



QUALIFIED WATER EFFICIENT LANDSCAPER

MANUAL DE REFERENCIA

VERSIÓN: CALIFORNIA



INTRODUCCIÓN Y RECONOCIMIENTOS





LA ASOCIACIÓN SONOMA-MARIN PARA AHORRAR AGUA

Sonoma-Marin Saving Water Partnership (Partnership, Asociación Sonoma-Marin para Ahorrar Agua) es la entidad matriz de la Professional Certifying Organization (PCO, Organización Certificadora de Profesionales) para los jardineros certificados por el programa Qualified Water Efficient Landscaper (QWEL, Jardineros Calificados en el Uso Eficiente del Agua) la cual es una certificación profesional en sistemas de riego y auditorías del agua.

La Asociación representa a 12 agencias de servicio del agua en los condados de Sonoma y Marin las cuales se han unido para brindar soluciones regionales para el uso eficiente del agua. Las agencias de servicio del agua incluyen a las ciudades de Santa Rosa, Rohnert Park, Petaluma, Healdsburg, Sonoma, Cotati; el norte de Marin, los Distritos del Agua Valley of the Moon y Marin Municipal Water; el pueblo de Windsor, California American Water - Larkfield District, y la Agencia del Agua del Condado de Sonoma (a todos ellos les llamamos Socios). Cada uno de los Socios tiene programas para la conservación del agua que pueden ayudar a sus clientes a reducir su uso del agua. La Asociación se formó para identificar y recomendar la implementación de proyectos para el uso eficiente del agua y para aprovechar al máximo la efectividad de los costos de los programas del uso eficiente del agua en nuestra región.

La Asociación ha recibido reconocimiento a nivel nacional del programa U.S. Environmental Protection Agency WaterSense (EPA WaterSense, de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos) con siete premios en cinco años por sus esfuerzos continuos para promover el uso eficiente del agua en nuestra región y muchas otras más.

Por tres años consecutivos (2014-16) la Asociación ha recibido el premio "Professional Certifying Partner of the Year" (Asociado Profesional Certificador del Año) por su trabajo en la educación de los profesionales de la jardinería con la etiqueta WaterSense a través de su programa de certificación profesional QWEL. En 2017 y 2018, la Asociación recibió "Sustained Excellence Award" (Premio por Continua Excelencia).



El programa QWEL se desarrolló en 2007 por Sonoma County Water Agency (Sonoma Water, Agencia del Agua del Condado de Sonoma) en asociación con varias organizaciones: California Landscape Contractors Association-North Coast Chapter (Asociación de Contratistas Jardineros de California-División de la Costa Norte), contratistas de mantenimiento de jardines locales, distribuidores locales del agua, y el ámbito académico. Desde el año 2007, el programa QWEL ha sido adoptado por más de 20 PCOs (Organizaciones Certificadoras de Profesionales) a través de los Estados Unidos.

DECLARACIÓN DE LA MISIÓN DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA LOS JARDINEROS CALIFICADOS EN EL USO EFICIENTE DEL AGUA

El entrenamiento para Jardineros Calificados en el Uso Eficiente del Agua ofrece una estrategia económica y dinámica para reducir las demandas locales del agua. QWEL provee el conocimiento sobre las prácticas de jardinería ecológica y eficiente en el uso del agua, incluyendo la administración del agua y la conservación de recursos valiosos.

La certificación profesional en sistemas de riego y auditorías de sistemas de QWEL proveen a los jardineros profesionales con 20 horas de educación en los suministros locales del agua, jardinería sostenible, suelos, presupuestos y administración del agua, los componentes y el mantenimiento de sistemas de riego, auditorías de los sistemas de riego, y planificación y programación de los controladores (“relojes”) de riego. El programa QWEL está reconocido por EPA WaterSense como un Programa de Certificación Profesional para Auditorías de Sistemas de Riego.

El listado de los temas que cubre el plan de estudios QWEL incluyen:

1. De Dónde Proviene Nuestra Agua
 2. Jardinería Sostenible
 3. Suelos
 4. Agua para Jardines
 5. Sistemas de Riego
 6. Mantenimiento de Sistemas de Riego, Diagnóstico y Solución de Problemas
 7. Auditoría de Sistemas de Riego
 8. Programación y Horarios de Riego
 9. Controladores de Riego
 10. Ensamblando todos los Componentes
-

CONVIÉRTASE EN UN PROFESIONAL CERTIFICADO POR QWEL

Para poder convertirse en un profesional certificado por QWEL, deberá:

1. Pasar el examen QWEL (con un 75% o más)
 2. Completar una auditoría de un sistema de riego usando el formulario de auditoría QWEL.
 3. Mantener su certificación al participar en dos horas de educación continua (CEUs por sus iniciales en inglés) cada año.
-

Los entrenamientos QWEL son ofrecidos por varias Organizaciones Certificadoras Profesionales (PCOs por sus iniciales en inglés) en los Estados Unidos. Estas entidades ofrecen clases de entrenamiento con un instructor certificado, así como también la oportunidad de tomar el examen QWEL y conducir una auditoría de un sistema de riego. Visite el sitio de QWEL por internet para saber si ofrecen los entrenamientos en su área. Información para las organizaciones interesadas en convertirse en Organizaciones Profesionales Certificadoras del programa QWEL, visite: www.QWEL.net

CONDICIONES DE USO

El programa QWEL proporciona materiales educativos diseñados para facilitar un mejor entendimiento sobre la administración del agua en los jardines para la industria de la jardinería. El plan de estudios QWEL y su contenido no pueden ser alterados sin antes recibir la aprobación por escrito de la Junta Directiva del programa QWEL.

Si el plan de estudios QWEL es utilizado para obtener la certificación profesional QWEL, deberán enseñar el contenido del entrenamiento en su totalidad. Para más información sobre el programa QWEL, por favor visite el sitio QWEL en internet o contacte al Administrador del Programa QWEL.

Los materiales y el logotipo QWEL están protegidos bajo los derechos de autor y no pueden usarse sin la expresa autorización por escrito de la Junta Directiva del programa QWEL. Con su participación en el programa QWEL o con el uso del plan de estudios del programa QWEL, el/la participante o usuario, incluyendo cualquier solicitante o Entidad PCO, se comprometen a sí mismos y a su organización, a seguir y adherirse a los Reglamentos y Procedimientos del programa QWEL, y de indemnizar a Sonoma-Marin Saving Water Partnership (Partnership, Asociación Sonoma-Marin para Ahorrar Agua) y a Sonoma County Water Agency (Sonoma Water, Agencia del Agua del Condado de Sonoma) contra todos y cada uno de los reclamos, pérdidas, o daños a cualquier propiedad real o personal, responsabilidades y costos, incluyendo los costos de un abogado como resultado de su participación en el programa de entrenamiento QWEL.

©2008, 2012, 2018 Sonoma-Marin Saving Water Partnership

Administrador del Programa QWEL
Gregory Plumb
Sonoma County Water Agency
404 Aviation Blvd, Santa Rosa, CA 95403
Teléfono: 707.547.1933
www.QWEL.net

JUNTA DIRECTIVA DEL PROGRAMA QWEL

CO-PRESIDENTES

Carrie Pollard, Administradora del Programa para el Uso Eficiente del Agua, Sonoma County Water Agency
Peter Estournes, Vice Presidente/COO Gardenworks, Inc.

MIEMBROS EN GENERAL

Deb Lane, Analista de Recursos del Agua, City of Santa Rosa
Carlos Michelin, Especialista Principal de Recursos del Agua, San Diego County Water Authority
Chris McNairy, Administrador de Ventas para el Norte de California, Hunter Industries
Megan Allison, MiraCosta College, Oceanside, CA

RECONOCIMIENTOS POR EL PLAN DE ESTUDIO QWEL 2018

CONTRIBUYENTES

ADMINISTRADOR DEL PROGRAMA

Gregory Plumb, Especialista en el Uso Eficiente del Agua Sonoma County Water Agency

CONTRIBUYENTES A ESTA TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL

Ana Castillo-Williams, Traductora Principal

Juan-Carlos Solis, Revisión

Christopher Reamer, Revisión

REVISARON Y CONTRIBUYERON

Courtney Brown (Jordan Valley Water Conservancy District, UT), Brandon Burgess (Chino Basin Water Conservation District, CA), Peter Estournes (Gardenworks, Inc., CA), Susan Foley (UC Master Gardeners of Sonoma County, CA), Joel Grogan (Santa Rosa Junior College, CA), Betty Hylton (Mammoth Community Water District, CA), Scott Kleinrock (Chino Basin Water Conservation District, CA), Kelly Kopp (Utah State University, UT), Deb Lane (City of Santa Rosa, CA), Brian Lee (Sonoma County Water Agency, CA), Kris Loomis (Sonoma County Water Agency, CA), Chris McNairy (Hunter Industries, CA), Carlos Michelon (San Diego County Water Authority, CA), Robyn Navarra (Zone 7 Water Agency, CA), Carrie Pollard (Sonoma County Water Agency, CA), Lindsay Rogers (WaterNow Alliance, CA), Larry Rupp (Utah State University, UT), Candace Schaible (Utah State University, UT), Nicholas Schneider (Mojave Water, CA), Katelyn Scholte (San Bernardino Valley Water Conservation District, CA), Jana Vierola (San Diego County Water Authority, CA)

CONTRIBUYERON AL PLAN DE ESTUDIO QWEL ORIGINAL

Fernando Agudelo-Silva, Kimberly Bertotti, Charlene Burgi, Quin Ellis, Ali Davidson, Peter Estournes, Dave Iribarne, Dan Kahane, Dave Kaplow, Deb Lane, Daniel Muelrath, Dave Penry, Michael Smith, Jay Tripathi

IMAGENES Y DATOS

A & L Western Agricultural Laboratories, California Irrigation Management Information System, City of Santa Monica, City of Santa Rosa, EPA WaterSense, Growing Life, Hunter Industries Inc, Irrrometer Company, Inc, Irritrol, Metropolitan Water Company of Southern California, Netafim USA, Nibco, Orbit Irrigation Products, Inc., Rachio, Inc, Rain Bird Corporation, San Diego County Water Authority, Soil Quality Pty Ltd, The Toro Company, United States Department of Agriculture, United States Geological Survey, Utah State University, Water Research Foundation, Water Use Classification of Landscape Species, Watts, Zurn.

TABLA DE CONTENIDOS

Sección 1: DE DÓNDE PROVIENE NUESTRA AGUA	1-1
Sección 2: JARDINERÍA SOSTENIBLE	2-1
Sección 3: LOS SUELOS	3-1
Sección 4: AGUA PARA JARDINES Y ÁREAS VERDES	4-1
Sección 5: SISTEMAS DE RIEGO.....	5-1
Sección 6: MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO, DIAGNÓSTICO Y SOLUCIONES	6-1
Sección 7: AUDITORÍA DE SISTEMAS DE RIEGO	7-1
Sección 8: PROGRAMACIÓN Y HORARIOS DE RIEGO	8-1
Sección 9: CONTROLADORES DE RIEGO.....	9-1
Sección 10: PRACTIQUEMOS LO QUE HEMOS APRENDIDO.....	10-1
Apéndice: FORMULARIO DE EJERCICIO PARA LA AUDITORÍA DE RIEGO	A-1
HOJA DE FÓRMULAS PARA EL EXAMEN QWEL.....	A-7



Sección 1:
**DE DÓNDE PROVIENE
NUESTRA AGUA**





DE DÓNDE PROVIENE NUESTRA AGUA

Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender el ciclo del agua y el concepto de la cuenca hidrológica
2. Comprender el gran panorama del suministro de agua en California
3. Comprender las fuentes locales de suministro de agua
4. Comprender cómo usamos el agua
5. Estar bien informado sobre las leyes del agua en California
6. Estar bien informado sobre los programas para el uso eficiente del agua a nivel nacional y estatal
7. Estar bien informado sobre los programas para el uso eficiente del agua patrocinados por las agencias locales
8. Tener la capacidad de leer los medidores de agua, comprender sus usos, y efectuar una detección básica de fugas de agua

1 EL CICLO DEL AGUA Y LA CUENCA HIDROLÓGICA

1.1 El **ciclo del agua** (Figura 1-1) es esencial para comprender de dónde viene su agua y como se mueve el agua entre las superficies de la tierra, la atmósfera y los océanos..

- La **evaporación** ocurre cuando la energía del sol convierte el agua líquida que hay en la superficie de la tierra en vapor de agua, la cual entra en la atmósfera. El vapor de agua sale de las plantas en un proceso que se llama **transpiración**. Estos procesos juntos se llaman **evapotranspiración**.
- El vapor de agua en la atmósfera se enfría para crear nubes (**condensación**).
- El agua regresa a la tierra a través de la **precipitación** en forma de lluvia o nieve.
- El Agua:
 - **Se evapora** de las superficies.
 - **Transpira** de las plantas.
 - **Se infiltra** en el suelo.
 - **Recarga** los acuíferos (pozos superficiales y aguas subterráneas).
 - **Corre** hacia los arroyos, ríos y lagos.

Figura 1-1: El ciclo del agua

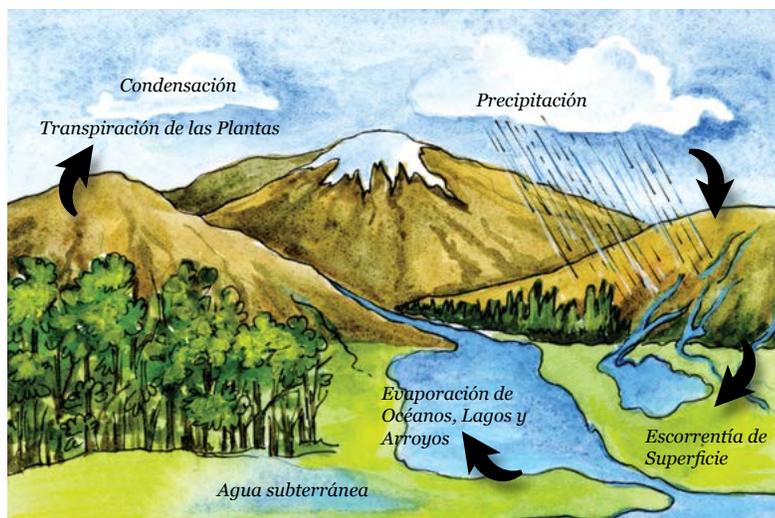
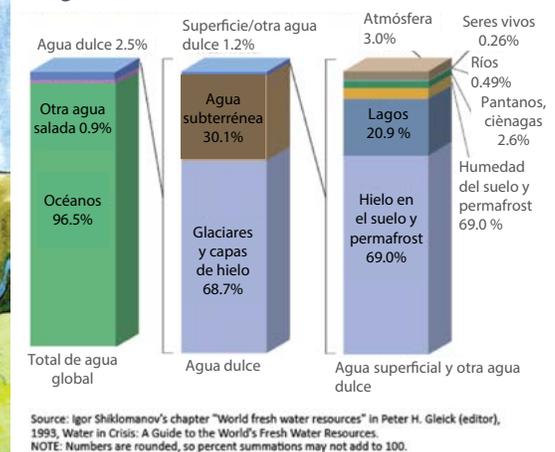


Figura 1-2: Distribución del agua en la tierra (imagen cortesía de USGS)

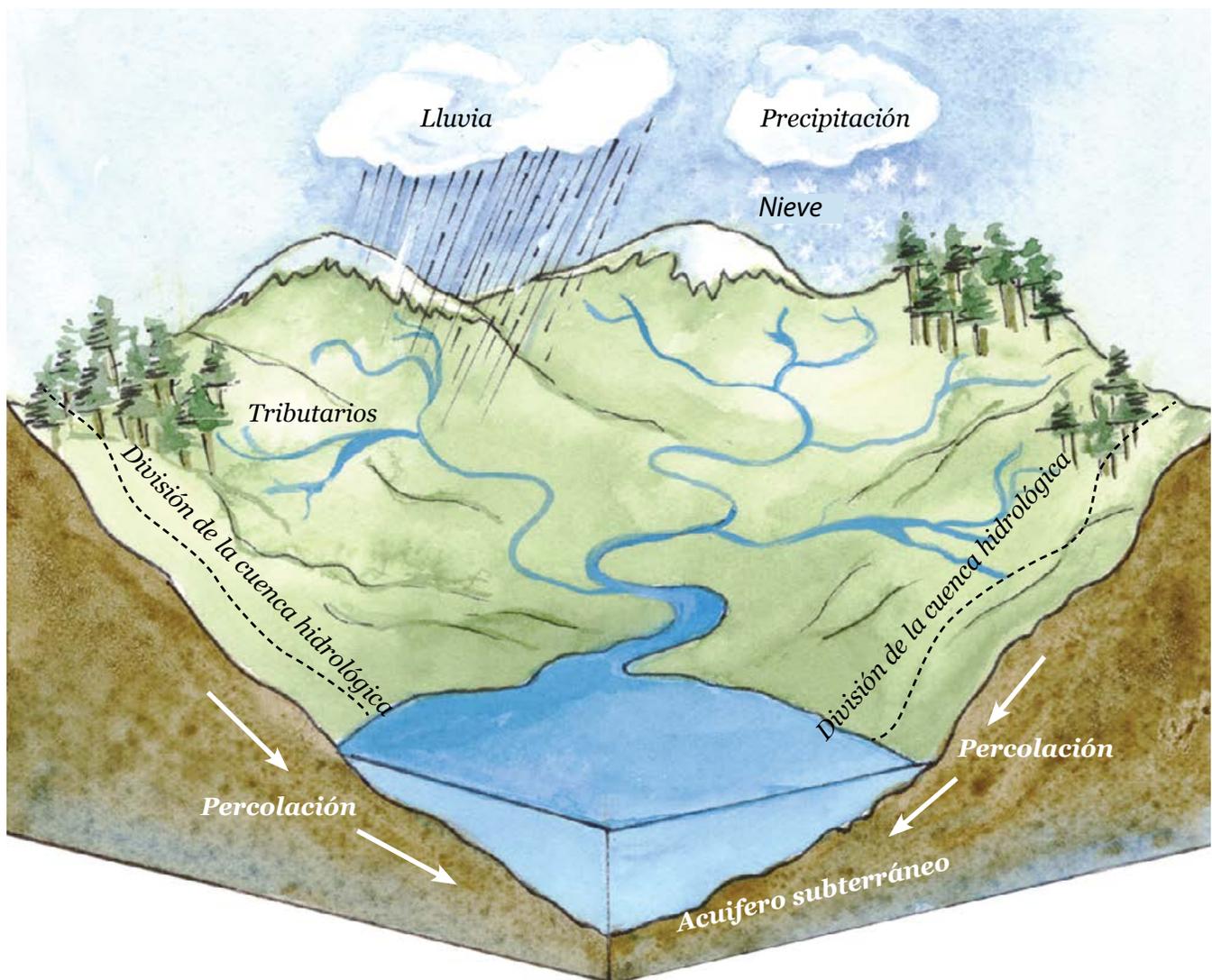


- La distribución de los suministros de agua en la tierra (Figura 1-2):¹
 - Más del 96% del agua en la tierra es agua salada (salina).
 - Más del 68% del agua dulce existe en forma de hielo y en glaciares.
 - 30% del agua dulce está debajo de la tierra.
 - Menos de un 0.3% del agua dulce se encuentra en lagos y ríos.

¹<https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>

- 1.2 Una **cuenca hidrológica** (Figura 1-3) abarca todo el terreno que recibe precipitación y que desagua en un solo cuerpo de agua como un arroyo, río, lago, o en el océano. Las cuencas hidrológicas con frecuencia son nombradas de acuerdo al cuerpo de agua en el que desembocan.
- Las cuencas hidrológicas determinan en donde fluye y en donde se infiltra el agua en el suelo.
 - El concepto de una cuenca hidrológica puede usarse para grandes áreas de terreno que están compuestas de otras subcuencas hidrológicas o puede enfocarse en un área tan pequeña como lo es el terreno de una residencia.
 - Las cuencas hidrológicas son importantes para el suministro del agua, para el manejo de aguas pluviales, la jardinería ecológica.

Figura 1-3: Cuenca Hidrológica



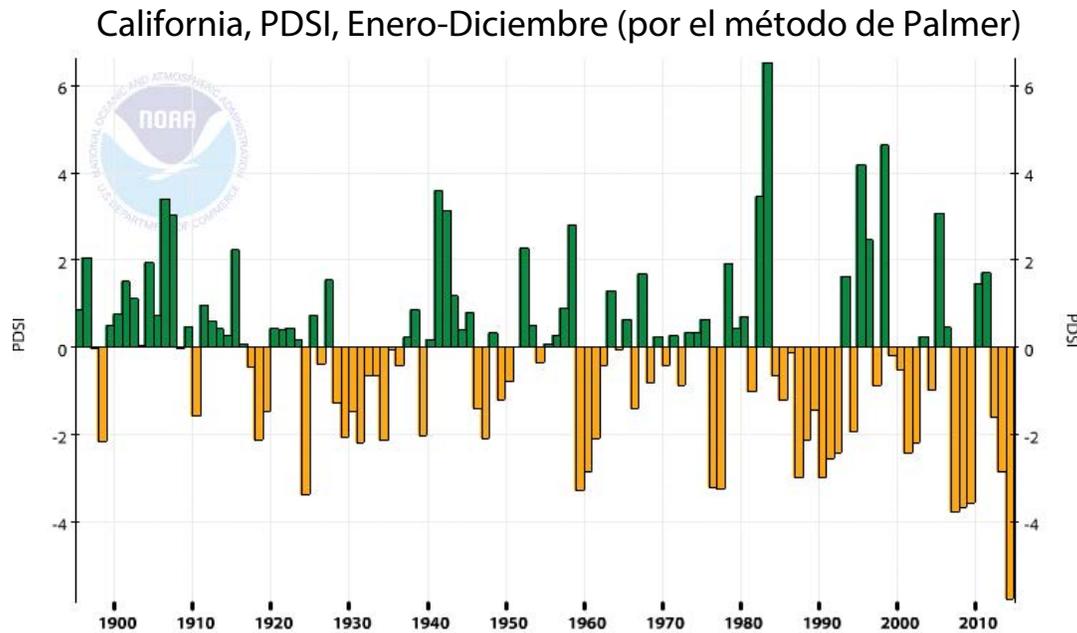
2 EL SUMINISTRO DE AGUA EN CALIFORNIA

2.1 En California contamos con la **nieve derretida** de las Sierras, el **agua de la lluvia** que fluye hacia las represas y el **agua subterránea**.

- La mayoría de la precipitación ocurre entre los meses de octubre y abril, pero la demanda de agua es mayor durante los meses de verano.

2.2 El clima de California es altamente variable y es propenso a tener ciclos con **períodos de sequía**, como se puede ver en las columnas anaranjadas de la Figura 1-4.

Figura 1-4: Palmer Drought Severity Index (PDSI, Índice de la Severidad de la Sequía Método de Palmer), 1985-2014



2.3 El continuo crecimiento de la **población** realza la importancia que tiene conservar el agua. Desde julio 2016, la **población** de California tenía más de **39 millones**² de personas. Se estima que California va a alcanzar los 50 millones de personas en el año 2055.³

- California tiene una población que está envejeciendo.
- Se estima que el continuo crecimiento de la población será debido a la migración hacia el estado.

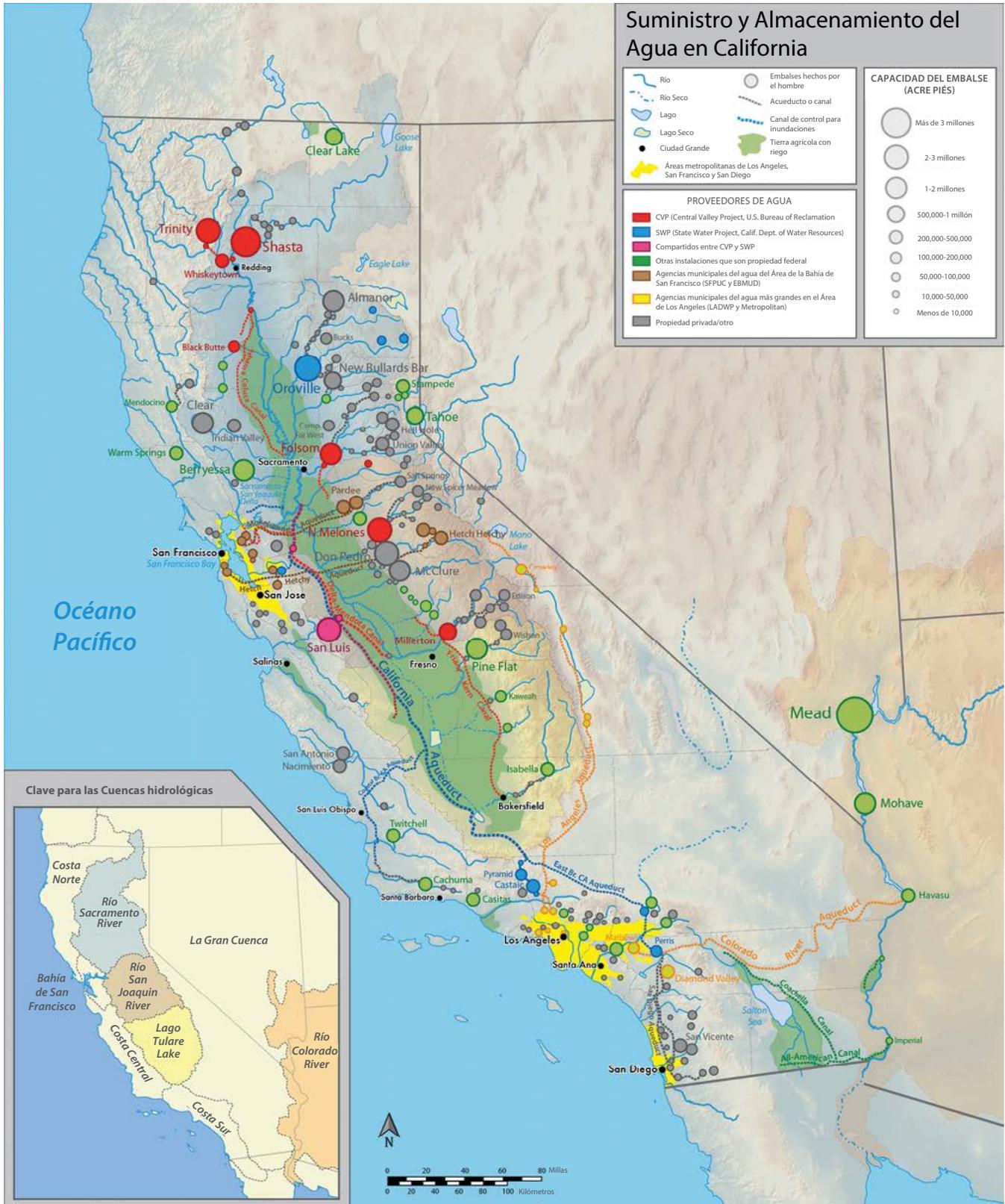
2.4 California ha construido un gran sistema para mover el agua alrededor del estado (Figura1-5).

- El proyecto **Central Valley Project** (CVP por sus iniciales en inglés) provee riego y agua municipal para la mayoría del Valle central de California. El agua se guarda en represas en varias localidades, incluyendo Shasta Lake y Trinity Lake.
 - El proyecto CVP abastece alrededor de 7 millones de acre-pies de agua al año en promedio.
- El **State Water Project** (SWP por sus iniciales en inglés) transporta agua de Lake Oroville en el norte de California hacia el Área de la Bahía, al sur del Valle de San Joaquín, y al sur de California.
 - El proyecto SWP distribuye alrededor de 2.4 millones de acre-pies de agua al año en promedio.
- California tiene derechos sobre 4.4 millones de acre-pies de agua del río **Colorado River** (Río Colorado) que son distribuidos a Imperial Valley, Coachella Valley, y al sur de California por dos sistemas diferentes.

² Censo de los Estados Unidos

³ Departamento de Finanzas de California, 8 de Marzo, 2017.

Figura 1-5: Abastecimiento y almacenamiento de agua en California



3 EL SUMINISTRO LOCAL DE AGUA

3.1 Pida información sobre las fuentes locales de agua en su agencia de suministro local.

3.2 Las fuentes comunes de agua que usan las agencias de agua para abastecer a sus clientes incluyen:

- El **agua superficial** de los ríos, lagos y embalses o represas.
- El **agua subterránea** extraída de los mantos acuíferos locales.
- El **agua reciclada** que es usada por muchas agencias de agua para el riego de jardines y áreas verdes, cultivos agrícolas, viñedos, campos de golf, parques, cementerios, terraplenes de las autopistas y áreas verdes que separan las carreteras.
 - El agua reciclada es aguas residuales o aguas negras que han pasado a través de múltiples niveles de desinfección y tratamiento.
 - El agua reciclada normalmente tiene una mayor concentración de sales disueltas comparada con el agua potable.
 - Los usuarios del agua reciclada deben entender las cualidades de esta clase de agua para asegurar que es apropiada para el uso deseado.
- Los programas para el **uso eficiente del agua** son un componente esencial en el sistema de abastecimiento del agua. Al proveer educación e incentivos para los dueños de casas y negocios para que utilicen el agua de una forma más eficiente, reducimos la demanda en el uso del agua y ayudamos para asegurar que tenemos un suministro de agua adecuado.



3.3 El **agua que proviene de pozos** privados no es suministrada o analizada por las agencias de abastecimiento de agua y es responsabilidad del dueño de la propiedad individual.

- Se recomienda que el agua que proviene de los pozos privados sea analizada periódicamente para saber su calidad y para identificar cualquier problema que tengan las plantas o los suelos regados con esta clase de agua.

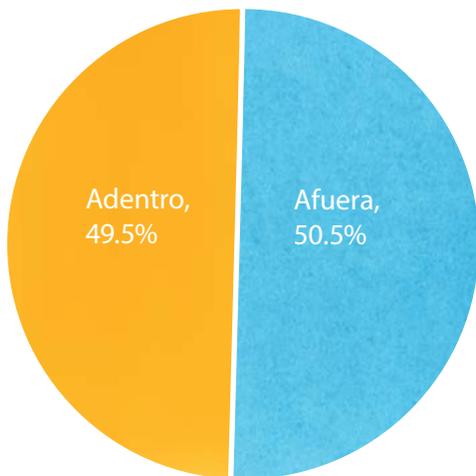
4 CÓMO USAMOS EL AGUA

- 4.1 El uso promedio de agua en una residencia en los Estados Unidos es de **88,000 galones por casa al año** (gallons per household per year en inglés y gphy por sus iniciales en inglés).⁴
- 4.2 El uso **promedio anual de agua adentro** de una casa unifamiliar es de 50,000 gphy.
- 4.3 El mayor consumo de agua adentro de una casa es por usar **el inodoro**, seguido por grifos, duchas o regaderas, lavadoras de ropa, fugas de agua, bañeras, otros/misceláneos y lavadoras de platos (Figura 1-7).

Figura 1-6: Uso de agua adentro de una casa por dispositivo (Water Research Foundation-Fundación para investigación del agua, 2016)

							
INODORO 24% 33.1 GPHD	DUCHA 20% 28.1 GPHD	GRIFO 19% 26.3 GPHD	LAVADORA DE ROPA 17% 22.7 GPHD	FUGA 12% 17.0 GPHD	OTROS 4% 5.3 GPHD	BAÑERAS 3% 3.6 GPHD	LAVAPLATOS 1% 1.6 GPHD

Figure 1-7: Uso de Agua Adentro y Afuera (Water Research Foundation-Fundación para la Investigación del Agua, 2016)



4.4 **El uso afuera** es más variable que el uso de adentro debido a las diferencias en el clima y los patrones del tiempo.

- En una casa normal se usa la mitad del agua afuera (Figura 1-8).
- El manejo del agua para los jardines es un proceso dinámico que requiere un conocimiento específico y la habilidad de reaccionar a las condiciones cambiantes de las zonas y proveer un monitoreo continuo.
- Comprender la relación que tienen las plantas, el suelo y el agua es la clave para el manejo efectivo y ecológico de los jardines.

⁴ DeOreo, W.B. y Mayer, P.W. et al, 2016. Residential Uses of Water 2016 (Usos Residenciales del Agua 2016). Water Research Foundation, Denver, CO (Fundación para la Investigación del Agua, Denver, CO)

5 LA LEY DEL AGUA EN CALIFORNIA

5.1 Conceptos básicos del agua en California:

- Todo uso del agua deberá ser **razonable y beneficioso**, y no deberá desperdiciarse.
 - Los usos beneficiosos incluyen el riego.
 - El uso razonable varía a manera que cambie la condición actual, i.e. la sequía.
- El usuario del agua no es el dueño del agua. Los derechos del agua son el derecho legal a desviar el agua de una fuente específica.
- Sistema dual de derechos del agua.
 - **Los derechos ribereños** se tienen cuando el propietario tiene una parcela de tierra que está al lado de una fuente de agua.
 - **Los derechos de apropiación** permiten que el agua se desvíe para usarla en otro lugar separado. Se pierde si no se usa por 5 años. El derecho a una cantidad específica de agua con una fecha de prioridad.
 - Los derechos ribereños se tienen prioridad sobre los derechos de apropiación; los derechos de apropiación tienen prioridad de acuerdo con una fecha.



5.2 **California Environmental Protection Agency** (CalEPA, Agencia de Protección Ambiental de California)⁹ es la autoridad del medio ambiente de California y tiene la responsabilidad de desarrollar, implementar y hacer cumplir las leyes del medio ambiente que regulan la calidad del aire, el agua, y el suelo, el uso de pesticidas, y la reducción y el reciclaje de la basura. CalEPA consiste de seis agencias:

- **State Water Resources Control Board** (SWRCB, Junta Estatal para el Control de los Recursos del Agua)¹⁰ tiene la responsabilidad regulatoria para proteger la salud pública y el medio ambiente.
- **Department of Pesticide Regulation** (DPR, Departamento de Regulación de Pesticidas) tiene la responsabilidad principal de controlar todos los aspectos de la venta y el uso de pesticidas para proteger la salud pública y el medio ambiente.
- Las otras cuatro agencias son Air Resources Board (ARB, Junta de Recursos del Aire), CalRecycle, Department of Toxic Substances Control (Departamento para el Control de Sustancias Tóxicas), y Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA, Oficina para la Evaluación de Peligros a la Salud del Medio Ambiente).



5.3 **California Department of Water Resources** (DWR, Departamento de Recursos del Agua de California)¹¹ protege, conserva, desarrolla, y administra una gran parte del suministro de agua de California, incluyendo el State Water Project (Proyecto de Agua Estatal) que provee agua para 25 millones de residentes, granjas o ranchos, y negocios en California.

5.4 **California Energy Commission** (CEC, Comisión de Energía de California)¹² es la agencia principal para la planificación y políticas energéticas del estado. La legislatura le ha encomendado la tarea de desarrollar los estándares para la eficiencia del riego de los jardines.

⁹ <https://calepa.ca.gov/>.

¹⁰ <http://www.waterboards.ca.gov/>

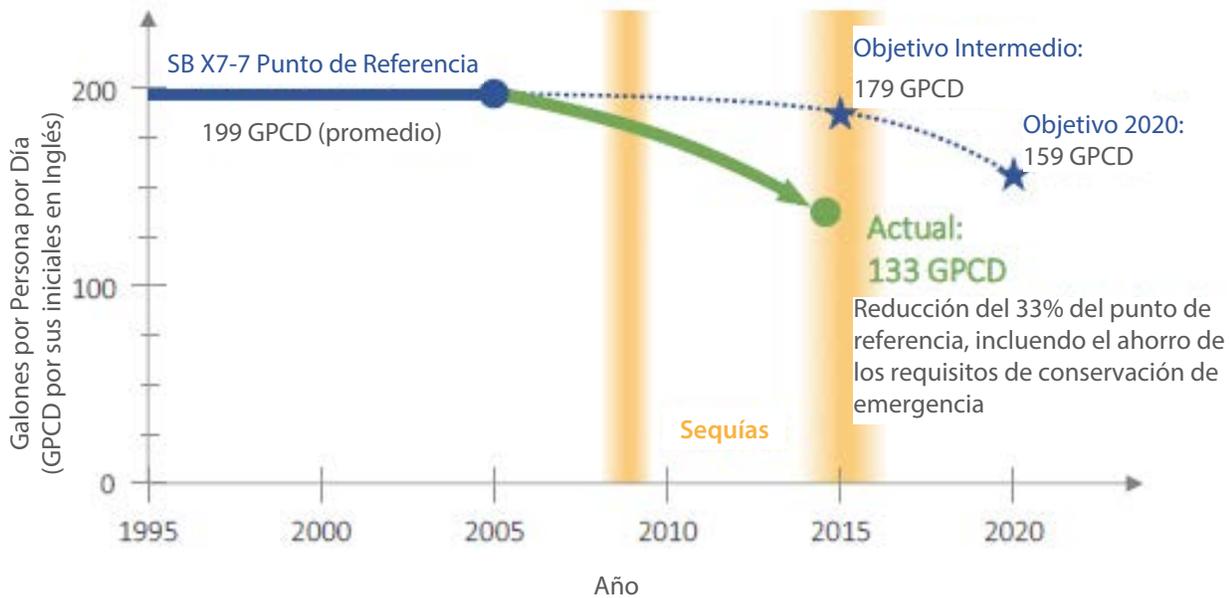
¹¹ <http://www.water.ca.gov/>

¹² <http://www.energy.ca.gov/>

5.5 La Ley SBX7-7, 20x2020 (Figura 1-9)

- En 2009, California se convirtió en el primer estado para adoptar un objetivo para la eficiencia en el uso del agua con la aprobación de la ley estatal SB X7-7, que ordenó al Estado lograr una reducción del 20 por ciento por persona en el uso urbano del agua para el año 2020.

Figura 1-8: Objetivos para la conservación bajo 20x2020 comparado con la conservación actual



5.6 Haciendo que Conservar el Agua en California sea Una Forma de Vida¹³

- Después de la sequía del 2014-2017 en California, cinco agencias estatales incluyendo el SWRCB y DWR emitieron un informe detallando un marco a largo plazo para hacer que conservar el agua sea una forma de vida en California con la finalidad de utilizar el agua de manera más inteligentemente, eliminado el desperdicio del agua, fortaleciendo la resistencia local a la sequía, y mejorando el uso eficiente del agua en la agricultura y la planificación para la sequía.

5.7 Model Water Efficient Landscape Ordinance (MWELO, Modelo Decretado para el Uso Eficiente del Agua en Jardines)¹⁴

- Fue redactada inicialmente en 1992 y actualizada en 2010 y en 2015. MWELO estableció un presupuesto de agua para las nuevas construcciones y ciertos jardines rehabilitados.
- El decreto MWELO va a actualizarse cada tres años si fuera necesario, de acuerdo con los ciclos para CAL Green.
- MWELO requiere que los diseños de jardines, su instalación y mantenimiento sean eficientes en el uso del agua.



5.8 CALGreen¹⁵, es el reglamento para la construcción ecológica de California y requiere que los nuevos proyectos de construcción de casas y edificios tengan accesorios en su interior que cumplan con los requisitos específicos de eficiencia en el uso del agua y que los jardines cumplan con los requisitos de MWELO.



¹³ http://www.water.ca.gov/wateruseefficiency/conservation/docs/20170407_EO_B-37-16_Final_Report.pdf

¹⁴ <http://www.water.ca.gov/wateruseefficiency/landscapeordinance/>

¹⁵ <http://www.bsc.ca.gov/Home/CALGreen.aspx>

6 PROGRAMAS NACIONALES Y ESTATALES PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA



- 6.1 El programa [WaterSense](#)¹⁶ de la agencia Environmental Protection Agency (EPA, Agencia para la Protección del Medio Ambiente) es dos cosas: una etiqueta para los productos que usan el agua eficientemente, y un recurso para ahorrar agua.
- Los productos con la etiqueta WaterSense incluyen productos para el riego, controladores de riego, inodoros, regaderas o duchas, grifos para el baño, mingitorios, y válvulas de pre-lavado en rocío.
 - WaterSense se ha asociado con fabricantes, minempresarios y distribuidores, constructores de viviendas, profesionales de riego y servicios públicos para llevar WaterSense a sus comunidades.



- 6.2 [Save Our Water](#)¹⁷ (Ahorremos Nuestra Agua) es un programa de conservación del agua en todo el estado de California y brinda extensión a las comunidades y reembolsos a los propietarios de viviendas.

- 6.3 [LEED](#)¹⁸, (Leadership in Energy and Environmental Design, Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) es un sistema de clasificación de edificios ecológicos.

- 6.4 La organización [Alliance for Water Efficiency](#)¹⁹ (AWE, Alianza para la Eficiencia del Agua) es una organización sin fines de lucro basada en su interés en el uso eficiente y sostenible del agua. La Alianza actúa como defensor de los programas y productos de uso eficiente del agua en Norteamérica y brinda información y ayuda en los esfuerzos para la conservación del agua.



- 6.5 La organización [California Water Efficiency Partnership](#)²⁰ (Asociación para la Eficiencia del Agua en California, llamada antes CUWCC por sus iniciales en inglés) es una organización que provee liderazgo en los asuntos para el uso eficiente del agua del agua en California.



- 6.6 La asociación [California Landscape Contractors Association](#)²¹ (CLCA, Asociación de Contratistas Jardineros de California) es una organización comercial sin fines de lucro de contratistas jardineros con licencia y contratistas relacionados con la jardinería. CLCA ofrece programas para la Certificación de Administradores del Agua y Técnicos Certificados en la Industria de la Jardinería.



- 6.7 Existen muchos [grupos de abogacía pública](#) a lo largo del estado de California que enfocan sus contribuciones a nivel local y estatal para promover el uso eficiente del agua a través de la investigación, publicaciones, talleres y educación. La Asociación para la Eficiencia del Agua en California es una excelente forma de conectarse con estas organizaciones.

¹⁶ <https://espanol.epa.gov/watersense>

¹⁷ <http://saveourwater.com/>

¹⁸ <https://new.usgbc.org/leed>

¹⁹ <http://www.allianceforwaterefficiency.org/>

²⁰ <http://calwep.org/>

²¹ <http://clca.org/>

7 PROGRAMAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA PATROCINADOS POR AGENCIAS DE SERVICIOS PÚBLICOS LOCALES

- 7.1 Las **agencias locales de agua** con frecuencia ofrecen incentivos, asistencia técnica y educación a sus clientes residenciales o comerciales (Tabla 1-1). Algunas veces las agencias también ofrecen programas a sus clientes en el área agrícola. Pregunte en su agencia de agua local para saber qué servicios ofrecen.
- Los programas de agua residenciales son ofrecidos a los clientes en casas individuales o a multifamiliares.
 - Los programas comerciales de agua son ofrecidos a los clientes en comercios, instituciones e industrias (CII por sus iniciales en inglés).

Tabla 1-1 Ejemplos Típicos de Programas Residenciales y Comerciales para el Uso Eficiente del Agua

Programas Residenciales Típicos	Programas Comerciales Típicos
<ul style="list-style-type: none"> • Chequeos inteligentes del uso de agua adentro y afuera • Dispositivos que usan el agua con eficiencia • Reembolsos: <ul style="list-style-type: none"> - Conversiones de césped - Controladores de riego basados en el estado del clima - Componentes de alta eficiencia para el riego - Sensores de humedad en el suelo - Cosecha del agua de lluvia - Aguas grises - Inodoros - Lavadoras de ropa • Información y eventos: <ul style="list-style-type: none"> - Clases - Guías - Videos - Horarios semanales de riego - Ferias de plantas que necesitan poca agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Chequeos inteligentes del uso de agua adentro y afuera • Dispositivos que usan el agua con eficiencia • Reembolsos: <ul style="list-style-type: none"> - Conversiones de césped - Controladores de riego basados en el estado del clima - Componentes de alta eficiencia para el riego - Sensores de humedad en el suelo - Cosecha del agua de lluvia - Aguas grises - Inodoros - Mingitorios - Equipo para comida • Equipo comercial e industrial de alta eficiencia y mejoras en los procesos • Modernizaciones para usar agua reciclada en vez de agua potable • Entrenamiento profesional

8 LOS MEDIDORES DE AGUA

8.1 Un medidor de agua es un aparato que mide el volumen del agua que usa una casa o un negocio.

- Los medidores de agua son normalmente instalados, propiedad de, y mantenidos por la agencia de abastecimiento del agua.
- Dependiendo de la agencia, algunos medidores son propiedad del dueño de la casa o del negocio y algunos son propiedad de la agencia.

8.2 ¿Qué requiere la ley para las conexiones del suministro del agua municipal?

- **California:** La ley estatal requiere que todas las casas construidas después del año 1992 tengan un medidor de agua, y que las casas que fueron construidas antes de 1992 sean reequipadas con un medidor de agua para el año 2025.
- **California:** MWELo requiere que se instalen medidores de agua dedicados para el riego de jardines residenciales que tengan una extensión de 5,000 pies cuadrados o más, y también para los jardines no residenciales mayores de 1,000 pies cuadrados, pero no mayores de 5,000 pies cuadrados.

8.3 Hay varias categorías de medidores de agua comúnmente encontrados:

- **Medidores de uso-mixto** miden ambos, el uso del agua de adentro y de afuera y se encuentran en la mayoría de propiedades residenciales.
- Los medidores dedicados para el riego miden solamente el uso del agua de afuera y se encuentran en jardines más grandes como parques, las áreas comunes de las asociaciones de dueños de casas (HOA por sus iniciales en inglés), y en campos para hacer deportes.
 - Un medidor dedicado para el uso del riego permite medir y presupuestar con precisión el agua usada en los jardines.
- **Los submedidores** son instalados por negocios o dueños de casas para medir el uso del agua en accesorios específicos o para medir ciertos tipos de uso del agua.
 - El lugar e instalación apropiada de un submedidor facilita medir y presupuestar el agua para los jardines cuando no existe un medidor dedicado para saber cuánta agua se está usando para el riego.
 - Los proveedores de agua no leen ni le dan mantenimiento a los submedidores.

8.4 Leer un medidor de agua sirve para:

- Comprender cuánta agua se está usando en un período específico de tiempo, por un accesorio específico, o en una hidrozona de riego.
- Administrar el uso del agua a lo largo del tiempo.
- Verificar si hay fugas de agua.
- Proporcionar a la agencia de abastecimiento de agua información para la facturación basada en el uso del agua.

8.5 Los medidores de agua cuentan el volumen en galones or pies cúbicos (CF por sus iniciales en inglés).

El precio del agua normalmente está basado en unidades de 1,000 galones o en 100 unidades de pies cuadrados. La Tabla 1-2 identifica las unidades para la facturación que los abastecedores de agua usan en los Condados de Sonoma y Marin.

- 1 CF = 7.48 galones.
- 100 CF = 1 CCF = 748 galones.

8.6 Hay tres tipos de medidores de agua:

- **Medidores de lectura directa** (Figura 1-10) son muy comunes.
 - Para un medidor residencial común, una vuelta alrededor del tablero equivale a 10 galones, o sea 1 pie cúbico de agua. Para medidores más grandes de 2 pulgadas, una vuelta del tablero equivale a 100 galones, o sea 10 pies cúbicos.
 - Los números negros con fondo blanco reflejan la lectura actual del medidor en 1,000 galones o en CCF.
 - La mayoría tiene un indicador de flujo lento que gira cuando el agua pasa por el medidor. Normalmente es un pequeño triángulo, estrella, o engranaje.
- **Los medidores de lectura digital** son cada vez más comunes a manera que reemplazan a los medidores antiguos.
 - Cuando el agua esté pasando por el medidor, en el indicador se podrá ver una luz intermitente.
 - La pantalla puede alternar entre la lectura del medidor y la velocidad del flujo del agua.
- Los medidores redondos con varios discos separados son menos comunes.

Figura 1-9: Lectura directa de medidores en galones (arriba) y pies cúbicos (abajo)



8.7 Cómo leer un medidor de agua

- Encuentre el medidor de agua.
 - Normalmente va estar ubicado cerca de la acera en frente de la dirección de la casa adentro de una caja de concreto con una tapadera de concreto o hierro fundido marcado con la palabra "water".
 - Destape cuidadosamente la tapadera usando una llave o un destornillador grande.
 - Examine visualmente el área alrededor del medidor para ver que no haya insectos u otros animales que puedan lastimarlo.
- Lea y anote los números en el tablero del medidor, o tómelo una foto.
 - En la Figura 1-10 la lectura del medidor del lado izquierdo es 3,699,389.3 galones.
 - Si la agencia de abastecimiento del agua factura en unidades de 1,000 galones, ellos leerían este medidor como 3,699.
- Hay que restar la lectura anterior para determinar cuánta agua se ha usado.
 - Si la lectura anterior era de 3,673 mil galones, entonces se han usado 26 mil galones.

8.8 Como realizar una [detección de fugas de agua](#) básica.

- Asegúrese de que [no estén usando el agua en el momento del chequeo de la fuga](#).
 - Asegúrese que los grifos y aparatos como las lavadoras de ropa y platos estén apagados.
 - Desconecte los accesorios automáticos como lo son las máquinas para hacer hielo.
 - No usen el agua de los inodoros.
 - Asegúrese que el sistema de riego no esté funcionando.
- [Vea si el indicador de flujo lento](#) en el medidor de agua se está moviendo. Si hay movimiento, esto puede indicar que hay una fuga de agua.
- Si el medidor no tiene un indicador de flujo lento, marque la posición de la manecilla y/o anote los números en el tablero del medidor.
- Espere por un tiempo específico, por ejemplo 30 minutos, y vuelva a verificar la posición de la manecilla para ver si se movió, o anote otra vez los números en el tablero del medidor.
- Para determinar el tamaño de una fuga de agua usando la lectura del medidor:
 - Reste la primera lectura de la segunda para obtener el número de galones o pies cúbicos.
 - Divida por la cantidad de minutos para saber la cantidad de galones o pies cúbicos por minuto que se están desperdiciando.
- [Consejos para encontrar una fuga de agua](#):
 - Si hay una válvula para cerrar el agua de la casa, ciérrela y revise el medidor nuevamente.
 - Si el medidor dejó de moverse, la fuga probablemente está adentro.
 - Si el medidor todavía se mueve, probablemente la fuga está afuera y/o la válvula para cerrar el agua no cierra correctamente.
 - Si hay una válvula para cerrar el agua para el sistema de riego del jardín, ciérrela y revise el medidor nuevamente.
 - Si el medidor dejó de moverse, la fuga probablemente está afuera.
 - Si el medidor todavía se mueve, probablemente la fuga está adentro y/o la válvula para cerrar el agua no cierra correctamente.
 - Los inodoros son una fuente común de fugas de agua adentro de las casas. Verifique el nivel adentro del tanque del inodoro y coloque unas tabletas con colorante vegetal para teñir el agua (o unas cuantas gotas de colorante vegetal) adentro del tanque. Si el colorante se empieza a ver en la taza del inodoro en unos cuantos minutos, entonces ahí es donde está la fuga.

8.9 [El Mantenimiento](#) del medidor de agua es casi siempre la responsabilidad de la agencia de abastecimiento del agua al menudeo.

- [No toque las válvulas de cierre](#) en ninguno de los lados del medidor.
 - El titular de la cuenta de agua será responsable de pagar el costo de cualquier reparación.
- Contacte al abastecedor de agua para cualquier problema de mantenimiento, como una fuga, un ruido extraño, o una lectura incorrecta del medidor de agua.

9 DE DONDE PROVIENE NUESTRA AGUA - PREGUNTAS PARA REPASAR

- 9.1 Explique el concepto del ciclo del agua.
- 9.2 ¿Qué es una cuenca hidrológica?
- 9.3 ¿Podemos decir que un lote residencial es una pequeña cuenca hidrológica?
- 9.4 Verdadero o Falso: El clima de California es altamente variable y es propenso a tener a periodos con ciclos de sequía.
- 9.5 Verdadero o Falso: California ha construido un gran sistema para mover el agua alrededor del estado.
- 9.6 ¿Cuál es el nombre del río principal en el Condado de Sonoma?
- 9.7 Nombre las dos represas más grandes que sirven al Condado de Sonoma y partes del Condado de Marin.
- 9.8 ¿Cuáles son los nombres de las tres especies de peces en peligro crítico o peligro de extinción que viven en el Russian River y en sus arroyos tributarios principales?
- 9.9 Nombre cuatro fuentes de agua que son utilizadas por las agencias de abastecimiento de agua al menudeo.
- 9.10 Verdadero o Falso: La mayoría del agua que abastece el Distrito Municipal de Agua de Marin es agua de superficie.
- 9.11 ¿Cuáles son los usos principales del agua en una vivienda promedio?
- 9.12 Nombre las dos agencias estatales de California que son responsables de regular y administrar el abastecimiento del agua de California.
- 9.13 Verdadero o Falso: Los reglamentos MWELO y CAL Green aseguran que las construcciones de nuevas casas y jardines sean eficientes en el uso del agua.
- 9.14 Verdadero o Falso: Los programas WaterSense, Save Our Water y LEED de EPA son programas nacionales y/o estatales para el uso eficiente del agua.
- 9.15 ¿Con quién debe consultar para obtener información sobre los programas locales de eficiencia en el uso del agua?
- 9.16 ¿Qué es un medidor de agua?
- 9.17 ¿Cuáles son algunas de las razones para leer un contador de agua?
- 9.18 ¿Cuáles son las dos unidades para medir que usan los diferentes medidores de agua?
- 9.19 ¿Cuáles son las dos unidades de facturación que usan las agencias de agua al menudeo para cobrar por el agua?
- 9.20 ¿Cuál es la forma más fácil para detectar una fuga de agua?

Sección 2:
**LA JARDINERÍA
SOSTENIBLE**





LA JARDINERÍA SOSTENIBLE

Objetivos de Aprendizaje

1. Familiarizarse con el concepto de la jardinería sostenible
2. Comprender las razones para adoptar la jardinería sostenible
3. Comprender las prácticas fundamentales de la jardinería sostenible

1 EL CONCEPTO DE LA JARDINERÍA SOSTENIBLE

- 1.1 La jardinería sostenible es una manera de diseñar, construir y mantener jardines con técnicas que van de acuerdo con la ecología. Una forma de ver la jardinería sostenible es como si cada jardín fuera una **cuenca hidrológica en miniatura** que retiene y limpia el agua de la lluvia, conserva recursos y provee un hábitat sano para las plantas y la fauna silvestre.
- 1.2 La jardinería sostenible es un concepto que requiere que tengamos un enfoque en todos sus sistemas.
 - El enfoque del programa QWEL es practicar la **irrigación eficiente** y **la administración del agua**.
 - Estas prácticas son los componentes fundamentales del sistema de jardinería y se mejoran con el uso de otras prácticas de jardinería sostenible.

2 EL POR QUÉ DE LA JARDINERÍA SOSTENIBLE

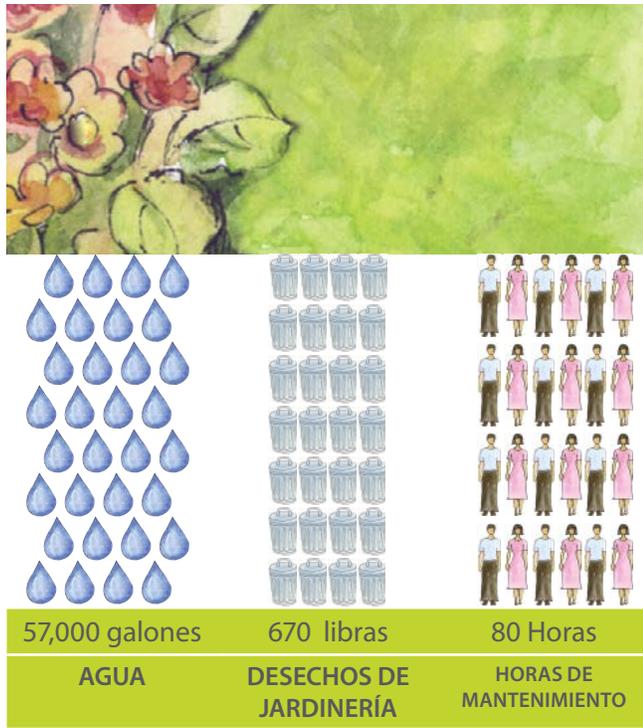
- 2.1 Cada vez más los jardines sostenibles están siendo **obligatorios por reglamentos**, como el Decreto Modelo para el Uso Eficiente del Agua en los Jardines en California MWEL (por sus iniciales en inglés).
- 2.2 La instalación y mantenimiento de jardines sostenibles provee a los jardineros profesionales con la **oportunidad de generar ingresos** al ofrecer servicios para hacer conversiones de jardines, administración del agua y mantenimiento que necesita habilidades y experiencia específica.
 - El mantenimiento sostenible de los jardines incluye la poda a mano, manejo de suelos y administración del agua. Se requiere de conocimientos y habilidades adicionales para mantener la salud de las plantas así como infraestructuras verdes como lo son los jardines irrigados con el agua de lluvia y canales de infiltración poco profundos (en inglés le llamamos *swales*).
- 2.3 Los jardines sostenibles son una **mejora estética y funcional** para los jardines tradicionales y pasados de moda.
 - Los dueños de propiedades están convirtiendo cada vez más de jardines tradicionales a jardines sostenibles, y sus vecinos están empezando a darse cuenta de esto.
- 2.4 Los jardines sostenibles **ahorran agua, tiempo y dinero**.
 - El proyecto jardín/jardín de City of Santa Monica (ciudad de Santa Monica) (Figura 2-1) ofrece una comparación de lado a lado entre un jardín sostenible y un jardín tradicional. Para cada jardín, la ciudad de Santa Monica recolectó datos sobre la cantidad de agua usada, los desechos verdes generados, y las horas de mantenimiento.
 - El proyecto demuestra que un jardín sostenible necesita considerablemente menos agua que un jardín tradicional, produce menos desechos vegetales y requiere de muchísimo menos tiempo de mantenimiento en horas comparado con el jardín tradicional.
- 2.5 Los suelos vivos permiten que las plantas crezcan con vitalidad, retengan más agua y tengan la capacidad de absorber el agua más rápidamente.
- 2.6 Seleccionar plantas apropiadas para el clima en donde van a sembrarse ayuda para asegurar que van a crecer con vitalidad en el jardín lo cual reduce los costos continuos asociados con tener que reemplazar las plantas.
- 2.7 Al mantener el agua de las lluvias y el agua gris en el mismo lugar, los jardines sostenibles hacen que las aguas pluviales y canales lleven el agua más limpia a los riachuelos, ríos y al océano, protegen el hábitat de la fauna silvestre, y contribuyen para recargar los acuíferos de aguas subterráneas.
- 2.8 Los jardines variados brindan alimento y refugio a la fauna silvestre.

