

# Evaluación de indicadores de contenido de nitrógeno en el cultivo de maíz mediante el uso de técnicas de teledetección y aprendizaje profundo

## PROBLEMA

El diagnóstico del estado nutricional del maíz se realiza mediante análisis foliares u observaciones en campo; dicho proceso de monitoreo requiere una gran inversión de tiempo y recursos monetarios, además, de utilizar técnicas de muestreo destructivas y limitar la producción para pequeños productores.

## OBJETIVO GENERAL

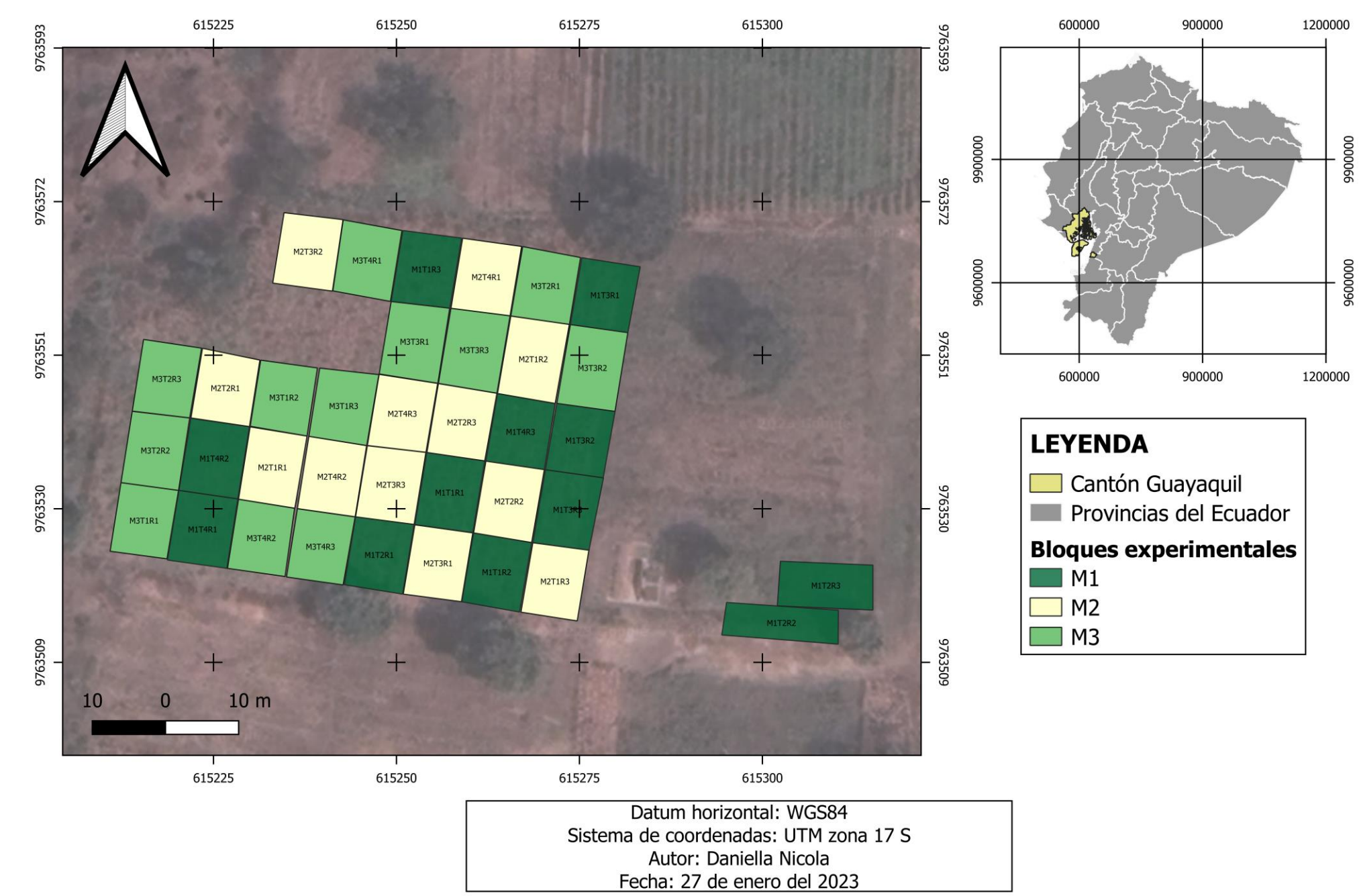
Evaluar indicadores de contenido de nitrógeno en el cultivo de maíz, mediante relaciones cuantitativas y el uso de técnicas de teledetección y aprendizaje profundo para el diagnóstico del estado nutricional de las plantas.

