



Racedo N°298/ Trenque Lauquen(6400)Pcia. Buenos Aires.-

COINI 2018

## ANÁLISIS DE SUELOS RURALES APLICANDO LÓGICA DIFUSA

DIRECTOR: Mg. Ing. XODO, Daniel/*Independencia 160 Tandil (7000)/daniel.xodo@gmail.com*

INVESTIGADOR: Mg. Lic. MATASSA, Marcelo Daniel/*Monferrand 1373Trenque Lauquen- (6400) mdmatassa@hotmail.com*

ALUMNO: GALMES, Federico/*Levalle 53 Trenque Lauquen-(6400)/ fede\_galmes@hotmail.com*

### INDICE:

1. OBJETIVOS .....	2
1.1. Objetivos principales .....	2
1.2. Objetivos complementarios .....	2
1.3. Metodología.....	2
1.4. Cronograma .....	2
2. .ANÁLISIS DE LAS VARIABLES.....	3
2.1. Aridez.....	3
2.2. Acidez.....	3
2.3. Humedad.....	3
2.4. Anegamiento (Hipoxia y anoxia).....	3
3. Sistema de lógica difusa .....	3
3.1. Matriz. ....	6
3.2. Aplicación de la reglas de la matriz .....	6
4. TABULACION DE LA MUESTRA.....	7
5. ANÁLISIS DE LA MUESTRA .....	8
5.1. CONCLUSION MUESTRA NRO.1.....	9
5.2. CONCLUSIONES MUESTRA NRO.2 .....	10
6. CONCLUSIONES DE RIESGO ASOCIADO.....	10
FIGURA 1. Modelo difuso Mandani .....	4
FIGURA 2. Gráfico de superficie 1era. Muestra.....	9
FIGURA 3. Gráfico de superficie 2da. Muestra Matlab.....	10

### Abstrac: RURAL SOIL ANALYSIS APPLYING FUZZY LOGIC

The activities of the agricultural tillage teams usually lead to accidents that mean work stoppages, losses due to the recovery of rural machines and high costs caused by events linked to working conditions.

The main factors that determine the risk are: rainfall regime, depth of the layers and characteristics of mineral and vegetable components of the soil. These factors interact with each other as variables and determine the risks of accidents or operational difficulties. Given that it is extremely difficult to quantify its incidence through systematic measurements, the work presents an alternative for risk classification by area or sector determined from the combination of the variables by fuzzy logic (Fuzzy logic). The data to be used are information from the National Meteorological Service and the INTA office and rural data collection.

The application of the Mamdani method of fuzzy logic allows to analyze the different samples and to optimize the risk, which is presented in the agricultural sector. From the development of the classification of the areas can be determined sector that identifies each soil, for the election of the type of crop or its use.

Keywords: Soils - Risks - Variables - Classification - Fuzzy Logic.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo principal

Determinar el tipo de suelo y el riesgo asociado a las condiciones de trabajo en lotes determinados mediante técnicas de lógica difusa.

### 1.2. Objetivos complementarios

Determinar la propiedad de la metodología para esta determinación.

## 2.-. METODOLOGIA:

Agrupar las variables, de acuerdo a su composición física y sus condiciones climáticas, que influyen en la optimización, para su uso.

Asignar magnitudes escalares, para encuadrar a cada muestra en estudio.

Ver cuáles son las magnitudes escalares, dentro de zonas difusas, para ver en qué proporción se muestra de forma más óptima.

## CRONOGRAMA:

**1era. Etapa:** Etapa descriptiva en referencia a las distintas necesidades de aplicación:

**2da. Etapa:** determinar las variables en estudio y definir las en su composición física y las características por su ubicación geográfica.

Tabular las variables y comparar con los valores de referencia que dan las tabulaciones de las entidades oficiales autorizadas.

**3ra. Etapa:** Seleccionar una herramienta aplicando lógica difusa, que permita determinar con métodos no lineales, los valores óptimos, que promedien las distintas variables en estudio.

