









# Uso de tecnologías digitales para riego doméstico

## *Use of digital technologies for domestic irrigation*

-  **Zaira Margarita Pérez-Medina** es estudiante de la División de Ingeniería Industrial del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México).
-  **Valeria Guadalupe Ibáñez-Medina** es estudiante de la División de Ingeniería Industrial del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México).
-  **Itzel Estefanía Martínez-Lara** es estudiante de la División de Ingeniería Industrial del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México).
-  **Heather Samanta Narváez-Lara** es estudiante de la División de Ingeniería Industrial del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México).
-  **Martha Paola Gámez-Vázquez** es estudiante de la División de Ingeniería Industrial del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México).
-  **Josué Eduardo Badillo-Martínez** es estudiante de la División de Ingeniería en Mecatrónica del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México)
-  **Brian David Ávalos-Gutiérrez** es estudiante de la División de Ingeniería en Mecatrónica del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México)
-  **María Lisseth Flores-Cedillo** es docente de la División de Ingeniería Industrial del TecNM/ITS de San Luis Potosí, Capital (México) ([maria.fc@slpotosicapital.tecnm.mx](mailto:maria.fc@slpotosicapital.tecnm.mx)) (<https://orcid.org/0000-0002-2693-6734>), Doctora

**Resumen:** El objetivo de este trabajo surgió por dos aspectos importantes de actualidad, el primero de ellos, es la escasez de agua para el riego de las plantas domésticas al optimizar el uso de la cantidad de agua y el segundo para poder simplificar la activación del sistema de riego desde una aplicación móvil. El prototipo desarrollado contenía un sensor de humedad para detectar en qué momento las plantas requieren ser regadas y la cantidad de agua necesaria la cual se irrigará a través de una bomba, el sistema es controlado mediante una aplicación móvil o por medio de una conexión bluetooth activados con un Arduino® y se probó a nivel escala en una maqueta con plantas domésticas demostrando una eficiencia del 90 % al permitir controlar en las plantas las variables de temperatura y humedad.

**Palabras clave:** Sistema de riego, plantas de ornato, riego doméstico, Arduino®, customización.

**Abstract:** The objective of this work arose from two important current aspects, the first of which is the scarcity of water for irrigation of domestic plants by optimizing the use of the amount of water and the second to be able to simplify the activation of the system. irrigation from a mobile application. The developed prototype contained a humidity sensor to detect when the plants need to be watered and the necessary amount of water which will be irrigated through a pump. The system is controlled through a mobile application or through an activated Bluetooth connection with an Arduino® and was tested at a scalar level in a model with domestic plants, demonstrating an efficiency of 90 % by allowing temperature and humidity variables to be controlled in the plants.

**Keywords:** Irrigation system, ornamental plants, domestic irrigation, Arduino®, customization.

**Cómo citar:** Pérez-Medina, Z.M., Ibáñez-Medina, V.G., Martínez-Lara, I.E., Narváez-Lara, H.S., Martínez-Cruz, A.D.J., Ríos-Martínez, N. y Flores-Cedillo, M.L. (2023). Uso de tecnologías digitales para el riego doméstico. *Tecnología, Ciencia y Estudios Organizacionales*, 5(9), pp. 56-66. <https://doi.org/10.56913/teceo.5.9.56-66>

Recibido: 15-03-2023 | Revisado: 16-08-2023 | Aprobado: 16-08-2023 | Publicado: 31-12-2023



## Introducción

La escasez de agua en México es un tema preocupante para todos debido a la gran cantidad de demanda para uso doméstico e industrial (Silva et al., 2010), generando que el agua requerida para riego sea más reducida, por lo que es necesario su uso responsable y eficiente, aunado a que la agricultura representa el mayor consumidor de agua para llevar a cabo sus actividades de manera óptima (Castro Popoca et al., 2008). La sequía es un fenómeno ambiental que han intensificado y producido la escasez de agua que actualmente viven las grandes ciudades (Esparza, 2014).

