



Universidad Nacional del Sur

Tecnicatura Universitaria en Parques y Jardines

Propuesta ecológica para incrementar la capacidad de infiltración en veredas y disminuir el impacto ambiental ocasionado por la escorrentía



Docente tutor: Dra. Torres, Yanina A.

Docentes consejeros: Dr. Espósito, Martín E.
Dra. Armando, Lorena V.

Cristina Beatriz Monge

Bahía Blanca, junio 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mi tutora Yanina Torres que dedicó su tiempo a orientarme en la realización de este trabajo y en su corrección. También a mis consejeros, Martín Espósito y Lorena Armando por sus valiosas contribuciones.

A varios docentes que desinteresadamente me facilitaron información y estuvieron disponibles a mis preguntas como Horacio Miglierina, Andrea Brendel y Fernando López.

A Sandra Baioni por acompañarnos durante toda la carrera y estar pendiente de nuestras necesidades, tanto académicas como personales.

A mis amigas y compañeras de carrera, Verónica, Paula, Claudia, Ana y Stella, quienes me dieron apoyo y cariño en momentos difíciles, alentándome a seguir adelante y a no decaer. Gracias a trabajos prácticos, momentos de estudio, conocimientos y sentimientos compartidos, forjamos una hermosa amistad.

A Patricia y Fabiana que siempre me acompañaron en este recorrido y a todo el resto de mis compañeros.

A mis padres y mi amiga Carina que me ayudaron con el cuidado de mi hija menor, el cual fue fundamental para poder asistir a clase. A mi marido e hijas que me brindaron su apoyo incondicional y soportaron mis llegadas tarde a casa, la comida hecha a las apuradas, caminatas porque no podía ir a buscar a la escuela, mis nervios antes de rendir un examen y muchas cosas más. Sin sus renuncias y esfuerzo no hubiera podido cursar la carrera.

Gracias a todos, sin ustedes hubiera sido imposible.

RESUMEN

El rápido crecimiento urbano de las últimas décadas ha derivado en un aumento excesivo de las superficies impermeabilizadas sobre el suelo original, fenómeno que contribuye a interrumpir el ciclo natural del agua, hasta el punto que, en zonas de urbanización consolidada, el 90% de las precipitaciones puede transformarse en escorrentía superficial, incluso para precipitaciones de corta duración y baja intensidad. Este problema se ve incrementado por la modificación en los patrones pluviales, tanto en sus valores medios como extremos, asociados al cambio climático. La escorrentía superficial es el escurrimiento hídrico que se produce durante o inmediatamente finalizado el evento de precipitación, generándose un flujo laminar sobre la superficie que no es absorbido por el suelo mediante infiltración y se mueve a lo largo de una pendiente hasta descargar en un canal. El presente trabajo presenta una de las diversas formas de gestionar de manera eficiente y sostenible el agua de escorrentía urbana complementaria a los sistemas unitarios existentes en la ciudad de Bahía Blanca. El objetivo es no alterar de forma sustancial el ciclo hidrológico natural previo a la construcción de la urbe, a través de métodos sencillos como lo es el de maximizar o incrementar la superficie vegetada y permeable en las veredas de la ciudad. Para lograrlo se sugiere al propietario del inmueble distintos elementos como especies vegetales nativas de hábito rastrero, gravas y pisos drenantes. Gracias a la adopción de los mismos se practica una jardinería sustentable ya que se reducen al mínimo los gastos de mantenimiento, ahorrando recursos escasos como agua y energía. Esta forma de repensar y reconstruir el ciclo hidrológico a través de la naturalización del paisaje urbano contribuye, junto con otros muchos beneficios de innegable valor, a crear espacios saludables para sus habitantes y aumentar la calidad del entorno en su sentido más amplio.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	I
Resumen.....	II
1. Introducción.....	2
2. Objetivo General.....	3
2.1. Objetivos específicos.....	4
3. Desarrollo.....	4
3.1. Descripción del sitio.....	4
3.2. Normativa vigente.....	6
3.3. Antecedentes en la zona.....	8
3.4. Antecedentes en el mundo.....	9
3.5. Representación de las distintas opciones de vereda.....	13
3.6. Materiales a utilizar en la propuesta.....	17
3.7. Opciones ya implementadas en la ciudad.....	21
3.8. Especies de cubresuelos a utilizar en la propuesta.....	23
3.9. Otros materiales a utilizar.....	24
4. Conclusión.....	25
5. Bibliografía.....	26
6. Listado de viveros consultados.....	29
Anexo 1.....	30

1. INTRODUCCIÓN

“Así como hay caminos para los hombres y las bestias, también hay caminos para el agua. Unos para dirigirla donde se quiere; otros, para que no vaya donde no se desea que vaya.” Autor desconocido.

La escasez de agua es uno de los tantos problemas ocasionados por el hombre debido a la sobreexplotación de los recursos hídricos, agravado por los recurrentes períodos de sequía debido al cambio climático. El agua es la base de toda forma de vida y su disponibilidad está disminuyendo de manera constante. A medida que aumenta la población mundial, la demanda excede el abastecimiento. Dada la importancia que tiene este recurso, el hombre tiene la obligación de valorarlo y protegerlo para las generaciones futuras.

El espacio urbano es un claro ejemplo de la superposición del sistema natural y el humano. Este último, en su proceso de expansión, altera la dinámica del primero. Es así que las ciudades producen importantes modificaciones en el funcionamiento hidrológico. La principal característica de la urbanización es la impermeabilización del suelo a través de la pavimentación y de las construcciones, lo que lleva a una reducción de la infiltración y aumento de la escorrentía, situación que se agrava ante los eventos pluviométricos de mayor intensidad. La escorrentía superficial es el escurrimiento que se produce durante o inmediatamente finalizado el evento de precipitación en forma de flujo laminar sobre la superficie (Ponce, 1989). Horton (1933) describió el flujo como aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración, por ello le dio el nombre de “exceso de lluvia”. Consideró que la escorrentía superficial toma la forma de un flujo en láminas que se mueve a lo largo de una pendiente hasta descargar en un canal.

Si nos detuviésemos a pensar por un instante en esta idea de los recorridos del agua en la actualidad de la ciudad de Bahía Blanca, se hace difícil entender por qué el agua de lluvia se desperdicia.

Nos encontramos por tanto ante una situación urbana en la que aparentemente las cosas funcionan, pero nada más lejos de la realidad. En esta ignorancia y costumbres vive o vivimos la mayoría de los ciudadanos. El problema no reside en que no hayamos conseguido definir según la voluntad los recorridos del agua, sino que la comodidad de lo inmediato y la falta de visión nos han impedido entender que la ciudad,

a pesar de ser un artificio, puede respetar el ciclo del agua, así como otros ciclos naturales.

Por lo tanto, se hace necesario una manera diferente de planificar la infraestructura urbana, que incorpore en la medida de lo posible, la retención, acumulación e infiltración del agua de lluvia, ante el escenario de disminución de la precipitación y el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos que prevé el cambio climático y que la pondrán a prueba. Se debe pasar de la economía lineal (producir, usar, tirar), a la economía circular, que tiene una vertiente más ecológica, pues busca cómo asemejarse a los procesos de la naturaleza para obtener beneficios sin dañar el medio (Falappa *et al.*, 2019). Para ello, una de las estrategias a implementar debería incluir la restauración de la capacidad de infiltración natural en la ciudad, introduciendo soluciones basadas en la naturaleza y el cierre del ciclo hidrológico (Soto Fernández y Perales Momparler, 2017).

El enfoque para afrontar la gestión eficiente del agua pluvial se conoce como Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) e integra un amplio abanico de soluciones, que pueden utilizarse bien como alternativa a los sistemas de drenaje convencionales o en combinación con ellos (Perales-Momparler y Doménech, 2008). Este enfoque aún aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, siendo sus principales beneficios la mejora de la calidad del agua, la reducción del riesgo de inundación y el aprovechamiento del agua de lluvia urbana (incluyendo la recarga de acuíferos). Adicionalmente, la infraestructura verde proporciona otros beneficios como ser el aumento de la biodiversidad, un valor estético, la mejora de la calidad del aire, ahorros energéticos de transporte y tratamiento, captación de CO₂ atmosférico, adaptación al cambio climático (aumento de la resiliencia ambiental), reducción del efecto de isla de calor y de la contaminación acústica (CONAMA, 2018; Villalba *et al.*, 2019).

2. OBJETIVO GENERAL

Fomentar el incremento de superficie vegetada en las veredas, permitiendo así la infiltración del agua de lluvia en el suelo.

2.1. Objetivos específicos

- 1 - Fomentar la construcción de veredas de ancho mínimo.
- 2 - Fomentar la unión de los recintos del arbolado de alineación formando un único cantero o jardinera.
- 3 - Sugerir opciones de reemplazo de parte de la vereda de material por superficies naturales o menos aislantes, con énfasis en el empleo de especies vegetales nativas.

3. DESARROLLO

3.1. Descripción del sitio

La ciudad de Bahía Blanca se encuentra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y está situada a 5 km de la costa, siendo sus coordenadas 38° 44" latitud sur y 62° 16' longitud oeste (Fig. 1). Es cabecera del partido homónimo donde se encuentran las localidades de Cabildo, General Daniel Cerri e Ingeniero White. El área de este distrito es de 2.300 km² y de acuerdo al último censo poblacional realizado en 2010, cuenta con 301.572 habitantes (Municipalidad de Bahía Blanca: www.bahia.gov.ar/ciudad). Su condición geográfica y la disponibilidad de materias primas la convierten en asentamiento de importantes empresas agroindustriales y del sector petroquímico. Cuenta con un valioso puerto, el cual es considerado la principal estación marítima de aguas profundas del país debido a sus 45 pies de profundidad.