## PROPUESTA

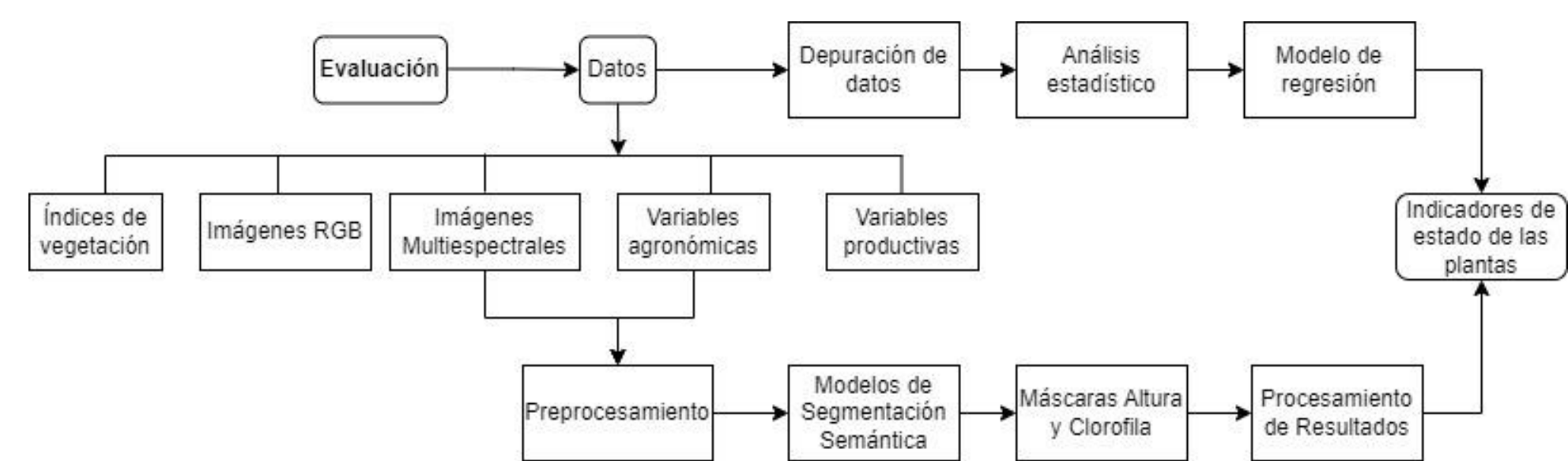
- Preprocesar imágenes multiespectrales de las etapas vegetativas y reproductivas del cultivo tomadas con dron para el entrenamiento de modelos de segmentación semántica.
- Implementar modelos de aprendizaje profundo para el pronóstico de la altura de planta y la clorofila en el cultivo de maíz.
- Evaluar el comportamiento agronómico y espectral de tres híbridos de maíz bajo cuatro dosis de fertilización nitrogenada (95, 125, 155 y 185 kg/ha) para la caracterización de indicadores de contenido de nitrógeno. Pruebas PERMANOVA en altura de planta, clorofila, índices de vegetación para la evaluación de las variables
- Relacionar la respuesta espectral de las plantas de maíz con indicadores de contenido de nitrógeno en las etapas vegetativas y reproductivas mediante un modelo de regresión. Correlogramas para la identificación del coeficiente  $R^2$  mediante Spearman por cada dosis de fertilización.



### Área de estudio



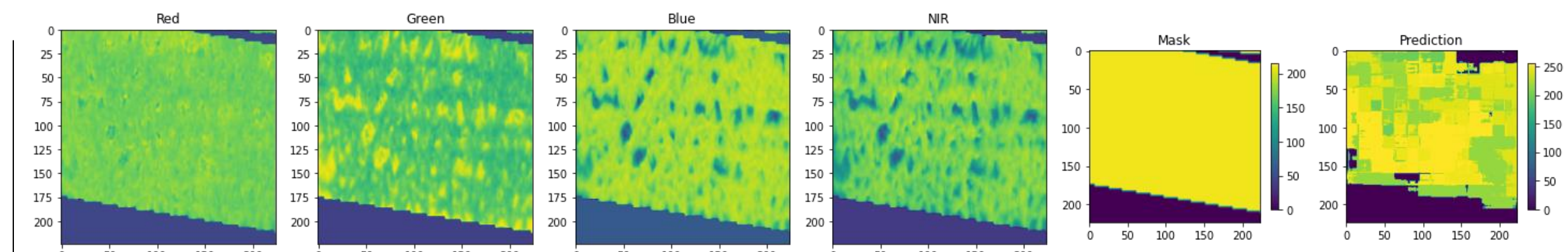
### Diagrama global de la solución



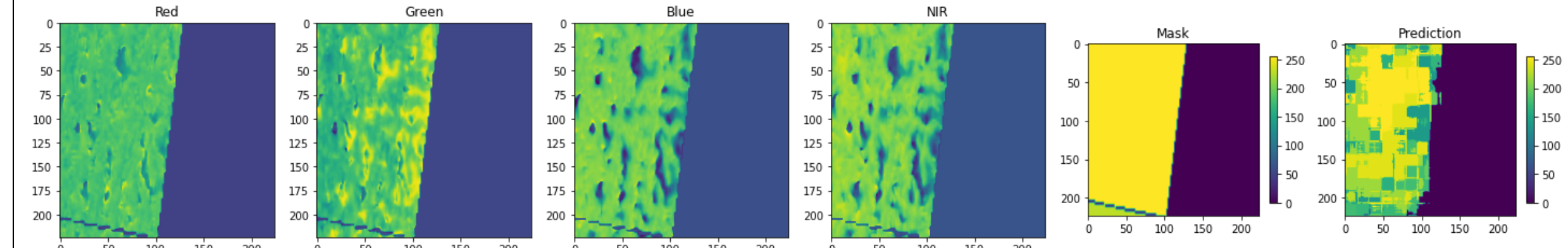
## RESULTADOS

$R^2$  entre los índices de vegetación y variables agronómicas productivas en las etapas vegetativas V12 – V14 del maíz