2.9 Al mismo tiempo que ofrecen sombra en los entornos urbanos, los jardines sostenibles reducen el uso de fertilizantes sintéticos y equipo de mantenimiento que usa gasolina y de esta manera reducen el consumo de energía y contribuyen a que el aire esté más limpio.

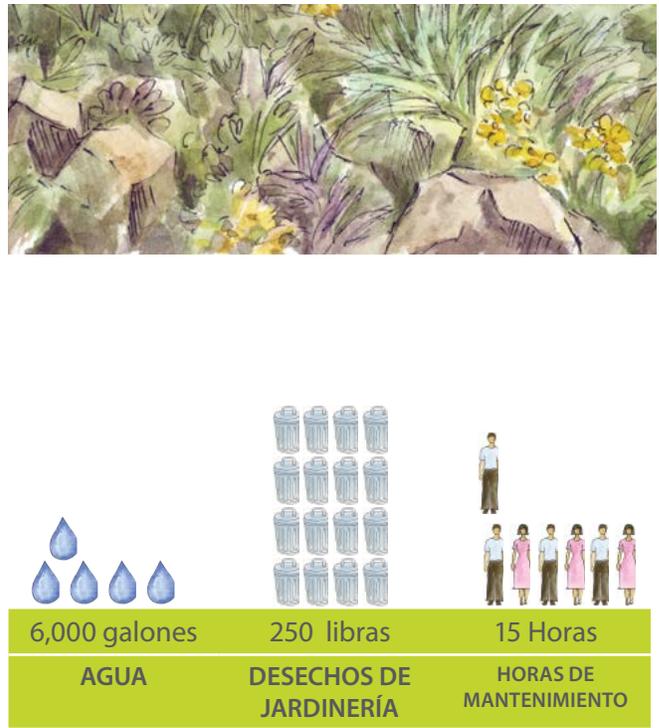
Figura 2-1: City of Santa Monica proyecto jardín\jardín (<http://www.sustainablesm.org/gardengarden>)

El proyecto jardín/jardín de City of Santa Monica comparó las prácticas de manejo de jardines sostenibles y tradicionales en dos propiedades adyacentes en Santa Monica del 2004 al 2013. El proyecto demostró un ahorro significativo de agua, desechos vegetales y mantenimiento que se puede alcanzar con un jardín sostenible.

Jardín Tradicional



Jardín Sostenible



Consumo por un año basado en datos de los años 2005-2006

Figura 2-2: Guías para la jardinería sostenible en San Diego (<http://sustainablelandscapesd.org/>)

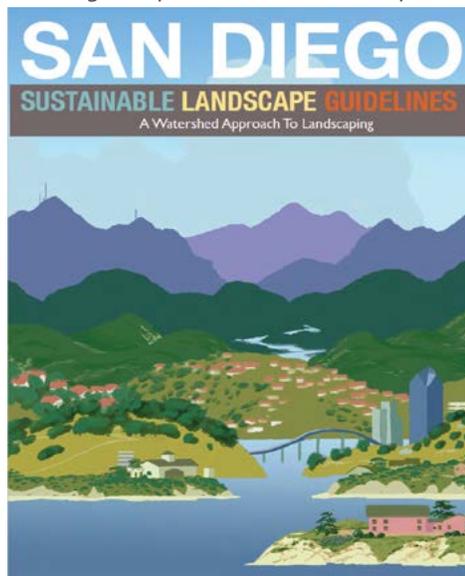


Figura 2-3: Prácticas de jardinería sostenible



3 RESUMEN DE LAS PRÁCTICAS DE JARDINERÍA SOSTENIBLES

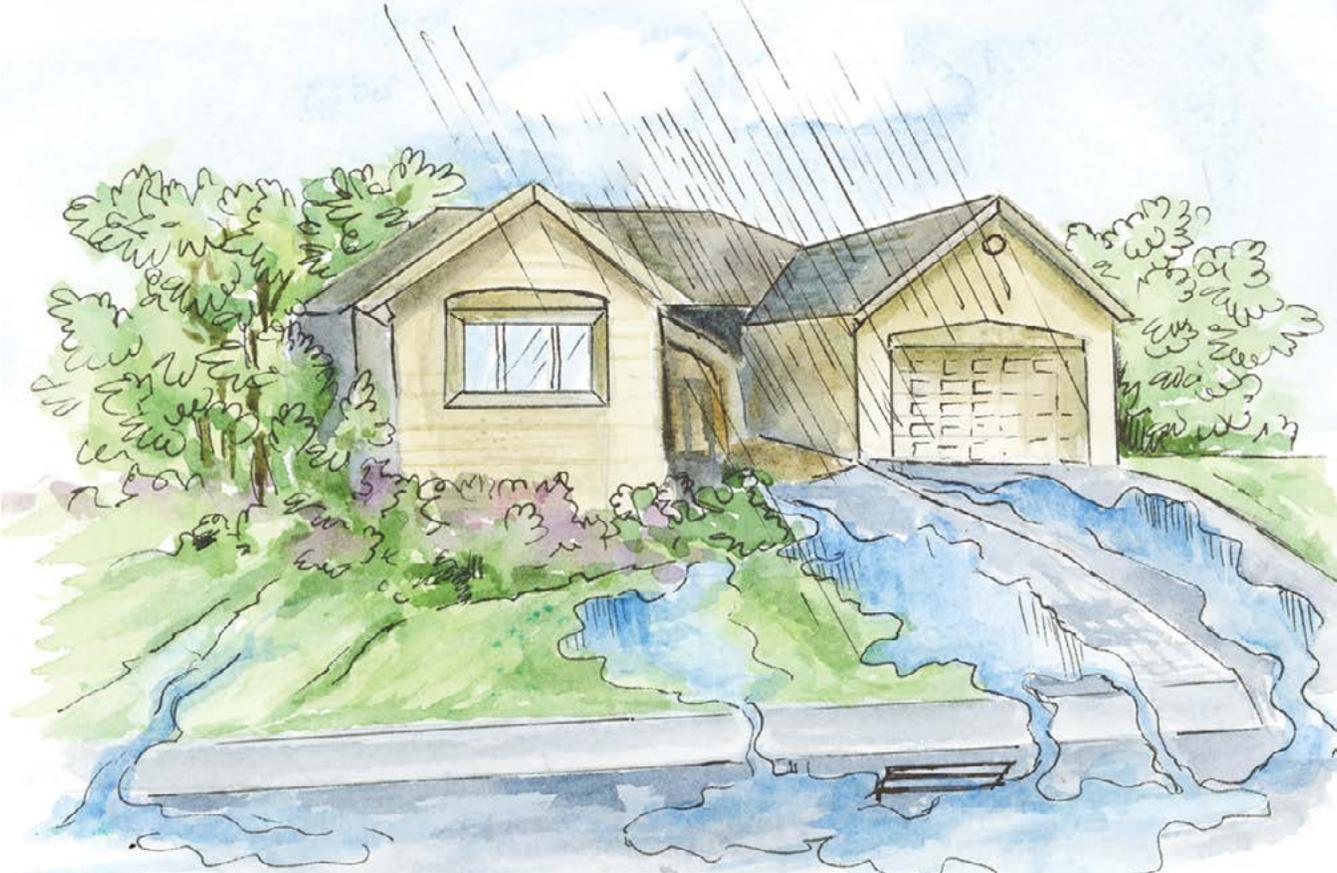
3.1 **Jardines locales** – los jardines deben considerarse como cuencas hidrológicas en miniatura las cuales forman parte de una cuenca hidrológica más grande (Figura 2-4).

- La jardinería sostenible empieza con un análisis del lugar que incluye el suelo, la topografía, las plantas existentes y los microclimas.
- Es importante comprender de dónde proviene el agua, cómo fluye y cómo se está usando:
 - Los techos de los edificios con frecuencia están arriba de la cuenca en miniatura y son una fuente de agua durante el tiempo de lluvia.
 - El agua viaja hacia abajo debido a la gravedad, se escurre cuando pasa por superficies impermeables y se filtra en las superficies permeables.
 - El agua que se desperdicia en escorrentía de los jardines normalmente fluye hacia desagües que están conectados a riachuelos y ríos. Algunos lugares tienen sistemas combinados de desagües en donde la escorrentía de las lluvias y las aguas negras son transportadas hacia plantas para el tratamiento del agua.
 - En algunas comunidades, los residentes y los que usan los edificios pueden proveer una fuente adicional de agua en forma de aguas grises que pueden ser desviadas hacia los jardines.
 - El tipo de suelo y su estructura proveen información sobre la rapidez con la que el suelo absorbe el agua y cuánta agua puede almacenar.
- Conocer las plantas existentes así como las comunidades de plantas locales nos da una idea del lugar y un punto de partida importante para seleccionar las plantas apropiadas para un jardín.
 - Las plantas que seleccionemos para un jardín van a determinar cuánta agua vamos a necesitar.

3.2 **Promoviendo suelos vivos y sanos** (Figura 2-5) – el suelo es una combinación de minerales, aire, agua, materia orgánica y microorganismos y es la base para un jardín sostenible.

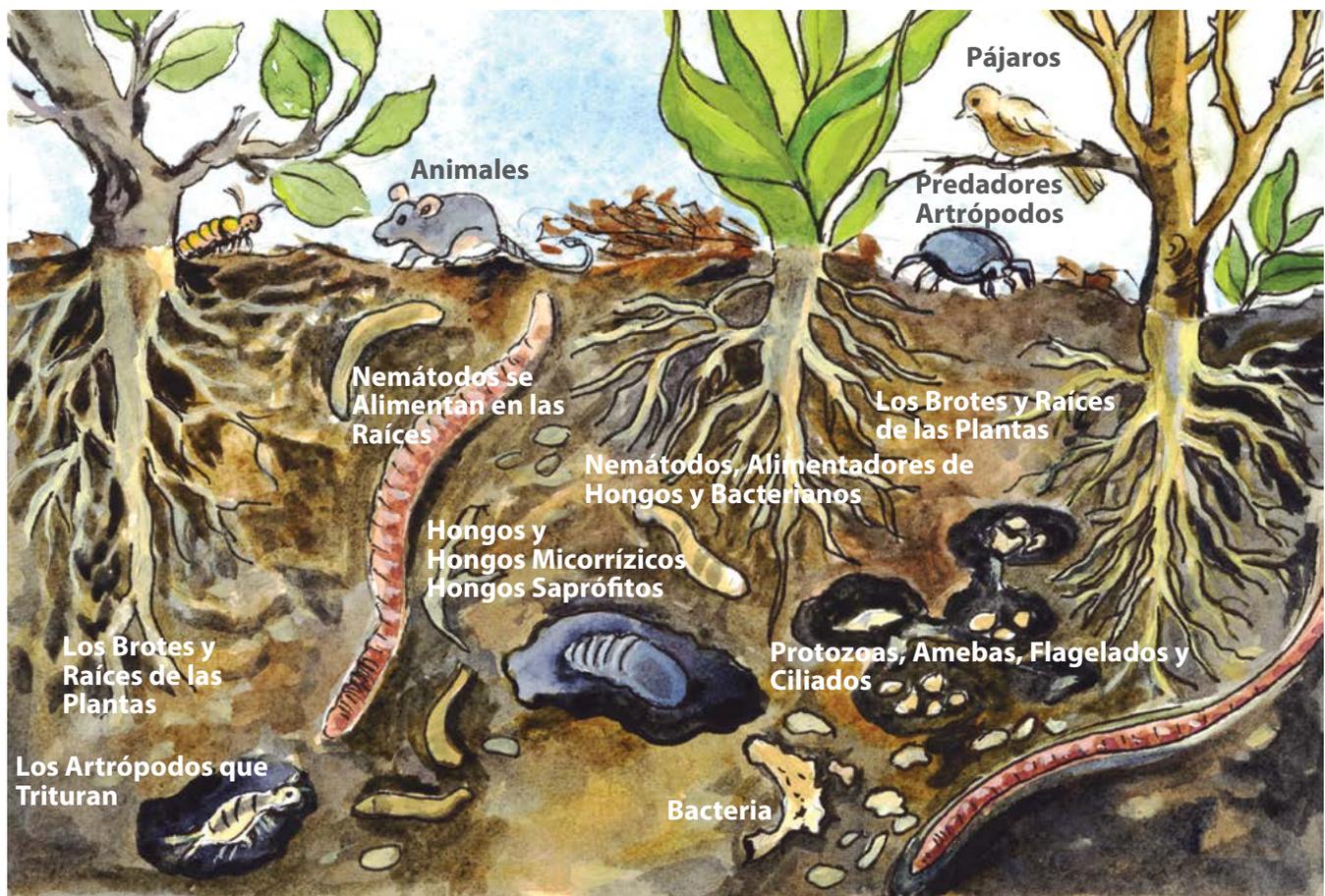
- Un suelo vivo y sano está repleto de bacterias, hongos, protozoa, nematodos beneficiosos, insectos, lombrices y muchos otros organismos.
- La [Sección 3](#) provee un resumen detallado de los suelos incluyendo el mantillo y productos de origen orgánico para mejorar la estructura del suelo. A continuación hay algunas prácticas fundamentales de la jardinería sostenible relacionadas con los suelos.
- **La materia orgánica** es un componente vital para los suelos vivos, incluye restos vegetales y animales en varias etapas de descomposición, así como también muchos organismos vivientes. Incorporar materia orgánica mejora la salud del suelo, la productividad, la capacidad de retención del agua y, la captura y almacenamiento del carbono.
 - Reciclar la materia orgánica en el mismo lugar reduce la necesidad de aplicar fertilizantes adicionales.
 - Agregar composta natural y otros productos para mejorar la estructura del suelo ayuda a despertar los suelos sin vida o que han sido descuidados.
 - Mantener la hojarasca y los restos de plantas que han sido podadas en el mismo lugar ayuda a mejorar la estructura del suelo y a reciclar los nutrientes. Los puede dejar en su lugar, convertirlos en composta y después aplicarlos sobre el suelo.
 - Evite labrar la tierra para proteger la estructura del suelo.
- Aplicar **mantillo** a la superficie del suelo limita la pérdida de agua por el proceso de evaporación, modula la temperatura del suelo, y reduce la germinación de semillas de malezas o mala hierba.

Figura 2-4: Un jardín tradicional (arriba) comparado con un jardín sostenible (abajo)



- Es recomendable aplicar una capa de **2 a 4 pulgadas** de **mantillo orgánico**, dependiendo del material usado.
- Mantenga el mantillo alejado de las coronas de las plantas y de los troncos de los árboles.
- Es recomendable dejar algunas áreas de suelo descubiertas para que sirvan de hábitat para insectos beneficiosos.
- También se puede usar mantillo verde viviente para cubrir áreas de suelo desnudo, lo cual implica sembrar plantas deseadas de poca altura que funcionen como un estrato herbáceo para otras plantas más altas en el jardín.
- El mantillo orgánico es una alternativa efectiva que puede usarse en lugar de la tela para jardinería o el plástico. El mantillo orgánico mejora la salud del suelo con el tiempo, en cambio la tela para la jardinería y el plástico se van deshaciendo con el tiempo y dejan pequeñas partículas de plástico en el jardín que pueden ser dañinas para la fauna silvestre.

Figura 2-5: La red de alimentación del suelo



Cálculo para encontrar el Volumen de Composta y Mantillo:

Área en pies cuadrados x Profundidad en pies = Volumen en pies cúbicos

Volumen en pies cúbicos ÷ 27 = Volumen en yardas cúbicas

Ejemplo: ¿cuántas yardas de mantillo se necesitan para cubrir un área de 1,000 pies cuadrados a una profundidad de 3 pulgadas de mantillo?

$1,000 \times (3 \div 12) = 250$ pies cúbicos

$250 \div 27 = 9.26$ yardas cúbicas

Figura 2-6: Mantillo en capas



Clases de Gramas para el Césped

- La manera más efectiva para quitar las gramas de época fría es usando el método de mantillo en capas.
- Las gramas de época calurosa como la Grama de las Bermudas y St. Augustine tienden a volver y crecer con más vigor y van a necesitar intervención adicional a manera que pasa el tiempo.
- Una alternativa para quitar las gramas de la época calurosa es utilizar un cortador de césped para sacar la mayoría de las raíces y después usar el método de mantillo en capas para mejorar la estructura del suelo.
- Hay que tener cuidado de no labrar las áreas con especies de gramas cuyas raíces puedan volver a crecer de pequeños fragmentos después de haberlas cortado (Grama de las Bermudas) o bulbos (oxalis o trébol y coquillo amarillo) ya que el resultado va a ser que sobreabunden y se reproduzcan aún más.

Procedimiento para Instalar el Mantillo en Capas

- Quite o cancele el sistema de aspersores o conviértalo a un sistema de riego por goteo.
- Elimine cualquier especie de planta invasora.
- Corte el césped y deje los residuos que queden en su lugar.
- Corte en ángulo todas las orillas que tienen contacto con las superficies sólidas del jardín.
- Diseñe el área con contornos para optimizar la captura e infiltración del agua de la lluvia.
- Riegue el área completamente.
- Puede sembrar las plantas que vienen en macetas de 5 galones o más grandes antes de instalar el mantillo en capas, deje el pilón de las raíces de 3 a 4 pulgadas arriba de la superficie del suelo.
- Instale el cartón o una barrera orgánica similar sobre el área.
- Traslape las orillas del cartón de 6 a 8 pulgadas para bloquear la luz.
- Moje el cartón totalmente para que se quede en su lugar y para que así empiece el proceso de descomposición.
- También puede usar estacas en forma de U para asegurar el cartón.
- Si va a esperar para sembrar, aplique de 2 a 4 pulgadas de abono seguidas por 2 a 4 pulgadas de mantillo.
- Si va a sembrar inmediatamente, aplique de 3 a 4 pulgadas de tierra, después siembre las plantas que vienen en macetas de 4 pulgadas, instale el sistema de riego por goteo, y termine aplicando una capa de mantillo de 2 a 4 pulgadas.
- Riegue el área totalmente después de aplicar cada capa, o espere a que llueva.
- Para tener mejores resultados, espere unos cuantos meses para que el proceso de descomposición esté ya en proceso antes de sembrar.
- Tome en cuenta los materiales que va a usar y asegúrese de que sean adecuados para las plantas que va a sembrar.

- **Reducir o eliminar el uso de pesticidas y herbicidas** limita exponer a los seres humanos y a la fauna silvestre a químicos dañinos y reduce los gastos de mantenimiento de los jardines.
- **Prevenir la compresión del suelo** y la descompresión de los suelos que han sido dañados permite que fluya el aire y el agua debajo del suelo para el sano crecimiento de las plantas y el almacenamiento del agua.
- **El mantillo en capas** (Figura 2-6) es una forma económica y rápida para convertir el césped y brinda una alternativa que es ecológicamente beneficiosa para poder quitar el césped y al mismo tiempo mejorar la calidad del suelo.
 - El procedimiento para instalar el mantillo en capas implica convertir en composta el césped existente en su mismo lugar.
 - En vez de cortar para sacar el césped o matarlo con herbicidas, lo matamos con capas de cartón, composta y mantillo orgánico.
 - A manera que el césped y los otros materiales se van desintegrando, los nutrientes van regresando al suelo y benefician la red de alimentación del suelo.

3.3 **La Planta Correcta, El Lugar Correcto, El Clima Correcto** – las plantas y los materiales apropiados para los jardines determinan cuánta agua van a usar y el mantenimiento que van a necesitar los jardines a largo plazo.

- **La Sección 4** provee un resumen sobre el **uso de agua de las plantas** y el concepto de lo que es una **hidrozona**. Abajo hay algunas prácticas de jardinería sostenible que tienen que ver con las plantas.
- Escoja plantas **nativas**¹ o plantas que estén adaptadas al clima de una región y geografía específica (Figura 2-7).
 - Muchas plantas nativas proveen un hábitat esencial para polinizadores, insectos, pájaros, y otros animales
 - Las plantas nativas están adaptadas a nuestros climas locales, con frecuencia requieren menos agua durante los meses de verano y producen menos desechos vegetales comparadas con plantas de jardines tradicionales siempre y cuando sean cuidadas y regadas de forma apropiada.
- Escoja plantas que **no son invasoras** y que no van a propagarse de forma agresiva y que puedan causar daños ecológicos. El departamento USDA publica un listado de plantas invasoras dañinas e introducidas que no debemos utilizar.²
 - En el estado de California, el **California Invasive Plant Council**³ (Concilio de Plantas Invasoras de California) y **Plant Right**⁴ (Sembremos lo Correcto) proveen listados de plantas que no hay que sembrar.
- Las áreas de césped proveen espacios excelentes para la recreación pero deben ser **áreas planificadas y funcionales** y en formas que puedan ser regadas con eficiencia y sin un rocío excesivo o desperdicio por escorrentía.
- Donde va a instalar grama como césped:
 - Tome en cuenta las variedades que son tolerantes a la sequía y aquellas variedades que no necesitan cortarse. Las variedades de la época de calor requieren mucho menos agua que las variedades de la época fría y tienden a ser más tolerantes de las condiciones de sequía.
 - Use prácticas de mantenimiento como ajustar la podadora para que cuando corte la grama quede más alta y riéguela menos para estimularla a que desarrolle un sistema de raíces más

¹ <http://calscape.org/>

² <https://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>

³ <http://cal-ipc.org/>

⁴ <http://www.plantright.org/>

profundo y así mejore su tolerancia a la sequía y reduzca la necesidad de darle demasiado mantenimiento⁵.

- Piense en sembrar plantas comestibles en una porción del jardín.
- Seleccione y deje los espacios necesarios para que las plantas alcancen su **tamaño natural** para evitar la poda excesiva. Esto reduce la cantidad de mantenimiento requerido y promueve plantas más sanas.
- Evite tener que podar en exceso. Esto reduce la cantidad de mantenimiento requerido y promueve plantas más sanas.
- Seleccione plantas que están adaptadas a los tipos de suelos existentes y a su pH para que obtengan fácilmente los nutrientes que necesitan y así no tener que aplicar fertilizantes para suplementar las deficiencias.
- Siembre las plantas durante la estación apropiada para ayudar a ahorrar agua. Normalmente a mediados del **otoño** es el mejor tiempo para sembrar en California, es entonces cuando la intensidad y la duración de la radiación solar es más baja y cuando las lluvias del invierno ayudan a establecer los sistemas en las raíces de las plantas que acabamos de sembrar.
- Usar solamente la cantidad de agua requerida para establecer los jardines puede reducir el vigor y **crecimiento excesivo de las plantas**, lo que puede resultar en menos mantenimiento y producción de desechos vegetales.
 - El riego excesivo o insuficiente es la principal causa de que las plantas se malogren. Las plantas de clima mediterráneo, de desiertos y de estepas (llanuras de vegetación sin árboles) con frecuencia son susceptibles a enfermedades cuando reciben demasiada agua.
 - El ahogamiento es la causa principal de que las plantas se malogren porque los suelos y raíces sanas necesitan oxígeno para sobrevivir.

Figura 2-7: Plantas nativas de California (1) *Ceanothus*, (2) *Dudleya de Yeso*, (3) *Salvia Blanca*, (4) *Roble Perenne de la Costa*



1. *Ceanothus*



2. *Dudleya de Yeso*



4. *Roble Perenne de la Costa*



3. *Salvia Blanca*

⁵ <http://ucanr.edu/sites/UrbanHort/files/218577.pdf>

- El calor y el frío causan estrés en las plantas. Las plantas que están bien hidratadas tienen una mayor capacidad de soportar estas condiciones de estrés.
- Poda las plantas para mejorar su forma y estructura natural, elimine los tallos o ramas débiles o que tengan enfermedades, para aumentar la producción de flores y frutos, y para mantener el propósito del diseño.
 - Evite podar las plantas en formas geométricas.
- Esfuércese por comprender cómo cuidar de las plantas en el jardín, aprenda cómo cultivarlas y que es lo que requieren (Figura 2-8).
- Quite las malezas que compiten por el agua y los nutrientes de las plantas del jardín.
- Recicle los desechos de las plantas en el mismo lugar convirtiéndolas en composta, reciclando el césped, y cortándolas en trocitos.
- El manejo apropiado de los suelos debe significar que la mayoría de los jardines no necesiten aplicaciones adicionales de fertilizantes. Sin embargo, si va a ponerles fertilizantes, escoja aquellos que contienen fertilizantes orgánicos de liberación lenta y evite usar fertilizantes sintéticos de liberación rápida.
- Use los métodos de **integrated pest management** (IPM, manejo integrado contra las plagas).⁶ Los métodos de IPM se enfocan en la prevención o en los daños que causan las plagas a través de una combinación de todas las técnicas como lo son controles biológicos, manipulación de hábitats, modificación de prácticas de horticultura, y el uso de variedades resistentes a las plagas.
 - Los controles químicos como los **pesticidas se utilizan como última opción** cuando usamos los métodos de IPM.
- Usar las técnicas de **firescaping** para crear espacios defendibles contra los incendios alrededor de las casas y propiedades. (Figura 2-9).

Figura 2-8: Guía de Mantenimiento Amigable para California "California Friendly Maintenance Guide" (<http://www.bewaterwise.com/es2/guia-de-mantenimiento.html>)

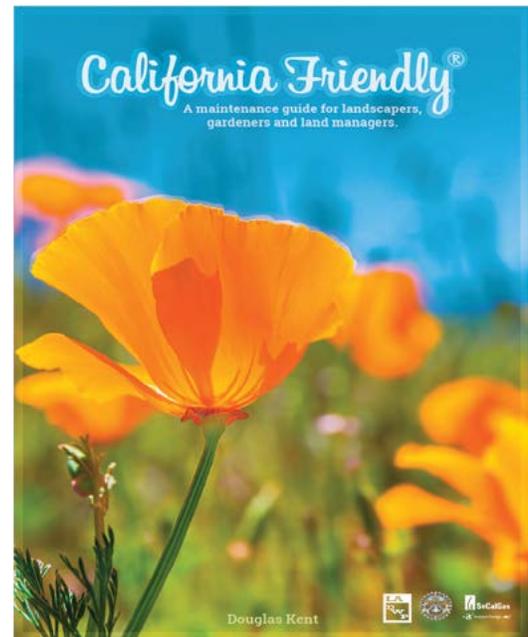


Figura 2-9: Espacios defendibles contra los incendios (La imagen es cortesía de Cal Fire www.readyforwildfire.org)



⁶ <http://ipm.ucanr.edu/>

3.4 **Ahorrando agua** – La Sección 1 nos enseñó de dónde proviene nuestra agua, como la usamos y los puntos más importantes sobre la importancia que tiene ahorrar el agua.

- Ahorrar agua en un jardín sostenible empieza con un suelo vivo y saludable para **aprovechar al máximo la capacidad de retención del agua**, además, una selección de plantas apropiadas para el clima va a **disminuir la cantidad de agua adicional que se va a necesitar** en un jardín.
- Los sistemas de **riego de alta eficiencia** y la **administración del agua que usa el jardín** son componentes importantes para ahorrar el agua y las vamos a cubrir en detalle en las siguientes secciones.
- Use un **medidor de agua** como herramienta para administrar cuánta agua usa el jardín donde sea posible.
- Es recomendable usar un medidor de agua separado dedicado al riego de jardines grandes y jardines que no queden en residencias.
- Capture y almacene el **agua de la lluvia** para limitar la necesidad de utilizar agua adicional para el riego y para reducir la escorrentía que ocurre después de las lluvias fuertes.
 - Las canaletas que recolectan el agua que cae en los techos pueden desviarse hacia **jardines de lluvia** (Figura 2-10) para capturar el agua en su lugar y recargar aguas subterráneas.
 - Las canaletas también se pueden desviar hacia **barriles o cisternas** para guardar el agua y utilizarla en el futuro.
 - El agua que se guarde en los barriles de agua se puede sacar después de que ha dejado de llover. Esta estrategia ayuda a **reducir los flujos pico** que van hacia los drenajes pluviales y recarga el acuífero de agua subterránea.
 - Para evitar los zancudos, asegúrese de que los barriles estén bien sellados y que los sistemas de infiltración como lo son los jardines de lluvia estén diseñados para desaguar en el transcurso de 48 a 72 horas.
 - En climas donde tienen temperaturas con heladas, los sistemas de captura de agua requieren de precauciones adicionales para prevenir los daños que puede causar el congelamiento.
- En donde la ley lo permite, use de nuevo **el agua gris** para reducir la necesidad de suplementar el riego, así como reducir el flujo de aguas residuales.
 - El agua gris es el agua residual que se usó en actividades domésticas tales como la lavandería, las duchas o el baño de tina, ya que puede volver a utilizarse para el riego de jardines.

Volumen del Agua de Lluvia:

- 1 pulgada de lluvia que cae sobre un techo de 1,000 pies cuadrados va a generar aproximadamente 600 galones de escorrentía
- Potencial de captura de la lluvia = área en pies cuadrados x precipitación de lluvia en pulgadas x 0.62

Las fuentes de agua gris incluyen:

- Lavadoras de ropa
 - 8,000 galones por casa por año
- Duchas y Tinas de Baño
 - 11,000 galones por casa por año
- Lavamanos en los Baños

Las fuentes de agua gris no incluyen:

- Inodoros
- Lavaderos de las cocinas o máquinas lavaplatos
- Lavadoras de ropa cuando se lavan pañales, trapos grasosos, o ropa o trapos que contengan químicos

Figura 2-10: Jardín de Lluvia



- Utilizar el agua gris nuevamente puede proveer un ahorro importante de agua potable y reducir el flujo de aguas residuales que tiene que ser procesada en las plantas para el tratamiento de aguas residuales.
- Hay más información relacionada con los sistemas de agua gris en el [Módulo QWEL para Especialización en Aguas Grises](#).
- El uso de fuentes alternas de agua como agua gris y agua de lluvia están reguladas por [leyes estatales y locales](#). Busque los códigos y reglamentos locales para ver si tienen requisitos adicionales.

3.5 [Protegiendo la calidad del agua y el aire](#) – como parte de una cuenca más grande, cada jardín tiene un impacto en el medio ambiente. Los jardines sostenibles pueden diseñarse para reducir la cantidad de contaminación que lleva la escorrentía hacia los arroyos y riachuelos.

- Cuando cae la lluvia en el ambiente natural, la mayor parte la absorbe el suelo. Pero cuando la lluvia cae en superficies que son impermeables como el pavimento y los techos, se desperdicia como escorrentía y puede lavar contaminantes de estas superficies y llevarlos hacia los sistemas de recolección de las aguas de lluvia, los cuales están conectados a nuestros arroyos y ríos.
- [La escorrentía](#) de los techos y de otras superficies impermeables puede resultar en un número de consecuencias indeseables como el aumento del flujo de aguas pluviales en los arroyos cuando ya están saturados por las lluvias, contaminación, erosión, degradación de los hábitats para la fauna silvestre y piscícola, así como daños a superficies y estructuras.
- Prácticas⁷ para disminuir los efectos de las aguas pluviales hacia los sistemas de recolección de las aguas de lluvia incluye:
 - [Disminuir](#) la velocidad de la escorrentía.
 - [Guardarla](#) para usarla en el futuro
 - [Distribuirla](#) entre las áreas plantadas de los jardín y otras áreas permeables.
 - [Hundirla](#) de nuevo en el suelo.
- [Infraestructuras Verdes](#) es una forma económica para contener y tratar las aguas pluviales en donde caen. La escorrentía es dirigida hacia áreas en donde puede ser absorbida por el suelo. Hacer esto es parecido a la forma en que el agua de lluvia beneficia al ambiente natural. Los canales de infiltración poco profundos, áreas plantadas y jardines de lluvia proveen belleza mientras ayudan a detener la escorrentía y filtran contaminantes. Las plantas y los microbios que viven en los suelos sanos utilizan los contaminantes como nutrientes y los eliminan de la escorrentía.
- [Utilice materiales permeables en los jardines](#) para limpiar y absorber el agua, para volver a llenar el acuífero de aguas subterráneas y para limitar la necesidad de usar agua adicional para el riego.
 - Las superficies permeables de los elementos estructurales sin plantas en un jardín incluye la instalación de adoquines y piedra natural, adoquines interconectados, piedrín sobre arena, y concreto permeable.
- La calidad del aire se puede mejorar reduciendo el uso del equipo para el mantenimiento de los jardines que funciona con gasolina.
- Las plantas contribuyen para limpiar el aire porque absorben el aire a través de sus hojas y raíces.
- Hacer composta con los desechos de las plantas correctamente reduce la producción de gases dañinos que causan el efecto invernadero como lo es el gas metano.

⁷ <https://sonomarcd.org/documents/Slow-it-Spread-it-Sink-it-Store-it.pdf>

3.6 Creando y protegiendo hábitats para la fauna silvestre –los jardines brindan hábitats esenciales para la fauna silvestre en entornos urbanos. (Figura 2-11).

- Reconozcamos que en muchas áreas urbanas los jardines son el ecosistema. Así que las plantas que escojamos para sembrar van a tener un impacto en las especies de la fauna silvestre.
- La fauna silvestre necesita comida, agua, refugio y espacio.
 - Ejemplos de la fauna silvestre en los jardines incluye insectos, pájaros, mariposas, abejas, mamíferos, y la fauna del suelo como lo son las lombrices, bacteria, hongos, protozoos y nematodos.
- Un jardín diverso provee el máximo beneficio para la fauna silvestre:
 - Las plantas nativas generalmente ofrecen el mejor valor con respecto al hábitat que proveen para las especies de la fauna nativa silvestre.
 - Incorporar una variedad de plantas caducifolias (que normalmente botan sus hojas en el otoño) y perennifolias (que no pierden sus hojas completamente) para una diversidad estructural.
 - Seleccionar plantas que utilizan espacios verticales al incluir plantas de diferentes alturas como los árboles y plantas que cubren el suelo.
 - Seleccionar plantas que florecen y dan fruto en diferentes épocas del año.
 - Reconocer que las grandes áreas de césped no brindan un valor significativo para la fauna silvestre.
- Cuando usamos los jardines para crear y proteger hábitats para la fauna silvestre junto con estrategias de Manejo Integrado para el control de Plagas o IPM (por sus iniciales en inglés), es de esperar que tengamos un poco de daños o pérdidas de las plantas que hemos sembrado.

Figura 2-11: Jardines para crear hábitats (imágen es cortesía de la Ciudad de Santa Rosa)



3.7 Ahorrando energía – los jardines sostenibles utilizan menos energía que los jardines tradicionales.

- El uso del agua potable tiene un factor de **consumo de energía** integrada debido a la energía que se utiliza en recolectarla, tratarla, transportarla y distribuirla desde la fuente hasta el consumidor final. Usar menos agua potable resulta en consumir menos energía.
- Los jardines sostenibles pueden ofrecer **sombra** a nuestros edificios y a otros elementos de las áreas del jardín sin plantas y ayudan a moderar las temperaturas.
- Esto puede reducir los costos para enfriar los edificios en el verano y mitigar el efecto del fenómeno de las “isla de calor” en los estacionamientos y las calles.
- El equipo de mantenimiento para los jardines como los vehículos, máquinas cortadoras de césped y sopladoras de hojas usan cantidades importantes de combustible que genera contaminación.
 - Disminuya la necesidad de usar equipo de mantenimiento extensivo al seleccionar la planta correcta, en el lugar correcto, en el clima correcto.
 - Usar equipo manual en donde sea posible.
 - Disminuir el uso de sopladoras de hojas que funcionan con gasolina.
 - Disminuir la necesidad de acarrear con los desechos vegetales del jardín y en lugar de eso, reciclarlos en su lugar a través de prácticas como el reciclaje de grama, hacer composta y triturar las ramas.
- Tome en cuenta el tiempo y la energía que tienen los materiales que va a usar, por ejemplo, las plantas, piedras, grava y madera.
 - Compre los materiales localmente tanto como pueda para reducir las emisiones de los gases que causan el efecto de invernadero debido a que estos materiales tienen que ser transportados.
 - Las plantas en macetas pequeñas de 4 pulgadas son más baratas para transportar, más fáciles de sembrar y se trasplantan efectivamente en los suelos nativos. Muchas plantas que se trasplantan de macetas pequeñas crecen rápidamente a su tamaño natural.

4 JARDINERÍA SOSTENIBLE – PREGUNTAS PARA REPASAR

- 4.1 ¿Qué es la jardinería sostenible?
- 4.2 Escriba el nombre las siete prácticas de jardinería sostenible que estudiamos.
- 4.3 ¿Qué significa considerar el sitio de un jardín como una cuenca hidrológica en miniatura?
- 4.4 Verdadero o Falso: la materia orgánica es un componente esencial en los suelos vivos.
- 4.5 Explique el proceso que debemos seguir para instalar el mantillo en capas, cuándo se puede usar y por qué lo hacemos.
- 4.6 ¿Por qué es importante sembrar plantas nativas o que estén adaptadas al clima de una región específica?
- 4.7 Sugiera una práctica que reduce el crecimiento excesivo de las plantas y la producción de desechos vegetales.
- 4.8 Verdadero o Falso: una causa principal por la que mueren las plantas es porque se ahogan por recibir tanta agua.
- 4.9 Si usamos los principios del Manejo Integrado contra las Plagas (IPM por sus iniciales en inglés), ¿cuándo usamos pesticidas?
- 4.10 Escriba el nombre de dos alternativas al agua potable que podemos usar en un jardín.
- 4.11 Aproximadamente cuánta escorrentía va a producir 1 pulgada de lluvia en un techo de 1,000 pies cuadrados?
- 4.12 Escriba el nombre de algunas fuentes comunes de agua gris
- 4.13 ¿Qué significa el desarrollo de bajo impacto?
- 4.14 Nombre algunos de los beneficios que tiene la jardinería sostenible.

Sección 3:
LOS SUELOS





LOS SUELOS

Objetivos de Aprendizaje

1. Familiarizarse con las diferentes propiedades de los suelos
2. Aprender cómo reconocer o identificar los diferentes tipos de suelos
3. Aprender cómo el agua interactúa con los varios tipos de suelos
4. Aprender cómo monitorear la humedad del suelo
5. Tener un conocimiento sobre los problemas comunes de los suelos
6. Aprender el papel que juegan los mantillos y acondicionadores para mejorar los suelos

1 PROPIEDADES DE LOS SUELOS

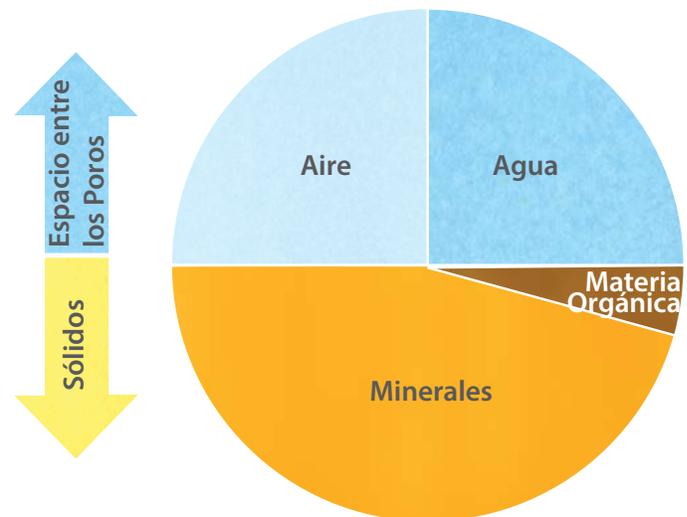
1.1 En la superficie del planeta tierra, los suelos están compuestos de materiales orgánicos y minerales separados los cuales sirven como un medio natural para que las plantas crezcan. Las propiedades de los suelos contribuyen con:

- La velocidad con la que el **agua penetra** en el suelo.
- La velocidad con la que el **agua se pierde** por evaporación.
- La capacidad de las partículas del suelo **para retener agua**.

1.2 Los cuatro componentes principales del suelo son:

- Aire
- Agua
- Materia orgánica
- Material mineral
 - Arena
 - Limo
 - Arcilla
- Las proporciones de estos componentes varían dependiendo de los suelos. Un buen suelo que fomenta el crecimiento normal de las plantas normalmente debe contener aproximadamente un **50% de espacio poroso** y un **50% de materiales sólidos**. El espacio poroso debe consistir en mitad aire y mitad agua, los materiales sólidos deben consistir en mayor parte de minerales mezclados con un poco de materia orgánica (Figura 3-1).
- El material orgánico de los suelos es de beneficio para todos los tipos de suelos, ya sea para retener el agua o aumentar el espacio poroso, ya que ambos son de beneficio para la salud de las plantas.

Figura 3-1: Componentes principales del suelo



1.3 Las funciones del suelo con frecuencia se dificultan en entornos urbanos debido a la compresión. Un suelo sano es esencial para limpiar y guardar el agua de lluvias y para mantener la salud de las plantas. Las funciones vitales de los suelos incluyen:

- Mantener vivas las plantas y los animales que viven arriba y debajo de la superficie del suelo. (Figura 3-2).
- Ser un medio por el que fluyan el agua y los nutrientes.
- Filtrar, amortiguar, degradar, inmovilizar y purificar.
- Guardar y reciclar nutrientes (Figura 3-3).
- Proveer el medio donde se anclan las plantas y las estructuras hechas por el hombre.

1.4 Es importante comprender **cómo el agua y los suelos interactúan** para poder aplicar la cantidad correcta de agua, a la velocidad correcta, y en el clima correcto.

- El agua se mueve relativamente rápido cuando pasa por **suelos arenosos**, además éstos tienen la capacidad más baja de retención de agua.
 - Estrategia de riego: acortar el tiempo de riego para prevenir que el agua se desperdicie al llegar más allá de la zona de la raíces de las plantas, días de riego más frecuentes ya que los suelos

arenosos tienen la capacidad más baja de retención de agua.

- El agua se mueve relativamente más despacio cuando pasa por **suelos arcillosos**, además éstos tienen la capacidad más alta de retención de agua.
 - Estrategia de riego: dividir el tiempo total de riego en varios intervalos cortos para evitar escorrentía y para dar tiempo a que el agua sea absorbida hacia la zona de las raíces de las plantas y permitir que el aire regrese a los poros del suelo, en este tipo de suelos se puede regar menos días porque tienen la capacidad más alta de retención de agua.

Figura 3-2: La red de alimentación del suelo

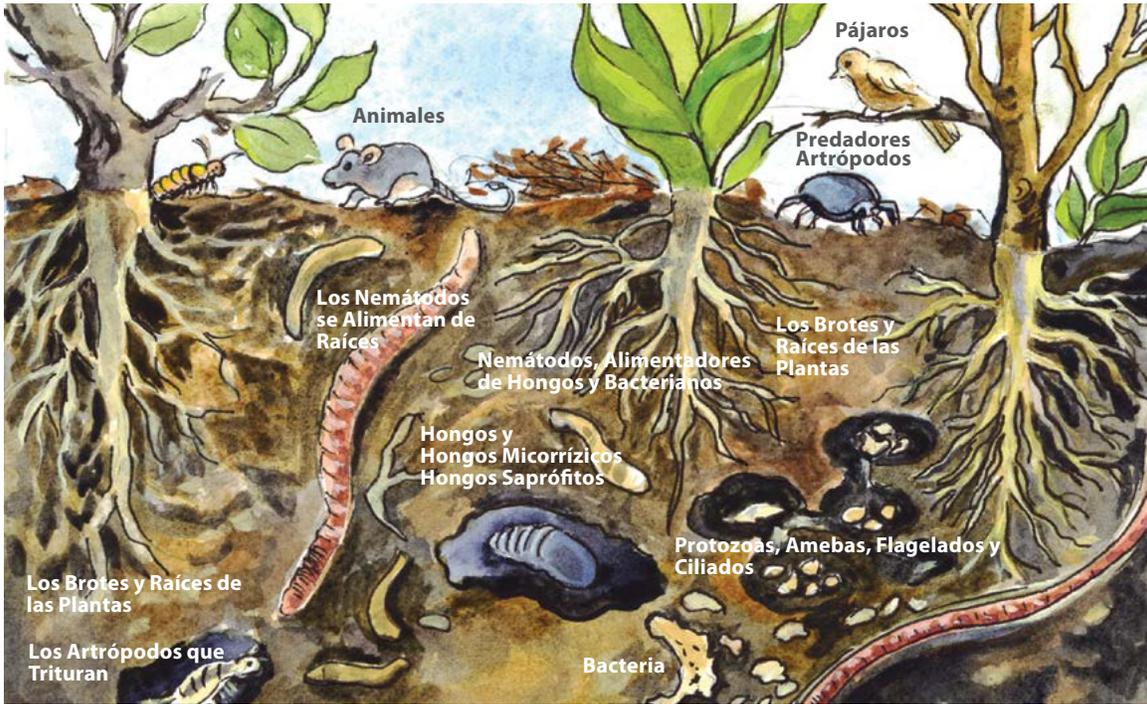
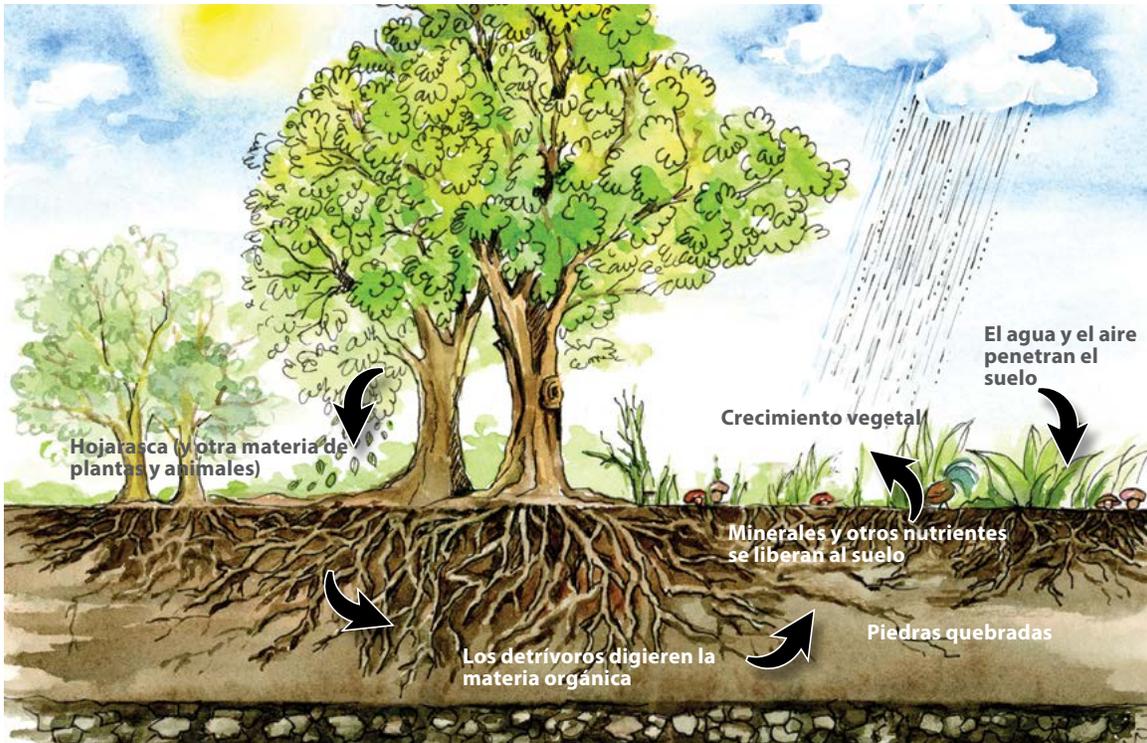


Figura 3-3: Ciclo de nutrición del suelo

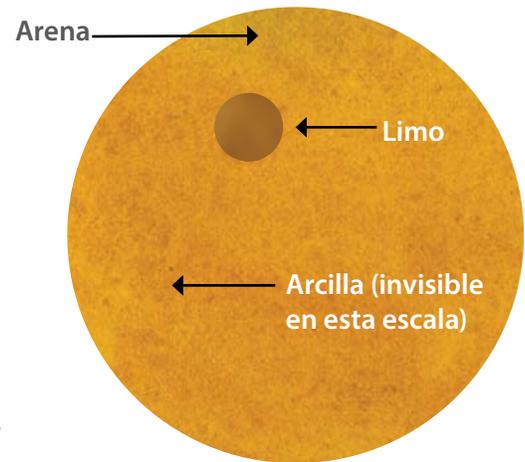


2 TIPOS DE SUELOS

2.1 **La Textura** se refiere al contenido de minerales en el suelo y es determinada por las proporciones de arena, limo, y arcilla a las cuales conocemos como **partículas separadas del suelo** (Figura 3-4). Las tres partículas separadas del suelo varían en tamaño, propiedades químicas y físicas.

- **Arena**
 - Son las partículas más grandes y están compuestas en mayor parte de cuarzo erosionado.
 - Los tamaños de las partículas de arena varían entre 2.0 y 0.05 mm de diámetro.
- **Limo**
 - Las partículas son más grandes que las de arcilla, y más pequeñas que las de arena.
 - Los tamaños de las partículas de limo varían entre 0.05 y 0.002 mm de diámetro.
- **Arcilla** (invisible en esta escala)
 - Son las partículas minerales más pequeñas del suelo.
 - Los tamaños de las partículas son menos que 0.002 mm de diámetro.

Figura 3-4: Tamaño relativo de las partículas del suelo



2.2 **La textura de los suelos no se puede cambiar.**

2.3 Existen **12 clases de texturas** de los suelos basados en el porcentaje de arena, limo y arcilla que contiene una muestra de suelo. Para poder identificar la clase de textura de una muestra de suelo, podemos usar el triángulo de la textura de los suelos siempre y cuando sepamos el **porcentaje de cada una de las partículas separadas del suelo**.

2.4 Pasos para usar el triángulo de texturas (Figura 3-5):

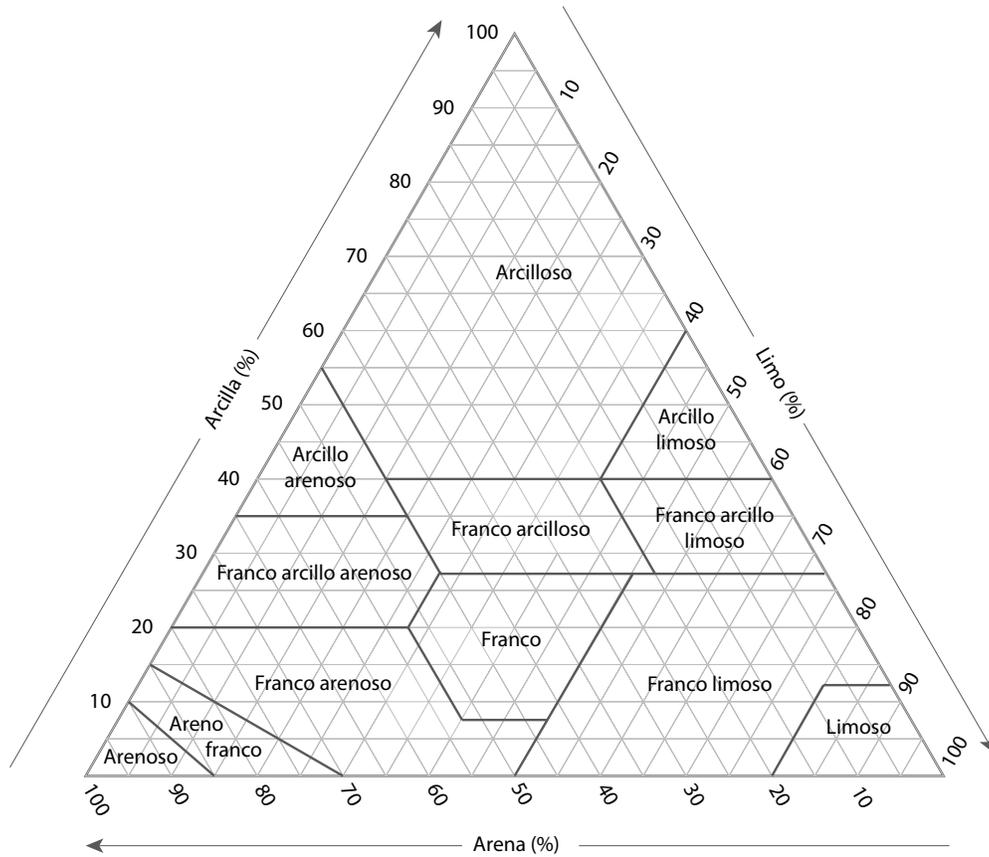
- Encuentre el porcentaje de partículas de **arena** en la parte **inferior** del triángulo y dibuje una línea paralela hacia arriba por el lado derecho del triángulo (1).
- Encuentre el porcentaje de partículas de **limo** en el lado **derecho** del triángulo y dibuje una línea paralela hacia el lado izquierdo del triángulo (2).
- Encuentre el porcentaje de partículas de **arcilla** en el lado **izquierdo** del triángulo y dibuje una línea paralela hacia abajo. (3).
- El punto donde se encuentran las tres líneas es la clase de textura del suelo.

2.5 Ejemplo de las clases de texturas:

Tabla 3-1: Ejemplos de las Clases de Texturas del Suelo

Porcentaje de Arena	Porcentaje de Limo	Porcentaje de Arcilla	Clase de Textura
40	40	20	Franco
30	35	35	Franco arcilloso
60	30	10	Franco arenoso

Figura 3-5: Triangulo de texturas del suelo



2.6 Análisis de Suelos

- Un análisis de suelos en un **laboratorio profesional** va a identificar con precisión la textura del suelo, también nos va a dar un informe sobre el contenido de material orgánico, pH, salinidad, y nivel de nutrientes.
- Cuando preparamos la muestra de suelos para mandarla al laboratorio, **debemos seguir las instrucciones del laboratorio.**
- Instrucciones generales para tomar una muestra del suelo:
 - Dependiendo del tamaño del área que se va a analizar, tome de 5 a 20 muestras al azar.
 - Las muestras deben tomarse a una profundidad de 12 pulgadas.
 - Una sonda para suelos es ideal para hacer esto, si no tiene una sonda, una pala angosta es una buena alternativa.
 - Asegúrese de usar herramientas que estén limpias.
 - Raspe para sacar los residuos de la superficie.
 - Mezcle bien todas las muestras juntas y tome la cantidad necesaria para la muestra que va a enviar al laboratorio.
 - Una bolsa de plástico que se puede sellar una y otra vez es un recipiente ideal para una muestra de suelos.
 - Normalmente, 2 tazas de suelo son suficientes para el análisis.
- Con frecuencia las universidades y extensiones cooperativas publican listados con los nombres de los laboratorios que hacen análisis de suelos.

Figura 3-6: Ejemplo de un análisis de suelos (imagen cortesía de A&L Western Ag Laboratories)



A & L WESTERN AGRICULTURAL LABORATORIES

1311 WOODLAND AVE #1 • MODESTO, CALIFORNIA 95351 • (209) 529-4080 • FAX (209) 529-4736

REPORT NUMBER: 00-336-047

CLIENT NO: 9999-D

SEND TO: A & L WESTERN AGRICULTURAL LABS
1311 WOODLAND AVE.
MODESTO, CA 95351-

SUBMITTED BY:

GROWER: EXAMPLE REPORT

DATE OF REPORT: 04/30/04 PAGE 1

SOIL ANALYSIS REPORT

SAMPLE ID	LAB NUMBER	Organic Matter		Phosphorus		Potassium		Magnesium		Calcium		Sodium		Soil pH	pH	Buffer Index	Hydrogen H meq/100g	Cation Exchange Capacity C.E.C. meq/100g	PERCENT CATION SATURATION (COMPUTED)			
		* Rating	** ENR lbs/A	P1 (Weak Bray) **** *	NaHCO ₃ -P (OlsenMethod) **** *	K **** *	Mg **** *	Ca **** *	Na **** *	K %	Mg %	Ca %	Na %									
130-1	55931	4.0H	110	23M	14**	110L	460M	992VL	104L	4.7	6.2	9.7	19.1	1.5	19.8	25.9	50.5	2.4				
130-2	55932	1.5L	60	27H	6**	41VL	569M	1154VL	185M	4.6	5.9	13.3	24.7	0.4	19.0	23.3	54.0	3.3				
12-1	55933	3.5M	100	12L	11**	64L	471VH	841VL	87L	5.2	6.5	4.5	13.1	1.2	29.5	31.9	34.5	2.9				
12-2	55934	2.8M	86	8VL	9**	29L	553VH	665VL	89M	5.3	6.6	3.7	12.1	0.6	37.7	27.5	31.0	3.2				

** NaHCO₃-P unreliable at this soil pH

SAMPLE NUMBER	Nitrogen NO ₃ -N ppm	Sulfur SO ₄ -S ppm	Zinc Zn ppm	Manganese Mn ppm	Iron Fe ppm	Copper Cu ppm	Boron B ppm	Excess Lime Rating	Soluble Salts mmhos/cm	Chloride Cl ppm	PARTICLE SIZE ANALYSIS			
											SAND %	SILT %	CLAY %	
130-1	5L	5L	0.3VL	3M	53VH	0.2VL	0.1VL	L	0.3L					
130-2	3VL	41VH	0.1VL	1VL	14M	0.2VL	0.1VL	L	0.6L					
12-1	2VL	5L	0.1VL	2L	50VH	0.1VL	0.3VL	L	0.2VL					
12-2	2VL	4L	0.1VL	1VL	53VH	0.1VL	0.2VL	L	0.1VL					

* CODE TO RATING: VERY LOW (VL), LOW (L), MEDIUM (M), HIGH (H), AND VERY HIGH (VH).
** ENR - ESTIMATED NITROGEN RELEASE
*** MULTIPLY THE RESULTS IN ppm BY 2 TO CONVERT TO LBS. PER ACRE OF THE ELEMENTAL FORM
**** MULTIPLY THE RESULTS IN ppm BY 4.6 TO CONVERT TO LBS. PER ACRE P₂O₅
***** MULTIPLY THE RESULTS IN ppm BY 2.4 TO CONVERT TO LBS. PER ACRE K₂O
MOST SOILS WEIGH TWO (2) MILLION POUNDS (DRY WEIGHT) FOR AN ACRE OF SOIL 6-2/3 INCHES DEEP

MB Buttriss

Mike Buttriss, CPAg
A & L WESTERN LABORATORIES, INC.

This report applies only to the sample(s) tested. Samples are retained a maximum of thirty days after testing.