En América Latina la disponibilidad de agua por habitante ha disminuido en un 22 % en los últimos 20 años y los agricultores se enfrentan a sequías que amenazan los cultivos y ponen en riesgo la supervivencia (ONU, 2020). La inestabilidad climática, la desigualdad en el acceso al recurso, el impacto de la contaminación, la degradación de ecosistemas, la sobreexplotación y la reciente pandemia por la COVID-19, perturban la disponibilidad de agua para agricultura, hidroenergía, minería, turismo y el consumo humano y saneamiento (Saravia Matus et al., 2022).

México tiene un total aproximado al 0.1 % del agua dulce a nivel mundial, lo que lo cataloga como un país con baja disponibilidad de agua (Olvera-Salgado et al., 2014). El agua es un recurso vital para todas las formas de vida y cada día está más escaso en forma saludable por causa de múltiples factores asociados al crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización (Mendoza-Retana et al., 2021), asimismo con procesos de centralización, descentralización y fragmentación territorial y política resultantes de la crisis económica (Jabardo Pereda & Padilla y Sotelo, 2016).

Es vital desarrollar técnicas que permitan el aprovechamiento del agua en un sistema de riego para administrarla de manera eficiente (Rolland & Vega Cárdenas, 2017), con el apoyo de recursos tecnológicos disponibles que además promueven la sustentabilidad (Guijarro-Rodríguez et al., 2018) teniendo conocimiento sobre la cantidad de agua apropiada para cada tipo de planta (Vence, 2008).

Una tecnología que ha demostrado ser un aliado para el control de los sistemas de riego de manera remota debido a la tecnología diseñada para dispositivos móviles son las aplicaciones móviles programadas con lenguaje Arduino® que son capaces de enviar una señal al dispositivo de manera automática (Artero, 2013) permitiendo visualizar e identificar la temperatura y humedad que tendrá la planta (Jarma Orozco et al., 2012).

La aplicación del control automático en la distribución de agua en los canales de riego ha aumentado significativamente y representa un campo de investigación de gran interés en el ámbito internacional por lo que es necesario lograr un control automático efectivo de la distribución de agua en los canales de riego (Hernández-López et al., 2020). El tecnificar el riego no implica tener altas eficiencias si los sistemas no se operan adecuadamente bajo las premisas de su diseño (Román López et al., 2005).

## Materiales y Métodos

Este proyecto experimental está diseñado para un sistema de riego doméstico activado y monitoreado a través de una aplicación móvil descargado en un teléfono inteligente que contiene un sensor de humedad, un sensor de temperatura, una tarjeta Arduino® y otros elementos.



### Elección de planta de ornato.



La planta de ornato seleccionada para el estudio se muestra en la Figura 1 y es la “Corona de Cristo” debido a que es una de las plantas mayormente presentes en las casas habitación (ver Tabla 1).




**Figura 1.** Corona de Cristo para el estudio del sistema de riego.




**Tabla 1.** Plantas ornamentales más comunes presentes en casas habitación.

Plantas ornamentales				
Nombre	Características del suelo y espacio	Tamaño	Riego o humedad	Fuente
Adiantum capillus-veneris o culantrillo de pozo.  Fuente: (Arredondo Gómez et al., 2012).	Suelo con materia orgánica.	Es un tipo de planta de helechos con hojas finas, su tamaño por lo regular es de 50 cm.	Requiere de humedad constante y es una planta de sombra.	(Arredondo Gómez et al., 2012).
Allamanda cathartica, alamanda o trompeta de oro.  Fuente: (+25 plantas ornamentales, 2011).	Requiere de media sombra y sol, necesita de un suelo no muy mojado.	Alcanza 3 m de altura cuando se utilizan tutores y se expande 2 m.	Riego dos veces por semana durante el verano.	(Allamanda cathartica   Revista de Flores, Plantas, Jardinería, Paisajismo y Medio ambiente, 2015).