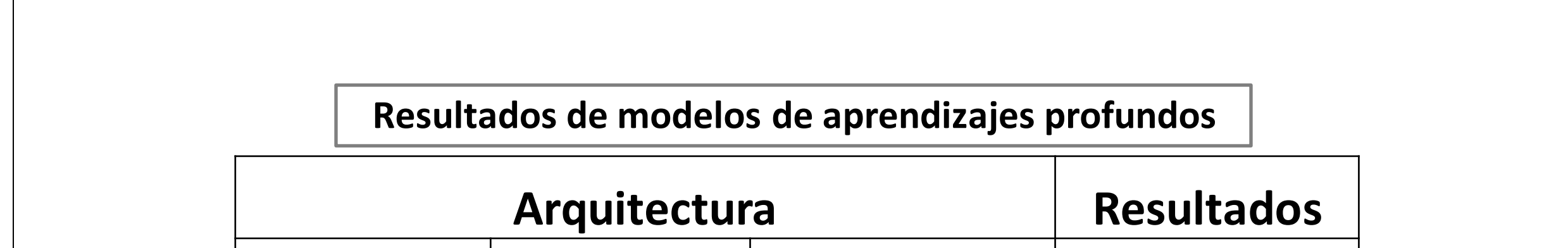
| Variables         | Índices de vegetación | REND  | AP   | CLOR  | NH    | NG    |
|-------------------|-----------------------|-------|------|-------|-------|-------|
| D1<br>[95 kg/ha]  | MGRVI                 | -0.23 | 0.47 | -0.03 | -0.38 | -0.08 |
|                   | GRVI                  | -0.23 | 0.47 | -0.03 | -0.38 | -0.08 |
|                   | GARI                  | -0.22 | 0.50 | -0.01 | -0.47 | 0.05  |
| D2<br>[125 kg/ha] | MGRVI                 | 0.03  | 0.95 | -0.23 | 0.57  | -0.50 |
|                   | GRVI                  | 0.03  | 0.95 | -0.23 | 0.57  | -0.50 |
|                   | GARI                  | 0.03  | 0.95 | -0.23 | 0.57  | -0.50 |
| D3<br>[155 kg/ha] | MGRVI                 | 0.95  | 0.55 | -0.33 | 0.55  | -0.05 |
|                   | GRVI                  | 0.95  | 0.55 | -0.33 | 0.55  | -0.05 |
|                   | GARI                  | 0.87  | 0.68 | -0.45 | 0.43  | 0.07  |
| D4<br>[185 kg/ha] | MGRVI                 | 0.53  | 0.70 | -0.77 | -0.90 | -0.20 |
|                   | GRVI                  | 0.53  | 0.70 | -0.77 | -0.90 | -0.20 |
|                   | GARI                  | 0.53  | 0.70 | -0.77 | -0.90 | -0.20 |



### Resultado modelo segmentación semántica: Altura de planta



### Resultado modelo segmentación semántica: Clorofila



### Resultados de modelos de aprendizajes profundos

| Arquitectura |          |            | Resultados |
|--------------|----------|------------|------------|
| Nombre       | Backbone | Pesos      | IOU_Score  |
| MA3          | ResNet50 | Imagenet   | 0,7982     |
| MC2          | VGG16    | Aleatorios | 0,6231     |

## CONCLUSIONES

- Los modelos predictivos de aprendizaje profundo propuestos representan una alternativa novedosa aplicada al cultivo de maíz, sin embargo, la técnica aún debe ser perfeccionada ya que la precisión no es significativamente mayor que los métodos convencionales.
- El uso de diversas configuraciones del modelo permite evaluar y comparar su rendimiento para así conocer la opción más precisa y óptima.

- El PERMANOVA evidenció que hay diferencias significativas entre los materiales de siembra debido a la variabilidad en el comportamiento morfológico y fisiológico de cada híbrido de maíz con respecto a las variables agronómicas, productiva e IV.
- Los correlogramas evidenciaron que el mejor tratamiento fue T3 y T4 donde se obtuvo las mejores correlaciones entre los índices y las variables y T1 el no adecuado, esto se debe a que fue el tratamiento con menor dosis de nitrógeno.
- Los índices de vegetación son representativos de las características agronómicas de las plantas en la etapa vegetativa V12 – V14.