

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA.**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.**



Tesina de Grado para optar por el título de Biólogo

**Diversidad de la vegetación espontánea asociada a superficies sólidas: una comparación entre distintas condiciones de urbanización.**

**Tesista: Romero, Jorge Nicolás**

Firma:.....

**Directora: Calviño, Ana**

Firma:.....

**Codirector: Chiarini, Franco**

Firma:.....

**IMBIV: Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC).**

**Fecha:**



## ***Agradecimientos***

*Me gustaría agradecer a la Universidad Nacional de Córdoba por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria con tanto valor para los tiempos que hoy corren. Me gustaría agradecer a mi directora, Ana Calviño, por ser mi guía durante todo el proceso y porque me acompañó con mucha paciencia, apoyo, calidez y me brindó infinitos consejos que me van a acompañar en el futuro. Me gustaría agradecer también a mi codirector, Franco Chiarini, por sus consejos, correcciones y por ayudarme con su ojo experto a identificar cientos de ejemplares que sin su talento y profesionalismo hubiese llevado mucho más esfuerzo realizarlo. Agradezco al laboratorio de interacciones ecológicas y conservación del IMBIV y a todos sus miembros por brindarme, cada vez que lo necesité, un espacio de trabajo cómodo y cálido para trabajar y sentirme acompañado.*

*Agradezco a mi familia por ser quienes me apoyaron durante todo este proceso, a mi mamá y a mi papá por ser el ejemplo de trabajo, esfuerzo y amor que toda persona necesita. A mis hermanas, Susana, Sofía y Lara por ser tan especiales, por brindarme ese espacio de contención y confort que me ayudó a disfrutar mis tiempos libres. A mi compañera Flor, por quererme con tanto amor, por cuidarme y por ser esa hermosa persona que me brinda todo el afecto y apoyo necesario para poder potenciar mis virtudes y explorarme en mis defectos. A Fran, Oscar y Claudia, por cobijarme y hacerme parte de su familia.*

*A mis amigos, compañeros y conocidos que me cruce en algún momento de mi paso por la universidad, estoy seguro que de alguna u otra manera aportaron de una forma positiva para poder llegar a este momento. A Elias, Emi, Fabri, Fao, Mateo, Mati y Santi, por ser quienes me acompañaron a disfrutar y festejar cada éxito, tanto mío como suyos.*

*Finalmente quisiera agradecer a mi abuela, la Titi, que seguramente desde algún lugar me está viendo orgullosa de mis logros.*

## **Índice**

Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Métodos.....	11
Resultados.....	15
Discusión.....	21
Conclusiones.....	25
Bibliografía.....	26
Material suplementario.....	31

**Palabras claves:** biodiversidad - Córdoba - flora urbana - vegetación nativa

## **Resumen**

Las superficies sólidas que dominan los paisajes urbanos, como veredas, cordones cunetas y márgenes de edificaciones, constituyen un hábitat singular para la vegetación espontánea. La mayoría de los estudios que documentan el efecto de la urbanización sobre la vegetación espontánea se concentra en grandes ciudades, no habiendo antecedentes del efecto de la condición de urbanización (i.e, ciudad vs pueblo) sobre la vegetación en este tipo de hábitat. En este trabajo se comparó los efectos que tienen distintas condiciones de urbanización sobre la riqueza, abundancia y composición de la vegetación espontánea de superficies sólidas de tres localidades del centro de Argentina que difieren en la densidad poblacional, Córdoba, Jesús María y Villa del Totoral, y se caracterizó a las especies por su origen. En la ciudad de Córdoba, la riqueza y la abundancia fue menor que en las otras dos localidades, mientras que el porcentaje de especies y plantas nativas resultó menor en Villa del Totoral, la localidad de menor densidad poblacional. La composición de especies a su vez, difirió entre las tres condiciones. Estos resultados se asociarían a diferencias ecológicas intrínsecas entre localidades para este tipo de hábitat, como por ejemplo, la dinámica de sucesión ecológica que se presume más acelerada en los pueblos. El predominio de especies exóticas en la condición de menor densidad poblacional, se explicaría por diferencias históricas. Rasgos propios de las especies que dominan este tipo de hábitat, pueden ayudar a futuro a comprender la dinámica de la vegetación espontánea que coloniza superficies sólidas en ambientes urbanos.

## **Abstract**

The hard surfaces that dominate urban landscapes, like sidewalks, kerb and gutter and building margins, constitute a singular habitat for spontaneous vegetation. Despite existing diverse studies that document the effect of urbanization on spontaneous vegetation, most of them are concentrated on big cities, there being no background of the urban environmental conditions effects (i.e city vs town) on spontaneous vegetation in this kind of habitat. This work compared the effects of diverse urbanization conditions over the richness and abundance of hard surface spontaneous vegetation in three locations of central Argentina and characterized the species for its origin. In Cordoba city, the higher population density location, the richness and abundance were lower than the other two localities, while the percentage of species and native plants was lower in Villa del Totoral, the lower population density location. The differences in richness and abundance parameters found would associate to the intrinsic ecological differences between cities and towns for this type of habitat, for example the dynamics of ecological succession. The prevalence of exotic species in the lowest population density location, on the other hand, allude to reasons of a historical nature. The traits of the species that dominate this kind of habitat, in the future, can help to comprehend the dynamics of the spontaneous vegetation that colonizes hard surfaces in urban environments.

## Introducción

La urbanización es un proceso complejo y dinámico que se desarrolla en múltiples escalas de espacio y tiempo (Grimm et al., 2008) y que se define por un aumento acelerado de la densidad poblacional humana y el uso del suelo (Seto et al., 2013). Históricamente, las ciudades han sido y siguen siendo compactas, es decir, tienen poblaciones concentradas en espacios muy reducidos (Seto et al., 2013). Esto trae consigo un aumento en la abundancia de edificios y superficies impermeables en las ciudades teniendo un efecto profundo en la hidrología al disminuir la infiltración de agua, aumentar la escorrentía y compactar el suelo (Tredici, 2010). Sumado a esto, la conversión de superficies con vegetación en superficies sólidas (como el pavimento de calles, las veredas y otras impermeabilizaciones del suelo) modifica el intercambio de calor, agua, gases y aerosoles entre la superficie terrestre y la atmósfera suprayacente (Crutzen, 2004). Esto conduce al "efecto isla de calor urbano", caracterizado por temperaturas elevadas durante el día y la noche en áreas urbanas y aquellas cercanas a estas (Seto et al., 2013). Producto de la fragmentación y reemplazo del hábitat original por diversos tipos de infraestructuras, el proceso de la urbanización impacta directamente sobre la biodiversidad. Si bien a escala regional los sitios más urbanizados del planeta coinciden con los más biodiversos, dentro de las ciudades el patrón es diferente (Alberti, 2008). Una revisión metanalítica relativamente reciente que resume los efectos de la urbanización sobre la biodiversidad en ciudades de todo el mundo, encontró que cuanto más marcado es el grado de urbanización de una ciudad, menor es la riqueza de especies dentro de la misma, siendo este efecto mayor en aves, seguido por insectos y plantas (Beninde et al., 2015). Este trabajo no considera, sin embargo, las posibles diferencias que pudieren ocurrir entre ciudades debidas, por ejemplo, al tamaño (i.e., extensión) o la densidad de sus habitantes.

En relación a los efectos de la urbanización sobre la riqueza y diversidad de plantas en particular, los patrones encontrados dependen mucho del grupo en cuestión. Producto de las múltiples decisiones estéticas, de manejo y diseño de espacios verdes urbanos, la riqueza de plantas ornamentales cultivadas en las ciudades suele superar a la de sitios menos urbanizados (Ignatieva y Arhné, 2013; Niemela et al., 2009; Hall y Balogh, 2019). Diferente es la situación en relación a la vegetación espontánea presente en las ciudades, cuya riqueza se ha visto

vinculada positivamente con la diversidad de hábitats (Forman, 2019). Esta diversidad de hábitats en la ciudad se da por la presencia de áreas con particularidades topográficas, expuestas a distintos niveles de luz, con distintos grados de porosidad y sujeta a distintas actividades humanas relacionadas al uso de la tierra (Forman, 2019). La abundancia de plantas espontáneas, por su parte, se asocia a la frecuencia e intensidad de distintos disturbios comunes en las ciudades, como pueden ser el pisoteo, la compactación y contaminación del suelo y el corte frecuente de césped, entre otros (Niemelä et al., 2011). Sumado a esto, las ciudades ubicadas próximas a áreas naturales, lotes abandonados o con bajo mantenimiento, son propensas a poseer una mayor biodiversidad (Forman, 2019). Una comparación frecuente entre la vegetación de la ciudad se relaciona con el origen de la misma, diferenciando a especies nativas y no nativas. Algunos parámetros como la antigüedad de la ciudad, las fuentes de propágulos ya sean naturales (grandes áreas con vegetación circundante) o artificiales (aeropuertos, ferrocarriles, viveros, jardines botánicos, etc) y el aporte por medio de la actividad de los habitantes de las ciudades con respecto a la distribución y propagación de las especies vegetales van a determinar la abundancia y riqueza de las especies nativas y no nativas (Forman, 2019).

