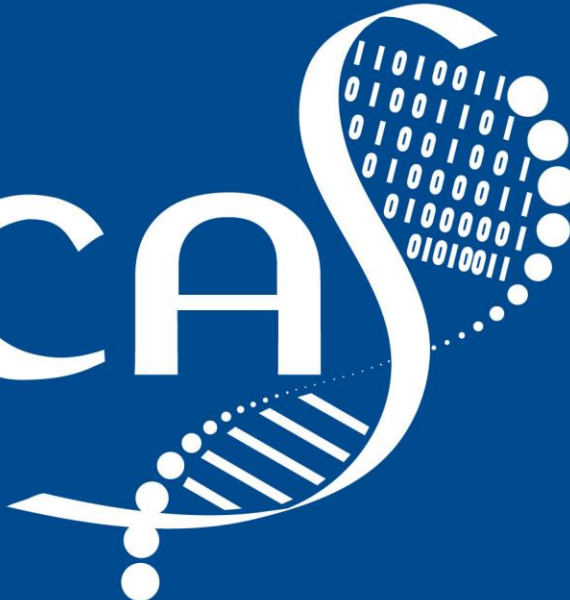


ómica

A stylized graphic element on the right side of the word 'ómica'. It features a white DNA double helix structure. The upper part of the helix is composed of a series of white dots of varying sizes, with binary code (0s and 1s) arranged in a circular pattern around them. The lower part of the helix is a solid white line with a few dots at the end.

El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia





Wilyereny Lorenzo ~ George Báez ~ Margari Pérez ~ Willy Maurer

Desarrollo de un modelo de análisis utilizando minería de datos y aprendizaje automático para la optimización del riego en producción de maíz CL-86



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



Introducción

Definición del problema

La finca recurre al conocimiento empírico para realizar el riego del cultivo; por lo que la humedad de suelo y otras variables no son tomadas en cuenta.

Existe un conjunto de datos que resulta ser ineficiente para un análisis de datos efectivo que permita optimizar el modelo de riego usado en la finca.

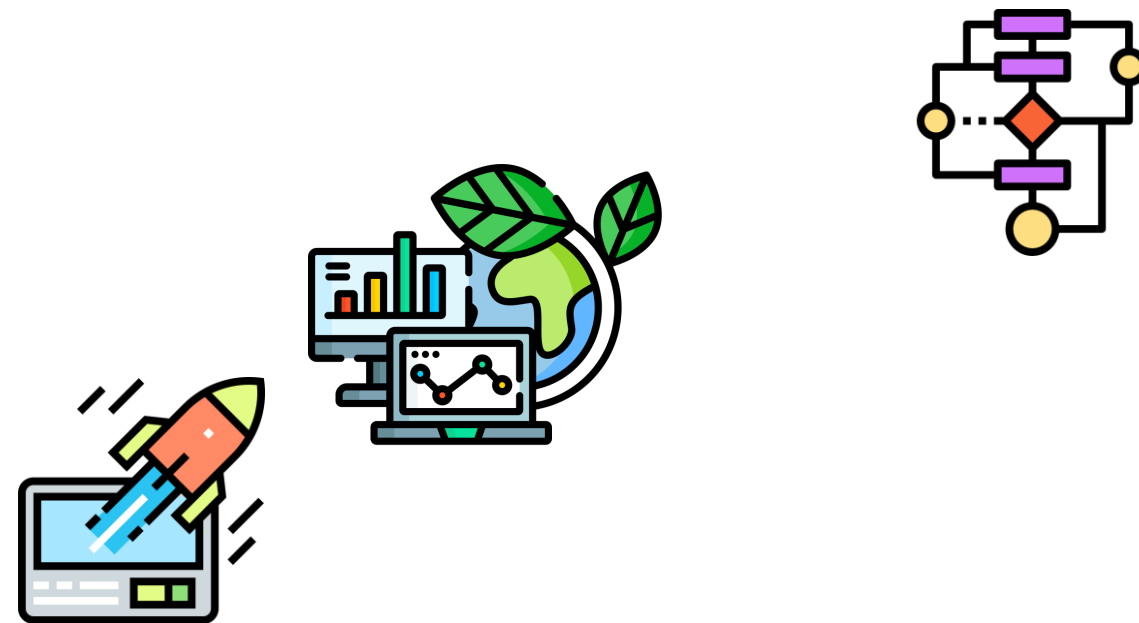
No existía una logística adecuada para los equipos y parámetros con los que se capturan los datos.



Introducción

Justificación

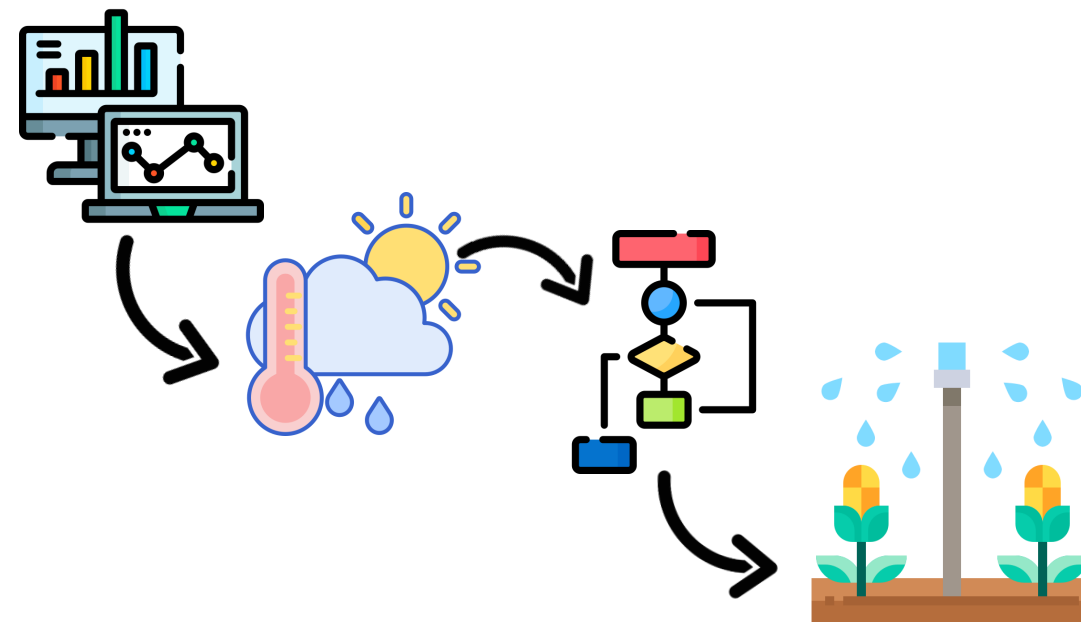
Impulsar modalidades de producción ambientalmente sostenibles, sentando las bases para un modelo de riego eficiente que permita solventar el uso desproporcionado del agua en la agricultura recolectando información que permita la optimización de la actividad agrícola; contribuyendo con la sostenibilidad del medio ambiente y elevando la eficiencia de los cultivos.



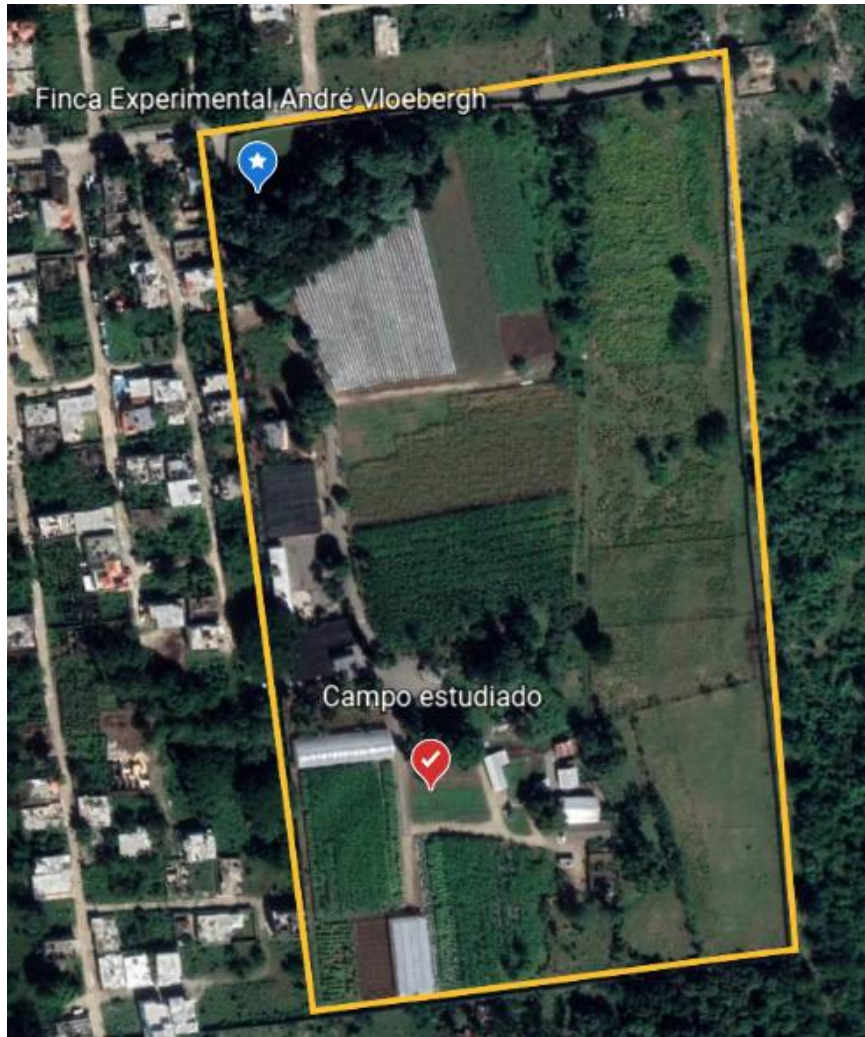
Introducción

Objetivo principal

Diseñar un método para la captura y análisis de datos sobre las características edafoclimáticas de una plantación de maíz, para la creación de un algoritmo que permita la implementación de un modelo de riego eficiente en la Finca experimental profesor “André Vloebergh”.



Localización del estudio



Finca Experimental André Vloebergh

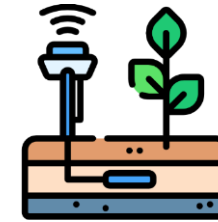


3.4 kilómetros de la planta física del IPL



18° 25' N y 70° 07' latitud oeste.

Localización del estudio



Instalación de la estación



Instalación de sensores

Metodología

Procedimientos

Obtención de información

Documentación

Selección de herramientas

Entrevistas

Visitas técnicas

Recolección de datos

Instalación de la estación

Configuración de red

Captura y registro de datos

Análisis de datos

Selección

Preprocesamiento

Transformación

Minería de datos

Evaluación

Diseño de Algoritmo

Denotación de variables

Establecimiento de fórmulas

Definición de procesos

Estación Meteorológica Vantage Pro2 Plus

Selección de Herramientas

- ✓ 40+ Variables
- ✓ Acceso remoto
- ✓ 10+ Sensores
- ✓ Interfaz única
- ✓ Respaldo de datos
- ✓ Estructura robusta



Variables

CULTIVO
Ancho del tallo
Alto de la planta
Humedad foliar

PARÁMETROS TÉCNICOS
Recepción
Intervalo

SUELO
Humedad suelo 1
Humedad suelo 2
Humedad suelo 3
Humedad suelo 4
Temperatura suelo 1
Temperatura suelo 2
Temperatura suelo 3
Temperatura suelo 4

CLIMA		
Temperatura ambiente	Índice THW	Radiación Solar Máxima
Temperatura ambiente Máxima	Índice THSW	Evapotranspiración
Temperatura ambiente Mínima	Índice UV	Temperatura Interior
Humedad Relativa	Dosis UV	Humedad Interior
Punto de rocío	Índice UV máximo	Rocío Interior
Velocidad viento	Frío grado días	Calor Interior
Velocidad viento máxima	Calor grado días	Densidad del aire
Dirección del viento	Presión atmosférica	Muestras de viento
Dirección del viento predominante	Lluvia	Tasa de Viento
Corriente de viento	Tasa de Lluvia	Bulbo Húmedo
Sensación térmica	Radiación Solar	Viento Frío
Índice de calor	Energía Solar	

Instalación de la estación



Instalación de la estación



Colocación de los dispositivos de recolección de datos.