Figura 3-7: Ejemplo de un análisis de suelos (imagen cortesía de A&L Western Ag Laboratories)



A & L WESTERN AGRICULTURAL LABORATORIES
 1311 WOODLAND AVE #1 • MODESTO, CALIFORNIA 95351 • (209) 529-4080 • FAX (209) 529-4736

REPORT NUMBER: 08-051-042 **CLIENT:** 3541 **SUBMITTED BY:**
SEND TO: TERRA SPASE **GROWER:** TRUBODY
 345 LA FATA STREET SUITE D
 ST HELENA, CA 94574-

DATE OF REPORT: 03/21/08 **SOIL PHYSICAL CHARACTERISTICS** **PAGE:** 1

Sample ID	Lab Number	% Sand	% Silt	% Clay	Soil Texture	Moisture @ 15 Bar	Available Water %
T2-1	52631	43	26	31	CLAY LOAM		
T2-2	52632	51	20	29	SANDY CLAY LOAM		
T2-3	52633	51	22	27	SANDY CLAY LOAM		
T2-4	52634	39	30	31	CLAY LOAM		
T6A-1	52635	19	40	41	SILTY CLAY		
T6A-2	52636	13	34	53	CLAY		
T6A-3	52637	14	33	54	CLAY		

NOTES:

"Our reports and letters are for the exclusive and confidential use of our clients, and may not be reproduced in whole or in part, nor may any reference be made to the work, the result or the company in any advertising, news release, or other public announcements without obtaining our prior written authorization." © Copyright 1977 A & L WESTERN LABORATORIES, INC.

MB uttms
 Mike Buttress, CPAg
 A & L WESTERN LABORATORIES, INC.

2.7 Web Soil Survey

- El sitio [Web Soil Survey](https://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/)¹ (Sondeo de Suelos en la Red) es operado por USDA Natural Resources Conservation Service (NCRS, Servicio de Conservación de los Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) y provee mapas y datos de suelos de la mayoría de regiones en los Estados Unidos.
- [UC Davis Soil Resource Laboratory](https://casoilresource.lawr.ucdavis.edu/)² (Laboratorio de recursos para los suelos de la Universidad UC Davis) provee varias aplicaciones para suelos llamadas SoilWeb, con ellas se pueden acceder los datos del sondeo de suelos de USDA de la mayoría de regiones en los Estados Unidos.
- Mientras que Web Soil Survey es una herramienta útil, hay que tener precaución cuando la usamos en ambientes urbanos en donde puede ser que hayan sacado el suelo nativo y lo hayan reemplazado, modificado o mejorado con abonos o fertilizantes.

2.8 Aunque la identificación correcta de la textura del suelo es mejor si está hecha por un laboratorio especializado en suelos, hay varias técnicas para el muestreo de campo que nos pueden servir para hacer una evaluación preliminar de la textura del suelo.

- **Análisis de Suelo por Sedimentación** (Figura 3-8).

Figura 3-8: Análisis de sedimentación

- Este método depende de las propiedades que tengan las partículas del suelo para separarse cuando son puestas en una solución de agua que contenga un agente para separar las partículas.
- Ponga aproximadamente media taza de suelo en un frasco de un cuarto de galón.
- Agregue al frasco 3 ½ tazas de agua y 5 cucharadas de una solución de detergente líquido.
- La solución de detergente debe ser del 6% al 8% de solución de Calgon (o un detergente para lavar ropa que no haga espuma). Para hacer la solución, mezcle 1 cucharada de detergente por taza de agua.
- El análisis también se puede hacer sin el detergente, pero va a tomar más tiempo para que las partículas se asienten y algunas se van a quedar flotando en la solución.
- Tape el frasco y agítelo por 60 segundos. Después de agitarlo, déjelo sobre una superficie plana para que las partículas puedan empezar a asentarse en el fondo del frasco.
- Las partículas de arena van a ser las primeras en asentarse en el fondo, seguidas por las partículas de limo, y por último serán las de arcilla. Las partículas de arcilla más pequeñas van a permanecer flotando en la solución.
- Después de varias horas, mida el grosor de las varias bandas de partículas para estimar las proporciones de arena, limo, y arcilla en la muestra de suelo. Puede tomar hasta 24 horas o más para que las partículas de arcilla se asienten por completo en el frasco.
- Note que no todos los suelos contienen cantidades significativas de las tres partículas separadas del suelo.
- Si hay partículas finas o gruesas de color negro intenso que están suspendidas, flotando sobre el agua, o asentadas sobre la capa de arcilla, éstas son parte de la capa de materia orgánica y no deben tomarse en cuenta para hacer este análisis.



¹ <https://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/>

² <https://casoilresource.lawr.ucdavis.edu/>

Figura 3-9: Textura por análisis de "tacto"



- Determinando la **textura del suelo al "tacto"** usando sus manos (Figura 3-9).
 - Tome un poco de suelo y quítele la gravilla o desechos de plantas.
 - Humedezca un puñito de suelo en sus manos hasta formar una bolita de media pulgada.
 - Amase la bolita entre sus dedos hasta que esté completamente húmeda y sin grumos secos.
 - Ponga atención al nivel de granulosidad que siente cuando trabaja la bolita, lo cual indica que el suelo es arenoso; si se siente pegajoso, eso indica arcilla.
 - Si la muestra puede moldearse en forma de bolita pero se deshace con la menor presión, el suelo es arenoso.
 - Si el suelo se puede moldear como una cinta sin que se deshaga, esto indica varias cantidades de limo y arcilla.
 - Una cinta de menos de 1 pulgada de largo indica un tipo de suelo franco.
 - Una cinta de 1 a 2 pulgadas indica un tipo de suelo franco arcilloso.
 - Una cinta más larga de 2 pulgadas indica un tipo de suelo arcilloso
 - El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ofrece una guía más a fondo para clasificar las texturas de los suelos usando el método del "tacto".³

2.9 **La Estructura de los Suelos** se refiere a la forma en que las diferentes partículas individuales del suelo están agrupadas en pequeñas estructuras y a éstas les llamamos **agregados del suelo**. La estructura del suelo es importante porque afecta el **tamaño de los poros**. Los poros que están adentro de un agregado son más pequeños y los poros que están entre agregados son más grandes. El balance entre los espacios de los poros pequeños y los grandes, tiene un efecto en la ventilación del suelo, su permeabilidad, y capacidad para retener agua.

Figura 3-10: Estructura del suelo de izquierda a derecha (1) granular, (2) migajoso, (3) laminar



1. Granuloso



2. Migajoso



3. Laminar

³ https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcs142p2_050352.jpg

- Los agregados del suelo se describen de acuerdo a su forma, tamaño, y estabilidad.
- Los tipos comunes de agregados de los suelos (Figura 3-10) son:
 - Granular (superficies redondas) – generalmente son deseables para la horticultura
 - Migajoso (más grande que el granular)
 - Laminar (rectangular con una larga dimensión horizontal)
- Aunque la textura del suelo no se puede cambiar, su estructura puede verse afectada por factores del medio ambiente y de mantenimiento.
- La labranza, la lluvia, el riego, y la compresión pueden deshacer los agregados del suelo y arruinar la estructura del suelo.
- Incorporar materia orgánica puede mejorar la estructura de todos los tipos de suelos incluyendo los arcillosos y arenosos.

3 CÓMO SE RELACIONA EL AGUA CON LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELOS

3.1 La **infiltración** es la entrada de agua en la superficie del suelo. **Percolación** es el flujo del agua a través del suelo. La **tasa de infiltración** es la velocidad con la que el suelo absorbe el agua de la lluvia o del riego. La **tasa de percolación** es la velocidad con la que la humedad se mueve hacia abajo en el perfil del suelo. Las velocidades de infiltración y percolación están gobernadas por la **gravedad** y **las fuerzas capilares**.

- La **escorrentía** ocurre cuando la velocidad con la que el agua cae o se aplica es más rápida que la velocidad con la que el suelo puede mover el agua a través del suelo.
- Los suelos que contienen más **arena** se consideran como **livianos** y tienen una tasa de infiltración y percolación **rápida**.
- Los suelos que contienen más **arcilla** se consideran como **pesados** y tienen una tasa de infiltración y percolación más lenta que los suelos arenosos.
- Un suelo **franco** es considerado como el suelo ideal para la horticultura y la tasa con la que se infiltra y percola el agua es entre las tasas de los suelos arenosos y pesados.

Figura 3-11: Cómo viaja el agua a través del suelo – patrones mojados producidos por un emisor de goteo



- La figura 3-11 muestra los diferentes **patrones mojados** que produce un riego por goteo de 1 galón por hora en los tres diferentes tipos de suelos.

3.2 Hay varias propiedades con las que el agua se relaciona al suelo y es importante entenderlas para poder saber cómo utilizar el riego con eficiencia:

- Una **molécula de agua** (Figura 3-12) está compuesta de **2 átomos de hidrógeno** y **1 átomo de oxígeno**.
- Las moléculas de agua forman **aliciaciones de hidrógeno** y tienen **polaridad** – el átomo de oxígeno tiene una carga negativa leve y los átomos de hidrógeno tienen una carga positiva leve.
- La **polaridad** es responsable por la **cohesión** de las moléculas de agua, y la **adhesión** del agua a otras sustancias como lo son las partículas del suelo.
- La cohesión resulta en la **tensión de superficie** del agua como se observa cuando las gotas de agua caen sobre las superficies de las hojas.
- La **acción capilar** es el resultado de las fuerzas de cohesión, adhesión y la tensión de la superficie. En la figura 3-13, se ilustra cómo sube el agua a diferentes niveles en unos tubos de vidrio de diferentes diámetros. La acción capilar es la que permite que las plantas saquen el agua del suelo a través de sus raíces y tallos.
- La acción capilar es la razón por la que el suelo, especialmente un suelo con buena estructura, pueda retener el agua y moverla en direcciones que van contra la fuerza de la gravedad.
- La compresión excesiva de un suelo con buena estructura hace que los espacios que forman los poros colapsen y que se reduzca su capacidad de flujo capilar.

Figura 3-12: Molécula de agua

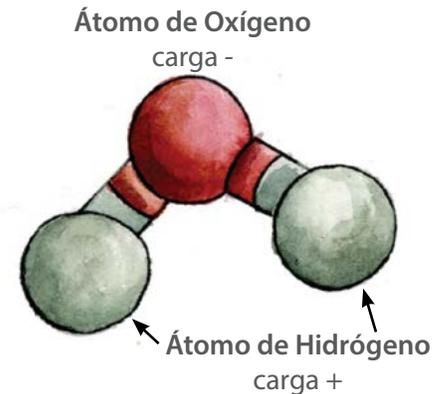
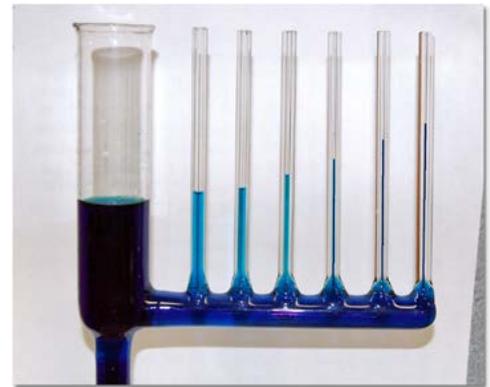


Figura 3-13: Acción capilar (imagen cortesía de USGS)

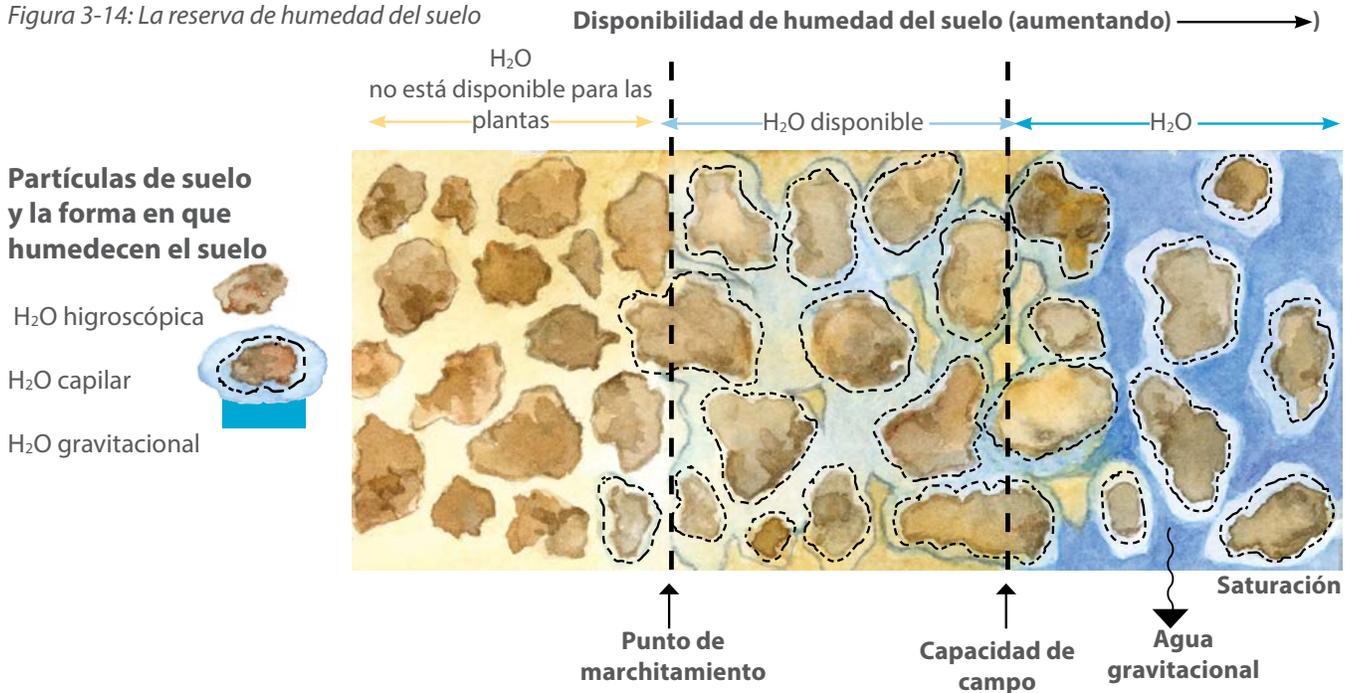


3.3 Las siguientes consideraciones son importantes para el riego (Figura 3-14):

- No toda el agua que hay en el suelo está disponible para que las plantas la absorban porque una parte del agua está atrapada y las partículas del suelo las aprisionan y no permiten que sean absorbidas por las raíces de las plantas.
- Las plantas requieren del **agua disponible**, o sea el agua que está en el suelo lista para que las raíces de las plantas las puedan absorber.
- Después de aplicar bastante agua, la mayoría de los poros en el suelo se llenan con agua y el suelo llega al **punto de saturación**.
- En un suelo saturado, una parte del agua se infiltra con más profundidad por la fuerza de gravedad. A esto le llamamos **agua gravitacional**.
- Después de que el agua gravitacional se infiltra con profundidad en el suelo, se dice que el suelo ha alcanzado la **capacidad de campo**.
- Cuando la mayor parte del agua disponible en el suelo se ha agotado, se dice que el suelo está en el **punto de marchitamiento**. En esta etapa podemos ver el estrés en las plantas porque están descoloridas y debilitadas. El riego deberá aplicarse antes del **punto permanente de marchitamiento** (planta muerta).

- **Agua higroscópica** es el agua que se forma alrededor de las partículas del suelo en capas muy delgadas. Esta agua no está disponible para que la absorban las plantas porque está atrapada en el suelo con una gran tensión y las raíces de las plantas no la pueden absorber.
- El propósito del riego es restituir la humedad en el suelo a capacidad de campo y mantener la humedad muy por encima del punto de marchitamiento.

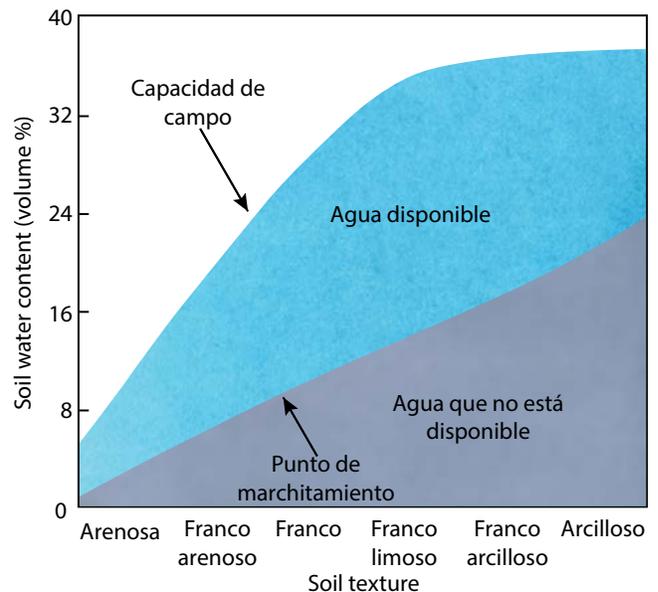
Figura 3-14: La reserva de humedad del suelo



3.4 Los suelos retienen agua dependiendo de su **textura**, estructura y contenido de **materia orgánica** (Figura 3-15).

- El agua y el aire se almacenan en los **espacios de los poros** que están entre las partículas de suelo.
- Los suelos arcillosos tienen la capacidad de retención de agua más alta cuando están en el estado de capacidad de campo, en cambio los suelos arenosos, retienen la menor cantidad de agua.
- Los suelos francos tienen la disponibilidad más grande de agua ya que las moléculas de agua se mantienen más fuertemente adheridas en los suelos arcillosos porque los espacios de sus poros son más pequeños.

Figura 3-15: Agua del suelo



3.5 La capacidad de retención de agua disponible para que las plantas las absorban en las diferentes texturas de los suelos (Tabla 3-2).

Tabla 3-2: Capacidad de retención del agua de las diferentes texturas del suelo

Textura del Suelo	Capacidad de Retención del Agua Disponible para la Planta (pulgadas de agua por pie de suelo)
Suelo con arena muy gruesa	0.4 - 0.75
Suelo con arenas gruesas, finas y francas	0.75 - 1.25
Suelo franco arenoso o franco arenoso fino	1.25 - 1.75
Suelos francos, francos con arenas muy finas, franco limosos	1.50 - 2.30
Suelos franco arcillosos, franco arcillo limosos, franco arcillo arenosos	1.75 - 2.50
Suelos arcillo arenosos, arcillo limosos, arcillosos	1.60 - 2.50

3.6 La capacidad de retención del agua es **dinámica** y se ve afectada por factores como el contenido de materia orgánica y la compresión del suelo.

- La materia orgánica aumenta la habilidad de retención del agua en el suelo para que la utilicen las plantas. La materia orgánica también mejora la estructura del suelo y la estabilidad de los agregados del suelo y el resultado es un aumento en el tamaño y volumen de los poros.
- La compresión se define en el punto 5. Problemas Comunes de los Suelos.

3.7 **Lixiviación** es el proceso por el cual los nutrientes, minerales y químicos para las plantas que son solubles en el agua se desprenden del suelo debido al exceso de la lluvia y/o riego.

- La lixiviación de fertilizantes y otros productos en el suelo es una preocupación importante del medio ambiente y puede tener impactos negativos en el agua subterránea, el agua superficial y en los océanos.
- La lixiviación de nitratos es una fuente que produce la acidificación de los suelos.
- La lixiviación puede utilizarse como una aplicación beneficiosa para eliminar la sal de los suelos. Regar con agua en exceso puede usarse para prevenir la acumulación de sal en los suelos.

4 CÓMO MONITOREAR LA HUMEDAD DEL SUELO

- 4.1 **Sondas de suelo** ((Figura 3-16 y Figura 3-17 abajo) pueden usarse para tomar muestras de suelo y determinar la profundidad a la que el agua se ha infiltrado. Examinar visualmente la profundidad a la que el agua se ha infiltrado es útil para evaluar la calidad del riego.

Figura 3-16: Derecha a izquierda (1) suelo seco, (2) seco encima, húmedo debajo, (3) húmedo debajo de la zona de las raíces



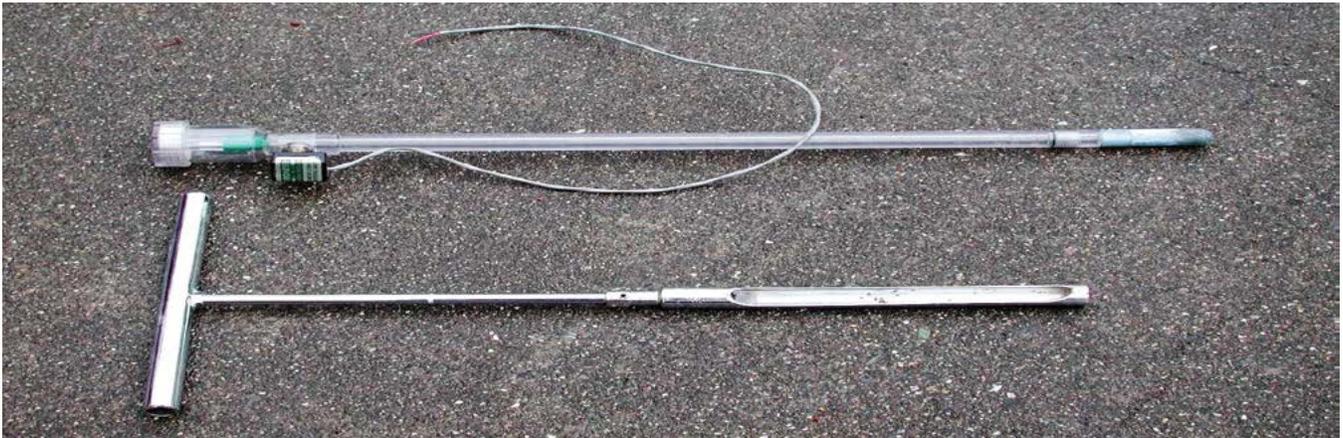
1. Suelo seco

2. Seco encima, húmedo debajo

3. Humedad debajo de la zona de las raíces

- 4.2 **Tensiómetros** (Figura 3-17 arriba) pueden usarse para determinar la disponibilidad de agua en el suelo. Estos aparatos miden la fuerza con la que el agua está atrapada en el suelo y son otro elemento útil cuando planificamos el riego.

Figura 3-17: Tensiómetro arriba, sonda de suelo abajo



- 4.3 **Sensores de humedad del suelo** (Figura 3-18) se usan en conjunción con un controlador de riego para activar un ciclo de riego cuando los niveles de humedad en el suelo se han agotado y para apagar el sistema de riego cuando el nivel de humedad en el suelo deseado ha sido alcanzado.

Figura 3-18: Izquierda a derecha (1) Watermark 200SS, (2) RainBird SMRT-Y, (3) y (4) Hunter Soil-Clik (imágenes son cortesía de Irometer Company, Inc, Rain Bird Corporation, y Hunter Industries Inc)



1

2

3

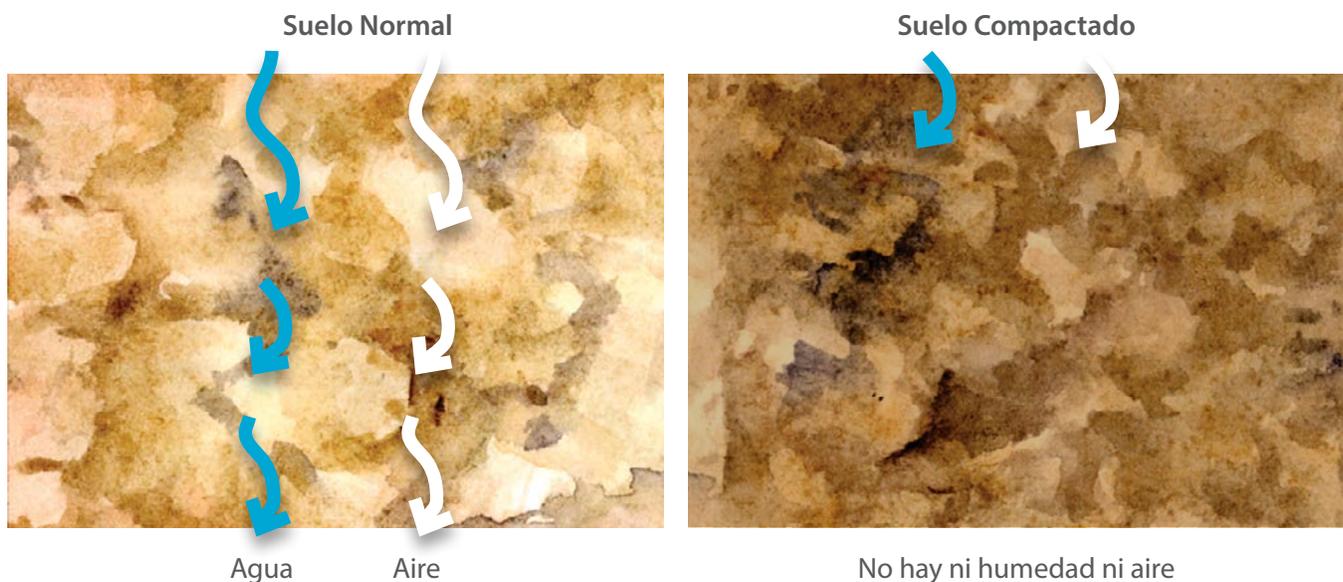
4

5 PROBLEMAS COMUNES EN LOS SUELOS

5.1 **Suelos Compactados** (Figura 3-19) ocurre cuando las partículas del suelo están bien apretadas unas con otras debido a que les ha pasado encima maquinaria pesada, tráfico peatonal, o porque los han labrado excesivamente.

- Los suelos compactados contienen menos aire y tienen menos poros que los suelos friables o suelos porosos que se desmoronan fácilmente.
- Los suelos compactados tienen relativamente menos poros lo cual resulta en una capacidad más baja de retención de agua, una tasa de infiltración más lenta, y menos oxígeno para las raíces de las plantas, todas estas condiciones pueden causar problemas de salud para las plantas en los jardines.
- En las áreas urbanas, los suelos compactados son un problema significativo. En proyectos de construcción, es muy común que permitan hasta un 85% de compresión en los suelos para las áreas que van a ajardinarse, a diferencia de la recomendación de un 50% de compresión de los suelos para lograr el crecimiento óptimo de las plantas. Las técnicas enfocadas para reducir la compresión de los suelos antes de sembrar y como parte del mantenimiento continuo de los jardines puede brindar un gran beneficio a la estructura y capacidad de retención del agua de los suelos.
- Los suelos saturados particularmente tienen la tendencia a compactarse. Tenga cuidado cuando esté trabajando sobre suelos saturados para evitar compactarlos.

Figura 3-19: Compresión del suelo



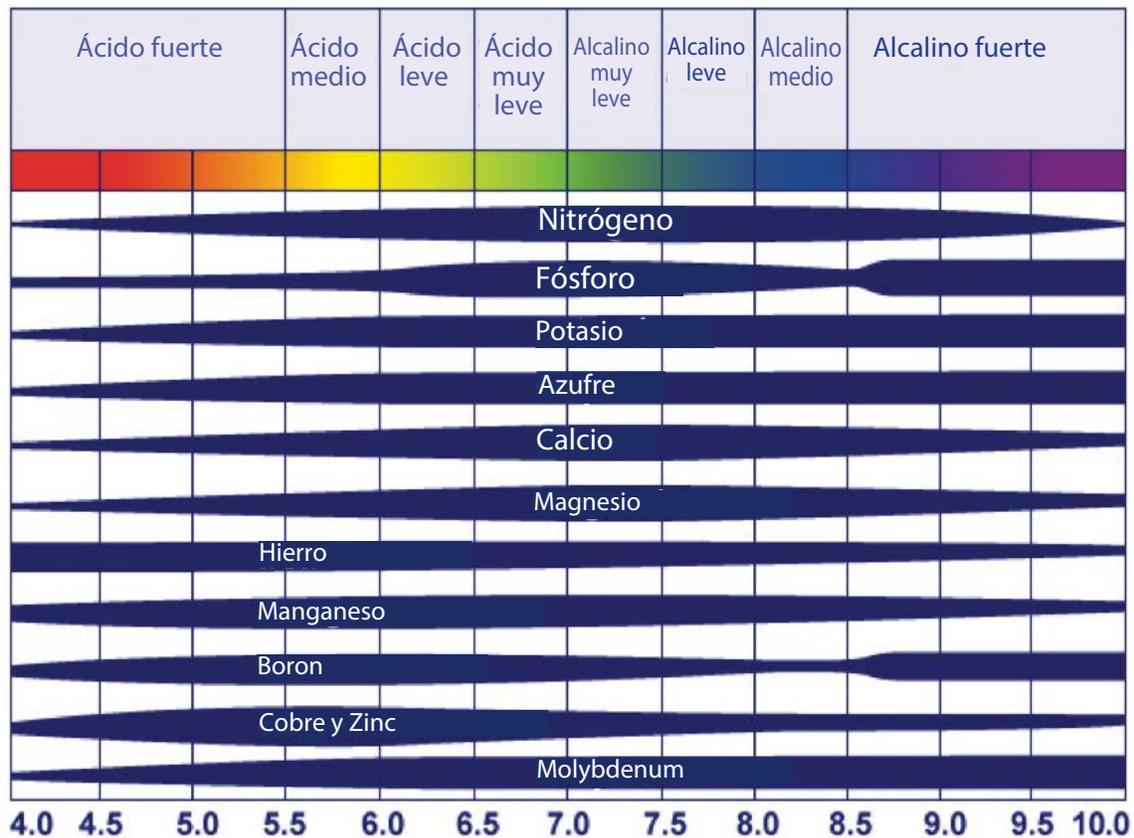
5.2 **Erosión** es la degradación o pérdida de las capas del suelo y es causada por el viento, la lluvia, o cuando el agua del riego cae sobre el **suelo expuesto** que no está cubierto por vegetación o mantillo.

- Las pendientes son particularmente susceptibles a la erosión.
- Prevengamos la erosión de los suelos al:
 - **Cubrir los suelos** con vegetación o mantillo. Las raíces de las plantas son altamente efectivas para estabilizar los suelos.
 - Evitar la escorrentía al **igualar la tasa de aplicación del sistema de riego con la tasa de infiltración del suelo** y/o utilizar **múltiples tiempos de inicio en los programas de riego** espaciados para dar un tiempo suficiente para que el agua sea absorbida por el suelo (ciclo y remojo).
 - No aplicar más agua de la que el suelo pueda absorber.
 - **Mejorar la estructura del suelo** agregando materia orgánica. La estructura óptima de los suelos va a aumentar la tasa de infiltración y la capacidad de retención del agua en el suelo.

5.3 El pH del suelo describe la **acidez** o **alcalinidad** relativa de los suelos y es importante comprenderlo porque tiene un efecto en la **disponibilidad de nutrientes para las plantas** (Figura 3-20).

- Un pH de 7.0 es neutro.
- Cuando los niveles del pH en el suelo están muy altos o muy bajos, esto provoca deficiencias de muchos nutrientes, disminuye la actividad de los microbios y disminuye la salud de las plantas y del suelo.
- La acidificación del suelo puede acelerarse con el uso ineficiente de fertilizantes ricos en nitrógeno y con la lluvia ácida.
- La causa de los suelos alcalinos puede ser porque el material primario que formó el suelo es rico en carbonato de calcio y éste se deteriora en un ambiente árido.
- Se considera que el rango de **6 a 7.5** es el pH ideal para que la mayoría de las plantas obtengan los nutrientes disponibles en el suelo.
- Cuando los niveles de pH están fuera de ese rango, la disponibilidad de nutrientes importantes puede reducirse, lo cual puede limitar el crecimiento de las plantas; así mismo, la disponibilidad de ciertos micronutrientes puede aumentar a niveles que son tóxicos para muchas plantas (Figura 3-18).
- Algunas plantas han evolucionado para poder sobrevivir y prosperar fuera del rango del pH de 6 a 7.5. Por ejemplo, los arándanos y azaleas, prefieren suelos más ácidos.
- El pH del suelo se puede determinar a través de un análisis de laboratorio o usando kits para análisis de suelos que venden en las tiendas agrícolas.

Figura 3-20: Disponibilidad de nutrientes por pH (Imagen cortesía de Growing-Life.com)



- [Cambiar el pH del suelo puede ser un gran desafío](#), puede tomar varios años, y si se logra el cambio, puede que los resultados no tarden mucho. En donde sea posible, es recomendable seleccionar plantas que prosperen en el pH que tiene el suelo.
 - Agregar pequeñas cantidades de micronutrientes regularmente puede ser más económico que intentar cambiar el pH del suelo.
 - Cuando a través del tiempo agregamos materia orgánica como la composta, el mantillo, y otros residuos de plantas, tenemos la habilidad de mejorar problemas que tienen que ver con el pH. Bajando el pH.
 - Cuando agregamos materia orgánica ácida como lo son las hojas de pino, éstas van bajando el pH gradualmente a manera que se desintegran y a través del tiempo introducen pequeñas cantidades de ácido en el suelo.
 - El azufre elemental (90-99% de azufre) se oxida despacio para ir formando el ácido sulfúrico en el suelo, así que la aplicación directa de azufre elemental y los ácidos líquidos, tienen el potencial de bajar temporalmente el pH del suelo, aunque esto es limitante debido al costo y por la capacidad de amortiguar que tiene la cal nativa del suelo.
- Subiendo el pH.
 - La piedra caliza molida y otros materiales calcáreos tienen la habilidad de subir el pH. Los suelos con una proporción más alta de arcilla requieren proporcionalmente más piedra caliza para subir el pH.

5.4 Salinidad en los suelos.

- [La salinidad](#) es la medida de la cantidad total de sales solubles que contiene el suelo.
- Cuando los niveles de sales solubles aumentan, es más difícil para las plantas extraer el agua del suelo. Algunas plantas son más resistentes que otras, pero a manera que los niveles de sal aumentan, su habilidad para extraer agua del suelo disminuye hasta que las plantas empiezan a padecer por falta de agua.
 - Este proceso es conocido como una sequía química, ya que al ver las plantas afectadas parece que estuvieran sufriendo por no tener agua.
- En el suelo, existen diferentes clases de sales, incluyendo fertilizantes o abonos y todo tipo de minerales.
- El sodio (la sal de mesa) es una de las sales que da más problemas. [La sodicidad del suelo](#) puede ser un problema más serio que otros tipos de salinidad del suelo porque la sodicidad no solamente causa cambios químicos, sino también cambios físicos en la estructura del suelo. Cuando ocurre la sodicidad en el suelo, las partículas de arcilla se separan y bloquean los espacios porosos en la estructura del suelo, lo cual impide la infiltración del agua y la circulación del aire en el suelo. El suelo se endurece y se agrieta cuando está seco y se vuelve un lodo resbaloso cuando está mojado. Los suelos sódicos pueden modificarse al aplicarles yeso para que mejoren su estructura. Los suelos sódicos deben ser identificados por un laboratorio.
- Los suelos afectados por sal son comunes en climas áridos en donde no caen suficientes lluvias para que eliminen las sales de las capas superiores de los suelos y en donde la evaporación es alta.
- La salinidad de los suelos puede empeorar con:
 - Fertilización excesiva
 - Escorrentía de los caminos o aceras en donde aplicaron sal para derretir la nieve.
 - Mal drenaje del suelo.
 - Mala calidad de agua para el riego.
 - Riego inapropiado (frecuente y en incrementos cortos).

- Los métodos para tratar con suelos salinos incluyen:
 - Lixiviación si existe el drenaje adecuado y si hay una fuente de agua limpia disponible para el riego.
 - La aplicación de yeso y azufre puede ayudar en la lixiviación del sodio de las zonas de las raíces en suelos que han sido identificados como suelos sódicos.
 - Sembrando especies de plantas tolerantes a la sal.

6 EL MANTILLO Y LOS ACONDICIONADORES PARA EL SUELO

6.1 El mantillo se refiere al material que se coloca sobre el suelo, a diferencia de los [condicionadores para el suelo](#) los cuales son incorporados entre el suelo.

6.2 El mantillo (Figura 3-21) puede consistir de [materia orgánica](#) (como madera triturada, hojas, o grama cortada) o de [materia inorgánica](#) (como piedrecillas o grava). El mantillo debe aplicarse a una profundidad de [2 a 4 pulgadas](#) y debe mantenerse alejado de las coronas o troncos de las plantas.

Figura 3-21: Mantillo de Madera Triturada



- El mantillo orgánico no debe incorporarse entre el suelo porque al desintegrarse el resultado sería que cantidades importantes de nitrógeno se queden atrapadas en el suelo y no estén disponibles para las plantas privándolas de nitrógeno.
- Es necesario que el mantillo orgánico se aplique con regularidad ya que se va desintegrando y poco a poco se va incorporando entre el suelo.
- El mantillo de plástico debe evitarse ya que no promueve la salud de un suelo vivo y con el tiempo se desintegra y se incorpora entre el suelo contaminándolo.

6.3 Para beneficiar a las especies polinizadoras que hacen sus nidos en la tierra, es bueno dejar algunas áreas sin mantillo.

6.4 Los beneficios del mantillo incluyen:

- Prevenir la germinación de semillas de malezas y su crecimiento.
- Retener la humedad del suelo y reducir la evaporación de la superficie del suelo.
- Agregar gradualmente materia orgánica al suelo a manera que el mantillo orgánico se deteriora y ayudar a mantener una red activa de alimentación para el suelo.
- Reducir la compresión del suelo y mejorar la estructura del suelo.
- Moderar la temperatura del suelo.
- Reducir la erosión del suelo.

6.5 **Acondicionadores del suelo** (Figura 3-22) son usados con frecuencia para mejorar la estructura, fertilidad y capacidad de retención de agua del suelo. Ejemplos incluyen:

Figura 3-22: Composta

- **Composta** para mejorar la estructura del suelo. La adición de materia orgánica puede mejorar la capacidad de retención del agua en suelos arenosos y mejorar las propiedades de agregación en los suelos arcillosos.
- **Biochar** tiene varios beneficios como acondicionador del suelo incluyendo el mejoramiento de la estabilidad y fertilidad de los suelos, así como también la **captura del carbono** a largo plazo.
- **Composta de estiércol añejo** se usa frecuentemente para agregar materia orgánica y nutrientes a los suelos. El estiércol debe estar añejado y no debe estar fresco. El estiércol puede contener semillas de malezas y tener niveles altos de sales.
- **Cal** se usa para subir el pH de los suelos ácidos.
- **Yeso** puede beneficiar los suelos que tienen un alto contenido de sodio y alcalinidad. Después de un análisis de laboratorio, aplique yeso en la cantidad recomendada.
- **Polímeros** pueden agregarse al suelo para mejorar la capacidad de retención del agua en algunas ocasiones y así reducir la frecuencia requerida para el riego.



7 SUELOS - PREGUNTAS PARA REPASAR

- 7.1 ¿Cuáles son los cuatro componentes principales del suelo?
- 7.2 ¿Qué es la textura del suelo y cuales son los tres tipos de partículas separadas del suelo?
- 7.3 ¿Cuántas clases de texturas hay en los suelos?
- 7.4 ¿Cuales son los pasos para usar el triángulo de textura de suelos?
- 7.5 Verdadero o Falso: La textura y la apariencia de una muestra de sedimentación de suelos puede usarse en el campo como una evaluación preliminar de la textura del suelo.
- 7.6 ¿Qué es la estructura del suelo y por qué es importante?
- 7.7 Verdadero o Falso: Los suelos que son dominados por arcillas se consideran pesados y generalmente tienen tasas de infiltración y percolación más lentas que los suelos arenosos.
- 7.8 Verdadero o Falso: Un suelo franco es considerado como el suelo ideal para los propósitos de la horticultura porque la tasa de infiltración y percolación del agua en este suelo está entre las tasas de los suelos arenosos y los suelos pesados.
- 7.9 ¿Cuál es el término que usamos para describir la habilidad que tienen las plantas para absorber el agua y los nutrientes que tiene el suelo a través de sus raíces y tallos?
- 7.10 ¿Cuál es el término que describe la cantidad total de agua que guarda el suelo después de que el agua gravitacional se ha infiltrado profundamente dentro del suelo?
- 7.11 Verdadero o Falso: Los suelos francos tienen más agua disponible comparados con los suelos arcillosos debido a que las moléculas de agua están suspendidas con más tensión en los suelos arcillosos debido a que sus espacios porosos son más pequeños.
- 7.12 Escriba el nombre de tres aparatos que podemos usar para monitorear la humedad en el suelo.
- 7.13 ¿Por qué debe preocuparnos la compresión del suelo?
- 7.14 ¿Cómo se puede prevenir la erosión?
- 7.15 Verdadero o Falso: Un suelo con un pH en el rango de 6 a 7.5 es considerado el ideal para que la mayoría de las plantas obtengan los nutrientes que necesitan.
- 7.16 Verdadero o Falso: Los suelos afectados por la sal son comunes en climas áridos.
- 7.17 ¿Cuál es la diferencia entre el mantillo y los acondicionadores para el suelo?

Sección 4:
**AGUA PARA JARDINES Y
ÁREAS VERDES**





AGUA PARA JARDINES Y ÁREAS VERDES

Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender el concepto de lo que es un presupuesto de agua para jardines y áreas verdes
2. Tener un conocimiento básico sobre lo que es la evapotranspiración
3. Familiarizarse con las fuentes de información de evapotranspiración y de las estaciones meteorológicas
4. Comprender cómo están clasificadas las plantas de acuerdo a su uso de agua
5. Comprender las hidrozonas y la selección de las plantas en función a sus diversos usos y otros factores
6. Aprender cómo calcular un presupuesto básico de agua para un jardín o paisaje
7. Aprender cómo calcular cuánta agua de riego se debe aplicar
8. Aprender los factores principales para desarrollar un presupuesto de agua para un área ajardinada
9. Ejemplos de presupuestos de agua

1 EL CONCEPTO DE UN PRESUPUESTO DE AGUA PARA LA JARDINERÍA

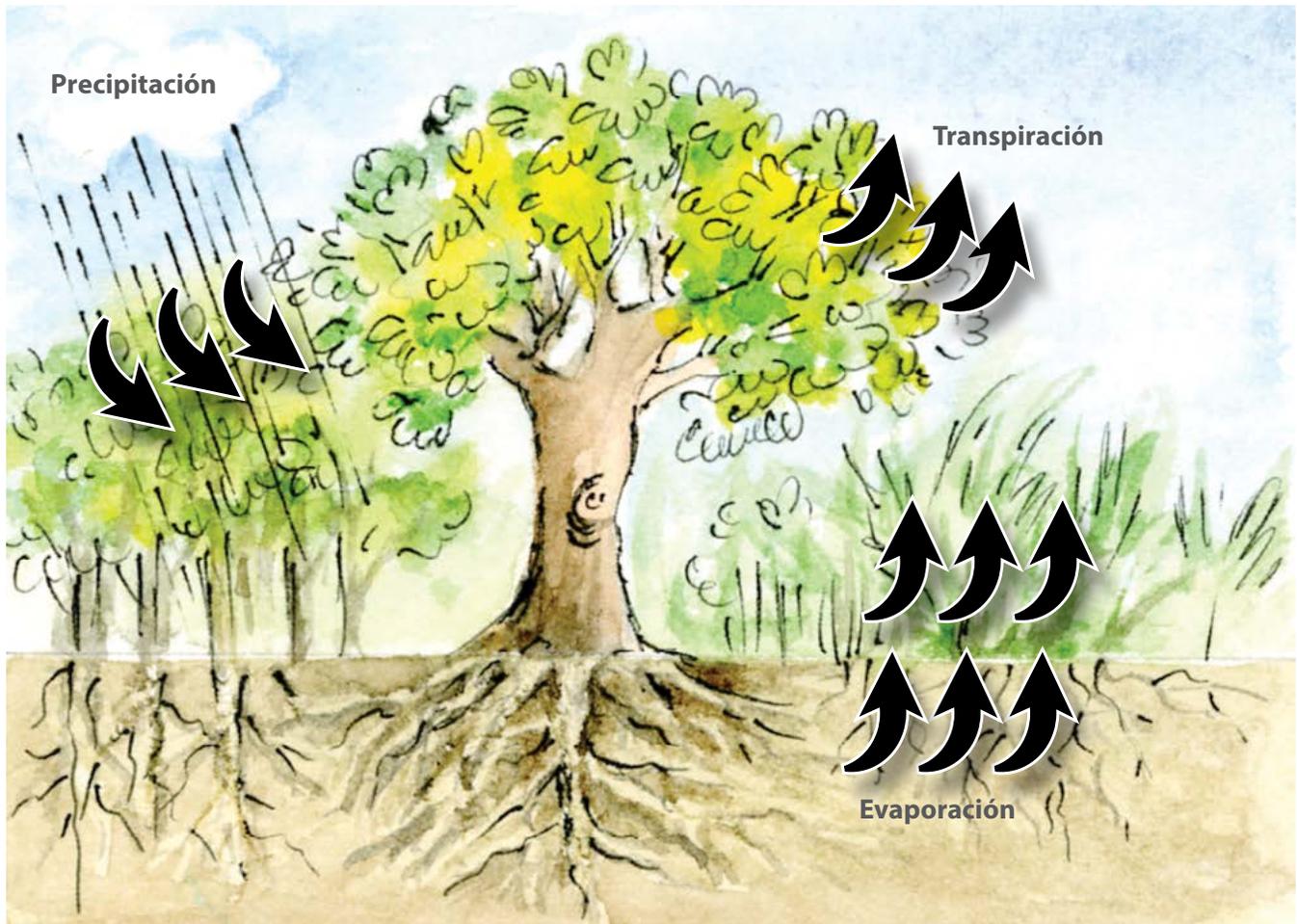
- 1.1 Un **presupuesto de agua para la jardinería** (presupuesto de agua) es una estimación de cuánta agua se necesita para mantener vivas a las plantas de un jardín en un período de tiempo dado.
- 1.2 Los presupuestos de agua son una herramienta esencial en la planificación y la administración del agua para la jardinería.
- 1.3 Existen tres elementos para hacer un presupuesto de agua básico:
 - Clima
 - Tipo de planta
 - Área

$$\text{Presupuesto de Agua} = \text{Clima} \times \text{Tipo de Planta} \times \text{Área}$$

2 EVAPOTRANSPIRACIÓN

- 2.1 **Evapotranspiración** (ET) es un componente importante del ciclo del agua y significa la pérdida de agua

Figura 4-1: Evapotranspiración



hacia la atmósfera por medio del proceso combinado de **evaporación** (del suelo y las superficies de las plantas) y **transpiración** (a través de los tejidos de las plantas) (Figura 4-1).

2.2 La ET cambia a medida que el clima cambia y se ve afectada por muchos factores, incluyendo:

- Radiación solar – la energía de luz que viene del sol. Varía de acuerdo al área geográfica, la hora del día, la estación del año, el clima y factores como la sombra.
- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Velocidad del viento.
- Exposición del suelo.
- Densidad de la plantas. La transpiración se ve directamente afectada con relación a la cantidad de hojas que cubre una superficie dentro de un área dada. Las áreas con más densidad de plantas tienen más transpiración que las áreas con pocas plantas

2.3 La **ET de referencia** es la tasa de ET de un cultivo específico expresado en **pulgadas**.

- Como cultivo de referencia, la industria de la jardinería usa la ET de una grama de estación fría sembrada como césped bien regado que se mantiene cortado de 4 a 6 pulgadas de alto. A esto le llamamos **ET_o** (por sus iniciales en inglés).
 - La grama de estación fría sembrada como césped se usa como cultivo de referencia porque puede cultivarse y mantenerse con consistencia en una amplia variedad de lugares, permitiendo hacer comparaciones significativas.

2.4 **ET_o** es el punto de referencia para calcular cuánta agua va usar una planta en un jardín y representa el clima del lugar en donde está sembrada la planta cuando calculamos un presupuesto de agua.

2.5 **ET_o** puede medirse usando cualquier período de tiempo, por ejemplo: por hora, diariamente, semanalmente, mensualmente, o anualmente.

¹www.ncdc.noaa.gov/

3 FUENTES DE ETo E INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

3.1 Para poder hacer que nuestros cálculos de agua requerida por las plantas y los jardines sean precisos, es esencial consultar fuentes confiables y precisas de datos ETo.

- Las estaciones meteorológicas se usan para obtener los datos requeridos para calcular ETo.
- Es preferible la información ETo diaria porque provee la estimación de agua más precisa requerida por las plantas.
- Si no tenemos esa información disponible, podemos usar promedios históricos. NOAA¹ y los centros climatológicos del Estado son buenas fuentes para obtener información histórica.

3.2 Las medidas típicas que toman las estaciones meteorológicas (Figura 4-2) incluyen:

- Radiación solar (piranómetro)
- Temperatura del suelo y el aire (termistor)
- Humedad relativa (sonda)
- Dirección del viento (veleta)
- Velocidad del viento (anemómetro)
- Precipitación (pluviómetro de balancín)

3.3 Para determinar los valores específicos del mes de más alto uso de agua para el riego, el ET estimado, y la precipitación de lluvia por código postal específico en los Estados Unidos, podemos usar el programa [Water Budget Data Finder](#)² de EPA WaterSense

- El programa Water Budget Data Finder (Encontrando Datos para Presupuestos de Agua) se basa en la información histórica recolectada de 1961 a 1990.

3.4 **California:** El programa [California Irrigation Management Information System](#) (CIMIS, Sistema de Información para la Administración de Sistemas de Riego en California) es operado por [California Department of Water Resources](#) (DWR, Departamento de Recursos de Agua de California) y provee información sobre ETo y otros datos relacionados con el clima en California.

- CIMIS es una red de más de 145 estaciones meteorológicas automatizadas en el estado de California.
- CIMIS fue desarrollada en 1982 por DWR y UC Davis (Universidad de California en Davis). CIMIS fue diseñada para ayudar a las personas que usan el agua para el riego para que puedan administrar sus recursos de agua de una forma más eficiente.
- El [sitio de Internet de CIMIS](#)³ provee a los usuarios, acceso gratis a datos recolectados desde 1989 hasta la fecha.

Figura 4-2 Estación Meteorológica



² <https://www.epa.gov/watersense/water-budget-data-finder>

- Las estaciones meteorológicas de CIMIS están situadas con frecuencia en áreas donde han sembrado césped y que son irrigados con regularidad como campos de golf, cementerios y campos para jugar deportes.
- La mayoría de California tiene un clima Mediterráneo, el cual está caracterizado por meses de verano calurosos y secos, y meses de invierno más fríos con períodos de lluvia. Un clima Mediterráneo es diferente a un clima más árido y desértico.
- CIMIS ha dividido a California en **18 zonas climatológicas** como demuestra la Figura 4-3.
- El **mes de julio es en el que más se usa el riego** en la mayoría de las zonas climatológicas en California.

Figura 4-3a: Zonas ETo de CIMIS (California DWR)

Zonas de Referencia de Evapotranspiración	
1	PLANICIES Y VALLES COSTEROS CON CINTURÓN DE NIEBLA ESPESA tienen el ETo más bajo en California, se caracterizan por niebla espesa
2	VALLES COSTEROS Y ÁREAS MIXTAS CON NIEBLA tienen menos niebla y un ETo más alto que el de la zona 1
3	VALLES COSTEROS Y PLANICIES DE LAS MONTAÑAS DE LA COSTA AL NORTE tienen más sol y un ETo más alto que el de la zona 2
4	COSTA SUR, PLANICIES DEL INTERIOR Y MONTAÑAS AL NORTE DE SAN FRANCISCO tienen más sol y un ETo más alto que el de la zona 3
5	VALLES INTERIORES DEL NORTE valles al norte de San Francisco
6	COSTA CENTRAL DE TIERRAS ALTAS Y CUENCA DE LOS ANGELES, elevaciones más altas que las áreas costeras
7	PLANICIES DEL NORESTE
8	INTERIOR DEL ÁREA DE LA BAHÍA DE SAN FRANCISCO, área interior cerca de San Francisco con un poco de influencia del mar
9	TRANSICIÓN DEL MAR DE LA COSTA SUR HACIA EL DESIERTO área del interior entre los climas marinos y desérticos
10	MESETA NORCENTRAL Y CADENA COSTERA CENTRAL áreas frías y elevadas con luz solar fuerte durante el verano; la zona tiene información climatológica limitada y la selección de zonas es un tanto subjetiva
11	SIERRA NEVADA CENTRAL valles de montaña al este de Sacramento con un poco de influencia de la brisa del delta del río en el verano
12	LADO ESTE DE SACRAMENTO - VALLE DE SAN JOAQUÍN ETo bajo en el invierno y alto en el verano, un poco más bajo que el ETo de la zona 14
13	SIERRA NEVADA DEL NORTE valles montañosos del norte de la Sierra Nevada con menos influencia marina que la zona 11
14	MITAD DEL VALLE CENTRAL, SIERRA NEVADA DEL SUR, TEHACHAPI Y MONTAÑAS DEL DESIERTO ALTO sol de verano candente y viento en algunos lugares
15	EL NORTE Y EL SUR DEL VALLE DE SAN JOAQUÍN, ETo un poco más bajo durante el invierno por la niebla y ETo un poco más alto en el verano que las zonas 12 y 14
16	LADO OESTE DEL VALLE DE SAN JOAQUÍN Y MONTAÑAS AL ESTE Y OESTE DEL VALLE IMPERIAL
17	VALLES DEL DESIERTO ALTO valles en el desierto alto cerca de Nevada y Arizona
18	VALLE IMPERIAL, DEATH VALLEY Y PALO VERDE áreas desérticas bajas con alta luz solar y desplazamiento considerable de aire caliente

³ <http://www.cimis.water.ca.gov/>

- El promedio mensual de ETo más alto en California está entre el rango de 4.65 pulgadas en la zona climatológica 1 a casi 10 pulgadas en las zonas 17 y 18.
- En la figura 4-4 vemos algunos ejemplos de los promedios mensuales de ETo por zona climatológica.
- En la figura 4-5 vemos un ejemplo de los promedios históricos de ETo y lluvias por mes para la estación climatológica 83 de CIMIS en Santa Rosa (zona climatológica 5) durante el período de 1990 a 2015.