Un grupo particular de vegetación urbana lo constituyen las especies de plantas espontáneas que ocupan superficies sólidas o duras (ó *hard-surface vegetation* en inglés). Si bien casi todos los elementos urbanos construidos se caracterizan generalmente por superficies sólidas e impermeables que tienen efectos considerables sobre el suelo y las propiedades hidrológicas (Bonthoux et al., 2019), dejando excluidas a muchas especies de plantas, otras especies tienen la capacidad de adaptarse y prosperar en ellas (Lowe et al., 2018). Estos espacios considerados por algunos autores como “nuevos hábitats” (Lundholm y Richardson, 2010; Forman, 2019), son ocupados por vegetación espontánea, una mezcla cosmopolita de especies que crece y se reproduce sin cuidado o intención humana (Tredici, 2010).

El estudio del impacto de la urbanización sobre la vegetación en general y sobre la riqueza y abundancia de plantas espontáneas en particular, es relevante desde la planificación y el diseño de ciudades más biodiversas y amigables con distintas formas de vida. Al evaluar los efectos de la urbanización sobre la diversidad de plantas, dominan dos perspectivas: aquellos estudios que analizan cambios en la vegetación en relación a un gradiente



urbano-rural o urbano-natural y los que realizan un análisis comparativo entre ciudades o entre condiciones de mayor o menor grado de urbanización (Niemelä et al., 2009). Recientemente ha cobrado mayor interés la ecología comparada entre ciudades y pueblos, definidos básicamente en relación a la densidad poblacional (e.g., Forman, 2019). La distinción entre ciudades y pueblos se basa en la gran mayoría de los casos en datos de cantidad de habitantes, pudiendo en los casos en los que se dispone de información más precisa, incluir además la distribución de esos habitantes en función de las diferencias en densidad poblacional dentro del núcleo urbano (e.g., Chen et al., 2022 para localidades de la Comunidad Europea). Mientras las ciudades congregan desde cientos de miles hasta varios millones de habitantes, los pueblos típicamente tienen entre 20.000 y 30.000 habitantes y algunos más pequeños, como pueblos medianos y pequeños, pueden tener menos cantidad de habitantes (Niemelä et al., 2009; Forman, 2019). Sin embargo, las diferencias entre ciudades y pueblos van más allá de la concentración humana. En primer lugar, los pueblos en su mayoría están inmersos en una matriz agrícola la que integra además parches de vegetación natural e incluso bosques y hace que el borde de los pueblos sea más poroso y heterogéneo que el que caracteriza a las grandes ciudades (Forman, 2019). Esta condición, repercute además en la vegetación espontánea de los pueblos, la que se espera contemple mayor proporción de especies nativas que una ciudad, aspecto que ha sido observado en algunos estudios (revisado en Forman, 2019).

¿Qué podemos esperar de la riqueza y abundancia de la vegetación espontánea de superficies sólidas en una ciudad y un pueblo? Es interesante el hecho de que la vegetación que coloniza estas superficies tendría rasgos particulares que le permiten establecerse y sobrevivir en esas condiciones. Podemos pensar al respecto que si el filtro ambiental impuesto por estas condiciones de altas temperaturas, gran exposición al disturbio y suelos poco profundos es muy intenso, la riqueza y abundancia de vegetación de superficies sólidas puede ser similar entre una ciudad y un pueblo. Esto inclusive considerando el hecho de que el efecto “isla de calor” es menos pronunciado en los pueblos que en las ciudades (Forman, 2019). Distinto puede ser respecto a la composición y el origen, ya que como señalamos, la vegetación de un pueblo podría albergar mayor proporción de especies nativas y elementos de la matriz circundante diferente a los que rodea a una ciudad (Forman, 2019). Por otra parte, se ha señalado que la sucesión ecológica que ocurre en los pueblos difiere considerablemente tanto de la que ocurre en las ciudades, como de la que ocurre en tierras de cultivo y sitios más

naturales, pudiendo ser más acelerada la sucesión que experimentan la vegetación espontánea de un pueblo al de una ciudad (Forman, 2019). Esta situación podría estar asociada al menos a dos factores: la mayor abundancia de lotes vacantes (i.e., “terrenos baldíos”) en los pueblos que en las ciudades y el aporte de nitrógeno que ocurre en los primeros por su proximidades a campos de cultivo (Forman, 2019).

Considerando estos elementos en su conjunto, los pueblos no son simplemente ciudades más pequeñas. Por el contrario, los pueblos representarían una condición de urbanización diferente al de las ciudades, en la cual el paisaje circundante tiene mayor influencia en la flora espontánea urbana ya sea desde el punto de vista de provisión de propágulos como desde las condiciones microclimáticas que genera hacia dentro de la urbanización. Bajo este escenario, nos propusimos comparar la riqueza, abundancia y composición de la vegetación espontánea que crece en superficies sólidas, en particular aquella que está asociada a las veredas, espacio delimitado entre la línea de edificación y la línea de la calle, de tres condiciones de urbanización en la provincia de Córdoba. Las condiciones de urbanización a comparar se seleccionaron siguiendo el criterio definido por Niemelä et al. (2009) y Forman (2019) en función de diferencias en la densidad poblacional y la matriz circundante al núcleo urbano y que en este estudio están representadas por la ciudad de Córdoba, como la de mayor densidad poblacional seguido por los pueblos de Jesús María y Villa del Totoral.

En base a lo mencionado anteriormente nos planteamos responder las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cómo cambia la riqueza, abundancia y composición de la vegetación espontánea asociada a superficies sólidas entre distintas condiciones de urbanización como las que se distinguen entre ciudades y pueblos?
- 2) ¿Cómo cambia la diversidad entre distintas condiciones de urbanización?
- 3) ¿Qué porcentaje de vegetación de superficies sólidas es nativa en cada condición de urbanización?

Esperamos que las condiciones de urbanización que imperan en ciudades y pueblos produzca parámetros similares de riqueza y abundancia en la vegetación de superficies sólidas entre ciudades y pueblos de una misma región. Sin embargo, esperamos que la composición de las comunidades vegetales de las veredas difiera entre condiciones de urbanización, y que esta

diferencia se refleje en la importancia del factor origen, según el cual aumentaría la proporción de especies nativas en pueblos en relación a ciudades. Dependiendo de la representatividad (i.e., equitatividad) de las especies registradas, los valores de diversidad podrán también diferir entre condiciones de urbanización.

## Métodos

### *Área de estudio*

Siguiendo los lineamientos de Niemelä (2009) y Forman (2019) se definieron tres condiciones de urbanización, que corresponden a tres localidades de la provincia de Córdoba: la Ciudad de Córdoba, Jesús María y Villa del Totoral. Estas localidades se diferencian entre sí por distintos parámetros como densidad poblacional, extensión, antigüedad, paisaje circundante, entre otros, que se detallan a continuación. Cabe aclarar que, a diferencia de otras clasificaciones de centros urbanos que consideran además de la densidad poblacional el patrón de distribución de sus habitantes (e.g., Chen et al., 2022), en el caso de nuestro país nos basamos en una delimitación basada sólo en el número total de habitantes por carecer de información más precisa.

Ciudad de Córdoba: Es la capital de la Provincia de Córdoba y está ubicada en el centro de la misma. Pertenece al departamento Capital y fue fundada el 6 de julio del año 1573 por Jerónimo Luis de Cabrera. Según el censo nacional 2022 su población es de 1.565.112 habitantes en una superficie de 573,2 km<sup>2</sup> con una densidad poblacional de 2.319,6 habitantes/km<sup>2</sup> (<https://www.censo.gob.ar>). En cuanto al paisaje circundante la ciudad presenta grandes bordes de vegetación por fuera de la Avenida Circunvalación que rodea a casi toda la ciudad, por dentro de esta el paisaje se observa mayormente cubierto por cemento salvo por algunos parches grandes de vegetación como el Parque Sarmiento o el Parque de la Vida. Otro sitio con gran porcentaje de cobertura vegetal es el río Suquía que atraviesa la ciudad de Oeste a Este.