**4ta. Etapa:** Evaluar cada suelo en estudio y asignar los valores, dentro de las tabulaciones en estudio y determinar la comparación observada en cada muestra en estudio.

**5ta. etapa:** Observar y escribir las conclusiones observadas.

Comparar y ordenar de acuerdo a los resultados, el orden y prioridad de aplicación de las distintas muestras. Optando por las variables en estudio y sus componentes.

## 2. Análisis de las variables:

Elegimos cuatro variables que influyen en forma directa, para poder clasificar y ponderar la optimización y uso de los suelos, compuestos por arena, limo (componente de residuos orgánicos y vegetales, que proveen minerales nitrógeno), arcilla y aire(oxígeno).

**2.1 ARIDEZ:** La aridez es la falta de agua y humedad de los suelos y el aire que se encuentra en contacto con él.

**2.2 ACIDEZ:** Mide los iones positivos y negativos de H que contiene el suelo. Afecta directamente la cantidad de nutrientes que componen el suelo y el potencial de productividad del mismo. Puede ser ácido, neutro o poco ácido.

**2.3 HUMEDAD:** Es la cantidad de agua que contiene el suelo, o almacena en la superficie por volumen de tierra. Se tiene en cuenta si es por factor gravimétrico u otro.

**2.4 ANEGAMIENTO:** Es una característica del suelo relacionada al encharcamiento o retención de agua, relacionada con la capacidad del suelo para permitir el paso de un fluido, sin alterar la estructura y composición del mismo. Dentro de la variable se estudia la **anoxia:** Falta de oxígeno en el suelo por exceso de agua e **hipoxia:** Falta parcial de agua.

La permeabilidad: Estimar de acuerdo al índice de permeabilidad de cada suelo, de acuerdo a sus tres componentes limo, arena, arcilla.

### 3. Sistemas de lógica difusa:

Un Sistema de Lógica Difusa (FLS) maneja datos numéricos y lingüísticos a la vez. Este sistema es un mapeo no lineal de un vector de datos de entrada en un escalar de salida. En el caso de un vector de salida, este puede descomponerse en una colección independiente de sistemas “múltiple entrada / simple salida”.

La riqueza de la lógica difusa consiste en que hay numerosas posibilidades de manejar lotes de mapeos diferentes. Esto requiere una comprensión cuidadosa de lógica difusa y de los componentes de un sistema de lógica difusa.

Un sistema de control difuso mapea entradas crisp en salidas crisp. Contiene cuatro componentes: reglas, fusificador, motor de inferencia y defusificador. Una vez que las reglas han sido establecidas, un FLS puede ser visto como un mapeo que puede ser expresado cuantitativamente como  $Y=f(X)$ .

Las reglas pueden ser provistas por expertos o extraídas de datos numéricos. En todo caso, son expresadas como una colección de sentencias IF-THEN. De las reglas se debe conocer:

- Variables lingüísticas en contraposición a los valores numéricos de una variable (muy\_cálido vs. 36 grados centígrados).
- Mixtas: Son las reglas que utilizan los conectivos “AND” y “OR” en forma conjunta. Pueden ser descompuestas usando las técnicas estándar de lógica crisp.
- Estados Difusos: Estas reglas no tienen antecedentes. Ej.  $v \text{ is } G'$ . Puede completarse de la misma forma que los IF incompletos.
- Comparativas: Son del tipo “*el menor de u, el mayor de v*”. Se pueden reformular estas reglas al formato estándar. En este caso: IF  $u \text{ is } S$  THEN  $v \text{ is } B$ , donde  $S$  representa el conjunto difuso “el menor” y  $B$  representa al conjunto difuso “el mayor”.
- Con excepción: Algunas reglas usan el conectivo “al menos que” y son llevadas al formato estándar por medio de las operaciones lógicas, incluyendo las leyes de De Morgan. Ej:  $v$  El fusificador mapea un punto crisp  $x=(x_1, \dots, x_n) \in U$  en un conjunto difuso  $A^*$  en  $U$ . El más usado es Singleton Fuzzifier, que no es más que un singleton difuso. Por ejemplo:  $A^*$  es un singleton difuso con soporte  $x'$  si:  $A^*(x')=1$ , para  $x = x'$   
 $A^*(x')=0$ , para  $x \in U, x \neq x'$

