

Análisis de datos climáticos en la zona Noroeste de Calvillo para la selección óptima de cultivos en la implementación de un huerto automatizado mediante IoT

Alan Francisco Saucedo Martínez¹, Ma. Magdalena Martínez González²

¹ Universidad Tecnológica de Calvillo, Coordinación de Tecnologías de la Información, Carretera al Tepetate No. 102, Col. El Salitre C.P. 20860 Calvillo, Ags., México, alan.saucedo@utcalvillo.edu.mx

² Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 61, Departamento Académico, Calle Guillermo Prieto No. 225, Col. Liberal, C.P. 20804, Calvillo, Ags., México, mamartinez61@dgetaycm.sems.gob.mx

Resumen

El objetivo de esta investigación es determinar la planta óptima para sembrar implementando un huerto automatizado por Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) utilizando el análisis de datos climáticos, utilizando un enfoque metodológico que consta de las siguientes fases: recopilación de datos climáticos, selección de cultivos, análisis de datos, determinación de la planta óptima y optimización continua. Los resultados obtenidos de esta investigación tendrán un impacto significativo en la creación del primer prototipo del huerto automatizado por la Universidad Tecnológica de Calvillo. Además, se tomará en consideración el constante cambio climático como una limitación e implicación, ya que este pueda hacer cambiar nuestras variables constantemente, lo que aporta originalidad al proyecto al abordar este desafío generando tecnología de alto impacto. El enfoque en la siembra de plantas esenciales como el maíz y el sorgo busca contribuir a la mejora de los procesos agrícolas en la zona noroeste de Calvillo, con el objetivo de reducir la huella ecológica y de esta manera poder promover una agricultura más sostenible y eficiente en la región. Con los resultados obtenidos, se seleccionó la planta óptima para la región Noroeste del municipio de Calvillo, las cuales fueron el maíz y la avena, tomando en cuenta el análisis de nuestras variables. Derivado de lo anterior, establecemos un punto de partida, para poder comenzar a trabajar con nuestro primer prototipo funcional de un huerto automatizado.

Palabras clave— Automatización, Datos, Internet de las cosas, Huerto.

Abstract

The objective of this research is to determine the optimal plant to grow in an automated orchard with the Internet of Things (IoT) using a methodological approach that consists of the following phases: climate data collection, crop selection, data analysis, determination of the optimal plant and continuous optimization. The results obtained from this research will have a significant impact on the creation of the first prototype of the automated orchard by the Universidad Tecnológica de Calvillo. In addition, constant climate change will be taken into consideration as a limitation and implication, since it can cause our variables to change constantly, which brings originality to the project by addressing this challenge by generating high-impact technology. The focus on planting essential plants such as corn and sorghum seek to contribute to the improvement of agricultural processes in the northwest area of Calvillo, with the aim of reducing the ecological footprint and thus being able to promote more sustainable and efficient agriculture. In the region. With the results obtained, the optimal plant was selected for the Northwest region of the municipality of Calvillo, which were corn and oats, taking into account the analysis of our variables. Derived from the above, we establish a starting point, to be able to start working with our first functional prototype of an automated garden.

Key words— Automation, Data, Internet of things, Orchard.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enfoca en determinar la planta óptima para sembrar en un huerto automatizado utilizando tecnología de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y análisis de datos climáticos, considerando que el IoT consiste en la interconexión de objetos y personas mediante el uso de internet, derivado de esto, podremos acceder a los objetos en cualquier momento y desde cualquier lugar [1]. Este enfoque innovador implica la integración de sensores climáticos, dispositivos IoT y análisis de datos para evaluar las condiciones ambientales en la región Noroeste de Calvillo, en la cual se encuentra una creciente preocupación por la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola, dado el impacto del cambio climático y la necesidad de optimizar los recursos

disponibles en la agricultura. La implementación de huertos automatizados con tecnología de Internet de las Cosas (IoT) se presenta como una solución potencial para abordar estos desafíos. y seleccionar la planta más adecuada para el cultivo en tiempo real.

Derivado de lo anterior, con la implementación de los sensores de la estación meteorológica Refugio de Santo Cristo 2, ubicada en la Universidad Tecnológica de Calvillo, se obtuvieron los datos climáticos históricos y en tiempo real de la zona de estudio, incluyendo temperatura, humedad y precipitación, estas últimas fueron tomadas como las variables a analizar más influyentes en el crecimiento y rendimiento de las plantas en el huerto automatizado. Con dichos resultados, se generó un análisis de datos de estas variables poder identificar la planta que mejor se adapte a las condiciones climáticas y

ofrezca un rendimiento óptimo.