Jesús María: Esta ciudad es cabecera del departamento Colón y está ubicada hacia el norte de la provincia de Córdoba, a 50 km de la capital provincial. Por medio del censo de 2022 se estimó que tiene una población de 303.120 habitantes en un área de 98,9 km<sup>2</sup>, con una densidad poblacional de 322,2 habitantes/km<sup>2</sup> (<https://www.censo.gob.ar>). Si bien la fecha de fundación data del siglo XIX (28 de septiembre de 1873), día en el que se elevó al Ministerio de Instrucción Pública de la Nación los planos y notas presentadas por Pío León para la aprobación del asentamiento urbano (jesusmaria.gov.ar 2023), la ocupación real del lugar fue cercana a la fundación de la ciudad de Córdoba por su ubicación en el camino real, puerta de

entrada de las tropas colonizadoras en el siglo XVI (Calvimonte y Moyano Aliaga, 1996). En cuanto a la vegetación circundante, si bien esta ciudad presenta una gran extensión urbanística, está inmersa en una matriz de cultivos y zonas con gran densidad de vegetación no agrícola como la Reserva Natural Parque del Oeste y otras áreas no protegidas. La ribera del Río Guanusacate, fuente potencial de propágulos, atraviesa por el costado Oeste y marca el límite Norte de la ciudad. Además de esto, la ciudad está atravesada por la ruta nacional número 9 Norte que es fuertemente transitada para el transporte de granos y otro tipo de insumos ya que conectan la región Norte con el centro de la provincia.

Villa del Totoral: Esta ciudad, cabecera del departamento Totoral, está situada a 84 km al Norte de la Ciudad de Córdoba y a 24 km de la Ciudad de Jesús María. Datos del censo de 2022 postulan que tiene una población de 22.680 habitantes, en una superficie de 13.5 km<sup>2</sup> con una densidad poblacional de 625.1 habitantes por km<sup>2</sup> (<https://www.censo.gob.ar>). La ciudad de Villa del Totoral, al igual que Jesús María, está rodeada por una matriz de cultivos con algunas zonas con una mayor densidad de vegetación no agrícola como las áreas cercanas al río Totoral que la atraviesa y también está influenciada por la ruta nacional número 9. De manera similar a Jesús María, la fecha de fundación de Totoral (6 de agosto de 1860) (<https://munitotal.gob.ar>, 2023) no representa la ocupación real del territorio que se acrecentó notablemente en tiempos de la conquista, a fines del siglo XVI unos años antes de la fundación de Córdoba según Calvimonte y Moyano Aliaga (1996).



Figura 1: Condiciones de urbanización seleccionadas en la provincia de Córdoba, Argentina: ciudad de Córdoba, Jesús María y Villa del Totoral.

### *Muestreo*

El muestreo se realizó durante los meses de febrero y marzo de 2021, luego del periodo de lluvias estivales para posibilitar el mayor número de especies establecidas y con estructuras reproductivas. En cada una de las tres localidades se definieron dos sectores, divididos por una línea imaginaria que separa la parte más antigua de la ciudad (centro) de los bordes (periferia). En cada sector (centro y periferia) se muestrearon cuatro puntos (Norte, Sur, Este y Oeste) es decir ocho sitios de muestreos en total por localidad (2 sectores x 4 puntos cardinales= 8 sitios; Figura 1). En cada uno de los ocho sitios se realizaron, a su vez, tres repeticiones, que definieron el total de puntos muestreados (N=24 puntos de muestreo por localidad; N=72 puntos en total). Cada punto de muestreo correspondió a una cuadra de 100m de longitud,

dentro en la cual, a fin de sistematizar la variabilidad inherente a los hábitats de las veredas, se relevaron cuatro hábitats: la línea de edificación, la vereda, el cordón cuneta y la cazuela (Figura S1 y S2). Cada hábitat se muestreó realizando una transecta de 3 metros lineales x 30 cm de ancho y se contabilizó e identificó cada una de las especies vegetales presentes dentro de la transecta. La selección de hábitats se hizo a los fines de reducir el error que introducen los múltiples elementos de la infraestructura urbana y hacer más comparable el set de datos entre tres localidades, pero *a priori* no hay hipótesis respecto al posible efecto del hábitat y no fué considerado en los análisis. Para la identificación de ejemplares inmaduros se utilizaron las bases de datos de malezas que contemplan gran parte de la vegetación herbácea espontánea que es posible encontrar en ambientes antropizados y los vouchers de los ejemplares colectados fueron depositados en el herbario CORD. La nomenclatura y el status de las especies en relación al origen sigue al Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (<http://www.darwin.edu.ar>). Todas aquellas especies identificadas como adventicias, naturalizadas o introducidas en el catálogo, fueron asignadas a la categoría de exótica.

#### *Análisis estadísticos*

En todos los casos se realizaron en entorno R 3.6.1 (R Core Team 2019). La riqueza de especies y abundancia de plantas se comparó entre condiciones de urbanización (i.e., localidades) como factor fijo mediante modelos lineales generalizados con distribución quasipoisson del error para la riqueza y Poisson para la abundancia, por problemas de sobredispersión en el primer caso. La introducción del Sitio como término aleatorio dentro del modelo no contribuyó sustancialmente a explicar la varianza por la cual no se trabajó con modelos mixtos (Resultados no mostrados). En todos los casos las comparaciones entre pares de localidades se realizaron mediante un test de Tukey para comparaciones múltiples del paquete *multcomp* (Hothorn et al., 2008). Para analizar la diversidad de especies se obtuvo el índice de Shannon, el cual se comparó entre condiciones de urbanización mediante el test-t de Hutcheson del paquete *ecolTest* (Salinas y Ramírez Delgado 2021). En todos los casos los valores de riqueza representan el número de especies registradas por punto de muestreo (i.e., repetición), y los valores de abundancia representan el número de registros de cada especie por cada punto de muestreo.

La composición de la vegetación entre localidades, se comparó mediante un análisis de permutaciones (PERMANOVA) basado en la matriz de similitud obtenida mediante un escalado multidimensional no-métrico (NMDS por sus siglas en inglés) obtenido de la matriz de presencia-ausencia mediante el paquete *vegan* (Oksanen et al., 2014; 2019). Para evaluar las posibles diferencias en el porcentaje de especies (obtenido con valores de riqueza de nativas sobre el total de especies del punto de muestreo) y de plantas nativas (obtenidos con los valores de abundancia de nativas sobre el total de plantas del punto de muestreo) entre condiciones de urbanización, se empleó un modelo lineal generalizado con distribución binomial del error, el porcentaje de especies y de plantas nativas se emplearon como variables respuesta.

## Resultados

En las tres localidades se observaron un total de 1353 registros de plantas vasculares, y sólo en un punto de muestreo en Villa del Totoral se registró una especie de Bryophyta, que no fue incluida en los análisis. De los registros de plantas vasculares, el 79% (1068 registros) se logró identificar hasta especie, el 10,2% (139 registros) hasta género, mientras que el 10,8% (146 registros) restante correspondió a registros a nivel de familia. Estas diferencias correspondieron en algunos casos a la ausencia de estructuras reproductivas y/o al estado juvenil de las plantas encontradas que impidieron avanzar en la identificación. A su vez, en Córdoba se obtuvieron un total de 394 registros (69,6% registrados hasta especie), 445 registros en Jesús María (86,3% identificados hasta especie), y 516 en Villa del Totoral (79,9% identificado hasta especie). La mayoría de los registros (69,3%) correspondió a hierbas perennes.

En cuanto a la riqueza total de especies, se encontraron en total 96 especies repartidas entre 26 familias botánicas (Tabla S1). Las familias más representadas fueron Poaceae con 24 especies, seguida de Asteraceae con 15 y Solanaceae con ocho especies.

Con respecto a la riqueza de especies en cada localidad, en Córdoba se registraron un total de 61 especies, seguidas por Jesús María y Villa del Totoral con 55 y 59 especies respectivamente. La riqueza promedio de espontáneas por punto de muestreo fue menor en Córdoba que en Jesús María y Villa del Totoral ( $z=4,092$   $p<0.001$  y  $z=4,213$  y  $p<0.001$



respectivamente; Figura 2), localidades que presentaron valores similares de riqueza entre sí ( $z=0.126$ ,  $p=0.991$ ). De manera similar, la abundancia de plantas fue menor en Córdoba que en Jesús María y Villa del Totoral ( $z=4.268$   $p<0.0001$ ,  $z=5.199$ ;  $p<0.0001$ , respectivamente) (Figura 2), en las que se registraron valores similares de riqueza ( $z=0.957$ ;  $p=0.603$ ). En relación a la abundancia de las especies, *Euphorbia serpens* resultó la especie con mayor abundancia en el total de registros (11,4%) seguida por *Cynodon dactylon* y *Dichondra sericea* (con 9,4% y 7,7% registros respectivamente). Sin embargo, las especies más abundantes en cada condición de urbanización mostraron sutiles diferencias entre localidades (Tabla 1).