Cuando el conjunto difuso  $A^*$  contiene un solo elemento, la operación supremo en la composición sup-star desaparece. Por ejemplo:

## Defusificación

El proceso de defusificación toma el conjunto difuso que es la salida del bloque de inferencia y produce una salida crisp. Es decir, mapea conjuntos difusos en puntos crisp. Muchos defusificadores han sido propuestos en la literatura, sin embargo, no hay bases científicas (ninguno de ellos ha sido derivado de un principio tal como “la maximización de la información difusa” o “la entropía”) consecuentemente para algunos autores, la defusificación es más un arte que una ciencia. Existen diferentes tipos de defusificadores, entre los más importantes se encuentran:

### Defusificador Centroide (Centroid)

Determina el centro de gravedad  $y$  de  $B$ , y usa ese valor como salida del Sistema de Lógica

Difusa. Del cálculo se obtiene: 
$$y = \frac{\int_S y \mu_B(y) dy}{\int_S \mu_B(y) dy} \quad \text{ó}$$

dónde  $S$  denota el soporte de  $B(y)$ : Frecuentemente,  $S$  es discreto, así que  $y$  puede ser

$$y = \frac{\sum_S y \mu_B(y)}{\sum_S \mu_B(y)}$$

aproximado con la siguiente fórmula:

### Modelo Difuso de Mamdani

La configuración del modelo difuso de *Mamdani* se muestra en la Figura III.3. En esta clase de modelos difusos, las reglas difusas *IF-THEN* son de la forma:

$$R^i : \text{IF } x_1 \text{ is } A^i_1 \text{ and } x_2 \text{ is } A^i_2 \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A^i_n \text{ THEN } y \text{ is } B^i$$

Las principales ventajas del modelo difuso de *Mamdani* se especifican a continuación. Primero, su simplicidad en la representación de las reglas difusas, tanto las premisas como los consecuentes tienen forma de conjunto difuso lo que facilita su interpretación. Segundo, su flexibilidad en la materialización debido a la posibilidad de seleccionar las operaciones del motor de inferencia, del fusificador o defusificador.

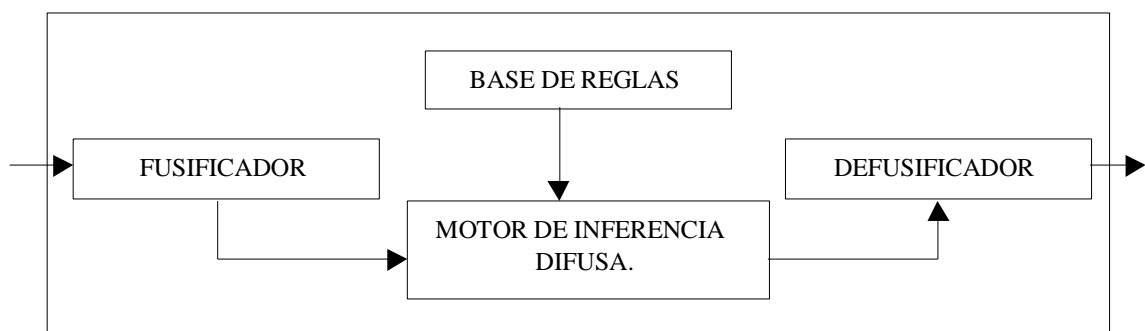


Figura 1. Modelo Difuso de Mamdani.

La principal desventaja de este modelo difuso es que para sistemas complejos no lineales usualmente se requieren muchas reglas difusas *IF-THEN*, lo cual hace más compleja su materialización.