Instalación de la estación



Conjunto Integrado de sensores (ISS)



Instalación de la estación



Vantage Connect



Instalación de la estación



Anemómetro



Instalación de la estación



Estación de Humedad y Temperatura de suelo



Instalación de la estación



Sensor de Humedad Foliar



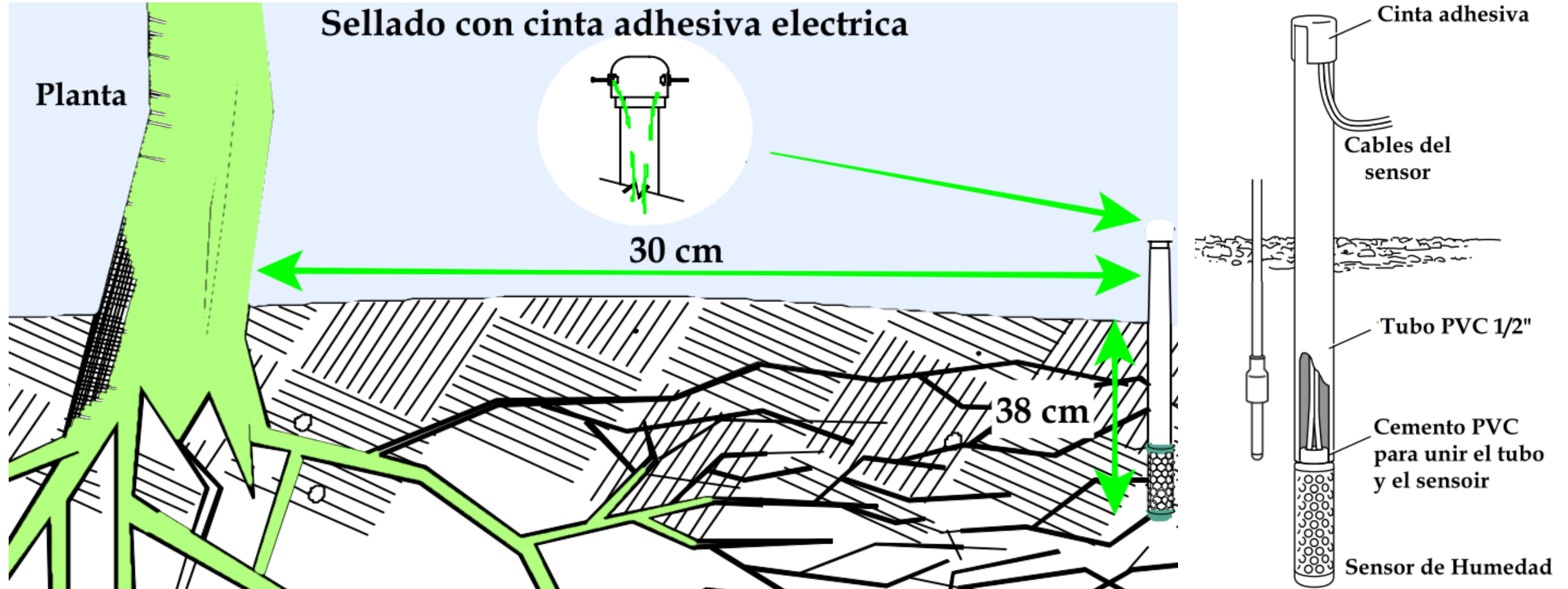
Instalación de la estación



Numeración de pares de sensores de humedad y temperatura de suelo

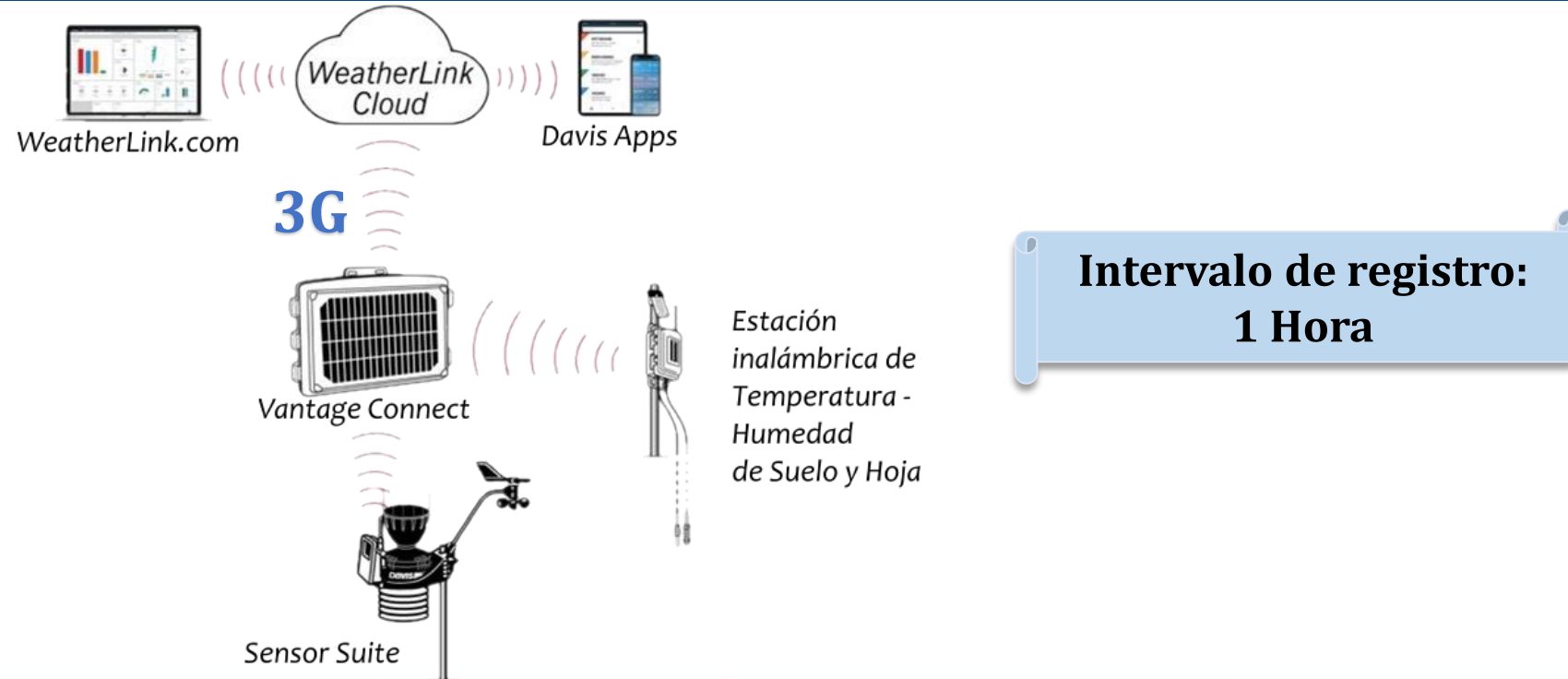