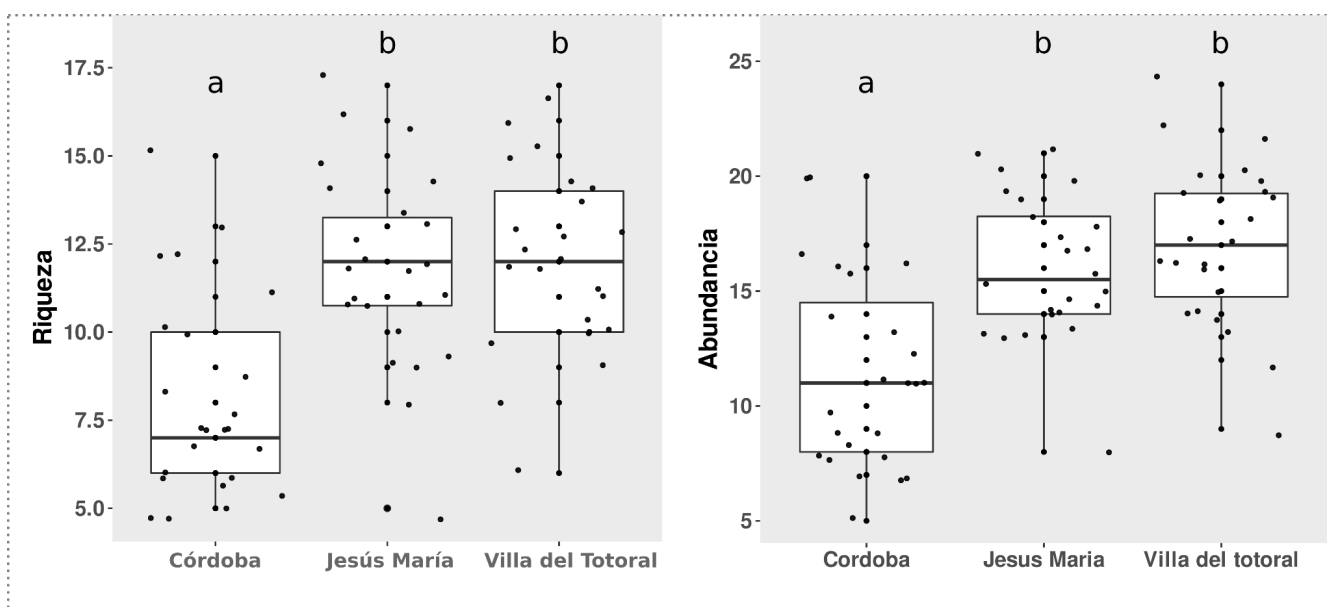


Figura 2. Riqueza de especies (izquierda) y abundancia (derecha) de plantas herbáceas espontáneas asociadas a superficies sólidas de tres condiciones de urbanización, que se corresponden con las localidades de Córdoba, Jesús María y Villa del Totoral ( $N=72$ ). Los valores de riqueza y abundancia están expresados por punto de muestreo. Las diferentes letras corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre localidades.

Tabla 1: Especies asociadas a superficies sólidas con mayores registros de abundancia en cada condición de urbanización.

Localidad	Especie	Familia	Origen	Abundancia	Abundancia en porcentaje
Córdoba	<i>Euphorbia serpens</i>	Euphorbiaceae	Nativa	37	13,6%
	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Exótica	30	11%
	<i>Setaria parviflora</i>	Poaceae	Nativa	20	7,3%
	<i>Paspalum notatum</i>	Poaceae	Nativa	20	7,3%
Jesús María	<i>Euphorbia serpens</i>	Euphorbiaceae	Nativa	43	11,2%
	<i>Dichondra sericea</i>	Convolvulaceae	Nativa	34	8,9%
	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Exótica	33	8,6%
	<i>Guilleminea densa</i>	Amaranthaceae	Nativa	30	7,8%
Villa del Totoral	<i>Euphorbia serpens</i>	Euphorbiaceae	Nativa	42	10,2%
	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Exótica	37	8,9%
	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	Exótica	33	8%
	<i>Dichondra sericea</i>	Convolvulaceae	Nativa	29	7%

La composición de especies difirió entre las tres condiciones de urbanización, siendo más marcada la diferencia entre Córdoba y el resto ( $R^2= 0,10$ ;  $F=3,76$ ;  $p=0,001$ ) que entre Jesús María y Totoral entre sí ( $R^2=0,05$ ;  $F=2,72$ ;  $p= 0,001$ ). Del total de especies compartidas 25 especies son compartidas entre las tres condiciones de urbanización, 28 especies son compartidas entre dos condiciones de urbanización, de las cuales seis entre Córdoba y Jesús María, 12 entre Córdoba y Villa del Totoral y 10 entre Jesús María y Villa del Totoral (Figura 3). En relación a las especies únicas, 48 especies se encontraron únicamente en una de las tres condiciones de urbanización, de las cuales, 17 especies únicas se registraron en Córdoba, 13 en Jesús María y 12 en Villa del Totoral (Tabla 2).

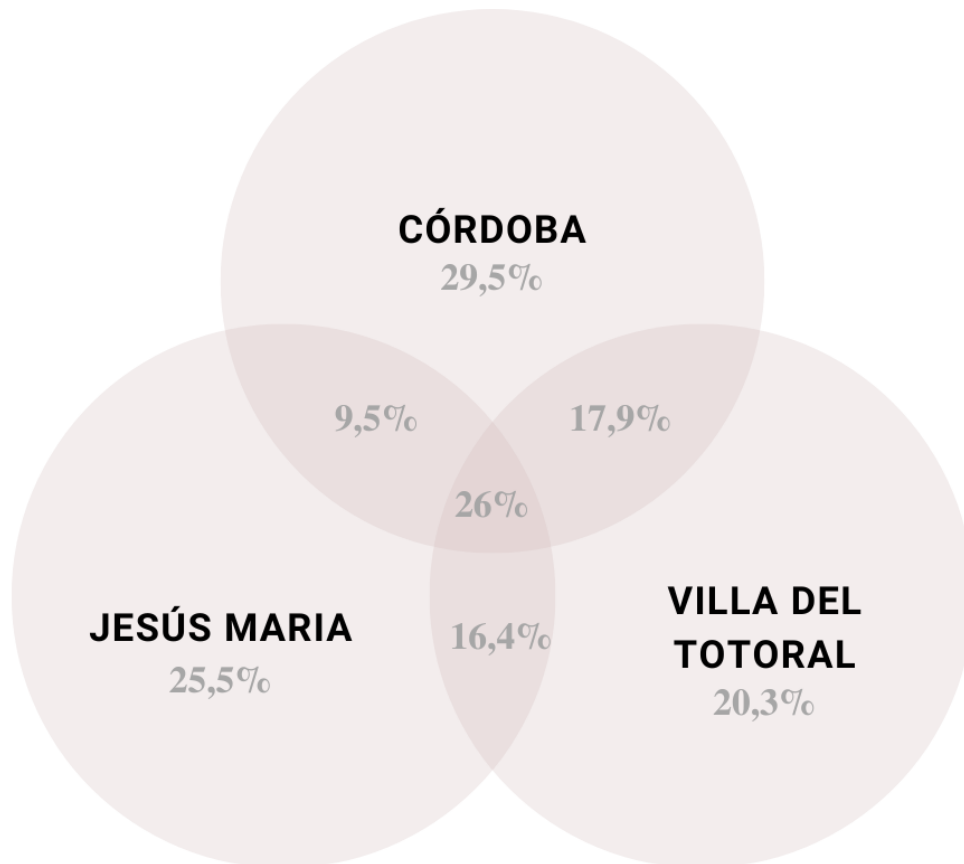


Figura 3: Diagrama de Venn con representación porcentual del número de especies compartidas y exclusivas entre condiciones de urbanización en base al total de especies. Los porcentajes de las especies únicas de cada condición de urbanización aparecen asociados a los nombres de cada ciudad y fue calculado en base al pool de especies de cada condición de urbanización. El porcentaje de especies compartidas entre las tres condiciones de urbanización, se calculó en base al pool total de especies de las tres condiciones de urbanización y figura en el centro del diagrama.

**Tabla 2.** Especies únicas asociadas a superficies sólidas registrados con mayores valores de abundancia (i.e., valores de abundancia > 1 registro) para cada condición de urbanización. El resto de las especies únicas tuvieron sólo un registro.