1. Los conectores lógicos para variables lingüísticas (*and, or...*).
2. Las implicaciones (*IF a THEN b*).
3. Cómo combinar un conjunto de reglas.

El justificador mapea valores numéricos crisp en conjuntos difusos. Es necesario para activar reglas, que están en términos de variables lingüísticas y tienen asociados conjuntos difusos.

El motor de inferencia de un FLS mapea conjuntos difusos en conjuntos difusos, mediante la combinación de reglas "IF-THEN". Como los humanos usan distintos tipos de procesos de inferencia, para entender cosas o tomar decisiones, un FLS puede usar distintos procedimientos de inferencia difusa. El defusificador mapea conjuntos de salida difusos en números crisp. En aplicaciones de control, tales números corresponden a las acciones de control a tomar.

Las formas de las funciones de pertenencia más comúnmente usadas son: triangular, trapezoidal, lineal por segmentos y Gaussiana. Dichas formas son seleccionadas por el usuario arbitrariamente, basado en su conocimiento y experticia. Se obtiene mayor resolución usando funciones de pertenencia sujeta al costo de un aumento en la complejidad de cálculo. Las funciones de pertenencia no tienen que solaparse, pero una de las ventajas de Lógica Difusa es que tales funciones pueden ser diseñadas para solaparse, de tal forma que por ejemplo pueda expresarse que *"una puerta esta parcialmente abierta o parcialmente cerrada al mismo tiempo"*. Así, es posible distribuir decisiones sobre más de una clase de entrada, lo cual ayuda a construir Sistemas de Lógica Difusa robustos.

La elección de una herramienta de uso general y de conocimiento en su aplicación, hace que el MATLAB, sea la herramienta para agrupar y ponderar las variables en estudio.

### 3.2. Matriz

La matriz para justificar las reglas a aplicar en si "and" si "and" si "and" then:

ENTRADA				SALIDA
ARIDEZ	ACIDEZ	HUMEDAD	ANEGAMIENTO	COEFICIENTE DE SALIDA
ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO
ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	BAJO
MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	MEDIO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO

BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIA
BAJO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
NO TIENE	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	BAJO	MUY ALTO
NO TIENE	NO TIENE	ALTO	BAJO	MUY ALTO
BAJO	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	MEDIO
MEDIO	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO
MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO

#### 4. TABULACION PARA LA MUESTRA:

**ARIDEZ:** Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja: {6; 7; 8; 9 y 10}

Media: {4; 5; 6 y 7} neutra ó media

Alta: {0; 1; 2; 3; 4 y 5}

**ACIDEZ:** Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja: {0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} Optima

Alta: {7; 8; 9 y 10}

**HUMEDAD:** Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} estable

Alta: {6; 7; 8; 9 y 10}

**ANEGAMIENTO, ANOXIA E HIPOXIA:** Tabulamos para aplicar el método del centroide, para cada muestra en estudio, de acuerdo a la estructura y condiciones del suelo.

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7}

Alto: {6; 7; 8; 9 y 10}

La muestra elegida para la aplicación de esta herramienta, utilizando las ponderaciones de cada una de las variables elegidas: ARIDEZ, ACIDEZ, HUMEDAD y ANEGAMIENTO o ENCHARCAMIENTO en la superficie permanente (Se opta por la muestra con Hipoxia (falta parcial de oxígeno), Anoxia (Ausencia de oxígeno)).

Para este caso en estudio la muestra en estudio, con los valores elegidos a un tipo de suelo medio con un 40% de arena, limo 40 % y arcilla 20%, con aireación, con presencia de oxígeno parcial 25% y agua 25% (permeable).Ejemplo: **Maíz**.