La ciudad se emplaza en la cuenca inferior del arroyo Napostá cuyo curso atraviesa el interior de la misma. Esta cuenca hidrográfica tiene sus nacientes en la vertiente suroccidental del Sistema de Ventania y abarca una superficie total de 1.237 km² y 105 km de extensión (Torrero, 2005). Existe un gradiente altitudinal de 70 m, aproximadamente, entre el norte de la ciudad, donde se ubican las mayores elevaciones (70-80 m), y el sector sur, cercano al área costera.

En su mayor parte, los tipos de suelo que se presentan pertenecen al orden de los Molisoles. Dentro de ellos, los Argiudoles y los Haplustoles son los predominantes, caracterizados por el desarrollo de texturas franca, franca limosa, franco arcillosa y franco arcillo limosa. En general se encuentran bien drenados, sin embargo, en determinados sectores elevados con presencia de tosca, el desarrollo de los suelos es

muy somero (< 25 cm). En la planicie y en espacios de poca pendiente, el desarrollo de los suelos se encuentra entre 25 - 50 cm (Torrero, 2005).

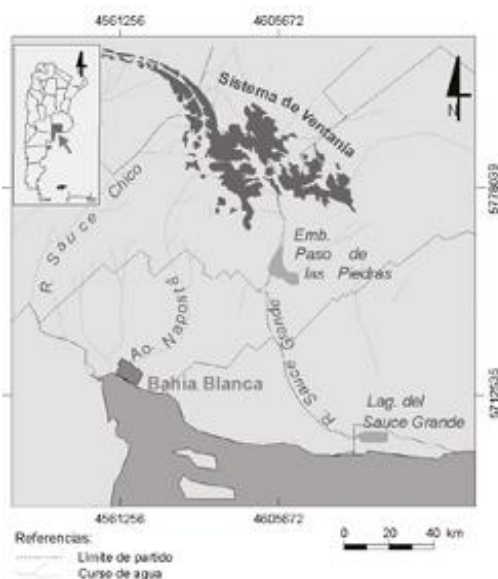


Figura 1. Ubicación geográfica de Bahía Blanca. Fuente: Zapperi P.

El clima es templado con una temperatura media anual de 15,6 °C, una mínima de 9,1 °C y una máxima de 22,1 °C. Los vientos predominantes son del cuadrante noroeste, siendo la velocidad media anual de 20,8 km/h (1960-2017). El verano es la estación más ventosa. Teniendo en cuenta la clasificación climática de Thornthwaite, el clima de Bahía Blanca lo podemos ubicar dentro del grupo Subhúmedo seco, con nulo o pequeño exceso de agua. Según la Clasificación climática de Köpen, Bahía Blanca quedaría comprendida dentro del tipo climático BS semiárido. La precipitación media anual de Bahía Blanca es de 617 mm (1961-2020). Las lluvias predominan en otoño (marzo; datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional).

El diseño del sistema de desagüe pluvial se estructura en función del arroyo Napostá y del canal Maldonado ya que toda el agua colectada de las calles a través de conductos, desemboca en alguno de ellos dos (Fig. 2). Las obras estuvieron a cargo de la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Buenos Aires y del gobierno local. En los últimos años se ha pavimentado un gran número de calles lo que implica una aceleración en la acumulación de agua superficial ocasionando que los desagües ya existentes pierdan efectividad. A esto se le suman desbordes en las redes y anegamientos en ciertas calles y barrios, al igual que un retraso en la actualización general del sistema (Zapperi, 2014).



Figura 2. Fotografías del Canal Maldonado (izquierda) y del Arroyo Napostá (derecha).

3.2. Normativa Vigente

El propietario de una vivienda debe registrarse por el Código de Edificación de la ciudad (Municipalidad de Bahía Blanca; www.bahia.gob.ar) si desea construir, ampliar, refaccionar o transformar lo construido. El mismo, a partir del inciso 2.3.3.0 detalla todo lo referente a la construcción de veredas.

Inciso 2.3.3.3. Material de las aceras:

a) En calles pavimentadas, la acera se construirá desde el cordón hasta la Línea Municipal y en todo el ancho del frente, salvo lo establecido en 2.3.3.7. El solado será de baldosas de mezcla de cemento comprimido que ofrezca superficies de suficiente adherencia.

b) En calles no pavimentadas el solado tendrá 1,00 metro de ancho y será de las baldosas especificadas en 2.3.3.3.a. En predios baldíos serán de 1,00 metro de ancho como mínimo y podrán ser ejecutados en hormigón de cascote fratasado o de baldosas.

Inciso 2.3.3.4. Aceras arboladas:

En las veredas que la Municipalidad determine, deben reservarse recintos destinados a la plantación de árboles. Dichos recintos serán de 0,60 x 0,60 metros y distarán entre sí 4,00 metros medidos desde los ejes de los árboles. La distancia entre el cordón de la acera y el borde del cantero será de 0,50 metros. Los bordes se protegerán con un cordón de 0,07 metros de espesor mínimo, revocados con una mezcla del color del mosaico. El cordón estará a nivel del solado.

La Ordenanza Municipal 15.523 de Arbolado Urbano y Espacios Verdes en el

artículo 13 aumenta el tamaño de los recintos. Este es modificado en dos oportunidades, primero por la ordenanza 16.859 y luego por la 19.852 artículo 6.

Ordenanza Municipal 19.852:

Artículo 6: Modifíquese el Artículo 13º, de la Ordenanza 15.523 (Texto vigente según la Ordenanza 16.859) el cual quedará redactado de la siguiente manera:

Artículo 13º: Todo propietario obligado por su condición de frentista a la construcción en la vereda deberá construir recintos cuando la parcela tenga un frente igual o superior a (7) siete metros, salvo en los casos en que la presencia de servicios subterráneos impida su materialización o se dificulte el tránsito peatonal. Dichos recintos deberán ajustarse a las siguientes especificaciones técnicas:

1. En aceras menores o iguales a 2 metros de ancho se podrán plantar especies de tercera magnitud (altura inferior a 10 metros). El tamaño del recinto ocupará una superficie rectangular de 0,72 m² (0,6 x 1,2). La distancia mínima recomendada entre árboles dispuestos en alineación será de 4 metros y la máxima de 5 metros.
2. En aceras comprendidas entre 2 a 3,5 metros de ancho las especies a implantar serán de segunda magnitud (altura entre 10 y 15 metros). El tamaño del recinto ocupará una superficie rectangular de 1,2 m² (1m x 1,2 m). La distancia mínima recomendada entre árboles dispuestos en alineación será de 6 m y la máxima de 8 m.
3. En aceras mayores o iguales a 3,5 metros de ancho, las especies a implantar serán de segunda y primera magnitud (altura superior a 15 metros). El tamaño del recinto ocupará una superficie rectangular de 1,8 m² (1,2 m x 1,5 "m). La distancia mínima recomendada entre árboles dispuestos "en alineación será de 8 m y máxima de 10 m.
4. Continuando la línea de arbolado existente, o en su defecto a 0,50 m del cordón cuneta tomados desde su línea interna y a nivel solado y guardando coherencia con el tamaño de parcelas y distancia a la plantación lindera.

Inciso 2.3.3.7. Aceras con solado de ancho reducido:

- a) En las aceras pavimentadas cuyas veredas tengan un ancho igual o mayor de

6 metros, el solado de baldosas ocupará toda la longitud del frente del predio con un ancho de 3,00 metros a partir de la Línea Municipal y de 0,40 metros contra el cordón del pavimento de la calzada.

b) Las exigencias establecidas en el artículo 2.3.3.3 del Código de la Edificación desde embaldosar desde el cordón hasta la Línea Municipal, será obligatoria en las Zonas R1 y Zonas Comerciales. En las demás zonas, tanto en predios edificados como en baldíos, en calles pavimentadas, podrá reducirse el ancho a dos (2) metros a partir de la Línea Municipal, debiéndose las ochavas embaldosar totalmente. El resto de la acera no pavimentada a nivel reglamentario, deberá ser reservada para espacio verde, caso contrario, se aplicará el Art. 2.3.3.1 del Código de Edificación.

c) Coincidente con las entradas, la acera pavimentada alcanzará al cordón del pavimento en un ancho no menor de 1,20 metros. Cuando la entrada sea para vehículos, el ancho del solado será por lo menos equivalente al ancho de la entrada.

d) En las esquinas, las aceras serán totalmente pavimentadas. Los listones serán perpendiculares a la Línea Municipal de esquina.

e) Los bordes de esta clase de acera deberán poseer un cordón de 0,07 metros de espesor, revocados del color de la acera.

f) La conservación en buen estado y la higiene de la parte de la acera no pavimentada corresponderá al Propietario frentista.

3.3. Antecedentes en la zona:

En la ciudad de Monte Hermoso, el municipio estableció en diciembre del 2020, que aquellos propietarios que no cuenten con un drenaje de agua de lluvia para favorecer el llenado de las napas subacuáticas, deben construir uno.

Los propietarios de inmuebles en el balneario de Monte Hermoso deberán construir pozos blancos o drenajes que permitan el escurrimiento del agua de lluvia dentro de su dominio a superficies naturales absorbentes, como pueden ser patios, reservorios o zanjas de drenaje.