<p>Anthurium schzerianum, anturio, capotillo o calas.</p>  <p>Fuente: (+25 plantas ornamentales, 2011).</p>	<p>Requiere de sombra o media sombra, no resiste los rayos directos del sol, ni los descensos bruscos de temperatura, necesita un suelos bien aireados y drenados, con un pH óptimo en 5.7.</p>	<p>Pueden llegar a medir hasta 0.7 m de altura hay de diferentes colores.</p>	<p>Riego es en verano unas 3 veces a la semana, en invierno 1 vez por semana.</p>	<p>(«Anthurium o anturios o calas», 2009).</p>
<p>Bougainvillea spp o bugambilia.</p>  <p>Fuente: (Ornamental   Biodiversidad Mexicana, 2020).</p>	<p>Planta de sol. Resiste todos los climas, especialmente los cálidos y secos. Requiere de suelos o sustratos fértiles.</p>	<p>El tronco y las ramas tienen espinas con hojas elípticas de 13 cm de longitud, con la base muy grande y el ápice agudo. Esta planta alcanza 8 m, produce toda gama de colores en sus hojas.</p>	<p>Riego abundante en verano cada 3 días y más poco durante el invierno, no tolera demasiada humedad.</p>	<p>(Las bugambilias formas y usos. Jardines sin fronteras, 2018).</p>
<p>Floripondio o brugamsia aurea</p>  <p>Fuente: (Ornamental   Biodiversidad Mexicana, 2020).</p>	<p>Florece durante todo el año, menos en la primavera. Florea en ciclos de 6 semanas con sol o sombra, protegido del viento.</p>	<p>Es un arbusto de hoja perenne con flores en forma de trompeta huelen sobre todo durante la noche. Puede alcanzar 5 m de altura y 2 m de ancho.</p>	<p>El riego debe ser durante su crecimiento y la floración.</p>	<p>(Floripondio o Estramonio Ciudades de La Brugmansia o Datura, 2021).</p>
<p>Calathea crocata o calatea</p>  <p>Fuente: (10 plantas ornamentales ideales para el otoño, 2018).</p>	<p>Es una planta de sombra el sol directo decolora las hojas, les hacen daño los cambios bruscos de temperatura o las corrientes de aire, la temperatura ideal es de 18-24 °C y la temperatura mínima es de 5-9 °C. En el suelo necesita un drenaje perfecto.</p>	<p>Se caracteriza por ser un arbusto de follaje ornamental con pequeñas flores blancas. Tamaño de hasta 50 cm de altura.</p>	<p>Riego de 2 ó 3 veces por semana en verano y una en invierno, mojar las hojas frecuentemente, es una planta para un clima húmedo.</p>	<p>(Calatea o calatea, 2011).</p>

<p>Chlorophytum comosum, mala madre</p>  <p>o listón</p> <p>Fuente: (10 plantas ornamentales ideales para el otoño, 2018).</p>	<p>Es una planta de media sombra, resiste heladas no inferiores a -2 °C y de corta duración. Suelo o con buen drenaje, de hoja enterrada. Toleran la sequía y no mueren si se olvida el riego, ya que la almacenan agua en las raíces.</p>	<p>Esta planta crece formando una roseta central posee hojas angostas y largas de 20 a 40 cm de longitud y 5 a 20 mm de ancho. Miden alrededor de 50 cm de altura. Se caracterizan por su principal característica que son flores pequeñas, blancas y esparcidas en panículas.</p>	<p>Riego de 2 ó 3 veces por semana en verano y 1 en invierno.</p>	<p>(Chlorophytum - Información sobre la planta - Propiedades y cultivo, 2011).</p>
<p>Codiaeum variegatum o crotón</p>  <p>Fuente: (Croton Codiaeum, Información sobre la planta Propiedades y cultivo, 2013).</p>	<p>Planta de media sombra o con iluminación intensa para mantener vivos los colores.</p>	<p>Arbusto siempre verde de tamaño alcanza 6 m de altura. Floración tiene flores pequeñas, rojas, violetas o blancas, más o menos muy llamativas.</p>	<p>Planta de media sombra o con iluminación intensa para mantener vivos los colores. Se recomienda el riego de 2 ó 3 veces por semana en primavera y verano y cada 4 ó 5 días en invierno</p>	<p>(Croton Codiaeum, Información sobre la planta Propiedades y cultivo, 2013).</p>
<p>Euphorbia milii var. Splendens o conocida como corona de Cristo</p>  <p>Fuente: («Plantas Ornamentales para decorar tu Casa y Jardín ¡Te encantarán!», 2014).</p>	<p>Son muy vistosas las brácteas (no confundir con las flores que son diminutas, envueltas por las brácteas) de tonos naranja, rojo o amarillo. En invierno pierde casi todas las hojas. Es una planta de sol, pero prefiere media sombra, aunque florece muy poco o nada. No tolera el frío.</p>	<p>Corona de Cristo es una planta con arbusto con flores y espinas, hojas de forma espatulada, verdes en ambas caras y con una espina en su base de implantación al tallo. Llegan a medir por lo regular 120 cm de altura.</p>	<p>Se debe de regar aproximadamente una vez a la semana, no necesita grandes cantidades de agua cuando las condiciones ambientales son cálidas, pero en los calurosos días de verano necesitan tanta agua como cualquier otra planta.</p>	<p>(La euphorbia milii o espina de cristo, una planta con flor todo el año - Bricomanía, 2018).</p>