Instalación de la estación



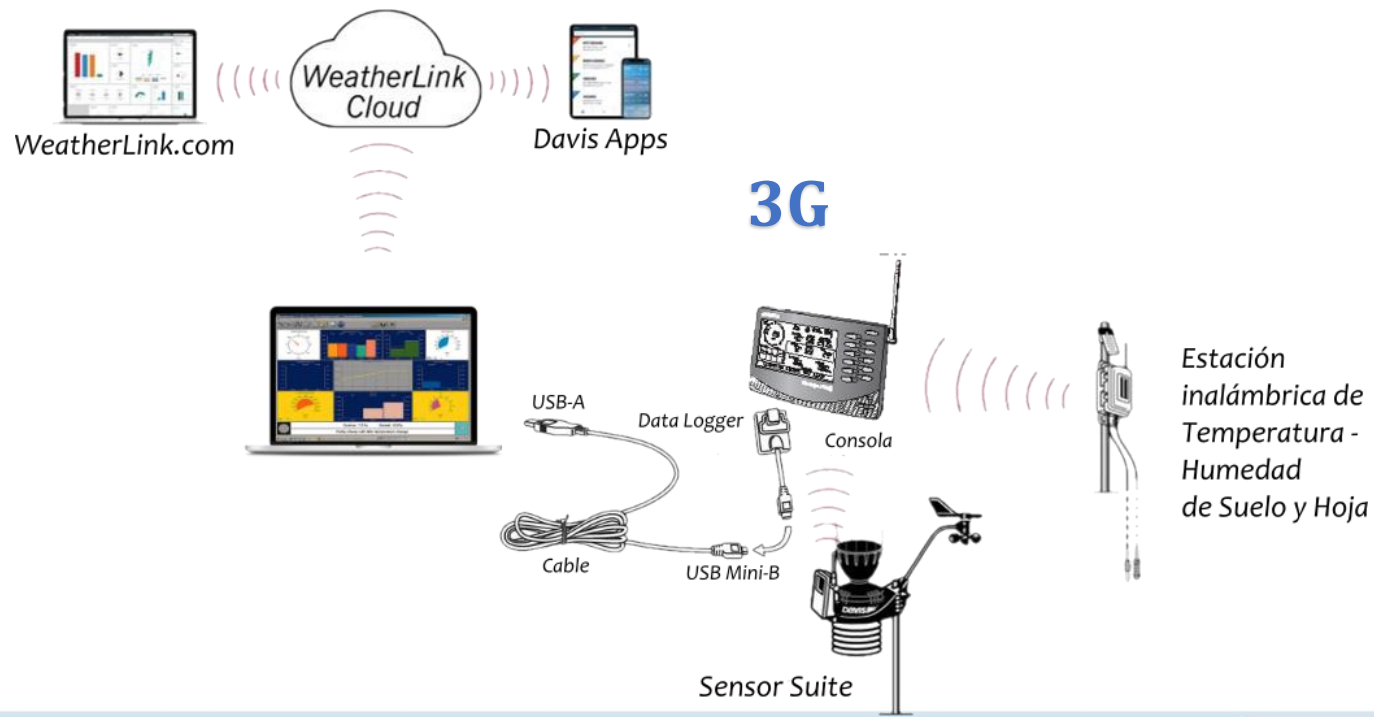
Configuración de red

Recolección de datos con registro remoto



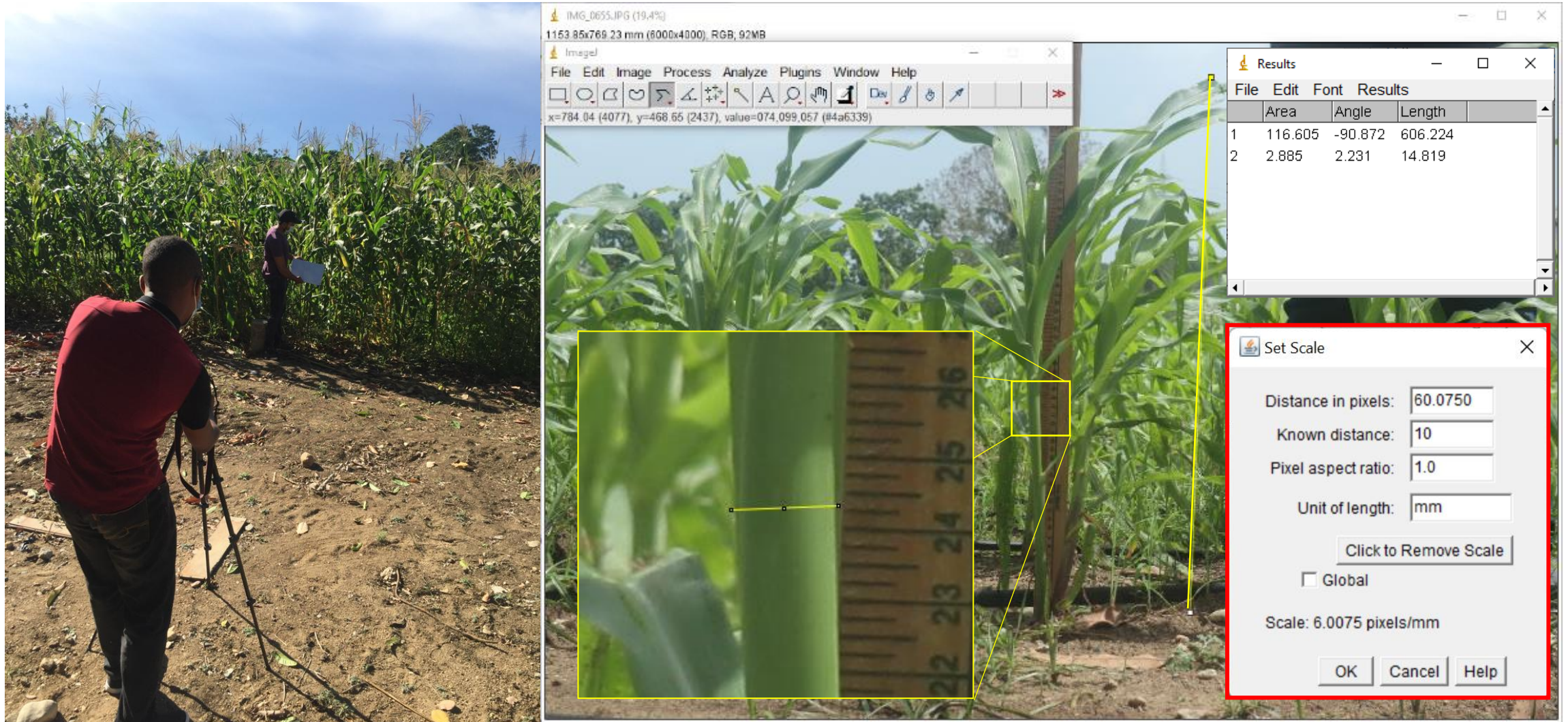
Configuración de red

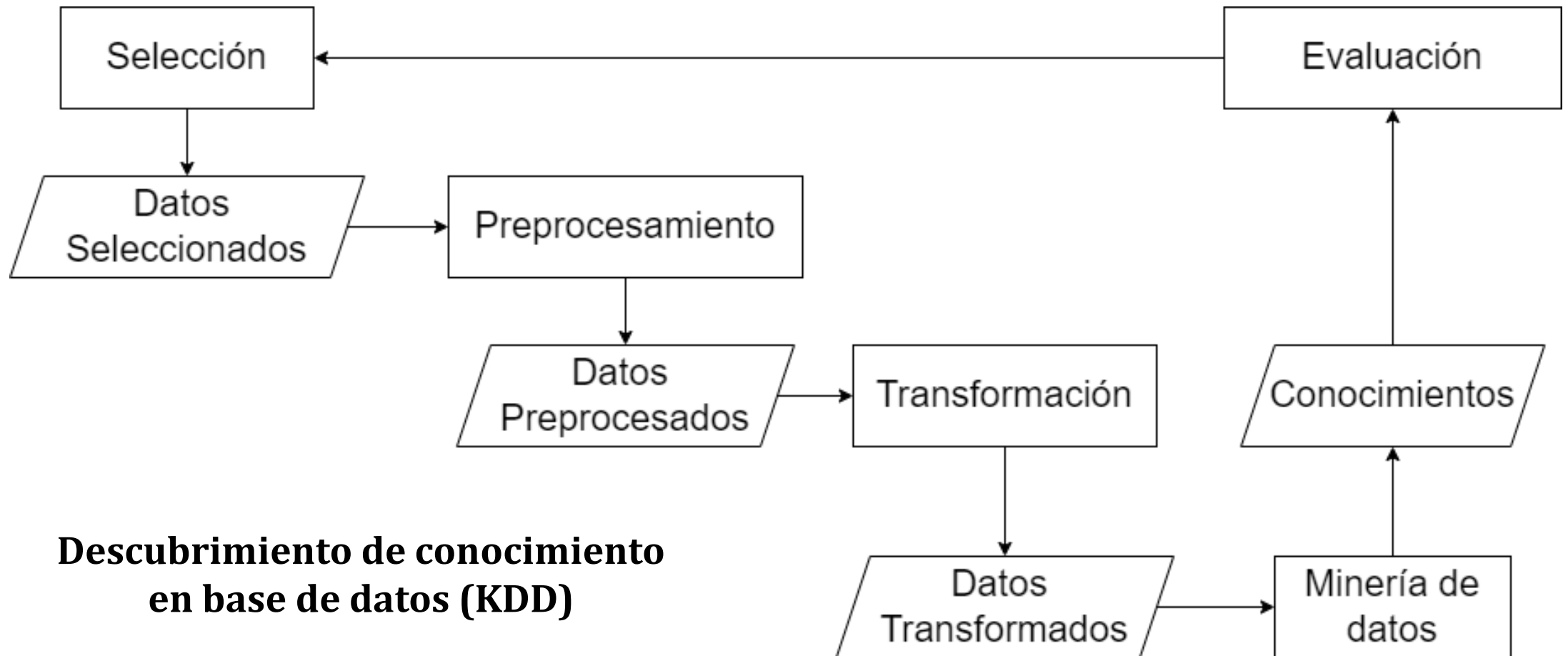
Recolección de datos con registro local



**Intervalo de registro:
1 minuto**

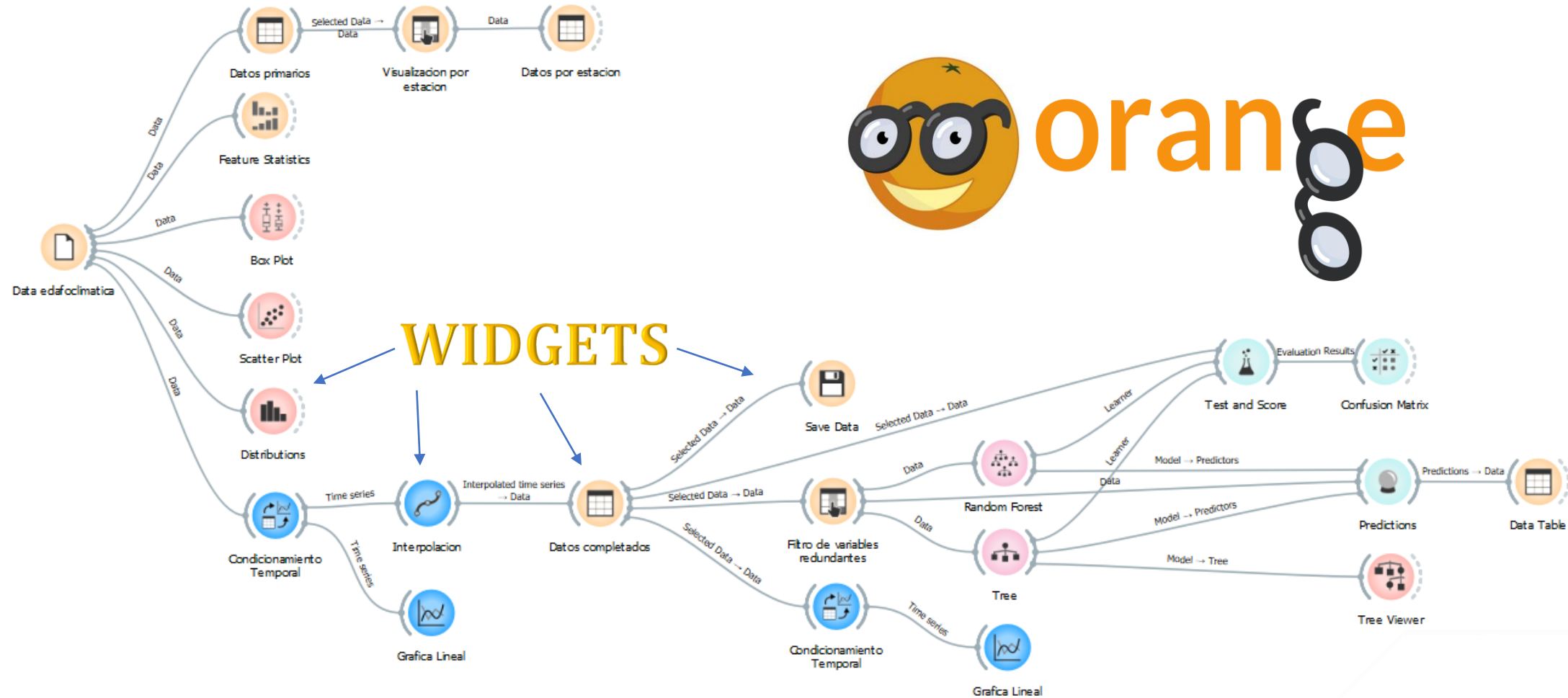
Recolección de datos fotogramétricos





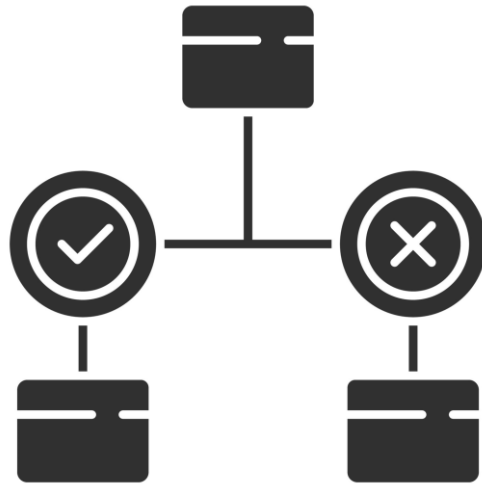
**Descubrimiento de conocimiento
en base de datos (KDD)**