La medida, aprobada por el Consejo Deliberante del balneario y que aún no se encuentra reglamentada, busca fortalecer el recurso acuífero local y su uso racional (La Nueva, 2020).

3.4. Antecedentes en el mundo:

España

El Instituto Municipal de Urbanismo (IMU) de Barcelona trabaja desde 2005 en la implementación de propuestas sostenibles en muchos de sus proyectos, especialmente en el fomento de la biodiversidad y el aprovechamiento de aguas pluviales.

Las calles de la ciudad presentaban gran dificultad en los días de lluvia. El principal desafío fue construir una alternativa sostenible a los sistemas de alcantarillado unitarios, evitando que las aguas de lluvia se mezclen con las aguas residuales. La opción más adecuada consistió en combinar y/o implementar zonas vegetadas inundables. Algunas obras llevan en funcionamiento más de 10 años con un resultado óptimo, pero con el transcurso del tiempo, se han introducido mejoras para conseguir el mínimo mantenimiento del sistema y la máxima captación y tratamiento de agua, con un costo energético nulo. Por otra parte, el paisaje urbano más naturalizado nos ofrece incontables ventajas (Construction21; Fig.3).



Figura 3: Propuesta de transformación urbana (Barcelona). Fuente: R. Soto Fernández.

Un ejemplo de ello son las obras de urbanización del Barrio de Bon Pastor donde se gestionan de manera eficiente y sostenible las aguas de escorrentía urbana complementarias a los sistemas unitarios existentes. El objetivo es no alterar el ciclo hidrológico natural previo a la construcción de la urbe, a través de métodos sencillos como, por ejemplo, maximizar o incrementar la superficie vegetada y permeable dentro de los nuevos terrenos a urbanizar y o remodelar (Soto Fernández y Perales Momparler, 2017).

Originalmente el barrio está constituido por antiguas casas económicas unifamiliares, que son derribadas para construir bloques de vivienda en altura, dejando así gran cantidad de metros cuadrados de suelo que se destinará a zonas verdes. Como punto de partida se entiende que las aguas pluviales no han de mezclarse con las aguas residuales (mientras sea factible), por lo tanto, es indispensable la reserva de terrenos permeables dentro de las zonas a urbanizar para garantizar un correcto drenaje urbano sostenible, de modo que la escorrentía generada pueda retomar su camino a través de sistemas pensados para que el ciclo natural del agua no se altere.

Dependiendo del tipo de espacio urbano, se han utilizado distintos tipos de SUDS. Los espacios calificados por el planeamiento como viales interiores de súper-manzana y zonas verdes, se han conformado como jardines inundables de 45 cm de desnivel con respecto a la rasante de la calle, en los que se incluyen unos pozos de infiltración de grava de aproximadamente 3 m de profundidad hasta llegar al estrato drenante; la superficie de acabado está formada por 20 cm de arena sobre un material geosintético que la separa de la capa de gravas inferior.

En la calle convencional con calzada y acera, se ha dispuesto una franja de biorretención en la limahoya de la calle a la que va a desaguar toda la escorrentía superficial, y que gracias a su forma cóncava permite la retención del agua en los momentos pico y la detención de contaminantes como hidrocarburos procedentes de calzada, que se degradarán a través de los procesos biológicos.

Otra técnica introducida es la de colocar pavimentos permeables en las alineaciones de arbolado de calle.



Figura 4: Barrio de Bon Pastor (Barcelona). Calles con franjas de biorretención en calzada. Fuente: R. Soto Fernández y R. Perales Momparler

Uno de los últimos proyectos ejecutados es el de renovación urbana en el Barrio Les Roquetes, que perfecciona las técnicas utilizadas en las obras anteriores (Bon Pastor, Can Cortada, parque de Joan Raventós, etc.; Fig. 4). En casos de lluvia torrencial fuerte, esta obra ha resuelto la captación del 100% de la escorrentía en una calle con una gran pendiente longitudinal del 12%. La técnica utilizada se basa en la ubicación de áreas de biorretención en el límite entre la calzada y la acera. Las primeras aguas se retienen en estas áreas vegetadas tratando y reteniendo los contaminantes. Cuando el caudal empieza a ser elevado, entran en un volumen sub-superficial formado por estructuras huecas de polietileno, permitiendo la infiltración en función de la capacidad de permeabilidad del terreno (Construction21).

Estados Unidos

La ciudad de Nueva York es un ejemplo indiscutible de éxito en la implantación de los SUDS, ya que ha puesto en marcha proyectos y programas relacionados con la infraestructura verde, convirtiéndose en líder mundial en esta disciplina (WWAP, 2018). En 2010 se publica el “*NYC Green Infrastructure Plan*” que define una estrategia basada en infraestructura verde con los objetivos de reducir el volumen de vertidos al medio, gestionar la lluvia en origen mediante SUDS y potenciar los beneficios añadidos para promover la sostenibilidad de la ciudad.

La ciudad de Philadelphia (Pensilvania) desarrolló el plan “*Green City, Clean Waters*” con la misión de que cada dólar invertido maximizara el beneficio retornado al ciudadano y al medio ambiente (CONAMA, 2018).



Figura 5: Ejemplo de infraestructura verde de New Jersey, EEUU. Fuente: Kandyce Perry.

En Portland (Oregón), en Trenton (New Jersey), en Seattle (Washington) y San Francisco (California), se diseñan y construyen calles verdes que captan el agua de lluvia evitando que la infraestructura "gris" la derive a otros sitios donde podría causar problemas (Fig. 5).

China

Este país propone la iniciativa de crear "ciudades esponja" para hacer frente a las inundaciones que padece habitualmente. El concepto busca absorber la lluvia y ralentizar la escorrentía superficial mediante la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza, como techos verdes, pavimentos permeables y biorremediación, junto con la restauración de humedales y ríos urbanos y periurbanos. Por medio de estas obras se busca mitigar los impactos negativos de la urbanización sobre los ecosistemas naturales.

Los jardines pluviales y los sistemas de biorretención se utilizan para recolectar el agua de escorrentía y eliminar ciertos contaminantes. Parte de esta agua se regresa al sistema natural y se almacena para garantizarse disponibilidad con fines de riego y limpieza durante los períodos de sequía (Xue, 2020).

Debido a que, en 2012, una gran tormenta ocasionara numerosas muertes en Pekín, el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano y Rural emitió un conjunto de pautas técnicas orientadas a asegurar que el 70% de la escorrentía superficial se capte en el lugar. Además, el gobierno central lanzó un programa piloto de 30 ciudades para probar el concepto, entre las cuales se encuentra la ciudad de Shenzhen. En el extremo noroeste de la misma, un suburbio relativamente nuevo llamado Guangming ha adoptado por completo el concepto de ciudad esponja. El parque Nueva Ciudad, recientemente terminado, incluye desde celosías que absorben agua en el estacionamiento hasta pavimento permeable en los senderos, paulares y mini-humedales artificiales diseñados para contener y absorber agua. El gran centro deportivo público contiguo tiene un techo verde y una gran extensión de ladrillos y pavimento permeables. Con estos últimos también están hechas las calles frente a la estación del tren de alta velocidad. Los tanques de digestión de la planta Guangming de tratamiento de aguas y la escuela de idiomas extranjeros están cubiertos con un techo verde muy extenso (Lincoln Institute of Land Policy, 2020).



Figura 6: Algunos elementos de la ciudad esponja en el nuevo suburbio Guangming son (de izquierda a derecha): un techo verde sobre la planta de tratamiento de aguas, canchales con plantas en una escuela y calles y estacionamientos permeables. Foto: Matt Jenkins.

Otros países

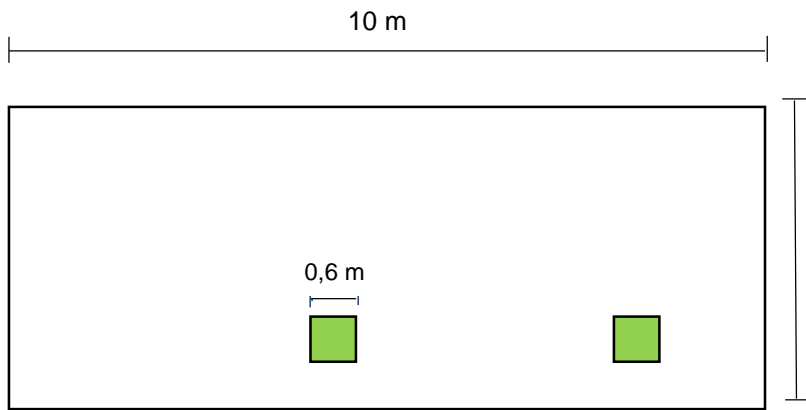
Otras grandes urbes que han apostado firmemente por la gestión de sus escorrentías mediante técnicas SUDS son Londres (Inglaterra), París (Francia) y Melbourne (Australia; CONAMA, 2018).

Motivación

En lo expuesto anteriormente, se han relatado las motivaciones ambientales y sociales para la implementación de SUDS. No siendo esto suficiente, algunos países como Reino Unido y Estados Unidos aplican incentivos económicos para fomentar la ejecución de los mismos. En el primer caso, la OFWAT (Regulador económico del sector del agua en Inglaterra y Gales; <https://www.ofwat.gov.uk/>) tiene establecido impuestos por superficie drenante, los cuales el cliente puede reducir incorporando SUDS en su propiedad. Algo similar sucede en San Francisco, en función del tipo de vivienda, se aplica una tasa de drenaje.