<p>Kalanchoe blossfeldiana o llamadas como brujitas.</p>  <p>Fuente: («Plantas Ornamentales para decorar tu Casa y Jardín ¡Te encantarán!», 2014).</p>	<p>Esta plantita debe de tener sombra o media sombra.</p>	<p>Suculenta que alcanza 40 cm de altura por 20 cm de ancho con brillantes hojas carnosas de color verde oscuro. Se caracterizan por ser de corto tallo sin hojas que nace de las axilas de las hojas, al final de este tallo surgen en forma de racimo numerosas flores con 4 pétalos de unos 4 mm de diámetro, éstas pueden ser rojas, purpúreas, anaranjadas, amarillas, blancas.</p>	<p>Riego como la mayoría de las plantas, es muy sensible al exceso de agua y la causa de pudrición de la base.</p>	<p>(Kalanchoe: descripción y cuidados - Jardinatis, 2021).</p>
---	---	--	--	--

### Maqueta para pruebas funcionales

Para realizar las pruebas funcionales del sistema de riego, se procedió a realizar a escala un modelo de casa habitación a manera de maqueta mostrado en la Figura 2.

**Figura 2.** Maqueta para pruebas del sistema de riego.



En la Figura 3 se presenta la interfaz del programa en el que se explica cada variable considerada para eficientizar el sistema de riego.

**Figura 3.** Interfaz del programa del sistema de riego.



## Resultados

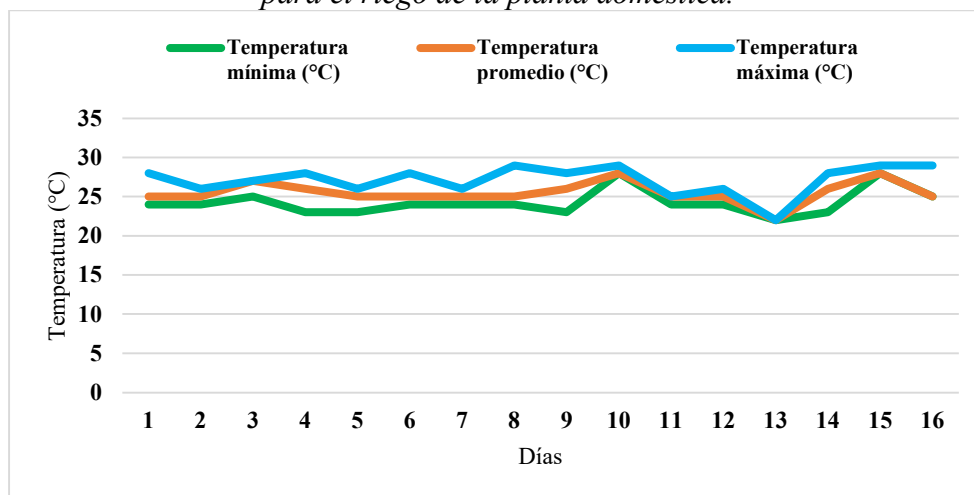
En la Tabla 2 se muestran las lecturas de humedad como la máxima, mínima y promedio por 16 días. La bomba suministró de forma uniforme el agua a la planta en un intervalo que iba desde los 14 a los 28 segundos dependiendo de la humedad requerida por la planta.