Análisis de datos – Flujo de Análisis

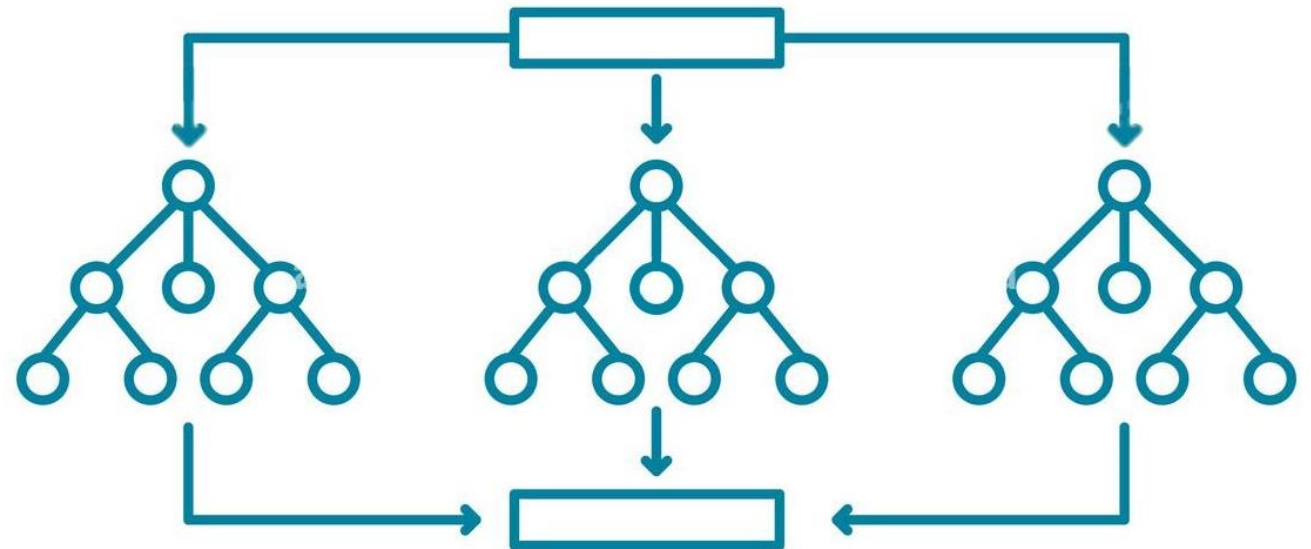


Análisis de datos

Algoritmos



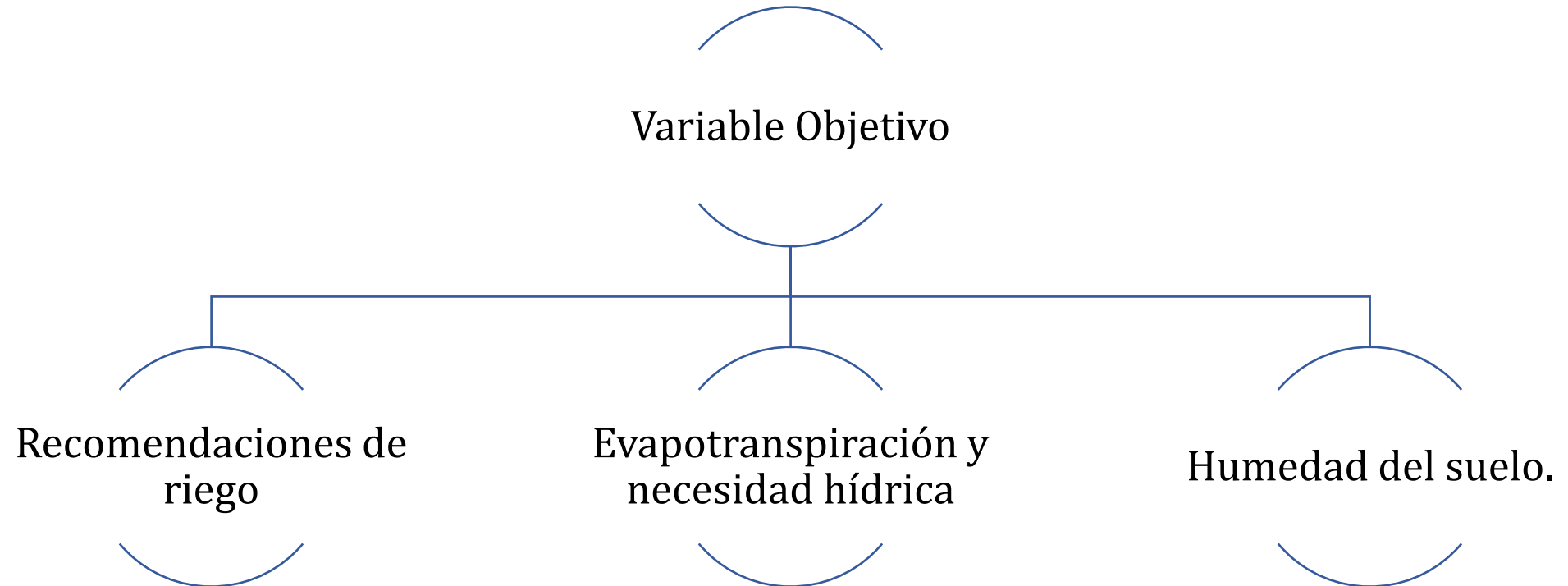
Árbol de decisión



Bosque Aleatorio

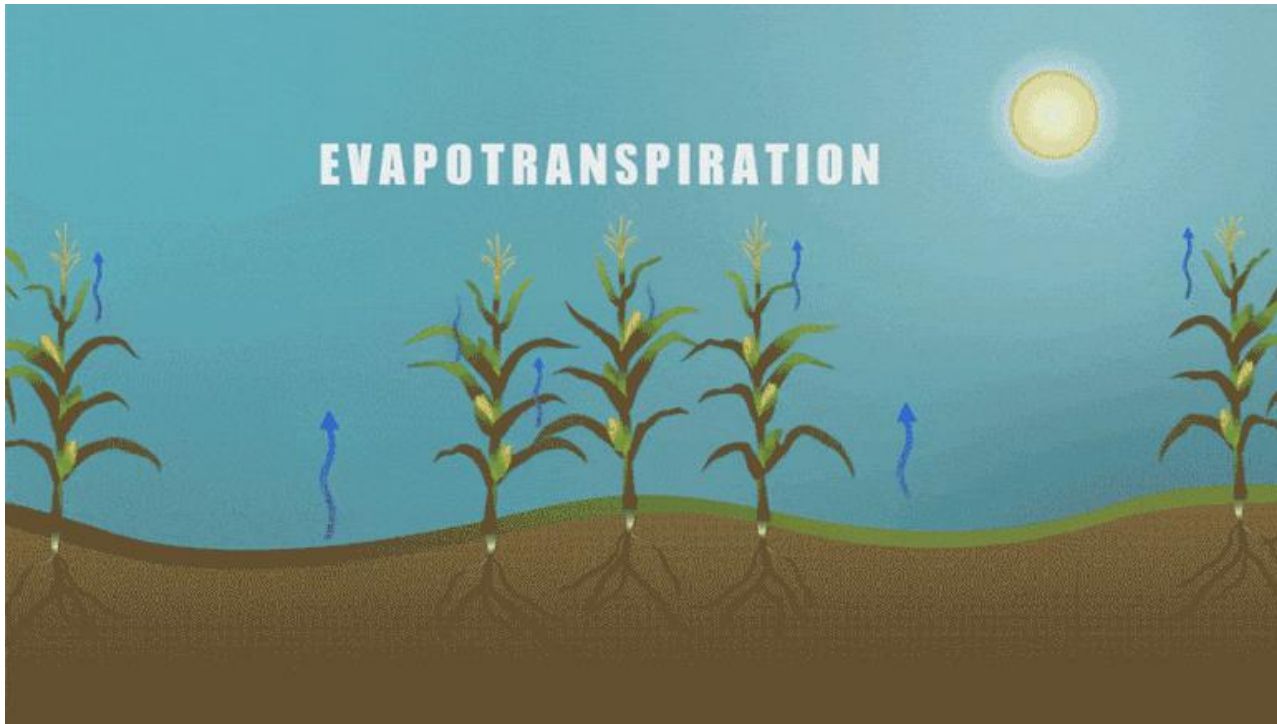
Análisis de datos

Variable Objetivo



Análisis de datos

Variable Objetivo



**Proceso de transferencia Hídrica
Precipitación-Evapotranspiración**

Variable Objetivo

Fórmula para determinar el riego por medio de la evapotranspiración

$$Sea \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^{i=n} ET_0 - P_n \geq 8.5 ; R = 1 \\ \sum_{i=0}^{i=n} ET_0 - P_n < 8.5 ; R = 0 \end{array} \right.$$

n = Momento evaluado

ET₀ = Evapotranspiración

P_n = Precipitación

R = Variable objetivo de riego

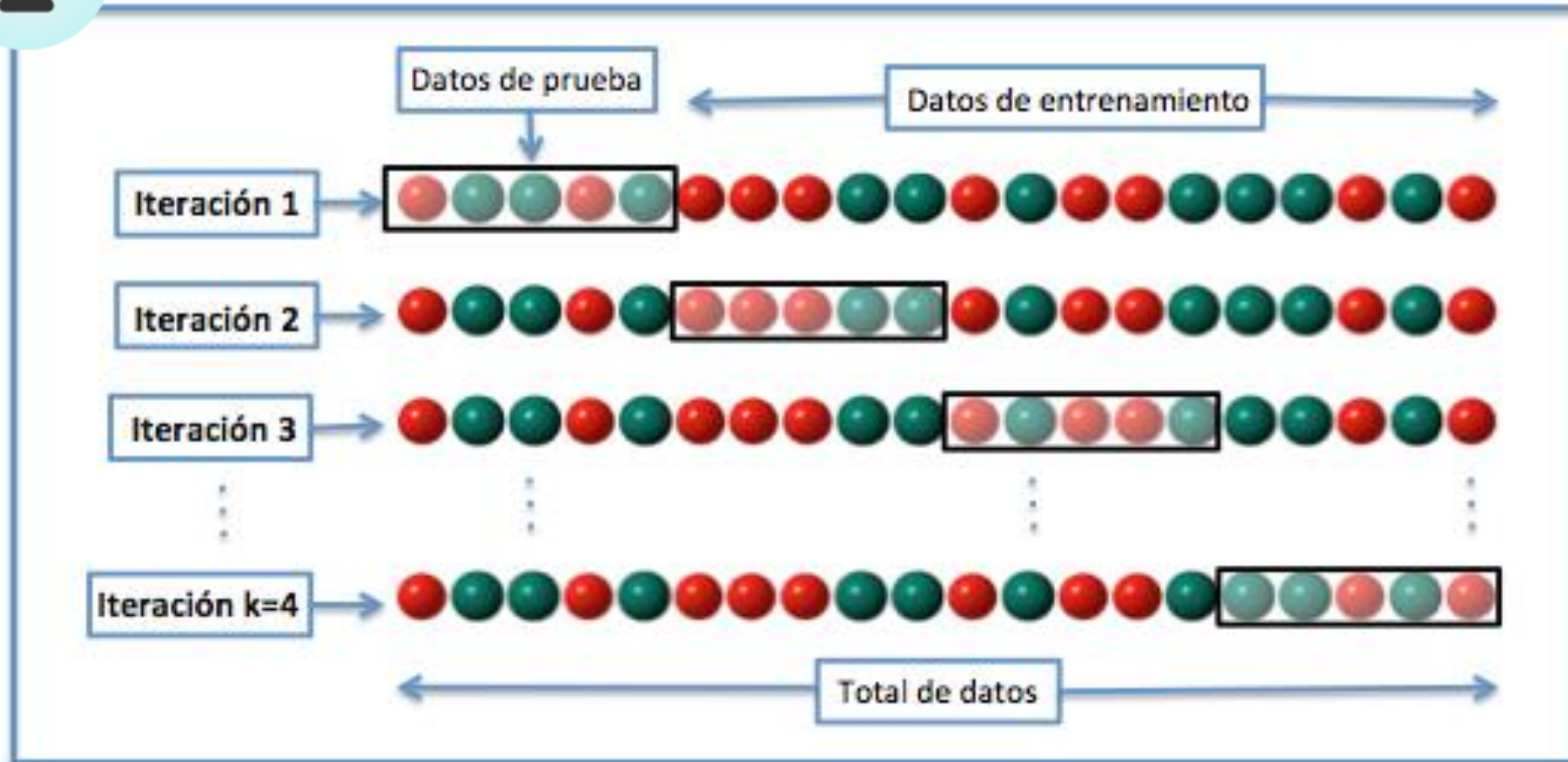
Variable Objetivo

Condición de riego según las características de humedad de suelo

Lectura en Centibar (cb)	Condición del suelo	Categoría	Acción	Humedad disponible
0 - 10	Suelo Saturado. Ocurre durante uno o dos días después del riego.	Saturado	No Regar	100%
10 - 20	El suelo está suficientemente húmedo.	Húmedo		75%
30 - 60	Rango habitual para regar (excepto suelos arcillosos pesados).	Seco	Regar	50%
60 - 100	Rango habitual para regar suelos arcillosos pesados	Muy seco		25%
100 - 200	Suelo extremadamente seco	Árido		0%



Prueba y calificación



Test and Score - Orange

☒ Cross validation

Number of folds: 10

☒ Stratified

☐ Cross validation by feature

☐ Random sampling

Repeat train/test: 10

Training set size: 66 %

☒ Stratified

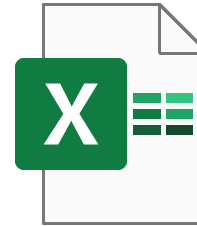
☐ Leave one out

☐ Test on train data

☐ Test on test data

Recolección y transformación de datos

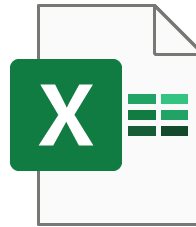
- 87513 registros
- 47 variables
- 9.7% datos faltantes