## 5. ANALIS DE LAS MUESTRAS

Si tomamos la muestra para un suelo medio con valores:

ACIDEZ de tabla {5, 6, 7} = 5,50

ARIDEZ: {5, 6, 7}= 5,50

HUMEDAD: {5, 6}= 5,70

ANEGAMIENTO E HIPOXIA: {4, 5, 6, 7}= 5

El resultado obtenido de la conjunción y ponderación para la aplicación óptima, para una muestra de estas características: (Se muestra en gráfico de superficie). Ponderación óptima 6,46.-

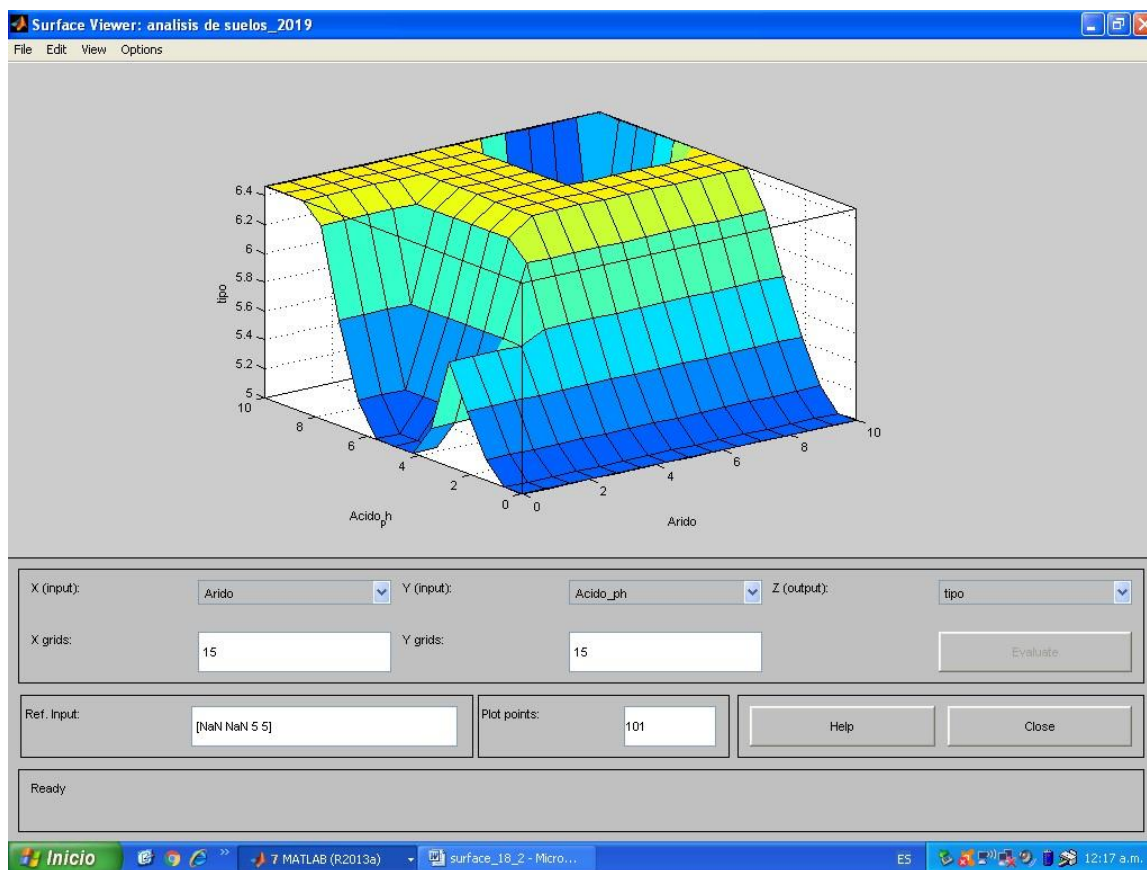
La utilización del MATLAB permite, relacionar las variables, con sus escalas de ponderación, independientes en cada muestra, mostrando los valores difusos y la optimización de cada variable, de características y naturaleza distinta en su composición biológica y minerales, en estudio.