Figura 4-3b: Zonas ETo de CIMIS (California DWR)

Promedio Mensual de Evapotranspiración de Referencia por Zona de ETo (pulgadas/mes)													
Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1	0.93	1.40	2.48	3.30	4.03	4.50	4.65	4.03	3.30	2.48	1.20	0.62	32.9
2	1.24	1.68	3.10	3.90	4.65	5.10	4.96	4.65	3.90	2.79	1.80	1.24	39.0
3	1.86	2.24	3.72	4.80	5.27	5.70	5.58	5.27	4.20	3.41	2.40	1.86	46.3
4	1.86	2.24	3.41	4.50	5.27	5.70	5.89	5.58	4.50	3.41	2.40	1.86	46.6
5	0.93	1.68	2.79	4.20	5.58	6.30	6.51	5.89	4.50	3.10	1.50	0.93	43.9
6	1.86	2.24	3.41	4.80	5.58	6.30	6.51	6.20	4.80	3.72	2.40	1.86	49.7
7	0.62	1.40	2.48	3.90	5.27	6.30	7.44	6.51	4.80	2.79	1.20	0.62	43.3
8	1.24	1.68	3.41	4.80	6.20	6.90	7.44	6.51	5.10	3.41	1.80	0.93	49.4
9	2.17	2.80	4.03	5.10	5.89	6.60	7.44	6.82	5.70	4.03	2.70	1.86	55.1
10	0.93	1.68	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.13	5.10	3.10	1.50	0.93	49.1
11	1.55	2.24	3.10	4.50	5.89	7.20	8.06	7.44	5.70	3.72	2.10	1.55	53.1
12	1.24	1.96	3.41	5.10	6.82	7.80	8.06	7.13	5.40	3.72	1.80	0.93	53.4
13	1.24	1.96	3.10	4.80	6.51	7.80	8.99	7.75	5.70	3.72	1.80	0.93	54.3
14	1.55	2.24	3.72	5.10	6.82	7.80	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.55	57.0
15	1.24	2.24	3.72	5.70	7.44	8.10	8.68	7.75	5.70	4.03	2.10	1.24	57.9
16	1.55	2.52	4.03	5.70	7.75	8.70	9.30	8.37	6.30	4.34	2.40	1.55	62.5
17	1.86	2.80	4.65	6.00	8.06	9.00	9.92	8.68	6.60	4.34	2.70	1.86	66.5
18	2.48	3.36	5.27	6.90	8.68	9.60	9.61	8.68	6.90	4.96	3.00	2.17	71.6

Figura 4-4: Ejemplos de ETo por zona climatológica en California (promedio 1990 a 2015)

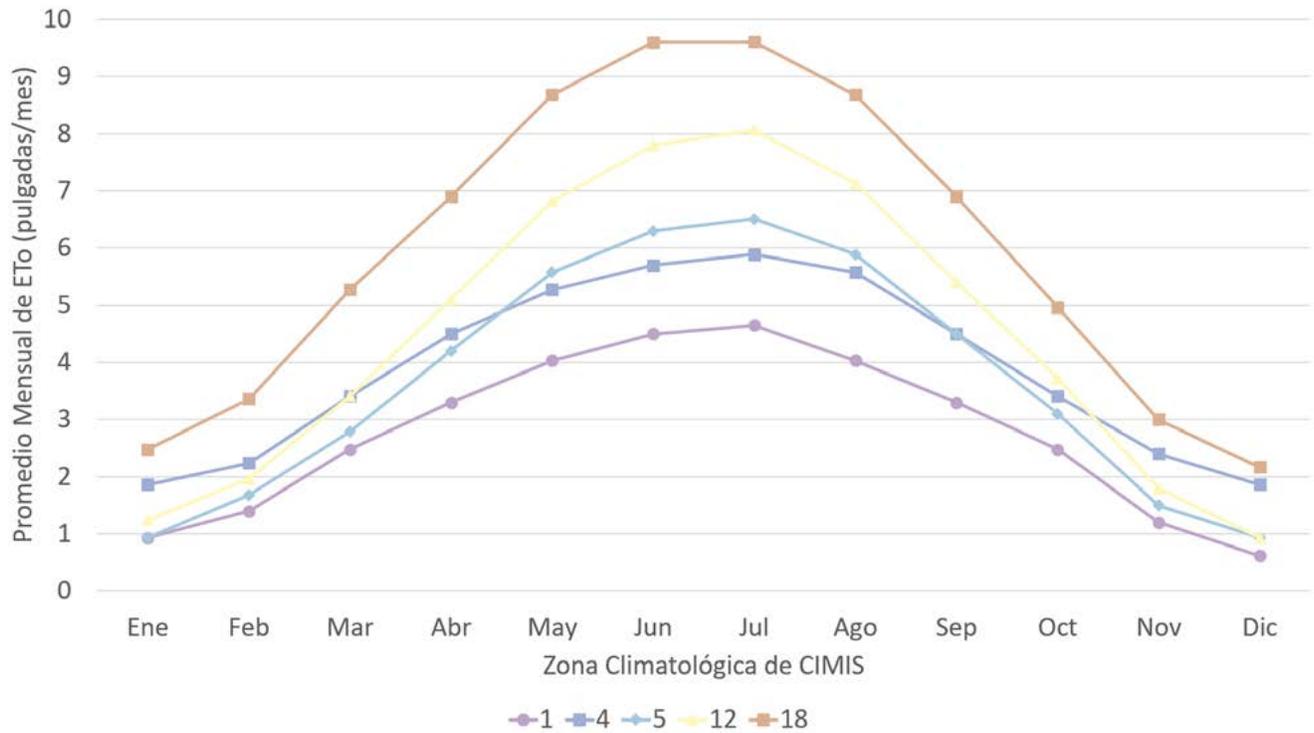
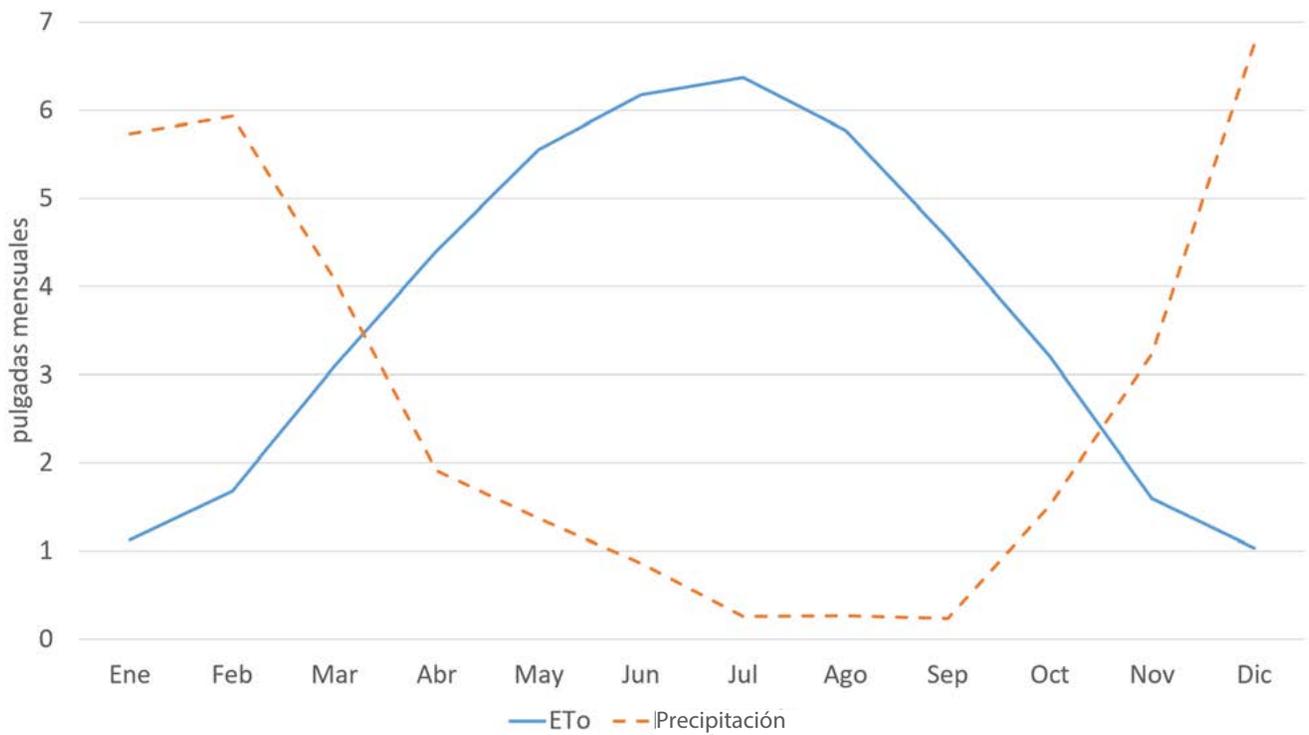


Figura 4-5: ETo de la Estación CIMIS 83 y precipitación para Santa Rosa (promedio 1990 a 2015)



4 CLASIFICACIONES DE LAS PLANTAS DE ACUERDO AL AGUA QUE NECESITAN

- 4.1 Para que diversas especies de plantas se mantengan vivas y prosperen, van a requerir diferentes cantidades de agua. El agua que requiere cada especie de planta puede expresarse como un **porcentaje de ETo** y nos referimos a éste como el **Factor Planta** (PF por sus iniciales en inglés).
- El Factor Planta o PF es el componente que representa el tipo de planta que vamos a usar para calcular el presupuesto de agua.
 - Con frecuencia las plantas están clasificadas por las necesidades de agua que tienen: altas, moderadas, bajas, o muy bajas; o por tipo de planta, por ejemplo: árboles, arbustos, plantas perennes, césped.
- 4.2 El programa WaterSense de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente ofrece una herramienta para presupuestar el agua para el riego llamada Water Budget Tool y utiliza las siguientes clasificaciones:

Tabla 4-1: Herramienta para presupuestar el agua de acuerdo al factor planta de EPA WaterSense

Tipo de Planta	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Árboles	20	50	90
Arbustos	20	50	70
Plantas rastreras	20	50	70
Césped	60	70	80

- 4.3 **California:** El manual de **Water Use Classification of Landscape Species**⁴ (WUCOLS, Clasificación de Especies de Plantas para la Jardinería de Acuerdo al Agua que Usan) provee clasificaciones para 3,500 plantas de acuerdo al agua que necesitan en California. WUCOLS fue iniciada y financiada por California Department of Water Resources (DWR, Departamento de Recursos de Agua de California).
- La tabla 4-2 muestra las clasificaciones de WUCOLS y los porcentajes de ETo requeridos

Tabla 4-2: WUCOLS - clasificación de especies de plantas para la jardinería de acuerdo al agua que usan

Categoría	% de ETo	Ejemplos
H (Alta, del inglés High)	70 - 90	Césped, anuales, sauces y secoyas
M (Moderada, del inglés Moderate)	40 - 60	Muchas plantas ornamentales comunes, árboles frutales, rosas y plantas perennes
L (Baja, del inglés Low)	10 - 30	Muchas plantas nativas de California y del Mediterráneo, y plantas que necesitan poca agua
VL (Muy Baja, del inglés Very Low)	< 10	Especies de plantas que toleran bastante la sequía

- Para cada planta, WUCOLS provee clasificaciones para **seis regiones climatológicas** (Tabla 4-3).
- Esta información es útil porque la clasificación del uso de agua de una planta puede cambiar dependiendo del número de su región. Por ejemplo, muchas plantas que están asignadas a la clasificación de uso de agua baja en áreas de la costa, se convierten en plantas en la clasificación de uso de agua moderada cuando están sembradas tierra adentro.
- WaterWonk es un sitio de Internet que ofrece una herramienta de búsqueda usando las clasificaciones de las plantas basadas en la información de WUCOLS.⁵

⁴ <https://ucanr.edu/sites/WUCOLS/>

⁵ <http://www.waterwonk.us/>

Tabla 4-3: Regiones climáticas de acuerdo a la clasificación WUCOLS (2014)

Región	Región WUCOLS	Zonas Climáticas de las Publicaciones Sunset	Zonas de las Estaciones Metereológicas CIMIS	Ciudades Representativa
1	Costera Central-Norte	14, 15, 16, 17	1, 2, 3, 4, 6, 8	Healdsburg, Napa, San Jose, Salinas, San Francisco, San Luis Obispo
2	Valle Central	8, 9, 14	12, 14, 15, 16	Auburn, Bakersfield, Chico, Fresno, Modesto, Sacramento
3	Costera Sur	22, 23, 24	1, 2, 4, 6	Irvine, Los Angeles, Santa Barbara, Ventura, Vista
4	Sur Tierra Adentro	18, 19, 20, 21	9	Corona, Escondido, Pasadena, Riverside, San Bernardino, Santa Paula
5	Desierto Alto e Intermedio	11	14, 17	Apple Valley, Barstow, Bishop, Lancaster, Lone Pine, Tehachapi
6	Desierto Bajo	13	18	Borrego Springs, Blythe, Death Valley, El Centro, Needles, Palm Springs

4.4 Algunas fuentes de información proveen normas sobre las necesidades de agua de varias especies de plantas, y en otras puede que sea necesario utilizar otros recursos para determinar las necesidades de agua de una planta determinada. Algunos recursos que pueden ayudar incluyen:

- Investigaciones de Universidades
- Master Gardeners locales (Jardineros Maestros)
- Viveros de plantas locales
- Publicaciones y sitios de Internet de su ciudad/agencias
- Sunset Western Garden Book (Libro de Jardinería para el Oeste por publicaciones Sunset)

4.5 Muchas plantas tienen **características que las identifican** como plantas que necesitan poca agua (Figura 4-6).

- Las plantas adaptadas a un clima de verano seco pueden entrar en dormancia para poder sobrevivir condiciones de sequía.
- Las plantas del Mediterráneo muestran adaptaciones y pueden tener hojas duras o coriáceas (como de cuero), hojas pequeñas, raíces profundas y raíces fibrosas.
- Hojas cerosas, velludas, y de color gris también son características de plantas que conservan agua.

Figura 4-6: Plantas que usan poca agua de izquierda a derecha: (1) Ceanothus, (2) Dudleya de Yeso, (3) Roble Perenne de la Costa, (4) Salvia Blanca



- Las suculentas tienen tallos carnosos y hojas que pueden absorber y guardar el agua.
- Las plantas que usan más agua con frecuencia tienen hojas grandes y suaves, flores grandes, raíces fibrosas o filamentosas que crecen a ras de la tierra.
 - Si son requeridas, debemos concentrar las plantas que usan más agua y las que van a estar sembradas en áreas de alta visibilidad en donde tengan el impacto estético más alto, pero en un área de riego pequeña.
- Muchas **plantas comestibles** tienen una clasificación de acuerdo al agua que necesitan entre bajo y moderado. Los ejemplos incluyen las granadas, duraznos y ciruelos. Usar agua para cultivar plantas comestibles es muy beneficioso y reduce la necesidad de cultivarlas y transportarlas a niveles industriales.

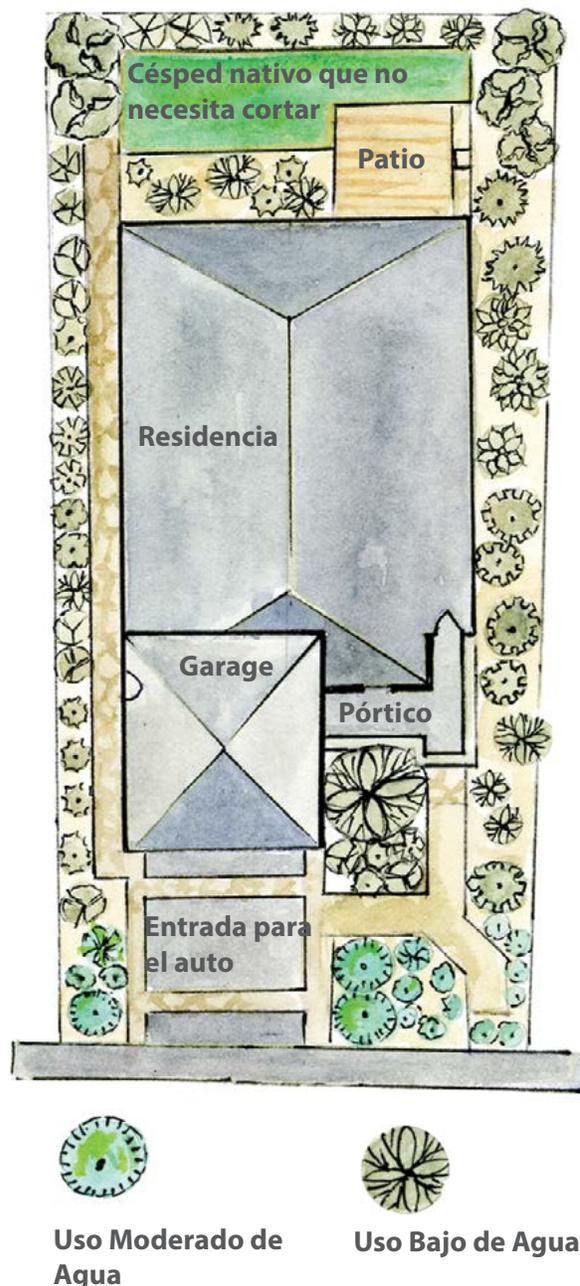
5 HIDROZONAS Y SELECCIÓN DE LAS PLANTAS

5.1 Una **hidrozona** es una agrupación de plantas que tienen la misma clasificación de acuerdo al agua que necesitan y al microclima en que crecen y deben asignarse a **una sola válvula de riego**. Las plantas deben agruparse y sembrarse en hidrozonas separadas tomando en cuenta los siguientes factores:

- Clasificación de acuerdo al agua que necesita la planta (Figura 4-7).
- Profundidad de la raíz.
- Microclima (sol, sombra, viento, calor).
- Inclinación y elevación.
- Tipo de suelo.
- Dispositivos para el riego con tasas de aplicación diferentes.
- Las plantas que están adaptadas a veranos secos deben sembrarse en una hidrozona diferente de las que requieren más humedad durante el verano.

5.2 El **área ajardinada** o hidrozona representa el componente del área que vamos a usar para calcular un presupuesto de agua.

Figura 4-7: Ejemplo de hidrozona



5.3 Nunca mezcle plantas que necesitan más agua con plantas de uso moderado de agua en la misma hidrozona. En un área ajardinada que debe tener sembradas especies que necesitan diferentes cantidades de agua, la planta con la clasificación más alta en el uso de agua es la que determina el factor planta para la hidrozona entera.

- Por ejemplo, si un área de riego de 500 pies cuadrados con una sola válvula contiene 250 pies cuadrados de plantas clasificadas de uso bajo de agua y 250 pies cuadrados de plantas clasificadas de uso moderado de agua, entonces el área entera deberá considerarse como una hidrozona de uso de agua moderada.
- Hacer esto resulta en un desperdicio de agua ya que las plantas de uso bajo de agua van a recibir más agua de la que necesitan.
- Hacer esto también puede causar que las plantas mueran antes de tiempo especialmente para muchas de las plantas de clima Mediterráneo y plantas nativas de California.

5.4 Otras consideraciones relacionadas con la selección de plantas que debemos tener incluyen:

- Condiciones ambientales del lugar.
 - Seleccione plantas que van a prosperar en el microclima existente, tomando en consideración factores como exposición al sol, la dirección predominante del viento, rango de temperaturas, lluvias, topografía, tipo de suelo, y pH del suelo.
 - Cambiar las condiciones del microclima para que la planta prospere puede ser muy costoso y al final puede que las plantas no sobrevivan.
- El tamaño que va a tener la planta adulta, su tasa de crecimiento, y las características de su cultivo.
 - Seleccione plantas cuyo tamaño adulto sea deseado y evite sembrar plantas que van a crecer más grandes que el área del jardín. Si no lo hace, esto va a resultar en tener que podar más de lo normal, tener que usar más agua, a que las plantas crezcan débiles y a tener que usar muchos más recursos de mantenimiento.
 - No siembre enfrente de los aspersores porque es muy seguro que las plantas van a bloquear el paso del agua y esto resultará en una mala uniformidad de distribución, escorrentía y en usar más agua.
- Función de las Plantas.
 - Tome en cuenta la función deseada de cada planta; por ejemplo, el uso de plantas para bloquear las vistas indeseables, el viento, aumentar la privacidad, brindar sombra, prevenir la erosión, pensando en evitar incendios (firescaping), para brindar hábitats para la vida silvestre o áreas de recreación. Al sembrar árboles caducifolios (que pierden sus hojas en el otoño e invierno) vamos a tener sombra durante el verano y en el invierno al no tener hojas van a permitir que entre la luz y el calor del sol.
- Reglamentos que deben influenciar las plantas que seleccionemos.
 - Limitar las áreas de césped.
 - Revisar los diseños de jardines nuevos.
 - Requerir la inclusión de plantas nativas.
 - Respetar las limitaciones del presupuesto de agua.
 - Respetar las restricciones de riego.

6 CALCULANDO UN PRESUPUESTO DE AGUA

6.1 La fórmula para hacer el cálculo de un presupuesto básico de agua multiplica la evapotranspiración de referencia (ET_o), el factor planta (PF), y el área ajardinada (LA). El resultado es multiplicado por una constante de 0.62 para [convertir de pulgadas a galones](#) (7.48 galones por pie cúbico dividido por 12 para convertir ET_o de pulgadas a pies).

$$\text{Presupuesto de Agua} = \text{Clima} \times \text{Tipo de Planta} \times \text{Área}$$

$$\text{Presupuesto de Agua} = \text{ET}_o \times \text{PF} \times \text{LA} \times 0.62$$

6.2 Ejemplos de Presupuestos de Agua

- Un área ajardinada de 1,000 pies cuadrados, PF de 0.8, ET_o del mes en que usamos más agua de: 6 pulgadas = $6 \times 0.8 \times 1,000 \times 0.62 = 2,976$ galones
- Un área ajardinada de 500 pies cuadrados, PF de 0.8, ET_o del mes en que usamos más agua de: 6 pulgadas = $6 \times 0.8 \times 500 \times 0.62 = 1,488$ galones
- Un área ajardinada de 1,000 pies cuadrados, PF de 0.2, ET_o del mes en que usamos más agua de: 6 pulgadas = $6 \times 0.2 \times 1,000 \times 0.62 = 744$ galones

6.3 **California:** La tabla 4-4 muestra el rango de un presupuesto anual de agua usando como ejemplo un área ajardinada de 1,000 pies cuadrados en California.

- Existe una gran diferencia entre la cantidad de agua requerida para mantener vivas y prosperando a plantas de uso alto y moderado de agua comparado con plantas de uso bajo y muy bajo.
- Esta diferencia se vuelve más compleja con el hecho que muchas especies de plantas nativas de California y del Mediterráneo están adaptadas a climas en donde los veranos son secos y no requieren la cantidad de riego durante el verano como lo indican los cálculos.
- Cuando nos esmeramos en hacer diseños de jardines, es posible mantener un jardín o paisaje que, cuando alcance todo su esplendor, pueda prosperar sin tener que usar un riego complementario.

Tabla 4-4: Rango de un presupuesto anual de agua para un jardín de 1,000 pies cuadrados en California

Categoría	PF (Factor Planta)	ET _o Anual (en pulgadas)	Presupuesto de Agua Aproximado (en galones)
H (Alta)	0.8	32.9 – 71.6	16,000 – 35,500
M (Moderada)	0.5		10,000 – 22,000
L (Baja)	0.2		4,000 – 9,000
VL (Muy Baja)	0.05		1,000 – 2,000

7 REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA EL RIEGO

- 7.1 La precipitación en forma de lluvia reduce la necesidad de usar el riego complementario. Pero, debemos notar que no toda la lluvia que cae es absorbida por el suelo para convertirse en agua disponible para las plantas. La **Precipitación Efectiva o EP** (por sus iniciales en inglés) es una estimación de la cantidad de lluvia que entra en el suelo y que está disponible para que la absorban las plantas.
- La precipitación efectiva (EP) va a ser menos que la lluvia que cae por varias razones; cuando cae poca lluvia, ésta no se infiltra en el suelo. Por otro lado, cuando llueve fuerte, una cantidad significativa del agua corre hacia los sistemas de desagüe o se pierde por percolación profunda.
 - La herramienta Water Budget Tool de EPA WaterSense estima una precipitación efectiva del 25% en el mes que llueve más.
 - EL **Model Water Efficient Landscape Ordinance** (MWELo, Modelo Decretado para el Uso Eficiente del Agua en Jardines) estima la precipitación efectiva como el 25% del total de las lluvias anuales.
- 7.2 Cuando usamos un sistema de riego, es necesario aplicar más agua de la que las plantas necesitan para compensar las ineficiencias del sistema de riego. Comúnmente usamos dos formas diferentes para medir y estimar cuánta agua adicional debemos aplicar para compensar por las ineficiencias del sistema de riego.
- **Eficiencia del Riego** (IE por sus iniciales en inglés) es una medida que refleja la cantidad de agua con la que las plantas van a beneficiarse comparada con la cantidad de agua que es aplicada por medio de un sistema de riego.
 - Normalmente la IE se expresa como un porcentaje, donde el 100% representa eficiencia perfecta.
 - La IE refleja factores como la administración del agua, escorrentía, evaporación, fugas, y rocío provocado por el viento.
 - **Uniformidad de Distribución** (DU por sus iniciales en inglés) es una medida diferente que brinda una medida de qué tan uniforme es la aplicación del agua en una hidrozona.
 - La DU es un valor entre cero y 1.0, en donde 1.0 representa uniformidad perfecta.
 - La DU es más fácil de medir que la IE o eficiencia del riego.
 - Algunos presupuestos de agua usan IE y otros usan DU.
 - Los conceptos de IE y DU se van a cubrir en detalle en la Sección 7, Auditoría de Sistemas de Riego.
- 7.3 Al cálculo de la cantidad de agua para el riego que vamos a aplicar en galones, le restamos la precipitación efectiva (EP) de un presupuesto básico de agua en 6.1 y toma en cuenta las ineficiencias de un sistema de riego (IE).

$$\text{Agua para el Riego} = [(\text{Clima} \times \text{Tipo de Planta}) - \text{Lluvia}] \times \text{Área} \div \text{Eficiencia}$$
$$\text{Agua para el Riego} = [(\text{ETo} \times \text{PF}) - \text{EP}] \times \text{LA} \div \text{IE} \times 0.62$$

7.4 Ejemplos de Requerimientos de Agua para el Riego.

- Un área ajardinada de 1,000 pies cuadrados, PF de 0.8, ETo del mes en que usamos más agua de: 6 pulgadas. EP es 0 pulgadas, IE es 0.7
- Agua para el Riego = $[(6 \times 0.8) - 0] \times 1,000 \div 0.7 \times 0.62 = 4,251$ galones
- 1,000 sq ft landscape area, PF of 0.8, peak monthly ETo of 6 inches, EP of 1 inch and IE of 0.7
Irrigation Water = $[(6 \times 0.8) - 1] \times 1,000 \div 0.7 \times 0.62 = 3,366$ gallons
- 1,000 sq ft landscape area, PF of 0.8, peak monthly ETo of 6 inches, EP of 1 inch and IE of 0.6
Irrigation Water = $[(6 \times 0.8) - 1] \times 1,000 \div 0.6 \times 0.62 = 3,927$ gallons

8 DESAFÍOS DE LOS PRESUPUESTOS DE AGUA

8.1 Debemos saber el factor ETo.

- No todas las áreas tienen información confiable de ETo.
- Es preferible usar la información de ETo actual que los promedios históricos.

8.2 Determinar el Factor Planta o PF puede ser más difícil en práctica.

- Los jardines nuevos deben tener un plan en donde identifican que tipo de plantas van a sembrar.
- Los jardines existentes cuentan con el conocimiento, experiencia y observaciones de la persona que administra el agua.
- Existen diferencias de opinión sobre los factores planta (PFs) apropiados dependiendo de la fuente de información que se ha usado para clasificarlas y también cuando tomamos en cuenta factores como microclimas y densidad de las plantas.

8.3 El área ajardinada debe conocerse o medirse.

- Los jardines nuevos deben tener planes que proveen sus medidas.
- A los jardines existentes, necesitaremos tomarles medidas.
- Las áreas que no van a ser regadas deben excluirse cuando tomemos las medidas del jardín.
- Entre los métodos efectivos para medir tenemos:
 - Imágenes aéreas como Google Maps o las herramientas locales de GIS (por sus iniciales en inglés).
 - Metro.
 - Rueda medidora.
 - Por pasos (asumiendo que usted sabe cuanto mide la distancia de sus pasos).
- Calcular visualmente las medidas de un área no es un método efectivo.
- Saber geometría básica puede ayudar a calcular las medidas de las áreas ajardinadas.
 - Cuadrado o rectángulo = ancho x largo
 - Triángulo = $\frac{1}{2} \times$ base x alto
 - Circulo = $3.14 \times$ radio²

- Las áreas irregulares deben estimarse usando los métodos y ejemplos descritos abajo:
 - Divida el área entera en áreas más pequeñas con formas de figuras geométricas y súmelas todas juntas.
 - Mida como si fuera un círculo, en donde el radio es el promedio de 16 lecturas. Este método requiere una tabla en el centro del área. Mida hacia la orilla y sobre cada una de las 16 líneas. Calcule el radio promedio y después use la fórmula para calcular la medida de un círculo para saber cuánto mide el área.⁶

9 EJEMPLOS DE PRESUPUESTOS DE AGUA

- 9.1 Los presupuestos de agua se usan con frecuencia para proveer una **cantidad de agua permitida** la cual se compara con la **cantidad de agua requerida** para el área ajardinada. Regar un área ajardinada de acuerdo con su presupuesto de agua requiere que la persona que administra el agua, tome nota con regularidad de la cantidad de agua que está pasando por el medidor para asegurar que el agua que se usa en el jardín o área verde no excede la cantidad de agua que permite el presupuesto de agua.
- 9.2 Las casas nuevas que han sido etiquetadas por EPA WaterSense deben usar la herramienta **WaterSense Water Budget Tool**⁷ para diseñar áreas ajardinadas basándose en una cantidad de agua apropiada para su región.
- La herramienta WaterSense Water Budget Tool determina Landscape Water Allowance (LWA, cantidad permitida de agua) y la compara con la cantidad de agua requerida para el área ajardinada (Landscape Water Requirement, LWR) para determinar si el área ajardinada cumple con el presupuesto de agua disponible.
 - La cantidad permitida de agua es equivalente a un factor planta de 0.7.
 - El factor de ETo que usa la herramienta Water Budget Data Finder⁸ se refiere al mes en que usamos más agua y puede ser diferente de la información local disponible.
- 9.3 **California:** California Department of Water Resources (DWR, Departamento de Recursos de Agua de California) a través del **Model Water Efficient Landscape Ordinance** (MWELO, Modelo Decretado para el Uso Eficiente del Agua en Jardines) está usando el concepto de los presupuestos de agua para los proyectos de jardines nuevos que sean de 500 pies cuadrados o más grandes, y para los proyectos de jardines de 2,500 pies cuadrados o más grandes que requieren un permiso para la construcción de un inmueble o para la instalación de un nuevo jardín, revisión de planos, o de diseño.
- Aplicar el reglamento de MWELO para determinar el factor maximum applied water allowance (MAWA, cantidad máxima de agua permitida) y compararla con el factor estimated total water use (ETWU, cantidad total de agua que se estima usar). La cantidad de agua ETWU debe ser menos que la cantidad de agua de MAWA para que el proyecto de jardinería cumpla con el decreto MWELO.
 - MAWA se calcula basándose en el factor evapotranspiration adjustment factor (ETAF, factor ajustado de evapotranspiración) de 0.55 para áreas residenciales y 0.45, para áreas que no son residenciales. El ETAF combina el factor planta y la eficiencia del riego y se usa para ajustar la ETo.

⁶ <https://youtu.be/Rogg7stSj6c>

⁷ <https://www.epa.gov/watersense/water-budget-tool>

⁸ <https://www.epa.gov/watersense/water-budget-data-finder>

⁹ <http://www.water.ca.gov/wateruseefficiency/landscapeordinance/>

9.4 University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Center for Landscape & Urban Horticulture (Centro para Ayardinar y Horticultura Urbana del Centro de Recursos Naturales de la Divisi3n de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de California)¹⁰, desarroll3 el m3todo **Simplified Landscape Irrigation Demand Estimation** (SLIDE, Estimaci3n Simplificada de la Demanda para el Riego de Jardines), 3ste m3todo es para estimar la demanda de agua que tienen los jardines establecidos.

- El m3todo SLIDE se usa como una base para el Est3ndar ANSI/ASABE S623: Determinando las Demandas de Agua de las Plantas.
- Las f3rmulas b3sicas de SLIDE tienen consistencia con las que presentamos para hacer los c3lculos para los presupuestos de agua en los puntos 6 y 7 anteriormente. La diferencia m3s grande es que usamos el juego de factores planta simplificados como alternativa a una gran base de datos de especies de plantas.

Tabla 4-5: Factores planta de acuerdo al m3todo SLIDE para plantas que ya est3n establecidas en un jard3n

Tipo de Planta	Factor Planta
3rboles, Arbustos, Enredaderas, Rastreras (plantas le3osas)	0.5
Plantas Herb3ceas Perennes	0.5
Plantas Adaptadas a los Desiertos	0.3
Flores Anuales y de Tablones	0.8
3reas de C3sped en General, de 3poca fr3a (Fescue alta, grama de Kentucky, Rye, Bent)	0.8
3reas de C3sped en General, de 3poca c3lida (bermuda, zoysia, St, Augustine, buffalo)	0.6
Frutales Caducifolios	0.8
Frutales Perennes	1.0
Vegetales	1.0
Plantaciones mixtas	El Factor Planta de la plantaci3n entera es determinado por la planta que tiene el factor m3s alto de todas

¹⁰ <https://ucanr.edu/sites/UrbanHort/>

9.5 **California:** CLCA (Asociación de Jardineros Contratistas de California) ofrece el programa **Water Management Certification Program** (Programa de Certificación en Administración del Agua).¹¹ Este es un programa de auditorías de sistemas de riego con la etiqueta de EPA WaterSense que se enfoca en personas que en la actualidad administran sistemas de agua y usa presupuestos de agua basados en eficiencia.

- Las personas que tengan la certificación para administrar el agua deben administrar con éxito las áreas ajardinadas al nivel o debajo del nivel del presupuesto de agua establecido por CLCA Water Management Certification Program o por una agencia local.
- Los estándares de los Presupuestos de Agua en Áreas Ajardinadas de CLCA Water Management Certification Program cumplen con los estándares establecidos por MWELO.
- Las suposiciones del factor planta y distribución de uniformidad del presupuesto de agua de CLCA aparecen en la Tabla 4-6:
- La lluvia efectiva se describe como un 30 por ciento de la precipitación en cualquier mes en el que ha llovido más de una pulgada (1-pulgada) del total de precipitación. La lluvia efectiva se deja de medir al 100% de referencia de evapotranspiración (ETo) para el mes.

Table 4-6: Coeficiente del tipo de siembra y la uniformidad de distribución de acuerdo con CLCA

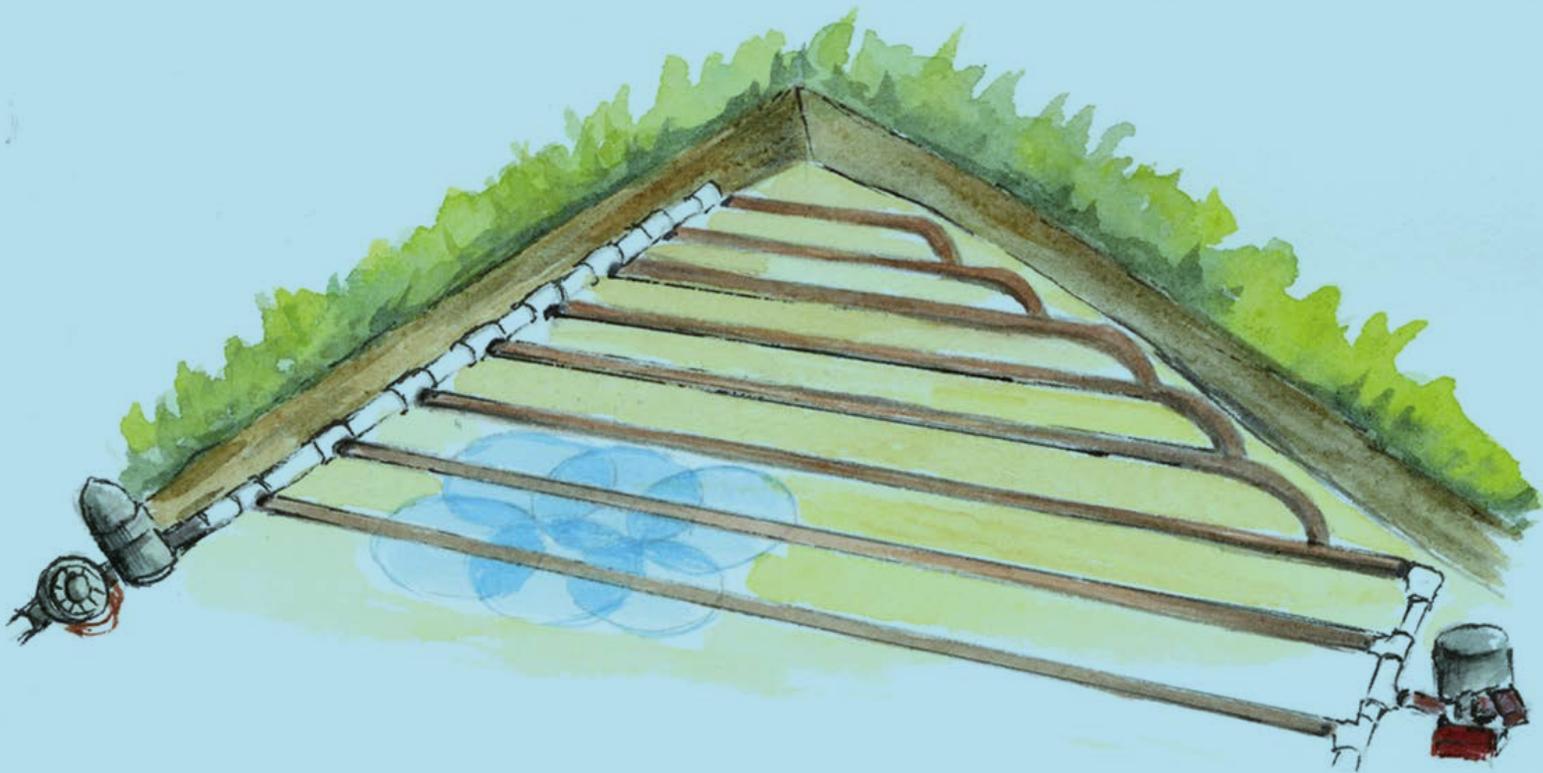
Factor Planta	Uniformidad de Distribución del Riego
Césped de Época Fría: 0.8	Aspersores de Rocío: 0.55
Anuales de Flores que Dan Color: 0.8	Cabezales de Impacto: 0.5
Césped de Época Cálida: 0.6	Rotores Grandes: 0.6
Plantas Rastreras y Arbustos: 0.6	Rotores Pequeños: 0.5
Arbustos (sin plantas rastreras sembradas debajo de éstos): 0.5	Por Goteo: 0.7
Plantas que Toleran la sequía: 0.3	
Plantas Nativas: 0.3	

¹¹ <http://clca.org/water-pro>

10 AGUA PARA JARDINES Y ÁREAS VERDES - PREGUNTAS PARA REPASAR

- 10.1 ¿Qué es un presupuesto de agua y cuáles son los tres elementos de un presupuesto de agua básico?
- 10.2 Verdadero o Falso: La ET cambia a manera que cambia el clima y se ve afectada por factores como la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento?
- 10.3 ¿Qué significa ET?
- 10.4 El factor planta se expresa como un porcentaje de ____.
- 10.5 Escriba algunas características que identifican a las plantas que usan poca agua.
- 10.6 ¿Qué es una hidrozona?
- 10.7 ¿Cómo calculamos un presupuesto de agua usando ETo, el factor planta (PF o Plant Factor), y el área ajardinada (LA o Landscape Area)?
- 10.8 ¿Cuál es la diferencia entre un presupuesto de agua básico y la cantidad de agua que vamos a usar en el riego?
- 10.9 Enfoque en California: ¿Qué significa CIMIS?
- 10.10 Enfoque en California: ¿Cuál es el mes en el que más usamos el riego en la mayoría de las zonas climatológicas en California?
- 10.11 Enfoque en California: ¿Qué significa WUCOLS?

Sección 5:
SISTEMAS DE RIEGO





SISTEMAS DE RIEGO

Objetivos de Aprendizaje

1. Aprender cómo determinar la presión estática y operativa del agua
2. Comprender el efecto que tienen los cambios de elevación en un sistema de riego
3. Comprender cómo usar los catálogos de los fabricantes
4. Familiarizarse con los componentes y funciones de los sistemas de riego
5. Familiarizarse con los dispositivos de aplicación y las tasas de aplicación del riego

1 LA PRESIÓN ESTÁTICA Y OPERATIVA DEL AGUA

1.1 Es importante comprender cómo es que funciona la presión de un sistema de agua debido a que tiene un impacto significativo en el óptimo rendimiento del sistema de riego.

- Cuando medimos la presión en todo el sistema de riego, debemos validar la presión que lleva el agua a través de todo el sistema de riego para detectar variaciones en la presión dentro de las zonas de riego.
- Las demandas de un sistema de agua cambian a lo largo del día y la noche y esto puede resultar en cambios en la presión del sistema de riego.

1.2 Presión estática y operacional

- La presión del agua se mide en libras por pulgada cuadrada (PSI por sus iniciales en inglés).
- **Presión estática** se define como la presión del agua en una tubería presurizada y se determina usando un manómetro cuando el agua **no está corriendo** a través del sistema. (Figura 5-1)
- **Presión operativa** (presión dinámica) se define como la medida de la presión en una tubería cuando **el agua está corriendo** por ella, y se determina usando un manómetro cuando el agua está corriendo a través del sistema.

Figura 5-1: Manómetro de caudal y presión marca Toro (imagen es cortesía de Toro Company)



1.3 La relación entre el flujo y la presión del agua

- El caudal de agua en sistemas de riego de volumen bajo se mide en **galones por minuto** (GPM por sus iniciales en inglés). En sistemas de riego de volumen bajo el caudal se mide en **galones por hora** (GPH por sus iniciales en inglés).
- La presión del agua disminuye a manera que se desplaza por el sistema de riego debido a la fricción del agua en las paredes de la tubería, los componentes y accesorios.
 - A esto le llamamos pérdida por fricción.
- Entre **más grande sea el diámetro de un tubo, menos va a ser la presión** que necesitamos para hacer llegar el caudal de una cantidad de agua a un punto determinado. En otras palabras, los tubos más grandes pueden llevar un mayor volumen de agua con menos presión.
- Entre **más pequeño sea el diámetro de un tubo, mayor será la pérdida de presión** debido a la fricción contra las paredes de la tubería, los componentes y accesorios (por ejemplo, con el mismo caudal de agua, una tubería de PVC formula 40 de ¾ de pulgada va a perder más presión que una tubería de PVC formula 40 de 1½ pulgadas).
- Por seguridad, el estándar de velocidad máxima del caudal de agua aceptado por la industria en tuberías de plástico para sistemas de riego es de **5 pies por segundo** (FPS por sus iniciales en inglés). Normalmente esto aparece en áreas sombreadas en las tablas para consultar la pérdida por fricción en donde la velocidad excede los 5 pies por segundo (FPS).
 - Velocidad se refiere a la rapidez con la que el agua se desplaza por un tubería de riego.
 - A medida que el caudal aumenta, la velocidad también aumenta dentro de una tubería de cierto tamaño.
- Los fabricantes de tubería para el riego publican tablas para poder consultar la pérdida por fricción en los distintos tipos de tubería. En la Figura 5-2 presentamos un ejemplo de una Tabla de Pérdida por Fricción en tubería PVC fórmula 40.

- Las iniciales IPS son un estándar que representa el tamaño de la tubería de hierro (del inglés Iron Pipe Size o IPS). Este estándar también es usado comúnmente por los fabricantes de tubería de PVC. El uso de este estándar garantiza que los diferentes tipos y tamaños de PVC tengan el mismo diámetro exterior.

1.4 **Policloruro de vinilo** (PVC por sus iniciales en inglés) es la tubería que se utiliza más en los sistemas de riego.

- La tubería PVC no se debe dejar expuesta a la luz del sol, durante meses. El material PVC se desintegra cuando queda expuesto a la luz del sol y con el tiempo se va debilitando. Si la tubería PVC está sobre el suelo:
 - Pinte la tubería con varias capas de pintura, o
 - Envuelva la tubería con papel de aluminio o con insulación especial para la tubería y asegúrese de que quede bien asegurada, o
 - Construya una caja de madera o de metal para que cubra la tubería y la mantenga protegida de la luz del sol. Esto también ayuda a esconder las válvulas y las protege del vandalismo.
- Color
 - La tubería PVC blanca, gris o azul se usa para el agua potable.
 - La tubería PVC morada se usa para agua que **no es potable**, normalmente se usa con **agua reciclada**.

Figura 5-2: Tabla de pérdida de fricción para PVC tipo 40 (imagen es cortesía de Hunter Industries Inc)

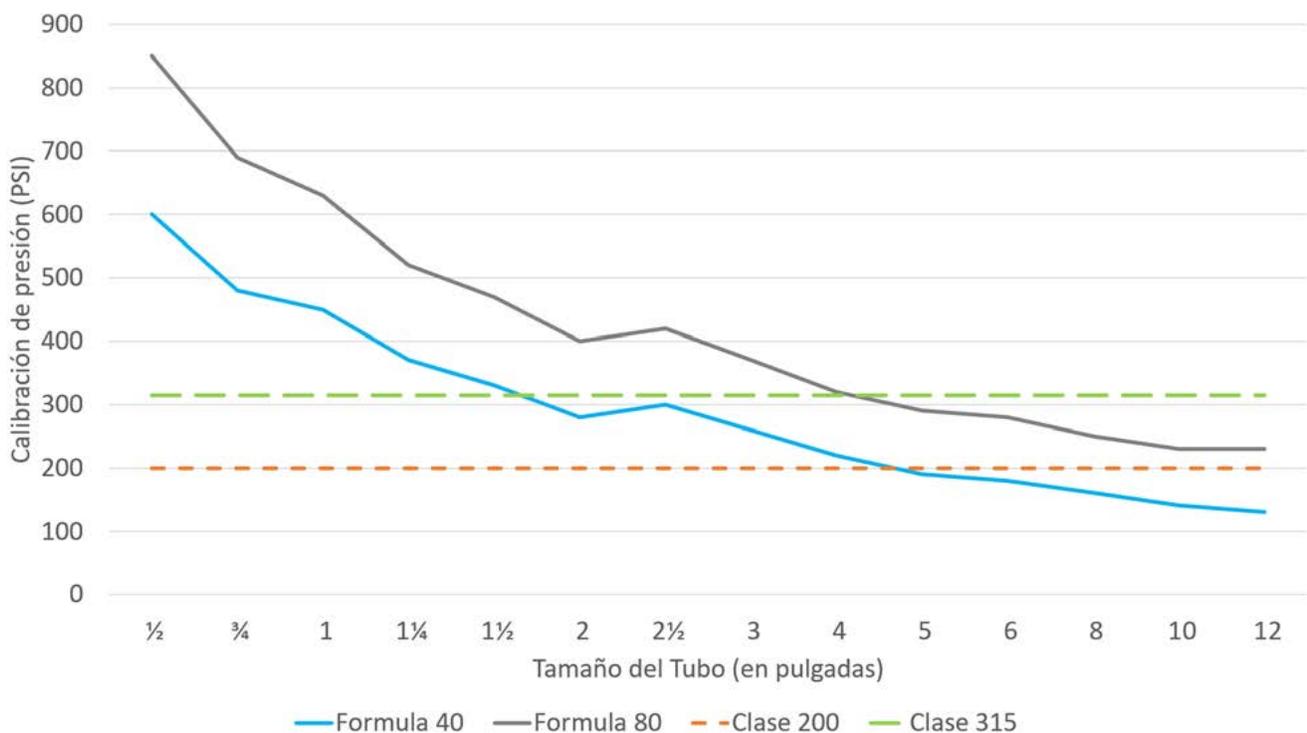
ASTM D1785 (1120, 1220) C=150 • Pérdida PSI (libras por pulgada cuadrada) de un tubo de 100 pies												
Tamaño nominal	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"						
Diámetro interior	0.602	0.804	1.029	1.360	1.590	2.047						
Diámetro exterior	0.840	1.050	1.315	1.660	1.900	2.375						
Grosor medio de la Pared	0.119	0.123	0.143	0.150	0.155	0.164						
Grosor de pared mínimo	0.109	0.113	0.133	0.140	0.145	0.154						
Caudal (GPM)	Velocidad FPS	Pérdida PSI										
1	1.13	0.50	0.63	0.12	0.39	0.04	0.22	0.01	0.16	0.00		
2	2.25	1.82	1.26	0.44	0.77	0.13	0.44	0.03	0.32	0.02	0.19	0.00
3	3.38	3.85	1.89	0.94	1.16	0.28	0.66	0.07	0.48	0.03	0.29	0.01
4	4.50	6.55	2.52	1.60	1.54	0.48	0.88	0.12	0.65	0.06	0.39	0.02
5	5.63	9.91	3.16	2.42	1.93	0.73	1.10	0.19	0.81	0.09	0.49	0.03
6	6.75	13.89	3.79	3.40	2.31	1.02	1.32	0.26	0.97	0.12	0.58	0.04
7	7.88	18.48	4.42	4.52	2.70	1.36	1.54	0.35	1.13	0.16	0.68	0.05
8	9.01	23.66	5.05	5.79	3.08	1.74	1.76	0.45	1.29	0.21	0.78	0.06
9	10.13	29.43	5.68	7.20	3.47	2.17	1.99	0.56	1.45	0.26	0.88	0.08
10	11.26	35.77	6.31	8.75	3.85	2.63	2.21	0.68	1.61	0.32	0.97	0.09
12	13.51	50.14	7.57	12.27	4.62	3.69	2.65	0.95	1.94	0.44	1.17	0.13
14	15.76	66.71	8.84	16.32	5.39	4.91	3.09	1.26	2.26	0.59	1.36	0.17
16	18.01	85.42	10.10	20.90	6.17	6.29	3.53	1.62	2.58	0.76	1.56	0.22
18	20.26	106.24	11.36	25.99	6.94	7.82	3.97	2.01	2.90	0.94	1.75	0.28
20			12.62	31.59	7.71	9.51	4.41	2.45	3.23	1.14	1.95	0.33
22			13.89	37.69	8.48	11.35	4.85	2.92	3.55	1.37	2.14	0.40
24			15.15	44.28	9.25	13.33	5.29	3.43	3.87	1.60	2.34	0.47
26			16.41	51.36	10.02	15.46	5.74	3.98	4.20	1.86	2.53	0.54
28			17.67	58.91	10.79	17.73	6.18	4.56	4.52	2.13	2.73	0.62
30			18.94	66.94	11.56	20.15	6.62	5.19	4.84	2.42	2.92	0.71
32					12.33	22.71	7.06	5.85	5.16	2.73	3.12	0.80
34					13.10	25.41	7.50	6.54	5.49	3.06	3.31	0.89
36					13.87	28.24	7.94	7.27	5.81	3.40	3.51	0.99
38					14.64	31.22	8.38	8.04	6.13	3.76	3.70	1.10
40					15.41	34.33	8.82	8.84	6.46	4.13	3.89	1.21

Cómo leer la tabla de pérdida de fricción

- Seleccione el tamaño de la tubería en la parte superior de la tabla.
- Cada tamaño de tubería tiene dos columnas:
 - Velocidad
 - PSI Loss
- Seleccione la tasa de caudal en el lado izquierdo de la tabla.
- Find the pressure loss value that corresponds to the two readings.
- Por ejemplo,
- la pérdida de presión para el PVC tipo 40 de 1 pulgada con un caudal de 10 GPM es de 2.40 PSI por cada 100 pies de tubería.
- Asegúrese de que la velocidad esté fuera del área sombreada (<5 FPS).

- Type
 - La tubería PVC fórmula 80 normalmente es de color gris oscuro (aunque también puede ser blanca), está clasificada para tolerar presiones más altas y tiene las paredes más gruesas que la fórmula 40, lo cual resulta en que su diámetro interior sea más angosto dado su diámetro exterior. El diámetro interior significa que la tubería fórmula 80 tiene un caudal más limitado.
 - La tubería PVC fórmula 80 normalmente se usa para tubos ascendentes.
 - La tubería PVC fórmula 40 normalmente es de color blanco y puede usarse para líneas principales (típicamente hasta de 1 ½ pulgadas) y normalmente se usa para líneas laterales.
 - La tubería PVC Clase 200 de diámetro pequeño no debe usarse para los sistemas de riego debido a que tiene paredes delgadas y por esto se quiebra con facilidad.
 - La tubería PVC Clase 315 es de color blanco y podemos ver que la usan en líneas principales de 2 pulgadas o más grandes.
- Clasificación de Presión (Figura 5-3)
 - A manera que el tamaño de las tuberías fórmula 40 y 80 aumenta, la clasificación de su capacidad de resistencia y presión disminuyen.
 - La tubería PVC Clase 200 y Clase 315 tienen una clasificación de presión constante de 200 PSI y 315 PSI, respectivamente.
 - La tubería Clase 315 excede la clasificación de presión comparada con la fórmula 40 en tubería de 2 pulgadas.

Figura 5-3: Calibración de presión para un tubo de PVC



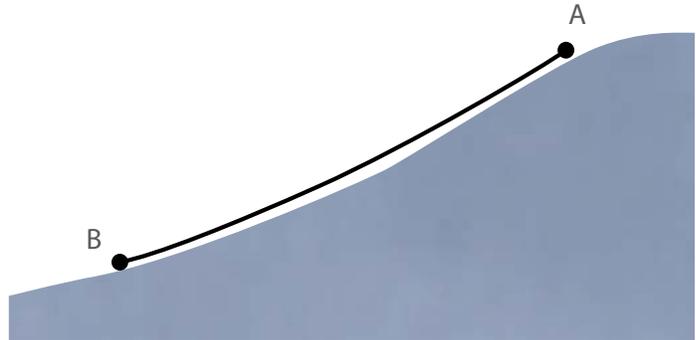
2 EFECTOS DE LOS CAMBIOS DE ELEVACIÓN

2.1 A la relación entre la presión y elevación le llamamos en inglés **pies de altura**.

Figura 5-4: Efecto del cambio de elevación

2.2 El agua que debe ir cuesta arriba en una tubería va perdiendo presión mientras que el agua que tiene que ir cuesta abajo va aumentando presión. (Figura 5-4).

- El agua que fluye cuesta abajo desde el punto A hacia el punto B aumenta **0.433 PSI por cada pie** que cambia la elevación. Por el contrario, el agua que fluye cuesta arriba desde el punto A hacia el punto B disminuye 0.433 PSI por cada pie que cambia la elevación
- Otra forma de visualizar esto es que por cada **2.31 pies** de cambio en elevación hay un cambio de **1 PSI** en presión.



2.3 Con frecuencia suponemos una aproximación de 0.5 PSI por pies de altura.

3 CATÁLOGOS DE LOS FABRICANTES

- 3.1 Use las tablas de pérdida de presión por fricción de las tuberías para determinar la pérdida de presión para una tasa de caudal dada (medida en GPM) a través de una tubería de tamaño determinado.
- 3.2 Use las tablas de rendimiento de los emisores (Figura 5-5) para identificar las tasas del caudal y precipitación de las boquillas de los aspersores, las presiones de operación, los radios de la trayectoria, las tasas de caudal y precipitación.
 - La tasa de precipitación es la tasa de aplicación medida en pulgadas por hora. En la Sección 7 – Auditorías de los Sistemas de Riego ofrecemos más detalles.
- 3.3 Debemos tener cuidado cuando escogemos las marcas y los tipos de boquillas y emisores para instalar o reparar los sistemas de riego ya que normalmente van a tener **diferentes tasas de aplicación**.

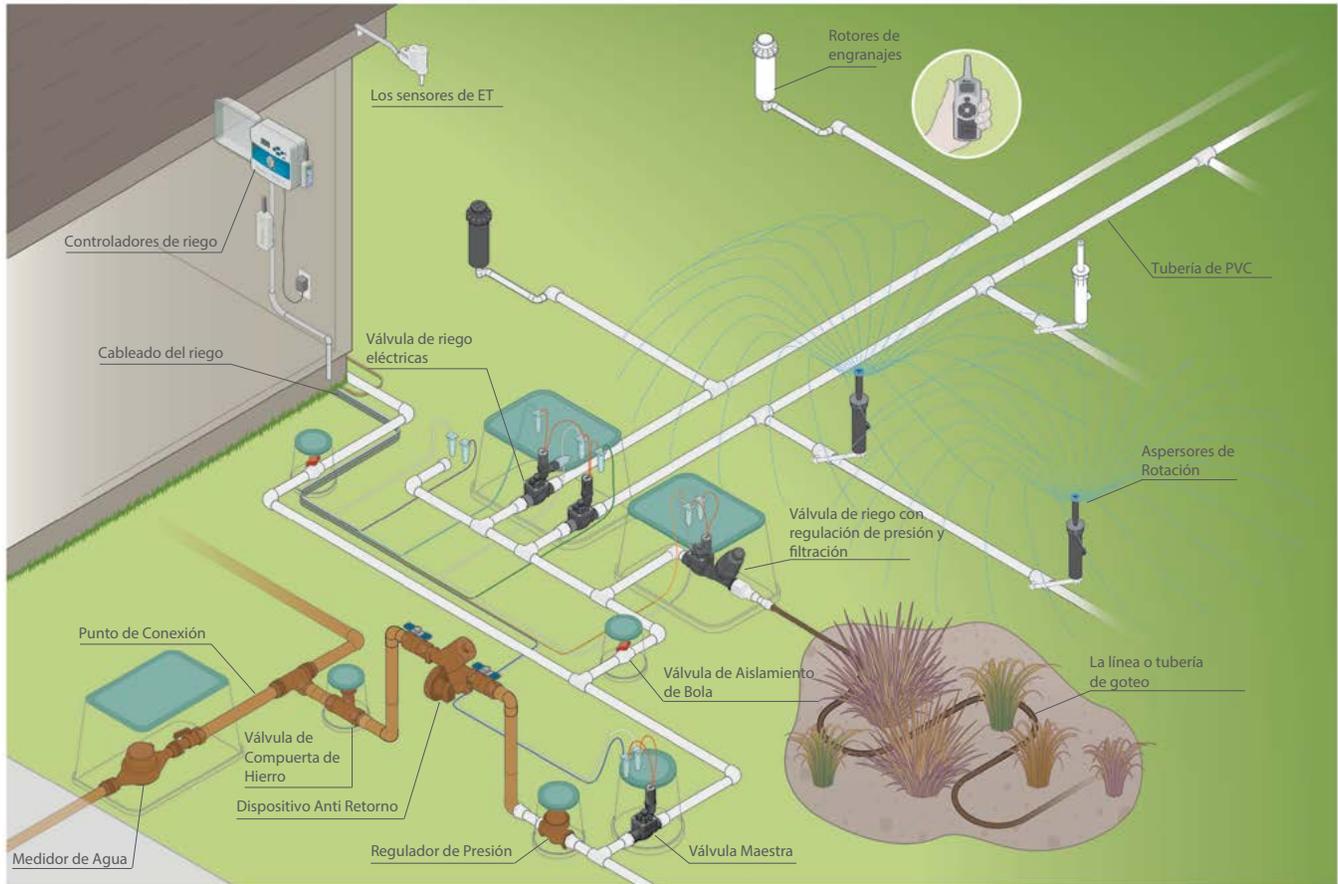
Figura 5-5: Dato del ejemplo del rendimiento de un Rotor MP (imagen es cortesía de Hunter Industries Inc)

DATO DEL RENDIMIENTO DE UN ROTOR MP																
Arco	Presión PSI	MP1000 Radio: 8' to 15' Arco ajustable y círculo Completo ● Marrón: 90° to 210° ● Azul Claro: 210° to 270° ● Olivo: 360°					MP2000 Radio: 13' to 21' Arco ajustable y círculo Completo ● Negro: 90° to 210° ● Verde: 210° to 270° ● Rojo: 360°					MP3000 Radio: 22' to 30' Arco ajustable y círculo Completo ● Azul: 90° to 210° ● Amarillo: 210° to 270° ● Gris: 360°				
		Radio ft.	Caudal GPM	Caudal GPH	Precipitación pulgadas/hora ■ ▲		Radio ft.	Caudal GPM	Caudal GPH	Precipitación pulgadas/hora ■ ▲		Radio ft.	Caudal GPM	Caudal GPH	Precipitación pulgadas/hora ■ ▲	
90° ■	25	--	--	--	--	--	17	0.34	20.4	0.45	0.52	25	0.71	42.6	0.44	0.51
	30	12	0.17	10.2	0.45	0.52	18	0.38	22.8	0.45	0.52	27	0.76	45.6	0.40	0.46
	35	13	0.19	11.4	0.43	0.50	19	0.40	24.0	0.43	0.49	28	0.82	49.2	0.40	0.46
	40	14	0.21	12.6	0.41	0.48	20	0.43	25.8	0.41	0.48	30	0.86	51.6	0.37	0.42
	45	14	0.23	13.8	0.45	0.52	21	0.46	27.6	0.40	0.46	30	0.90	54.0	0.39	0.44
	50	15	0.25	15.0	0.43	0.49	21	0.47	28.2	0.41	0.47	30	0.95	57.0	0.41	0.47
180° ■	25	--	--	--	--	--	16	0.6	36.0	0.45	0.52	25	1.44	86.4	0.44	0.51
	30	12	0.34	20.4	0.45	0.52	17	0.64	38.4	0.43	0.49	27	1.58	94.8	0.42	0.48
	35	13	0.38	22.8	0.43	0.50	18	0.71	42.6	0.42	0.49	28	1.70	102.0	0.42	0.48
	40	14	0.42	25.2	0.41	0.48	19	0.77	46.2	0.41	0.47	30	1.82	109.2	0.39	0.45
	45	14	0.44	26.4	0.43	0.50	20	0.85	51.0	0.41	0.47	30	1.93	115.8	0.41	0.48
	50	15	0.50	30.0	0.43	0.49	21	0.91	54.6	0.40	0.46	30	2.04	122.4	0.44	0.50
210° ■	25	--	--	--	--	--	16	0.72	43.2	0.46	0.54	25	1.68	100.8	0.44	0.51
	30	12	0.40	24.0	0.46	0.53	17	0.75	45.0	0.43	0.49	27	1.84	110.4	0.42	0.48
	35	13	0.45	27.0	0.44	0.51	18	0.81	48.6	0.41	0.48	28	1.99	119.4	0.42	0.48
	40	14	0.49	29.4	0.41	0.48	19	0.86	51.6	0.39	0.45	30	2.12	127.2	0.39	0.45
	45	14	0.51	30.6	0.43	0.50	20	0.91	54.6	0.38	0.43	30	2.25	135.0	0.41	0.48
	50	15	0.57	34.2	0.42	0.48	21	0.98	58.8	0.37	0.42	30	2.37	142.2	0.43	0.50
270° ■	25	--	--	--	--	--	16	0.87	52.2	0.44	0.50	25	2.19	131.4	0.45	0.52
	30	12	0.48	28.8	0.43	0.49	17	0.95	57.0	0.42	0.49	27	2.37	142.2	0.42	0.48
	35	13	0.53	31.8	0.40	0.46	18	1.03	61.8	0.41	0.47	28	2.55	153.0	0.42	0.48
	40	14	0.63	37.8	0.41	0.48	19	1.10	66.0	0.39	0.45	30	2.73	163.8	0.39	0.45
	45	14	0.67	40.2	0.44	0.51	20	1.17	70.2	0.38	0.43	30	2.89	173.4	0.41	0.48
	50	15	0.72	43.2	0.41	0.47	21	1.23	73.8	0.36	0.41	30	3.06	183.6	0.44	0.50
360° ■	25	--	--	--	--	--	16	1.20	72.0	0.45	0.52	25	2.88	172.8	0.44	0.51
	30	12	0.69	41.4	0.46	0.53	17	1.28	76.8	0.43	0.49	27	3.15	189.0	0.42	0.48
	35	13	0.77	46.2	0.44	0.51	18	1.37	82.2	0.41	0.47	28	3.40	204.0	0.42	0.48
	40	14	0.84	50.4	0.41	0.48	19	1.48	88.8	0.39	0.46	30	3.64	218.4	0.39	0.45
	45	14	0.88	52.8	0.43	0.50	20	1.57	94.2	0.38	0.44	30	3.86	231.6	0.41	0.48
	50	15	0.98	58.8	0.42	0.48	21	1.68	100.8	0.37	0.42	30	4.07	244.2	0.44	0.50
55	15	1.01	60.6	0.43	0.50	21	1.74	104.4	0.38	0.44	30	4.27	256.2	0.46	0.53	

4 COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO

4.1 La figura 5-6 ofrece una vista general de un sistema de riego, usando términos generales y también nombres de los productos de Hunter Industries.