Datos locales

- 43199 registros
- 40 variables
- 0.0% datos faltantes

- 1223 registros
- 38 variables
- 3.4% datos faltantes



Datos remotos

- 1223 registros
- 30 variables
- 0.0% datos faltantes

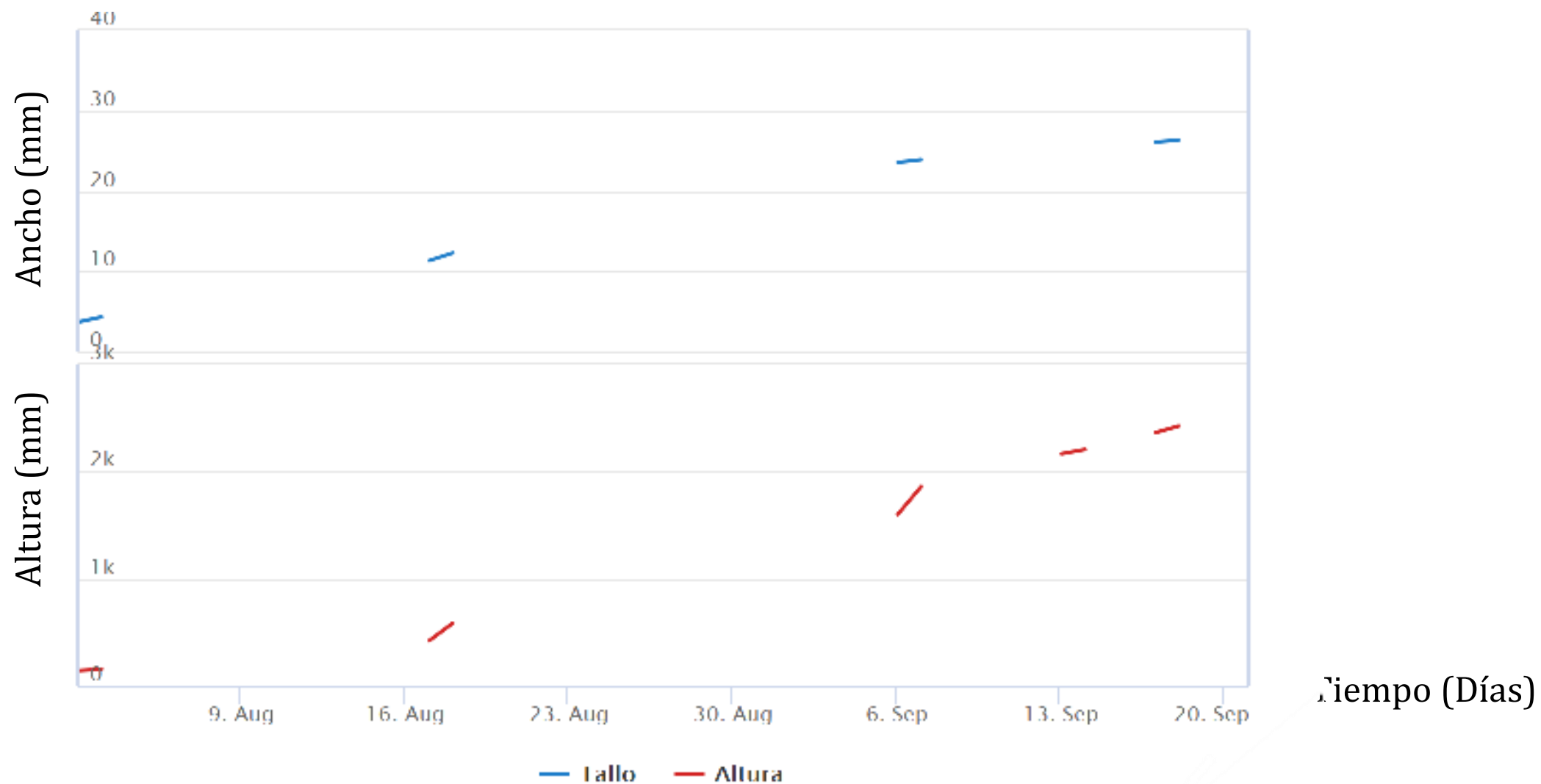
- 51 registros
- 4 variables
- 35.9% datos faltantes



Datos fotogramétricos

- 51 registros
- 3 variables
- 0.0% datos faltantes

Altura y ancho del tallo de la planta a través del estudio (No completado)

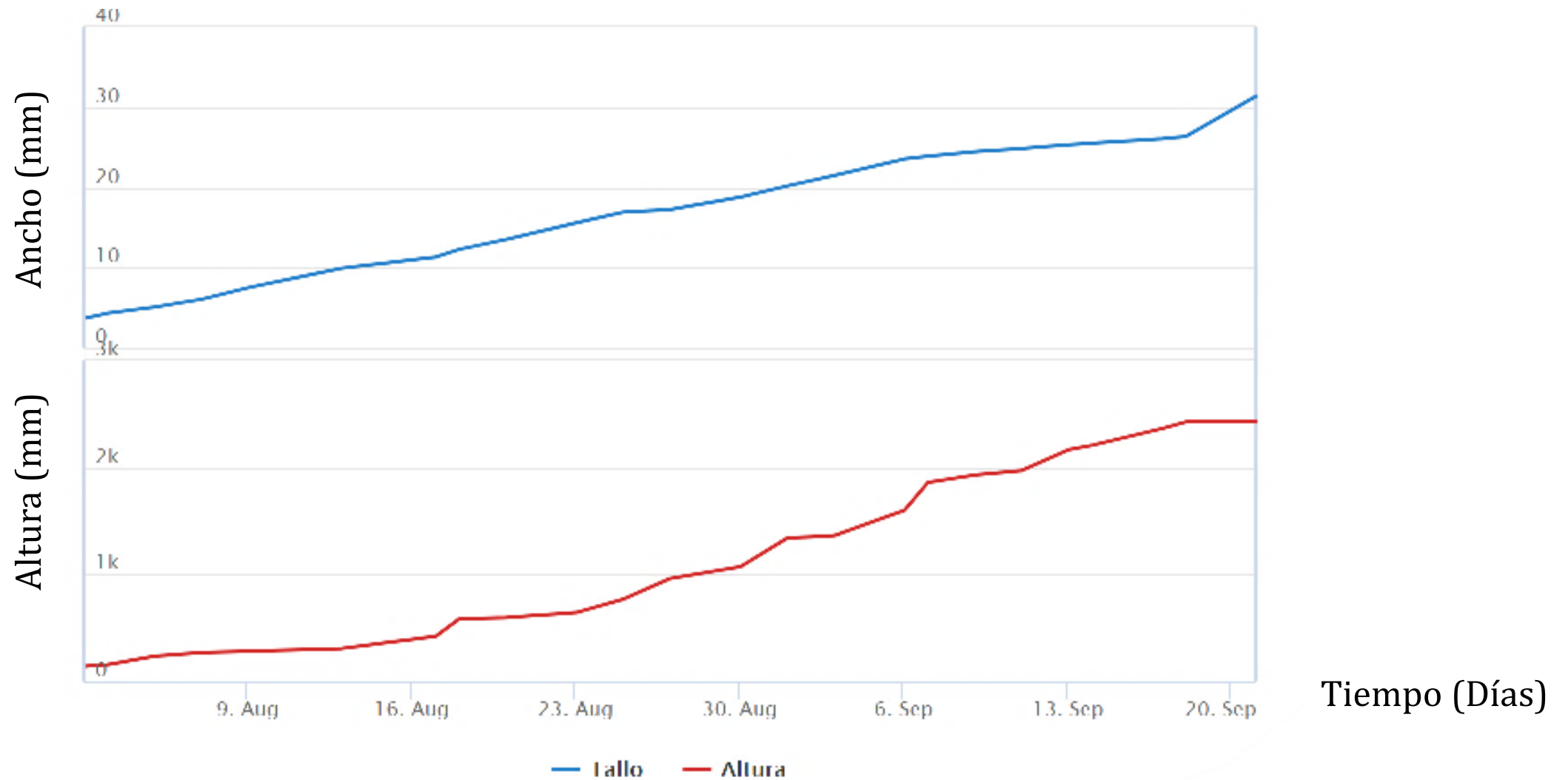


El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



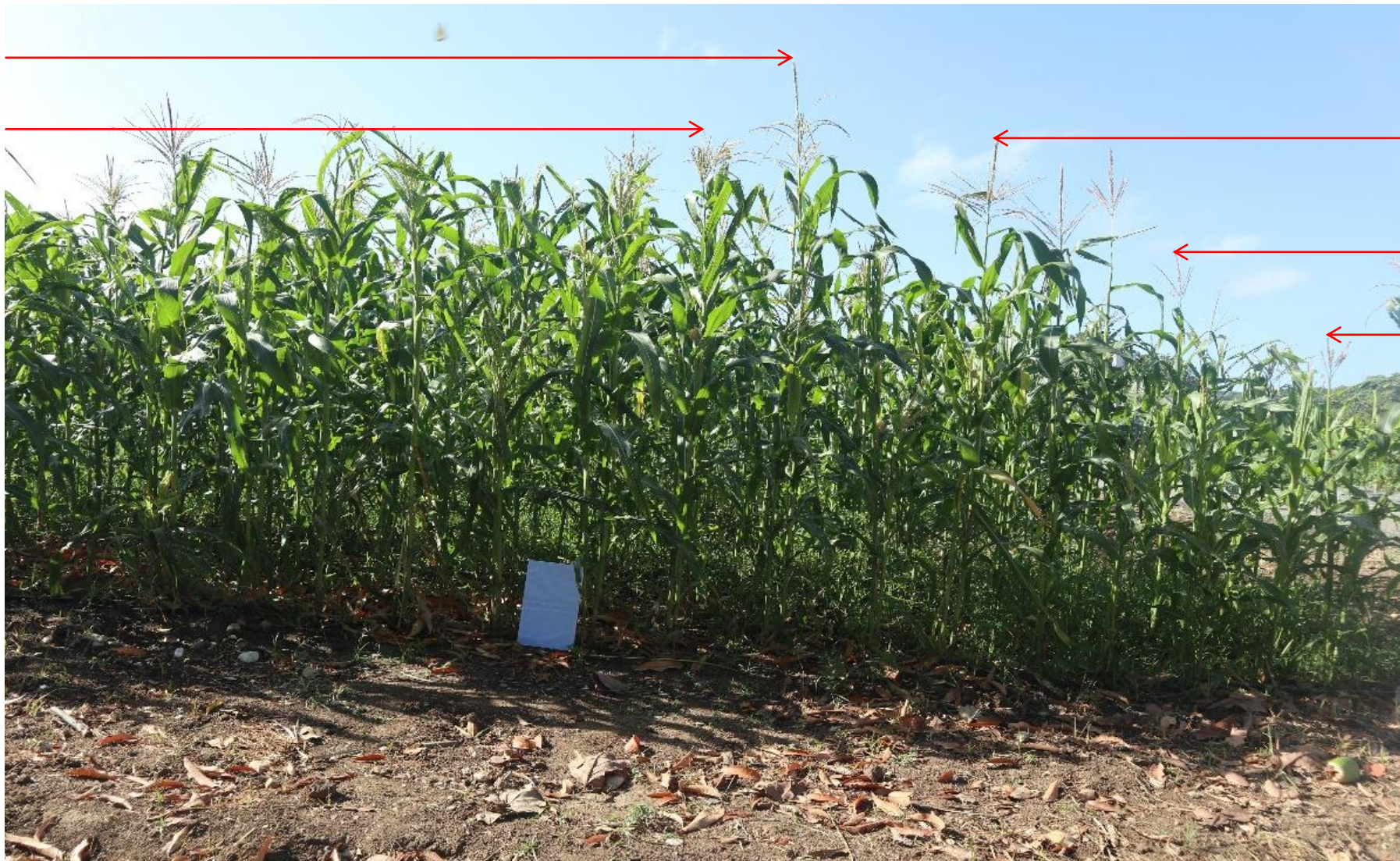
Altura y ancho del tallo de la planta a través del estudio (Completado)