El gráfico de superficie muestra la relación de las variables en estudio aplicando el método del centroide, con la tabulación de cada regla y permite analizar cada muestra de suelo en estudio y asignar la aplicación correcta para cada cultivo.

Variando las combinaciones de las variables, por ejemplo, si tomamos las reglas comunes, y Las variables que modifican en mayor o menor valor, la elección del tipo de suelo.

Las reglas se arman de la forma IF-AND-THEN-y la variable de salida y la prioridad es con salida “Muy alta, Alta, Media, Baja o Muy Baja.

## GRAFICO DE SUPERFICIE:



## 5.1. CONCLUSIONES: MUESTRA NRO.1

La variable ACIDEZ incide con los porcentajes de sales que componen la muestra.

ARIDEZ presenta en forma homogénea sus componentes de arena en 20%, limo (40%) y arcilla (40%).

HUMEDAD: muestra la presencia de agua por precipitaciones y la cantidad de agua que contiene el suelo, con permeabilidad estable.

HIPOXIA: Presenta una presencia de oxigenación del 50% y en forma estable. No presenta ANEGAMIENTO en superficie.

Las reglas óptimas dan como valor promedio de aplicación **6,46** y se da en las siguientes combinaciones de variables:

Regla N° 46: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ media “y” HUMEDAD media “y” HIPOXIA “entonces” SALIDA media.-

Regla N° 51: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ media “y” HUMEDAD media “y” HIPOXIA “entonces” SALIDA media.-

Regla N° 59: Si ARIDEZ media “y” ACIDEZ no “y” ACIDEZ no “y” ANEGAMIENTO no SALIDA media.

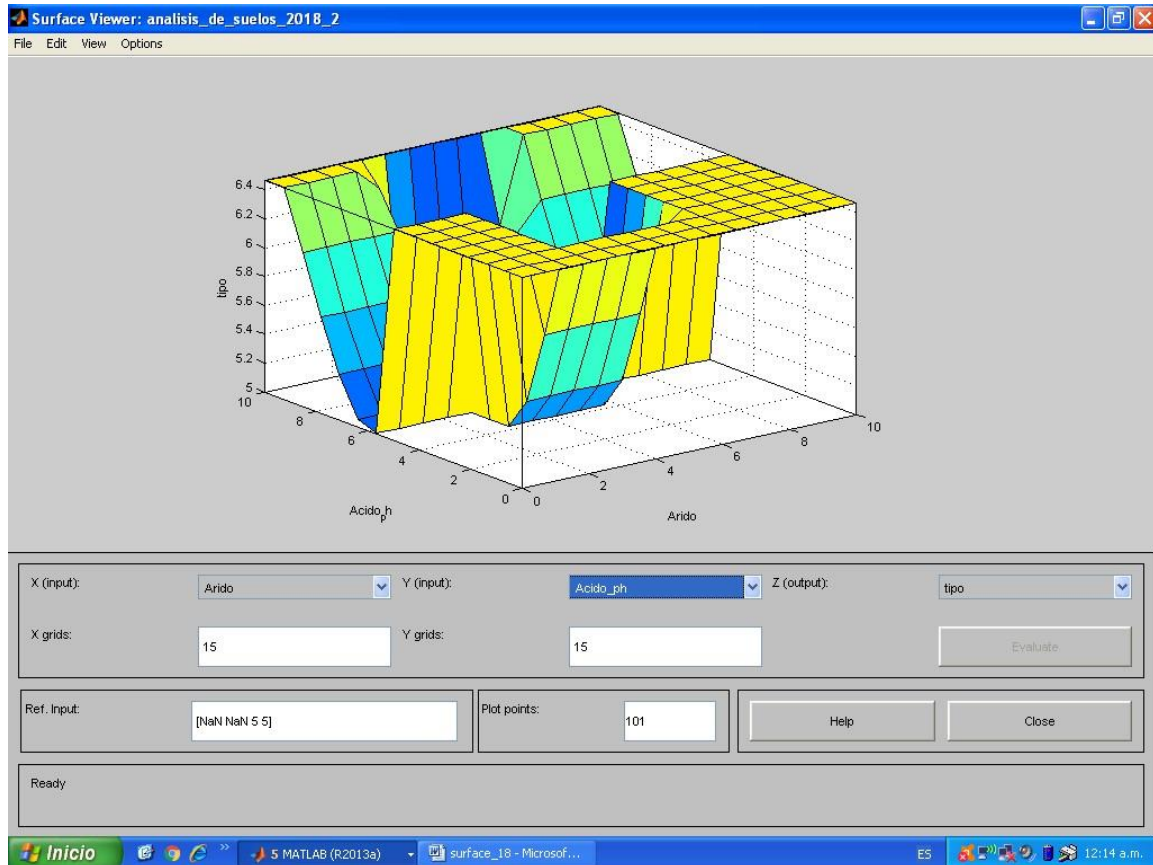
Regla N° 109: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ no “y” HUMEDAD media HIPOXIA media “entonces” SALIDA media.