La importancia de esta investigación radica en su potencial para revolucionar la agricultura, que tradicionalmente se practica como tarea particular al sembrar y cosechar según sea la temporada, sin embargo, si ha esta incluimos datos en tiempo real como el clima, la humedad en la tierra, entre otros, esta tarea puede evolucionar al realizar análisis de todos estos datos recolectados, dando a esto a la generación del término de agricultura de precisión [2]. Lo cual hace posible una producción más eficiente y sostenible.

El aporte dentro de esta investigación es el uso de una metodología que consta de cinco etapas, para recopilar y analizar datos, selección de cultivos acorde a la zona y finalmente determinar cual es la siembra óptima. Para finalmente de esta manera poder plantear con toda esta información, la arquitectura para la elaboración de nuestro primer prototipo.

II. METODOLOGÍA

Tomando en consideración las diferentes variables que se van a analizar, además del uso de la estación meteorológica Refugio Santo Cristo 2, seleccionamos cinco etapas en esta primera fase de nuestra investigación, para de esta manera poder determinar mediante la recolección y análisis de datos, la o las plantas óptimas a sembrar, para de esta manera generar un impacto que favorezca la agricultura y economía en la región de Calvillo; las fases seleccionadas son las siguientes:

A. Recopilación de Datos Climáticos

El clima de Aguascalientes puede considerarse dentro del grupo de los semisecos, abarcando aproximadamente el 86 % de la superficie estatal; mientras que el 14 % restante pertenece al subgrupo de climas templados [3], estando la zona Noroeste de Calvillo dentro del porcentaje de semisecos. Para poder demostrar lo anterior se utilizaron la estación meteorológica Refugio de Santo Cristo 2, ubicada en la Universidad Tecnológica de Calvillo para medir variables climáticas clave, como la temperatura, humedad, y precipitaciones reales de la zona geográfica, esta cuenta con siete sensores que son UTR A733 para la recepción y envío de datos, panel solar, sensor de temperatura y humedad relativa, piranómetro, anemómetro y veleta, humedad de la hoja y pluviómetro.

B. Selección de Cultivos

Se realizó una investigación previa para identificar un conjunto de cultivos que sean viables para implementar en la zona donde está ubicada la estación meteorológica. Se consideraron factores como la resistencia a las condiciones climáticas, los requisitos de riego y los tiempos de crecimiento.

C. Análisis de Datos

Se aplicaron técnicas de análisis de datos para evaluar la relación entre las variables climáticas de temperatura, humedad y precipitaciones. De esta manera se encontraron patrones y correlaciones que indiquen qué plantas se desarrollan mejor bajo ciertas condiciones climáticas.

D. Determinación de la Planta Óptima

Con base en los resultados del análisis de datos, se determinó la planta más adecuada para sembrar en el huerto automatizado. Se establecieron criterios de selección, como el rendimiento de la planta, la eficiencia del uso del agua y la resistencia a los diferentes cambios climáticos, para tomar la decisión final.

E. Optimización Continua

A medida que se recolectan más datos y se realicen más experimentos, se podrán ajustar los criterios de selección y mejorar la precisión de la determinación de la planta óptima. Se buscará optimizar constantemente el sistema para obtener resultados cada vez más precisos y mejorar la eficiencia del huerto automatizado.

III. RESULTADOS

Derivado de la metodología seleccionada, se realizaron todas las etapas, y de esta manera se explica lo realizado en cada una de ellas, además de la información y métodos para poder recolectar y analizar datos, finalmente se implementó las medidas de tendencia central media aritmética y desviación estándar, además de la elaboración de dos rectas de regresión lineal, para de esta manera tener un sustento matemático para sustentar la toma de decisiones. A continuación, se muestran cada una de las fases:

A. Recopilación de Datos Climáticos

Teniendo como herramienta dentro de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Calvillo, la estación meteorológica Refugio de Santo Cristo 2 Número 511673, en la cual nos llega un reporte diario con la medición de diferentes variables climáticas, de las cuales dentro de esta investigación tomamos humedad, temperatura y precipitaciones, nos es de mucha importancia derivado a que son datos reales de la zona Noroeste de Calvillo.