El futuro
es de todos



Crecimiento diferenciado del campo de maíz

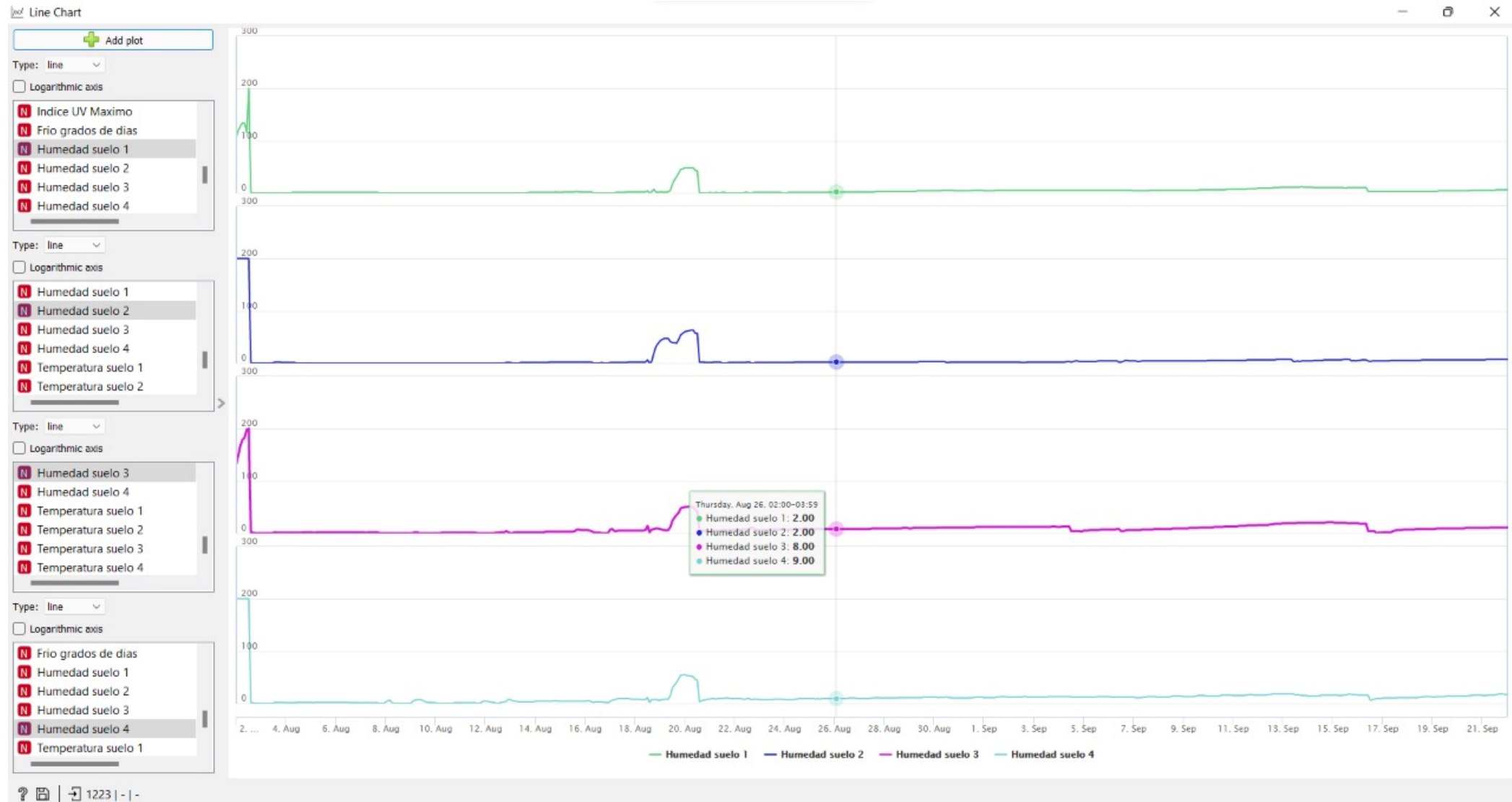


El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



Gráfico de línea del comportamiento de los diferentes sensores de humedad de suelo

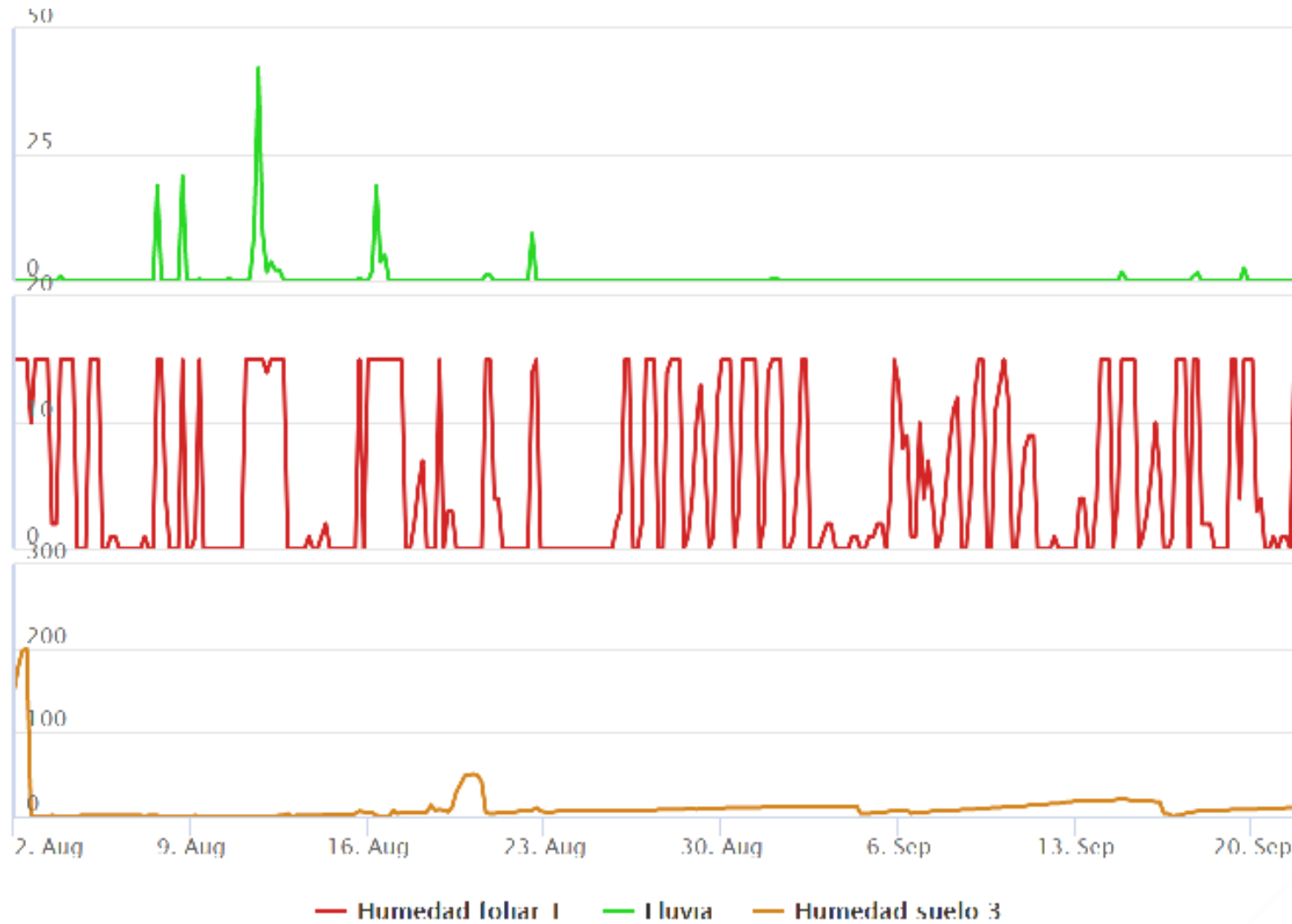


El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



Comportamiento de la Humedad Foliar y Humedad del suelo respecto a la lluvia





Recomendaciones de riego

9 niveles
Árbol de decisiones
98.7 %
Bosque Aleatorio
99.2 %



Evapotranspiración y necesidad hídrica

15 niveles
Árbol de decisiones
98.7 %
Bosque Aleatorio
99.2 %



Humedad del suelo

14 niveles
Árbol de decisiones
99.9 %
Bosque Aleatorio
99.9 %

Evaluación – Matriz de confusión



Recomendaciones
de riego

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1192	9	1201
	S	8	14	22
Σ		1200	23	1223



Evapotranspiración y
necesidad hídrica

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1153	33	1186
	S	33	4	37
Σ		1186	37	1223



Humedad del suelo

		Predicted			Σ
		Saturado	no regar	regar	
Actual	Saturado	883	0	0	883
	no regar	0	303	0	303
	regar	0	1	36	37
Σ		883	304	36	1223

Evaluación – Matriz de confusión



Recomendaciones de riego

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1192	9	1201
	S	8	14	22
Σ		1200	23	1223



Evapotranspiración y necesidad hídrica

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1153	33	1186
	S	33	4	37
Σ		1186	37	1223



Humedad del suelo

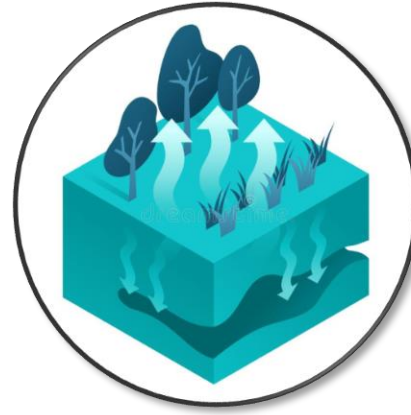
		Predicted			Σ
		Saturado	no regar	regar	
Actual	Saturado	883	0	0	883
	no regar	0	303	0	303
	regar	0	1	36	37
Σ		883	304	36	1223

Evaluación – Matriz de confusión



Recomendaciones de riego

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1192	9	1201
	S	8	14	22
Σ		1200	23	1223



Evapotranspiración y necesidad hídrica

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1153	33	1186
	S	33	4	37
Σ		1186	37	1223



Humedad del suelo

		Predicted			Σ
		Saturado	no regar	regar	
Actual	Saturado	883	0	0	883
	no regar	0	303	0	303
	regar	0	1	36	37
Σ		883	304	36	1223

Evaluación – Matriz de confusión



Recomendaciones de riego

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1192	9	1201
	S	8	14	22
Σ		1200	23	1223