Localidad	Especie	Familia	Origen	Abundancia	Abundancia en porcentaje
Córdoba	<i>Chrysanthellum indicum</i>	Asteraceae	Nativa	2	0,73%
	<i>Setaria viridis</i>	Poaceae	Exótica	2	0,73%
	<i>Tridax procumbens</i>	Asteraceae	Exótica(*)	2	0,73%
Jesús María	<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	Nativa	13	3,39%
	<i>Cyperus eragrostis</i>	Cyperaceae	Nativa	4	1,04%
	<i>Eragrostis bahiensis</i>	Poaceae	Nativa	2	0,52%
Villa del Totoral	<i>Jarava plumosa</i>	Poaceae	Nativa	3	0,73%
	<i>Dolichandra unguis-cati</i>	Bignoniaceae	Nativa	2	0,49%
	<i>Eragrostis mexicana</i>	Poaceae	Nativa	2	0,49%
	<i>Pitraea cuneato-ovata</i>	Verbenaceae	Nativa	2	0,49%

(\*) Esta especie figura como nativa en la Flora Argentina, pero fue identificada como exótica por Ariza Espinar (2000).

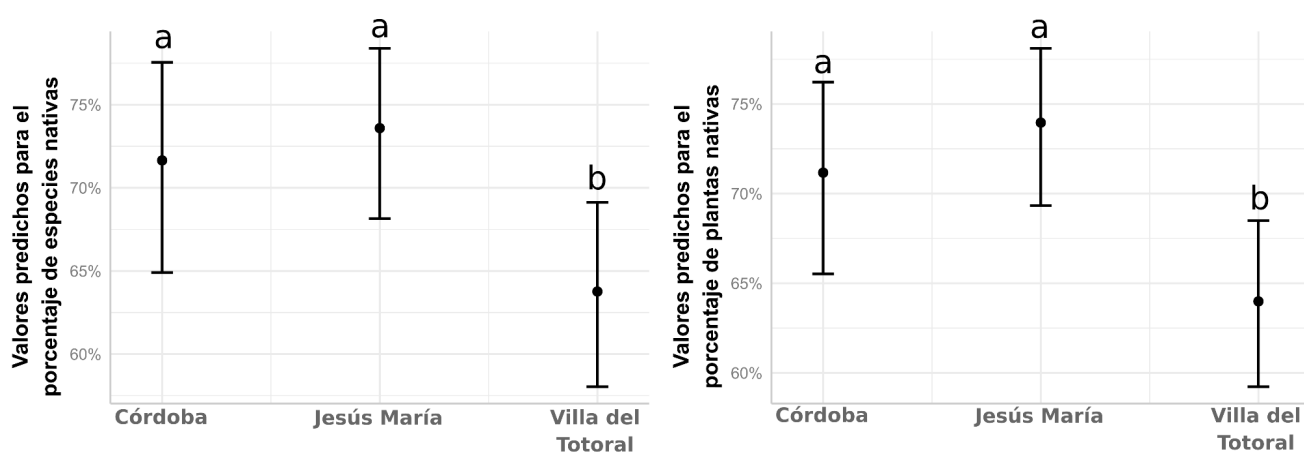
En tanto a los análisis de diversidad, el índice de Shannon no mostró diferencias significativas entre las distintas condiciones de urbanización, registrando valores de 1,49; 1,46 y 1,48 para Córdoba, Jesús María y Villa del Totoral respectivamente ( $0,220 \leq p \leq 0,373$ ).

En relación al origen de las especies, se registró que el 70,83% de las especies son nativas de la Argentina (8,33% son endémicas) y 29,17% son exóticas de la Argentina. Dentro de las especies endémicas, cuatro especies resultaron compartidas entre dos localidades, dos especies se encontraron únicamente en Córdoba, una especie se encontró únicamente en Jesús María y una especie se encontró únicamente en Villa del Totoral (Tabla 3).

**Tabla 3.** Abundancia de las especies espontáneas endémicas de Argentina asociadas a superficies sólidas en cada condición de urbanización.

Especie	Córdoba	Jesús María	Villa del Totoral	Total	Familia
<i>Galium richardianum.</i>	1		8	9	Rubiaceae
<i>Setaria pampeana</i>	2	1		3	Poaceae
<i>Portulaca obtusa</i>		1	1	2	Portulacaceae
<i>Modiolastrum gilliesii</i>		1	1	2	Malvaceae
<i>Solanum pygmaeum</i>			1	1	Solanaceae
<i>Solanum juvenale</i>		1		1	Solanaceae
<i>Portulaca grandiflora</i>	1			1	Portulacaceae
<i>Mikania urticifolia</i>	1			1	Asteraceae

A su vez, el porcentaje de especies y de plantas nativas, también difirió entre condiciones de urbanización (Figura 4) siendo mayor en Córdoba y Jesús María, que en Villa del Totoral ( $z=-2,52$ ;  $p=0,03$  y  $z=-3,02$ ;  $p=0,01$  para la riqueza y abundancia respectivamente). Por su parte, el porcentaje de nativas fue similar entre Córdoba y Jesús María, tanto para la riqueza de nativas ( $z \geq 0,467$ ;  $p \leq 0,169$ ), como para la abundancia de plantas nativas ( $z \geq 0,793$ ;  $p \leq 0,124$ ). En promedio, Villa del Totoral registró un 11% menos de especies nativas y un 10% menos de plantas nativas que Córdoba, y un 14% menos de especies o plantas nativas que Jesús María (Figura 4).



**Figura 4.** Valores predichos de la probabilidad de encontrar especies (izquierda) o plantas (derecha) nativas por vereda (i.e., porcentaje) y por condición de urbanización. Letras

diferentes corresponden a diferencias significativas entre pares de condición.

## **Discusión**

Lejos de constituir un proceso uniforme, la urbanización genera una gran heterogeneidad en el paisaje que se manifiesta a distintas escalas (Alberti 2008). Una de las escalas menos estudiadas en comparación con la aproximación de gradiente de urbanización, es la que emerge de las condiciones de urbanización que imperan en ciudades y pueblos (Forman 2019). En este sentido, los estudios de vegetación urbana en todo el mundo se concentran en grandes ciudades, siendo que las condiciones de urbanización que imponen a la vegetación localidades de menor densidad poblacional y más alejadas de los grandes centros urbanos, son distintas de las que dominan las ciudades (Forman 2019). A su vez, mientras numerosos trabajos se han centrado en el estudio de la vegetación de parques, jardines, huertas y otros espacios verdes urbanos (Knapp et al., 2012; Galindo-Bianconi et al., 2012; Flores et al., 2018; Sikorska et al., 2021), son escasos los estudios que se ocupan de superficies sólidas de veredas (cfr. Lundholm y Marlin 2006; Cervelli et al., 2013; Bonthoux et al., 2019). Esto es llamativo siendo que los llamados “espacios grises” (i.e., veredas, calles, techos y paredes) representan la mayor cobertura y superficie en las ciudades, y pueden albergar una importante riqueza de vegetación espontánea (Bonthoux et al., 2019). En este estudio, se caracterizó por primera vez la vegetación espontánea de superficies sólidas asociada a las veredas de tres localidades con distintas condiciones de urbanización en el centro de Argentina (Córdoba capital, Jesús María y Villa del Totoral). En cada una se registró la riqueza y abundancia de plantas asociadas a veredas y se identificó el origen (nativo- exótico) de cada una de ellas. Los resultados obtenidos muestran que la riqueza y abundancia de plantas asociadas a superficies sólidas es menor en Córdoba que en Jesús María y Villa del Totoral, con un mayor porcentaje de especies exóticas en esta última localidad. Estos resultados, asociados además a las diferencias en composición de especies, difieren de lo esperado, y ponen de manifiesto que las superficies sólidas representan hábitats distintos para la eventual vegetación espontánea que los colonice en las ciudades que en los pueblos. La historia de ocupación del territorio, además de la ruralidad de las localidades más pequeñas, aparece como una explicación posible para los patrones encontrados.