Con esta herramienta nos fue posible encontrar los siguientes datos correspondientes al mes de julio del 2023, teniendo como selección este mes dado a que es en cual se debe de presentar mayor porcentaje de precipitaciones, con lo cual las variables antes mencionadas pueden generar un mayor impacto con la siembra por temporal dentro de la región.

A consecuencia de precisión en la obtención de datos, la estación no obtuvo los datos completos del mes, por lo tanto, agregamos el porcentaje de efectividad de la estación, obteniendo el 87.10%, se seleccionaron estas fechas, ya que, por histórico de la región, es el mes donde se registra mayor precipitación por lo tanto es un buen temporal para siembra, tal y como se muestra en la Tabla I.

B. Selección de cultivos

Tomando como referencia la zona geográfica donde se encuentra la estación meteorológica, además de acuerdo a la Secretaría de Agricultura y de Desarrollo Rural [4], la producción agrícola en el estado de Aguascalientes está dividida en dos tipos, el primero que depende de riego que abarca el 35.7%, y el segundo que es riego que depende del

temporal que es el 64.3%, donde los principales productos agrícolas que se producen son:

- Maíz forrajero
- Tomate rojo
- Alfalfa
- Guayaba
- Maíz de grano

TABLA I

PROMEDIOS RECOLECTADOS JULIO 2023 POR LA ESTACIÓN REFUGIO DE SANTO CRISTO 2.

Día	Precipitaciones	Temperatura	Humedad
30	0.0250	22.8510	66.7052
29	0.0396	22.6354	59.4146
28	0.0000	22.4240	56.1542
27	0.0021	21.8865	66.9073
26	0.0333	20.1760	81.1458
25	0.1042	23.3167	56.1302
24	0.0000	25.5271	48.7052
23	0.0000	25.1240	52.3667
22	0.0000	26.0865	47.6438
21	0.0000	26.2375	38.4594
20	0.0000	27.0760	38.0438
19	0.0000	26.1467	43.2373
17	0.0000	26.0417	37.9375
16	0.0000	26.2885	36.6149
15	0.0000	24.8240	55.2375
14	0.0000	24.5719	56.9792
13	0.0000	24.4000	61.3792
12	0.0274	22.8000	66.0616
10	0.0271	23.7448	68.8781
9	0.0271	23.2427	71.5750
8	0.1667	21.3688	80.5896
7	0.3417	22.7115	73.6104
6	0.0000	26.0229	52.6021
5	0.0021	23.6250	65.6844
4	0.1104	22.2375	68.7208
3	0.0125	23.2552	63.9177
1	0.0417	22.8292	69.6021

Con base en esta información, se seleccionaron en esta primer etapa plantas, las cuales su cultivo no produzca un costo alto de producción como lo son el jitomate y la guayaba, además tomando en cuenta la zona y las variables que vamos a analizar como humedad, temperatura y precipitaciones, se seleccionaron los siguientes cultivos:

- Maíz: Planta gramínea originaria de Mesoamérica, la cual es aprovechada en su totalidad desde forraje hasta el grano que esta produce. Debe de tener precipitación o riego

acumulado para su crecimiento exponencial y poder aprovechar cada uno de sus componentes, además de estar en una temperatura media entre los 14°C a 26°C según el rendimiento óptimo de cultivo. [5]

- Sorgo: Planta originaria de la India, de la familia de las gramíneas, generando una semilla de aproximadamente 3mm, cuenta con propiedades nutricionales como azúcares de lenta absorción, de alta calidad y de bajo contenido graso. Es adaptable a los climas cálidos, áridos o semiáridos, capaz de soportar sequías, para que esta pueda generar un germinado es recomendable estar en una temperatura entre los 12°C y 13°C. [6]

- Avena Forrajera: Planta herbácea, que pertenece a la familia de las gramíneas. Se aprovecha toda la planta en su cosecha, esta debe de estar en una etapa de madurez fisiológica antes de que seque. Sirve para forraje para ganado vacuno y ovino. Sus condiciones climáticas favorables son en bajas temperaturas ya que es muy sensible al calor, además de que es exigente de agua ya que cuenta con un coeficiente de transpiración elevado. [7]

Estos fueron seleccionados en base a una investigación realizada en el portal de la Secretaria de Agricultura y de Desarrollo Rural (SADER) y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en la que se buscaron cultivos que coincidan con las variables antes mencionadas y además que son de gran producción en Calvillo, Ags.