Figura 5-6: Vista general del sistema de riego (imagen es cortesía de Hunter Industries, Inc)



4.2 Después de haber instalado el sistema de riego, los **planes de tal y como fue construido** deberán dibujarse y tienen que presentar la configuración del sistema tal como fue instalado.

- Una vez ha sido instalado, con frecuencia el lugar actual de los componentes del sistema de riego son diferentes del lugar en que aparecen en el plan original del sistema de riego.
- Tener un registro del sistema de riego “tal como fue construido” es sumamente importante para que en el futuro podamos darle mantenimiento y hacer las reparaciones que pueda necesitar, además puede ahorrarnos mucho tiempo y dinero.
- Esto es especialmente cierto cuando tenemos jardines y áreas verdes cubiertas con mantillo ya que los componentes del sistema de riego pueden estar escondidos y se nos puede hacer difícil encontrarlos a manera que pasa el tiempo.
- Las personas encargadas del mantenimiento de los sistemas de riego deben usar estos planes para mantener el registro y mapeo de los componentes del sistema de riego, los límites de las hidrozonas, y para identificar cuando y donde se han hecho reparaciones.
- Es recomendable asignar un código con diferente color a cada hidrozona.

4.3 El **medidor de agua** (Figura 5-7) permite medir cuánta agua estamos usando y es una herramienta importante para detectar fugas y determinar la tasa del caudal en una zona de riego.

4.4 El **punto de conexión** (POC del inglés Point of Connection) es donde la línea principal del riego se junta con la línea de servicio de agua.

4.5 **Dispositivos anti retorno** (Figura 5-8) aseguran la calidad del agua al prevenir que se contamine el abastecimiento de agua potable (el agua que usamos para tomar) debido a la contrapresión o al retorno del agua del sistema de riego al sistema de agua municipal.

- Estos dispositivos son muy importantes para los sistemas de riego debido a las posibilidades de contaminación que existen por el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas.
- Los reglamentos locales pueden variar con respecto a los estándares aceptables. Consulte con los funcionarios locales para determinar la configuración correcta de los dispositivos anti retorno en su área.
- Los dispositivos anti retorno deben ser inspeccionados anualmente por un inspector certificado de dispositivos anti retorno.
- Válvula Reductora de Presión, o válvula RP (del inglés Reduced Pressure Valve).
 - La válvula de presión reducida es el dispositivo **más confiable** y puede proteger la contrapresión y el sifonaje posterior.
 - Para una **instalación sobre terreno** se requiere de una superficie de concreto con un espacio mínimo de 12 pulgadas entre la válvula de rescate y el nivel terminado de la superficie, esto permite suficiente espacio para que la válvula reductora de presión (RP) funcione bien en caso que haya una descarga de retroceso.
- Antes de que los dispositivos anti-retorno se convirtieran en el estándar, las válvulas de doble chequeo eran las que se usaban más comúnmente.
 - Debido a que las válvulas de doble seguridad no descargan, no ofrecen protección contra situaciones de alto riesgo y puede que no sea permitido usarlas en jardines y áreas verdes en ciertos distritos.
- Interruptor Atmosférico al Vacío (AVB, del inglés Atmospheric Vacuum Breaker).
 - Por cada válvula instalamos un AVB.
 - Los interruptores atmosféricos al vacío AVBs no están diseñados para estar bajo presión continua.
 - Para que su operación sea efectiva, los dispositivos AVBs deben estar instalados al menos 12 pulgadas sobre el punto de salida más alto del sistema de riego.

Figura 5-7: Medidor de agua



Figura 5-8: De izquierda a derecha (1) válvula RP de doble chequeo , (2) válvula de doble chequeo, (3) interruptor atmosférico al vacío (imágenes cortesía de Watts)



- La válvula anti sifón o ASV (del inglés Anti-Siphon Valve) es una válvula de control que ya viene ensamblada con un interruptor AVB.
 - Las válvulas anti sifón o ASV son las que usamos más comúnmente en sistemas de riego en residencias.
- Los interruptores presión al vacío ya no se usan (no están aprobados para usarlos en construcciones nuevas).
 - Las ASVs son similares a los Interruptores Atmosféricos al Vacío – AVBs pero se instalan en la línea principal que llega a las válvulas de control, ya que están diseñadas para mantenerse bajo presión constante.

4.6 La **línea de riego principal** distribuye el agua desde el punto de conexión (POC del inglés Point of Connection) hacia las válvulas de control y está bajo presión constante a menos que el medidor de agua o el dispositivo anti retorno estén cerrados.

4.7 Un **regulador de presión** (Figura 5-9) regula la alta presión con la que entra el agua y la reduce en la salida. Esto puede mejorar el rendimiento y durabilidad de los componentes del sistema de riego si la presión de entrada del agua es muy alta. Debemos revisar estos dispositivos periódicamente para garantizar que están funcionando bien.

4.8 Las **Válvulas para Aislar la Línea Principal** (Figura 5-9) las usamos para cerrar (aislar) una sección de la línea principal del sistema de riego que está bajo presión. Esto permite hacer reparaciones sin interrumpir el suministro de agua a todo el sistema de riego.

Figura 5-9: Regulador de Presión (imagen es cortesía de Zurn)



- Las válvulas de compuerta se abren y cierran gradualmente para reducir el golpe de ariete. Para protegerlas aún más, debemos tener mucho cuidado y abrirlas lentamente en líneas grandes.
- La válvulas de bola pueden abrirse y cerrarse dándole ¼ de giro a la manecilla. Generalmente al pasar el tiempo, las válvulas de bola son menos propensas a tener fugas comparadas con las válvulas de compuerta.
 - Las válvulas de bola deben operarse despacio para evitar daños a los componentes y accesorios del sistema de riego.

4.9 Las **Válvulas de Aislamiento de Distribución (válvulas de cierre)** (Figura 5-10) cierran la distribución del agua hacia válvulas de riego individuales y esto permite reparar las válvulas sin tener que apagar todo el sistema de riego, o sin tener que apagar el suministro de agua para el interior de la residencia cuando solo existe un medidor y es para uso mixto. La válvula de aislamiento debe instalarse antes (corriente arriba) de las válvulas de riego.

Figura 5-10: De izquierda a derecha (1) válvula de compuerta de hierro, (2) válvula de bola de hierro, (3) válvula de bola PVC (imágenes cortesía de Nibco)



1



2

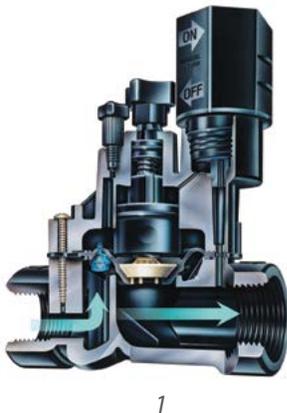


3

4.10 **Válvulas de riego eléctricas** (Figura 5-11), también llamadas válvulas a control remoto (RCV del inglés Remote Control Valve), se usan junto con un controlador de riego para encender y apagar el agua y regar las distintas zonas de un sistema de riego.

- Un **manifold** es una agrupación de válvulas de riego.
- El mejor lugar para las válvulas es cerca de las aceras o en las áreas del jardín donde no hay vegetación pero que están cerca de las áreas con plantas. Esto ayuda a identificar en dónde están localizadas las válvulas y hace más fácil darles mantenimiento.
 - Las excepciones a esto podrían ser cuando las cajas de las válvulas no pueden o no deben estar visibles, y cuando hay posibilidades de que puedan ser objeto de vandalismo.
- No esconda las válvulas debajo de las plantas.
- Las válvulas se abren cuando una señal eléctrica desde el controlador las energiza con un electroimán (**solenoides**) que permite que la válvula se abra.
- La mayoría de las válvulas para el riego **normalmente están cerradas** y requieren de una señal eléctrica para permitir el caudal del agua. Algunas **normalmente están abiertas** (es raro) y requieren de una señal eléctrica para que dejen de suministrar agua.
- Debido a que la mayoría de controladores operan con energía eléctrica alterna (AC del inglés Alternating Current) los **solenoides de 24 voltios AC** son el tipo más común de solenoide. Los solenoides están diseñados para que conduzcan corriente durante los ciclos de riego.
- Los controladores operados con baterías y celdas solares requieren **solenoides acoplados a Corriente Directa**. Estos solenoides están diseñados para conservar energía y solamente requieren corriente eléctrica en el momento que se están operando (abriendo o cerrando) la zona.
- Una **válvula maestra** está instalada en el punto donde el sistema de riego se conecta al suministro de agua y antes de todas las otras válvulas. La mayor parte del tiempo la válvula maestra está cerrada. Se abre cuando cualquier válvula conectada al mismo controlador es activada.
 - Usamos una **válvula maestra** para prevenir que el sistema de riego desperdicie agua si es que el funcionamiento de alguna válvula en el sistema falla cuando el sistema esté apagado y para prevenir la posibilidad de desperdiciar el agua en caso que haya una tubería quebrada cuando el sistema de riego no esté programado para estar funcionando
 - Una válvula maestra que está normalmente cerrada provee protección contra el desperdicio del agua durante las horas que el sistema de riego no tiene que funcionar.
 - Algunas válvulas maestras están normalmente abiertas cuando se requiere de una presión constante en el sistema, por ejemplo cuando usamos válvulas de desconexión rápida (un tipo

Figura 5-11: De izquierda a derecha (1) vista interior de una válvula de riego, (2) válvula de riego de globo, (3) válvula de riego de anti sifonaje con filtro regulador de presión



de válvula subsuperficial que utiliza una llave y accesorios para acceder al agua) cuando se usa junto con un sensor de caudal.

- Dependiendo de las especificaciones del controlador de riego, las válvulas maestras que normalmente permanecen abiertas o cerradas pueden usarse junto con un sensor de caudal para apagar el sistema de riego y enviar alertas al administrador del agua en caso que haya una tubería rota o que una válvula esté funcionando mal.
- Para válvulas de riego por goteo es recomendable usar accesorios adecuados para **regular la presión y filtración** para que el sistema de riego funcione con un rendimiento óptimo.
- Una válvula integrada en el suelo, es una válvula RVC eléctrica a control remoto localizada e instalada adentro de una caja para válvulas entre el suelo.
 - El estándar de la industria para instalarla es en forma paralela y espaciada a 18 pulgadas de las áreas con estructuras permanentes y sin vegetación, con una separación de 12 pulgadas entre cada válvula enterrada.
- Las válvulas eléctricas interruptoras atmosféricas (anti-sifón) instaladas **sobre el suelo**.
 - Deben instalarse **más alto** que el punto más alto que el agua va a alcanzar en la tubería y más alto que los dispositivos emisores que surten de agua para que el previsor anti retorno que viene instalado de fábrica funcione correctamente. Hay que consultar los códigos locales para saber las especificaciones mínimas de altura que típicamente son de 12 a 18 pulgadas.

4.11 **Cableado del riego** desde el controlador de riego hacia la válvula.

- **110 voltios** es el voltaje de una línea estándar para los tomacorrientes y se usa para que puedan funcionar los controladores de riego. Los controladores de riego usan un transformador para reducir a 24 voltios el cableado de la válvula que lleva la energía eléctrica a las válvulas del sistema de riego.
- El cableado de la válvula va entre el controlador y las válvulas del riego, y con frecuencia está ubicado al lado o debajo de la línea principal del riego y comparten la misma zanja. En algunos casos, está protegido adentro de un conducto de cables eléctricos para protegerlo y para permitir la instalación de cables adicionales en el futuro si fuera necesario.
- Los tamaños comunes de los calibres de los cables para las válvulas del riego son multi conductores de calibre 18 para residencias y recorridos de corta distancia.
- En sitios comerciales normalmente se usan cables de un solo conductor y de calibre 12-14 que es más grande. Escoger el tamaño correcto de cable depende de muchos factores que incluyen: Salida del transformador, voltaje mínimo de la válvula, PSI de la válvula, total de amperios extraídos, largo del recorrido del cable, número de válvulas que van a estar funcionando al mismo tiempo (incluyendo la válvula maestra) y la pérdida de voltaje permitida.
 - Si fuera necesario, hay que consultar con un electricista certificado/autorizado.
- **Los cables convencionales** utilizan un cable común y un cable vivo para cada válvula de riego.
 - El cable común es normalmente de color blanco.
- **Dos cables** usan solamente dos cables combinados con un decodificador. Los sistemas de dos cables se usan para sistemas comerciales y residenciales grandes o en instalaciones que deben hacerse por fases en donde el ahorro de los costos del cable y otras ventajas pueden ser importantes.

4.12 **Controladores de riego** (Figura 5-12) son dispositivos que controlan el funcionamiento de las válvulas eléctricas de riego y la aplicación de agua al jardín. Este es el ‘cerebro’ del sistema de riego. Los controladores pueden usarse para administrar con eficiencia la aplicación del agua en los sistemas de riego, pero si no son administrados y programados correctamente, pueden ser una fuente significativa de desperdicio de agua en los jardines y áreas verdes.

- **Controladores convencionales independientes** se programan con horarios fijos.

- Los controladores de riego que se basan en el estado del tiempo o WBICs (por sus iniciales en inglés), comúnmente se les llama controladores inteligentes, usan el estado del tiempo local, las condiciones del jardín, y el tipo de equipo de riego para adaptar los programas de riego a las condiciones reales del lugar. Algunos controladores convencionales pueden actualizarse y convertirlos en WBICs al añadirles un módulo y/o sensor.

- **EPA WaterSense** provee un listado de **controladores de riego con la etiqueta WaterSense**.¹ Estos WBICs han sido certificados independientemente para asegurar que pueden cumplir adecuadamente con las necesidades de riego de un jardín sin desperdiciar el agua.

- **Smart Water Application Technologies** (SWAT, Tecnologías para la Aplicación Inteligente de Agua)² es una coalición de proveedores de agua, fabricantes de equipo y profesionales de sistemas de riego que desarrolla protocolos de prueba y promueve productos eficientes en el consumo y utilización del agua, incluyendo WBICs.

- Los controladores de riego se cubren en detalle en la Sección 9, Controladores de Riego.



Figura 5-12: De izquierda a derecha (1) Hunter Pro-C, (2) Irritrol Rain Dial-R, (3) Rain Bird SST, (4) Toro Evolution (imágenes cortesía de Hunter Industries Inc, Irritrol, Rain Bird Corporation, y The Toro Company)



4.13 Los **sensores** (Figura 5-13) para los controladores de riego son dispositivos que interrumpen la señal eléctrica hacia el sistema de riego en respuesta a las condiciones específicas del lugar y modifican la operación del controlador de riego.

- Los sensores se cubren en detalle en la Sección 9, Controladores de Riego.
- Los sensores de **ET** pueden actualizar un controlador estándar a un WBIC.
- Los sensores de **caudal** apagan el sistema de riego cuando un nivel específico de caudal alto o caudal bajo ha ocurrido.
- Los **sensores de humedad** miden la humedad del suelo dentro de la zona de la raíz de las plantas y pueden programarse para apagar el controlador de riego cuando el suelo ha alcanzado el nivel de humedad deseado.
- Los sensores de **lluvia** apagan el controlador de riego durante períodos de lluvia medible.

¹ <https://www.epa.gov/watersense/irrigation-controllers>

² <https://www.irrigation.org/SWAT>

Figura 5-13: De izquierda a derecha (1) Hunter Solar Sync, (2) Irritrol Climate Logic, (3) Rain Bird WR2 Sensor de Lluvia/Hielo, (4) Sensor de Suelo Toro Precision Soil Sensor, (5) Sensor de Caudal Hunter (imágenes cortesía de Hunter Industries Inc., Irritrol, Rain Bird Corporation, y The Toro Company)



- Los sensores de **viento** apagan el controlador de riego durante períodos de vientos fuertes.
- Los sensores de **congelación** evitan que el sistema de riego funcione cuando las temperaturas bajan tanto que hay congelación.

5 DISPOSITIVOS Y TASAS DE APLICACIÓN

5.1 Los dispositivos de **riego aéreos** se usan para aplicar agua a través de la superficie y por el aire. El riego a través del aire se adapta mejor al césped y a plantas que no crecen muy alto y que crecen cerca del suelo. Cuando regamos plantas que crecen más alto que la posición del dispositivo para aplicar el agua por el aire, entonces la trayectoria del agua puede bloquearse. La mayoría de los dispositivos de riego por el aire que venden hoy en día emergen del suelo cuando se activan, y cuando no están en operación, permanecen a ras del suelo. Muchos sistemas de riego antiguos tienen dispositivos de riego instalados en elevadores fijos.

5.2 Los **aspersores de rocío fijos** (Figura 5-14) aplican un abanico de agua sobre un área determinada.

- El radio de la trayectoria está entre 2 y 17 pies.
- La tasa de precipitación típica es de 1 ½ a 2 pulgadas por hora (y hasta de 8 pulgadas por hora para boquillas de tiro más corto) .
- Normalmente están diseñados para operar a 30 PSI.

Figura 5-14: De izquierda a derecha (1) Hunter PRS30, (2) Hunter Pro Boquilla Fija, (3) Rain Bird 1800 (imágenes cortesía de Hunter Industries Inc y Rain Bird Corporation)

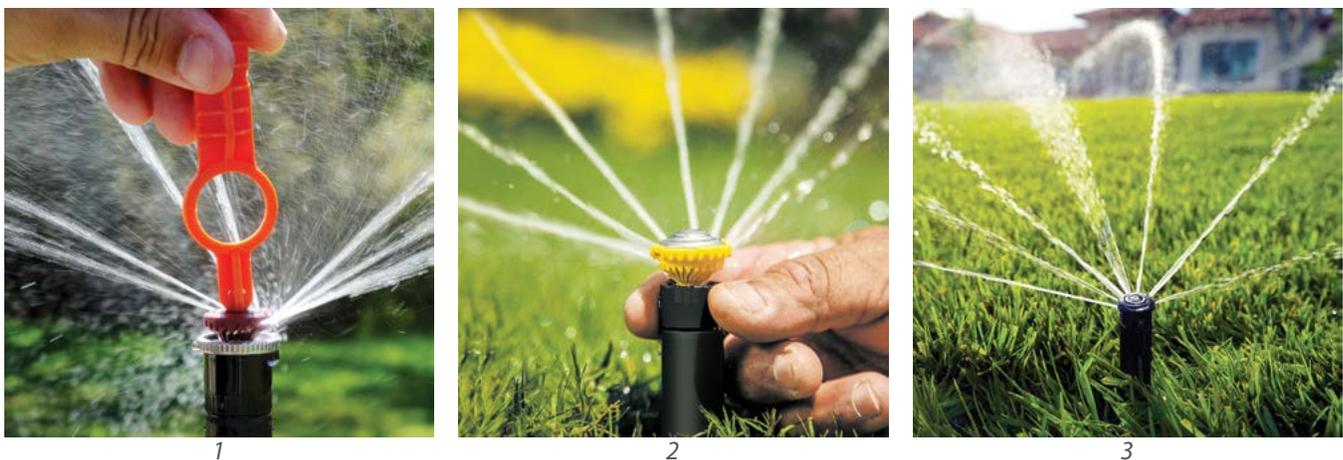


- Los aspersores emergentes están disponibles en una variedad de alturas. Para el césped se recomiendan los de 6 pulgadas para evitar bloquear la trayectoria del agua en caso de que la grama haya crecido más alta antes del próximo corte.
- Existen muchas **clases de cuerpos de rociado**, hay aspersores que traen incorporadas **válvulas de retención** que eliminan **el drenaje de los aspersores que están en el nivel más bajo** del sistema de riego y con **reguladores de presión** para eliminar la **nebulización** que produce el agua que va pasando a una presión más alta por los aspersores que están instalados en el nivel más alto del sistema de riego. Los cuerpos de rociado que tienen éstas características pueden ahorrar unas cantidades significativas de agua y son los que recomendamos.
- Las **boquillas** se enroscan en los cuerpos de rociado y pueden sacarse para darles mantenimiento y repararlas. Las boquillas que usamos deben tener **tasas de precipitación igualadas**, lo cual significa que todos los aspersores conectados a una válvula deben aplicar agua a un área dada en la misma forma, sin importar el patrón de rocío que tengan.
- Hay disponibilidad de **boquillas de arcos fijos** y **boquillas de arcos variables** o VAN (del inglés Variable Arc Nozzles).
- Las boquillas de alta eficiencia con un patrón de rocío fijo también están disponibles. Algunas están diseñadas para emitir gotas más grandes para reducir a nebulización que se produce cuando hace viento y proveen una cobertura más eficiente.

5.3 **Aspersores de Rotación** (Figura 5-15) aplican corrientes de agua giratorias sobre un área determinada. A los aspersores de rotación también se les llama aspersores de caudales múltiples. Comparados con los aspersores de rocío, los aspersores de rotación ofrecen una cobertura más uniforme, tasas de precipitación más bajas, y pueden operar con presiones más altas y sin nebulización. Comparados con los aspersores de rocío fijos, las gotas de agua que tiran los aspersores de rotación son más grandes y por lo tanto, están menos propensas a que el viento las desvíe.

- El radio típico de la trayectoria es de 6 a 35 pies.
- La tasa típica de precipitación es de 0.4 a 0.8 pulgadas por hora.
- Típicamente están diseñados para operar entre 40 y 55 PSI.
- Tienen compatibilidad con los mismos cuerpos de rociado que las boquillas de aspersores de rociado fijo. Algunos fabricantes hacen los cuerpos de rociado específicamente para las boquillas de aspersores de rotación, por ejemplo con reguladores de presión a 40 PSI en lugar de 30 PSI.

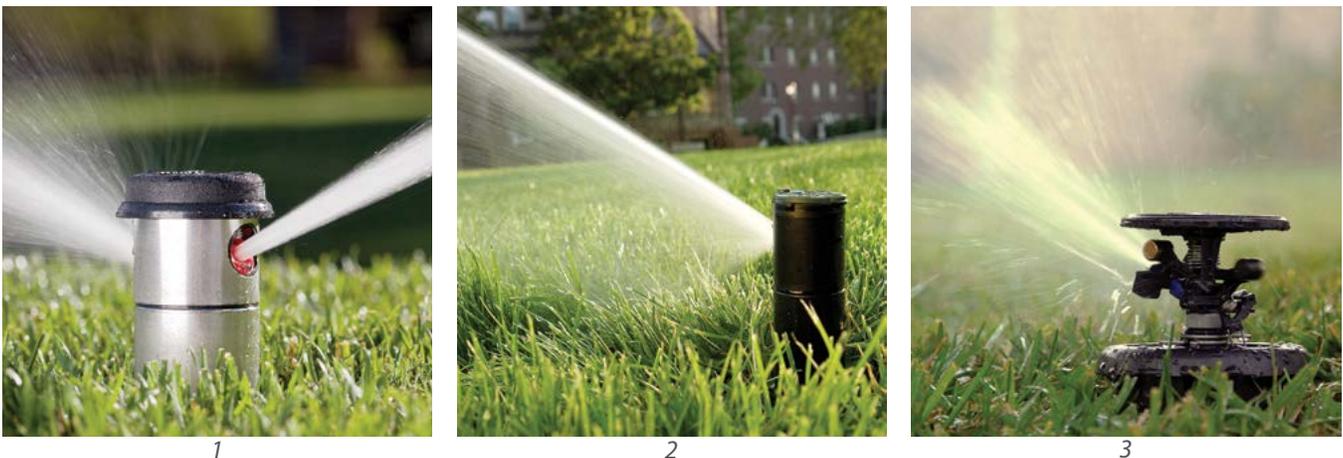
Figura 5-15: De izquierda a derecha (1) Rotor Hunter MP, (2) Rain Bird R-VAN, (3) Boquillas Giratorias, Presicion Series marca Toro (imágenes cortesía de Hunter Industries Inc, Rain Bird Corporation, y The Toro Company)



5.4 Los **rotos** (Figura 5-16) normalmente aplican una sola corriente de agua que gira para aplicar el agua sobre un área determinada. Comparados con los aspersores de rocío fijos, los rotos tienen un radio más largo de trayectoria, una tasa de precipitación relativamente baja y con frecuencia requieren que la presión del agua sea más alta.

- El radio típico de la trayectoria es de 15 a 100 pies.
- La tasa típica de precipitación es de 0.25 a 1.5 pulgadas por hora.
- Típicamente están diseñados para operar entre 40 y 110 PSI -- dependiendo del radio de la trayectoria.
- Los aspersores de impacto son un tipo de rotor. Este tipo de aspersores se ven comúnmente en sistemas de riego antiguos, sistemas agrícolas y sistemas que aplican agua que no es potable. La uniformidad de su cobertura no es tan alta como la de los rotos accionados por engranajes.
 - Los aspersores de impacto viejos y desgastados pueden tender a “atorarse” en un extremo de la rotación.
 - Los aspersores que se quedan atorados van a regar muchísima agua en un área pequeña, y van a dejar seca el resto del área que deberían regar.

Figura 5-16: De izquierda a derecha (1) Hunter I-40, (2) Rain Bird 5000 Series, (3) Rain Bird AG-5 Maxi-Paw de impacto (imágenes cortesía Hunter Industries Inc, y Rain Bird Corporation)



5.5 Los dispositivos de emisión por **goteo** aplican el agua en un punto o puntos a lo largo de una tubería. El riego por goteo se adapta bien a una gran variedad de aplicaciones en los jardines incluyendo los árboles, arbustos, plantas perennes, rastreras y el césped por medio de aplicaciones en el subsuelo. Comparado con el riego por el aire, el riego por goteo puede lograr una mayor uniformidad de cobertura. Cuando son instalados y operados correctamente, los sistemas de riego por goteo proveen la oportunidad de aplicar la cantidad de agua apropiada directamente en la zona de las raíces de las plantas. Debido a que el agua se aplica sobre o muy cerca del nivel del suelo, hay menos desperdicio de agua debido a factores como la evaporación de la superficie de las plantas y el suelo, o por la escorrentía causada por el rocío, o por trayectorias de agua bloqueadas por las plantas, o por el viento que desvía la trayectoria del agua.

- Al riego por goteo también se le llama **riego en el punto de origen, riego de bajo volumen, o micro riego**.
- Mientras que la tasa de aplicación de los emisores individuales es normalmente mucho más baja que la de los aspersores aéreos, puede ser relativamente alta para el sistema entero. Por ejemplo, el cuadrículado de una tubería de goteo que riega a 0.9 galones por hora (GPH del inglés Gallons Per Hour) con emisores a cada 12 pulgadas y un espaciado entre tuberías de 18 pulgadas, tiene una tasa de precipitación de 0.98 pulgadas por hora.

- En el mercado existe una inmensidad de dispositivos para el riego por goteo y debemos tener cuidado para asegurar que todos los dispositivos en una zona determinada tengan las mismas tasas de precipitación, por ejemplo: no mezclar en la misma válvula los emisores de goteo con dispositivos como los inundadores y toberas inundadoras o los micro difusores.
- Los sistemas de riego por goteo requieren **filtración** para prevenir que las partículas que puedan estar en el agua tapen los pequeños orificios de los emisores.
- Se recomiendan emisores que tengan **reguladores de presión** para que su operación se mantenga dentro de las presiones recomendadas por el fabricante y para que rindan como ha sido especificado.

5.6 **La línea o tubería de goteo** (Figura 5-17) es un tubo de polietileno que viene de la fábrica con los emisores ya instalados adentro de la tubería y espaciados uniformemente a diferentes distancias. La tubería de goteo también viene disponible con un forro polar o en una alfombra. La envoltura/alfombra proporciona protección adicional para la tubería en instalaciones subterráneas, ayuda a que el agua se disperse más parejo y puede complementar la capacidad de retención del agua en el suelo.

- Hay emisores que varían sus tasas de caudal entre 0.26 y 1.0 GPH.
- Los espaciados típicos de los emisores en una tubería de riego por goteo son de 6, 12, 18 ó 24 pulgadas.
- La tasa de precipitación típica cuando la tubería se instala en forma cuadrículada (Figura 5-18) es de 0.1 a 2.0 pulgadas por hora dependiendo de la tasa de caudal del emisor, espaciado de los emisores y el espaciado lateral (por filas) del sistema (Figura 5-19).

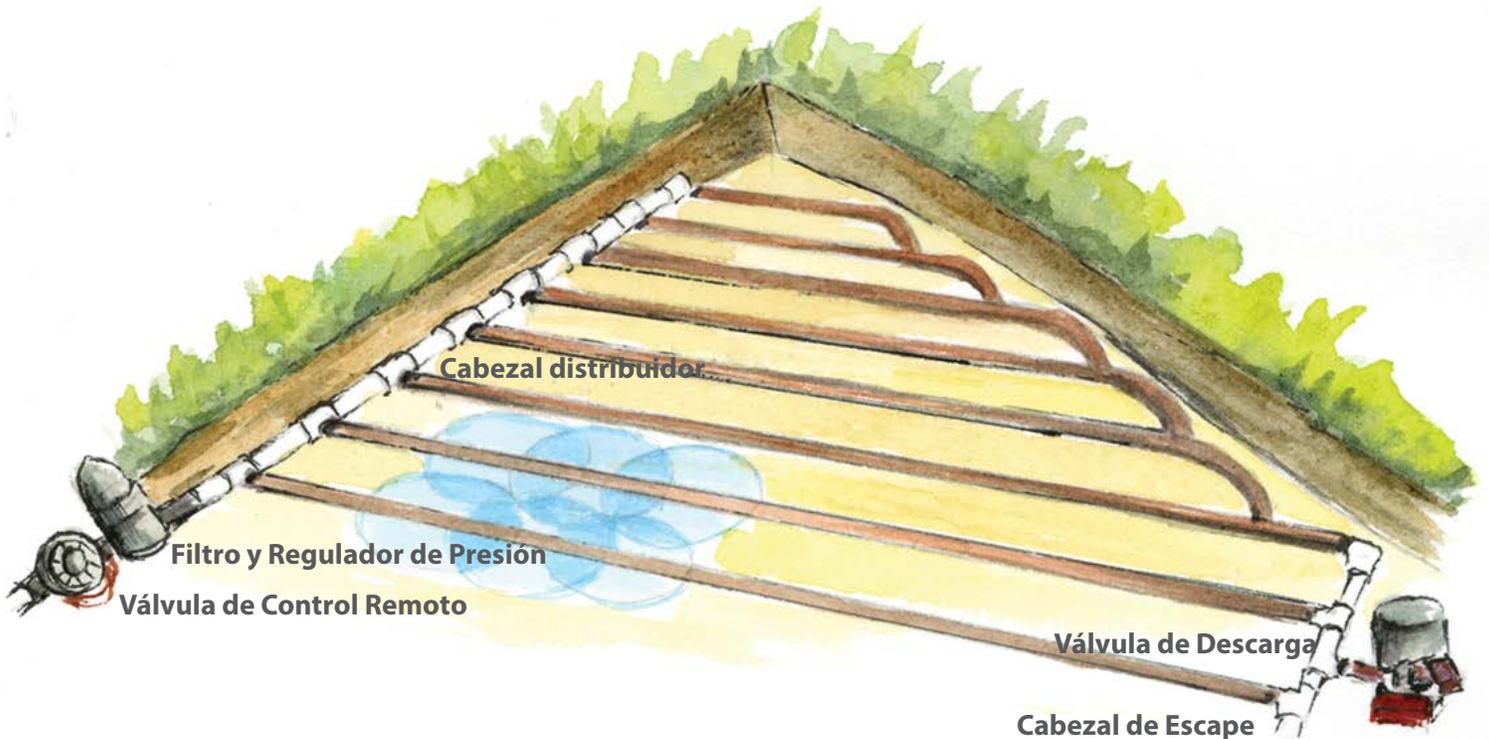
Características y Prácticas que se recomiendan en la mayoría de las aplicaciones de los sistemas de riego por goteo:

- No mezcle las líneas de goteo de diferentes tasas de aplicación o diferente espaciado de los emisores en la misma válvula.
- Es recomendable una tubería de ½ pulgada de diámetro para las instalaciones permanentes ya que es considerablemente más duradera que la tubería de ¼ de pulgada y puede instalarse en tramos más largos porque pierde menos presión.
- El espaciado de los emisores y la tasa de aplicación deben coincidir con el tipo de suelo y la tasa de infiltración del mismo; por ejemplo, en un suelo arcilloso es más adecuado bajar la tasa de aplicación y ampliar el espaciado.

Figura 5-17: Tubería de Riego por Goteo (imagen es cortesía de Rain Bird Corporation)



Figura 5-18: Ejemplo de un diseño en forma cuadrícula para riego por goteo



- Tener emisores compensadores de presión.
- Tener válvulas de retención incorporadas.
- El diseño debe ser uniforme en forma cuadrícula con un cabezal de suministro y uno de escape para que la distribución del agua sea uniforme en un área que esté bastante concentrada con plantas. Para áreas con pendientes, la línea de goteo debe instalarse siguiendo los contornos y no de arriba para abajo.
- Debemos seguir las recomendaciones de los fabricantes con respecto al largo máximo de la línea.
- Debemos diseñar el sistema para mantener la presión adecuada a través de todo el sistema y mantenerlo dentro de los requisitos de presión máxima y mínima.
- Debemos incluir una válvula para de descarga (manual o automática) y una válvula de alivio en el punto más alto (esto es requerido si usamos una válvula de descarga automática). Consulte con el fabricante para saber los requisitos específicos.

Figura 5-19: Gráfica de Tasas de Precipitación para Netafim Techline CV (imagen es cortesía de Netafim USA)

GUÍAS GENERALES	SUELO	CÉSPED										ARBUSTOS Y PLANTAS RASTRERAS													
		ARCILLOSO		FRANCO		ARENOSO		GRUESO				ARCILLOSO		FRANCO		ARENOSO		GRUESO							
CAUDAL DE LOS EMISORES		0.26 GPH		0.4 GPH		0.6 GPH		0.9 GPH				0.26 GPH		0.4 GPH		0.6 GPH		0.9 GPH							
ESPACIADO DE LOS EMISORES		18"		12"		12"		12"				18"		18"		12"		12"							
ESPACIADO LATERAL (FILAS) DE LOS EMISORES		18"	20"	22"	18"	20"	22"	12"	14"	16"	12"	14"	16"	18"	21"	24"	18"	21"	24"	16"	18"	20"	16"	18"	20"
PROFUNDIDAD		Enterrar uniformemente de 4 a 6 pulgadas a lo largo de la zona										Sobre la superficie o enterrar uniformemente a través de la zona a un máximo de 6"													
TASA DE APLICACIÓN (PULGADAS/HORA)		0.19	0.17	0.15	0.30	0.27	0.25	0.98	0.84	0.73	1.48	1.27	1.11	0.19	0.16	0.14	0.30	0.26	0.23	0.73	0.65	0.59	1.11	0.99	0.89
TIEMPO PARA REGAR 1/4" DE AGUA (MINUTOS)		80	89	97	50	55	61	15	18	20	10	12	13	80	93	106	50	58	66	20	23	26	13	15	17

Siguiendo estas guías de espaciado máximo la selección y el caudal de los emisores puede aumentarse si el/la diseñador(a) así lo desea. En áreas que requieren tasas de infiltración más altas, como en suelos arenosos gruesos, hay emisores con un caudal de 0.9 GPH

5.7 **Riego en el punto de origen** (Figura 5-20) consiste de una tubería de distribución de polietileno combinada con emisores individuales que puede estar conectada directamente a la tubería de distribución o a tubos de espagueti de ¼ de pulgada y accesorios. Existe una variedad de diseños de emisores de diferentes fabricantes que incluyen diafragmas, vórtices, caudal turbulento y emisores de bandera. Los diferentes diseños de emisores utilizan diferentes métodos para reducir la presión del agua y producir un caudal uniforme.

- Los caudales típicos de los emisores son de ½, 1, 2, 4, y 6 galones por hora (GPH).
- En situaciones comerciales, algunos emisores pueden conectarse a accesorios de rosca al final de una tubería de ½ pulgada.

Características y Prácticas que se recomiendan en la mayoría de las aplicaciones de los sistemas de riego en el punto de origen:

- Debemos seguir las especificaciones del fabricante cuando se trata de regular la presión, ya que debemos evitar que los emisores sean expulsados del tubo de distribución si la presión es incorrecta.
- Debemos proteger los componentes del sistema del sol, por ejemplo: cubrirlos con varias pulgadas de mantillo. Los accesorios pequeños que han estado expuestos al sol por un largo tiempo se desmoronan y tienden a romperse fácilmente.
- No hay que poner los emisores en la base de los tallos o troncos de las plantas. Los emisores deben ponerse hacia la orilla del dosel de las plantas para poder regar las raíces capilares que son las que transfieren el agua hacia la planta.
- Las raíces en la base del tronco o tallo de la planta no tienen un papel tan importante cuando se trata de absorber el agua que la planta va a aprovechar y estas áreas son más susceptibles a pudrirse.
- Para cada planta debemos usar múltiples emisores según su tamaño y los requerimientos de agua que tenga
- Debemos usar emisores de compensación de presión para asegurar una aplicación uniforme de agua en tramos largos de tubería y en donde haya cambios significativos de elevación.
- Hay emisores con válvulas de retención internas disponibles para mantener el agua en la tubería cuando la válvula está apagada.
- Los emisores de riego por goteo en el punto de origen y los tubos de espagueti de ¼ de pulgada deben usarse con mucho cuidado y consideración en aplicaciones comerciales y residenciales.
 - Esto es debido a que los componentes individuales con frecuencia pueden desconectarse (debido al tránsito peatonal) y esto va a causar desperdicio de agua, además de que el agua ya no va a llegar a donde debe llegar. En esta situación, las ventajas de un sistema de riego por goteo se pierden rápidamente.

Figura 5-20: De izquierda a derecha (1) Emisor Rain Bird de 1.0 GPH, (2) Emisor de bandera marca Toro, (3) Distribuidor con 6 salidas marca Rain Bird, (4) Tobera marca Hunter IH (imágenes cortesía de Rain Bird Corporation, The Toro Company, y Hunter Industries Inc.)



- Para la mayoría de aplicaciones, la tubería para el riego por goteo de ½ pulgada es una mejor opción porque tarda más y requiere de menos mantenimiento.
- Cuando usemos emisores con puertos múltiples, también debemos usarlos con cuidado porque usan tubería y accesorios de ¼ de pulgada.
 - Si vamos a usarlos, debemos protegerlos e instalarlos adentro de una caja de emisores.

5.8 Los **inundadores de bajo volumen** (Figura 5-21) aplican agua a un radio pequeño alrededor del dispositivo de emisión y tienen una tasa de caudal mucho más alta que la de los emisores de riego en el punto de origen, típicamente 0.25 a 2.0 galones por minuto (15 a 120 GPH). Aplican el agua en forma de sombrilla o chorros fijos y algunas veces las boquillas son ajustables.

- Los inundadores de bajo volumen son adecuados para regar arbustos y árboles en pozos para árboles.
- Pueden ser una opción más sólida en aplicaciones comerciales y áreas verdes para reducir su mantenimiento a largo plazo.
- Los inundadores pueden usarse en combinación con otros dispositivos para regar directamente en las zonas de las raíces que están muy cerca del inundador (Figura 5-21 imagen 2).

Figura 5-21: De izquierda a derecha, imágenes cortesía de (1) y (2) Hunter Industries Inc., (3) Rain Bird Corporation, y (4) The Toro Company



1



2



3



4

5.9 Los **micro-rociadores** (Figura 5-22) riegan con un rocío fino a un caudal típico de 0 a 30 galones por hora (GPH). El radio de trayectoria es mayor que el de los inundadores.

- La tubería de goteo o el riego en el punto de origen debe usarse en lugar de los micro rociadores siempre que sea posible ya que éstos tienen la posibilidad de desperdiciar el agua si hay viento y el rocío se desvía y por que es fácil que el rocío se evapore.
- Si la aplicación de rociadores aéreos es apropiada, debemos usar un sistema de aspersores de rotación de alta eficiencia. Estos sistemas son más sólidos y menos propensos a taparse o quebrarse.
- Los micro rociadores son adecuados para germinar semillas y establecer las plantitas de vegetales.

5.10 Las **mangueras de remojo** y **tubería láser** son formas alternas para el riego. Las mangueras de remojo son tuberías porosas que sacan agua a lo largo entero de la manguera. La tubería láser es simplemente una tubería que tiene unos pequeños hoyos perforados con un rayo láser. Estos productos NO son recomendados para el riego eficiente porque no hay forma de saber su tasa de caudal y tienden a taparse, no tienen compensadores de presión lo que significa que la cantidad de agua que riegan no va a tener uniformidad a lo largo de la tubería.

Figura 5-22: De izquierda a derecha, imágenes cortesía de (1) Hunter Industries Inc., (2) The Toro Company, y (3) Rain Bird Corporation



5.11 Las características de eficiencia de agua que están disponibles en muchos dispositivos de emisión.

- Los dispositivos con **tasas de precipitación igualada** (MPR del inglés Matched Precipitation Rate) sirven para mejorar la uniformidad de cobertura en una zona de riego.
 - Los aspersores de rocío fijos modernos tienen tasas de precipitación igualada. Debemos tener cuidado con los aspersores viejos porque puede que no tengan tasas de precipitación igualada (Figura 5-23).
 - Las boquillas de los rotores deben cambiarse cuando el arco cambia para poder lograr una tasa de precipitación igualada. Por ejemplo, una tobera que tira agua en forma de semicírculo debe tener una boquilla con la mitad del caudal de una que tira agua en forma de círculo completo. Algunos fabricantes producen boquillas de precipitación igualada para rotores de un solo chorro.
 - No debemos mezclar los dispositivos de emisión de diferentes fabricantes porque es muy probable que tengan tasas de precipitación distintas y esto va a resultar en una mala distribución de cobertura.
- Una **válvula de seguridad** es una válvula que se cierra para prevenir que el caudal del agua retroceda. Los dispositivos de emisión que incluyen una válvula de seguridad contienen el agua en las tuberías laterales del sistema de riego cuando la zona ha terminado su ciclo de riego. Las válvulas

Figura 5-23: Aspersor antiguo marca Champion



de retención pueden ahorrar una cantidad valiosa de agua porque previenen la fuga del agua que queda en las tuberías laterales.

- Las válvulas de retención son particularmente efectivas en sistemas de riego que están en una pendiente (**drenaje de tobera en punto bajo**), y cuando el riego se programa para tener ciclos múltiples (**ciclo y remojo**).
- Evitar el drenaje de las toberas instaladas en el nivel más bajo del sistema de riego tiene el beneficio de prevenir daños a la propiedad (con frecuencia el asfalto se ve dañado por las pozas que forma el agua que puede drenar de las toberas sin válvulas de retención), también es importante prevenir los accidentes que pueden ocurrir a causa de un resbalón o caída porque el agua está drenando sobre las aceras y otras áreas en donde las personas tienen que pasar caminando.
- Los **reguladores de presión** que vienen instalados adentro de los cuerpos de rocío compensan la presión alta o que fluctúa y como resultado evitan la nebulización o mal rendimiento del sistema de riego.
- Los **emisores de compensación de presión** están diseñados para regar con un caudal de agua uniforme aunque hayan cambios de presión a través de la tubería. Los emisores de compensación son particularmente útiles cuando hay cambios de elevación significativos en el jardín o área verde, o donde hay tramos de tubería que por ser largos van a verse bastante afectados con la pérdida de presión debido a la fricción causada por largas distancias.

5.12 Las prácticas de riego y los dispositivos de emisión que debemos evitar incluyen la instalación y la operación de:

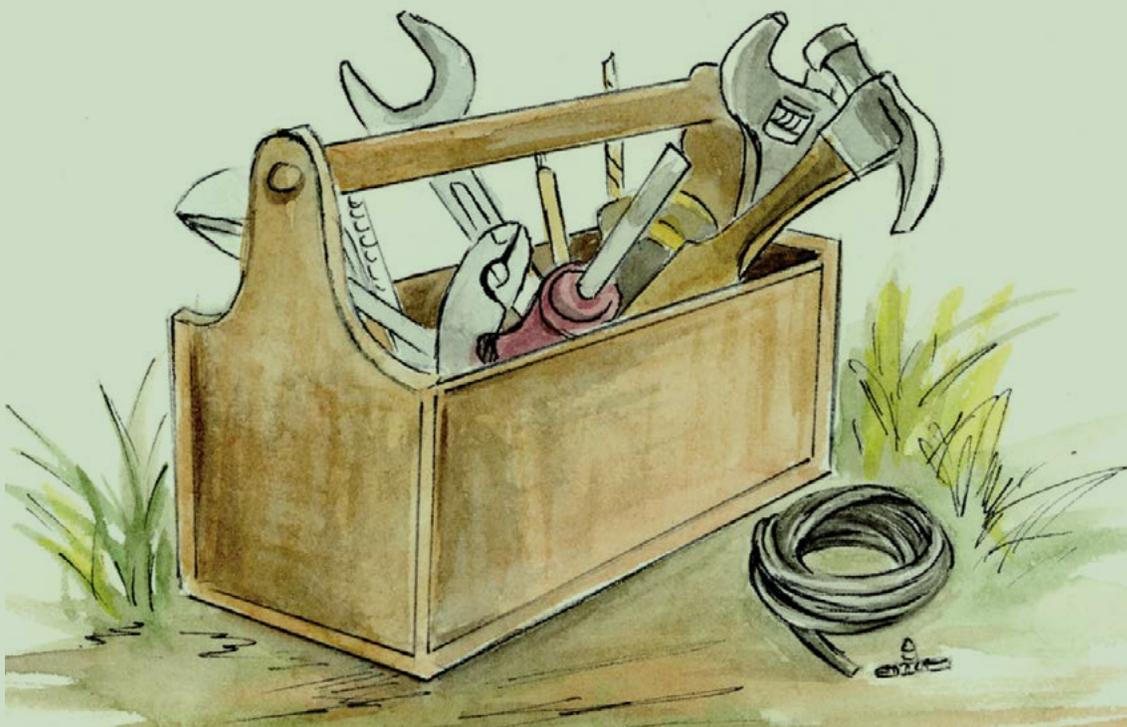
- Dispositivos de emisión y componentes donde la presión bajo la que van a funcionar está por encima o por debajo de las especificaciones del fabricante.
- Dispositivos de emisión que no tienen tasas de precipitación igualadas (MPR del inglés Matched Precipitation Rates) en una sola válvula de irrigación.
- Dispositivos de emisión con tasas de aplicación mixtas en una sola válvula de riego, por ejemplo: instalar una tubería para goteo y micro rociadores juntos, o rociadores fijos con rociadores giratorios juntos.
- Dispositivos de emisión con una tasa de aplicación desconocida o desigual, como una manguera de remojo y una tubería láser.
- Dispositivos de emisión con una tasa de aplicación que excede la tasa de infiltración del suelo, por ejemplo: rociadores fijos en suelos arcillosos solo deben operarse con tiempos de ejecución cortos para evitar la escorrentía.
- Toberas con aspersores de rocío bloqueados por plantas.
- Dispositivos y componentes de emisión que puedan dañarse, por ejemplo: instalar tubería de espagueti de ¼ pulgada y emisores con puertos múltiples para sistemas de riego en el punto de origen.
- Emisores de goteo colocados en la base del tallo o tronco de las plantas.

6 SISTEMAS DE RIEGO – PREGUNTAS PARA REPASAR

- 6.1 ¿Cuáles son los dos tipos de presión de agua?
- 6.2 ¿Qué sucede con la presión del agua cuando el agua se desplaza a través del sistema de riego?
- 6.3 Verdadero o Falso: cuando hablamos de las tasas de caudal de un sistema de riego, en cuanto menor sea el diámetro del tubo, mayor será la pérdida por fricción.
- 6.4 ¿Cuál es el cambio en la presión del agua cuando la elevación del terreno cambia 1 pie hacia arriba?
- 6.5 ¿Qué dispositivo protege el suministro de agua potable de la contaminación?
- 6.6 Verdadero o Falso: La válvula antiretorno de presión reducida es el dispositivo más confiable de prevención antiretorno.
- 6.7 ¿Cuál es el nombre que le damos a un agrupamiento de válvulas de riego?
- 6.8 Verdadero o Falso: Las válvulas de los sistemas de riego por goteo deben tener reguladores de presión y componentes de filtración instalados para que funcionen correctamente.
- 6.9 Para que funcione correctamente una válvula anti sifón, ¿Cuánto más alto debe instalarse en relación con la altura a la que está instalado el dispositivo de emisión más alto en una zona?
- 6.10 ¿Para qué se usa el tubo de PVC morado?
- 6.11 Verdadero o Falso: Los aspersores de rocío fijos tienen una tasa de precipitación más alta que los rotores.
- 6.12 Verdadero o Falso: Los rociadores giratorios ofrecen una cobertura más uniforme que los rociadores fijos.
- 6.13 Verdadero o Falso: El riego por goteo puede lograr una mayor uniformidad de cobertura que el riego por aspersión.
- 6.14 ¿Por qué es importante no mezclar emisores de goteo con inundadores en la misma válvula?

Sección 6:

MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE UN SISTEMA DE RIEGO





MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE UN SISTEMA DE RIEGO

Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender las razones por las que debemos darle mantenimiento a los sistemas de riego
2. Comprender cómo hacer una inspección y revisión del sistema antes de empezar de la temporada de riego
3. Comprender cómo hacer una inspección y cómo desactivar el sistema al final de la temporada de riego
4. Aprender cómo funciona una válvula para el riego
5. Aprender cómo identificar y diagnosticar los problemas de una válvula de riego y problemas del controlador

1 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR TEMPORADA

- 1.1 El mantenimiento regular es esencial para la operación correcta y eficiente de un sistema de riego a través del tiempo. Darle mantenimiento al sistema a intervalos regulares puede evitar el desperdicio de agua, extender la vida útil del sistema de riego, mantener vivas y sanas las plantas, y ahorrar dinero.
- 1.2 Si tenemos un [contrato de mantenimiento](#) para un jardín, éste debe incluir condiciones que hablen sobre los costos de revisión y reparaciones rutinarias del sistema de riego.

2 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO ANTES DE EMPEZAR LA TEMPORADA DE RIEGO

- 2.1 Revisión del controlador de riego (Figura 6-1).
 - Revise la fecha y la hora del controlador y cámbielas si fuera necesario.
 - Ajuste el controlador de riego en el horario de primavera.
 - En las Secciones 8 y 9 damos más información para aprender a hacerlo.
 - Cambie la batería auxiliar si fuera necesario.
 - Es recomendable cambiar la batería por lo menos cada dos años.
 - Active las válvulas.

Figura 6-1: Varios ejemplos de controladores en su lugar de operación



- 2.2 Deje correr el agua por el sistema de riego para limpiar y sacar la suciedad y los desechos que pudieron acumularse en las tuberías mientras estuvo apagado.
 - Limpie el/los filtros de las zonas de riego por goteo.
 - Quite la tapa al final de la línea de tubería, el inundador o el aspersor que está más lejos de la válvula.
 - Active la válvula y deje correr el agua por 30 segundos o hasta que el agua salga limpia.
 - Cierre la válvula y vuelva a poner las tapas en su lugar.
 - Limpie los filtros individuales de los aspersores.
- 2.3 Revisión del sistema de riego.
 - Active las válvulas.
 - [Observe](#), [escuche](#), y [sienta](#). Camine la trayectoria entera del área de riego y:
 - Revise y ajuste la presión del agua.
 - Limpie las boquillas que están sucias o atascadas.

- Ajuste los arcos de las boquillas de arcos variables y de los rotores para prevenir que el agua se desperdicie rociando áreas que no deben regarse.
- Ajuste el radio de la trayectoria de los aspersores de rocío aéreo si están mal ajustados. Si se desajustan cuando la válvula está encendida, hay que reemplazar el cuerpo de rocío entero.
- Enderece los aspersores que están torcidos, hundidos o salidos.
- Inspeccione el área que está alrededor de los aspersores de rocío mientras están funcionando para asegurar que no hay fugas que indiquen que los sellos están gastados o que las tapas están flojas.
- En cuanto sea posible, quite las plantas que estén bloqueando los aspersores de rocío o muévalos para que el rocío no caiga sobre los troncos de los árboles.
- Limpie los filtros de los emisores por goteo para asegurar que funcionen bien.
- Escuche, en las zonas de riego por goteo puede haber sonidos que pueden indicar que faltan emisores o componentes, o que hay tuberías perforadas o con fugas.
- Inspeccione los emisores de goteo y los componentes para asegurar que no están rajados o que han sufrido otros daños.
- Reemplace los emisores de goteo y componentes que hacen falta.
- Repare las líneas de goteo o tuberías cortadas.
- Ponga banderines en todas las áreas en donde encuentre problemas y escriba en el banderín cual es el problema.
- Repare todas las áreas en donde habían banderines usando los mismos accesorios y componentes.
- Cuando esté haciendo las reparaciones use componentes idénticos a los que estaban instalados para asegurar que las tasas de aplicación van a permanecer como fueron especificadas. No instale los componentes incorrectos sólo porque es lo que tiene a la mano.
- Repita el proceso en todas las hidrozonas.

Figura 6-2: De izquierda a derecha (1) y (2) cabezales torcidos, (3) emisor de riego por goteo faltante, (4) tubería de riego por goteo cortada



3 DESACTIVACIÓN DEL SISTEMA AL FINAL DE LA ESTACIÓN DE RIEGO

3.1 En muchas áreas no es necesario regar durante los meses de invierno. Para proteger el sistema de riego y sus componentes, es importante prepararlo para los meses de invierno y así extender la vida útil del sistema.

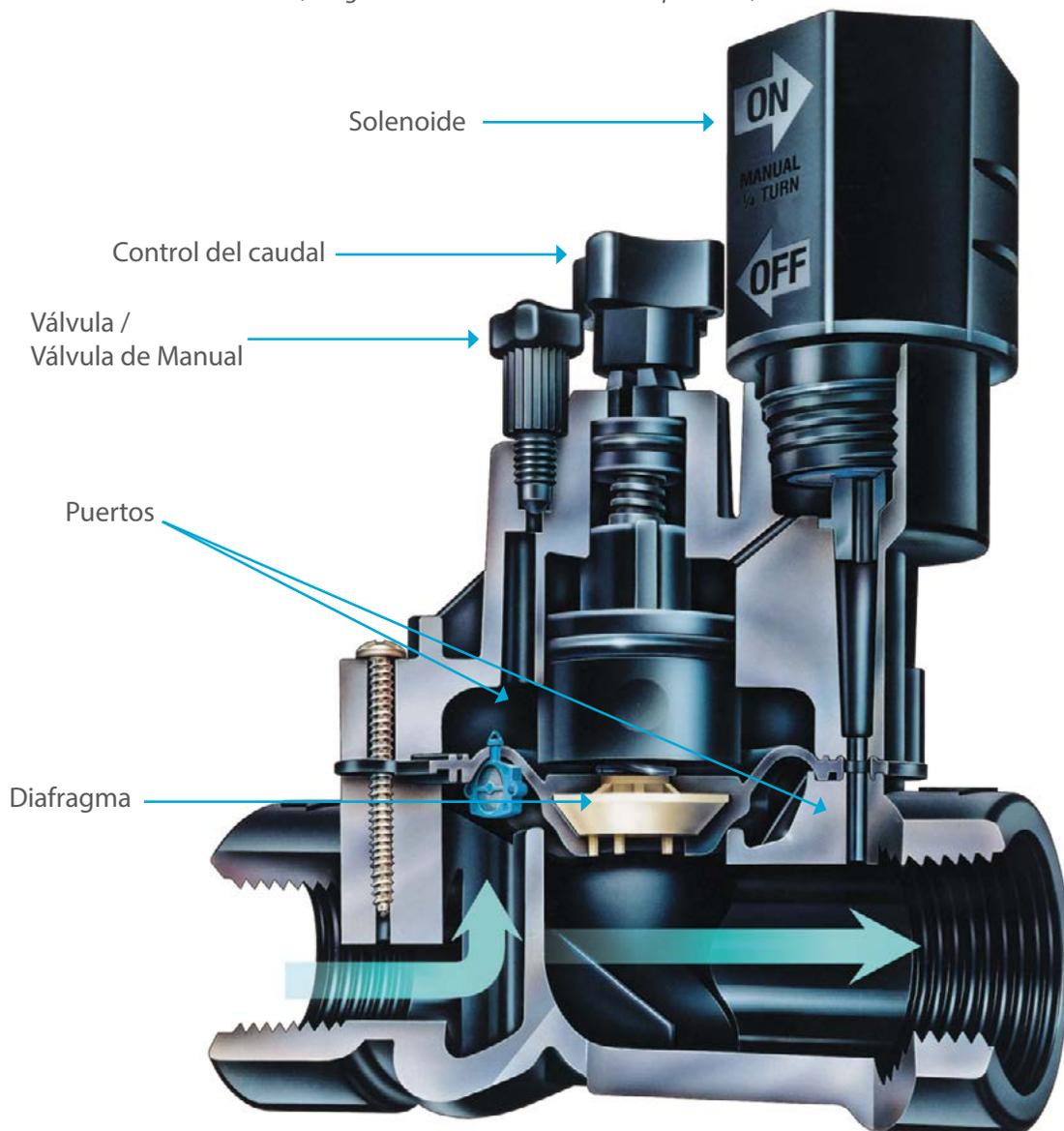
- Limpie los filtros para que el sistema quede limpio durante el invierno.
- Cierre el agua del sistema de riego en la válvula principal.