3.5. Representación de las distintas opciones de veredas en Bahía Blanca.

A efectos de ejemplificar la legislación vigente y la propuesta realizada se ha elegido una vereda de 10 m de largo por 4 m de ancho, que representa una de las medidas más comunes. A continuación, se presentan tres gráficos de los recintos destinados al arbolado de alineación (indicados en verde), respetando la normativa vigente en Bahía Blanca (Gráf.1 al 3) y dos propuestas de modificación (Gráf.4 y 5).



Esc.: 1:100

Gráfico 1. Vereda según el Código de Edificación.

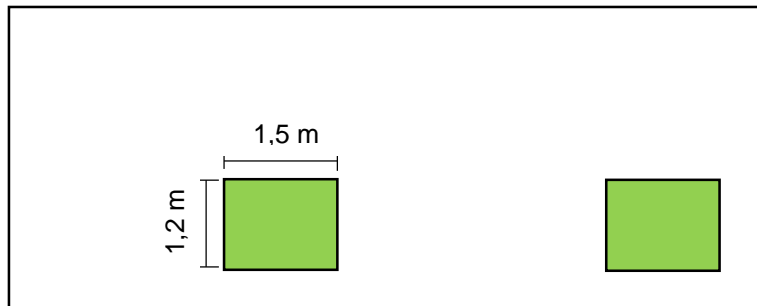


Gráfico 2. Vereda según Ordenanza Municipal N° 19.852.

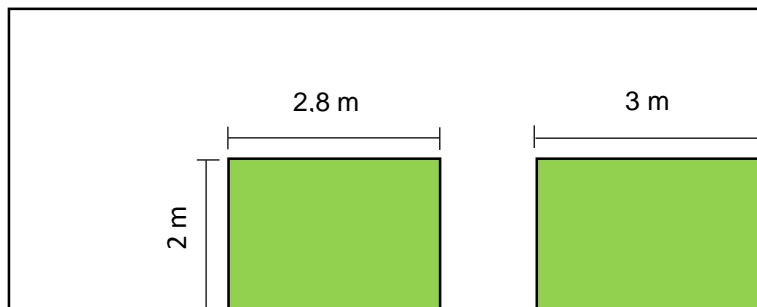


Gráfico 3. Vereda mínima según el Código de Edificación.

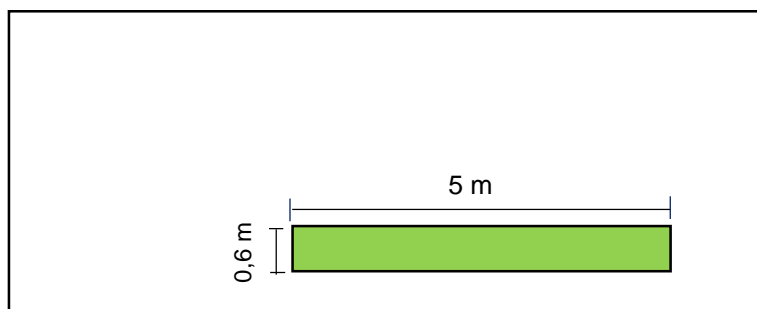


Gráfico 4. Propuesta de unión de los recintos de arbolado según el Código de Edificación.

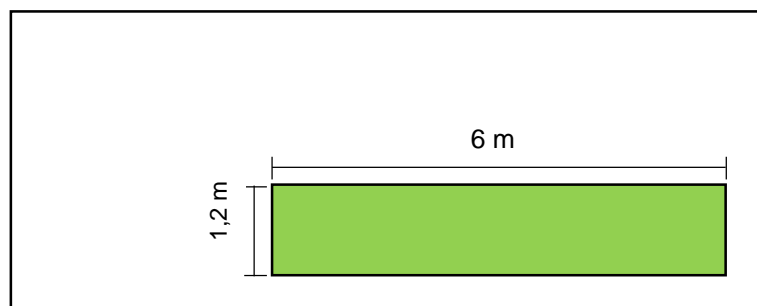


Gráfico 5. Propuesta de unión de los recintos de arbolado según Ordenanza Municipal N° 19.852.

En base a lo presentado se calcula, a continuación, la superficie no embaldosada resultante y la cantidad de agua que ingresaría en cada una asumiendo una precipitación de diseño equivalente a 30 mm en un tiempo de 24 horas.

Gráfico 1:

Superficie total de la vereda: $10 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$

Superficie de un recinto: $0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 0,36 \text{ m}^2$

Superficie de ambos recintos: $0,36 \times 2 = 0,72 \text{ m}^2$

30 mm de lluvia = 0,03 m

$0,72 \text{ m}^2 \times 0,03 \text{ m} = 0,0216 \text{ m}^3$

$1 \text{ m}^3 \text{ ————— } 1000 \text{ l}$

$0,0216 \text{ m}^3 \text{ ————— } x = 21,6 \text{ l}$

En los recintos del Gráfico 1 ingresarían 21,6 litros de agua de lluvia.

Gráfico 2:

Superficie total de la vereda: $10 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$

Superficie de un recinto: $1,5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 1,8 \text{ m}^2$

Superficie de ambos recintos: $1,8 \text{ m}^2 \times 2 = 3,6 \text{ m}^2$

30 mm de lluvia = 0,03 m.

$3,6 \text{ m}^2 \times 0,03 \text{ m} = 0,108 \text{ m}^3$

$1 \text{ m}^3 \text{ ————— } 1000 \text{ l}$

$0,108 \text{ m}^3 \text{ ----- } x = 108 \text{ l}$

En los recintos del Gráfico 2 ingresarían 108 litros de agua de lluvia.

Gráfico 3:

Superficie total de la vereda: $10\text{ m} \times 4\text{ m} = 40\text{ m}^2$

Superficie del 1^{er} recinto: $2\text{ m} \times 2,8\text{ m} = 5,6\text{ m}^2$

Superficie del 2^{do} recinto: $2\text{ m} \times 3\text{ m} = 6\text{ m}^2$

Superficie total de la vereda mínima: $5,6\text{ m}^2 + 6\text{ m}^2 = 11,6\text{ m}^2$

30 mm de lluvia = 0,03 m

$11,6\text{ m}^2 \times 0,03\text{ m} = 0,348\text{ m}^3$

1 m³ ----- 1000 l

0,348 m³ ----- x = 348 l

En los recintos de la vereda mínima ingresarían 348 litros de agua de lluvia.

Gráfico 4:

Superficie total de la vereda: $10\text{ m} \times 40\text{ m} = 40\text{ m}^2$

Superficie del cantero propuesto: $5\text{ m} \times 0,6\text{ m} = 3\text{ m}^2$

30 mm de lluvia = 0,03 m

$3\text{ m}^2 \times 0,03\text{ m} = 0,09\text{ m}^3$

1 m³ ----- 1000 l

0,09 m³ ----- x = 90 l

En el cantero propuesto en el Gráfico 4 ingresarían 90 litros de agua de lluvia.

Gráfico 5:

Superficie total de la vereda: $10\text{ m} \times 4\text{ m} = 40\text{ m}^2$

Superficie del cantero propuesto: $6\text{ m} \times 1,2\text{ m} = 7,2\text{ m}^2$

30 mm de lluvia = 0,03 m

$7,2 \text{ m}^2 \times 0,03 \text{ m} = 0,216 \text{ m}^3$

$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 1000 \text{ l}$

$0,216 \text{ m}^3 \text{ ----- } x = 216 \text{ l}$

En el cantero propuesto en el Gráfico 5 ingresarían 216 litros de agua de lluvia.

Con estos cálculos de diseño queda demostrado el elevado volumen de agua de lluvia que sería infiltrada, apaciguando de esta forma los perjuicios que ocasionarían los escurrimientos superficiales, si el propietario aceptara ser partícipe de las propuestas mencionadas. De lo expuesto se concluye que la opción más favorable es la de vereda mínima (Gráf.3).

3.6. Materiales a utilizar en la propuesta

Tanto la construcción de veredas de ancho mínimo, como la unión de los recintos de arbolado urbano formando un único cantero o jardinera, permiten una mayor infiltración de agua de lluvia en el suelo, evitando escurrimientos innecesarios. Las diferentes opciones que se le darán al propietario de la vivienda para que le resulte atractiva la propuesta, serán distintas especies de plantas y piedras que funcionen como cubresuelos. Se hará énfasis en el empleo de especies vegetales nativas. También se puede sugerir el uso de nuevos materiales de construcción llamados pisos drenantes o pisos de piedra que permanecen secos ante precipitaciones de diferente intensidad.

Cubresuelos

Se conoce como “jardinería sustentable” a la adopción de prácticas dirigidas a reducir al mínimo los gastos de mantenimiento de un jardín, haciendo un uso racional de los recursos (Escribá, 2011). Hay tareas diarias que consumen grandes cantidades de agua y energía, como por ejemplo, mantener prolija una carpeta cespitosa de baja altura y monoespecífica. Una alternativa sustentable para evitar el riego frecuente y su corte periódico es la utilización de cubresuelos.

En botánica, se denomina especie rastrera, tapizante o cubresuelo a toda planta que se extiende acompañando la conformación del suelo. Estas plantas tienen un mayor crecimiento en diámetro que en altura ya que generalmente se propagan por estolones,

cubriendo poco a poco toda el área donde se localizan. Crecen de forma muy compacta y una de sus funciones más valiosas es la de proteger el suelo de la desecación y pérdida por erosión. Sus raíces son fibrosas y densas y se fijan muy fuertemente al perfil por lo que cumplen una función biológica importante. Resultan prácticas para el control de malezas y pueden sustituir a las gramas, que requieren un enorme consumo de agua, sobre todo cuando hay deficiencias de luz solar (Benito, 2019).