Derivado de estos resultados, realizamos las Tablas II y III, en donde clasificamos el cultivo con la información de las variables de temperatura y humedad, las cuales son determinadas para tener en condiciones óptimas un crecimiento adecuado del cultivo y que esta pueda generar un crecimiento estable. [5]-[7]

TABLA II
TEMPERATURA MÍNIMA Y MÁXIMA EN EL AMBIENTE PARA CADA PLANTA.

Información SADER y SAGARPA		
Planta	Temperatura (°C)	
	Mínima	Máxima
Maíz	14	24
Sorgo	12	13
Avena	5	30

TABLA III
HUMEDAD MÍNIMA Y MÁXIMA EN EL AMBIENTE PARA CADA PLANTA.

Información SADER y SAGARPA		
Planta	Humedad (%)	
	Mínima	Máxima
Maíz	20	25
Sorgo	15	30
Avena	60	75

C. Análisis de datos

Con la implementación de medidas de tendencia central como promedio, implementándolo en la recolección de datos de 27 días del mes de julio de 2023, obteniendo los promedios en base a la Tabla II, mostrado en la etapa anterior, con las variables de precipitación, temperatura y humedad, como se muestra en la Tabla IV.

TABLA IV
PROMEDIOS DE VARIABLES JULIO 2023.

Julio 2023	
Variable	Promedio
Precipitaciones	0.0356
Temperatura	23.9815
Humedad	58.6779

Una vez obtenidos los promedios, se analizaron cada uno de ellos para poder graficar una recta de regresión para analizar la dependencia de las variables, en las cuales podemos analizar en el primer caso que tenemos una pendiente negativa con las precipitaciones, que conforme fue avanzando el mes, las lluvias fueron reduciéndose.

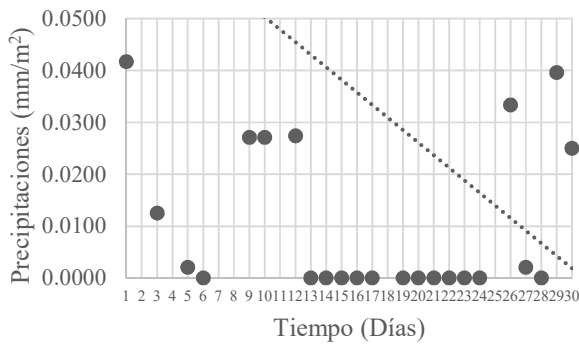


Fig. 1. Regresión lineal Día-Precipitación.

A la vez podemos generar una relación con la Fig. 2, que es la gráfica de regresión lineal entre el día del mes y la temperatura donde se mantiene una relación continua, derivado de la falta de precipitaciones, que a pesar de que si se registraron no fueron de gran cantidad teniendo un mal temporal.

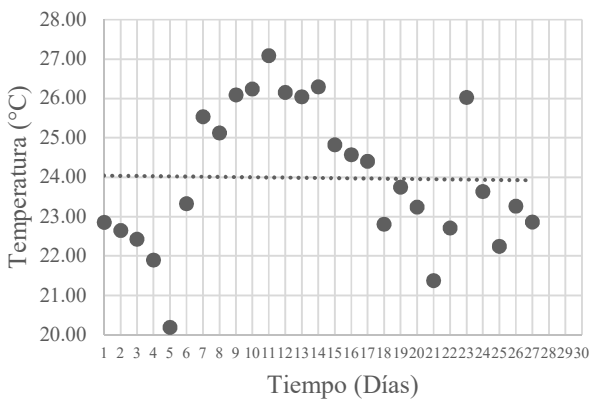


Fig. 2. Regresión lineal Día-Temperatura.

Una vez obtenidas las gráficas anteriores, se determinó obtener las gráficas de distribución normal, estas con el objetivo de analizar el comportamiento de los datos registrados de la temperatura, ver la frecuencia de estas y poderlas obtener para los tres cultivos que se seleccionaron.

En las Tablas V, VI, VII, VIII, IX y X, obtuvimos la media de temperatura del mes, la desviación estándar, así como el máximo y mínimo de temperatura mostrado como opción óptima para poder tener un crecimiento regular de la planta seleccionada.