- Abra cada una de las válvulas para sacar la presión que pueda haber en las tuberías. Una vez que la presión haya salido, cierre las válvulas.
- Programe el controlador: seleccione "rain" (lluvia), "suspend" (suspender), o "off" (apagado) para desactivarlo.
- Saque el agua de los componentes que puedan congelarse.
- Instale una manta térmica sobre el dispositivo antirretorno.
- Es posible que tenga que hacer otras cosas adicionales en áreas propensas a congelarse, por ejemplo: soplar las tuberías y líneas de riego con aire comprimido.

4 ANATOMÍA Y OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS

4.1 Una válvula de riego (Figura 6-3) permite que el agua pase hacia las áreas ajardinadas cuando el diafragma se mueve para arriba, e impide el paso del agua cuando el diafragma se mueve para abajo.

Figura 6-3: Vista interior de una válvula (imagen es cortesía de Rain Bird Corporation)



- 4.2 La válvula se abre cuando uno de los dos puertos se abre y esto permite que el agua que está en la cámara superior salga de la válvula. El resultado es una presión más alta debajo del diafragma y esto empuja el diafragma para abrir la válvula.
- El **puerto del solenoide** se abre cuando un impulso eléctrico que viene desde el controlador activa un imán y causa que un pequeño émbolo o pistón de metal se mueva hacia arriba. Generalmente es posible encender manualmente la válvula al darle ¼ de vuelta al solenoide en sentido contrario de las agujas del reloj.
 - La **válvula de descarga** o **puerto de purga manual** puede abrirse al darle vuelta a la perilla para sacar el agua de la cámara superior de la válvula. El agua saldrá por la parte superior de la válvula. Tenga cuidado de no quitar completamente la válvula de descarga.
- 4.3 El **control de flujo** regula la cantidad de agua que pasa a través de la válvula y no debe usarse para encender y apagar la válvula.

5 DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS EN VÁLVULAS, CONTROLADOR Y CABLEADO

- 5.1 Hay tres posibilidades por las que una válvula funciona mal. Use un proceso de eliminación consistente y lógico para encontrar en dónde está el problema. Empiece, ya sea en el controlador y siga hacia la válvula, o empiece en la válvula y siga hacia el controlador. Los problemas pueden ser:
- **Hidráulicos:** el agua no fluye o no pasa.
 - **Mecánicos:** algo está deteniendo físicamente la operación de la válvula.
 - **Eléctricos:** hay un problema con el solenoide de la válvula, el cableado, o el controlador de riego.
- 5.2 Pasos para diagnosticar problemas:
- Asegúrese de que **el agua** está encendida en el punto de conexión (POC).
 - Inspeccione el **controlador**.
 - Asegúrese de que está pasando **corriente eléctrica** al controlador.
 - Revise el **programa** del controlador.
 - Compruebe que los fusibles y sensores funcionan.
 - Verifique que hay corriente eléctrica usando un medidor de voltios/ohmios.
 - Revise las terminales de salida de la estación.
 - Asegúrese de que en el panel del controlador no hay insectos o animalitos que puedan interrumpir la señal eléctrica.
 - Revise la **válvula**.
 - Abra la válvula manualmente dándole vuelta al **solenoide**. Si la válvula se abre, el problema es eléctrico.
 - Abra la válvula usando la **válvula de descarga** o **puerto de purga manual**. Si la válvula no se abre, el problema es hidráulico o mecánico.
 - Si el problema es eléctrico:
 - Revise las conexiones del cableado en las terminales del controlador y en las válvulas.
 - Verifique que los cables no están rotos o cortados.

5.3 La válvula no se abre.

Tabla 6-1: Guía para el diagnóstico de problemas para una válvula que no se abre

Causa	Solución
Ajuste de Válvulas (control del caudal)	Ajuste la válvula usando el control del caudal. Asegurese de que el control del caudal no esté muy apretado por que de lo contrario el diafragma no va a subir para que la válvula pueda abrirse.
Solenoides malos	Cuando los solenoides funcionan bien, al activarlos suenan haciendo 'click'. Si no lo hacen, use un voltímetro o medidor de ohmios para determinar si se trata de un problema de continuidad (no está pasando la electricidad). Cambie el solenoide si no está funcionando correctamente.
El mecanismo de la válvula está tapado, obstruido o dañado	Limpie el material que puede estar tapando la válvula por medio del puerto de purga. Si no puede hacerlo, hay que desarmar la válvula para limpiar los puertos de salida y el diafragma. Si fuera necesario, cambie el diafragma.
Mala conexión del cableado	Vuelva a conectar y a sellar las conexiones con conectores impermeables (a prueba de agua).
Problemas con el controlador	Use un voltímetro o medidor de ohmios para determinar si el controlador está enviando una señal de 24 voltios. El problema puede ser un fusible, un transformador, o controlador.
La corriente eléctrica no está pasando hacia la válvula	Use un voltímetro o medidor de ohmios para determinar si hay un problema de continuidad (no está pasando la electricidad). Repare o cambie el cableado.

5.4 La válvula no se cierra.

- Los síntomas de que una válvula no se cierra correctamente incluyen aspersores o emisores que continúan funcionando cuando el sistema está apagado y cuando hay agua saliendo de la tobera más baja en el sistema (válvula con fuga).

Tabla 6-2: Guía para el diagnóstico de problemas para una válvula que no se cierra

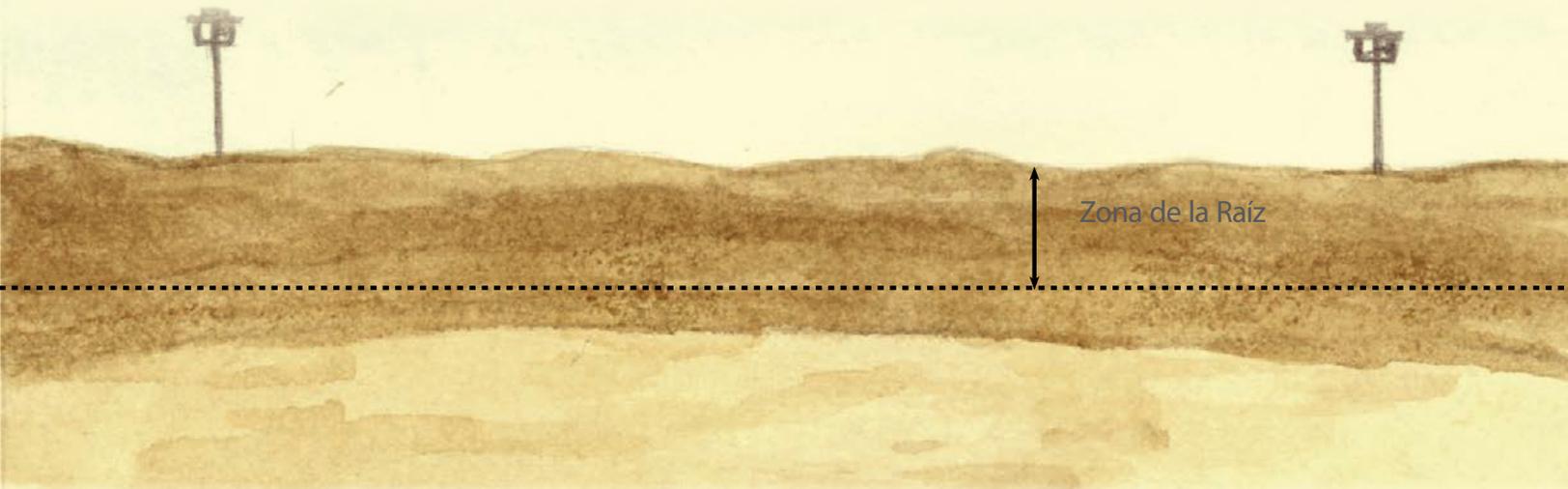
Causa	Solución
Problemas con el controlador	Verifique en el controlador y si fuera necesario, ajuste los tiempos de comienzo de todos los programas. Apague el controlador y desconecte la electricidad que alimenta el controlador.
Abrió la válvula manualmente y ahora no se cierra	Limpie el material que puede estar tapando la valvula por medio del puerto de purga. Si no puede hacerlo, hay que desarmar la valvula para limpiar los puertos de salida y el diafragma.
Ajuste de Válvulas (control del caudal)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Active la válvula manual o eléctricamente. 2. Abra completamente la válvula de control del caudal (en sentido contrario a las agujas del reloj). 3. Vaya cerrando poco a poco la valvula de control del caudal, cierre dándole 1/4 de vuelta a la vez hasta que vea que el flujo de rociado vaya reduciendo o bajando. 4. Abra la válvula de control del caudal dándole ½ vuelta. 5. No use la válvula de control del caudal para bajar la presión del agua.
El mecanismo de la válvula está tapado, obstruido o dañado	<p>Limpie la suciedad que pueda tener la válvula usando el tornillo de purga. Si no logra limpiarla, va a necesitar desarmarla para limpiar bien los puertos y el diafragma.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambie el diafragma si fuera necesario. • Verifique que el asiento de la válvula no esté dañado. • Verifique que el émbolo o pistón del solenoide no está deteriorado. • Verifique que no hay rajaduras en el cuerpo o en la tapa de la válvula y que los sellos no están dañados.

6 MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE UN SISTEMA DE RIEGO PREGUNTAS PARA REPASAR

- 6.1 ¿Por qué es importante darle mantenimiento con regularidad a los sistemas de riego?
- 6.2 ¿Qué haría usted para preparar un controlador de riego para empezar la estación?
- 6.3 ¿Qué pasos tomaría usted para hacer una revisión del sistema de riego antes de empezar la estación?
- 6.4 ¿Qué pasos tomaría usted para preparar un sistema de riego antes de apagarlo al final de la estación?
- 6.5 Describa la función de una válvula de riego.
- 6.6 Describa cómo es que el controlador abre una válvula de riego.
- 6.7 Describa dos métodos para abrir manualmente una válvula de riego.
- 6.8 ¿Cuáles son las tres posibles razones por las que una válvula funciona mal?

Sección 7:

AUDITORÍAS DE SISTEMAS DE RIEGO





AUDITORÍAS DE SISTEMAS DE RIEGO

Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender las razones para hacer auditorías de los sistemas de riego
2. Tener un entendimiento básico de lo que significa ‘distribución uniforme’ y ‘riego eficiente’
3. Tener un entendimiento básico de lo que significa ‘tasa de precipitación’ y ‘tasa de precipitación igualada’
4. Comprender cómo determinar la tasa de precipitación
5. Comprender las herramientas que necesitamos para hacer las auditorías de los sistemas de riego
6. Comprender cómo hacer una evaluación del terreno en donde vamos a hacer la auditoría del sistema de riego
7. Comprender cómo afinar un sistema de riego antes de hacer la auditoría
8. Comprender cómo evaluar un sistema de riego de rociado aéreo para poder hacer la auditoría
9. Comprender cómo evaluar un sistema de riego por goteo para poder hacer la auditoría

1 PROPÓSITO DE LAS AUDITORÍAS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

- 1.1 El propósito de una auditoría a un sistema de riego es para **evaluar la efectividad con la que el sistema de riego** aplica el agua en hidrozonas específicas.
- 1.2 Los resultados de la auditoría del sistema de riego pueden usarse para **desarrollar un horario de riego** para la hidrozona que se está evaluando. Un horario de riego acertado nos ayuda para que usemos el agua lo más eficientemente posible y dentro de las limitaciones del sistema de riego.
- 1.3 Podemos usar las observaciones que hagamos durante la auditoría para **recomendar mejoras al sistema de riego**. La optimización del rendimiento del sistema de riego ayuda a mejorar la eficiencia con la que el agua es aplicada en las hidrozonas.

2 UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN Y EFICIENCIA DEL RIEGO

- 2.1 **Uniformidad de Distribución** (DU por sus iniciales en inglés) es una medida que usamos para saber cuán uniformemente está aplicándose el agua en una hidrozona. La **eficiencia del riego** (IE por sus iniciales en inglés) es la relación entre el volumen de agua que las plantas usan de forma beneficiosa en una hidrozona y el volumen de agua que está aplicando el sistema de riego.
 - La DU es un valor, entre cero y 1.0, donde 1.0 representa la uniformidad perfecta. DU puede expresarse como decimal o porcentaje.
 - La IE es normalmente representada como porcentaje, donde 100% es la eficiencia perfecta.
- 2.2 Una DU alta es deseable porque permite que la zona entera de la raíz sea regada suficiente y uniformemente. También ayuda a garantizar que las plantas crezcan sanamente. Si la DU es baja es necesario regar más de la cuenta para compensar por la aplicación desigual.
 - La figura 7-1 muestra un campo deportivo con una DU deficiente.
 - Las figuras 7-2 y 7-3 ilustran la sección transversal de una hidrozona con una DU deficiente. La línea discontinua representa el fondo de la zona de la raíz. El agua del riego que pasa más allá del área de la zona de la raíz se pierde en la percolación profunda. La figura 7-2 ilustra el exceso de agua que va a ser necesario aplicar para que el área entera esté debidamente regada, mientras que la figura 7-3 ilustra la falta de agua en ciertas áreas si queremos evitar el desperdicio del agua.
- 2.3 La eficiencia del riego (IE) es diferente de la uniformidad de distribución (DU) porque también toma en cuenta factores que no son capturados por la DU; como lo son el exceso de rociado, escorrentía, y tiempo en que el sistema de riego está funcionando.

Figura 7-1: Círculos que dejó el riego en un campo deportivo, un indicador común de mala DU



Figura 7-2: Riego excesivo con mala DU

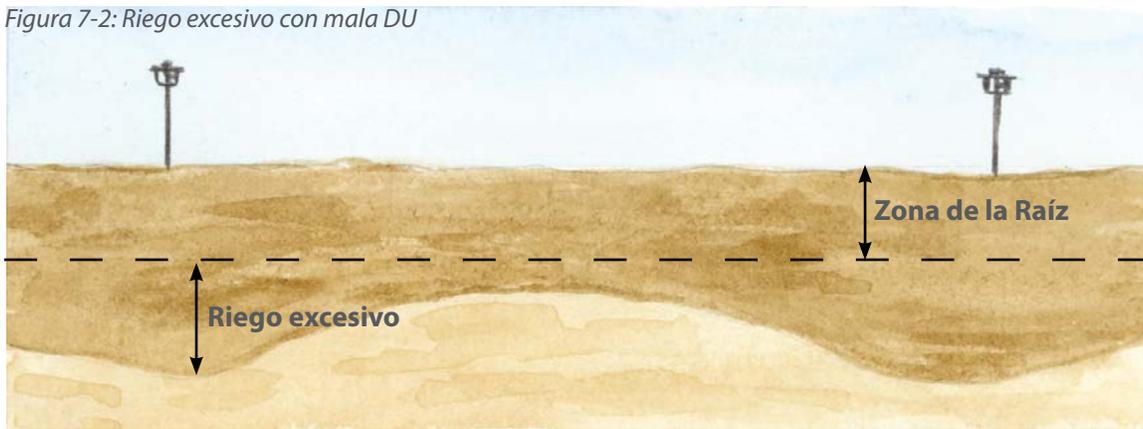


Figura 7-3: Riego insuficiente con mala DU

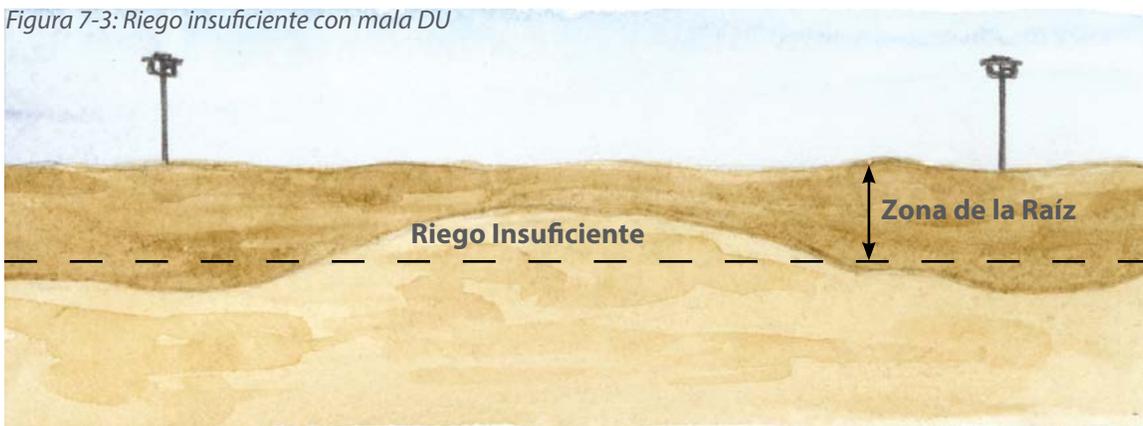


Figura 7-4: Buena DU con mala IE

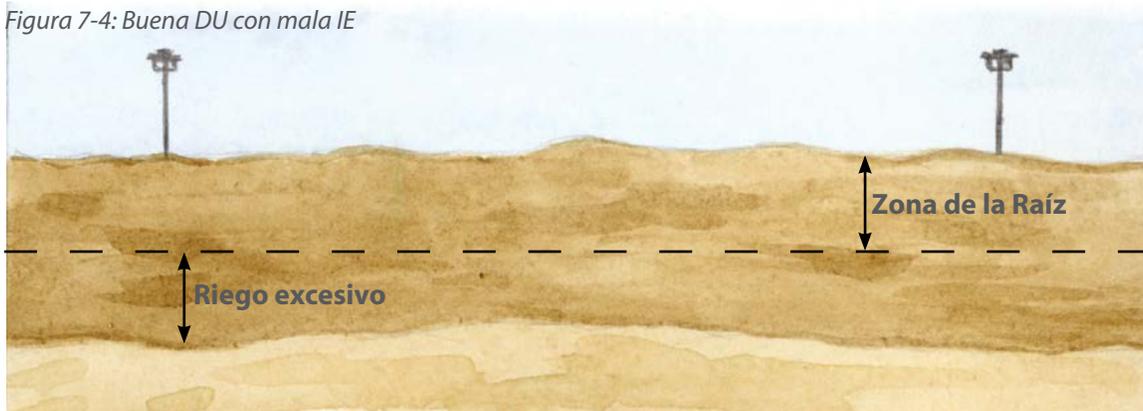
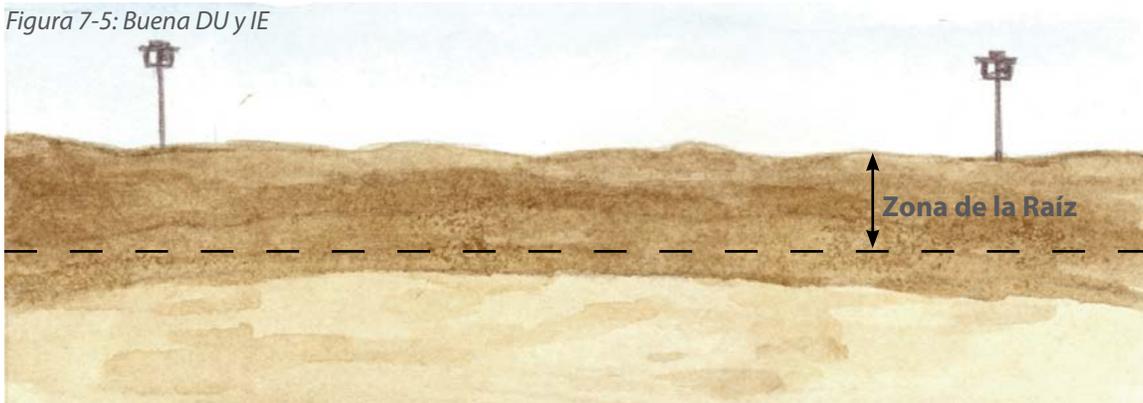


Figura 7-5: Buena DU y IE



- Un sistema de riego con rociado excesivo puede tener una DU alta, pero va a tener una IE baja.
- Un sistema de riego con una DU alta que tiene una tasa de aplicación significativamente mayor que la tasa de infiltración del tipo de suelo va a tener una IE baja.
- Es importante notar que una IE alta no siempre significa que vamos a tener un jardín con plantas lozanas; por ejemplo, podemos lograr una IE alta si aplicamos menos agua porque la mayor cantidad de agua aplicada va a ser beneficiosa al llegar a la zona de la raíz.
- Las figuras 7-4 y 7-5 ilustran la sección transversal de una hidrozona con una buena DU. La figura 7-4 tiene una IE deficiente debido al exceso de riego, mientras que la figura 7-5 tiene una buena IE, porque la persona que administra el riego está regando a la profundidad adecuada.

2.4 Ciertos dispositivos emisores de riego de por sí aplican el agua más uniformemente que otros. El riego por goteo normalmente va a tener una DU más alta que los aspersores de rocío. La tabla 7-1 muestra los valores de DU típicos para diferentes dispositivos de emisión.

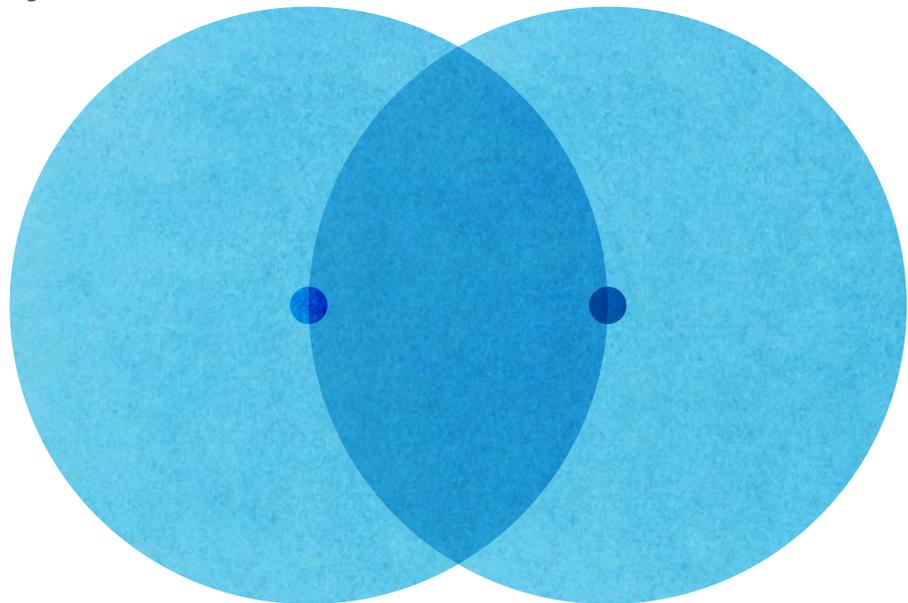
Tabla 7-1: Valores típicos de DU para diferentes tipos de sistemas de riego

Tipo de Sistema de Riego	Uniformidad de Distribución
Riego por goteo	0.80 – 0.95
Aspersores de rotación	0.55 – 0.85
Rotores	0.55 – 0.85
Aspersores de rocío	0.45 – 0.75

2.5 Los dispositivos de riego aéreo como los aspersores, están diseñados para tener cobertura traslapada ya que los patrones de rociado de los aspersores individuales típicamente no son uniformes en el diámetro de su trayectoria.

- La **cobertura de cabezal a cabezal** de los patrones de rociado se usa típicamente para asegurar una DU óptima. Al garantizar que la trayectoria del rociado de un aspersor llega hasta el cabezal del próximo aspersor, la cobertura entre los dos es uniforme. La figura 7-6 ilustra el patrón de rociado de dos aspersores que tienen cobertura de cabezal a cabezal.

Figura 7-6: Cobertura de cabezal a cabezal



- Cuando se considera que el **viento** es un problema, los aspersores deben colocarse aún más cerca, tal vez hasta un 45% del diámetro de la trayectoria.
 - Siempre y cuando sea posible, use riego por goteo en áreas en donde hay vientos fuertes.

2.6 Las principales causas de deficiencias de DU y de IE incluyen:

- Espaciado incorrecto de los cabezales (el espaciado es menor que de cabezal a cabezal).
- Usar diferentes tipos de dispositivos en la misma zona, por ejemplo, combinar rotores con aspersores.
- Boquillas que no coinciden unas con otras van a resultar en una aplicación desigual.
- La presión del agua es demasiado alta, lo cual causa nebulización; o muy baja, lo cual reduce el radio de la trayectoria.
- Rociado en áreas que no deben ser regadas.
- Desgaste del equipo de riego sin mantenimiento adecuado a manera que pasa el tiempo.
- Cabezales o boquillas tapadas.
- Cabezales quebrados o faltantes.
- Cabezales torcidos o que están desnivelados.
- La trayectoria del patrón de rociado está siendo bloqueada por plantas, estructuras o características propias del jardín.
- Sellos con fugas.
- Emisores faltantes.
- Líneas o tuberías de riego por goteo cortadas.

Figura 7-7: (1) rocío excesivo, (2) cabezal torcido, (3) cabezal enterrado, (4) tubería de riego por goteo cortada, (5) emisor faltante, (6) sellos con fugas



1



2



3



6



5



4

3 TASA DE PRECIPITACIÓN Y TASAS DE PRECIPITACIÓN IGUALADAS

- 3.1 La **tasa de precipitación** (PR por sus iniciales en inglés) es la cantidad o porcentaje de agua que aplica el sistema de riego y es medida en pulgadas por hora. La **tasa bruta de precipitación** mide el flujo total de la hidrozona, mientras que la **tasa neta de precipitación** mide únicamente el agua que se aplica efectivamente al área de la hidrozona del jardín. La diferencia entre la PR bruta y la PR neta son las pérdidas de agua debido a factores como las fugas, exceso de rociado, escorrentía, y agua desviada por el viento.
- 3.2 Los diferentes dispositivos de aplicación tienen diferentes PRs. La PR también varía dependiendo de cómo se diseñe la forma en que los dispositivos de aplicación van a ir distribuidos.

Tabla 7-2: Tasas de precipitación típicas de los dispositivos de riego

Dispositivo	Tasa de Precipitación (pulgadas por hora)
Aspersores de Rocío Fijos	1.5 – 2.0
Aspersores Giratorios	0.4 – 0.8
Rotores	0.25 – 1.50
Riego por Goteo, Tubería en Línea	0.1 – 2.0 (cuadrulado)
Riego por Goteo, en el Punto de Origen	Depende de la posición de los emisores
Inundadores de Volumen Bajo	Depende del Caudal y del Área a Mojar

- 3.3 Es importante saber la PR de cada hidrozona para poder determinar correctamente el lapso de tiempo que debe regar el sistema de riego.
- El tiempo que debe regar el sistema de riego se cubre en la Sección 8, Programación de los Horarios del Sistema de Riego.
- 3.4 Dentro de una hidrozona, debemos asegurar que la PR de los dispositivos de emisión individuales estén ajustados para garantizar una tasa de aplicación uniforme de agua.
- La Tabla 7-3 presenta un ejemplo de aspersores giratorios con tasas de precipitación igualada (MPR por sus iniciales en inglés).
 - Cuando la PR coincide en todos los dispositivos, el caudal del dispositivo de emisión aumenta a manera que aumenta el arco de su trayectoria. El caudal del cabezal de un aspersor de 180 grados es el doble de uno de 90 grados.

Tabla 7-3: Ejemplo de una tasa igualada de precipitación: Hunter Industries Rotor MP1000 (8-15 pies) a 40 PSI con los cabezales instalados en diseño cuadrado

Arco	Caudal (GPM)	Tasa de Precipitación (pulgadas por hora)
90-grados	0.21	0.41
180-grados	0.42	0.41
270-grados	0.63	0.41
360-grados	0.84	0.41

- La Tabla 7-4 ofrece un ejemplo de rotores con PR que no son iguales.
 - Cuando la PR no es igual, el caudal del dispositivo de emisión permanece constante a medida que aumenta el arco de la trayectoria. La tasa de precipitación del cabezal de un aspersor de 180 grados es la mitad de uno de 90 grados.
 - La PR de los rotores puede igualarse usando diferentes boquillas dependiendo del arco del rotor.
 - Alternativamente, los rotores con diferentes arcos pueden agruparse en válvulas de riego separadas con tiempos de operación diferentes; por ejemplo, instalar solamente rotores de 90 grados en una válvula o válvulas, y solamente rotores de 360 grados en una válvula o válvulas separadas.
 - Si encontramos aspersores viejos que no tienen PR igualada, debemos cambiarlos para actualizarlos con aspersores nuevos que tengan PR igualada (preferiblemente rociadores giratorios de alta eficiencia).

Tabla 7-4: Ejemplo de una tasa de precipitación desigualada: Hunter Industries I-40 Rotor con boquilla gris a 60 PSI instalados en diseño cuadrado

Arco	Caudal (GPM)	Tasa de Precipitación (pulgadas por hora)
90-grados	15.7	2.00
180-grados	15.7	1.00
270-grados	15.7	0.67
360-grados	15.7	0.50

4 CALCULANDO LAS TASAS DE PRECIPITACIÓN

4.1 Podemos usar las especificaciones de los fabricantes para encontrar la PR bruta de una hidrozona.

- Es necesario saber algunos detalles específicos sobre el dispositivo de emisión para poder consultar la tasa de precipitación.
 - Marca, modelo, boquilla, presión estática del agua, patrón de espaciado y dimensiones de espaciado.
- La figura 7-8 muestra un ejemplo de las especificaciones de rendimiento de los dispositivos de emisión aéreos.
 - El flujo y la PR varían de acuerdo al radio de la trayectoria y la presión estática del agua.
 - Los fabricantes típicamente publican la PR para aspersores con los patrones de instalación diseñados en forma cuadrada y triangular.
 - La PR actual varía debido a los factores como las diferencias en la forma del diseño del sistema, cambios en la presión del sistema, exceso de rocío y agua desviada por el viento.

Figura 7-8: Datos de rendimiento de Rotores MP de Hunter Industries (imagen cortesía de Hunter Industries Inc)

DATO DEL RENDIMIENTO DE UN ROTOR MP																
Arco	Presión PSI	MP1000 Radio: 8' to 15' Arco ajustable y círculo Completo ● Marrón: 90° to 210° ● Azul Claro: 210° to 270° ● Olivo: 360°					MP2000 Radio: 13' to 21' Arco ajustable y círculo Completo ● Negro: 90° to 210° ● Verde: 210° to 270° ● Rojo: 360°					MP3000 Radio: 22' to 30' Arco ajustable y círculo Completo ● Azul: 90° to 210° ● Amarillo: 210° to 270° ● Gris: 360°				
		Radio ft.	Caudal GPM	Caudal GPH	Precipitación pulgadas/hora ■ ▲		Radio ft.	Caudal GPM	Caudal GPH	Precipitación pulgadas/hora ■ ▲		Radio ft.	Caudal GPM	Caudal GPH	Precipitación pulgadas/hora ■ ▲	
90° 	25	--	--	--	--	--	17	0.34	20.4	0.45	0.52	25	0.71	42.6	0.44	0.51
	30	12	0.17	10.2	0.45	0.52	18	0.38	22.8	0.45	0.52	27	0.76	45.6	0.40	0.46
	35	13	0.19	11.4	0.43	0.50	19	0.40	24.0	0.43	0.49	28	0.82	49.2	0.40	0.46
	40	14	0.21	12.6	0.41	0.48	20	0.43	25.8	0.41	0.48	30	0.86	51.6	0.37	0.42
	45	14	0.23	13.8	0.45	0.52	21	0.46	27.6	0.40	0.46	30	0.90	54.0	0.39	0.44
	50	15	0.25	15.0	0.43	0.49	21	0.47	28.2	0.41	0.47	30	0.95	57.0	0.41	0.47
180° 	25	--	--	--	--	--	16	0.6	36.0	0.45	0.52	25	1.44	86.4	0.44	0.51
	30	12	0.34	20.4	0.45	0.52	17	0.64	38.4	0.43	0.49	27	1.58	94.8	0.42	0.48
	35	13	0.38	22.8	0.43	0.50	18	0.71	42.6	0.42	0.49	28	1.70	102.0	0.42	0.48
	40	14	0.42	25.2	0.41	0.48	19	0.77	46.2	0.41	0.47	30	1.82	109.2	0.39	0.45
	45	14	0.44	26.4	0.43	0.50	20	0.85	51.0	0.41	0.47	30	1.93	115.8	0.41	0.48
	50	15	0.50	30.0	0.43	0.49	21	0.91	54.6	0.40	0.46	30	2.04	122.4	0.44	0.50
55	15	0.51	30.6	0.44	0.50	21	0.95	57.0	0.41	0.48	30	2.13	127.8	0.46	0.53	

Figura 7-9: Gráfica de tasas de precipitación para Netafim Techline CV (imagen es cortesía de Netafim USA)

GUÍAS GENERALES	SUELO	CÉSPED											ARBUSTOS Y PLANTAS RASTRERAS												
		ARCILLOSO			FRANCO			ARENOSO			GRUESO		ARCILLOSO		FRANCO		ARENOSO		GRUESO						
CAUDAL DE LOS EMISORES		0.26 GPH			0.4 GPH			0.6 GPH			0.9 GPH		0.26 GPH		0.4 GPH		0.6 GPH		0.9 GPH						
ESPACIADO DE LOS EMISORES		18"			12"			12"			12"		18"		18"		12"		12"						
ESPACIADO LATERAL (FILAS) DE LOS EMISORES		18"	20"	22"	18"	20"	22"	12"	14"	16"	12"	14"	16"	18"	21"	24"	18"	21"	24"	16"	18"	20"	16"	18"	20"
PROFUNDIDAD		Enterrar uniformemente de 4 a 6 pulgadas a lo largo de la zona											Sobre la superficie o enterrar uniformemente a través de la zona a un máximo de 6"												
TASA DE APLICACIÓN (PULGADAS/HORA)		0.19	0.17	0.15	0.30	0.27	0.25	0.98	0.84	0.73	1.48	1.27	1.11	0.19	0.16	0.14	0.30	0.26	0.23	0.73	0.65	0.59	1.11	0.99	0.89
TIEMPO PARA REGAR 1/4" DE AGUA (MINUTOS)		80	89	97	50	55	61	15	18	20	10	12	13	80	93	106	50	58	66	20	23	26	13	15	17

Siguiendo estas guías de espaciado máximo la selección y el caudal de los emisores puede aumentarse si el/la diseñador(a) así lo desea. En áreas que requieren tasas de infiltración más altas, como en suelos arenosos gruesos, hay emisores con un caudal de 0.9 GPH

- La figura 7-9 muestra un ejemplo de las especificaciones de rendimiento para [tubería de riego por goteo](#).
 - Los fabricantes típicamente publican la PR para la tubería de riego por goteo donde el sistema fue diseñado para ser instalado en patrón cuadrado.
 - La PR varía de acuerdo a la tasa del caudal del dispositivo de emisión, [espaciado de los dispositivos de emisión](#) en la tubería, y [espaciado lateral](#) de la tubería de goteo.
 - El caudal y la PR de la mayoría de las tuberías de riego por goteo deben ser constantes bajo diferentes presiones dentro del rango publicado por el fabricante.
 - La PR va a variar en el campo debido a las diferencias de espaciado de las líneas de tubería.

4.2 Podemos usar las [fórmulas de las tasas de caudal](#) para determinar la [PR bruta](#) de una hidrozona.

- Para poder usar estas fórmulas es necesario saber el caudal total de la hidrozona.
- El método más acertado para determinar el caudal de la hidrozona es midiendo el caudal a través del medidor de agua.
 - Active el sistema para sacar el aire de las tuberías.
 - Al empezar, tome una lectura del medidor, active el sistema y permita que la hidrozona riegue por una cantidad de tiempo específico (por ejemplo, 5 minutos para rociado y 10 minutos para goteo).
 - Al final del tiempo específico, tome una segunda lectura.
 - Si las lecturas del medidor usan CCF, primero tenemos que convertirlos a galones multiplicando por 7.48.
 - El caudal es el número de galones que el sistema lleva hasta la hidrozona divididos por el tiempo en minutos que el sistema estuvo regando.
- Un método alternativo es buscar las tasas de caudal de los dispositivos emisores instalados usando las [especificaciones del fabricante](#).
 - Sume los caudales de cada uno de los dispositivos emisores para obtener el caudal de la hidrozona.
 - Convierta los caudales de los emisores por goteo de GPH a GPM, dividiendo GPH por 60.
- Esta es la fórmula general para saber la PR que usamos para el riego con rociadores y riego por goteo

$$PR = \frac{96.3 \times GPM}{HA} \quad \text{Donde}$$

- PR = tasa de precipitación (pulgadas por hora)
- GPM = caudal total de la hidrozona (galones por minuto)
- HA = área de la hidrozona (pies cuadrados)
- 96.3 = es la constante que usamos para convertir de galones por minuto a pulgadas por hora (60 minutos por hora dividido por 7.48 galones por pie cúbico, multiplicado por 12 pulgadas por pie)

- Fórmula de la PR para líneas de tubería de riego por goteo diseñadas para ser instaladas en patrón cuadrado

$$PR = \frac{231.1 \times GPH}{\text{Espaciado de los emisores} \times \text{espaciado de las filas}} \quad \text{Donde}$$

- PR = tasa de precipitación (pulgadas por hora)
- GPH = caudal del emisor individual (galones por hora)
- Espaciado de los emisores = distancia entre los emisores de la línea de tubería de riego por goteo (en pulgadas)
- Espaciado de las filas = distancia entre las filas de tubería de riego por goteo (en pulgadas)
- 231.1 = la constante que usamos para convertir las unidades

4.3 Ejemplos para calcular la PR.

- En una hidrozona cuadrada que mide 28 por 28 pies, que riega con rociadores giratorios Hunter MP1000 diseñados para ser instalados en patrón cuadrado y que operan a una presión de 40 PSI.
 - 4 cabezales de 90 grados con un caudal de 0.21 GPM cada uno ($4 \times 0.21 = 0.84$ GPM)
 - 4 cabezales de 180 grados con un caudal de 0.42 GPM cada uno ($4 \times 0.42 = 1.68$ GPM)
 - 1 cabezal de 360 grados con un caudal de 0.84 GPM
 - $GPM = 0.84 + 1.68 + 0.84 = 3.36$ GPM
 - $HA = 28 \times 28 = 784$ pies cuadrados
 - $PR = (96.3 \times 3.36) / 784 = 323.57 / 784 = 0.41$ pulgadas por hora
- En una hidrozona rectangular que mide 30 por 60 pies, se riega con Netafim Techline CV diseñados para ser instalados en patrón cuadrado con emisores de 0.4 GPH, el espaciado de los emisores es de 18 pulgadas aparte y el espaciado de las filas es de 18 pulgadas.
 - 0.4 GPH es el caudal nominal, el caudal actual es 0.42 GPH
 - $PR = (231.1 \times 0.42) / (18 \times 18) = 97.06 / 324 = 0.30$ pulgadas por hora

4.4 La evaluación de campo con “latas o recipientes de acopio” llamada en inglés “catch-can test” es una prueba por medio de la cual medimos cuánta agua está regando el sistema de riego al capturarla adentro de unas latas de acopio colocadas a intervalos específicos para determinar la PR neta de una hidrozona.

- Este es el método preferido para calcular la PR para los sistemas de riego aéreo ya que mide solamente el agua que se aplica a la hidrozona del jardín y no toma en cuenta ninguna cantidad de agua perdida por otros factores como fugas y exceso de rociado.
- Objetivo de Aprendizaje 8 – Auditoría del Sistema de Riego – Como Evaluar un Sistema de Riego Aéreo: Como hacer la prueba de campo con “latas de acopio.

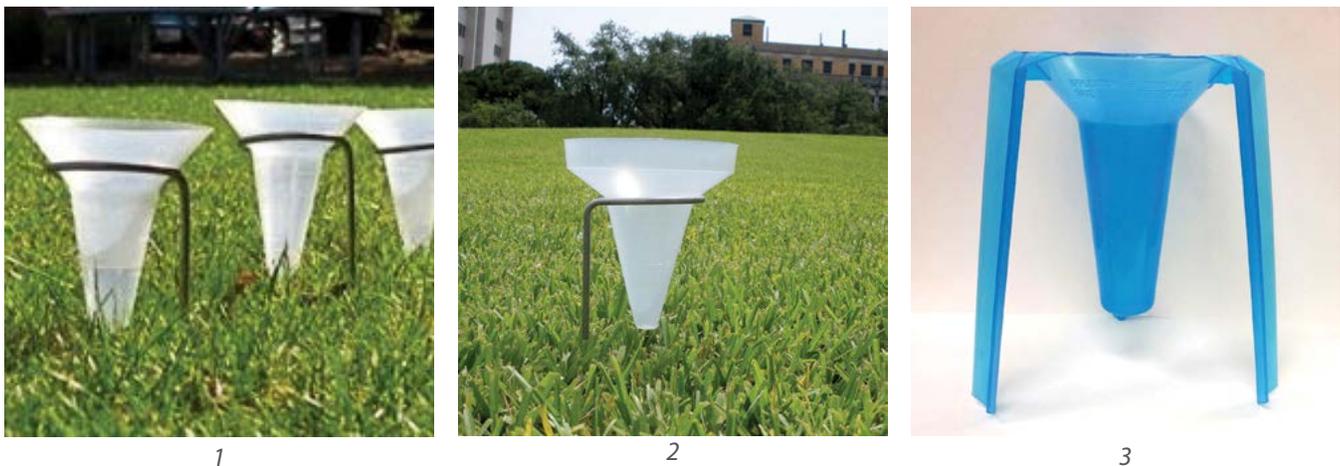
5 HERRAMIENTAS PARA HACER LA AUDITORÍA DEL SISTEMA DE RIEGO

5.1 Para poder **medir la DU** y la **PR**, use latas de acopio o recipientes para que capturen el agua que tiran los aspersores de riego aéreos colocados en una hidrozona. Todos los recipientes que va a usar para hacer esta prueba de campo deben de ser iguales de tamaño y forma. Aunque puede usar cualquier recipiente, existen varios recipientes especiales disponibles que permiten medir más rápido (ver Tabla 7-5 y Figura 7-10). Los recipientes especiales vienen listos con estructuras que permiten enterrarlos fácilmente en el césped o requieren de portadores separados de metal para que queden bien colocados.

Tabla 7-5: Ejemplos Típicos de las Latas de Acopio

Tipo de Lata de Acopio	Escala en que Mide	Área de Acopio (pulgadas cuadradas)	De dónde viene la información
Cal Poly / ITRC / DWR	ml	16.25	http://www.itrc.org
Texas A&M System	ml / pulgadas	16.61	http://irrigation.tamu.edu
Utah State University	ml / pulgadas / centímetros	12.94	http://cwel.usu.edu

Figura 7-10:



5.2 Use **banderines** para marcar el lugar en donde están localizados los dispositivos de emisión, en este caso los aspersores de riego aéreo.

5.3 Use **manómetros** para medir la presión dinámica del sistema de riego.

- Use un tubo pitot adjunto a un manómetro para medir la presión de los rotores y también la tubería de riego por goteo.
- Mida la presión de los otros dispositivos de rociado usando un manómetro montado a una T el cual va insertado en la tobera del aspersor (Figura 7-11).

5.4 Use una **sonda para el suelo** para determinar la profundidad de las raíces de las plantas y evaluar la textura del suelo.

5.5 Use una **rueda medidora** o un **metro** para medir el espaciado entre dispositivos de emisión.

5.6 Use un **anemómetro** para medir la velocidad del viento.

Figura 7-11: Izquierda a derecha (1) tubo pitot (2) midiendo la presión con un tubo pitot (3) manómetro ensamblado en una tee



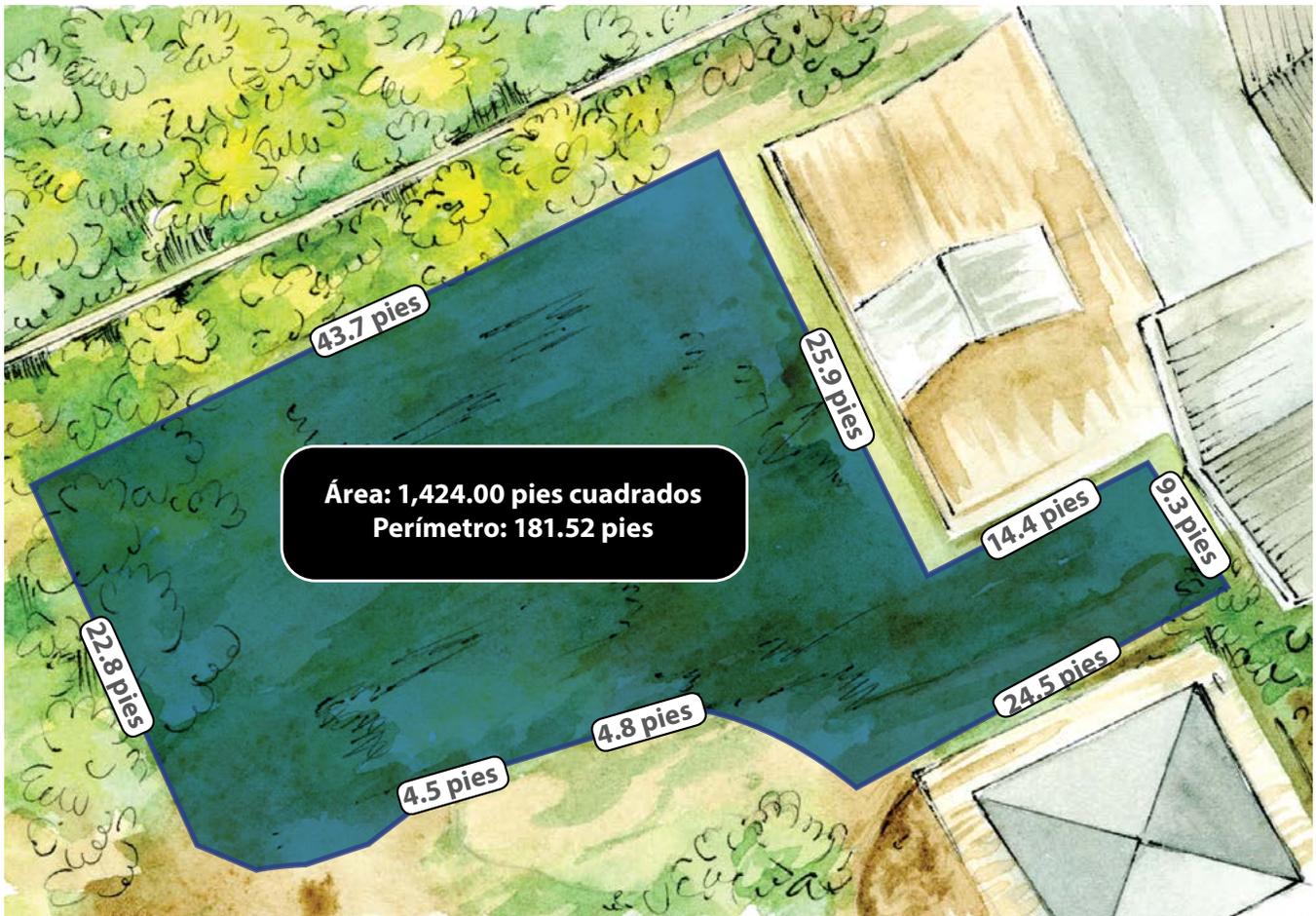
- 5.7 Use un [destornillador](#) y otras herramientas específicas para ajustar los dispositivos de emisión.
- 5.8 Use un [tablero portapapeles](#), [calculadora](#), y [cronómetro](#).
- 5.9 Use una cámara para documentar los problemas del sistema.
- 5.10 Use [trapos](#) para limpiar el equipo después de haber concluido la auditoría.

6 AUDITORÍA DEL SISTEMA DE RIEGO – EVALUACIÓN DEL LUGAR Y DEL SISTEMA DE RIEGO

- 6.1 El primer paso para hacer una auditoría de un sistema de riego es necesario comprender el lugar donde está instalado el sistema de riego que vamos a evaluar.
- 6.2 Es importante entender los objetivos de la auditoría y deben establecerse con el cliente.
- 6.3 Obtenga toda la información que sea posible sobre el lugar en donde va a hacer la auditoría.
 - El diseño del jardín
 - Plan de riego tal como fue instalado
 - Imágenes aéreas
 - Registros del uso de agua
 - Que plantas hay sembradas
 - Microclimas
 - Tipos de suelos
 - Pendientes o laderas
- 6.4 Haga una inspección visual del sistema de riego desde el medidor de agua hasta los dispositivos de emisión y el controlador.
- 6.5 Active cada hidrozona de riego y observe los problemas que puedan impactar el rendimiento del sistema.
- 6.6 Los problemas del sistema de riego deben apuntarse y, ya sea resolverse durante la afinación del sistema, o anotarlos en el reporte de la auditoría.

- 6.7 Tome fotografías de los componentes y problemas que tiene el sistema de riego para referirse a ellos en el futuro y para usarlos en el reporte de la auditoría.
- 6.8 Tome las medidas de la(s) hidrozona(s) que va a evaluar (Figura 7-12)
- 6.9 Si hay suficiente información, se debe hacer una aproximación para el presupuesto de agua del lugar que se pueda comparar con los registros del uso de agua, y que también pueda usar para calcular el precio del agua y el ahorro que se puede esperar si se riega con más eficiencia y/o se le hacen actualizaciones al sistema de riego.

Figura 7-12: Ejemplo de las Medidas de un Jardín



7 AUDITORÍA DEL SISTEMA DE RIEGO – AFINACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

- 7.1 Dependiendo de los objetivos y parámetros de la auditoría, puede ser beneficioso [hacer una afinación básica del sistema antes de empezar la evaluación](#).
- 7.2 Para jardines nuevos, una afinación del sistema de riego no debería ser necesaria, pero el/la auditor(a) debe buscar elementos que puedan hacer falta o que no hayan sido instalados correctamente en el sistema de riego.
 - Por ejemplo, asegurarse que las válvulas de los sistemas de riego por goteo tengan instalados filtros y reguladores de presión.

7.3 Para los jardines existentes, el/la auditor(a) debe usar su buen juicio para hacer pequeños ajustes. Hay que tener cuidado de no dañar los componentes del sistema, especialmente si vamos a evaluar un sistema viejo, ya que los componentes pueden estar corroídos y/o deteriorados o quebradizos. Algunos ejemplos incluyen:

- Verificar y ajustar la presión del agua
- Limpiar las boquillas que estén tapadas
- Ajustar los arcos de los rotores y las boquillas ajustables para prevenir el rociado excesivo
- Ajustar el radio de las trayectorias si están desajustados
- Enderezar los cabezales que puedan estar torcidos, hundidos, o salidos
- Reemplazar los difusores que puedan hacer falta en el sistema de riego por goteo
- Quitar las plantas que puedan estar bloqueando los cabezales de los aspersores o cambiarlos de lugar

7.4 Cuando existen problemas que el/la auditor(a) no puede corregir, se tiene que hacer una decisión sobre si podemos hacer o no hacer la evaluación del sistema de riego.

- Si el rendimiento del sistema de riego parece ser razonable, proceder con la evaluación del sistema puede darnos información que va a ponernos al corriente de las actualizaciones que necesita.
- Si el rendimiento del sistema de riego es bastante deficiente, proceder con la evaluación del sistema de riego puede ser una pérdida de tiempo.

8 AUDITORÍA DEL SISTEMA DE RIEGO

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO – ROCIADO AÉREO

8.1 Dibuje un **diagrama** del área que va a evaluar para que incluya:

- Las medidas en total
- Lugar donde están los cabezales
- Espaciado de los cabezales
- Lugar donde va a colocar las latas o recipientes de acopio

8.2 Mida la velocidad del viento usando un anemómetro. La auditoría del sistema de riego por rociado aéreo debe hacerse únicamente cuando la velocidad del viento es de **5 mph o menos**.

8.3 Active la zona que va a evaluar y **marque todos los cuerpos de rociado con banderines**.

8.4 Ponga las latas de acopio o recipientes en la zona que va a evaluar.

- Use como **mínimo 24 latas de acopio** y use un número de latas que pueda dividirse por cuatro.
- Deje un espacio como de 2 pies entre los cabezales y las latas de acopio.
- Distribuya las latas de acopio en un patrón cuadrulado
 - Para aspersores de rociado fijos y giratorios, coloque las latas de acopio aproximadamente de 5 a 8 pies de distancia entre una y otra.
 - Para rotores, coloque las latas de acopio aproximadamente de 10 a 20 pies de distancia entre una y otra

8.5 Quite las banderillas antes de hacer la evaluación porque van a obstruir el paso del agua.

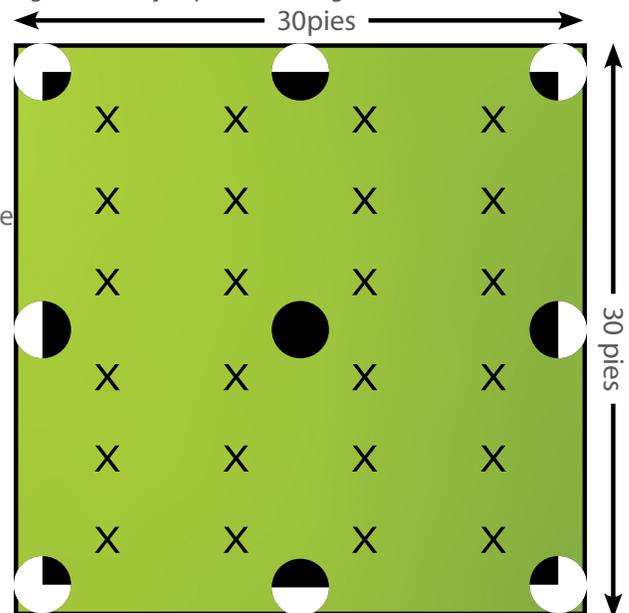
8.6 Deje funcionar la zona de riego el tiempo suficiente para recolectar un volumen mínimo de agua, típicamente 20 ml. para latas de acopio de fabrica. Normalmente toma de 5 a 10 minutos para aspersores de rociado, y 10 minutos o más para rotores.

- Para otros tipos de latas de acopio, el volumen del agua recolectada va a depender del tamaño de la lata.
- Si el área de la evaluación abarca más de una zona de riego, debe ajustar el tiempo para cada estación para lograr una precipitación igualada a través del área de evaluación.

8.7 Mida y anote la cantidad de agua recolectada en cada lata de acopio.

- Para medir el volumen de agua recolectada en mililitros (ml), o profundidad de agua en pulgadas o centímetros, use la escala de la lata de acopio si ésta tiene una.
- Si la lata no tiene escala, vierta el agua de cada lata en una jarra o cilindro que tenga una escala en ml.
- Para latas de acopio que tienen las paredes derechas y el fondo plano, simplemente mida la profundidad del agua en pulgadas o centímetros usando una regla.

Figura 7-13: Ejemplo de un diagrama del área a evaluar



- Asegúrese que las latas de acopio están numeradas en el diagrama que ha dibujado para saber la cantidad de agua que recolectó cada una y el lugar en donde están situadas, esto va ayudar a identificar problemas con el sistema de riego.

8.8 Calcule el cuadrante más bajo de uniformidad de distribución (DU):

$$DU_{LQ} = \frac{\text{Volumen promedio recolectado o profundidad del cuadrante más bajo}}{\text{Volumen promedio recolectado o profundidad de todas las latas}} \quad \text{donde}$$

- El volumen promedio o la profundidad del cuadrante más bajo se determina sumando el volumen de agua en ml (o la profundidad del agua en pulgadas o centímetros) en el cuadrante de latas de acopio con menos agua y dividiendo por el número de latas en el cuadrante más bajo.
 - El cuadrante más bajo es el 25% de las latas de acopio con el menor volumen de agua.
- El volumen promedio recolectado o la profundidad de todas las latas se determina sumando el volumen de agua en ml (o la profundidad del agua en pulgadas o centímetros) en todas las latas y dividiendo por el número total de latas.
 - Si usa latas de acopio que tienen las paredes derechas y el fondo plano, sin escala, puede medir la profundidad del agua en pulgadas o centímetros usando una regla.

8.9 Calcule la tasa neta de precipitación (PR):

- Si usa volumen en ml:

$$PR_{NET} = \frac{\text{Volumen promedio de todas las latas} \times 3.66}{\text{Tiempo de evaluación} \times \text{área de la garganta de la lata de acopio}} \quad \text{donde}$$

- El volumen promedio de todas las latas se determina sumando el volumen de agua en ml de todas las latas y dividiendo por el número total de latas.
-
- El tiempo de la evaluación se mide en minutos.
- El área de la garganta de la lata de acopio se mide en pulgadas cuadradas.
- 3.66 es una constante para convertir de ml a pulgadas cúbicas y de minutos a horas (0.061 x 60).
- Si usa la profundidad en pulgadas o centímetros:

$$PR_{NET} = \frac{\text{Profundidad promedio de todas las} \times 60}{\text{Tiempo de evaluación}} \quad \text{donde}$$

- La profundidad promedio de todas las latas se mide en pulgadas o centímetros.

8.10 Ejemplos de cálculos

Datos de las Latas de Acopio: Tiempo de evaluación 20 mins Area de la Garganta de la Lata 16.25 pulgadas/cuadradas		
Número de la Lata de Acopio	Volumen de la Lata (ml)	Cuarto más Bajo
1	48	
2	40	
3	44	
4	45	
5	35	
6	30	30
7	34	34
8	30	30
9	40	
10	38	
11	34	
12	25	25
13	40	
14	50	
15	75	
16	105	
17	38	
18	56	
19	44	
20	42	
21	27	27
22	50	
23	45	
24	30	30
Suma	1,045	176
Promedio	43.54	29.33

El volumen promedio recolectado en el cuadrante más bajo

$$= \frac{\text{Suma del volumen recolectado en el cuadrante más bajo}}{\text{La cantidad de latas que usamos en el cuadrante más bajo}}$$

$$= \frac{176}{6} = 29.33$$

El volumen promedio recolectado en todas las latas

$$= \frac{\text{Suma del volumen recolectado en todas las latas}}{\text{La cantidad total de latas que usamos}}$$

$$= \frac{1045}{24} = 43.54$$

DU_{LQ}

= Volumen promedio recolectado o profundidad del cuadrante más bajo

Volumen promedio recolectado o profundidad de todas las latas

$$= \frac{29.33}{43.54} = 0.67$$

PR_{NET}

=

Volumen promedio de todas las latas x 3.66

Tiempo de evaluación x Área de acopio de la lata

$$= \frac{43.54 \times 3.66}{20 \times 16.25} = \frac{159.36}{325} = 0.49 \text{ in/hr}$$

9 AUDITORÍA DEL SISTEMA DE RIEGO

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO – RIEGO POR GOTEO

- 9.1 No es común evaluar la uniformidad de los sistemas de riego por goteo, debido a que no es práctico y normalmente la DU es muy alta. La uniformidad es típicamente 0.9 para los emisores compensadores de presión y 0.8 para los emisores que no tienen compensación de presión.
- 9.2 Los sistemas de riego por goteo requieren una evaluación completa del lugar y del sistema de riego para que funcionen con precisión.
- Mida la presión por lo menos en tres lugares diferentes dentro de la zona. Las lecturas de presión deben hacerse al principio, a la mitad, y al final de las líneas de tubería.
 - Si hay una variación en la presión y es más del 20%, es requerido investigar para encontrar en donde es que las pérdidas de presión están sucediendo y remediar el problema.
 - Métodos para tomar las lecturas de presión en un sistema de riego por goteo:

- Las lecturas se pueden tomar insertando un manómetro equipado con un tubo pitot directamente entre el tubo. Cuando la zona ha completado el ciclo de riego, use un tapón de reparación para tapar el hoyo. En cuanto sea posible, use tres manómetros simultáneamente para ahorrar tiempo y evitar mojarse.
- Un manómetro ajustado a una tubería de ¼ de pulgada puede conectarse directamente a los emisores de riego en el punto de origen con un conector de púas, como los de los emisores de bandera.
- Un manómetro ajustado a una tubería de ¼ de pulgada puede conectarse a la línea de riego por goteo de 17mm usando un adaptador para emisores de micro tubería Netafim (Figura 7-14).