Para elegir de forma adecuada una especie cubresuelo, se debe considerar su tolerancia al pisoteo, con mayor o menor intensidad de tránsito, característica tan importante como sus requisitos de luz, agua, nutrientes y capacidad de cobertura.

Pisos drenantes

Los pisos drenantes trabajan sobre el principio de unir mezclas adecuadas de piedra triturada con resinas poliméricas para producir una superficie fuerte, permeable al agua y al aire. Gracias a una mezcla adecuada de piedra seleccionada, la superficie tiene muchos huecos interconectados y, por lo tanto, un alto grado de porosidad. Esta estructura abierta, además de cumplir con el drenaje, reduce el porcentaje de absorción de calor, mejorando significativamente el microclima y resulta más estable que otros materiales para resistir los ciclos de congelación y descongelación (L&S Industrias).

Esta opción constituye una alternativa novedosa para minimizar el impacto del agua de lluvia, ya que permite que la misma percole hacia la freática. La composición del producto impide que las raíces de las plantas rompan el pavimento, lo que garantiza una mayor durabilidad del solado en parques y veredas.

La superficie drenante es recomendada en exteriores, para calles o estacionamientos ya que evita que el agua se acumule en la calzada, además de atenuar el riesgo de inundaciones. Su empleo en parques y jardines evita que el agua se almacene disminuyendo la formación de charcos y barro.

Para su instalación generalmente se utiliza como apoyo el terreno natural. Sobre éste se arma una base de piedra partida de diferentes granulometrías, ausente de componentes finos y compactada por medios mecánicos. Finalmente, la capa de terminación resulta de un espesor de entre 20 mm y 50 mm (según el uso previsto) y se conforma por áridos seleccionados. Esta mezcla se cohesionan con el aglomerante inerte que carece de partículas nocivas para el medio ambiente. Por debajo del sistema de pavimento drenante se puede instalar una barrera hidráulica para conducir el agua de

lluvia a un depósito de ralentización para retrasar su drenaje al sistema pluvial o puede ser recolectada para luego ser utilizada para riego o limpieza.

La utilización de diferentes tipos de piedras naturales proporciona variadas terminaciones; también existe la posibilidad de añadir pigmentos o colorantes para usarlo en todo tipo de diseños arquitectónicos (Fig. 7).

El margen para variar el tamaño del agregado y el espesor de la resina depende del peso que deba soportar el piso y del volumen de escurrimiento de agua requerido (L & S Industrias).

En Buenos Aires, ya se aplicó en plazas y parques, tales como Parque Centenario, Parque Lezama, Parque Patricios y Plaza Armenia. En localidades del Gran Buenos Aires, como San Isidro, Tigre, Vicente López y Escobar ya se colocaron más de 4.300 m² en veredas y bicisendas. En nuestra ciudad existe un solo comercio que los comercializa, aunque en el país hay diferentes fábricas que lo producen, como L&S Industrias y BASF, situadas en la provincia de Buenos Aires y br Construcciones en la ciudad de Santa Fe.



Figura 7. Variedad de pisos drenantes

Grava

En geología y en construcción, se denomina grava a las rocas formadas por clastos de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm. La mayor parte proceden de cantera. Puede ser producida por el hombre, obtenida mediante el aplastamiento de rocas más grandes, en cuyo caso suele denominarse piedra partida, o resultado de procesos naturales, llamadas piedras pulidas, originadas por la acción del agua y el viento.

Las gravas no solo se emplean como material de construcción. Entre sus usos más habituales está la decoración de jardines, que adquieren mayor naturalidad con la presencia de estos materiales. Para las empresas de paisajismo es esencial la

utilización de grava en sus proyectos, ya que gracias a ellas crean espacios sorprendentes. La piedra partida y la pulida tienen distintas funciones dentro del diseño. La primera es mejor utilizarla en las zonas de paso frecuente porque resulta más cómodo caminar sobre ella. En cambio, la segunda, al ser más redondeada dificulta el tránsito, por lo cual, se utiliza como elemento decorativo. Ambas tienen cada vez más aceptación debido a las múltiples ventajas que poseen:

- Son atractivas y armonizan muy bien con las plantas.
- Son más baratas que otros elementos como el césped y requieren de menos mantenimiento que éste.
- Son muy fáciles de instalar y se ajustan a contornos irregulares.
- Benefician a las plantas preservando la humedad propia de la tierra.
- Gracias a la variedad de colores (gris, blanco, rojo, marrón, negro, etc.) y tamaños se pueden crear distintos diseños.
- Permite hacer un uso responsable y sostenible de los recursos, a diferencia del césped, por ejemplo, que requiere mucha agua.
- Protegen la tierra de los cambios bruscos de temperatura. Son un perfecto aislante natural, preservando la temperatura del terreno a pesar del calor del verano o el frío gélido del invierno (Mundo jardinería, 2017).

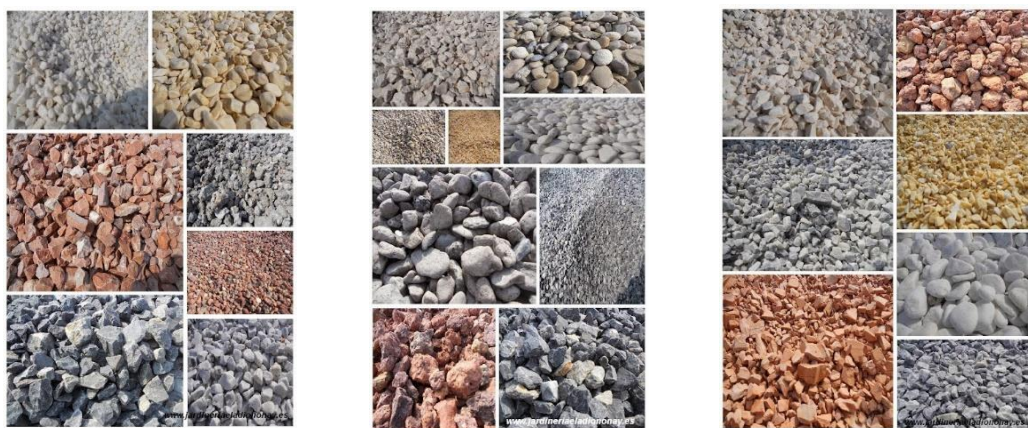


Figura 8. Ejemplos de grava con diferente coloración y gravimetría.

La instalación de grava en un jardín es muy sencilla, pero se deben seguir ciertos pasos para que sea efectiva. Primero se debe preparar el terreno. Las baldosas de la vereda marcarán el nivel máximo hasta dónde se debe colocar la grava y van a obligar a rebajar el nivel del terreno quitando tierra. El grosor o capa de grava que se debe colocar va a depender del tamaño de la misma. Como regla general, se aconseja una capa de entre 5 y 10 cm. Luego se debe compactar lo mejor posible la tierra con un

pisón. Por último, para controlar el crecimiento de malezas se debe colocar encima de la tierra y debajo de la grava una malla antihierbas o geotextil. No se debe utilizar plástico porque el agua no drenará, encharcándose y evitando que el terreno se airee.

Este material se vende por m³ o por kilo, aunque también se puede encontrar en sacos por litros (1000 litros = 1 m³).

Para calcular la cantidad de grava a utilizar en m³, se multiplican los m² del área que se quiere cubrir por los cm de grosor de capa que se quiere aportar. Por ejemplo, si se tiene un área de 10 x 10 m (100 m²) y se quiere colocar una capa de 7 cm, hacen falta 7 m³ (100 m² x 0,07 m = 7 m³), o su equivalente en litros 7.000.

Se puede comprar también en unos sacos blancos muy grandes llamados “Big Bag”, que se manipulan con ayuda de una grúa dado su volumen y peso. Estos sacos tienen sólo una capacidad de 0,75 m³ o 0,8 m³ a lo sumo si están muy llenos (<http://www.gravasargentinas.com.ar>). Si se desea comprar la grava por kilos o toneladas, se emplea una tabla orientativa para su cálculo (Tabla 1), aunque también existen calculadoras virtuales (<http://www.piedrasjardin.es/calculadora>). El tipo de grava a comprar va a depender del gusto personal del propietario de la vivienda.

Tabla 1. Relación entre la granulometría y el rendimiento de la grava en función de la superficie a cubrir.

	Granulometría (mm)				
	3/12	12/20	20/40	40/60	60/90
Superficie (m ²)	Cantidad (kg)				
10	510	850	1190	1700	2550
20	1020	1700	2380	3400	5100
50	2550	4250	5950	8500	12750
100	5100	8500	11900	17000	25500

3.7. Opciones ya implementadas en la ciudad

Recorriendo la ciudad se observa que algunos propietarios de las viviendas, han colocado plantas junto a los árboles en los recintos de la vereda destinados a los mismos. Entre ellas encontramos bulbines (*Bulbine caulescens*), dimorfotecas (*Dimorphoteca spp.*), tradescantias (*Tradescantia pallida*), portulacas (*Portulaca spp.*), malvones (*Pelargonium hortorum*), gazanias (*Gazania rigens*), caléndulas (*Calendula*

officinalis), aloe vera (*Aloe barbadensis*), lirios (*Iris germanica*), agapantos (*Agapanthus africanus*), taco de reina (*Tropaeolum majus*), oreja de conejo (*Stachys lanata*), por mencionar algunos ejemplos. Todas ellas son plantas exóticas que se encuentran bien adaptadas a la zona. Como ejemplos de especies nativas, es posible encontrar estrellita (*Ipheion uniflorum*), vinagrillo rosado (*Oxalis articulata*), macachín amarillo (*Oxalis conorrhiza*) y lantana rastrera (*Lantana montevidensis*).