**Tabla 2.** Lecturas de temperaturas y cantidad de agua de riego.

Día	Sensor de Temperatura			Sensor de Humedad	Bomba de agua	
	Temperatura mínima (°C)	Temperatura promedio (°C)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa (%)	Tiempo de riego (min)	Cantidad de agua (ml)
1	24	25	28	55	22	25
2	24	25	26	82		
3	25	27	27	72		
4	23	26	28	75		
5	23	25	26	59	25	28
6	24	25	28	88		
7	24	25	26	55	23	24
8	24	25	29	91		
9	23	26	28	75		
10	28	28	29	54	20	20
11	24	25	25	90		
12	24	25	26	82		
13	22	22	22	72		
14	23	26	28	75		
15	28	28	29	56	26	30
16	25	25	29	89		

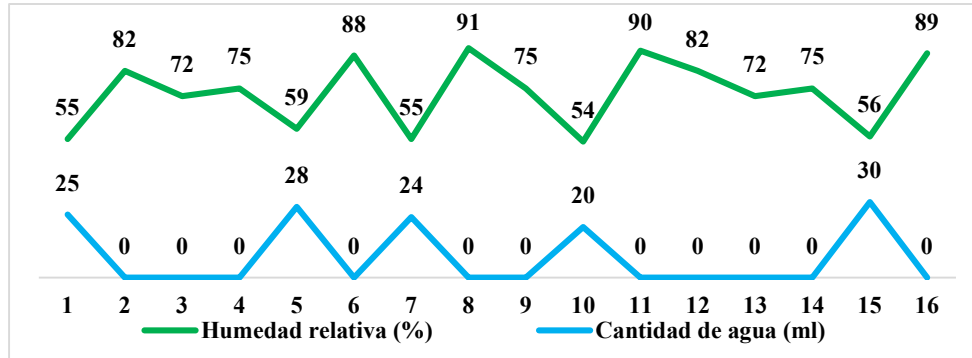
En la Figura 4 se presenta el comportamiento de la temperatura (máxima, promedio y mínima) tomadas por 14 días para el riego de plantas domésticas, en el eje “y” se muestran los grados de temperatura (°C) y en el eje “x” se presentan los días en los que se tomaron las temperaturas.

**Figura 4.** Gráfica comparativa de temperaturas para el riego de la planta doméstica.



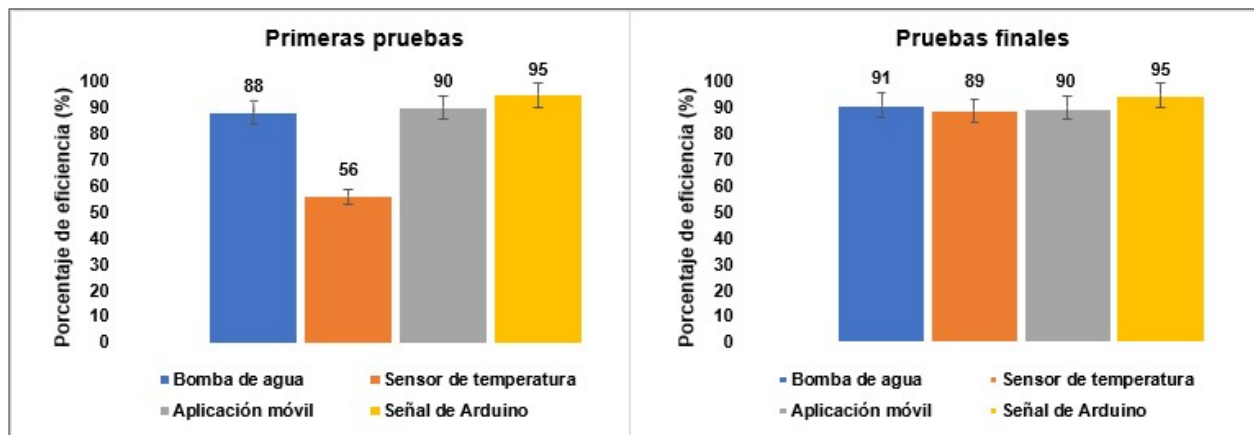
En la Figura 5 se muestra el gráfico de la humedad relativa (%) tomadas por 16 días en las plantas domésticas, así como la cantidad de agua que se requirió en cada riego (ml).