Figura 7-14: Adaptador para emisor de micro-tubería Netafim (imagen es cortesía de Netafim USA)



- 9.3 La tasa de precipitación de un sistema de riego por goteo debe determinarse usando la fórmula general de la PR para el riego por goteo en el punto de origen o usando la fórmula para las líneas de tubería que han sido diseñadas para instalarlas en patrón cuadrado.
- Cuando se determina la tasa de aplicación de una zona de riego por goteo, el/la auditor(a) puede hacer una evaluación del caudal usando el medidor de agua como se ha descrito en la Sección 4.2, o puede buscar la tasa del caudal de los dispositivos de emisión instalados en la zona.
 - Tenga cuidado de incluir solamente el área dentro de la hidrozona en la que va hacer el cálculo para la tasa de precipitación. Las áreas que no reciben riego deben excluirse del cálculo para saber la tasa de precipitación.
 - Determinar el área regada es relativamente simple si la hidrozona está diseñada en forma cuadrada y con una tubería en línea por goteo, pero es más complicado si el área está siendo regada por un sistema de riego en el punto de origen.

- Hay varias formas de encontrar la PR de riego en el punto de origen:
 - Se puede estimar el porcentaje de la hidrozona que recibe riego.
 - Se puede estimar el área mojada por cada emisor y sumarlas para la hidrozona entera. El área mojada por cada emisor va a depender del caudal y de la textura del suelo.

10 AUDITORÍAS DE SISTEMAS DE RIEGO – PREGUNTAS PARA REPASAR

- 10.1 ¿Cuál es el propósito de una auditoría de un sistema de riego?
- 10.2 Verdadero o Falso: Una DU alta es deseable porque permite que la zona entera de las raíces sea regada más uniformemente.
- 10.3 Verdadero o Falso: DU y IE son lo mismo.
- 10.4 ¿Por qué es deseable que la cobertura de los rociadores llegue de cabezal a cabezal?
- 10.5 ¿Cuáles son algunas de las causas por las que deficiencias de DU y IE?
- 10.6 ¿Cuál es la diferencia entre la precipitación bruta y neta?
- 10.7 Verdadero o Falso: Cuando la PR es igualada, ¿la tasa de caudal del dispositivo de emisión aumenta al mismo tiempo que el arco aumenta?
- 10.8 Verdadero o Falso: Cuando la PR no es igual, ¿la tasa de caudal del dispositivo de emisión se mantiene constante a manera que el arco aumenta?
- 10.9 Verdadero o Falso: En las especificaciones de los fabricantes podemos buscar la PR neta.
- 10.10 ¿Cuáles son algunas de las herramientas que necesitamos para hacer una auditoría de un sistema de riego?
- 10.11 Verdadero o Falso: Debemos hacer una inspección del lugar antes de hacer cualquier evaluación al sistema de riego.
- 10.12 ¿Cuál es el número mínimo de latas de acopio que debemos usar cuando hacemos una evaluación de un sistema de riego?

Sección 8:
**PROGRAMACIÓN DEL
SISTEMA DE RIEGO**





PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender el concepto de lo que es la programación del sistema de riego
2. Aprender cómo determinar el tiempo que debe tardar el riego
3. Aprender cómo desarrollar un horario de riego
4. Herramientas para verificar y ajustar la programación del sistema de riego

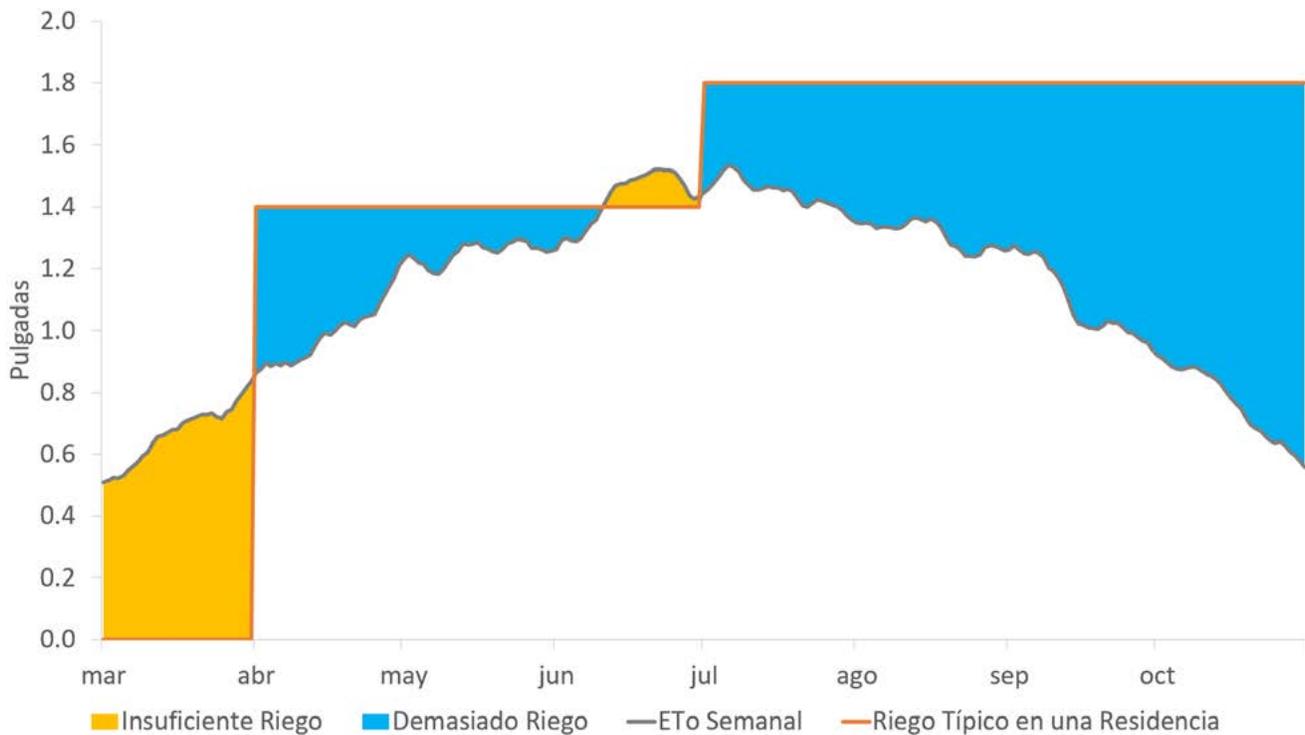
1 EL CONCEPTO DE LO QUE ES LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

- 1.1 Para poder programar los controladores convencionales e inteligentes, es importante comprender lo que es un horario de riego.
- Los **controladores de riego basados en el estado del clima** (WBIC por sus iniciales en inglés) tienen como finalidad la administración del agua para el riego del jardín y ajustan el horario de riego automáticamente para que coincida con los cambios de evapotranspiración (ET_o) basándose en las condiciones específicas del lugar.
 - Para que la programación de un WBIC sea efectiva, primero es necesario comprender cómo es que determinamos un horario de riego para un controlador convencional.
- 1.2 Un horario de riego **no es una ciencia exacta**.
- Los cálculos que usamos para determinar un horario de riego ofrecen un punto de referencia para que la persona que administra el agua pueda empezar a desarrollar un programa efectivo.
 - Dependiendo de los resultados de observación, es posible tener que ajustar los horarios.
- 1.3 Cuando la persona que administra el agua prepara un horario de riego, debe tomar decisiones sobre varios elementos que incluyen:
- Cuánto tiempo debe regar cada zona (**tiempo de operación de la estación**).
 - Si hay escorrentía, puede ser necesario dividir el tiempo de operación en dos programas para permitir que el agua aplicada se infiltre en el suelo (**ciclo de remojo**).
 - A qué hora del día se va a operar el sistema de riego (**hora de inicio del ciclo**).
 - Por cuántos días a la semana se va a operar el sistema de riego (**frecuencia de riego**).
 - Diferentes tipos de plantas tienen diferentes requisitos de agua y diferente profundidad de raíces, por lo tanto, **requieren programas de riego separados**.
- 1.4 Programar los horarios de riego es uno de los tres elementos principales para ahorrar agua en el jardín porque implica **administrar el agua** y (Figura 8-1).
- La administración del agua en el jardín significa que vamos a administrar el agua como **un recurso** y que vamos a optimizar su uso para que se beneficien las plantas que hay en el jardín.
 - Administrar el agua se refiere a que debemos supervisar activamente el riego y la salud de las plantas en un jardín para aprovechar al máximo el potencial de ahorro de agua y tener un jardín próspero.
 - En la Figura 8-2 hay una tabla que muestra los ET_o semanales en los meses de marzo a octubre (línea gris), usando un ET_o promedio por semana tomado de la estación CIMIS 83 en Santa Rosa (zona 5) por el período de 1990 a 2015.
 - La línea anaranjada representa un patrón de riego residencial típico.

Figura 8-1: Elementos del uso de agua en jardines



Figura 8-2: ETo semanal riego típico en una residencia

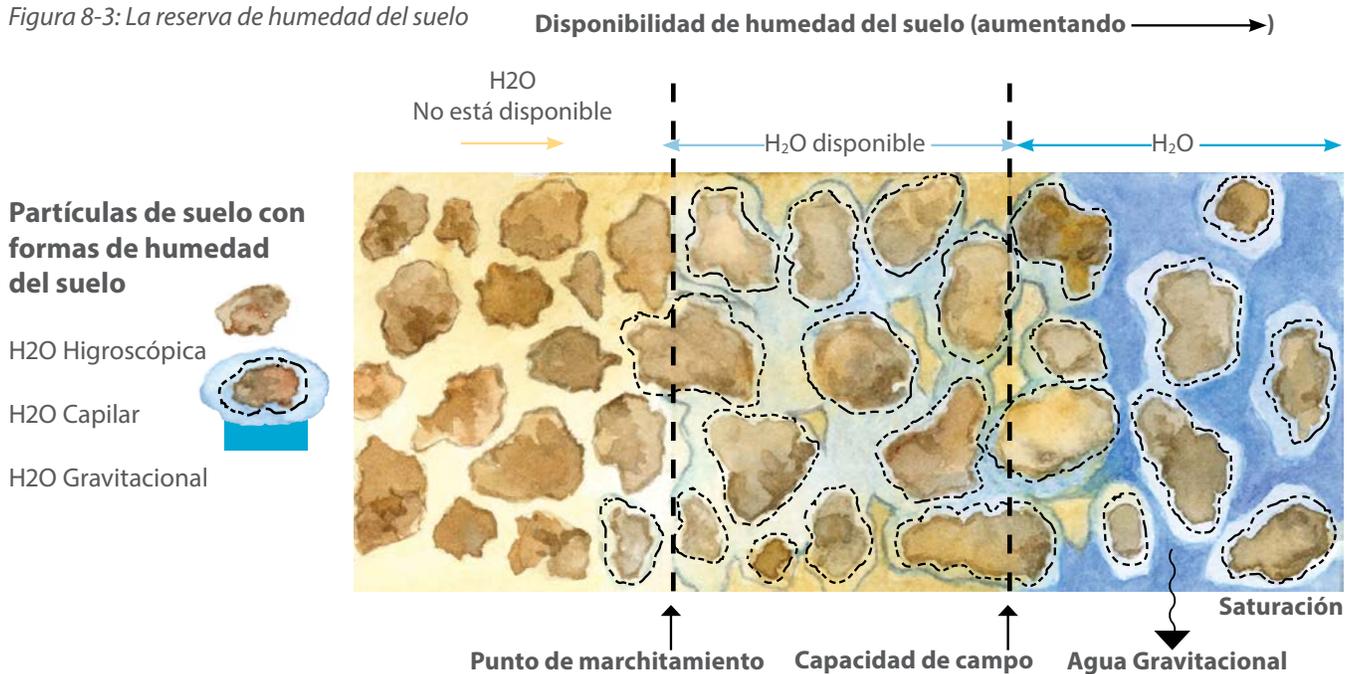


- El área amarilla representa poco riego y la azul representa mucho riego.
- El objetivo de la persona que administra el agua es regar de acuerdo con los cambios de ETo.

1.5 ¡Recordemos que en la Sección 3 (Figura 8-3) estudiamos cómo se **conserva la humedad en el suelo!**

- El objetivo de la persona que administra el agua es mantener la humedad del suelo por **debajo de la capacidad del campo**, pero por **arriba del punto permanente de marchitamiento**.
- El concepto **management allowable depletion** (MAD, administración del agotamiento permitido) determina cuánta humedad puede permitir el administrador del agua que se pierda antes de volver a humedecer el suelo por medio del riego.
- Para poder regar una zona debidamente, el administrador del agua debe saber cuál es la **profundidad de las raíces** de las plantas sembradas en la hidrozona.
 - Las plantas con raíces poco profundas requieren más riego frecuente con menos tiempo total de riego, por ejemplo, el césped.
 - Las plantas con raíces profundas requieren un riego menos frecuente con tiempos de riego en total más largos, por ejemplo, las plantas perennes y leñosas.
 - Para poder lograr el tiempo total de riego requerido, es posible que tengamos que programar múltiples tiempos de inicio de los ciclos de riego (ciclo y remojo) para minimizar el desperdicio de agua debido a la escorrentía.
 - El riego debe reponer la humedad del suelo hasta la zona de las raíces.
- Como notamos en la Sección 3, **el tipo de suelo** también juega un papel importante en la programación del riego.
 - Para los suelos arenosos, hay que usar tiempos de riego cortos, así prevenimos que el agua se infiltre más allá de la zona de las raíces; además los días de riego deben ser más frecuentes

Figura 8-3: La reserva de humedad del suelo



debido a que la retención del agua en este tipo de suelos es más baja.

- Para los suelos arcillosos, hay que usar tiempos de riego cortos, así prevenimos la escorrentía, además de programar tiempos múltiples de riego para dar tiempo a que el agua se infiltre hasta la zona de las raíces y permitir que el aire regrese a los poros del suelo. La frecuencia del riego debe ser menos días debido a que este tipo de suelo tiene la retención de agua más alta.
- Los controladores WBIC que están programados e instalados correctamente pueden ajustar automáticamente los horarios de riego para regar solamente cuando la humedad del suelo ha llegado al umbral del punto máximo al que podemos permitir la falta de riego, MAD.
- Los controladores convencionales requieren que los ajustemos manualmente para que apliquen la cantidad de agua suficiente para regar el jardín y reponer el agua que se ha perdido debido a la ETo.

2 CÓMO DETERMINAR EL TIEMPO QUE TARDA EL RIEGO

2.1 El primer paso para desarrollar un horario de riego es comprender cuánta agua van a necesitar las plantas del jardín. Debemos multiplicar el ETo por el factor planta (PF) para determinar el factor [plant water requirement](#) (PWR, el agua requerida por la planta) en pulgadas.

- Escoger el ETo diario, semanal o mensual, es lo que determina si calculamos el tiempo de riego diario, semanal o mensual.
- La mayoría de los controladores de riego convencionales operan en horarios semanales, así que determinar el tiempo de riego semanal va a ser más útil.

$$\text{PWR} = \text{Clima} \times \text{Tipo de Planta}$$

$$\text{PWR} = \text{ETo} \times \text{PF}$$

- 2.2 El factor **run time multiplier** (RTM, multiplicador del tiempo que tarda el riego) se calcula usando el factor DU_{LQ} determinado durante una auditoría de riego para poder tomar en cuenta las ineficiencias del sistema de riego. Usamos el RTM para determinar la cantidad máxima de agua que vamos a aplicar a la hidrozona para mantener la vitalidad de las plantas ya que el sistema de riego no lleva el agua en una forma perfectamente uniforme. Cuando usamos los resultados de RTM la cantidad de agua máxima será menos que la simple división de la DU_{LQ} para reflejar que existe el movimiento lateral del agua en el suelo.

$$RTM = 1 \div [0.4 + (0.6 \times DU_{LQ})]$$

- 2.3 Para calcular el factor **irrigation water requirement** (IWR, requerimiento de agua para el riego) en pulgadas, hay que multiplicar el PWR por el RTM (IWR).

$$IWR = PWR \times RTM$$

- 2.4 El PWR y el IWR se miden en pulgadas para darnos las cantidades de agua **mínimas** y **máximas** que debemos aplicar a la hidrozona para mantener la salud de las plantas.
- La persona que administra el agua debe regar dentro de este rango.
 - Regar más cerca del PWR puede resultar en un poco de estrés para las plantas de la hidrozona.
 - Regar más cerca del IWR (requerimiento de agua para el riego) debería proveer el agua necesaria para que las plantas crezcan sanas y además tomar en cuenta las ineficiencias del sistema de riego.
- 2.5 Para determinar el tiempo mínimo y máximo que debe tardar el riego, tenemos que convertir el PWR y el IWR de pulgadas a minutos.
- Para determinar el factor **minimum irrigation run time** (IRT_{MIN} , requerimiento mínimo de tiempo para el riego) dividimos el PWR por la tasa de precipitación (PR) que determinamos durante una auditoría de riego, y después la multiplicamos por 60 para convertir a minutos.

$$IRT_{MIN} = (PWR \div PR) \times 60$$

- Para determinar el factor **maximum irrigaiton run time** (IRT_{MAX} , requerimiento máximo de tiempo para el riego) dividimos el IWR por la tasa de precipitación (PR) que determinamos durante una auditoría de riego, y después la multiplicamos por 60 para convertir a minutos.

$$IRT_{MAX} = (IWR \div PR) \times 60$$

2.6 La Tabla 8-1 muestra un ejemplo del **IRT semanal** en la zona 5 de CIMIS durante una temporada típica de riego de abril a octubre en California.

Tabla 8-1: Ejemplo de los tiempos semanales que tarda el riego

Tipo de Planta			Arbustos que Usan Poca Agua	Arbustos que Usan Agua Moderada	Césped de Clima Frío	Césped de Clima Frío
Tipo de Riego			Riego por Goteo, Tubería en Línea	Riego por Goteo, Tubería en Línea	Aspersores Giratorios	Aspersores de Rociado Fijos
PF DU _{LQ} PR			PF 0.3 DU 0.9, PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.5 DU 0.9 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.7 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.6 PR 1.5 pulgadas por hora
Mes	ETo Mensual (pulgadas)	ETo Semanal (pulgadas)	IRT _{MIN} / IRT _{MAX} Semanal (minutos)			
Abr	4.20	0.98	35 / 38	59 / 63	94 / 115	31 / 41
May	5.58	1.26	45 / 48	76 / 80	121 / 148	40 / 53
Jun	6.30	1.47	53 / 56	88 / 94	141 / 172	47 / 62
Jul	6.51	1.47	53 / 56	88 / 94	141 / 172	47 / 62
Ago	5.89	1.33	48 / 51	80 / 85	128 / 156	43 / 56
Sep	4.50	1.05	38 / 40	63 / 67	101 / 123	34 / 44
Oct	3.10	0.7	25 / 27	42 / 45	67 / 82	22 / 29

- Aparecen los tiempos que debe tardar el riego semanalmente para cuatro hidrozonas diferentes, empezando con arbustos regados con tubería por goteo que requieren poca agua y terminando con césped de temporada fría regado con aspersores de rocío fijos.
- Los dos números que muestran el Tiempo que Tarda el Riego para cada uno representan el tiempo mínimo y máximo de IRT en minutos.
- La diferencia entre el IRT mínimo y el máximo es típicamente solo unos minutos si la DU_{LQ} es relativamente alta ya que el RTM está cerca de 1.
- La diferencia entre el IRT mínimo y el máximo es mayor cuando la DU_{LQ} es relativamente mala y cuando la tasa de aplicación es relativamente baja (hasta 30 minutos en los ejemplos proporcionados).
- El mes de julio es el mes pico de riego:
 - Las plantas que requieren poca agua se riegan de 53 a 56 minutos a la semana con riego por goteo.
 - Las plantas que requieren agua moderada se riegan de 88 a 94 minutos a la semana con riego por goteo.
 - El césped de temporada fría se riega de 141 a 172 minutos por semana con aspersores de rocío giratorios.
 - El césped de temporada fría se riega de 47 a 62 minutos por semana con aspersores de rocío fijos.

3 DESARROLLANDO UN HORARIO DE RIEGO

- 3.1 Para poder usar el IRT que calculamos para programar el controlador de riego, es necesario determinar:
- Cuántos días regar.
 - Cuánto tiempo regar cada día.
 - Cuántas veces regar durante el día.
 - A qué hora del día vamos a regar.
- 3.2 Para poder tomar estas decisiones, la persona que administra el riego debe comprender cuáles son las limitaciones del controlador y también los requisitos del agua que necesitan las plantas en el jardín.
- ¿Cuánto tiempo tarda para que ocurra la escorrentía?
 - ¿Cuántos horarios de inicio y programas tiene disponible el controlador?
 - ¿Es posible ejecutar más de un programa a la vez, y va a tener suficiente presión el sistema de riego para operar más de una válvula al mismo tiempo?
 - ¿Tiene el controlador una opción de ciclo y remojo?
 - ¿Que tan profundas son las raíces de las plantas en cada hidrozona?
 - ¿Cuál es la tasa de infiltración del suelo?
 - Si usamos aspersores aéreos, debemos evitar regar cuando es más probable que haya viento y durante la parte más cálida del día para evitar la pérdida de agua por evaporación.
- 3.3 La Tabla 8-2 proporciona recomendaciones en general sobre la **cantidad de días** por semana para regar las plantas ya establecidas. La cantidad de días para regar es una decisión administrativa que debe hacer la persona que administra el agua y debe hacerla tomando en cuenta muchos factores como lo son:
- Qué aspecto queremos que tengan las plantas de la hidrozona.
 - La tolerancia que tienen las plantas por la sequía y el contenido de humedad en el suelo que prefieren las plantas de la hidrozona.
 - La profundidad de las raíces de las plantas que probablemente va a tener que ver con el tipo y condición del suelo.
 - Cuál es el período de tiempo disponible para regar.

Tabla 8-2: Número de días que se recomienda regar las plantas ya establecidas

Tipo de Planta	Clima Frío (ETo hasta de 0.5 pulgadas por semana)	Clima Cálido (ETo 0.6-1.0 pulgadas por semana)	Clima Caliente (ETo más de 1 pulgada por semana)
Césped	1 – 2 días	2 – 3 días	3 – 7 días
Anuales	2 – 3 días	3 – 5 días	4 – 7 días
Perennes y Arbustos	Cada 2 semanas	Cada semana	2 – 4 días
Árboles	Ninguno	Cada 2 meses	Cada Mes

3.4 La Tabla 8-3 muestra un ejemplo del número de días para regar para las mismas cuatro hidrozonas que aparecen en la Tabla 8-1.

Tabla 8-3: Ejemplo del número de días para regar

Tipo de Planta			Arbustos que Usan Poca Agua	Arbustos que Usan Agua Moderada	Césped de Clima Frío	Césped de Clima Frío
Tipo de Riego			Riego por Goteo, Tubería en Línea	Riego por Goteo, Tubería en Línea	Aspersores Giratorios	Aspersores de Rociado Fijos
PF DU _{LQ} PR			PF 0.3 DU 0.9, PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.5 DU 0.9 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.7 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.6 PR 1.5 pulgadas por hora
Mes	ET _o Mensual (pulgadas)	ET _o Semanal (pulgadas)	Número de Días para Regar a la Semana			
Abr	4.20	0.98	1	1	2	3
May	5.58	1.26	1	2	3	3
Jun	6.30	1.47	1	2	4	4
Jul	6.51	1.47	1	2	4	4
Ago	5.89	1.33	1	2	3	3
Sep	4.50	1.05	1	2	2	3
Oct	3.10	0.7	1	1	2	2

- Se asume que el controlador de riego opera en un horario semanal, así que la frecuencia mínima es una vez a la semana.
 - Algunos controladores no tienen esta limitación. Un horario mensual permite hacer ciclos de riego menos frecuentes y con una aplicación de agua más profunda. Esto fomenta el establecimiento de raíces más profundas y, por lo tanto, una planta o árbol más lozano.
- La frecuencia de riego para arbustos que requieren poca agua se selecciona para que sea un día a la semana durante todos los meses de abril a octubre.
 - La frecuencia ideal para plantas que requieren poca agua puede ser una vez cada dos semanas o menos si el controlador fuera capaz de operar un horario así.
- La frecuencia de riego para arbustos que requieren agua moderada se selecciona para ocurrir un día a la semana en abril y octubre y dos días por semana durante los meses más cálidos.
- La frecuencia de riego para el césped de temporada fría se selecciona para ocurrir dos días por semana en octubre, tres días a la semana en abril, mayo, agosto y septiembre, y cuatro días en los meses más cálidos de junio y julio.

3.5 Después de haber decidido cuántos días regar cada semana, necesitamos dividir el IRT semanal por el número de días a regar y así determinar el IRT diario.

IRT Diario = IRT Semanal ÷ Número de Días de Riego

3.6 La Tabla 8-4 muestra un ejemplo del IRT diario basado en el número de días de riego de la Tabla 8.3.

Tabla 8-4: Ejemplo del tiempo diario que tarda el riego

Tipo de Planta			Arbustos que Usan Poca Agua	Arbustos que Usan Agua Moderada	Césped de Clima Frío	Césped de Clima Frío
Tipo de Riego			Riego por Goteo, Tubería en Línea	Riego por Goteo, Tubería en Línea	Aspersores Giratorios	Aspersores de Rociado Fijos
PF DU _{LQ} PR			PF 0.3 DU 0.9, PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.5 DU 0.9 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.7 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.6 PR 1.5 pulgadas por hora
Mes	ET _o Mensual (pulgadas)	ET _o Semanal (pulgadas)	IRT _{MIN} / IRT _{MAX} Diario (minutos)			
Abr	4.20	0.98	35 / 38	59 / 63	47 / 58	11 / 14
May	5.58	1.26	45 / 48	38 / 40	41 / 50	14 / 18
Jun	6.30	1.47	53 / 56	44 / 47	36 / 43	12 / 16
Jul	6.51	1.47	53 / 56	44 / 47	36 / 43	12 / 16
Ago	5.89	1.33	48 / 51	40 / 43	43 / 52	15 / 19
Sep	4.50	1.05	38 / 40	32 / 34	51 / 62	12 / 15
Oct	3.10	0.7	25 / 27	42 / 45	34 / 41	11 / 15

- Cuando calculamos el IRT diario, puede ser necesario tener que volver a ajustar el número de días de riego si los períodos de tiempo son excesivamente largos o cortos.
- Los IRT de las cuatro hidrozonas en el mes pico de riego de julio son:
 - Las plantas que requieren poca agua se riegan de 53 a 56 minutos una vez por semana con riego por goteo.
 - Las plantas que requieren agua moderada se riegan de 44 a 47 minutos dos veces por semana minutos riego por goteo.
 - El césped de temporada fría se riega de 36 a 43 minutos cuatro veces por semana con aspersores de rocío giratorios.
 - El césped de temporada fría se riega de 12 a 16 minutos cuatro veces a la semana por semana con aspersores de rocío fijos.

3.7 Para determinar el número de ciclos de riego requeridos por día, hay que dividir el IRT diario por el período de tiempo riego. Debemos redondear al siguiente número entero.

Ciclos por Día = IRT Diario ÷ Tiempo de Riego

3.8 La Tabla 8-5 muestra un ejemplo del [número de ciclos de riego requeridos por día](#) para regar los valores diarios de IRT en la Tabla 8-4, sujetos a [los períodos de tiempo de riego](#) indicado.

Tabla 8-5: Ejemplo del número de ciclos de riego al día

Tipo de Planta		Arbustos que Usan Poca Agua	Arbustos que Usan Agua Moderada	Césped de Clima Frío	Césped de Clima Frío	
Tipo de Riego		Riego por Goteo, Tubería en Línea	Riego por Goteo, Tubería en Línea	Aspersores Giratorios	Aspersores de Rociado Fijos	
PF DU _{Lo} PR		PF 0.3 DU 0.9, PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.5 DU 0.9 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.7 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.6 PR 1.5 pulgadas por hora	
Cuánto Tiempo Tarda para que Ocurra la Escorrentía		30	30	30	5	
Mes	ET _o Mensual (pulgadas)	ET _o Semanal (pulgadas)	Ciclos Mínimos y Máximos al Día			
Abr	4.20	0.98	2 / 2	2 / 3	2 / 2	3 / 3
May	5.58	1.26	2 / 2	2 / 2	2 / 2	3 / 4
Jun	6.30	1.47	2 / 2	2 / 2	2 / 2	3 / 4
Jul	6.51	1.47	2 / 2	2 / 2	2 / 2	3 / 4
Ago	5.89	1.33	2 / 2	2 / 2	2 / 2	3 / 4
Sep	4.50	1.05	2 / 2	2 / 2	2 / 3	3 / 3
Oct	3.10	0.7	1 / 1	2 / 2	2 / 2	3 / 3

- En este ejemplo vemos que en la mayoría de los casos, se requieren dos ciclos de riego para cada hidrozona.
- El número de ciclos requeridos para el césped de temporada fría que se riegan con aspersores de rocío fijos es de tres a cuatro ciclos debido a que los períodos de tiempo hasta que empiece la escorrentía son cortos, de cinco minutos.
- La persona que administra el agua debe dejar suficiente tiempo entre ciclos para que el agua que se ha aplicado pueda infiltrarse en el suelo.
- Si hay más ciclos de los que el controlador de riego puede acomodar, entonces la persona que administra el agua va a necesitar ajustar el número de días de riego y el tiempo que tarda el riego del horario diario.
 - Las alternativas para superar la dificultad del sobrepasar el número de ciclos que el controlador puede acomodar y asegurar que el agua llegue a la profundidad deseada de las raíces incluyen el ciclo y remojo (si está disponible), o usar dos programas para duplicar el número de veces que empieza el riego.

3.9 Para determinar el tiempo de riego de cada ciclo, hay que dividir el IRT diario por la cantidad de ciclos diarios de riego. Debemos redondear al siguiente número entero.

Tiempo de Riego por Ciclo = IRT Diario ÷ Ciclos Diarios

3.10 La Tabla 8-6 muestra un ejemplo del tiempo de riego por ciclo basándonos en los números de ciclos de riego por día de la Tabla 8-5.

- Es importante tener una idea y verificar el tiempo que va a regar un ciclo; por ejemplo, un rotor puede tardar varios minutos en girar para hacer un círculo completo.

Tabla 8-6: Ejemplo del tiempo que tarda cada ciclo

Tipo de Planta			Arbustos que Usan Poca Agua	Arbustos que Usan Agua Moderada	Césped de Clima Frío	Césped de Clima Frío
Tipo de Riego			Riego por Goteo, Tubería en Línea	Riego por Goteo, Tubería en Línea	Aspersores Giratorios	Aspersores de Rociado Fijos
PF DU _{LQ} PR			PF 0.3 DU 0.9, PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.5 DU 0.9 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.7 PR 0.5 pulgadas por hora	PF 0.8 DU 0.6 PR 1.5 pulgadas por hora
Mes	ETo mensual (pulgadas)	ETo semanal (pulgadas)	Tiempo Mínimo y Máximo que Tarda cada Ciclo (minutos)			
Abr	4.20	0.98	18 / 19	30 / 21	24 / 29	4 / 5
May	5.58	1.26	23 / 24	19 / 20	21 / 25	5 / 5
Jun	6.30	1.47	27 / 28	22 / 24	18 / 22	4 / 4
Jul	6.51	1.47	27 / 28	22 / 24	18 / 22	4 / 4
Ago	5.89	1.33	24 / 26	20 / 22	22 / 26	5 / 5
Sep	4.50	1.05	19 / 20	16 / 17	26 / 21	4 / 5
Oct	3.10	0.7	25 / 27	21 / 23	17 / 21	4 / 5

- Los tiempos que tarda cada ciclo en las cuatro hidrozonas durante el mes pico de riego de julio son:
 - Las plantas que requieren poca agua se riegan de 27 a 28 minutos, dos ciclos y una vez por semana con riego por goteo.
 - Las plantas que requieren agua moderada se riegan de 22 a 24 minutos, dos ciclos y dos veces por semana con riego por goteo.
 - El césped de temporada fría se riega de 18 a 22 minutos, dos ciclos y cuatro veces por semana con aspersores de rocío giratorios.
 - El césped de temporada fría se riega 4 minutos, tres o cuatro ciclos y cuatro veces por semana con aspersores de rocío fijos.

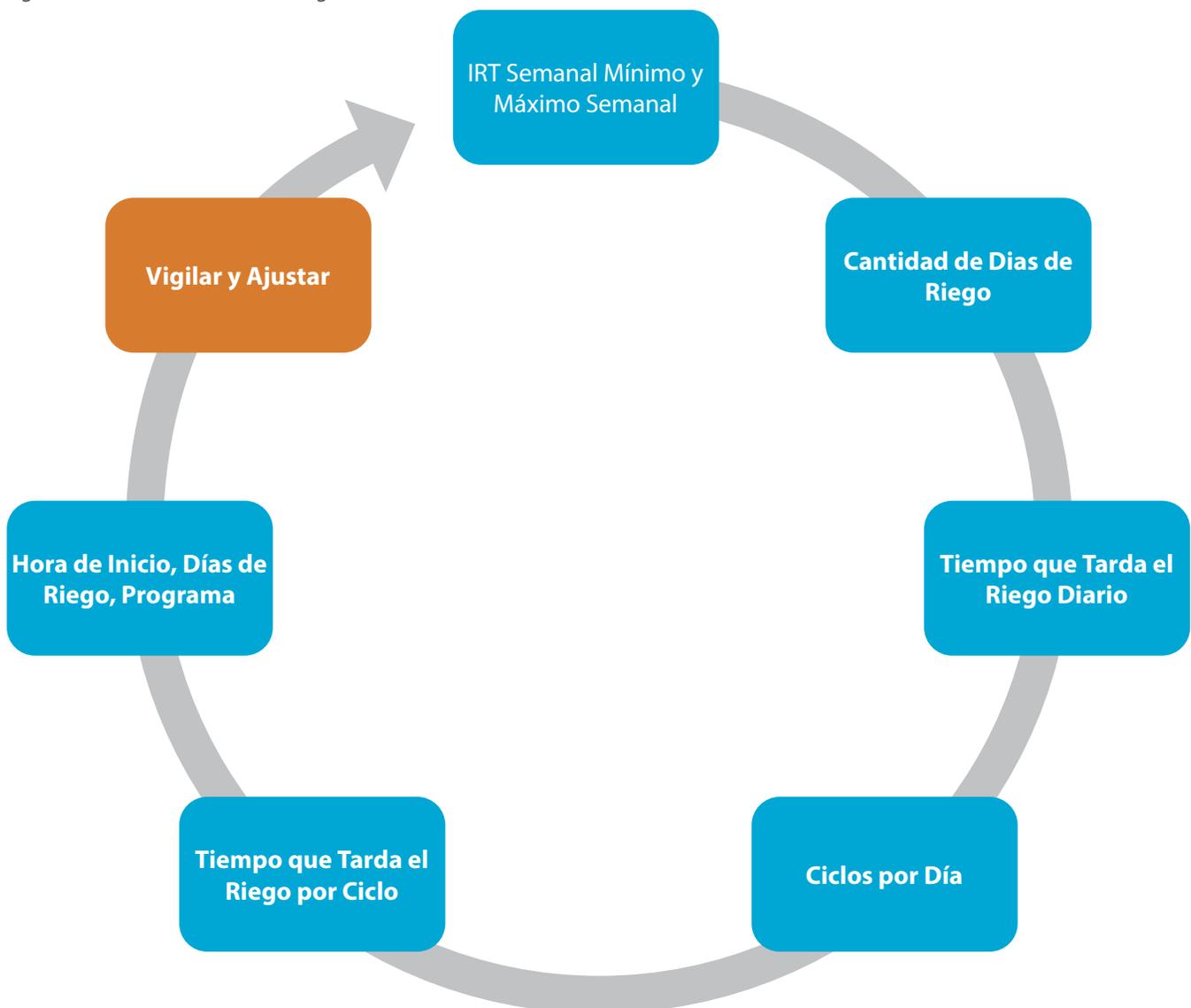
3.11 La pieza final para armar el rompecabezas de la programación de los sistemas de riego es la selección de [las horas de comienzo del riego](#), [los días de riego](#), y [hacer los programas](#) para cada hidrozona.

- Típicamente las hidrozonas que requieren el mismo número de días de riego y el mismo número de ciclos de riego por día pueden ir en el mismo programa de riego.

- En el ejemplo que hemos usado a lo largo de esta sección, podríamos usar cuatro programas de riego usando múltiples tiempos de comienzo para cada hidrozona.
- Otra opción podría ser usar tres programas y poner las dos zonas de césped en un sólo programa y usar la opción de ciclo y remojo como alternativa a empezar el riego múltiples veces.
- La persona que administra el agua y el dueño o usuario del jardín deben estar de acuerdo con la hora de inicio y los días que vamos a regar.
 - En general, cuando regamos con aspersores aéreos, es mejor hacerlo antes o durante la salida del sol, cuando tiende a haber menos viento y cuando la temperatura del suelo está más fresca para reducir la pérdida del agua por evaporación.
 - Cuando hay demasiado viento debemos tener cuidado y no regar con los aspersores aéreos.
- Hay que verificar para saber cuales son las restricciones locales para el riego.

3.12 Una vez que el programa de riego ya esté funcionando, un componente esencial de la administración del agua es **controlar continuamente** cada hidrozona y **hacer los ajustes** que sean necesarios a lo largo del tiempo.

Figura 8-4: Ciclo del horario de riego



- Debemos verificar que la humedad del suelo está llegando hasta la profundidad apropiada para las raíces de las plantas de cada hidrozona.
- Debemos reducir los tiempos de riego si el suelo aparece excesivamente húmedo y para evitar que las plantas crezcan más de lo normal.
- Debemos aumentar los tiempos de riego si el suelo aparece excesivamente seco y las plantas están mostrando señales de estrés por la falta de agua.
- La Figura 8-4 muestra los pasos explicados anteriormente como un ciclo continuo.

4 HERRAMIENTAS QUE ASISTEN A LA PERSONA QUE ADMINISTRA EL AGUA A VERIFICAR Y AJUSTAR EL SISTEMA DE RIEGO

4.1 Independientemente de la tecnología existente, realmente no hay un sustituto para la experiencia y observación de la persona que administra el agua. Tener la capacidad para identificar suelos saturados de agua o plantas estresadas por la falta de agua son habilidades difíciles de reemplazar con la automatización y la tecnología.

4.2 ¡Recuerde lo importante que es la sonda del suelo!

- La sonda del suelo es posiblemente el método más fácil para determinar lo que está pasando debajo de la superficie del suelo.
 - Nos sirve para verificar la humedad en el suelo.
 - Nos sirve para verificar hasta donde llega la humedad en el suelo.
 - Nos sirve para saber la profundidad de las raíces de las plantas.

4.3 **Weather based irrigation controllers** (WBIC, controladores de riego basados en el estado del clima) tienen la habilidad de adaptar los programas a las condiciones cambiantes del tiempo mucho más rápido que los controladores convencionales y pueden ayudar a que la persona que administra el agua a ahorrar una cantidad considerable de tiempo.

- [EPA WaterSense WBICs¹](#) han sido certificados independientemente para asegurar que pueden cumplir adecuadamente con las necesidades de riego de un jardín sin regar más de la cuenta
- Los controladores WBIC requieren una programación cuidadosa y una revisión continua para funcionar correctamente.
- Cuando están programados correctamente, los controladores WBIC ofrecen una importante ventaja de inversión debido al [ahorro de agua y tiempo](#) que pueden proporcionar.



4.4 Los sensores para los controladores de riego interrumpen el programa de riego como respuesta a las condiciones específicas del lugar.

- En la Sección 9 – Cubrimos en detalle los controladores y sensores de los sistemas de riego.

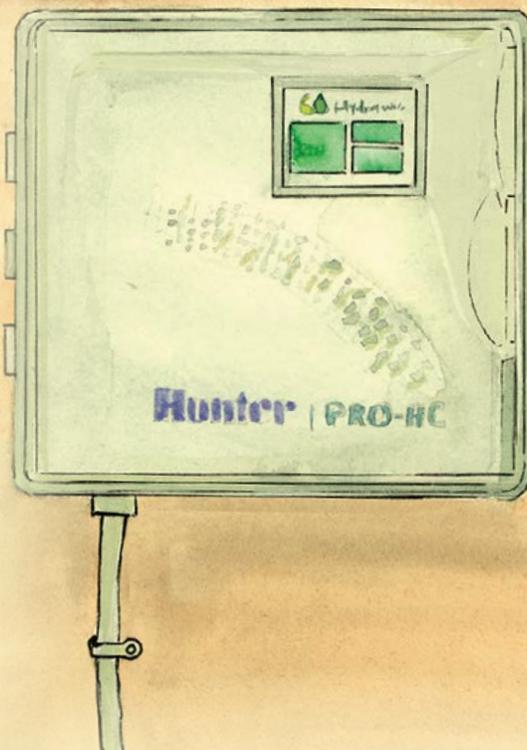
4.5 Las agencias de agua locales con frecuencia publican programas de riego que pueden ser un excelente punto para empezar a desarrollar un horario de riego.

¹ <https://www3.epa.gov/watersense/products/controltech.html>

5 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO - PREGUNTAS PARA REPASAR

- 5.1 ¿Cuáles son algunas de las decisiones que la persona que administra el agua necesita hacer cuando está desarrollando un horario de riego para un controlador convencional?
- 5.2 ¿Cuáles son los tres métodos para ahorrar agua en un jardín?
- 5.3 Pensando en el concepto que nos dice que la humedad del suelo es un indicador importante, explique ¿qué es lo que la persona que administra el agua está tratando de lograr cuando administra con eficiencia el agua de un jardín?
- 5.4 ¿Cuál es la relación entre la profundidad de la raíz de una planta y el desarrollo de un programa de riego?
- 5.5 ¿Cómo se calcula el requerimiento de agua de la planta usando ETo y el factor planta?
- 5.6 ¿Qué es lo que hace el multiplicador del tiempo de riego?
- 5.7 ¿Cuál es la diferencia entre el requerimiento de agua de la planta (el límite mínimo) y el requerimiento de agua de riego (el límite máximo)?
- 5.8 ¿Cuál es el tiempo diario de riego si el tiempo semanal es de 30 minutos y el riego se hará 2 veces a la semana?
- 5.9 ¿Cuántos ciclos al día se requieren si el tiempo de riego diario es 15 minutos y los lapsos de riego son de 5 minutos?
- 5.10 ¿Cuánto tiempo por ciclo hay que regar si el tiempo de riego diario es de 15 minutos y el número de ciclos por día es 3?
- 5.11 Escriba algunas consideraciones importantes con respecto a la hora del día en que activamos el riego aéreo.
- 5.12 ¿Cuál es el aspecto más importante de la programación del riego? Pista: verificar y ajustar continuamente.
- 5.13 ¿Qué herramientas para verificar y ajustar los programas de riego hay disponibles para ayudar a la persona que administra el agua

Sección 9:
CONTROLADORES DE RIEGO





CONTROLADORES DE RIEGO

Objetivos de Aprendizaje

1. Comprender la función de un controlador de riego
2. Comprender los diferentes tipos de controladores de riego
3. Comprender los parámetros requeridos para programar un controlador convencional
4. Cómo programar un controlador convencional
5. Comprender cómo funciona un controlador basado en el estado del clima
6. El uso de sensores para mejorar la eficiencia del riego

1 CONTROLADORES DE RIEGO

- 1.1 La función principal de un controlador de riego es [controlar la operación de las válvulas eléctricas de riego](#) y para llevar el agua al jardín.
- 1.2 Cuando se usan correctamente, los controladores de riego pueden [administrar eficientemente la aplicación del agua para el riego](#) y proveer [una operación confiable de los sistemas de riego](#) a cualquier hora del día o la noche.

2 TIPOS DE CONTROLADORES DE RIEGO

- 2.1 Los fabricantes de los controladores de riego producen una gran variedad de productos diseñados para satisfacer necesidades específicas.
- 2.2 Los controladores pueden estar diseñados para usos [interiores](#) o [exteriores](#).
 - Los controladores para interiores tienen una fuente de energía externa que transforma la entrada eléctrica de 120 a 24 voltios.
 - Los controladores para exteriores tienen una fuente de energía interna y están cableados. En general, los controladores para exteriores se instalan en una caja que los protege de las inclemencias del tiempo y que puede cerrarse con llave.
- 2.3 Con frecuencia los controladores vienen con especificaciones para uso [residencial](#) o [comercial](#).
 - Los controladores para uso residencial están específicamente diseñados para usos comunes residenciales. Normalmente tienen menos estaciones que los controladores comerciales y tienen características más básicas con el énfasis de ser más fáciles de usar.
 - Los controladores residenciales y de uso comercial liviano vienen en modelos para interiores y exteriores.
 - Los controladores comerciales diseñados para lugares más grandes generalmente incluyen características más avanzadas como muchos más programas y tiempos para empezar el riego, control remoto, opciones electrónicas para resolver problemas, y vigilancia y alerta del caudal.
 - Los controladores comerciales generalmente vienen diseñados para instalarlos en los exteriores.
- 2.4 El término [controlador autosuficiente](#) lo usamos para describir un controlador convencional que opera durante un horario de riego fijo.
 - Podemos usar una variedad de sensores para aumentar la eficiencia y rendimiento de nuestros controladores autosuficientes.
 - La mayoría de los controladores modernos tienen una [memoria que no es volátil](#), y por eso es posible mantener los programas en la memoria del controlador aunque se interrumpa la energía eléctrica. Sin embargo, en muchos modelos más viejos, tenemos que confiar en baterías para garantizar que los programas permanezcan en el controlador si se interrumpe la energía eléctrica.
 - Para los controladores que confían en las baterías en caso de que falle la energía eléctrica, en la rutina de mantenimiento, es necesario recordar un cambio de baterías con regularidad para garantizar el rendimiento óptimo de la memoria.
 - Es recomendable cambiar las baterías por lo menos cada dos años.
- 2.5 [Weather based irrigation controllers](#) (WBIC, controladores de riego basados en el estado del clima) usan el estado del clima local, las condiciones en el jardín, y el tipo de componentes del sistema de riego para

diseñar los horarios de riego y que se ajusten a las condiciones actuales del clima en el jardín.

- Algunos controladores convencionales pueden actualizarse para que funcionen como WBICs al instalarles un módulo y/o sensor.
- La información del estado del clima puede venir de una estación climática instalada en el mismo lugar en donde se encuentra el controlador, o puede venir de una estación climática instalada en otro lugar.
- Es posible que la información del estado del clima pueda ser gratis o por medio de una suscripción donde se tiene que pagar.
- Algunos WBICs también cuentan con datos de información histórica que ha sido guardada en la memoria para usarla en caso de que no tenga acceso a los datos e información actual.

2.6 Los controladores basados en la humedad del suelo usan sensores para detectar la humedad del suelo dentro de la zona de las raíces de las plantas y apagan el sistema de riego cuando el suelo ha alcanzado el nivel de humedad deseada.

- Los controladores basados en la humedad del suelo no dependen de los datos e información de las estaciones del tiempo para poder funcionar.
- El controlador compara las lecturas de los niveles de humedad del suelo con los niveles de humedad deseados de acuerdo con el tipo de suelo, el tipo de planta, y otras variables del jardín que han sido programadas en el controlador.
- Si la cantidad de humedad que el sensor detecta en la zona de las raíces llega o excede el nivel específico, el controlador desactiva el sistema de riego. Si la cantidad de humedad que el sensor detecta en la zona de las raíces es menos que el nivel específico, el controlador permite que el sistema de riego funcione como ha sido programado.

2.7 El término controlador de riego WiFi lo usamos para describir los controladores de riego que deben conectarse a una red de WiFi.

- Los controladores de riego WiFi se pueden controlar a distancia y desde una página web o de una aplicación dedicada a su funcionamiento.
- Muchos controladores de riego WiFi también son WBICs.



2.8 Para instalaciones comerciales grandes, un control central permite controlar una red entera de controladores de riego compatibles a través de un sistema central.

- Podemos usar los sistemas de control central para administrar múltiples sitios y controladores desde lejos.
- La operación desde lejos se puede usar para programar, vigilar, y operar la red de controladores de riego conectados a ella.
- El acceso a los controladores de riego compatibles que están conectados a un control central se puede hacer por medio de una variedad de métodos incluyendo el cableado, radio, celular, red de área local (LAN por sus iniciales en inglés), y WiFi.

2.9 Los controladores de riego pueden tener cableado convencional o un sistema de dos cables.

- El cableado convencional utiliza un cable común y un cable que transmite electricidad desde el controlador de riego hacia cada válvula de riego.
- El sistema digital de dos cables utiliza un cable de dos alambres que viaja en línea de válvula a válvula. Cada válvula tiene un decodificador. Los sistemas de dos cables son utilizados en aplicaciones comerciales y residenciales grandes o en instalaciones en fases en donde ahorrar cable y otras ventajas pueden ser significativos.

3 PARÁMETROS QUE DEBEMOS CONSIDERAR EN LOS CONTROLADORES DE RIEGO CONVENCIONALES

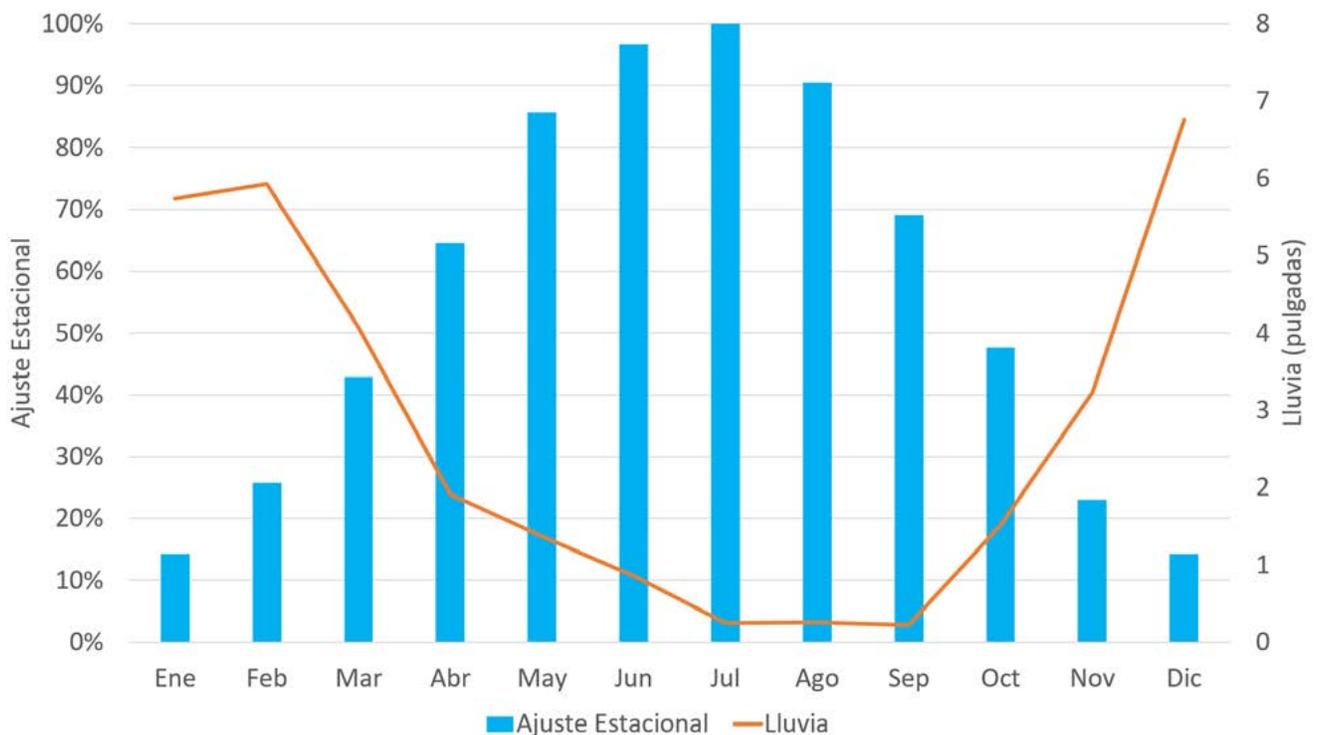
Figura 9-1: De izquierda a derecha (1) Hunter Pro-C, (2) Irritrol Rain Dial-R, (3) Rain Bird ESP-ME, (4) Toro Evolution Rachio (imágenes son cortesía de Hunter Industries, Irritrol, Rain Bird Corporation y The Toro Company)



- 3.1 **Los programas** son horarios separados para el riego que nos permiten agrupar las áreas de riego en hidrozonas con requisitos similares de riego; por ejemplo, el programa A puede ser para las áreas de césped, el programa B para las áreas con arbustos, y el programa C para los árboles.
- Cada programa va a regar todas las zonas seleccionadas y operar los mismos días de la semana con el mismo número de ciclos.
 - Las hidrozonas agrupadas en el mismo programa deben basarse en factores como:
 - Cuánta agua requieren las plantas
 - Profundidad de las raíces
 - Microclima (sol, sombra, viento, calor)
 - Tipo de suelo
 - Tasas de aplicación de los dispositivos de riego
 - Tiempo de operación
 - Otros factores como conveniencia y limitaciones del controlador de riego
- 3.2 El **tiempo de inicio** es el tiempo del día en el que un programa específico va a empezar.
- Los **tiempos múltiples** de inicio ayudan a prevenir la escorrentía dividiendo el total del tiempo de riego en varios tiempos más cortos de inicio. Los tiempos múltiples de inicio también son útiles para que las plantas que acabamos de sembrar se establezcan, además permiten que el agua se infiltre más profundamente hacia la zona de las raíces.
 - La función de **ciclo e remojo** es una alternativa a los tiempos múltiples de inicio. Cuando programamos la función de ciclo e infiltración, especificamos la cantidad total del tiempo de riego y el controlador calcula el número total de ciclos dividiendo el tiempo total de riego por el tiempo de cada ciclo.
- 3.3 El **tiempo de riego** es la cantidad de tiempo que el controlador va a hacer funcionar las válvulas individuales para cada programa. Cuando programamos el controlador, ingresamos el tiempo que deseamos que riegue cada estación.
- El tiempo que el programa riega debe ser **menor que el tiempo observado hasta que empiece la escorrentía**. Para completar el tiempo total de riego, podemos utilizar tiempos de inicio múltiples.

- 3.4 **Los días de riego** son los días de la semana que el controlador va a operar el programa. Hay varias estrategias para programar los días de riego:
- **Días específicos** – podemos seleccionar días específicos de la semana para operar el programa de riego.
 - **Días pares/impares** – podemos seleccionar ya sea días pares o impares para operar el programa de riego.
 - **Riego en intervalos** – podemos seleccionar los días en intervalos para operar el programa de riego. Esta opción funciona bien para las plantas que requieren poca agua y para los árboles que requieren riego menos de una vez a la semana.
- 3.5 **Ajustes de estación** – es un porcentaje global que ajusta todos los programas o todos los programas seleccionados y los tiempos de operación programados en el controlador.
- En la figura 9-2 hay un ejemplo de los ajustes estacionales típicos por mes para la Zona 5 de CIMIS. Normalmente durante los meses de invierno no es necesario el riego por que hay lluvia, el clima es frío y las plantas entran en dormancia.
 - Esta función puede ayudar a la persona que administra el agua a ahorrar una cantidad significativa de tiempo en lugar de reprogramar los controladores a través de cada una de las estaciones.
 - El tiempo de operación (tiempo que va a tardar el riego) que usamos debe ser para el **mes más caluroso** del año para que los ajustes de estación puedan reducirse a través del año.

Figura 9-2: Ajuste estacional de la zona 5 de CIMIS



4 CÓMO PROGRAMAR UN CONTROLADOR CONVENCIONAL

4.1 Programemos el siguiente horario de riego para el mes en que debemos regar más en un controlador convencional.

Table 9-1: Ejemplo de horario de riego

Tipo de Planta	Arbustos que Usan Poca Agua	Arbustos que Usan Agua Moderada	Césped de Clima Frío	Césped de Clima Frío
Tipo de Riego	Riego por Goteo, Tubería en Línea	Riego por Goteo, Tubería en Línea	Aspersores Giratorios	Aspersores de Rociado Fijos
Estación	1	2	3	4
Programa	A	B	C	D
Horas que Vamos a Regar	6 a.m., 8 a.m.	7 a.m., 9 a.m.	4 a.m., 5 a.m.	4 a.m., 4:30 a.m., 5 a.m., 5:30 a.m.
Tiempo que Tarda el Riego	28 minutos	24 minutos	20 minutos	4 minutos
Días de Riego	Domingo	Miércoles/Sábado	Impares	Pares
Tiempo Semanal que Tarda el Riego	56 minutos	96 minutos	140 minutos	56 minutos

4.2 Consideraciones que debemos tomar en cuenta

- ¿Tiene el controlador la capacidad para programarle tiempos múltiples de riego y/o ciclos de infiltración? Si el controlador no tiene estas funciones básicas, sería bueno actualizarlo con uno que si los tiene.
- ¿Tiene el controlador 4 programas disponibles? Muchos controladores están limitados a sólo 3 programas.
- ¿Permite el controlador programar el riego en un horario mensual o bimensual usando una programación con intervalos? Los árboles en zonas separadas se pueden beneficiar de ciclos de riego mensual o bimensual.
- Si no hay suficientes programas para programar los horarios que deseamos, entonces debemos encontrar alternativas o ajustar los horarios de riego.
- Una solución para el horario de riego presentado arriba es combinar las estaciones 3 y 4 en un solo programa si es que el controlador tiene disponible la opción de ciclo e infiltración.
 - Las dos estaciones tendrían que operar en los mismos días
 - La estación 3 tendría un tiempo de riego de 40 minutos, el tiempo por ciclo sería de 20 minutos y un tiempo apropiado de infiltración (por ejemplo, de 15 a 30 minutos).
 - La estación 4 tendría un tiempo de riego de 16 minutos, el tiempo por ciclo sería de 4 minutos y un tiempo apropiado de infiltración (por ejemplo, de 15 a 30 minutos).
- La segunda solución sería combinar las estaciones 1 y 2 en un sólo programa. Esto va a requerir cambiar el horario de una estación para que tenga los mismos días de riego que la otra.
 - La estación 1 podría cambiarse y tener un tiempo de riego de 14 minutos con 2 tiempos para empezar el riego y regar los mismos dos días que la estación 2.