Figura 9. Ejemplos de recintos con vegetación acompañante. Izquierda: lantana rastrera (Castelli al 2200) y derecha: aloe vera (Charlone al 300)

En las veredas que contienen canteros más grandes se registraron lavandas (*Lavandula dentata*), cola de zorro (*Pennisetum villosum*) y otras poáceas combinadas con césped (Fig. 10). Este último es protagonista en la mayoría de las aceras de ancho mínimo (Fig. 11). También se ha observado, pero en menor porcentaje, la colocación de grava (Fig.12).



Figura 10. Izquierda: recinto con césped y lavandas (Maldonado al 100); derecha: recinto con Poáceas (Undiano al 800).



Figura 11. Alvarado al 2200.



Figura 12. Ejemplos de recintos cubiertos con grava (izquierda: Zapiola al 2100 y derecha 12 de Octubre al 300).

Aprovechando que las especies nombradas anteriormente están adaptadas a las condiciones climáticas de nuestra ciudad, se pueden combinar alguna de ellas, con la especie de cubresuelo elegida, utilizándolas como borduras.

3.8. Especies de cubresuelos a utilizar en la propuesta

Como ya se mencionó, se propone la utilización de especies nativas o autóctonas para su uso como cubresuelos. Una especie autóctona es aquella que ha evolucionado en un área dada o que ha llegado por medios naturales, sin la intervención humana accidental o intencional, desde un área donde es nativa; crece espontáneamente en estado silvestre, sin la ayuda del hombre y está evolutivamente adaptada al ecosistema donde se halla. Presenta un centro de origen y un área de dispersión, que abarca una o varias provincias fitogeográficas (Sanhueza *et al.*, 2016).

El cultivo de especies nativas contribuye a reducir los riesgos de pérdida de diversidad biológica. Estas plantas están adaptadas al clima local, lo que las convierte

en especies que requieren cuidados mínimos. En zonas semiáridas, como la nuestra, no es necesario regarlas frecuentemente, lo que permite un ahorro importante de agua, aunque es fundamental en el momento de la plantación y los primeros meses posteriores. El suelo no precisa un aporte de nutrientes o preparación previa del terreno, ya que las plantas de cada lugar evolucionaron con la estructura y química de éste. No es imprescindible usar pesticidas, porque la fauna asociada actuaría como un controlador biológico. Aves, mamíferos, mariposas y otros insectos atractivos aparecerán una vez establecidas las plantas y ayudarán a la polinización y dispersión de las semillas (Sanhueza *et al.*, 2016).

Por todo lo dicho anteriormente es que se eligió este tipo de plantas para la propuesta. Como cubresuelos tenemos diferentes opciones: *Acmella decumbens* (nim nim), *Adesmia incana* (adesmia), *Dichondra sericea* (oreja de ratón), *Glandularia platensis* (verbena blanca), *Glandularia tenera* (verbena violeta), *Heliotropium curassavicum* (cola de gama), como arbusto bajo rastrero *Lantana montevidensis* (lantana rastrera), *Modiolastrum gilliesii* (malva rastrera), *Oxalis conorrhiza* (vinagrillo), *Phyla nodiflora* (bella alfombra) y *Portulaca gilliesii* (flor de seda). Las fichas descriptivas con las principales características y lugares de comercialización de estas especies se presentan en el Anexo 1, en orden alfabético. Se propone además una opción de especie exótica ampliamente difundida y muy bien adaptada al clima de la ciudad denominada *Drosanthemum floribundum* (manto de la virgen). La información resumida para cada especie fue obtenida de Sanhueza *et al.*, 2016; Burgueño y Nardini, C, 2019; Cané, 2018 y Flora Bonaerense y las fotos del Instituto de Botánica Darwinion.

Algunas de estas especies requieren consideraciones especiales, como por ejemplo *Portulaca gilliesii*, que sólo podrá utilizarse en la zona céntrica ya que sufre las heladas invernales perdiendo momentáneamente su follaje. Además, debido a su baja tolerancia al pisoteo, debe colocarse en canteros, al igual que *Glandularia platensis*, *Glandularia tenera*, *Oxalis conorrhiza*, *Acmella decumbens* y *Drosanthemum floribundum*. Las opciones a considerar en sitios con alto tránsito son *Phyla nodiflora*, *Dichondra sericea*, *Heliotropium curassavicum*, *Adesmia incana*, y *Modiolastrum gilliesii*.

3.9. Otros materiales a utilizar

Los pisos drenantes se podrían utilizar en reemplazo de las baldosas aumentando así la superficie de agua a infiltrar ya que estos posibilitan un 90% de permeabilidad, por lo que, sumado al área verde, se aprovecharía casi toda la superficie

de la vereda. Tomando el ejemplo de la vereda mínima (Gráfico 3): si a los 40 m² de superficie total, les restamos 11,6 m² de superficie de los recintos, obtenemos 28,4 m² de superficie de piso drenante.

$$30 \text{ mm} = 0,03 \text{ m}$$

$$28,4 \text{ m}^2 \times 0,03 \text{ m} = 0,852 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 1000 \text{ l}$$

$$0,852 \text{ m}^3 \text{ ----- } x = 852 \text{ l}$$

$$100\% \text{ ----- } 852 \text{ l}$$

$$90\% \text{ ----- } 766,8 \text{ l.}$$

En la superficie cubierta por el piso drenante estarían ingresando 766,8 litros de agua de lluvia. Considerando la totalidad de la vereda (40 m²), tenemos que, con una precipitación de 30 mm registrada en 24 horas es posible absorber 1.144,8 litros de agua:

$$766,8 \text{ litros (piso drenante)} + 348 \text{ litros (canteros)} = 1.114,8 \text{ litros.}$$

La grava solo se utilizaría en lugar de las plantas. Como se ha visto en las fotos anteriores. Es una opción adecuada para las personas que desean despreocuparse del tema ya que no requiere mantenimiento alguno.

4. CONCLUSIÓN

Este trabajo constituye un claro ejemplo que demuestra que “hay otros caminos posibles para el agua” de lluvia además de la escorrentía superficial. La elección de opciones cobertoras que favorecen la infiltración del agua de lluvia constituye al mismo tiempo una solución local y adaptada al entorno, pero que puede extrapolarse a cualquier zona urbanizada, en función de la climatología y las especies disponibles, resultando aptas para cualquier superficie. Es necesario comprender la enorme importancia y el valor indiscutible del recurso hídrico en las ciudades y empezar a considerar al agua de lluvia, no como un agente atmosférico negativo, sino como un

elemento indispensable que, bien aprovechado, contribuye a mejorar la calidad de vida en las grandes urbes.

5. BIBLIOGRAFÍA

Benito, G. 2019. Cubresuelos para bajar el costo de un jardín. Revista Economía y Viveros N° 124.

Boletín Oficial. Ordenanza N° 19.852. 2019. Sistema de Boletines Oficiales Municipales (SIBOM). Bahía Blanca, Buenos Aires.

Boletín Oficial. Ordenanza N° 15.523. 2010. Arbolado Urbano y Espacios Verdes.

Burgueño, G, Nardini, C. 2019. Plantas nativas rioplatenses para el diseño de espacios verdes. Parte 2. Introducción al paisaje natural. 1ª ed.ampliada. Orientación Gráfica Editora, CABA, Argentina, p.142,154 y 174.

Cané, L, 2018. Plantas Nativas. Las especies y su cultivo. 1ra edición. El Jardín en la Argentina S.A., Vicente López, Argentina, p.160, 170 y 178.

CONAMA, Congreso Nacional de Medio Ambiente. 2018. Madrid, España, 25 pp. www.CONAMA2018.org (consultada en mayo 2021).

Construction21. La red social para los edificios y las ciudades sostenibles. 2021. Regeneración urbana en el barrio Les Roquetes, Barcelona, España. <https://www.construction21.org/espana/articles/h/regeneracion-urbana-en-el-barrio-les-roquetes-barcelona.html> (consultada en mayo 2021).

Escribá, MG. 2011. Jardín orgánico. Una guía esencial para crear un jardín natural con técnicas ecológicas. Albatros, Buenos Aires, Argentina, 112 pp.

Falappa, MB, Lamy, M, Vázquez, M. 2019. De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI. Análisis realizado en la sociedad mendocina. Trabajo de la carrera de Contador Público Nacional y Perito Partido, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Cuyo, 44 pp.

Flora Bonaerense. <https://florabonaerense.blogspot.com> (Consultada en agosto, 2021).

Gravas argentinas. <http://www.gravasargentinas.com.ar> (Consultada en abril 2022).

Horton, R. 1933. The role of the infiltration in the hydrological cycle. Transactions, American Geophysical Union. En: Chow, V., Maidment, D. y Mays, L., 1999. Hidrología aplicada. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Editorial McGraw-Hill, 584 pp.

INDEC. 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Argentina.

Instituto de Botánica Darwinion. <http://www.darwin.edu.ar/> (Consultada en agosto, 2021).

