





## Desarrollo de Índices de calidad Físico-química del Suelo usando Lógica difusa.

El cultivo de cacao como estudio de caso

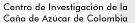
Denys Yohana Mora-Herrera; Serge Guillaume; Orlando Zúñiga



### Presentación

- Introducción
- Lógica difusa ¿por qué?
- Metodología
- Modelo empírico para cacao
- Resultados
- Conclusiones



















Sistema natural complejo, vivo y dinámico, compuesto por numerosas interacciones entre los procesos químicos, físicos y biológicos (Kelting et al., 1999; Liu et al., 2006).

La protección y mantenimiento de su capacidad para producir alimentos a largo plazo es fundamental para la gestión de territorios sostenibles (Rincón Ruíz et al., 2015).

La información de los productores sobre la calidad del suelo es incompleta y asimétrica, lo que incide en la gestión sostenible del mismo.





### Lógica Difusa ¿Por qué?



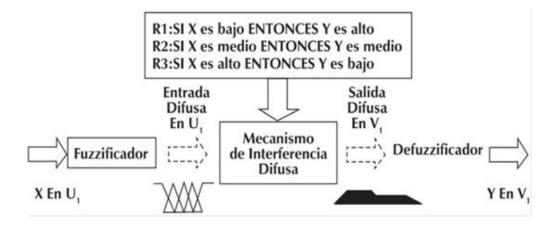


- Funciona como una poderosa interfaz entre el razonamiento humano y el mundo digital.
- Usa lenguaje natural para diseñar modelos computacionales en los que el conocimiento experto puede ser incluido.
- Trabaja con grados de pertenencia respecto a algún conjunto para acercarse al razonamiento humano y a la realidad.
- Hay conceptos que no tienen límites claramente definidos, entonces, a partir de la inferencia difusa se genera un mapeo para asignar a una entrada una salida, mediante el uso de funciones de pertenencia y reglas generadas sobre la base del conocimiento.





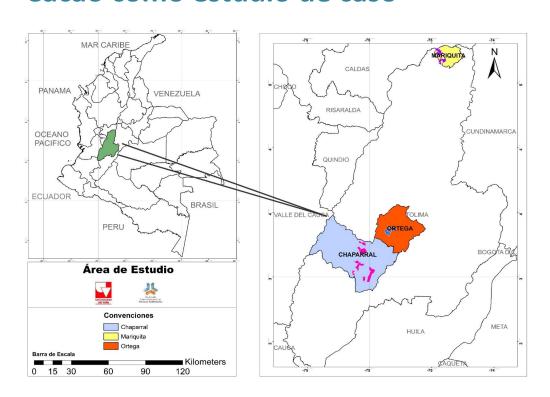




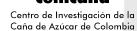
FIS permiten integrar información aproximada y modelar la incertidumbre para inferir un resultado (salida) a partir de fuentes de información (entradas) de varios tipos.



### Metodología Cacao como estudio de caso









#MÁSCercadelaGente



### Metodología El cultivo de cacao como estudio de caso



Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

- Georreferenciación
- 3 puntos/lote y 3 repeticiones/punto

Toma de datos en campo y muestreo para análisis de laboratorio

Revisión de Literatura para diseñar el modelo teórico Agrónomo CIRAD

- Agrónomo de Campo
- Productores
  - Definición de:
  - Jerarquía de Variables
  - -Funciones de membresía
  - Base de Reglas
  - Calibración y validación del modelo.

Procesamiento

de datos en GeoFIS e

Interpretación de resultados

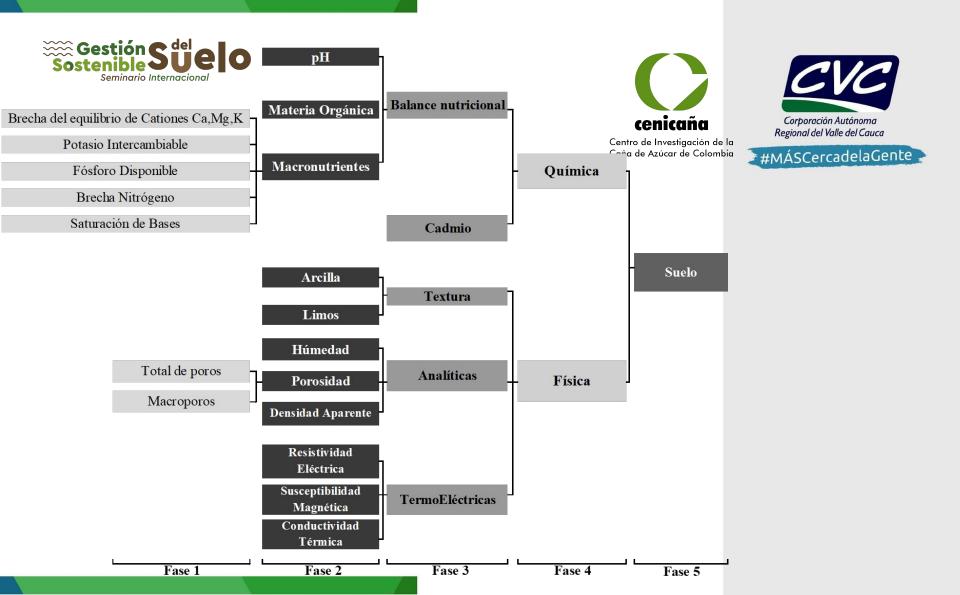




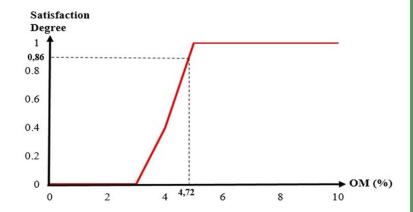


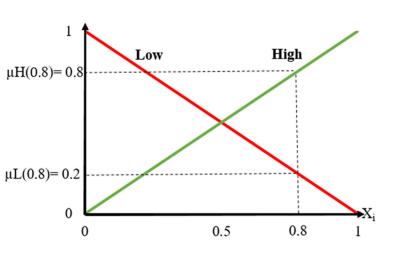
Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

# Concepción teórica del modelo empírico













Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

#MÁSCercadelaGente .