4.3 Controlador Hunter X-Core (Figura 9-3)

- Programe la hora y el día.
 - Ponga el dial en la posición "current time/day".
 - Use los botones + y – para cambiar el año, mes, día, y hora.
 - Avance usando el botón ►.
- Programe los tiempos para empezar el riego.
 - Ponga el dial en la posición "start times".
 - Use el botón PRG para seleccionar el programa A, B, o C.
 - Use los botones + y – para cambiar los tiempos para empezar (en incrementos de 15 minutos)
 - Agregue otros tiempos para empezar el riego usando el botón ►
 - Se puede usar un máximo de 4 tiempos para empezar para cada programa.
- Programe cuánto tiempo va a regar cada estación.
 - Ponga el dial en la posición "run times".
 - Use el botón PRG para seleccionar el programa A, B, o C.
 - Use los botones + y – para cambiar el tiempo de riego de la estación.
 - Use el botón ► para avanzar a la próxima estación.
- Programe los días de riego.
 - Ponga el dial en la posición "water days".
 - Use el botón PRG para seleccionar el programa A, B, o C.
 - Use los botones + y – para activar o desactivar el riego para cada día de la semana. El cursor se mueve automáticamente al próximo día.
 - Los días pares/impares se pueden usar como una alternativa a días específicos. Con el cursor en SU presione el botón ►. Use los botones + y – para seleccionar días de riego pares o impares.
 - El riego en intervalos se puede usar como una alternativa a días específicos o a días pares/impares. Con el cursor en "odd/even" presione el botón ► Use los botones + y – para seleccionar cuantos días entre riegos (1 a 31 días).
 - Ponga el dial en la posición "run".
- Ajustes de estación.
 - Ponga el dial en la posición "seasonal adjustment".
 - Use los botones + y – para ajustar el porcentaje en incrementos de 10%.
 - Nota: los tiempos de riego ajustados van a aparecer en la pantalla. Para programar los tiempos de riego hay que regresar el ajuste al 100%.
- Ciclo e infiltración (la función está escondida).
 - Ponga el dial en la posición "run".
 - Presione y sostenga por 3 segundos el botón +.
 - Mientras presiona el botón + ponga el dial en la posición "run times".

Figura 9-3: Controlador Hunter X-Core (imagen es cortesía de Hunter Industries Inc)



- Use los botones ◀ y ▶ para seleccionar la estación.
- Use los botones + y – para seleccionar el tiempo del ciclo.
- Presione el botón PRG para acceder al menú de infiltración.
- Use los botones ◀ y ▶ para seleccionar la estación.
- Use los botones + y – para seleccionar el tiempo de infiltración.

4.4 Controlador Irritrol Rain Dial (Figura 9-4)

Figura 9-4: Controlador Irritrol Rain Dial (imagen es cortesía de Irritrol))

- Seleccione la función “programs”.
- Ingrese la hora y el día.
 - Ponga el dial en la posición “current time”.
 - Use los botones + y – para seleccionar la hora correcta.
 - Ponga el dial en la posición “Today”.
 - Use los botones + y – para seleccionar el día correcto.
- Seleccione el programa A, B, o C.
- Programe los tiempos que van a funcionar las válvulas.
 - Ponga el dial en el número de estación (1 al 12).
 - Use los botones + y – para seleccionar el tiempo de riego.
- Programe los tiempos para empezar el riego.
 - Ponga el dial en “start times” números (1 al 3).
 - Use los botones + y – para programar la hora para empezar.
 - Se puede usar un máximo de 3 diferentes tiempos para empezar cada programa.
- Programe los días de riego.
 - Ponga el dial en el día deseado.
 - Use los botones + y – para activar o desactivar el día.
 - Repita para todos los días.
 - Se puede usar la función “skip days” para programar un intervalo de días en lugar de días específicos (1 a 31 días).
- Ajuste estacional.
 - Ponga el dial en “skip days / special functions”.
 - Presione el botón manual dos veces (la pantalla debe mostrar el número 100)
 - Use los botones + y – para escoger el porcentaje deseado.
- Repita el proceso para cada programa.
- Para operar los programas, ponga el dial en la función “current time”.



5 WEATHER BASED IRRIGATION CONTROLLERS (WBICs, CONTROLADORES DE RIEGO BASADOS EN EL ESTADO DEL CLIMA)

- 5.1 A pesar de que todos los WBICs utilizan información de evapotranspiración para determinar los horarios de riego, puede haber diferencias significativas en los parámetros que necesitamos ingresar en los programas.
- Algunos WBICs requieren que ingresemos **el tiempo y la frecuencia de riego en el mes en que debemos regar más**. El WBIC utiliza datos de lluvias y clima actual para ajustar la frecuencia y operar los programas de riego de acuerdo con los parámetros que fueron ingresados en los programas.
 - Este tipo de controlador confía en que la persona que administra el agua comprende como se debe determinar un horario efectivo de riego para cada hidrozona, lo cual es similar a un controlador convencional
 - Otros WBICs requieren que ingresemos los **datos de campo** para que el controlador pueda operar los cálculos para los horarios de riego. Los datos requeridos pueden incluir: tipo de emisores de riego, tipo de planta, tipo de suelo, profundidad de las raíces, inclinación, y microclima.
 - Este tipo de controlador usa las suposiciones derivadas de los datos de campo, que ingresados junto con las condiciones del clima actuales van a generar un horario de riego. Si los datos de campo no corresponden a las condiciones del lugar, entonces el horario de riego no va a estar correcto.
 - Diferentes controladores van a generar diferentes horarios de riego debido a las diferencias en las suposiciones que utilizan y en nuestra habilidad como administradores del recurso del agua para diseñar esas suposiciones para que concuerden con las condiciones el jardín.
 - Debemos comprender la importancia de las suposiciones en las que se va a basar el controlador para generar los horarios para que puedan ajustarse y así satisfacer las necesidades de riego del jardín.

Figura 9-5: De izquierda a derecha (1) Hunter Pro-HC, (2) Rain Bird ESP-LXME, (3) Toro Evolution, (4) Rachio (imágenes son cortesía de Hunter Industries, Rain Bird Corporation, The Toro Company, y Rachio, Inc)

5.2 Los WBICs usan dos formas diferentes para generar los tiempos y las frecuencias de riego. Ambos



métodos se basan en el concepto de la **management allowable depletion** (MAD, administración del agotamiento permitido) con la finalidad de reponer la humedad en el suelo hasta la capacidad de campo cada vez que se activen los programas de riego.

- **Frecuencias de riego variables con tiempos de riego fijos**. Esto significa que la cantidad de días entre riegos va a cambiar dependiendo de la evapotranspiración y la lluvia.
- **Frecuencias de riego fijas con tiempos de riego variables**. Esto significa que la cantidad de días entre riegos va a corresponder a la frecuencia de riego en el mes en que debemos regar más y que ha sido

programado en el controlador de riego. La cantidad de minutos que van a operar los programas va a cambiar dependiendo de la evapotranspiración y la lluvia..

5.3 EPA WaterSense provee un listado de [controladores de riego con la etiqueta WaterSense](#). Estos WBICs han sido certificados independientemente para asegurar que cumplen adecuadamente con las necesidades de riego de un jardín sin desperdiciar el agua.



5.4 [Smart Water Application Technologies](#) (SWAT, Tecnologías para la Aplicación Inteligente del Agua) es una coalición de abastecedores de agua, fabricantes de equipo, y profesionales de riego que desarrollan protocolos para la evaluación y promoción de productos que usan el agua con eficiencia incluyendo los WBICs.



5.5 Problemas que podrían presentarse con los WBICs:

- A la hora de programar correctamente un WBIC, el controlador puede carecer la habilidad de reflejar las condiciones del sitio y también depende de la experiencia de la persona que administra el agua.
- Podría ser que los datos de ET usados no reflejen correctamente las condiciones del lugar ya que pueden venir de una fuente que está lejos y en donde el microclima es muy diferente del sitio del jardín donde los programas de riego van a ser ejecutados.
- Podría haber problemas de conexión con las fuentes de datos y como resultado el controlador va a usar datos históricos de ET o la información que fue descargada más recientemente hasta que la conexión vuelva a establecerse.
- En donde se utiliza la información de ET del lugar, es requerido que los sensores se instalen correctamente y que reciban el mantenimiento adecuado para que funcionen bien.
- La observación y afinación cercana del sistema de riego son importantísimas después de la instalación inicial para asegurar que el riego está ocurriendo a la profundidad y frecuencia apropiada. Esto es especialmente importante cuando acabamos de sembrar las plantas en un jardín y cuando vamos a establecer el horario del mes en que debemos regar más.

6 SENSORES PARA LOS CONTROLADORES DE RIEGO

6.1 Los sensores para los controladores de riego son dispositivos [que interrumpen la señal eléctrica](#) en respuesta a [condiciones específicas del lugar](#) y modifican la operación del controlador. Los sensores pueden ahorrar cantidades importantes de tiempo y agua.

6.2 Los [sensores de ET](#) pueden actualizar un controlador, de estándar a WBIC ya que éstos son sensores climáticos que determinan la evapotranspiración y ajustan el controlador basándose en la información local de las condiciones del clima

- Los sensores de ET requieren un controlador compatible.
- Los sensores de ET típicamente vienen con sensores de lluvia y hielo para apagar el sistema de riego cuando estos ocurren.

6.3 Los [sensores de caudal](#) apagan el sistema de riego cuando detectan un nivel específico de exceso o

¹ <https://www3.epa.gov/watersense/products/controltech.html>

² <https://www.irrigation.org/SWAT>

escasez en el caudal de agua que pasa por las válvulas. Cuando esto ocurre, muchos sistemas de sensores de caudal mandan alertas automáticas a la persona que administra el agua.

- Los sensores de caudal pueden prevenir el desperdicio catastrófico de agua en caso de que una tubería se rompa o que haya una fuga, previenen daños a la propiedad y al jardín, y previenen la pérdida de plantas valiosas en caso de que falle alguna válvula.

6.4 Los **sensores de la humedad en el suelo** miden la humedad del suelo dentro de la zona de las raíces y pueden programarse para que apaguen el sistema de riego cuando el nivel de humedad en el suelo ha llegado al nivel deseado.

- Estos sensores normalmente se encuentran en el suelo y dentro de los límites específicos de las hidrozonas.
- Los sensores de humedad en el suelo se pueden usar para anular el horario de riego cuando la humedad del suelo indica que no es necesario regar.
- Cuando situamos los sensores de humedad en el suelo en lugares estratégicos, nos ayudan a prevenir el riego excesivo si los tiempos de riego han sido programados más de lo requerido.
- El uso de los sensores de humedad en el suelo puede ayudar a compensar por las ineficiencias de los horarios de riego en los controladores convencionales y en WBICs.
- Para que los sensores de humedad sean efectivos, debemos instalarlos en una posición que representa con precisión la zona o el sistema entero.
- Debemos revisar los sensores de humedad periódicamente para asegurar que todavía están funcionando bien

6.5 Los **sensores de lluvia** apagan el controlador de riego durante periodos en que llueva lo suficiente como para medirla.

- Los sensores de lluvia no son caros y pueden ahorrar bastante agua apagando el sistema de riego cuando llueva durante la estación de riego.

6.6 Los **sensores de viento** apagan el controlador de riego durante periodos de mucho viento.

- Los sensores de viento son útiles cuando usamos el riego aéreo en áreas de poca protección del viento.

6.7 Los sensores de **heladas** previenen la operación del sistema de riego cuando hay temperaturas heladas.

Figura 9-6: De izquierda a derecha (1) Hunter Solar Sync, (2) Irritrol Climate Logic, (3) Rain Bird WR2 Sensor para Lluvia/Heladas, (4) Toro Sensor de Precisión para Suelos, (5) Hunter Flow Sensor (imágenes son cortesía de Hunter Industries Inc, Irritrol, Rain Bird Corporation, y The Toro Company)



7 CONTROLADORES DE RIEGO – PREGUNTAS PARA REPASAR

- 7.1 ¿Cuál es la función primaria de un controlador de riego?
- 7.2 ¿Si lo usamos correctamente, cuáles son los beneficios que puede tener el uso de un controlador de riego?
- 7.3 ¿Cuál es la diferencia entre un controlador de riego interior y uno exterior?
- 7.4 ¿Cuál es la diferencia entre un controlador convencional y un WBIC?
- 7.5 ¿Cuál es la posible aplicación de un sistema central de control?
- 7.6 ¿Cuáles son los cuatro parámetros que necesitamos para programar un controlador de riego convencional?
- 7.7 Explique, ¿cómo trabaja la función del ajuste estacional en un controlador de riego convencional?
- 7.8 Verdadero o Falso: Todos los WBICs requieren que el usuario ingrese los datos de campo referentes al sistema de riego, las plantas y el suelo para determinar un horario de riego.
- 7.9 Verdadero o Falso: Los WBICs usan varias formas para programar la frecuencia y los tiempos de riego.
- 7.10 ¿En dónde buscamos un listado de los controladores WBIC que han sido certificados independientemente para asegurar que cumplen adecuadamente con las necesidades de riego de un jardín sin desperdiciar el agua?
- 7.11 ¿Cuáles son los posibles problemas que podemos tener con los WBICs?
- 7.12 Describa qué efectos tienen los sensores para los controladores en los horarios de riego.
- 7.13 Describa cómo es que los sensores de humedad en el suelo se pueden usar para mejorar la eficiencia de los controladores de riego convencionales y WBICs.

Sección 10:

PRACTIQUEMOS LO QUE HEMOS APRENDIDO





ENSAMBLANDO TODOS LOS COMPONENTES

Objetivo de Aprendizaje

1. Pongamos todo lo que hemos aprendido en práctica

1 EJEMPLO PARA PRACTICAR

Usemos la siguiente información para calcular los siguientes casos para cada jardín.

- 1.1 Calcule el presupuesto de agua que va a usar un jardín usando el ETo del mes en el que más regamos, factores planta y áreas por hidrozona.
- 1.2 Calcule el requisito de agua para el mes en el que más regamos, tomando en cuenta la precipitación efectiva (lluvia) y la eficiencia del riego.
- 1.3 Calcule los tiempos de riego mínimos y máximos en minutos por semana durante el mes en que más regamos.
- 1.4 Proponga cómo es que los tiempos semanales de riego podrían usarse para programar un controlador de riego convencional durante el mes en que más regamos.
- 1.5 Explique cómo administraría usted el riego de estos jardines con un presupuesto de agua mensual.
- 1.6 Extra Crédito:
 - Use el jardín tradicional para determinar el volumen de mantillo y composta que se necesita para cubrir en capas las dos zonas en donde hay césped.
 - Asuma una capa de 2 pulgadas de composta y una capa de 4 pulgadas de mantillo.
 - Usando el jardín sostenible:
 - Determine cuánta agua de lluvia es posible capturar anualmente
 - Determine cuánta agua gris es posible producir anualmente.
- 1.7 Suposiciones
 - Este ejemplo se basa en el City of Santa Monica proyecto jardín/jardín, un jardín público demostrativo que muestra como los jardines sostenibles son económicos, benefician el medio ambiente y son fáciles de duplicar.
 - Las hidrozonas han sido simplificadas con el propósito de ilustrarlas.
 - El ETo del mes en que más regamos para la Zona 1 de CIMIS es de 4.65 pulgadas.
 - Para este ejemplo hay que suponer que:
 - La precipitación efectiva equivale a un 25% de precipitación.
 - La eficiencia de riego equivale a la distribución uniforme del cuarto más bajo (DU_{LQ}).
 - En cada jardín hay un medidor dedicado para el riego para vigilar cómo se está usando el agua

Figura 10-1: City of Santa Monica proyecto jardín\jardín

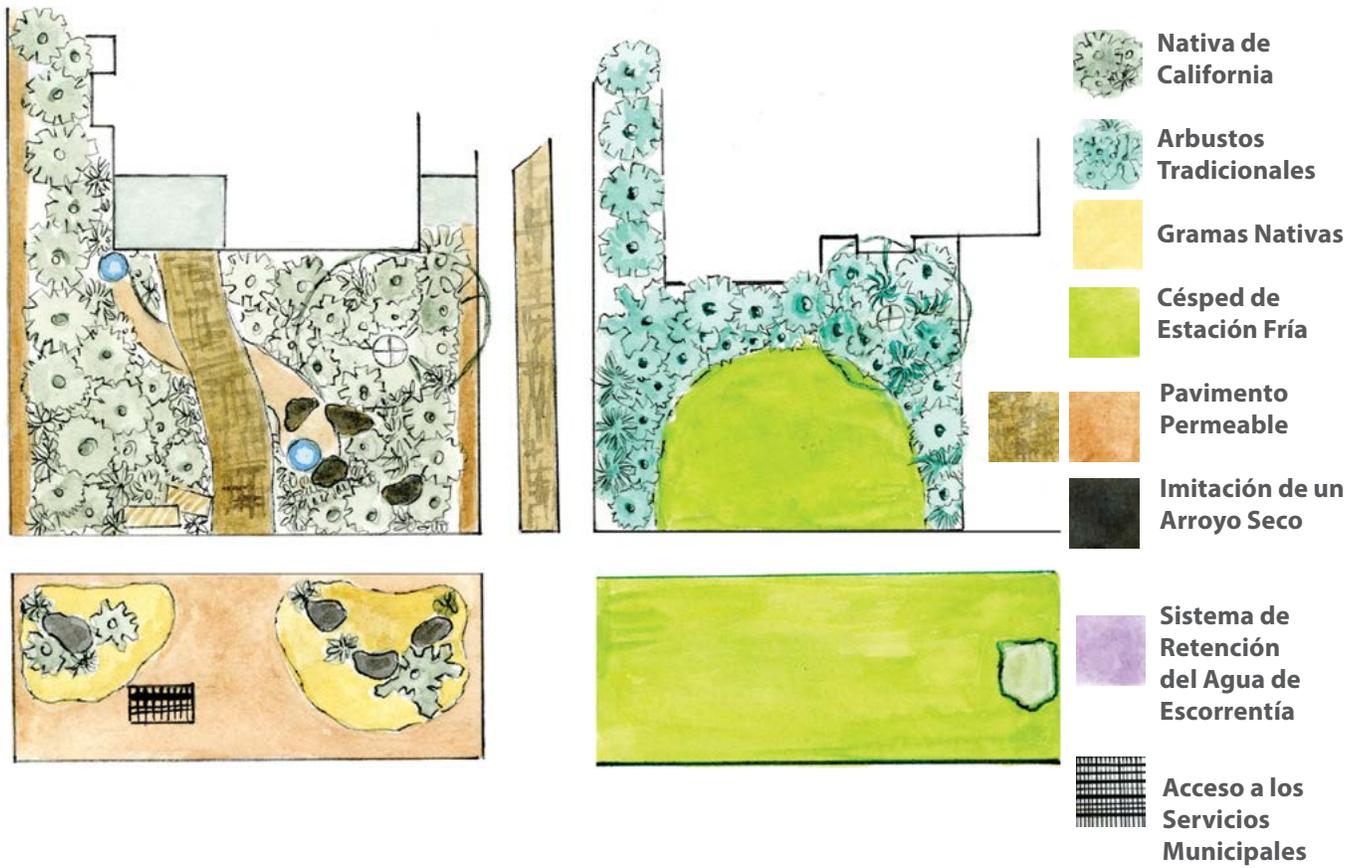


Tabla 10-1: Jardín tradicional - hidrozonas

Hidrozona	PF	LA (pies cuadrados)	ET _o (pulgadas)	Lluvia (pulgadas)	DU _{LQ}	PR (pulgadas por hora)
Césped – Jardín del frente	0.8	845	4.65	0.1	0.6	1.85
Césped – estacionamiento	0.8	320	4.65	0.1	0.6	1.85
Arbustos	0.5	530	4.65	0.1	0.6	1.85

- Tiempo de riego antes que empiece la escorrentía: 5 minutos

Tabla 10-2: Jardín sostenible - hidrozonas

Hidrozona	PF	LA (pies cuadrados)	ET _o (pulgadas)	Lluvia (pulgadas)	DU _{LQ}	PR (pulgadas por hora)
Plantas Nativas - Jardin del frente	0.3	950	4.65	0.1	0.9	0.65
Césped – estacionamiento	0.3	100	4.65	0.1	0.9	0.65

- Tiempo de riego antes que empiece la escorrentía: 15 minutos

Tabla 10-3: ETo y Lluvia por mes (pulgadas)

Mes	ETo (pulgadas)	Lluvia (pulgadas)
Enero	0.93	3.50
Febrero	1.40	4.30
Marzo	2.48	1.70
Abril	3.30	0.70
Mayo	4.03	0.40
Junio	4.50	0.10
Julio	4.65	0.10
Agosto	4.03	0.10
Septiembre	3.30	0.40
Octubre	2.48	0.70
Noviembre	1.20	1.70
Diciembre	0.62	2.10
Total	32.92	15.80

Tabla 10-4: Jardín sostenible - información adicional

Área del Techo	1,350 pies cuadrados
Número de Residentes	3 personas
Agua Usada por la Lavadora de Ropa - Promedio Diario por Persona	9.6 galones
Agua Usada Por la Bañera - Promedio Diario por Persona	12.6 galones

2 SOLUCIÓN PARA SABER EL PRESUPUESTO DE AGUA EN EL MES QUE MÁS REGAMOS

Calculemos el presupuesto de agua para un jardín usando el ETo del mes en el que más regamos, factores planta y áreas por hidrozonas.

$$\text{Presupuesto de Agua} = \text{Clima} \times \text{Tipo de Planta} \times \text{Área}$$

$$\text{Presupuesto de Agua} = \text{ETo} \times \text{PF} \times \text{LA} \times 0.62$$

Tabla 10-5: Jardín tradicional - presupuesto de agua

Hidrozona	ETo (pulgadas)	PF	LA (pies cuadrados)	Presupuesto de Agua (galones)
Césped - Jardín del frente	4.65	0.8	845	1,949
Césped - estacionamiento	4.65	0.8	320	738
Arbustos	4.65	0.5	530	764
Total			1,695	3,451

Tabla 10-6: Jardín sostenible - presupuesto de agua

Hidrozona	ETo (pulgadas)	PF	LA (pies cuadrados)	Presupuesto de Agua (galones)
Plantas Nativas - jardín del frente	4.65	0.3	950	822
Plantas Nativas - estacionamiento	4.65	0.3	100	86
Total			1,050	908

- 2.1 El jardín sostenible tiene un área total con riego menor debido a que no es necesario el riego en donde está el riachuelo seco y el pavimento permeable.
- 2.2 El factor planta de las hidrozonas es más bajo en un jardín sostenible y combinado con las áreas que no necesitan riego significa que el jardín sostenible va a tener **un presupuesto de agua que es un 74% más bajo que** un jardín tradicional.

3 SOLUCIÓN PARA SABER EL REQUISITO DE AGUA EN EL MES QUE MÁS REGAMOS

Calculemos el agua requerida en el mes que más regamos tomando en cuenta la precipitación efectiva (lluvia) y eficiencia de riego.

$$\text{Agua para el Riego} = [(\text{Clima} \times \text{Tipo de Planta}) - \text{Lluvia}] \times \text{Área} \div \text{Eficiencia}$$

$$\text{Agua para el Riego} = [(\text{ETo} \times \text{PF}) - \text{EP}] \times \text{LA} \div \text{IE} \times 0.62$$

Tabla 10-7: Agua requerida para el riego del jardín tradicional

Hidrozona	ETo (pulgadas)	PF	EP (pulgadas)	LA (pies cuadrados)	IE	Agua para el Riego (galones)
Césped - Jardín del frente	4.65	0.8	0.1 x 0.25	845	0.6	3,226
Césped - estacionamiento	4.65	0.8	0.1 x 0.25	320	0.6	1,222
Arbustos	4.65	0.5	0.1 x 0.25	530	0.6	1,260
Total				1,695		5,708

Tabla 10-8: Agua requerida para el riego del jardín sostenible

Hidrozona	ETo (pulgadas)	PF	EP (pulgadas)	LA (pies cuadrados)	IE	Agua para el Riego (galones)
Plantas Nativas - jardín del frente	4.65	0.3	0.1 x 0.25	950	0.9	897
Plantas Nativas - estacionamiento	4.65	0.3	0.1 x 0.25	100	0.9	94
Total				1,050		991

- 3.1 El requisito de agua para el riego en el jardín tradicional es más alto que el presupuesto de agua que le corresponde debido a que tiene una **mala eficiencia de riego**, esto es por el tipo de dispositivos que usan para el riego.
- 3.2 El requisito de agua para el riego en el jardín sostenible es un poquito más alto que el presupuesto de agua debido a la **alta eficiencia de riego**.
- 3.3 Tomando en cuenta la eficiencia del riego y la precipitación efectiva el jardín sostenible requiere **83% menos agua de riego** que el jardín tradicional.

4 SOLUCIÓN PARA SABER EL TIEMPO DE RIEGO SEMANAL EN EL MES QUE MÁS REGAMOS

Calculemos los minutos mínimos y máximos de riego por semana en el mes que más regamos.

$$PWR = \text{Clima} \times \text{Tipo de Planta}$$

$$PWR = ETo \times PF$$

$$RTM = 1 \div [0.4 + (0.6 \times DU_{LQ})]$$

$$IWR = PWR \times RTM$$

$$IRT_{MIN} = (PWR \div PR) \times 60$$

$$IRT_{MAX} = (IWR \div PR) \times 60$$

Para las soluciones dadas abajo:

- La ETo del mes en el que regamos más es 4.65 pulgadas por mes y equivale a 1.05 por semana.
- Las cifras de PWR, RTM, y IWR se redondean a dos decimales.
- IRT_{MIN} y IRT_{MAX} se redondean al próximo minuto.

Tabla 10-9: Jardín tradicional - tiempo que tarda el riego semanal durante el mes pico de riego

Hidrozona	PWR (pulgadas)	RTM	IWR (pulgadas)	IRT_{MIN} (minutos)	IRT_{MAX} (minutos)
Césped - Jardín del frente	0.84	1.32	1.11	28	36
Césped - estacionamiento	0.84	1.32	1.11	28	36
Arbustos	0.53	1.32	0.70	18	23

Tabla 10-10: Jardín Sostenible - tiempo que tarda el riego semanal durante el mes pico de riego

Hidrozona	PWR (pulgadas)	RTM	IWR (pulgadas)	IRT_{MIN} (minutos)	IRT_{MAX} (minutos)
Plantas Nativas - jardín del frente	0.32	1.06	0.34	30	32
Plantas Nativas - estacionamiento	0.32	1.06	0.34	30	32

4.1 La diferencia entre IRT_{MIN} y IRT_{MAX} es mayor para el jardín tradicional debido a la baja eficiencia de riego el cual resulta en un multiplicador de tiempo de riego más largo.

5 SOLUCIÓN PARA PROGRAMAR EL CONTROLADOR DE RIEGO

Sugerir cómo es que los tiempos semanales de riego en el mes que más regamos pueden usarse para programar un controlador de riego convencional.

- 5.1 Los programas que aparecen abajo se basan **decisiones administrativas** y solamente son una posible solución.
- 5.2 El tiempo de riego semanal debe ser **entre las cifras de IRT_{MIN} y IRT_{MAX}** .
- 5.3 El horario de riego que programemos deberá ser **continuamente evaluado y ajustado** para mantener las plantas al nivel de apariencia deseado.

Tabla 10-11: Jardín tradicional - programa para el controlador

Hidrozona	Tiempo que Tarda el Riego Semanal (minutos)	Número de Días de Riego	Tiempo Diario que Tarda el Riego (minutos)	Número de Ciclos Diarios
Césped - Jardín del frente	36	3	4	3
Césped - estacionamiento	36	3	4	3
Arbustos	20	2	5	2

- 5.4 Podemos regar el césped 3 días a la semana por 4 minutos en tres ciclos, para un tiempo total de riego diario de 12 minutos, o sea 36 minutos semanales.
- 5.5 Podemos regar los arbustos 2 días a la semana por 5 minutos en dos ciclos, para un tiempo total de 10 minutos diarios o sea 20 minutos semanales.

Tabla 10-12: Jardín sostenible - programa para el controlador

Hidrozona	Tiempo que Tarda el Riego Semanal (minutos)	Número de Días de Riego	Tiempo Diario que Tarda el Riego (minutos)	Número de Ciclos Diarios
Plantas Nativas - jardín del frente	30	1	15	2
Plantas Nativas - estacionamiento	30	1	15	2

- 5.6 Podemos regar las plantas nativas de California 1 vez a la semana por 15 minutos en dos ciclos, o sea un total de 30 minutos semanales.
- 5.7 El tiempo en que regamos las hidrozonas para el jardín sostenible son relativamente largas y esto es debido a que la **tasa de precipitación es bastante baja** comparada con el jardín tradicional.

6 SOLUCIÓN PARA ADMINISTRAR UN PRESUPUESTO DE RIEGO MENSUAL

Explique cómo administraría usted estos jardines y regarlos de acuerdo con un presupuesto de riego mensual.

6.1 La siguiente solución es solamente una de muchas posibles soluciones.

- Desarrollar un presupuesto de riego mensual para el jardín.
- Incluir los precios del agua y calcular cuánto se puede ahorrar
- Al final de cada mes, hacer lecturas en el medidor de agua para determinar el uso real de agua.
- Comparar el agua presupuestada con el uso real de agua
- Si el uso de agua excede el agua presupuestada, debemos encontrar la razón y reparar el problema. Los presupuestos de agua que mostramos son los requisitos de agua para el riego basados en los promedios históricos de ETo, lluvia y eficiencia de riego.
- Los ejemplos que mostramos abajo son presupuestos de agua mensuales basados en las cifras de ETo y lluvia que aparecen en la Tabla 10-3.
- La precipitación efectiva (lluvia) se calcula como el 25% de la precipitación para el mes.
- En realidad, sería más preciso actualizar el horario planificado usando las cifras de ETo y precipitación actual al final de cada mes.
- Las cifras que representan el uso de agua se muestran en galones, en realidad deberían de ser cobradas en miles de galones o en CCF.
- Se asume que el costo de agua en el nivel 1 es de \$5.29 por 1,000 galones hasta el presupuesto de agua y se asume que el costo de agua en el nivel 2 es de \$6.70 por cada 1,000 galones por el uso de agua en exceso del presupuesto de agua.
- Muchos abastecedores de agua cobran basándose en un presupuesto de agua. En este caso sería más significativo alinear el cálculo del presupuesto de agua con el presupuesto que usa el abastecedor de agua.
- Las cifras que suponen el uso de agua se presentan con el propósito de ilustración.
 - El uso de agua en un jardín tradicional se basa en la operación de un controlador de riego convencional que riega en una forma típica residencial como se ilustra en la Figura 8-2.
 - El uso de agua en un jardín sostenible se basa en la operación de un controlador de riego basado en el clima y que está regando con más apego al presupuesto de agua que se ha calculado.

6.2 La tabla y las figuras que aparecen abajo, muestran que el costo del riego en un jardín tradicional es de \$335 anuales comparado con solo \$34 para el jardín sostenible.

- El riego ineficiente del jardín tradicional resultaría en un posible ahorro de \$144, lo cual representa un 43% del total de los costos anuales de agua en un año.
 - El costo para comprar e instalar un controlador de riego basado en el clima podría reponerse en solo unos cuantos años.
- Convertir un jardín tradicional e instalar un controlador de riego basado en el clima ahorraría como \$300 al año.
 - Los programas locales que son patrocinados por los servicios locales podrían reducir significativamente el costo de la conversión. Por ejemplo, un reembolso de \$1.00 por pie cuadrado para convertir el césped podría contribuir \$1,165 a este proceso.

- Los beneficios adicionales de las prácticas de jardinería sostenibles en lugar de las tradicionales hacen que la conversión sea una solución convincente.

Tabla 10-13: Jardín tradicional - presupuesto mensual de agua

	Presupuesto de Agua / Requerimiento de Agua para el Riego (galones)	Uso Actual de Agua (galones)	% Arriba / Debajo del Presupuesto	Costo del Agua (\$)	Potencial de Ahorro (\$)
Enero	0	0		\$0.00	\$0.00
Febrero	54	0		\$0.00	\$0.00
Marzo	2,323	5,000	215%	\$32.00	\$19.00
Abril	3,775	5,000	132%	\$30.00	\$9.00
Mayo	4,810	5,000	104%	\$28.00	\$1.00
Junio	5,522	5,000	91%	\$28.00	-\$3.00
Julio	5,708	7,000	123%	\$41.00	\$9.00
Agosto	4,941	7,000	142%	\$42.00	\$14.00
Septiembre	3,907	7,000	179%	\$43.00	\$22.00
Octubre	2,761	7,000	254%	\$45.00	\$30.00
Noviembre	740	7,000	946%	\$48.00	\$44.00
Diciembre	0	0		\$0.00	\$0.00
Total	34,541	55,000	159%	\$335.00	\$144.00

Figura 10-2: Uso de agua mensual en un jardín tradicional - presupuesto de agua vs uso de agua

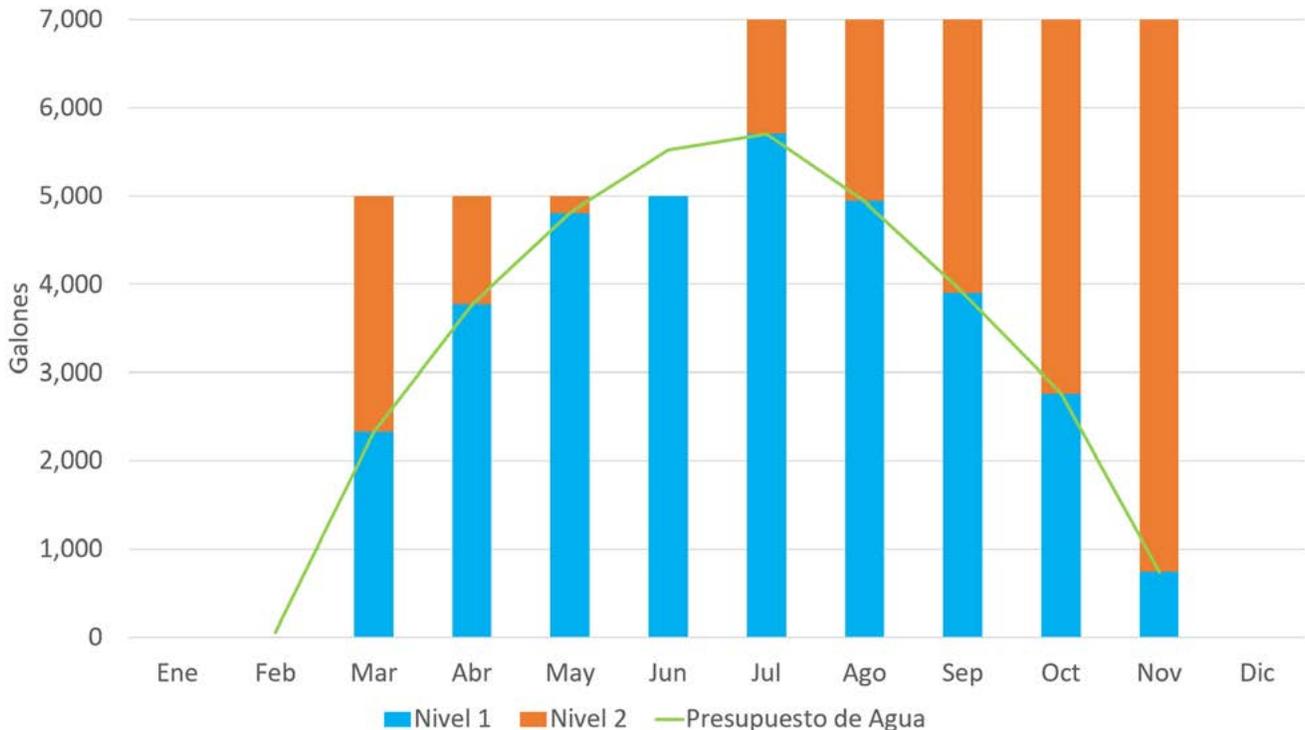
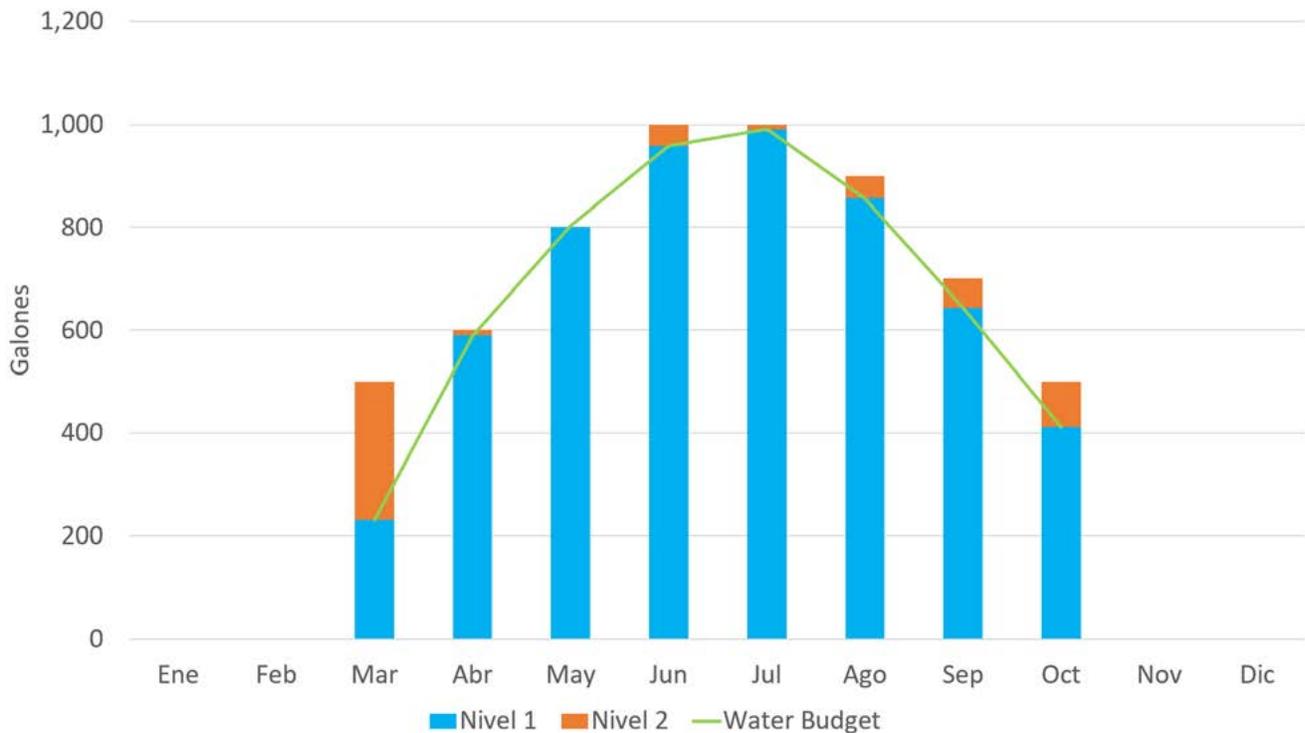


Tabla 10-14: Jardín sostenible - presupuesto mensual de agua

	Presupuesto de Agua / Requerimiento de Agua para el Riego (galones)	Uso Actual de Agua (galones)	% Arriba / Debajo del Presupuesto	Costo del Agua (\$)	Potencial de Ahorro (\$)
Enero	0	0		\$0.00	\$0.00
Febrero	0	0		\$0.00	\$0.00
Marzo	231	500	217%	\$3.00	\$2.00
Abril	590	600	102%	\$3.00	\$0.00
Mayo	802	800	100%	\$4.00	\$0.00
Junio	958	1,000	104%	\$6.00	\$0.00
Julio	991	1,000	101%	\$6.00	\$0.00
Agosto	856	900	105%	\$5.00	\$0.00
Septiembre	644	700	109%	\$4.00	\$0.00
Octubre	412	500	121%	\$3.00	\$1.00
Noviembre	0	0		\$0.00	\$0.00
Diciembre	0	0		\$0.00	\$0.00
Total	5,484	6,000	109%	\$34.00	\$4.00

Figura 10-3: Uso de agua mensual en un jardín sostenible - presupuesto de agua vs uso de agua



7 SOLUCIONES PARA LAS PREGUNTAS DE EXTRA CRÉDITO

7.1 Volumen de mantillo y composta que necesitamos para cubrir en capas las dos zonas de césped del jardín tradicional.

- Volumen en pies cúbicos redondeados al próximo pie cúbico.
- Volumen yardas cúbicas redondeadas a un decimal.

Tabla 10-15: Jardín tradicional - volúmen de composta

Hidrozona	Área (pies cuadrados)	Profundidad (pulgadas)	Volúmen (pies cúbicos)	Volúmen (yardas cúbicas)
Césped - Jardín del frente	845	2	141	5.2
Césped - estacionamiento	320	2	53	2
	1,165		194	7.2

Tabla 10-16: Jardín tradicional - volúmen de mantillo

Hidrozona	Profundidad (pulgadas)	Volúmen (pies cúbicos)	Volúmen (yardas cúbicas)	Volume (yardas cúbicas)
Césped - Jardín del frente	845	4	282	10.4
Césped - estacionamiento	320	4	107	4
	1,165		389	14.4

7.2 La posibilidad de capturar la lluvia anualmente en un jardín sostenible.

- La posibilidad de capturar la lluvia = área en pies cuadrados x lluvia en pulgadas x 0.62

Tabla 10-17: Jardín sostenible - potencial anual de captura del agua de lluvia

Área del Techo (pies cuadrados)	Precipitación Anual (pulgadas)	Potencial Anual de Captura del Agua de Lluvia (galones)
1,350	15.8	13,225

- La posibilidad de capturar 13,225 galones de lluvia anualmente equivale al 241% del presupuesto anual de agua que es 5,484 galones. Además, al jardín también le llueve encima.
- Sin embargo, debido a que la lluvia cae en los meses de invierno, el factor ETo es relativamente bajo.
- Dirigir el agua de lluvia hacia el jardín asegura que la reserve de humedad en el suelo se mantenga a capacidad de campo hasta que llegue la primavera y ayudaría a demorar el punto en que tenemos que empezar a usar el sistema de riego.
- Instalar una cisterna nos ayudaría aún más para reducir la necesidad de empezar a usar el agua potable para el sistema de riego.

7.3 La posibilidad de producir agua gris anualmente para el jardín sostenible.

- La posibilidad de producir agua gris = uso promedio diario de agua per cápita en galones x número de residentes x 365 días.

Tabla 10-18 Jardín sostenible - potencial anual de producción de aguas grises

Dispositivo	Promedio Diario de Agua Usada por Persona (galones)	Número de Residentes	Promedio Anual de Producción de Aguas Grises que Podría Generarse (galones)
Lavadora de Ropa	9.6	3	10,512
Regadera y Bañera	12.6	3	13,797
	22.2		24,309

- La posibilidad de producir 24,309 galones de agua gris equivale al 443% del presupuesto anual de agua que es 5,484 galones.
- La producción de agua gris ocurre a través del año.
- Las técnicas de riego con agua gris son relativamente sencillas comparadas con un sistema eficiente de riego por goteo.
- Debería de haber más que suficiente agua gris para regar el jardín con éxito.
- Instalar una cisterna para recolectar el agua de lluvia podría proveer agua para lavar el suelo con regularidad para evitar la acumulación de sal que hay en las aguas grises.

8 ENSAMBLANDO TODOS LOS COMPONENTES – REPASEMOS LO QUE APRENDIMOS

- 8.1 Debemos saber de dónde viene el agua que usamos y saber que programas locales de reembolso existen.
- 8.2 Debemos tener la capacidad de usar un medidor de agua para vigilar cuánta agua estamos usando y para detectar fugas.
- 8.3 Debemos considerar los jardines como mini cuencas que residen adentro de otras cuencas hidrológicas más grandes.
- 8.4 Los suelos vivos y sanos son la fundación para los jardines sostenibles.
- 8.5 La evapotranspiración y las plantas apropiadas al clima determinan cuánta agua va a necesitar el jardín.
- 8.6 Un presupuesto de agua es una estimación de cuánta agua vamos a necesitar para mantener un jardín lozano durante un periodo de tiempo específico.
- 8.7 Los sistemas de riego de alta eficiencia y la administración del agua que aplicamos en el jardín son componentes importantes para conservar el agua que tenemos disponible.
- 8.8 El mantenimiento regular es esencial para que la operación de un sistema de riego eficiente continúe siendo correcta.
- 8.9 El propósito de una auditoría de un sistema de riego es para analizar qué tan efectivamente está aplicando el agua en una hidrozona específica.
- 8.10 Al diseñar los horarios de riego necesitamos desarrollar un plan para la operación del sistema de riego.
- 8.11 Si los usamos correctamente, los controladores de riego pueden administrar eficientemente la aplicación de agua y proporcionar un funcionamiento confiable de los sistemas de riego en cualquier momento del día o de la noche.

Apéndice:
FORMULARIO DE AUDITORÍA
& HOJA DE FÓRMULAS





Nombre de la/el Auditor: _____ Fecha: _____

Organización Certificadora: _____

Lugar de la Auditoría: _____

- ① La auditoría del Sistema de riego debe hacerse como parte del entrenamiento QWEL o debe supervisarla un profesional certificado por QWEL. La persona que hace la auditoría debe hacer los cálculos independientemente. Al completar los formularios, entréguelos a la Organización Certificadora de Profesionales QWEL por medio de la cual está obteniendo su certificación.
- ② Complete la información del lugar, evaluación y afinación básica del sistema de riego antes de empezar.
 - La auditoría debe hacerse solamente si el sistema de riego está funcionando correctamente.
- ③ Procedimiento para Evaluar el Sistema de Riego
 - Dibuje un diagrama del área que va a evaluar, éste debe incluir las medidas, el lugar en donde están localizados los aspersores y las latas de acopio.
 - La auditoría de un sistema de riego aéreo debe hacerse solamente si la velocidad del viento es de 5 millas por hora o menos.
 - Active la zona que va a evaluar y marque el lugar de los aspersores con banderines.
 - Coloque las latas de acopio en la zona que va a evaluar.
 - Asegúrese de que todas las latas son del mismo tamaño y forma.
 - Use un mínimo de 24 latas y un número de latas que puedan dividirse entre cuatro.
 - Deje un espacio de aproximadamente 2 pies entre el aspersor y la lata de acopio.
 - Organice las latas en forma cuadrículada
 - Para aspersores de rociado fijos y giratorios, el espaciado que las latas deben tener entre una y otra es de 5 a 8 pies.
 - Para rotores, el espaciado que las latas de acopio deben tener entre una y otra es de 10 a 20 pies.
 - Quite los banderines antes de activar el sistema de riego para que no obstruyan el paso del agua.
 - Active la zona de riego el tiempo suficiente como para recolectar un volumen mínimo de agua de 20 ml. Normalmente toma de 5 a 10 minutos para aspersores de rociado fijos y de 10 a 30 minutos para
 - Si el área que estamos evaluando abarca más de una estación, el tiempo para recolectar cada estación deberá ajustarse para lograr una precipitación igualada a través del área entera.
 - Mida y anote la cantidad de agua que se ha recolectado en cada lata de acopio.
 - Para medir el volumen de agua en pulgadas o centímetros, use la escala de la lata de acopio si es que tiene una.
 - Si la lata no tiene escala, vierta el agua en un cilindro graduado que contenga una escala en mililitros.
 - Para latas que tienen las paredes verticales y el fondo plano, simplemente mida la profundidad del agua en pulgadas o centímetros con una regla.
 - Asegúrese de numerar las latas de acopio en el diagrama para que el lugar de cada una tenga su propia medida y así pueda ayudarle a identificar los problemas que pueda haber con el sistema de
- ④ Calcule la Uniformidad de Distribución del cuarto más bajo (DU_{LQ}).
- ⑤ Calcule la Tasa de Precipitación neta (PR_{NET}).
- ⑥ Use la DU_{LQ} y la PR_{NET} para determinar un presupuesto de riego básico para el área evaluada.



Fecha: _____

Auditor/Auditora				
Nombre: _____	Número de Teléfono: _____			
Apellido: _____	Correo Electrónico: _____			
Área de la Auditoría				
Nombre del Lugar: _____	Nombre del Lugar: _____			
Tipo de Lugar: _____	Tamaño del Área: _____ pies cuadrados			
Tipo de Suelo: _____	Tipo de Plantas: _____			
Micro clima: _____	Profundidad de las Raíces: _____ pulgadas			
Inclinación: _____	Factor Planta (PF): _____			
Tiempo para que Empiece la Escorrentía: _____ min	ETo para 1 semana: _____ pulgadas			
Sistema de Riego				
Origen del agua: _____	Tipo de Medidor: _____			
Presión Estática: _____ psi	Tamaño del Medidor: _____ pulgadas			
Presión Dinámica: _____ psi	Unidades del Medidor: _____			
Tipo de Riego: _____	Dispositivo Anti Sifón _____			
Opciones:				
<u>Tipo de Lugar</u>	<u>Microclima</u>	<u>Origen del Agua</u>	<u>Tipo de Medidor</u>	<u>Dispositivo Anti Sifón</u>
Residencial	Sombra	Agua potable	Sólo para el Riego	Válvula reductora de presión (válvula RP)
Comercial	Media sombra	Pozo residencial	Uso Mixto	Válvula de doble chequeo
<u>Tipo de Suelo</u>	Sol	Pozo Municipal	<u>Tamaño del Medidor</u>	De válvula anti sifón
Arenoso	Calor extremo	Agua reciclada	5/8", 1", 1.5", 2",	(interruptor atmosférico)
Francoso	<u>Inclinación</u>	Agua gris	3", 4", 5", 6"	De interruptor de presión al vacío
Limoso	Plano	Agua de lluvia	<u>Unidades del Medidor</u>	No tiene
Franco-arcilloso	Poco inclinado	<u>Tipo de Riego</u>	Galones	
Arcilloso	Moderado	Aspersores de rocío	Pies cúbicos	
	Bastante Inclinado	Aspersores de rotación		
		Rotores		



Nombre de el/la Auditor(a): _____ Fecha: _____

Incluya: las medidas del área de la auditoría, en dónde están localizados los cabezales del riego, las latas de acopio con su número, y la flecha que indica la orientación Norte.

Marque los Cabezales de los Aspersores con este símbolo = ○

Marque las Latas de Acopio con este símbolo = ✕

Empty diagram area for recording measurements and symbols.



Nombre de el/la Auditor(a): _____ Fecha: _____

Marque las casillas que correspondan a los problemas que ha encontrado durante la auditoría:			
Prioridad	Alta	Baja	Problema Resuelto
Hidrozona mixta			
Necesita mantillo			
Presión alta			
Presión baja			
Válvula(s) no funciona(n)			
Tuberías quebradas			
Tasas de precipitación no son iguales			
Dispositivos de riego están mezclados			
No hay cobertura de cabezal a cabezal			
El espaciado de los cabezales es desigual			
Rociado excesivo			
Boquillas o emisores quebrados o faltantes			
Cabezales torcidos			
Cabezales enterrados			
Trayectoria del agua bloqueada			
Empaques con fugas			
Boquillas tapadas			
Fugas por la posición baja de los cabezales			
Aspersores de rotación no giran			
Observaciones			

Nombre de el/la Auditor(a): _____ Fecha: _____

Número de la Lata de Acopio	Volumen o Profundidad de la Lata	Cuarto más Bajo
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
Suma		
Promedio		

Instrucciones

- Escriba el volumen (en ml) de cada lata de acopio en la segunda columna de la gráfica.
- Escriba la profundidad en pulgadas si usa latas de acopio con paredes rectas y fondo plano.
- Identifique las latas que están en el cuarto más bajo y escriba el volumen o (profundidad) de estas latas en la tercera columna de la gráfica.
- Sume cada columna al final de la gráfica.
- Divida la suma de cada columna por el número de latas para calcular el promedio de todas las latas y del cuarto más bajo.
- DU_{LQ} : Divida el volumen promedio del cuarto más bajo por el promedio de todas las latas. Redondeé la cifra a dos decimales.
- PR_{NET} : Use la fórmula correcta para determinar la precipitación neta, ya sea usando volumen en milímetros, pulgadas o centímetros. Redondeé la cifra a dos decimales.

Tipo de Lata de Acopio	Área de acopio de la Lata (pulgadas cuadradas)
Cal Poly / ITRC / DWR	16.25
Texas A & M System	16.61
Utah State University	12.94

Tipo de Lata de Acopio: _____

Área de Acopio de la Lata: _____ pulgadas/cuadradas

Tiempo que Tardó la Evaluación: _____ minutos

Cálculo de la DU_{LQ}

$$DU_{LQ} = \frac{\text{Volumen promedio del cuarto más bajo}}{\text{Volumen promedio de todas las latas}} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$$

PR_{NET} Cálculo usando volumen en mililitros (ml)

$$PR_{NET} = \frac{\text{Volumen promedio de todas las latas} \times 3.66}{\text{Tiempo que tardó la evaluación} \times \text{Área de acopio de la lata} \times 3.66} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$$

O

PR_{NET} Cálculo usando la profundidad en pulgadas

$$PR_{NET} = \frac{\text{Promedio de profundidad de todas las Latas} \times 60}{\text{Tiempo que tardó la evaluación} \times 60} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$$



Nombre de el/la Auditor(a): _____ Fecha: _____

Agua Requerida por la Planta (PWR)					
PWR	=	ET _o	x		
		PF			
	=	_____	x _____ = _____		
			pulgadas /semana		
Multiplicador del Tiempo que Tarda el Riego (RTM) - Lo usamos para ajustar el tiempo de riego y compensar las ineficiencias del sistema de riego					
RTM	=	$1 \div [0.4 + (0.6 \times DU_{LQ})]$			
	=	$1 \div [0.4 + (0.6 \times ______)]$			
			= _____		
Requerimiento de Agua para el Riego (IWR)					
IWR	=	PWR	x		
			RTM		
	=	_____	x _____ = _____		
			pulgadas /semana		
Requerimiento Semanal de Tiempo Mínimo y Máximo para el Riego (IRT_{MIN} and IRT_{MAX})					
IRT _{MIN}	=	$(PWR \div PR_{NET}) \times 60$			
	=	$(______ \div ______) \times 60$			
			= _____ min/ semana		
IRT _{MAX}	=	$(IWR \div PR_{NET}) \times 60$			
	=	$(______ \div ______) \times 60$			
			= _____ min/ semana		
Tiempo Diario que Tarda el Riego		Cantidad de Días A la Semana para Regar (Plantas Adultas)			
<ul style="list-style-type: none"> ● El IRT es una desición administrativa entre el IRT_{MIN} y el IRT_{MAX} semanal. ● La cantidad de días de riego es una desición administrativa. Use la tabla de la derecha como guía. 		ET_o Semanal	Frío 0 - 0.5 "	Tibio 0.6 - 1.0"	Caliente más de 1"
		Césped	1 - 2 days	2 - 3 days	3 - 7 days
		Anuales	2 - 3 days	3 - 5 days	4 - 7 days
		Arbustos	Every 2 weeks	Every week	2 - 4 days
		Árboles	None	Every 2 months	Every month
IRT Diario	=	$(IRT \text{ Semanal} \div \text{número de días de riego})$			
	=	$(______ \div ______)$			
				= _____ minutos	
Ciclos por Día - redondear al próximo número.					
Ciclos por Día	=	$(IRT \text{ Diario} \div \text{tiempo de riego})$			
	=	$(______ \div ______)$			
				= _____	
Tiempo de Riego por Ciclo - redondear al próximo minuto.					
Tiempo de Riego por Ciclo	=	$(IRT \text{ Diario} \div \text{Ciclos Diarios})$			
	=	$(______ \div ______)$			
				= _____	



FÓRMULAS PARA EL EXAMEN QWEL

<p>Conversiones</p> <p>1 pie = 12 pulgadas</p> <p>1 pie cúbico (CF) = 7.48 galones</p> <p>100 CF = 1 CCF = 748 galones</p>	<p>Geometría - Área</p> <p>Cuadrado o rectángulo = ancho x largo</p> <p>Triángulo = $\frac{1}{2}$ x base x altura</p> <p>Círculo = $3.14 \times \text{radio}^2$</p>
<p>Fórmulas para el Presupuesto de Agua</p> <p>Presupuesto de agua = $ET_o \times PF \times LA \times 0.62$</p> <p>Agua para el Riego = $[(ET_o \times PF) - EP] \times LA \div IE \times 0.62$</p>	
<p>Fórmulas para Saber la Tasa de Precipitación y la Uniformidad de Distribución</p> <p>PR_{GROSS} para rocío y goteo = $(96.3 \times GPM) \div HA$</p> <p>$PR_{GROSS}$ para tubería por goteo instalada en forma cuadrangular = $(231.1 \times GPH) \div (\text{Espaciado de las boquillas} \times \text{Espaciado de las filas})$</p> <p>$DU_{LQ}$ = Volumen promedio recolectado o profundidad del cuadrante más bajo \div Volumen promedio recolectado o profundidad de todas las latas</p> <p>PR_{NET} usando el volumen en ml = $(\text{Volumen promedio de todas las latas} \times 3.66) \div (\text{Tiempo que tardó el test} \times \text{Área de la garganta de la lata de acopio})$</p> <p>$PR_{NET}$ usando la profundidad en pulgadas = $(\text{Profundidad promedio de todas las latas de acopio} \times 60) \div \text{Tiempo que tardó el test}$</p>	
<p>Fórmulas para Determinar los Horarios de Riego</p>	
<p>$PWR = ET_o \times PF$</p> <p>$RTM = 1 \div [0.4 + (0.6 \times DU_{LQ})]$</p> <p>$IWR = PWR \times RTM$</p>	<p>$IRT_{MIN} = (PWR \div PR_{NET}) \times 60$</p> <p>$IRT_{MAX} = (IWR \div PR_{NET}) \times 60$</p>