Jenkins, M. 2020. Ciudad esponja: Shenzhen explora los beneficios de proyectar con la naturaleza. Land Lines Magazine, Lincoln Institute of Land Policy, 9-19 pp.

La Nueva. 2020. Archivo Diario La Nueva Provincia, Bahía Blanca. <https://www.lanueva.com/nota/2020-12-14-16-33-0-nueva-exigencia-para-los-propietarios-de-monte-hermoso> (Consultada en mayo 2021).

L&S Industrias. https://www.lsindustrias.com.ar/superficies_drenantes.html (consultada en octubre 2021).

Lincoln Institute of Land Policy. 2020. Ciudad esponja. <https://www.lincolninst.edu/publications/articles/ciudad-esponja> (Consultada en abril 2022).

Mundo Jardinería. 2017. Gravas decorativas: tipos y usos. Artículos para profesionales. <https://www.mundojardineria.com/articulos/gravas-decorativas-tipos-y-usos>.

Municipio de Bahía Blanca. La ciudad. <https://www.bahia.gob.ar/ciudad>.

Municipio de Bahía Blanca. Secretaría de Infraestructura. Código de edificación. <https://www.bahia.gob.ar/infraestructura/normativa/codigo-de-edificacion/>

OFWAT. <https://www.ofwat.gov.uk/> (Consultada en agosto, 2021).

Ponce, V. M. 1989. Engineering Hydrology: Principles and Practices. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall College Division, 640 pp.

Perales-Momparler, S, Doménech, IA. 2008. Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia. IX Simposio de Hidrología Elche, Alicante, España, 15 pp.

Sanhueza, C, Germain, P, Zapperi, G, Cuevas, Y, Damiani, M, Piovan, MJ, Tizón, R y Loydi, A. 2016. Plantas Nativas de Bahía Blanca y sus alrededores. Descubriendo su historia, belleza y magia. 2^{da} ed. Tellus, Bahía Blanca, Argentina, p. 27, 62, 82, 170 y 172.

Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.smn.gob.ar/> (Consultada en agosto, 2021).

Soto Fernández, R. Perales Momparler, S. 2017. El camino del agua en el paisaje urbano, barrio de Bon Pastor, Barcelona. En Línea Temática M. V Jornadas de Ingeniería del Agua. A Coruña, España, 9 pp.

Torrero, M. 2005. Análisis temporal de la variabilidad hidroclimática y su relación con las actividades antrópicas en el ambiente fluvial del arroyo Napostá Grande. Tesis de Licenciatura en Geografía, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 62 pp.

Villalba, GA, Curto, FA, Malegni, NJ, Linfante, AF. 2019. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible como herramienta para resolver problemas de inundaciones urbanas. Experiencias en Costa Esmeralda. Aqua-LAC 11(2): 39-49.

WWAP. Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos. ONU-Agua. 2018. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París, Francia, UNESCO, 168 pp.

Xue, Zeyu. 2020. Sistemas de drenaje urbano sostenible. Universidad de Alcalá, 44 pp.

Zapperi, P. 2014. Caracterización del escurrimiento urbano en Bahía Blanca. Revista Universitaria de Geografía 23:125-150.

6. LISTADO DE VIVEROS CONSULTADOS

Vivero Cultivos Bahía Blanca, Florida 4500, Bahía Blanca, Buenos Aires.

Vivero Enraizando Nativas, Gral. José María Paz 1001, Monte Grande, Buenos Aires.

<https://enraizando.mitiendanube.com>

Vivero Los Sauces, Rincón 3422, Bahía Blanca, Buenos Aires.

Vivero Mano Verde, Henry Kloosterman 585, Bahía Blanca, Buenos Aires.

Vivero Nativas de origen. <https://www.nativasdeorigen.com.ar/>

Vivero Verellén, Ruta Nacional 226, km 162,5, Tandil, Buenos Aires.

ANEXO I

Fichas descriptivas con las principales características y lugares de comercialización de las especies propuestas

Acmella decumbens (nim nim, ñil ñil)



Familia: Asteráceas.

Distribución: Buenos Aires, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, La Pampa, Misiones, Santa Fe.

Altura: 15-20 cm y 30-50 cm de diámetro.

Hábito: hierba perenne, con tallos erectos o decumbentes, radicales en los nudos.

Follaje: ramificada desde la base, sus hojas son simples, lanceoladas, enteras, de color verde vivo.

Flores/Inflorescencias: capítulos solitarios en el extremo de los escapos. Flores amarillo intenso.

Fruto: cipselas comprimidas, con pelos en los bordes, papus formado por 2-3 aristas.

Propagación: semillas y división de matas.

Fenología: florece octubre-diciembre. Fructifica noviembre-enero.

Preferencias: sol pleno, tolera heladas. Crece mejor en suelos sueltos y drenados, aunque se adapta a distintos tipos de suelo.

Atractivo: su vistosa floración. Apto para macetas.

Relaciones con la fauna: de sus frutos se alimentan aves.

Donde adquirirla: Vivero Enraizando Nativas, Vivero Verellén y Vivero Nativas de Origen.

Adesmia incana (adesmia, babosa de mar)



Familia: Fabáceas.

Distribución: Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Misiones, Salta, San Luis.

Altura: hasta 20 cm.

Hábito: hierba perenne, rastrera, radicante. Largos tallos estoloníferos. Porte postrado o postrado-ascendente.

Follaje: hojas glaucas, pinnadas, con folíolos oblongos, finamente pubescentes. Al tacto parece tener baba, ayuda a la no deshidratación.

Flores/Inflorescencias: flores vistosas, zigomorfas, amarillas, sin perfume, agrupadas en el extremo de los tallos.

Fruto: lomento, con 2 o varios artículos.

Propagación: por semillas.

Fenología: florece en primavera-verano.

Preferencias: suelos arenosos, secos, rocosos. Sol pleno. Resiste sequías más o menos prolongadas.

Atractivo: su floración y el color de su follaje.

Donde adquirirla: Vivero Verellén.

Dichondra sericea (oreja de ratón, orejita de gato)



Familia: Convolvuláceas.

Distribución: en todo el país menos en las provincias de Jujuy, Salta, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

Altura: hasta 5 cm.

Hábito: hierba perenne, estolonífera con tallos tendidos, rastreros y radicales, pilosos.

Follaje: hojas alternas de 2 cm de diámetro, forma acorazonada, ápice redondeado, base cordada, color verde vivo o glauco según la variedad. Seríceo pubescentes.

Flores/Inflorescencias: flores solitarias, axilares, péndulas, color blanco amarillento, muy pequeñas.

Fruto: pequeña cápsula pilosa color gris platinado.

Propagación: por semillas y mediante sus estolones.

Fenología: florece en P/V. Fructifica luego de la floración.

Preferencias: suelos fértiles, preferentemente húmedos y sombríos. Se adapta a suelos pobres, tolera heladas y vientos.

Atractivo: su follaje perenne. Excelente cubresuelo para lugares sombríos, genera un tapiz uniforme.

Donde adquirirla: Vivero Enraizando Nativas y Vivero Verellén.

Drosanthemum floribundum (manto de la virgen)



Familia: Aizoáceas.

Origen: Sudáfrica.

Altura: 10 a 20 cm.

Hábito: planta crasa perenne, postrada, de crecimiento rastrero o colgante.

Follaje: hojas pequeñas, carnosas, cilíndricas, cubiertas de papilas brillantes, de tonalidad verde lustroso cuando esta hidratada y glauco con ápices rojizos en periodos con calor y déficit de agua. Tallos largos muy ramificados de 30 a 100 cm de longitud. Crecimiento vigoroso.

Flores/Inflorescencias: flores solitarias, terminales, al final de cada ramilla, bisexuales, con sépalos, lo que parece los "pétalos", en realidad, son estaminodios petaloideos, estambres modificados, de tonalidad rosada-purpura, muy numerosos. La flor se abre por el día y cierra por la noche, floración diurna.

Frutos: fruto tipo capsula de color rojiza.

Propagación: mediante esquejes a principios de otoño.

Fenología: florece a finales de primavera-verano.

Preferencias: exposición a pleno sol pero puede crecer a semisombra. Tolera suelos secos, áridos y pobres pero prefiere los sueltos con buen drenaje. Resiste heladas suaves hasta - 5° C.

Atractivo: su espectacular floración.

Donde adquirirla: está disponible en todos los viveros de la ciudad.

Glandularia platensis (verbena blanca, te de burro blanco)



Familia: Verbenáceas.

Distribución: Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Rio Negro, Salta y San Juan.

Altura: 30-40 cm.

Hábito: hierba perenne, postrada.

Follaje: hojas enteras, sésiles, ovadas de margen crenado. Color verde grisáceo.

Flores/Inflorescencias: flores aromáticas, blancas y rosadas al envejecer, Se disponen en espigas terminales cortas, densas, multifloras de raquis alargado.

Fruto: pequeño, seco, se divide en 4 mericarpos con una semilla cada uno.

Propagación: por semillas, esquejes o naturalmente por acodos terrestres.

Fenología: florece y fructifica en primavera-verano.

Preferencias: se adapta a gran cantidad de ambientes, incluso los más restrictivos.

Atractivo: su hermosa y extensa floración.

Donde adquirirla: Vivero Cultivos Bahía Blanca y en Vivero Nativas de Origen.

Glandularia tenera (verbenita del campo, verbena violeta)



Familia: Verbenácea.

Distribución: Buenos Aires, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, La Pampa, Misiones, Santiago del Estero, Santa Fe y San Luis.

Altura: hasta 20 cm.