A diferencia de lo esperado, tanto la riqueza como la abundancia de plantas espontáneas asociadas a superficies sólidas, presentó diferencias entre condiciones de urbanización. En particular ambos parámetros fueron menores para la ciudad de Córdoba en comparación con las condiciones de menor densidad poblacional y más ruralizadas, en tanto que la composición vegetal de estas comunidades difirió entre las tres condiciones. Diferentes factores pueden haber confluído para explicar estos resultados. Si bien el filtro ambiental impuesto por la construcción de veredas determina condiciones tanto singulares como extremas para las plantas (Weng et al., 2004; Zhou et al., 2011), tanto los materiales de construcción como el tipo y frecuencia de mantenimiento pueden influir en la riqueza de las plantas que colonizan estos hábitats (Lundholm 2011; Ilie et al., 2023). De acuerdo a Bonthoux et al. (2019) la cobertura vegetal y la riqueza de especies es mucho mayor en veredas con tipo de cubiertas arenosas (predominantes en pueblos) que en veredas con cubiertas asfálticas (predominantes en ciudades). Por otra parte, y tal como señala Forman (2019), estos resultados pueden estar asociados a diferencias en las sucesiones ecológicas que experimenta la vegetación espontánea entre pueblos, las tierras agrícolas y ciudades. Mientras que en los pueblos ocurrirían muchas secuencias sucesionales, todas fuertemente afectadas por la proximidad de tierras agrícolas y / o “tierras naturales” circundantes, en las grandes ciudades este proceso se vería limitado (Forman 2019). Al menos tres factores pueden estar en relación con diferencias en la dinámica sucesional de plantas espontáneas entre pueblos y ciudades. Primero, a diferencia de las áreas más urbanizadas, la dispersión de especies vegetales parece ser bastante más importante en pueblos, ya que tienen una superficie más adecuada para la germinación de semillas y la colonización de plantas en general (Forman 2019). Segundo, los pueblos a menudo tienen vegetación sucesiva en sitios baldíos sin pavimentar y zonas verdes descuidadas que podría actuar como fuente de propágulos (Forman 2019). Este bien puede ser un punto de gran diferencia entre Córdoba y el resto de las localidades por el hecho de que la urbanización creciente de la ciudad de Córdoba no sólo se pone de manifiesto por el avance los márgenes de la frontera urbana, sino por su densificación interior (i.e., *infilling*), es decir el aumento de las superficies impermeables dentro del éjido urbano (Marzialetti et al., 2023). En tercer lugar, cabe destacar que Jesús María y Villa del Totoral se encuentran atravesadas por la Ruta nacional N° 9 (RN9), uno de los ramales troncales más destacados para la distribución de granos del país, vía puerto de Buenos Aires

(Salizzi 2018). Al respecto, es llamativo que el trazado de la RN9 coincide en gran parte con el del antiguo Camino Real al Alto Perú (Salizzi 2018), con lo cual el intenso tráfico de ese histórico ramal sin dudas debe haber contribuido -desde épocas de la invasión- al movimiento involuntario de semillas junto con las cargas transportadas, ya que los vehículos son vectores para la dispersión de especies vegetales que pueden transportar importantes cantidades de semillas (e.g., Von der Lippe y Kowarik, 2008). Cabe destacar en este sentido, que *Euphorbia serpens*, la especie que concentró el mayor número de registros en las tres localidades, ha sido identificada como exótica invasora en otras partes del mundo como resultado de una dispersión a larga distancia asociada al comercio y el transporte (Wolf y Király 2014). Este ejemplo abre un panorama para el estudio de la relación entre la vegetación de superficies sólidas y la capacidad de dispersión de la misma por medios de transporte. Si bien este último aspecto es especulativo, otros resultados obtenidos en este estudio apuntan a la explicación histórica como la más contundente para comprender las diferencias en la vegetación espontánea asociada a superficies sólidas en nuestro sistema de estudio, y se refiere al origen de las especies registradas en cada localidad.

Nuestros resultados muestran que el porcentaje de especies y plantas nativas asociadas a superficies sólidas fue mayor en Córdoba y Jesús María que en Villa del Totoral. De acuerdo a la escasa evidencia disponible, la vegetación espontánea de pueblos podría albergar mayor proporción de especies nativas y elementos de la matriz circundante diferente a los que rodean a una ciudad (Forman 2019). Por este hecho, es llamativo que Villa del Totoral, la localidad más pequeña, tenga menor porcentaje de especies y plantas nativas que las otras dos localidades. Este resultado sugiere que la matriz circundante está siendo fuente de propágulos de especies foráneas, al menos por lo documentado para la flora Argentina. El mayor porcentaje de exóticas en la localidad más pequeña y rural contradice lo sugerido por Forman (2019) para ciudades y pueblos europeos principalmente. Al respecto, existen argumentos históricos que explican las tendencias encontradas en nuestro estudio. Indagando en los orígenes y en la fundación de las tres localidades, encontramos que Villa del Totoral fue uno de los lugares de descanso más importantes para las tropas españolas en su recorrido del alto Perú hacia la ciudad de Córdoba en el siglo XVI (Calvimonte y Moyano Aliaga 1996). Si bien en los relatos de Calvimonte y Moyano Aliaga (1996) no figura la fecha exacta de ocupación, sí se menciona que Villa del Totoral fue una de las primeras tierras utilizadas por la tropa



españolas como una posta en su recorrido desde el norte de nuestro país hacia la ciudad de Córdoba y era muy valorada por su clima, pastizales y aguadas. También se menciona que para 1576 (tres años posteriores a la fundación de la ciudad de Córdoba) las tierras del paraje de Villa del Totoral se parcelaron exclusivamente para el uso de sementeras que al final del siglo algunas de estas fueron reemplazadas para la construcción de una estancia con numerosas casas, huertos, frutales y molinos para la molienda de granos (Calvimonte y Moyano Aliaga 1996). Estos relatos nos dan un indicio de la influencia histórica que podrían tener la vegetación que crece espontáneamente asociada a las especies vegetales que trajeron los españoles para huertas y cultivos. Este inevitable asentamiento accidental de especies espontáneas en Villa del Totoral se vería potenciado actualmente por las influencias de los vehículos como vectores de semillas (e.g., Von der Lippe y Kowarik, 2008), en una localidad que además, se destaca actualmente por el acopio de granos (Salizzi 2018).

Finalmente, y si bien este estudio no indaga en los rasgos funcionales de las plantas encontradas, es importante destacar que tanto *Euphorbia serpens* como *Cynodon dactylon* que en conjunto representan el 21% del total de registros, son ambas especies C4, una ruta fotosintética adaptada a condiciones de extrema aridez y altas temperaturas (Wolf y Király 2014; Salahas et al., 1997). La ocurrencia de plantas C4 se asocia en general a sitios disturbados (Dong y Kroon 1994; Wolf y Király 2014). En nuestro caso el hecho de que las especies más dominantes tengan dicha ruta fotosintética habla de que a pesar de las diferencias registradas en riqueza y composición entre las condiciones de urbanización estudiadas, las superficies sólidas de veredas representarían un fuerte filtro ambiental para las plantas que allí ocurren. Estudios futuros que indaguen en los rasgos funcionales de las especies ocurrentes en este tipo de hábitats (e.g., Desaeagher et al., 2019) serán necesarios para ampliar las hipótesis que aquí se postulan.

## Conclusiones

Hasta donde sabemos, este estudio es el primero en Argentina que caracteriza la vegetación espontánea de superficies sólidas, y la compara considerando distintas condiciones de urbanización. Tal como señalan Lundholm y Richardson (2010), la vegetación asociada a superficies sólidas se adapta a “nuevos hábitats” dados por las condiciones de las ciudades que son análogas a los ambientes de los cuales estas especies son originarias. En relación a este aspecto, las especies nativas más abundantes registradas en las tres condiciones de urbanización, también pertenecen a la flora rupícola del centro de la Argentina descrita por Gonzalez (2017) (Resultados no mostrados). Sin embargo, y a diferencia de lo esperado, las superficies sólidas de las veredas de las condiciones de urbanización analizadas, difirieron en la riqueza, abundancia y composición, así como en su componente de origen, con lo cual el carácter análogo de las superficies sólidas con los ambientes rupícolas no es condición suficiente para explicar los patrones encontrados. En este punto, somos conscientes que empleamos un criterio simplificado del origen de las especies, al considerar sólo dos categorías y que estudios recientes alertan sobre la necesidad de superar la dicotomía nativo-exótico en pos de ampliar nuestro conocimiento y posibilidades de manejo de los “nuevos ecosistemas” (Lemoine y Svenning, 2022). Nuestros resultados sugieren que los hechos históricos relacionados a las invasiones y colonización de las ciudades y pueblos de nuestro territorio podrían estar brindando información de gran valor para comprender mejor la vegetación espontánea asociada a superficies sólidas. Este enfoque puede diferir sustancialmente de los planteos realizados para sistemas similares en Europa, en donde la ruralización asociada a poblaciones menos densas no estaría signada por estos procesos históricos. Finalmente, con este estudio queremos destacar la importancia de la vegetación que crece involuntariamente en las ciudades, ya que son amplios los servicios ecosistémicos que brindan en la ciudades (Robinson y Lundholm 2012; McKinney et al., 2020) y es esperable que profesionales vinculados con el desarrollo urbano en general tal como arquitectos y paisajistas urbanos, las integren en sus proyectos de diseño de modo tal de favorecer la riqueza de la infraestructura verde urbana en espacios verdes no formales.