Regla N° 114: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ” no “y” HUMEDAD media “y” ANOXIA “entonces” SALIDA media y media alta.



Se analiza otra muestra de suelo con características diferentes de las variables en estudio:

## GRAFICO DE SUPERFICIE: 2DA. MUESTRA



ACIDEZ: {5,31; 5,5 y 6}= 5,30 ARIDEZ:{6;

7 y 7,5}= 7.05

HUMEDAD:{6; 6,14 y 6,50}= 6,15

HIPOXIA Y ANEGAMIENTO:{4,5; 5; 5.30 y 6}= 5

Las reglas óptimas dan como valor promedio de aplicación 5,41 y se da en las siguientes combinaciones de variables:

Regla N° 46: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ media “y” HUMEDAD media HIPOXIA media “entonces” SALIDA media.

Regla N° 51: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ” alta “y” HUMEDAD alta “y” HIPOXIA alta “entonces” SALIDA baja.

Regla N° 109: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ no “y” HUMEDAD media HIPOXIA media “entonces” SALIDA media.

Regla N° 114: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ” no “y” HUMEDAD media “y” HIPOXIA “entonces” SALIDA media y media alta.

## 5.2. CONCLUSIONES MUESTRA NRO.2

La muestra de la regla 46 y 51 no presenta modificaciones de aridez, se mantiene la humedad constante con un valor 5,05 y aumenta el porcentaje de arena en su composición, pero baja el contenido de residuos orgánicos y vegetales, para optimizar la muestra, que baja a 5,41.

Si aumenta la presencia de oxígeno y la aireación del suelo es constante, evitando el anegamiento y permeabilidad, para drenaje de agua, baja en arcilla y la composición de residuos orgánicos y vegetales (limo), mantiene el coeficiente de salida bajo a 5,41.

La concentración de humedad y bajo drenaje del suelo, sube el componente de arcilla (30%), baja la oxigenación y la hipoxia con baja, el suelo requiere subir los componentes orgánicos y vegetales (limo), porque sube el coeficiente de aptitud a 6,46 en la muestra nro.2.

## 6. CONCLUSIONES DE RIESGO ASOCIADO:

. La herramienta lógica difusa permite relacionar variables de diferente naturaleza, y en escalas distintas de cuantificación, que pueden modificarse por condiciones climáticas, por exceso o falta de lluvias y las variaciones estacionales de la temperatura, estimadas por distintos registros propios o proporcionados por entes oficiales o privados.

. Hace posible definir en forma escalar las ponderaciones de cada variable, a fin de ponderar y maximizar los valores alcanzados en zonas difusas, definiendo su conjunto de pertenencia o grupo, como se observa la muestra nro.1 para el maíz, con ponderación óptima 5.45.

. Para las muestras escogidas para análisis de los distintos tipos de suelo, reflejan la sensibilidad de cada variable y los componentes, que más influyen para optimizar su uso o elección.