Evapotranspiración y necesidad hídrica

		Predicted		Σ
		N	S	
Actual	N	1153	33	1186
	S	33	4	37
Σ		1186	37	1223

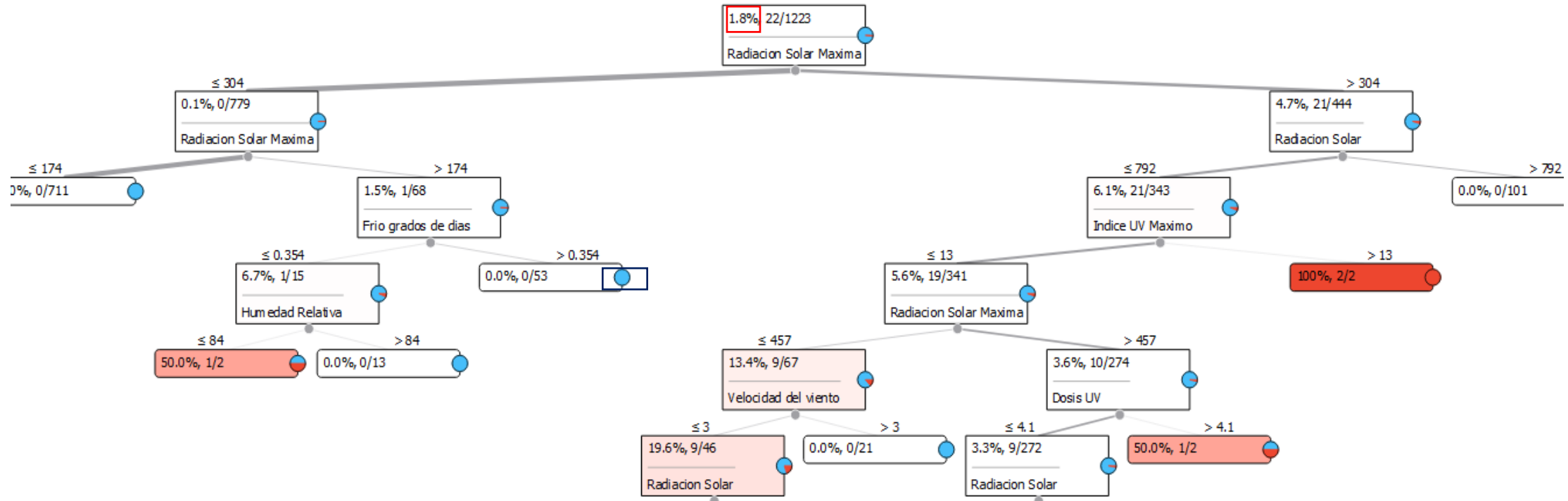


Humedad del suelo

		Predicted			Σ
		Saturado	no regar	regar	
Actual	Saturado	883	0	0	883
	no regar	0	303	0	303
	regar	0	1	36	37
Σ		883	304	36	1223

Resultados

Ejemplo de árbol de decisión obtenido



Variables primordiales

Evapotranspiración

Radiación Solar

Humedad
Foliar

Humedad Relativa

Velocidad del viento

Humedad del suelo

Lluvia



Recomendaciones de
riego

Precisión: 98.7 %



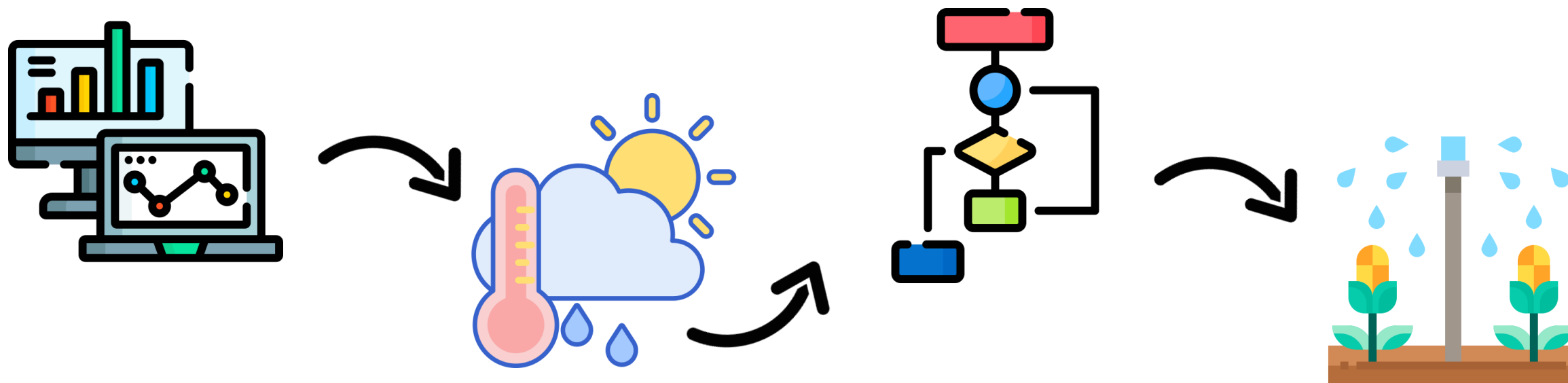
Evapotranspiración
y necesidad hídrica

Precisión: 96.9%



Humedad del suelo

Precisión: 99.5 %



El algoritmo debe decidir el momento y periodo de riego en base a las variables primordiales

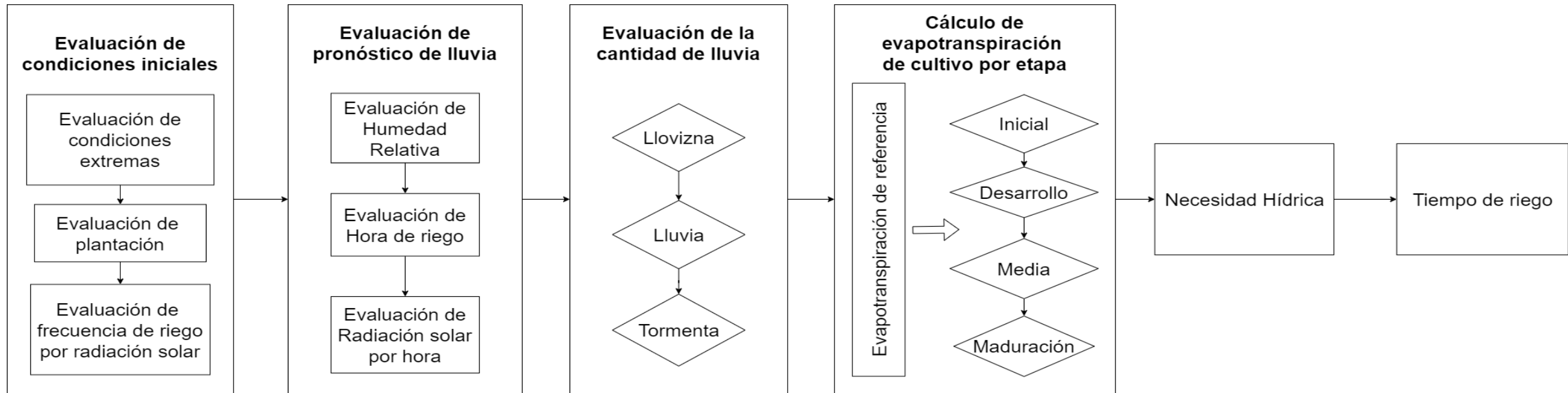


El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



Algoritmo



Evaluación de condiciones iniciales

Evaluación de condiciones extremas

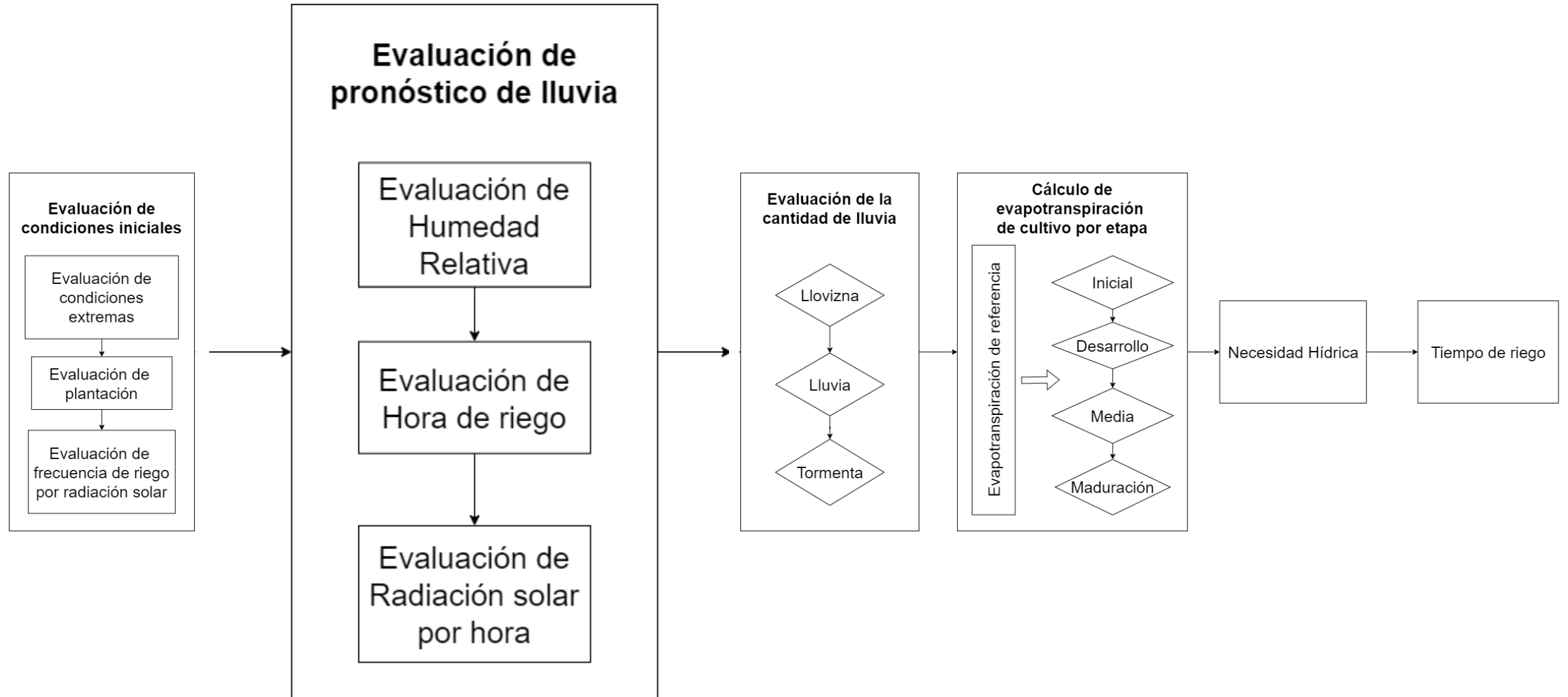
Evaluación de plantación

Evaluación de frecuencia de riego por radiación solar

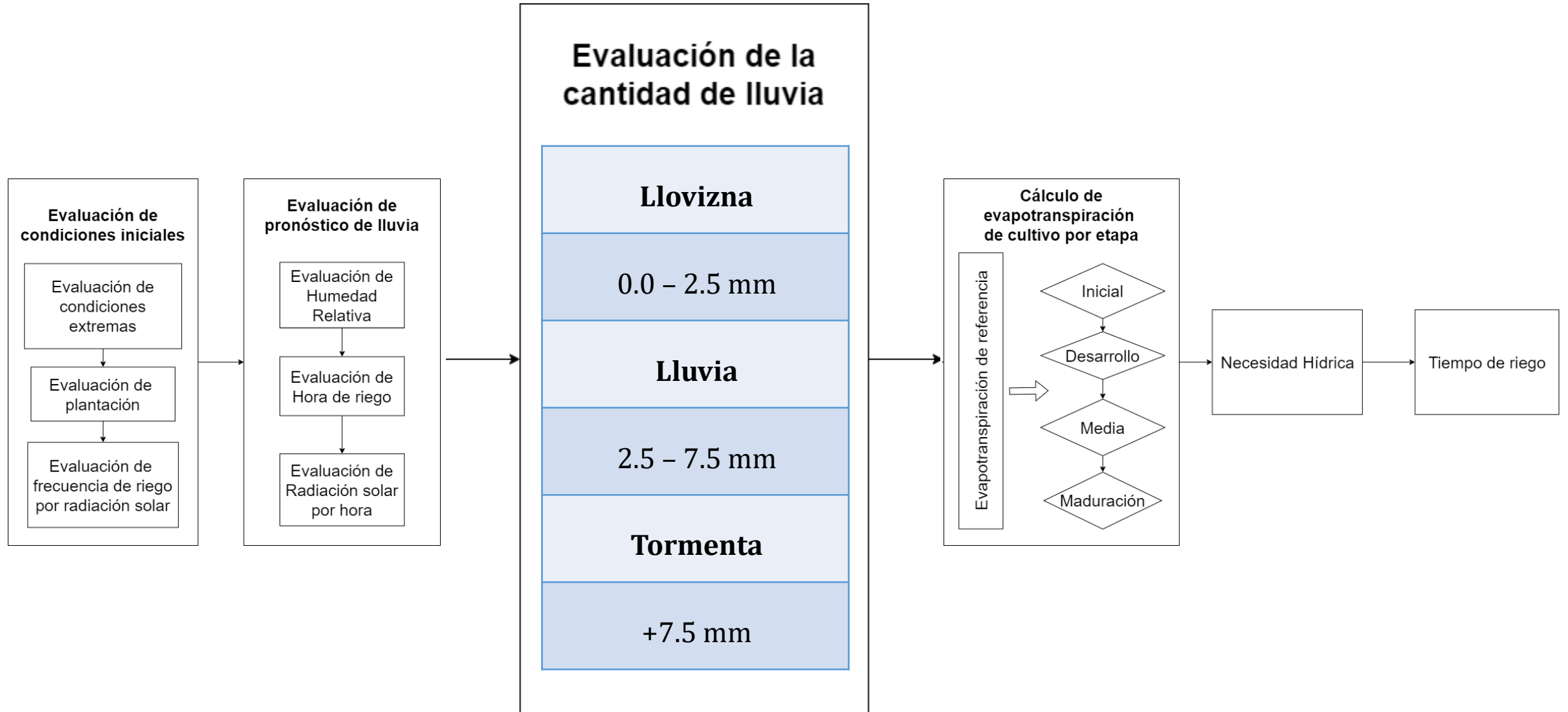
Condiciones extremas de riego según las características de humedad de suelo