## Bibliografía:

- Agencia Córdoba Turismo. Disponible en: <https://www.cordobaturismo.gov.ar/> [Acceso 23/11/2020].
- Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems* (No. 574.5268 A4). New York: Springer.
- Ariza Espinar L. (2000). Familia Asteraceae: Tribu Heliantheae. Pródromo de la Flora Fanerogámica de Argentina Central. Vol 2.
- Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology letters*, 18(6), 581-592.
- Bonthoux, S., Voisin, L., Bouché-Pillon, S., & Chollet, S. (2019). More than weeds: Spontaneous vegetation in streets as a neglected element of urban biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 185, 163-172.
- Calvimonte, L. Q., & Aliaga, A. M. (1996). *El antiguo Camino Real al Perú en el norte de Córdoba*. Ediciones del Copista.
- Chen, Z., & Yeh, A. G. O. (2022). Delineating functional urban areas in Chinese mega city regions using fine-grained population data and cellphone location data: A case of Pearl River Delta. *Computers, Environment and Urban Systems*, 93, 101771.
- Cervelli, E. W., Lundholm, J. T., & Du, X. (2013). Spontaneous urban vegetation and habitat heterogeneity in Xi'an, China. *Landscape and urban planning*, 120, 25-33.
- Crutzen, P. J. (2004). New directions: the growing urban heat and pollution" island" effect-impact on chemistry and climate. *Atmospheric environment*, 38(21), 3539-3540.

- Del Tredici, P. (2010). Spontaneous urban vegetation: reflections of change in a globalized world. *Nature and Culture*, 5(3), 299-315.
- Desaegher, J., Nadot, S., Machon, N., & Colas, B. (2019). How does urbanization affect the reproductive characteristics and ecological affinities of street plant communities?. *Ecology and Evolution*, 9(17), 9977-9989.
- Dirección general de estadística y censo. Disponible en: <https://estadistica.cba.gov.ar/> [Acceso 23/11/2020].
- Dong, M., & de Kroon, H. (1994). Plasticity in morphology and biomass allocation in *Cynodon dactylon*, a grass species forming stolons and rhizomes. *Oikos*, 99-106.
- Flores, L., Solis, J. V., & Herrera, J. A. Q. (2018). Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana: Parque en la ciudad de Torreón, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 123-140.
- Forman, R. T. (2019). *Towns, ecology, and the land*. Cambridge University Press.
- Galindo-Bianconi, A. S., & Victoria-Uribe, R. (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 14(1), 98-108.
- Grimm, N. B., Foster, D., Groffman, P., Grove, J. M., Hopkinson, C. S., Nadelhoffer, K. J., ... & Peters, D. P. (2008). The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(5), 264-272.
- Hall, M. H., y Balogh, S. B. (Eds.). (2019). *Understanding urban ecology: an interdisciplinary systems approach*. Springer.
- Hothorn, T., Bretz F. y Westfall P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* 50(3), 346--363.
- Ignatieva, M., & Ahrné, K. (2013). Biodiverse green infrastructure for the 21st century: from “green desert” of lawns to biophilic cities. *Journal of Architecture and Urbanism*,

37(1), 1-9.

Ilie, D., & Cosmulescu, S. (2023). Spontaneous Plant Diversity in Urban Contexts: A Review of Its Impact and Importance. *Diversity*, 15(2), 277.

Kindt, R., and Coe, R. (2005). Tree Diversity Analysis: A Manual and Software for Common Statistical Methods for Ecological and Biodiversity Studies. Available online at: <http://www.worldagroforestry.org/resources/databases/tree-diversity-analysis>

Knapp, S., Dinsmore, L., Fissore, C., Hobbie, S. E., Jakobsdottir, I., Kattge, J., ... & Cavender-Bares, J. (2012). Phylogenetic and functional characteristics of household yard floras and their changes along an urbanization gradient. *Ecology*, 93(sp8), S83-S98.

Lemoine, R. T., & Svenning, J. C. (2022). Nativeness is not binary—a graduated terminology for native and non-native species in the Anthropocene. *Restoration Ecology*, 30(8), e13636.

Lowe, A. J., Greenwood, D. R., West, C. K., Galloway, J. M., Sudermann, M., & Reichgelt, T. (2018). Plant community ecology and climate on an upland volcanic landscape during the Early Eocene Climatic Optimum: McAbee Fossil Beds, British Columbia, Canada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 511, 433-448.

Lundholm, J. (2011). Vegetation of urban hard surfaces. En: Niemelä, J. (Ed.) *Urban ecology: Patterns, processes, and applications*, Oxford University Press, New York, págs. 93-102.

Lundholm, J. T., & Richardson, P. J. (2010). MINI-REVIEW: Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments. *Journal of Applied Ecology*, 47(5), 966-975.

Marzialetti, F., Gamba, P., Sorriso, A., & Carranza, M. L. (2023). Monitoring Urban Expansion by Coupling Multi-Temporal Active Remote Sensing and Landscape Analysis: Changes in the Metropolitan Area of Cordoba (Argentina) from 2010 to 2021. *Remote Sensing*, 15(2), 336.

- McKinney, M. L., & VerBerkmoes, A. (2020). Beneficial health outcomes of natural green infrastructure in cities. *Current Landscape Ecology Reports*, 5, 35-44.
- Moreno, A. H. (2000). *La clasificación numérica y su aplicación en la ecología*. Intec.
- Moreno, C. E. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad* (No. Sirsi) i9789688345436. Universidad Veracruzana.
- Municipalidad de Jesús María. Disponible en: <https://www.jesusmaria.gov.ar/> [Acceso 22/02/2023].
- Municipalidad de Villa del Totoral. Disponible en: <https://munitotal.gob.ar/> [Acceso 22/02/2023].
- Niemelä, J., Breuste, J. H., Guntenspergen, G., McIntyre, N. E., Elmqvist, T., & James, P. (Eds.). (2011). *Urban ecology: patterns, processes, and applications*. OUP Oxford.
- Niemelä, J., Kotze, D. J., & Yli-Pelkonen, V. (2009). Comparative urban ecology: challenges and possibilities. In *Ecology of cities and towns: A comparative approach*. Cambridge University Press.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., et al. (2014). *vegan: Community Ecology Package*. R Package Version 2.2-0
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E. y Wagner, H. (2019). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Robinson, S. L., & Lundholm, J. T. (2012). Ecosystem services provided by urban spontaneous vegetation. *Urban Ecosystems*, 15, 545-557.
- Salahas, G., Peslis, B., Georgiou, C. D., & Gavalas, N. A. (1997). Trehalose, an extreme temperature protector of phosphoenolpyruvate carboxylase from the C4-plant *Cynodon*

*dactylon*. *Phytochemistry*, 46(8), 1331-1334.

Salizzi, E. (2018). Avance de la frontera agraria moderna y difusión de nuevos sistemas técnicos. La creación y reestructuración de infraestructuras de transporte y almacenamiento de granos en el norte cordobés.

Seto, K. C., Parnell, S., & Elmqvist, T. (2013). A global outlook on urbanization. In *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities* (pp. 1-12). Springer, Dordrecht.

Threlfall, C. G., Ossola, A., Hahs, A. K., Williams, N. S., Wilson, L., & Livesley, S. J. (2016). Variation in vegetation structure and composition across urban green space types. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 4, 66.

Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.

Wolf, M., & Király, G. (2014). *Euphorbia serpens* (Euphorbiaceae), a new alien species in Hungary. *Acta Botanica Hungarica*, 56(1-2), 243-250.

Zhou, W., Huang, G., & Cadenasso, M. L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and urban planning*, 102(1), 54-63.

## Material Suplementario

**Tabla S1** - Lista de especies de plantas identificadas en este estudio. Para cada especie se indican familia, status y el total de registros que se obtuvo en cada condición de urbanización así como también la cantidad de registros totales.

Especie	Familia	Status	Córdoba	Jesús María	Villa del Totoral	Total
<i>Dicliptera squarrosa</i> Nees	Acanthaceae	Nativa	1	3		4
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb. f. <i>philoxeroides</i>	Amaranthaceae	Nativa			1	1
<i>Alternanthera pungens</i> Kunth	Amaranthaceae	Nativa	4	8	22	34
<i>Amaranthus albus</i> L.	Amaranthaceae	Exótica	1			1
<i>Amaranthus muricatus</i> (Moq.) Hieron.	Amaranthaceae	Nativa	4		3	7
<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	Nativa	1	6	2	9
<i>Guilleminea densa</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Moq.	Amaranthaceae	Nativa	8	30	22	60
<i>Apium graveolens</i> L.	Apiaceae	Exótica		1		1
<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Britton & P. Wilson	Apiaceae	Nativa		10	1	11
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	Nativa	1	3	2	6
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Pol.	Asteraceae	Nativa	1	1		2
<i>Chromolaena hookeriana</i> (Griseb.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	Nativa			1	1
<i>Chrysanthellum indicum</i> DC. ssp. <i>afroamericanum</i> B.L. Turner	Asteraceae	Nativa	2			2
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Asteraceae	Exótica	1			1
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Asteraceae	Nativa	2	12	15	29
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) E. Walker	Asteraceae	Nativa	1			1
<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	Asteraceae	Exótica		2	2	4