Empezando a analizar el maíz, y después mediante esta información se calcularon por intervalos la distribución normal media y la frecuencia con la que se presentó la variable de temperatura, se realizó lo mismo con los dos cultivos restantes, sorgo y avena, tomando en cuenta los datos de los 27 días del mes de julio que se analizaron.

TABLA V
DATOS COMPLEMENTARIOS DE TEMPERATURA DEL MAÍZ.

Maíz	
Media	23.9815
Desv estándar	1.7839
Min	14°C
Max	24°C

TABLA VI
DATOS PARA OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA EL MAÍZ.

Intervalos °C	Distribución	Frecuencia
14	0.00	0
15	0.00	0
16	0.00	0
17	0.00	0
18	0.00	0
19	0.00	0
20	0.02	1
21	0.06	2
22	0.12	7
23	0.19	5
24	0.22	3
25	0.19	2
26	0.12	6
27	0.05	1

TABLA VII
DATOS COMPLEMENTARIOS DE TEMPERATURA DEL SORGO.

Sorgo	
Media	23.9815
Desv estándar	1.7829
Min	12°C
Max	13°C

TABLA VIII
DATOS PARA OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA EL SORGO.

Intervalos °C	Distribución	Frecuencia
10	0.00	0
11	0.00	0
12	0.00	0
13	0.00	0
14	0.00	0
15	0.00	0
16	0.00	0
17	0.00	0
18	0.00	0
19	0.00	0
20	0.02	1
21	0.06	2
22	0.12	7
23	0.19	5
24	0.22	3
25	0.19	2
26	0.12	6
27	0.05	1

TABLA IX
DATOS COMPLEMENTARIOS DE TEMPERATURA DE LA AVENA.

Avena	
Media	23.9815
Desv estándar	1.7829
Min	5°C
Max	30°C

TABLA X
DATOS PARA OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LA AVENA.

Intervalos °C	Distribución	Frecuencia
5	0.00	0
10	0.00	0
15	0.00	0
20	0.02	1
21	0.06	2
22	0.12	7
23	0.19	5
24	0.22	3
25	0.19	2
26	0.12	6
27	0.05	1

Cabe destacar que para la obtención de la distribución normal fue necesario realizar el cálculo de la desviación estándar, obteniendo los siguientes resultados en la Tabla XI.

TABLA XI
DESVIACIÓN ESTÁNDAR OBTENIDA PARA LAS TRES VARIABLES.

Desviación estándar precipitaciones	0.073587398
Desviación estándar temperatura	1.7829
Desviación estándar humedad	12.83774303

D. Determinación de la planta óptima

Una vez realizados los cálculos de distribución normal, se obtuvieron las gráficas, para poder analizar si el promedio de temperatura recolectado, se encuentra dentro de la campana de Gauss, tomando en cuenta los máximos y mínimos de temperatura recomendados para cada una de las plantas, obteniendo los siguientes gráficos mostrados en la Fig. 3 y 4.

En la Fig. 3, podemos observar que nuestro promedio se encuentra bajo la curva, en la cual se le une el máximo y mínimo de temperatura recomendado para la siembra de maíz que son 24°C y 14°C, estando dentro del rango adecuado, además que, de acuerdo al histórico de temperaturas, las que más frecuencia presentaron en el mes de julio, también están debajo de la curva.

En la Fig. 4, podemos observar que nuestro promedio se encuentra bajo la curva, pero las condiciones óptimas para el cultivo del sorgo es tener una temperatura entre los 12°C y 13°C, una condición fría, que no se encuentra bajo la curva de nuestra distribución, por lo cual nuestro promedio la sobrepasa.

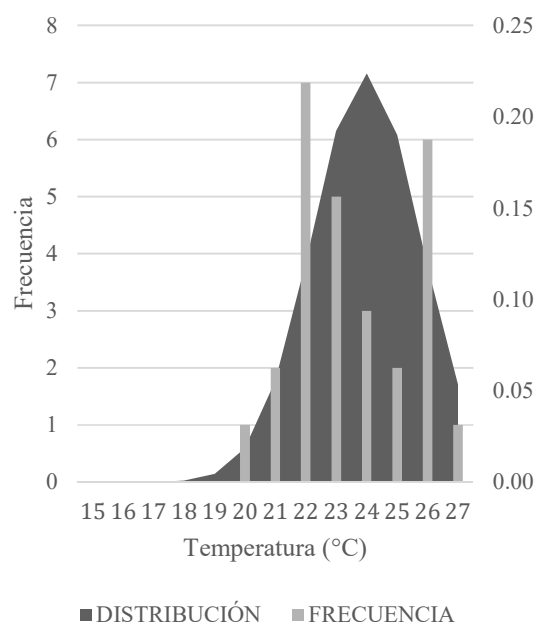


Fig. 3. Curva de distribución de temperatura del maíz.