Hábito: hierba perenne rastrera, radicante en los nudos.

Follaje: hojas pinatífidas, laciniadas, de bordes revolutos, color verde opaco o grisáceo.

Flores/Inflorescencias: flores gamopétalas, zigomorfas, color violeta pálido o intenso. Inflorescencias capituliformes durante la floración, que se alargan en la fructificación.

Fruto: esquizocárpico, poco vistoso.

Propagación: por semillas y esquejes.

Fenología: florece durante la primavera y parte del verano.

Preferencias: prolifera en suelos despejados, a orillas de caminos o terrenos modificados. Suelos secos, a menudo rocosos. Pleno sol.

Atractivo: floración muy vistosa.

Donde adquirirla: Vivero Cultivos Bahía Blanca.

Heliotropium curassavicum (cola de gama, cola de zorro)



Familia: Boragináceas.

Distribución: Buenos Aires, Chaco, Chubut, Córdoba, Corrientes, Formosa, La Rioja, Río Negro, Salta, Santiago del Estero, San Luis.

Altura: hasta 20 cm.

Hábito: hierba perenne, sus tallos son apoyantes pero el ápice se yergue para mostrar las flores. Porte procumbente.

Follaje: hojas pequeñas, algo carnosas, glabras, oblanceoladas–espatuladas, sin nervaduras bien marcadas.

Flores/Inflorescencias: Inflorescencias cimosas, terminales o laterales, solitarias o geminadas. Corola infundibuliforme blanca o lilácea con la garganta amarilla, con tonalidades variadas en la misma inflorescencia dependiendo de la maduración.

Fruto: cápsula que se separa a la madurez en 4 partes, cada una con una semilla.

Propagación: por esquejes y semillas.

Fenología: florece en verano.

Preferencias: suelos salinos y arenosos.

Atractivo: sus flores con forma de escorpión. Las partes aéreas se emplean en medicina tradicional como remedio para disminuir el nivel de colesterol en la sangre.

Donde adquirirla: Vivero Cultivos Bahía Blanca.

Lantana montevidensis (lantana rastrera o lantana tendida)



Familia: Verbenáceas.

Distribución: Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, La Rioja, Misiones, Santa Fe y San Luis.

Altura: hasta 40 cm.

Porte: arbusto perenne bajo, rastrero, con ramas procumbentes.

Hojas: opuestas de color verde oscuro, anchamente ovadas a subróbicas, de margen ovado-crenado, cara superior rugosa con pelos cortos y rígidos, cara inferior pubescente.

Corteza: tallos velludos.

Flores/Inflorescencias: Flores violáceas, con el centro amarillo y blanco, reunidas en cabezuelas axilares densas.

Fruto: drupa esférica, carnosa, de color azul negruzco.

Propagación: por semillas y esquejes en primavera.

Fenología: florece de primavera a otoño.

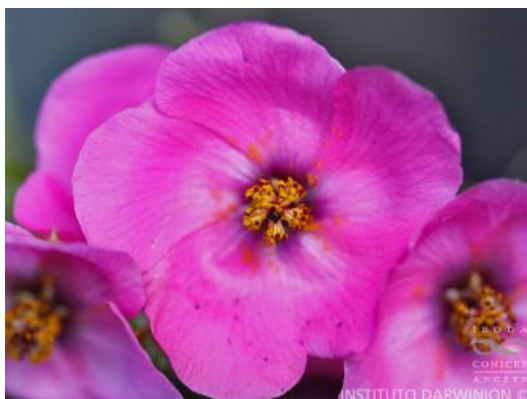
Preferencias: pleno sol o media sombra. No le gusta el frío, soporta heladas hasta – 3 grados centígrados. Crece en todo tipo de suelos, pero prefiere fértiles y con buen drenaje. Resiste bastante bien la sequía.

Atractivo: su floración abundante.

Relaciones con la fauna: atrae gran cantidad de mariposas.

Donde adquirirla: Vivero Cultivos Bahía Blanca, Vivero Mano Verde y Vivero Los Sauces.

Modiolastrum gilliesii (malva rastrera, malvavisco)



Familia: Malváceas.

Distribución: Buenos Aires, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, La Pampa, Mendoza, Santiago del Estero, Santa Fe.

Altura: 4 a 5 cm.

Hábito: hierba perenne rastrera, con tallos radicales en los nudos, y raíces tuberosas.

Follaje: hojas alternas, largamente pecioladas, de lámina foliar palmatinervada, profundamente 5-partida. Ambas caras cubiertas de pelos estrellados gruesos.

Flores/Inflorescencias: flores solitarias, axilares, de color rojo-violáceo, muy vistosas.

Fruto: fruto esquizocárpico compuesto por mericarpos castaños. Semillas reniformes, morenas.

Propagación: por semillas, raíces tuberosas.

Fenología: florece en primavera-verano.

Preferencias: suelos pobres, pedregosos. Sol pleno.

Atractivo: sus flores abundantes de color rojo-violáceo y su porte tapizante de suelo.

Donde adquirirla: Vivero Nativas de Origen y Vivero Enraizando Nativas.

Oxalis conorrhiza (vinagrillo, macachín amarillo)



Familia: Oxalidáceas.

Distribución: Jujuy, Salta, Chaco, Formosa, Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba, San Juan, Mendoza, San Luis, Tucumán, Catamarca, La Rioja, Santiago del Estero y La Pampa.

Altura: hasta 20 cm y 30 cm de diámetro.

Hábito: hierba perenne, acaule, rastrera, radicante en los nudos.

Follaje: hojas trifolioladas, alternas y brevemente pecioladas. Folíolos obcordados, color verde claro.

Flores/Inflorescencias: flores pequeñas, con sépalos oblongos, obtusos o agudos, pétalos 2-3 veces el largo de los sépalos, amarillos. Cimas unifloras que sobrepasan el follaje.

Fruto: capsulas cilíndricas, pubescentes, de color castaño y de 1 cm de longitud. Semillas transversalmente rugosas.

Propagación: semillas y por división de matas y rizomas.

Fenología: florece en primavera, verano y otoño.

Preferencias: prefiere suelos sueltos y ricos en materia orgánica. Tolera sequía. Sol pleno.

Atractivo: sus pequeñas flores amarillas que se destacan sobre el follaje. Apto para macetas.

Relaciones con la fauna: las semillas son alimento de aves granívoras.

Phyla nodiflora (hierba del mosquito, bella alfombra)



Familia: Verbenáceas.

Distribución: se encuentra en todo el país menos en las provincias de Misiones, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

Altura: 7-10 cm.

Hábito: hierba perenne, rastrera o postrada, cubresuelos, algo suculenta. Tallos radicantes en los nudos.

Follaje: hojas persistentes, pequeñas, simples, obovadas o espatuladas, con dientes en el tercio superior. Durante el invierno se tornan rojizas. En inviernos fríos se comporta como semicaducifolia.

Flores/Inflorescencias: flores blancas o rosado blanquecinas en inflorescencias globosas que sobresalen de la mata.

Fruto: fruto pequeño, seco, envuelto por el cáliz.

Propagación: por semillas, esquejes y división de matas.

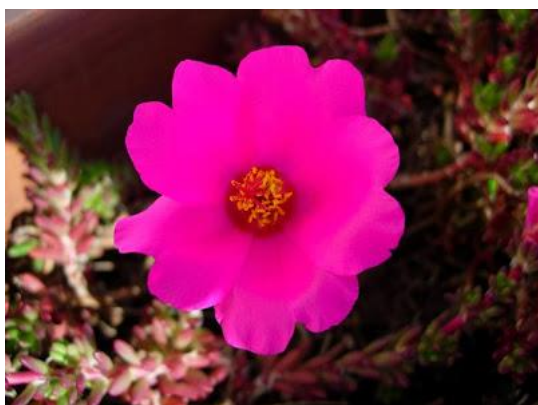
Fenología: floración en primavera, verano y parte del otoño.

Preferencias: suelos medianamente húmedos, bien drenados, neutros. Se adapta a suelos arcillosos, pero no inundados. Media sombra o sol pleno. Resiste heladas.

Atractivo: follaje denso y floración abundante buena parte del año. Se utiliza como cubresuelos. Apta para pisoteo.

Donde adquirirla: Vivero Cultivos Bahía Blanca.

Portulaca gilliesii (flor de seda)



Familia: Portulacáceas.

Distribución: Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Salta, Santa Fe, San Luis, Tucumán.

Altura: hasta 15 cm y de diámetro cubre varios metros cuadrados.

Hábito: hierba perenne rastrera.

Follaje: hojas alternas, carnosas con pelos axilares lanosos. Color verde mediano, algo rojizo, muy claro al brotar. Ramas con rámulos que actúan de modo de propágulos.

Flores/Inflorescencias: inflorescencias de pocas unidades, color rosado púrpura intenso, erguidas.

Fruto: cápsula de 4-6,5 mm, con opérculo hemisférico, de dehiscencia más abajo de la mitad.

Propagación: semillas, gajos o hijuelos axilares.

Fenología: florecen fines de verano y otoño. Fructifica en otoño.

Preferencias: pleno sol, riego solo al plantarse o períodos muy secos. Sufre las heladas, con ellas desaparece su cuerpo aéreo. Se adapta a cualquier suelo pero crece mejor en los drenados.

Atractivo: el color de las flores y su abundancia, el fácil cultivo y su rápido crecimiento.

Relaciones con la fauna: sus flores son polinizadas por insectos.

Donde adquirirla: Vivero Cultivos Bahía Blanca.