<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Asteraceae	Nativa	1	2	1	4
<i>Heterosperma ovatifolium</i> Cav.	Asteraceae	Nativa	4	22	18	44
<i>Mikania urticifolia</i> Hook. & Arn.	Asteraceae	Nativa (Endémica)	1			1
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	Exótica	5	14	9	28
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	Asteraceae	Exótica		12	33	45
<i>Tridax procumbens</i> L.	Asteraceae	Nativa	2			2
<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G. Lohmann	Bignoniaceae	Nativa			2	2
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Bignoniaceae	Nativa	1			1
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	Nativa	5		2	7
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Brassicaceae	Exótica			1	1
<i>Lepidium auriculatum</i> Regel & Körn.	Brassicaceae	Nativa			1	1
<i>Lepidium bonariense</i> L.	Brassicaceae	Nativa	1		5	6
<i>Lepidium didymum</i> L.	Brassicaceae	Nativa		1	1	2
<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L.	Caryophyllaceae	Exótica		5	12	17
<i>Dysphania pumilio</i> (R. Br.) Mosyakin & Clemants	Chenopodiaceae	Exótica		1		1
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	Nativa	15	13	7	35
<i>Dichondra sericea</i> Sw.	Convolvulaceae	Nativa	19	34	29	82
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Convolvulaceae	Nativa	1		1	2
<i>Ipomoea rubriflora</i> O'Donell	Convolvulaceae	Nativa		1		1
<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae	Exótica	1			1
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	Cyperaceae	Nativa		4		4
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Nativa		13		13
<i>Acalypha poiretii</i> Spreng.	Euphorbiaceae	Nativa	1			1
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	Exótica	4	11	4	19

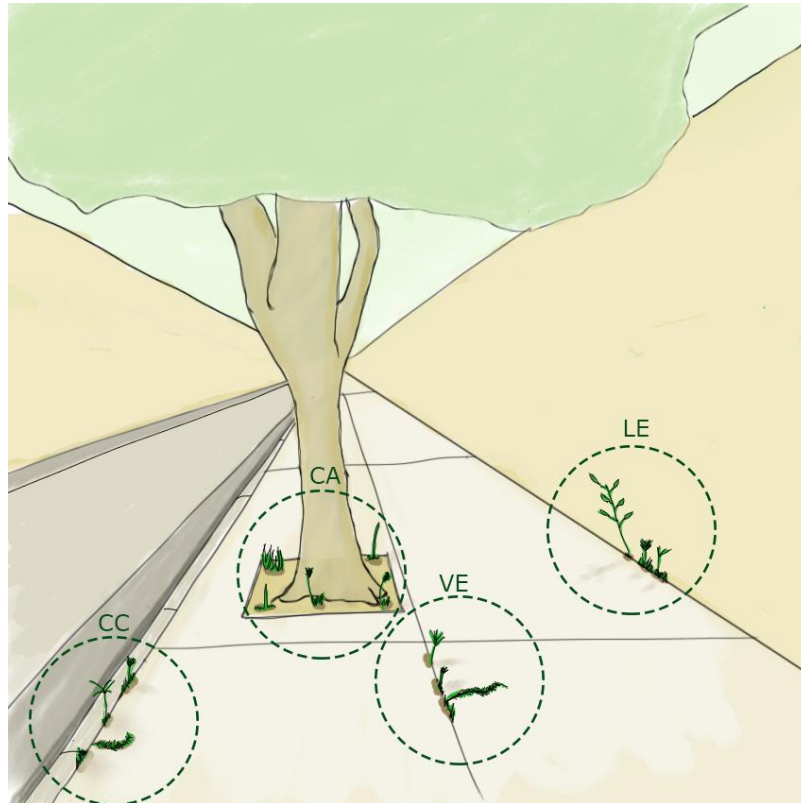
<i>Euphorbia sciadophila</i> Boiss.	Euphorbiaceae	Nativa	1			1
<i>Euphorbia serpens</i> Kunth	Euphorbiaceae	Nativa	37	43	42	122
<i>Manihot grahamii</i> Hook.	Euphorbiaceae	Nativa	1	1		2
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Fabaceae	Nativa		1		1
<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Malvaceae	Nativa	11	8	5	24
<i>Modiolastrum gilliesii</i> (Steud.) Krapov.	Malvaceae	Nativa (Endémica)		1	1	2
<i>Modiolastrum malvifolium</i> (Griseb.) K. Schum.	Malvaceae	Nativa	2		1	3
<i>Sida spinosa</i>	Malvaceae	Nativa	1			1
<i>Sida spinosa</i> L.	Malvaceae	Nativa		1		1
<i>Boerhavia diffusa</i> L., nom. cons.	Nyctaginaceae	Exótica	1			1
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	Oleaceae	Exótica	1	1		2
<i>Oxalis articulata</i> Savigny	Oxalidaceae	Nativa		2	1	3
<i>Oxalis conorrhiza</i> Jacq.	Oxalidaceae	Nativa	2	8	16	26
<i>Passiflora caerulea</i> L.	Passifloraceae	Nativa	1		2	3
<i>Platanus × hispanica</i> Mill. ex Münchh.	Platanaceae	Exótica			1	1
<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Poaceae	Nativa	1		2	3
<i>Chloris virgata</i> Sw.	Poaceae	Nativa		2	4	6
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Exótica	30	33	37	100
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Poaceae	Exótica	2	2	16	20
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae	Exótica	11	1	7	19
<i>Eleusine tristachya</i> (Lam.) Lam.	Poaceae	Nativa	1	8	13	22
<i>Eragrostis bahiensis</i> Schrad. ex Schult.	Poaceae	Nativa		2		2
<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch.	Poaceae	Exótica	1		7	8
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees	Poaceae	Exótica	2	2		4

<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Poaceae	Nativa			2	2
<i>Jarava plumosa</i> (Spreng.) S.W.L. Jacobs & J. Everett	Poaceae	Nativa			3	3
<i>Leptochloa crinita</i> (Lag.) P.M. Peterson & N.W. Snow	Poaceae	Nativa	4		1	5
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Poaceae	Exótica			1	1
<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	Poaceae	Nativa	1	2	1	4
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	Poaceae	Nativa	20	18	5	43
<i>Pennisetum setaceum</i> (Forssk.) Chiov.	Poaceae	Exótica		1		1
<i>Setaria pampeana</i> Parodi ex Nicora	Poaceae	Nativa (Endémica)	2	1		3
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	Poaceae	Nativa	20	9	8	37
<i>Setaria vaginata</i> Spreng. var. <i>vaginata</i>	Poaceae	Nativa		1		1
<i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	Exótica	1			1
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	Exótica	2			2
<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae	Exótica		1		1
<i>Urochloa panicoides</i> P. Beauv.	Poaceae	Exótica	2	5	9	16
<i>Zea mays</i> L.	Poaceae	Exótica	1			1
<i>Portulaca grandiflora</i> Hook.	Portulacaceae	Nativa (Endémica)	1			1
<i>Portulaca obtusa</i> Poelln.	Portulacaceae	Nativa (Endémica)		1	1	2
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Exótica	9	7	9	25
<i>Galium richardianum</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Endl. ex Walp.	Rubiaceae	Nativa (Endémica)	1		8	9
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Rubiaceae	Nativa		1		1
<i>Cestrum parqui</i> L'Hér.	Solanaceae	Nativa	1		1	2
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae	Nativa	6	4	1	11
<i>Physalis viscosa</i> L.	Solanaceae	Nativa	1			1

<i>Salpichroa origanifolia</i> (Lam.) Baill.	Solanaceae	Nativa		2	1	3
<i>Solanum argentinum</i> Bitter & Lillo	Solanaceae	Nativa	3	4	3	10
<i>Solanum juvenale</i> Thell.	Solanaceae	Nativa (Endémica)		1		1
<i>Solanum pygmaeum</i> Cav.	Solanaceae	Nativa (Endémica)			1	1
<i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.	Solanaceae	Nativa	1		1	2
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	Talinaceae	Exótica	3	1		4
<i>Glandularia peruviana</i> (L.) Small	Verbenaceae	Nativa			1	1
<i>Pitraea cuneato-ovata</i> (Cav.) Caro	Verbenaceae	Nativa			2	2

---

**Figura S1:** Esquema de hábitats de superficies sólidas presentes en las tres condiciones de urbanización planteadas en este estudio. Referencias: CC: Cordón Cuneta, CA: Cazuela, VE: Vereda, LE: Línea de edificación.



**Figura S2:** Fotos de los distintos hábitats de superficies sólidas presentes en las tres condiciones de urbanización planteadas en este estudio. CC: Cordón Cuneta, CA: Cazuela, VE: Vereda, LE: Línea de edificación.

**CC**



**CA**



**VE**



**LE**