**Figura 5.** Nivel de humedad relativa (%) y cantidad de agua para el riego (ml) durante 16 días.



Del total de pruebas realizadas a la bomba de agua, se tuvo una eficiencia del 91 %, lo que espera mejorarse al ajustar las conexiones. En las pruebas con el sensor de temperatura se modificó en un par de ocasiones mejorando la eficiencia del 56 al 89 %. La app al inicio tuvo una eficiencia del 69 % y al ajustar la conexión bluetooth se mejoró en un 90 %, se consideraron ajustes en la conexión bluetooth. El control del Arduino® logró un 95 % de eficiencia al reiniciar los ajustes de configuración de los dispositivos móviles desde los que se probó el sistema de riego como se muestra en la Figura 6 izquierda sobre los resultados de las primeras pruebas y a la derecha de las pruebas finales realizadas.

**Figura 6.** Gráficas de resultados de pruebas de funcionalidad: izquierda) primeras pruebas realizadas y derecha) pruebas finales.



### Conclusiones

Las pruebas funcionales lograron una eficiencia del 90 % en su conjunto, permitiendo controlar el riego de las plantas de manera confiable configurando y manteniendo en cada planta el nivel de humedad de manera customizada y activando la bomba para abastecer de agua en el momento requerido controlado mediante una app desde un dispositivo móvil o con conectividad bluetooth. Durante 16 días se mantuvo el sistema funcionando correctamente, irrigando la cantidad de agua programada y con la frecuencia requerida para el tipo y de planta doméstica seleccionada. Este

sistema de riego se elaboró mediante un prototipo para primeras pruebas con una maqueta de tamaño escala en la que se comprobó su funcionalidad en las plantas domésticas seleccionadas, pretendiendo escalar este sistema para sistemas de riego mayores evitando desperdicios de agua. La ciencia y la tecnología tienen el reto de desarrollar e implementar soluciones más efectivas para los sistemas de riego para dar respuesta a la creciente demanda de agua de la agricultura, la industria y de la sociedad en general.

### Referencias

- +25 plantas ornamentales: Qué son, tipos, nombres, imágenes y vídeos. (2011). <https://www.ecologiaverde.com/plantas-ornamentales-que-son-tipos-nombres-e-imagenes-2642.html>
- 10 plantas ornamentales ideales para el otoño. (2018). Blog de paisajismo sigital. <https://paisajismodigital.com/blog/10-plantas-ornamentales-ideales-para-el-otono/>
- Allamanda cathartica | Revista de Flores, Plantas, Jardinería, Paisajismo y Medio ambiente. (2015). <https://www.floresyplantas.net/allamanda-cathartica/>
- Anthurium o anturios o calas. (2009). Anthurium o anturios o calas. <https://comocuidarmisplantas.blogspot.com/2009/01/anthurium-o-anturios-o-calas.html>
- Arredondo Gómez, A., Ávila Ayala, R., & Muñoz Gutiérrez, L. (2012). Fichas descriptivas de 52 plantas ornamentales que se comercializan en San Luis Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Artero, Ó. T. (2013). ARDUINO. Curso práctico de formación. RC Libros.
- Calatea o calathea: Características y cuidados - Jardinatis. (2011). <https://www.hogarmania.com/jardineria/fichas/plantas/calatea-calathea-rufibarba-12747.html>
- Castro Popoca, M., Águila Marín, F. M., Quevedo Nolasco, A., Kleisinger, S., Tijerina Chávez, L., & Mejía Sáenz, E. (2008). Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. *Agricultura técnica en México*, 34(4), 459-470.
- Chlorophytum—Información sobre la planta—Propiedades y cultivo. (2011). [https://www.elicriso.it/es/como\\_cultivar/chlorophytum/](https://www.elicriso.it/es/como_cultivar/chlorophytum/)
- Croton Codiaeum, Información sobre la planta Propiedades y cultivo. (2013). [https://www.elicriso.it/es/como\\_cultivar/croton/](https://www.elicriso.it/es/como_cultivar/croton/)
- Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, 89, 193-219.
- Floripondio o Estramonio ciudades de La Brugmansia o Datura. (2021). <https://jardineriaplantasyflores.com/fichas/brugmansia-datura-floripondio/>
- Guijarro-Rodríguez, A. A., Torres, L. J. C., Preciado-Maila, D. K., & Manzur, B. N. Z. (2018). Sistema de riego automatizado con arduino.
- Hernández-López, Y., Rivas-Pérez, R., & Feliu-Batlle, V. (2020). Control automático de la distribución de agua en sistemas de riego: Revisión y retos. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(2), 80-97.