Lectura en Centibar	Condición del suelo	Categoría	Acción	Humedad disponible
0 - 10	Suelo Saturado. Ocurre durante uno o dos días después del riego.	Saturado	No Regar	100%
60 - 100	Rango habitual para regar suelos arcillosos pesados	Muy seco	Regar	25%
100 - 200	Suelo extremadamente seco	Árido		0%

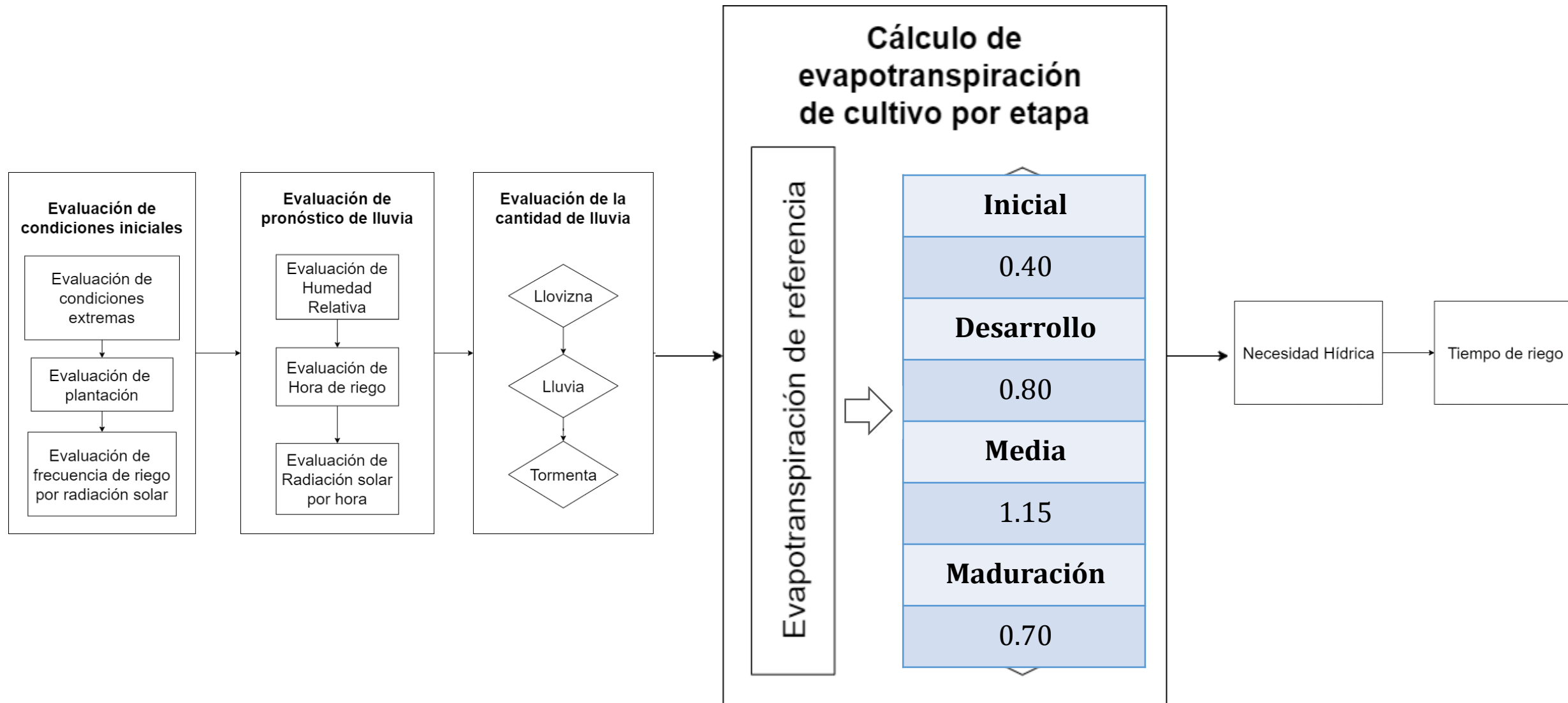
Algoritmo



Algoritmo

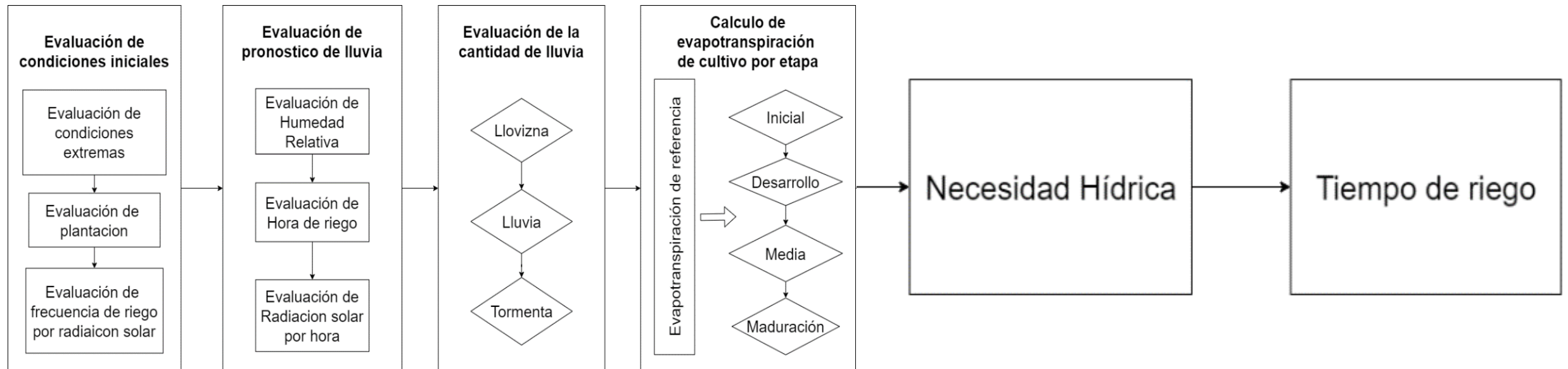


Algoritmo



Algoritmo

Calculo de tiempos de riego



Conclusiones



La Estación Meteorológica Pro2 Plus es la herramienta ideal para la recolección de datos, permitiendo obtener datos efectivos para su utilización en procesos de análisis de datos



Orange Data Mining es la mejor herramienta para el análisis de los datos, permitiendo la obtención de resultados útiles a partir de este.

Conclusiones



Para poder obtener resultados efectivos, es necesario recolectar datos de crecimiento sobre el cultivo en intervalos de entre 15 min a 1 hora, salvo contadas excepciones.



La utilización de análisis de imágenes como metodología para la recolección de datos de crecimiento sobre el cultivo resulta efectiva.

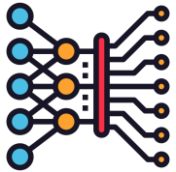


Se debe establecer una muestra más diversa tanto para la captura de imágenes como para la medición de humedad de suelo

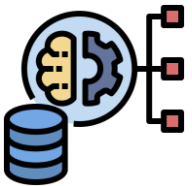
Conclusiones



El árbol de decisión y el bosque aleatorio funcionan de forma efectiva para el análisis de datos, ofreciendo predicciones muy precisas.



El bosque aleatorio ofrece mayor precisión de análisis que el árbol de decisión.



El árbol de decisión es el modelo de análisis más adecuado ofreciendo resultados con una precisión de más del 90% a la vez que permite evaluar la importancia de cada variable.

Conclusiones



El conjunto de datos obtenido cumple con las condiciones necesarias para su utilización en procesos de análisis con machine learning, confirmando la validez de los métodos de recolección.



Es necesaria la diversificación de la muestra tanto para los sensores de humedad como para las plantas fotografiadas para el monitoreo de crecimiento.



Al analizar la relación entre las variables y el crecimiento de la planta a través de las fotografías tomadas concluimos que es necesario el aumentar la frecuencia con la que se toman las fotografías de forma que podamos relacionar el crecimiento con las demás variables.

Conclusiones

Teniendo la evapotranspiración y la humedad del suelo, relevancia confirmada, la radiación solar, en representación de los diferentes parámetros dependientes de la misma que presentaron ocurrencia repetitiva dentro de los árboles de decisión; *la humedad foliar; la humedad relativa, la temperatura ambiente, la velocidad del viento y la lluvia* se presentaron como las variables primordiales para el seguimiento del comportamiento del cultivo en función del riego.



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



Limitaciones

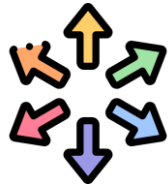
- La finca nunca ha realizado una recolección de datos edafoclimáticos orientada al análisis de datos.
- Se registraron eventos climático desastrosos
- La estación meteorológica Vantage Pro2 Plus solo incluye cuatro pares de sensores de humedad y temperatura de suelo.
- la falta de recepción provocó pérdida de datos de manera ocasional.
- El horario de la finca representó un impedimento para la toma diaria de fotografías para el análisis del crecimiento del cultivo.



¿Qué sigue?



Repetir la presente investigación para el cultivo de maíz durante diferentes etapas del año, en diferentes campos de cultivo, corrigiendo las limitaciones obtenidas y con la participación de profesionales de agronomía.



Expandir el conjunto de datos para la creación de un histórico sobre la información del maíz y las condiciones edafoclimáticas de la finca en general.



Programar el algoritmo proporcionado para la evaluación de su funcionamiento de manera simultanea con el proceso de recolección, de forma que se pueda refinar el sistema.

¿Qué sigue?



Crear el sistema de control físico (Hardware) y la interfaz (Software) necesarios para la operación del algoritmo creado junto al sistema de irrigación de la finca.



Investigar la posibilidad y factibilidad de obtener equipos más económicos que la Vantage Pro2 Plus, centrados en las variables fundamentales obtenidas manteniendo la calidad de los datos y el intervalo de frecuencia.



Desarrollar el proceso de recolección, análisis y desarrollo de algoritmos para otros cultivos, evaluando la posibilidad de utilizar el algoritmo proporcionado como la base para el funcionamiento de sistemas similares orientados a otras plantaciones.



Gracias por su atención



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia





El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



ómica

ómica

Aliados



Apoyan





El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia

