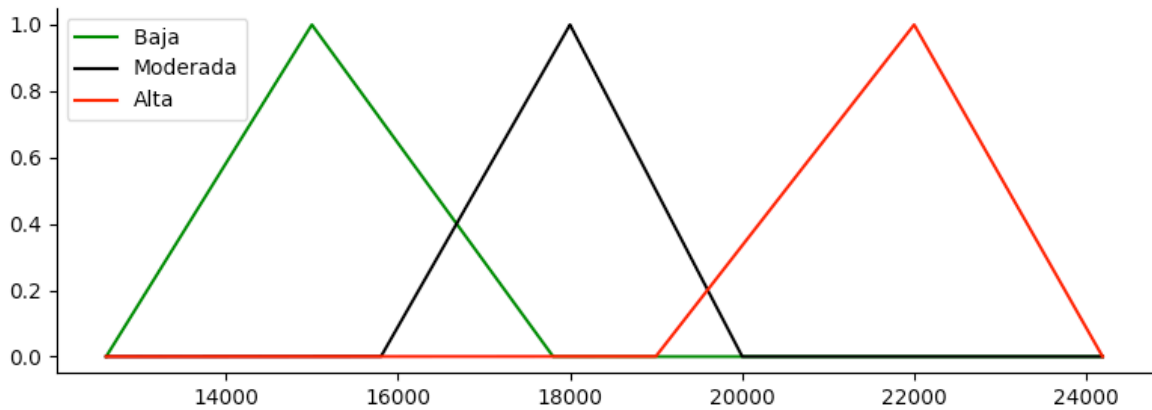


Figura 24 Funciones de Membresía de pago por recolección de café

l Implementos para recolectores de café-t12

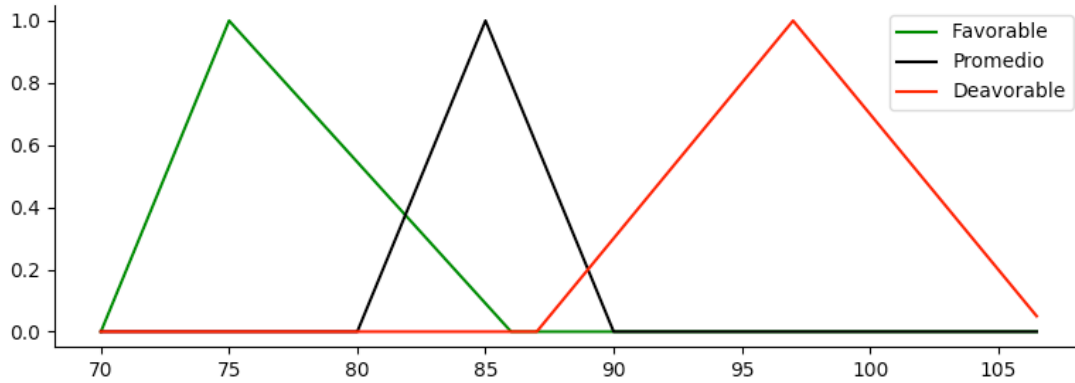


Figura 25 Funciones de Membresía de implementos para recolectores de café

m Inversión en proceso de beneficio de café-t13

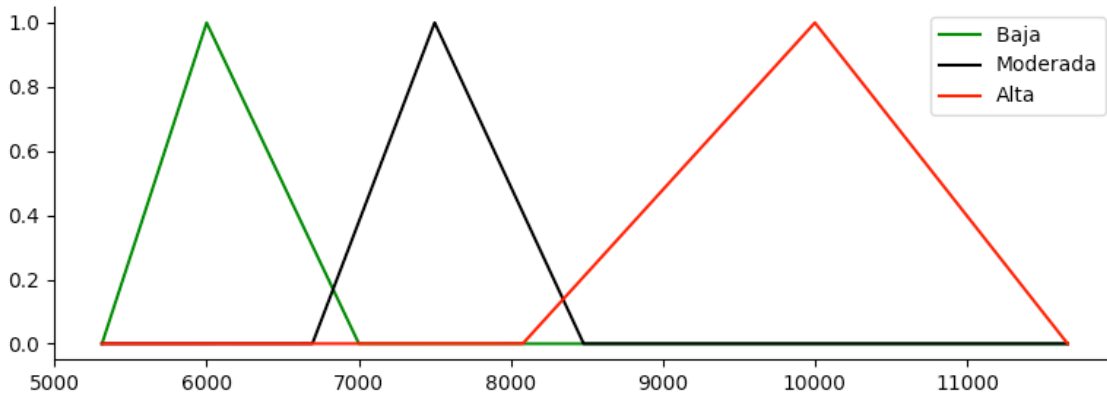


Figura 26 Funciones de Membresía de inversión en proceso de beneficio de café

n Inversión en proceso de trilla de café-t14

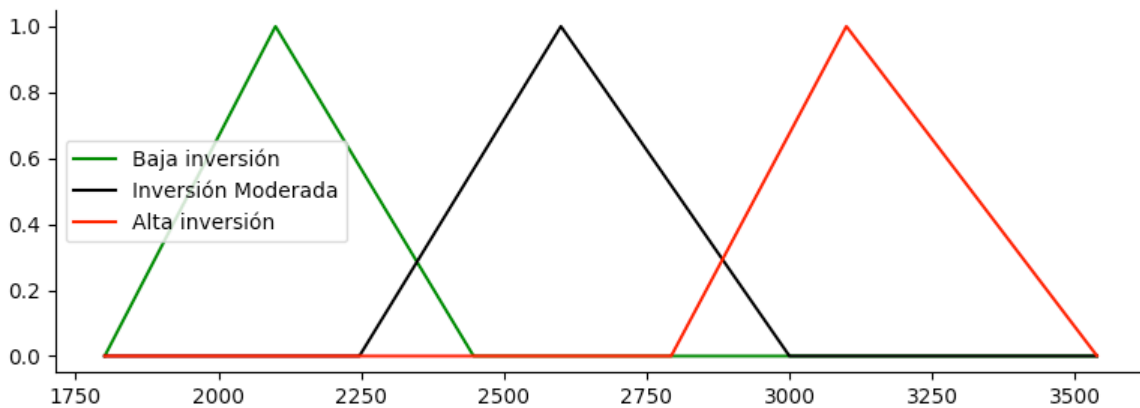


Figura 27 Funciones de Membresía de inversión en proceso de trilla de café

o Variación del Precio del Dólar-t15

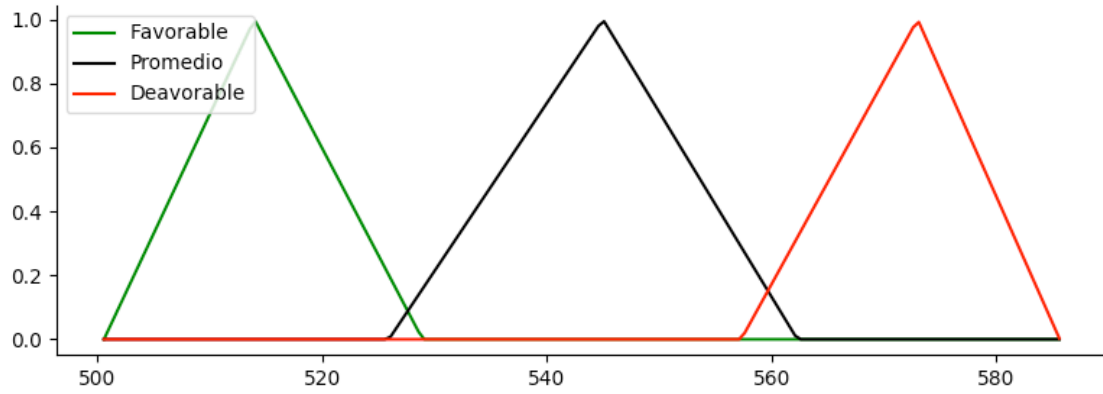


Figura 28 Funciones de Membresía de variación del precio del dólar

p Precio del Café en la bolsa de valores de NY-t16

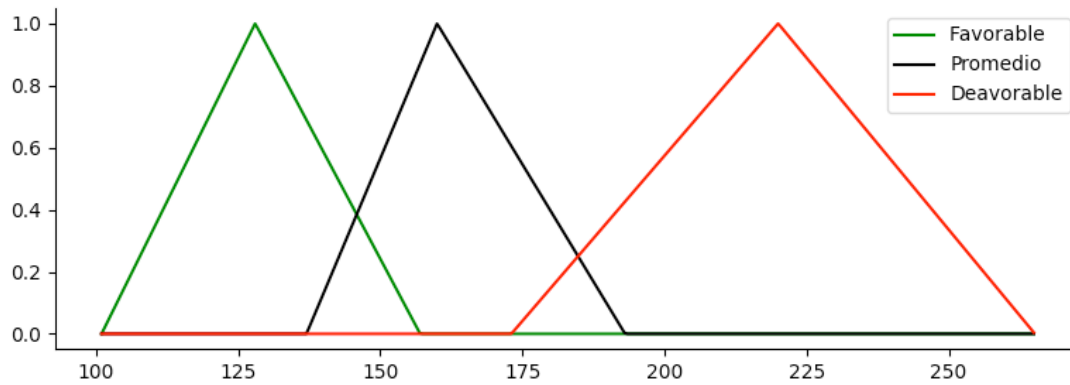