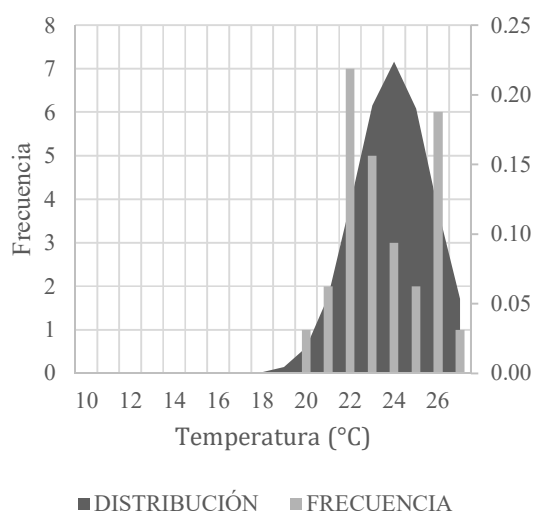


Fig. 4. Curva de distribución de temperatura del sorgo.

Finalmente, en la Fig. 5, podemos observar que el promedio se encuentra bajo la curva, y nuestro rango de temperaturas entra también en ella ya que tenemos recomendación entre 5°C y 30°C para la avena.

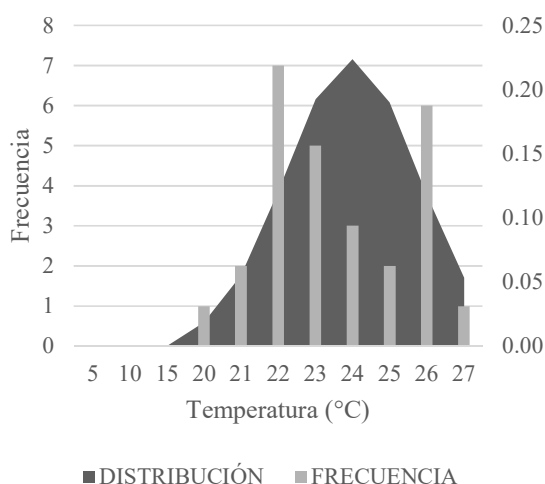


Fig. 5. Curva de distribución de temperatura de la avena.

Se determinaron realizar estas graficas para poder ver el comportamiento de nuestra temperatura, tomándola esta como variable principal de las tres que nos proporciona la estación, ya que esta se relaciona con precipitaciones, derivado que, de los resultados obtenidos, podemos comparar que, entre menos precipitaciones, mayor es la temperatura, y entre menos humedad, más impacto tiene esta en el ambiente y en los cultivos. Por lo tanto, fue la variable que tomamos para determinar la selección de nuestros cultivos.

Una vez analizada la variable principal encontramos que, de los 3 cultivos sugeridos, solo dos entran dentro de las condiciones climáticas de temperatura recomendadas para tener un mejor crecimiento de cultivo, dichas plantas son el maíz y la avena.

TABLA XII
COMPARATIVA DE PROMEDIOS.

<i>Relación-resultados</i>				
<i>Planta</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Humedad</i>	<i>Temperatura promedio</i>	<i>Humedad promedio</i>
<i>Maíz</i>	19	22.5	23.9815	58.677
<i>Sorgo</i>	12.5	22.5	23.9815	58.677
<i>Avena</i>	17.5	67.5	23.9815	58.677

Como puede observarse en la Tabla XII, se realizó una comparativa de promedios, con los promedios obtenidos de la estación, y el promedio entre máximos y mínimos reales que necesita la planta para tener una condición óptima de crecimiento.