Los parámetros se estimaron a partir del conocimiento experto. Las funciones de pertenencia fueron definidas con base en literatura especializada disponible previamente.

<3%: No apto

3 a 5%: Moderadamente apto

>5%: Extremadamente apto

Si MO= 4,72% = $\frac{(4,72-3)}{(5-3)}$  = 0,86









# Tipo, forma, parámetros y fuentes para diseñar las funciones de pertenencia de las variables de entrada de la variable agregada Química

Variable de Entrada	Forn	na de la Función y Parámetros	Fuente
Cadmio (ppm)	•	0; 0,43	(U.S. Environmental Protection Agency, 1996)
pH (H2O)	•	5; 5,5; 6,5; 7,5	(Rojas & Sacristán Sánchez, 2013)
Materia Orgánica (%)	•	3; 5	(Rojas & Sacristán Sánchez, 2013)
Brecha del equilibrio de cationes Ca,Mg, K (%)	•	0; 0,5	(Snoeck et al., 2016)
Potasio Intercambiable (me/100g)	•	0,2; 0,6	(Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017; Rojas & Sacristán Sánchez, 2013; Snoeck et al., 2016)
Fósforo Disponible (ppm)	•	5; 15	(Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017; Snoeck et al., 2016)
Brecha del Nitrogeno de equilibrio (N/Nequilibrio)	•	0,5; 1; 1,5	(Snoeck et al., 2016)
Saturación de Bases (%)	•	0,4; 0,6	(Snoeck et al., 2016)



#### **Operador WAM**

Entrada	Peso
Balance Nutricional	0,7
Cadmio	0,3



Caña de Azúcar de Colombia



#MÁSCercadelaGente

### **Operador FIS**

Textura	Analítica	Electrotérmica	Física de Suelo
Baio	Baio	Baio	0
Baio	Baio	Alto	0.2
Baio	Alto	Baio	0.3
Baio	Alto	Alto	0.4
Alto	Baio	Baio	0.5
Alto	Baio	Alto	0.7
Alto	Alto	Baio	0.8
Alto	Alto	Alto	1

### **Operador OWA**







Caña de Azúcar de Colombia #MÁSCercade

# Resultados del Índice propuesto







Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

### #MÁSCercadelaGente

### Chaparral

Finca	C1	C2	C3	C4	C5	C6	С7	C8	<b>C</b> 9	C10
Productividad del Suelo	0,46	0,451	0,467	0,449	0,671	0,665	0,594	0,473	0,433	0,672
Química	0,459	0,41	0,467	0,374	0,773	0,7	0,651	0,547	0,421	0,666
Física	0,462	0,513	0,468	0,561	0,518	0,613	0,507	0,364	0,45	0,682

### Mariquita

Finca	M1	M2	М3	M4	M5	М6	M7	M8	М9	M10
Productividad del Suelo	0,433	0,523	0,457	0,38	0,472	0,505	0,263	0,502	0,509	0,586
Química	0,48	0,598	0,433	0,482	0,492	0,681	0,297	0,621	0,524	0,6
Física	0,362	0,411	0,492	0,227	0,443	0,242	0,212	0,324	0,487	0,565

### Ortega

Finca	01	02	О3	04	<b>O</b> 5	06	07	08	09	010
Productividad	0.409	0.496	0.376	0.467	0.593	0,6	0.544	0.367	0.375	0,25
del Suelo	0,409	0,430	0,370	0,407	0,333	0,0	0,344	0,307	0,373	0,23
Química	0,436	0,328	0,288	0,468	0,603	0,819	0,529	0,28	0,302	0,05
Física	0,368	0,748	0,508	0,466	0,577	0,272	0,566	0,497	0,486	0,549





Caña de Azúcar de Colombia



### #MÁSCercadelaGente

#### Factores Limitantes en cada Zona

Variable	Chaparral	Mariquita	Ortega
SUELO	0,533	0,463	0,448
Química	0,547	0,523	0,410
Balance Nutricional	0,573	0,455	0,295
Cd	0,486	0,673	0,680
Física	0,514	0,376	0,503
Textura	0,388	0,322	0,347
Analítica	0,755	0,349	0,853
Electrotérmica	0,706	0,328	0,462







### **Conclusiones**

Herramienta útil para apoyar la toma de decisiones de productores, planificadores del uso del suelo, asistentes técnicos e investigadores, y contribuir a disminuir el riesgo de pérdidas de recursos naturales, humanos y económicos por establecer nuevos sitios de siembra o renovar cultivos en zonas donde la aptitud del suelo puede limitar el rendimiento del cultivo.







### **Conclusiones**

El uso de Sistemas de Inferencia Difusa permitió integrar datos medidos en diferentes unidades de medida y el conocimiento experto.

Esta propuesta metodológica puede ser adaptada y adoptada para otros cultivos y otras zonas productoras de cacao, respectivamente, considerando las condiciones especificas de cada caso.





. .





Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

# Gracias