Figura 29 Funciones de Membresía de precio del café en la bolsa de valores de NY

q Volumen de producción de café-t17

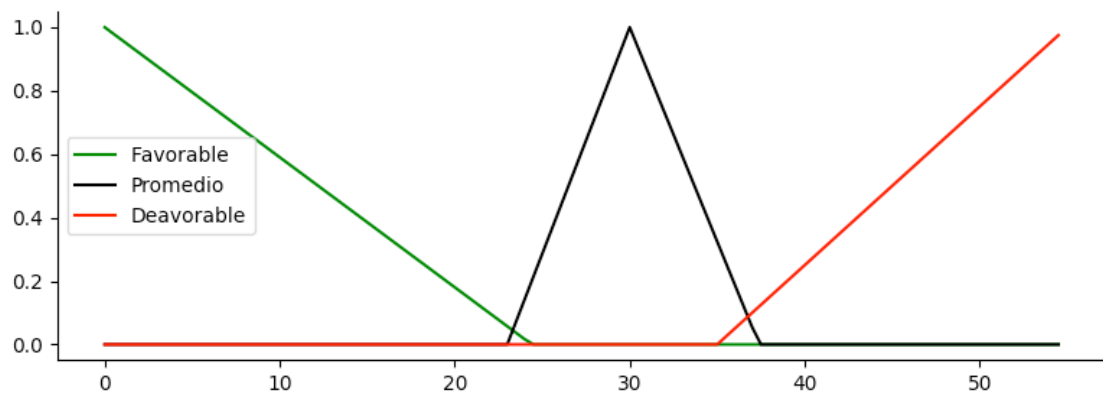


Figura 30 Funciones de Membresía de volumen de producción de café

D Anexo 4

Evaluación utilizando conjunto de datos de ICAFE con 405 instancias

Este anexo contiene el resultado del experimento correspondientes al proceso de imputación de datos (utilizando el método KNN Imputer) aplicado sobre el conjunto de datos ICAFE. Esta técnica se empleó con el fin de tener mayor cantidad de datos para evaluar el modelo. (Sin embargo, decidimos mostrar y analizar los resultados del proyecto con datos 100% reales). A.1 contiene los resultados de las matrices de confusión, A.2 incluye las métricas de desempeño (e.i., precisión, recuperación y puntuación-F1) para los 4 enfoques utilizando el conjunto de datos de ICAFE con 405 instancias. Adicionalmente, A.3 presenta la grafica comparativa del comportamiento promedio de los resultados.

D.1 Matriz de confusión de los 4 enfoques utilizando el conjunto de datos de ICAFE con 405 instancias.

D.1.1 Convencional

Tabla 1 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee Convencional.

Predicho Real	Class 1: Favorable	Class 2: Promedio	Class 3: Desfavorable
Class 1: Favorable	22	22	0
Class 2: Promedio	0	107	131
Class 3: Desfavorable	0	10	112

D.1.2 Basado en Mandammi

Tabla 2 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee basado en Mandammi

Predicho Real	Class 1: Favorable	Class 2: Promedio	Class 3: Desfavorable
Class 1: Favorable	44	0	0
Class 2: Promedio	1	167	70
Class 3: Desfavorable	0	2	120

D.1.3 Topsis

Tabla 3 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee Topsis.