- Jabardo Pereda, V., & Padilla y Sotelo, L. S. (2016). La escasez de agua en la Huasteca Potosina (México): Conflictos locales. *Revista Universitaria de Geografía*, 25(2), 133-165.
- Jarma Orozco, A., Cardona Ayala, C., & Araméndiz Tatis, H. (2012). Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: Una revisión. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/803>
- Kalanchoe: Descripción y cuidados—Jardinatis. (2021). <https://www.hogarmania.com/jardinaria/fichas/plantas/kalanchoe-14938.html>
- La euphorbia milii o espina de cristo, una planta con flor todo el año—Bricomanía. (2018). <https://www.hogarmania.com/jardinaria/fichas/arbustos/euphorbia-milii-espina-cristo-planta-40356.html>
- Las bugambilias formas y usos. Jardines sin fronteras. (2018). <https://jardinessinfronteras.com/2018/01/19/las-bouganvilleas-especies-hibridos-formas-y-usos/>
- Mendoza-Retana, S. S., Cervantes-Vázquez, M. G., Valenzuela-García, A. A., Guzmán-Silos, T. L., Orona-Castillo, I., & Cervantes-Vázquez, T. J. Á. (2021). Uso potencial de las aguas residuales en la agricultura | *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2789>
- Olvera-Salgado, M. D., Bahena-Delgado, G., Alpuche Garcés, Ó., & García Matías, F. (2014). La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos. Estudio de caso en Chihuahua, México. *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 23. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.AyD18-35.trea>
- ONU. (2020). El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>
- Ornamental | Biodiversidad Mexicana. (2020).
- Plantas Ornamentales para decorar tu Casa y Jardín ¡Te encantarán! (2014). *Ornamentalis Plantas, Flores, Jardinería y Viveros*.
- Rolland, L., & Vega Cárdenas, T. (2017, septiembre 9). La gestión del agua en México. Scielo. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-23332010000200006&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-23332010000200006&script=sci_arttext)
- Román López, A., Mendoza Moreno, F., Inzunza Ibarra, M. A., Sánchez Cohen, I., & Rodríguez Carranza, A. (2005). Evaluación de Sistemas de Riego Presurizado (17; Folleto Científico, p. 31). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Saravia Matus, S., Gil Sevilla, M., Sarmanto, N., Blanco, E., Llavona, A., & Naranjo, L. (2022). Brechas, desafíos y oportunidades en materia de agua y género en América Latina y el Caribe. CEPAL.
- Silva, E., Ortiz, J. E., Murillo, C., Nava, G., Cárdenas, O., Peralta, A., Paredez, M., Piñeros, K., & Otálora, A. (2010). Estudio de caracterización de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua utilizada en la industria de alimentos, Colombia, 2007. *Biomédica*, 30(3), 421. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v30i3.276>
- Vence, L. B. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Ciencia del suelo*, 26(2), 105-114.