Una vez analizado todo esto podemos determinar que la planta seleccionada óptima por las condiciones reales de la zona Noroeste de Calvillo comparadas con las condiciones recomendadas de cada planta son el maíz y la avena. Esto derivado del consecuente cambio climático considerando los siguientes factores:

- Falta de precipitación, lo que evita tener un riego natural por el buen temporal.
- Aumento en las temperaturas ocasionado por la falta de precipitación.
- Baja de humedad también ocasionada por la falta de lluvias.
- Ser una zona de alta producción de maíz y avena forrajera.

E. Optimización continua

Para tener una optimización continua, debemos de estar analizando los datos arrojados por la estación meteorológica Refugio Santo Cristo 2, y de esta manera tener más recolección de datos, ya que el objetivo de realizar esta investigación es diseñar un sistema de riego automatizado para exteriores e interiores, lo que esto facilita poder tener un control de riegos para mejorar cada uno de los cultivos. El analizar más periodos del año, nos va a arrojar resultados donde podremos observar ahora en que temporada del año es mejor realizar la siembra de cada una de las plantas. Para de esta manera estar optimizando el análisis de datos recolectados. La implementación de una arquitectura será fundamental para su desarrollo, la idónea para los datos que estamos manejando y lo que se quiere hacer a futuro es la arquitectura Lambda, la cual consta de cuatro componentes principales, captura de datos, capa de velocidad, capa de almacenamiento y la capa de consulta, con esta estructura podremos optimizar los datos adquiridos en la estación para tener un mejor análisis y procesamiento de estos [8].

IV. CONCLUSIÓN

Podemos llegar a la conclusión, que la selección de plantas de cultivo es acorde a la zona Noroeste de Calvillo, ya que esta es de las zonas más secas y con más altas temperaturas.

Además de que con esta primera etapa de investigación pudimos recolectar la suficiente información para determinar que el maíz y la avena son plantas adecuadas a la zona,

contemplando solo la variable de temperatura, ya que propicia a que esta pueda tener un crecimiento adecuado, sin considerar el riego o las precipitaciones.

Estos dos últimos factores son los que queremos tener un mayor control al momento de realizar el prototipo del sistema automatizado de riego, que además de contar con el hardware adecuado, contará con un software inteligente para poder analizar estos datos con mayor precisión.

Esta etapa ha sido de gran importancia para poder conocer las plantas, las condiciones de la Zona y poder analizar los datos especificados, con el principal objetivo de poder generar un cambio en la forma de cultivar, generando un ahorro y también dando un aporte a el cambio climático buscando generar ahorro de agua e ir eliminando la huella ambiental

REFERENCIAS

- [1] Fundación de la Innovación Bankinter. (2011). El internet de las cosas: En un mundo conectado de objetos inteligentes. Recuperado de: https://www.fundacionbankinter.org/wp-content/uploads/2021/09/Publicacion-PDF-ES-FTF_IOT.pdf (fecha de consulta: 23 de noviembre de 2023)
- [2] Quiroga-Montoya, E. A., Jaramillo-Colorado, S. F., Campo-Muñoz, W. Y., & Chanchí-Golondrino, G. E. (2017). Propuesta de una arquitectura para agricultura de precisión soportada en IoT. *RISTI*, 24, 39-56. <https://doi.org/10.17013/risti.24.39-56>
- [3] Siqueiros-Delgado, M. E., Rodríguez-Avalos, J. A., Martínez-Ramírez, J., & Sierra-Muñoz, J. C. (2016). Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, 94(3), 455–470. <https://doi.org/10.17129/botsci.466>
- [4] Secretaría de Agricultura y de Desarrollo Rural. (2020). Aguascalientes un territorio pequeño, pero muy productivo. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/aguascalientes-un-territorio-pequeno-pero-muy-productivo>
- [5] Secretaría de Agricultura y de Desarrollo Rural. (2018). Aptitud agroclimática del maíz en México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/documentos/aptitud-agroclimatica-de-mexico-109770> (fecha de consulta: 3 de julio de 2023).
- [6] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). Sorgo grano mexicano. Planeación agrícola nacional. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256433/B_sicoSorgo_Grano.pdf (fecha de consulta: 3 de julio de 2023).
- [7] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). Avena forrajera mexicana. Planeación agrícola nacional. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256424/B_sico-Avena.pdf (fecha de consulta: 3 de julio de 2023).
- [8] Kumar, Y. (2020). Lambda Architecture – Realtime data Processing. Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3513624>