Predicho Real	Class 1: Favorable	Class 2: Promedio	Class 3: Desfavorable
Class 1: Favorable	22	22	0
Class 2: Average	90	64	84
Class 3: Desfavorable	0	10	112

D.1.4 Saw

Tabla 4 Matriz de confusión para el modelo HMP-Coffee Saw.

Predicho Real	Class 1: Favorable	Class 2: Promedio	Class 3: Desfavorable
Class 1: Favorable	44	0	0
Class 2: Promedio	103	11	124
Class 3: Desfavorable	0	0	122

D.1.5 Comparación general de los modelos

D.2 Precisión, recuperación y puntuación-F1 de cada enfoque para rentabilidad **Favorable**, **Promedio** y **Desfavorable**.

Tabla 5 Resultados de los criterios estadísticos (Precisión, Recuperación, Puntuación-F1) de HMP-Coffee para los cuatro enfoques.

	Clase	Favorable	Promedio	Desfavorable
Convencional	<i>Precisión</i>	1,000	0,769	0,46090535
	<i>Recuperación</i>	0,500	0,449	0,91803279
	<i>Puntuación-F1</i>	0,666	0,567	0,61369863
Basado en Mandammi	<i>Precisión</i>	0,977	0,988	0,63157895
	<i>Recuperación</i>	1,000	0,701	0,98360656
	<i>Puntuación-F1</i>	0,988	0,820	0,76923077
Topsis	<i>Precisión</i>	0,328	0,864	0,57142857
	<i>Recuperación</i>	1,000	0,268	0,91803279

	<i>Puntuación-F1</i>	0,494	0,410	0,70440252
Saw	<i>Precisión</i>	0,299	1,000	0,49593496
	<i>Recuperación</i>	1,000	0,046	1
	<i>Puntuación-F1</i>	0,460	0,088	0,66304348

D.3 Grafica comparativa del comportamiento promedio de los resultados

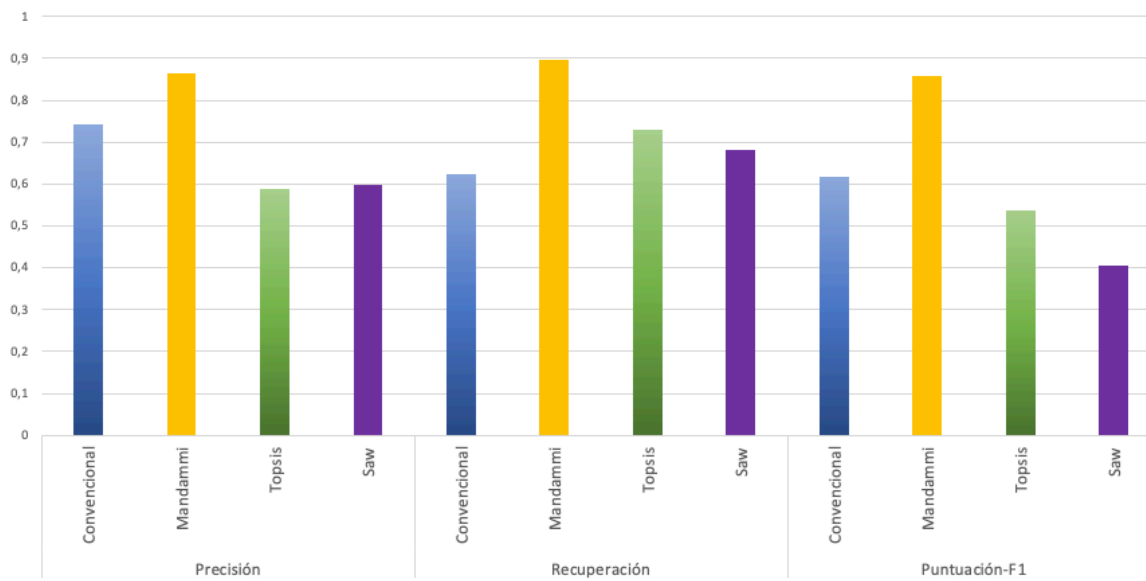


Figura 31 Comparación grafica de los criterios estadísticos (Precisión, Recuperación, Puntuación-F1) para los cuatro enfoques implementados: Reglas de Mandammi, Topsis, Convencional y Saw.