. Los componentes biológicos, minerales y las condiciones ambientales, influyen en forma independiente en de cada variable en estudio.

. Las variaciones estacionales y los períodos de tiempo escogidos para cada análisis, son independientes de los resultados obtenidos.

. La defusificación de zonas difusas, que interactúan en la composición del suelo, es independiente de los resultados ponderados, pudiendo modificarse su composición original o los períodos estacionales, tomados en cada muestra. Cada nueva medición está relacionada con los factores que componen la muestra de suelo, aplicando las técnicas óptimas, para selección y uso de cada resultado obtenido.

Cada aplicación de suelo analizado, tiene una definición de variables y componentes definidos y estables, para su posterior utilización.

. Las nuevas técnicas de estudio, abren oportunidades para nuevas agrupaciones y análisis, que modifican la aplicación para usos y agricultura, que se relacionan en forma directa con las condiciones ambientales y factores del clima, propios de cada lugar.

. Si comparamos los resultados obtenidos en la muestra nro.2 con valor promedio óptimo de 6.46 y La ponderación óptima evita el riesgo económico, en la elección del cultivo o actividad agrícola para cada tipo de suelo en estudio. Cuando la humedad del suelo es permanente y la falta de permeabilidad por la concentración, disminuye el paso de oxígeno aumentando la anoxia, a las 48 horas comienza a disminuir la actividad biológica de la planta, en período de emergencia (maíz). A las 72 horas pierde un 20% de actividad biológica y a las 96 horas, pierde totalmente la capacidad biológica.

. La falta de Nitrógeno en la composición del suelo y falta de agua, disminuye la capacidad germinativa, por lo que el productor tiene que agregar componentes químicos para fijarlo de forma abiótica (sin

aplicación de microorganismos) o con la aplicación (Rhizobium) para sustituir y aumentar el contenido para llegar al período de llenado de granos.

. En suelos poco permeables, con alta concentración de agua (anegamiento) y el uso de agroquímicos en forma indiscriminada o no biológicos, no permite el paso de oxígeno, siendo suelos de menor potencial germinativo y productivo, aumentando el riesgo económico, favorece las condiciones de proliferación de larvas de insectos, como el gusano Trips, gusanos soldado, araña roja, gusano cogollero, etc. en la siembra afecta el ciclo fenológico del maíz, hasta llegar a la madurez biológica (90 días), para llegar a la madurez comercial (130-150 días).

. La elección de suelos óptimos en nivel de acidez (PH) es entre 6 y 7, que componen las sales y minerales en los suelos, con Nitrógeno, fósforo, Calcio y Magnesio, para evitar riesgos, en la siembra y período de cosecha del maíz.

. La alta concentración de sales (PH entre 8 y 9), disminuye la permeabilidad y aumenta el riesgo de la proliferación de hongos (Fusarium), provocando estrías, en el granos de maíz, cuando alcance la madurez comercial (130 días).

. La humedad del suelo, relacionado al ciclo estacional de lluvias y la concentración de sales, produce anegamiento y falta de piso para realizar laboreo agrícola, genera un riesgo económico, que se puede prevenir con la elección del suelo adecuado, evitando pérdidas de inversión significativas.

#### **BIBLIOGRAFIA:**

Tomas Arredondo Vidal. "Introducción a la lógica difusa"04/2014.pdf

Lázzari, Luisa L. Machado, Emilio A.M. y Perez Rodolfo H. Teoría de la decisión Fuzzy. Edic. Macchi Bs.As.1998.-

Bonilla, Raúl M. "Gestión de sostenibilidad utilizando Lógica Borrosa". Universidad complutense Madrid.2010-2011.

INTA Análisis y composición de los suelos. 2017. Informes del INTA Composición de suelos agrícolas 2017.

INTA. Registros del clima y Tipos de suelos. 2017.

Informes del Servicio Meteorológico Local.2018.

Agradecimiento: Depto. Ingeniería Industrial Facultad Regional Trenque Lauquen–UTN.