

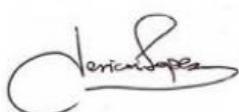
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

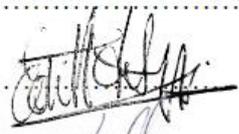
Tesina de Grado para optar por el título de Bióloga

**ESCENARIOS PROSPECTIVOS DE DEFORESTACIÓN
POR AVANCE DE LA URBANIZACIÓN EN LA
RESERVA HÍDRICA NATURAL MUNICIPAL LOS
MANANTIALES, CÓRDOBA, ARGENTINA: ANÁLISIS
ESPACIAL Y NORMATIVO**

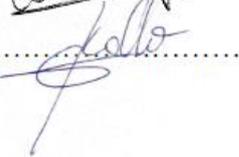
Tesinista: Jesica López

Firma: 

Directora: Edith Filippini

Firma: 

Co-director: Pablo Goldner

Firma: 

AÑO 2023

Tesina de Grado para optar por el título de Bióloga

**ESCENARIOS PROSPECTIVOS DE DEFORESTACIÓN POR
AVANCE DE LA URBANIZACIÓN EN LA RESERVA HÍDRICA
NATURAL MUNICIPAL LOS MANANTIALES, CÓRDOBA,
ARGENTINA: ANÁLISIS ESPACIAL Y NORMATIVO**

Alumna: Jesica López

Directora: Edith Filippini

Co-director: Pablo Goldner

Tribunal Examinador

- Nombre y Apellido: Firma:
- Nombre y Apellido: Firma:
- Nombre y Apellido: Firma:
- Calificación:
- Fecha:

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mi directora Edith Filippini y a mi co-director Pablo Goldner por brindarme la oportunidad de realizar esta tesina y por su invaluable orientación, apoyo y dedicación en todo el proceso. Gracias por su paciencia y comprensión.

Quiero agradecer especialmente a Ariel Isaurralde por su paciencia y dedicación al compartir sus conocimientos e ideas, lo cual ha sido fundamental en este trabajo.

A mi compañero Juan, por su paciencia, apoyo y comprensión, que fueron fundamentales para mantenerme enfocada y motivada a lo largo de este camino.

A mi pequeño Benjamín, quien ha sido mi gran compañero en esta última etapa, por ser mi inspiración para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Finalmente, quiero agradecer a mis padres, por haberme enseñado la importancia del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación.

ÍNDICE

1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCIÓN	8
3. OBJETIVOS	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	11
4.2. CLASES DE VEGETACIÓN.....	14
4.3. CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE URBANIZACIÓN.....	17
4.3.1. RELEVAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN.....	17
4.3.2. PARCELARIO.....	18
4.3.3. ZONIFICACIÓN DE LA RESERVA SEGÚN ORDENANZA N°2094/14	19
4.3.4. DISPOSICIONES SOBRE USOS y OCUPACIÓN DE SUELO.....	21
4.3.5. PENDIENTE.....	22
4.3.6. FACTORES DE OCUPACIÓN DEL SUELO	23
4.3.7. NUEVA ZONIFICACIÓN	23
4.4. ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL.....	26
4.4.1. HISTOGRAMA ZONAL (H).....	26
4.4.2. FOS MÁXIMO EN PORCENTAJE (FOS_MAX_%).....	27
4.4.3. FOS MÁXIMO EN METROS CUADRADOS (FOS_MAX_m2).....	27
4.4.4. FOS CALCULADO (FOS_CALCUL).....	28
4.4.5. MÁXIMO EDIFICABLE (MAX_EDIF).....	28
4.4.6. MÁXIMO EDIFICABLE % (MAX_EDIF_%).....	29
4.4.7. HISTOGRAMA CALCULADO (H_C)	30
4.4.8. DELTA_H.....	31
4.5. ESCENARIOS PROSPECTIVOS	31
4.6. GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA ORDENANZA	33
5. RESULTADOS	34
5.1. URBANIZACIÓN RELEVADA	34
5.2. ESCENARIOS	36
5.2.1. ÁREA URBANA ZONA 1 (AU Z1)	36
5.2.2. ÁREA URBANA ZONA 2 (AU Z2)	38

5.2.3.	ÁREA URBANA ZONA 3 (AU Z3)	40
5.2.4.	ÁREA DE CONSERVACIÓN ZONA 1 (AC Z1).....	42
5.2.5.	ÁREA DE CONSERVACIÓN ZONA 2 (AC Z2).....	44
5.2.6.	ÁREA DE CONSERVACIÓN ZONA 3 (AC Z3).....	46
5.2.7.	ÁREA DE MÁXIMA CONSERVACIÓN ZONA 1 (AMC 1).....	48
5.3.	GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA ORDENANZA	50
6.	DISCUSIÓN.....	52
7.	CONCLUSIÓN.....	56
8.	REFERENCIAS	58
9.	ANEXOS	64
	ANEXO 1. COMPARACIÓN DE MAPAS DE CLASES DE VEGETACIÓN	64
	ANEXO 2. CLASES EXCLUIDAS	65
	ANEXO 3. DISPOSICIONES SOBRE USOS y OCUPACIÓN DE SUELO	66
	ANEXO 4. CRITERIOS DE PENDIENTE PARA CADA ÁREA	69
	ANEXO 5. FACTORES DE OCUPACIÓN DEL SUELO	70
	ANEXO 6. CRITERIOS DE REASIGNACIÓN PARA UNA NUEVA ZONIFICACIÓN	73
	ANEXO 7: FOS_MAX_%.....	74
	ANEXO 8: FOS_MAX_m2.....	75
	ANEXO 9. MAX_EDIF.....	76
	ANEXO 10. EDIFICACIONES RELEVADAS	77

1. RESUMEN

La urbanización es un fenómeno creciente a nivel mundial que modifica drásticamente el paisaje, afectando el funcionamiento de los ecosistemas y provisión de servicios. El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto futuro del avance de la urbanización sobre la cobertura vegetal en la Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales. Para ello se realizaron simulaciones de tres escenarios prospectivos: 20%, 50% y 100% de avance de la urbanización sobre lotes aprobados previos a la creación de la Reserva. Asimismo, se realizó un análisis de indicadores del cumplimiento de la ordenanza que protege la vegetación de la Reserva. Los resultados indican que la urbanización aumentó 191% entre 2003-2021 y que la expansión urbana futura, siempre y cuando se ajuste a normativa, provocaría una pérdida de la cobertura vegetal que oscila entre 0,2%-10 %. Los bosques nativos serían la clase de vegetación más afectada, seguida por los matorrales nativos y los bosques exóticos. Estos últimos son frecuentes en toda el área y se asocian a los arroyos y ríos. La existencia de una ordenanza que establece disposiciones relacionadas con el uso y ocupación del suelo, contribuye a minimizar los impactos de la urbanización. Sin embargo, los resultados sugieren que existen problemas de fiscalización que dificultan la conservación y el uso sustentable del bosque en la Reserva. Se destaca la importancia de fortalecer las acciones de conservación de los ambientes naturales de las cabeceras de las cuencas, asegurando la protección de la vegetación nativa.

Palabras clave: expansión urbana, cuenca hídrica, Sierras Chicas de Córdoba, SIG, legislación ambiental.

ABSTRACT

Across the globe, urbanization is an escalating trend that brings about significant alterations to the natural landscape, leading to substantial impacts on ecosystem dynamics and the availability of vital services. The objective of this study is to assess the future impact of urbanization expansion on the vegetation cover in the Reseva Natural Los Manantiales. To achieve this, simulations were conducted for three potential scenarios: 20%, 50%, and 100% advancement of urbanization on plots that received approval prior to

the establishment of the Reserve. Similarly, an assessment of indicators pertaining to the adherence to the ordinance safeguarding the vegetation within the Reserve was carried out. Outcomes of this research indicate that, although urbanization increased 191% between 2003-2021, future urban expansion would cause a loss of vegetation cover that ranges between 0.2%-10%, as long as it complies with established regulations. Among the different vegetation classes, native forests would be the most susceptible to impact, followed by native scrub and exotic forests. The latter are frequently found throughout the area, specifically in areas adjacent to streams and rivers. The presence of a regulatory ordinance that outlines rules for land use and occupancy is key to mitigate the impacts arising from urbanization. Nevertheless, the results indicate the presence of enforcement challenges that hinder the conservation and sustainable utilization of the forest within the Reserve. Highlighting the criticality of reinforcing conservation initiatives for the natural ecosystems in the basin headwaters, it is essential to guarantee the protection of native vegetation..

Keywords: urban expansion, watershed, Sierras Chicas de Córdoba, GIS, environmental legislation.

2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la urbanización es un fenómeno creciente a nivel mundial, con más de la mitad de la población viviendo en ciudades, y se espera que la cifra se eleve al 68% para 2050 según la ONU (2019). Las actividades humanas han modificado drásticamente el paisaje, afectando el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales (Zhang et al., 2022). En particular, la pérdida de bosques nativos, el aumento del consumo de agua y energía, las invasiones biológicas y el incremento de los basurales a cielo abierto son algunos de los impactos más notorios y preocupantes (Rodríguez & Tamburini, 2015).

Particularmente, la pérdida de bosques nativos afecta el bienestar humano al disminuir los bienes y servicios ecosistémicos que proporcionan (MA, 2003). La conservación de los bosques nativos mitiga la desertificación y pérdida de productividad de los suelos, disminuyendo los efectos del cambio climático global (IPCC, 2014). Además, los bosques regulan la provisión de agua en cantidad y calidad por parte de las cuencas (Cingolani et al., 2015), la provisión de recursos naturales valiosos como alimentos, madera y medicinas, el sustento de las economías regionales, la polinización y el control natural de plagas, así como valores culturales y atractivos turísticos (Arán et al., 2015).

La cobertura vegetal nativa juega un papel fundamental en la dinámica hídrica de las cuencas, regulando la capacidad de infiltración, almacenamiento y partición de los flujos de agua (Jobbágy et al., 2013). Los incendios recurrentes, el avance no planificado de las urbanizaciones y las explotaciones mineras provocan un cambio en la dinámica de la escorrentía, afectando a toda la red hídrica (Richard, 2016). La sustitución de bosques nativos por especies exóticas invasoras es una de las causas emergentes más alarmantes de esta situación (Whitworth Hulse, 2018). Un ejemplo de la alteración de las cuencas debido a un manejo inadecuado son las inundaciones ocurridas en febrero de 2015 en la zona de las Sierras Chicas, que provocaron la pérdida de bienes materiales y vidas humanas (Ensabella & Chiavassa, 2019).

La urbanización es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, ya que se ha demostrado que conduce a la diferenciación en composición y estructura de las comunidades vegetales, reduciendo la riqueza de especies nativas y aumentando la de

exóticas, lo que provoca alteraciones estructurales y funcionales a nivel local, regional y global (Wang et al., 2020).

Las interacciones entre las interfases urbano-rurales y urbano-naturales destacan la complejidad territorial de la expansión urbana (Céliz, 2020), lo que da lugar al fenómeno de metropolización, definido como una ciudad madre que ejerce una influencia significativa sobre otras más pequeñas (Marani, 2016). La conurbación es otro proceso relacionado que genera un continuo entre pueblos y ciudades de diferentes tamaños. Córdoba no escapa a estos procesos, los que se plasman en la región noroeste de la Capital, en las localidades serranas del área denominada Sierras Chicas (Irós et al., 2014).

La expansión de la ciudad se manifiesta de distintas maneras, dando lugar a diferentes características morfológicas y socioeconómicas en el proceso de ocupación y configuración urbana. De esta forma, se pueden distinguir dos dinámicas urbanas principales: la ciudad compacta y la ciudad difusa. En la ciudad compacta, la trama urbana es contigua y presenta densidades medias o altas, siendo multifuncional y altamente heterogénea. Esto no solo aumenta la complejidad urbana, sino que también ahorra suelo, energía y recursos materiales, reduciendo así la dispersión y preservando los sistemas naturales y agrícolas. En contraste, una ciudad difusa se caracteriza por una ocupación discontinua del espacio urbano, con predominancia de baja densidad y gran extensión, y con tramas urbanas formadas principalmente por viviendas unifamiliares (Urriza, 2018).

En el caso de las localidades de Sierras Chicas, se observa una tendencia hacia un modelo de ciudad difusa que se caracteriza por un alto consumo de suelo, lo que representa una forma insostenible de desarrollo territorial. Al respecto, Indovina (2009) explica que los asentamientos en las afueras de la ciudad son el resultado de una promoción inmobiliaria especulativa que, por un lado, aprovecha los bajos precios de los terrenos agrícolas y, por otro, satisface y explota el deseo de las familias de hacer realidad su ideal de vivienda: un chalé independiente en la naturaleza.

A principios del siglo XX, Río Ceballos, como tantas otras localidades de Sierras Chicas, se perfiló como un destino turístico y muchas familias construyeron allí sus casas de veraneo. Como resultado, se crearon la mayoría de los loteos de la localidad, principalmente a fines de los años treinta y durante las décadas del cuarenta y cincuenta (Becerra, 2019). Sin embargo, la región ya había experimentado una intervención humana

significativa, con la presencia de numerosas chacras y huertas en áreas de pendiente suave, donde los habitantes rurales se dedicaban a la cría de ganado y al cultivo, lo que dio lugar a la creación de nuevos barrios y poblados (Céliz, 2020).

A partir de finales de la década de 1980, comenzó un proceso de transformación en Río Ceballos en el cual las casas de veraneo se convirtieron en viviendas de uso permanente. Esto generó una acelerada expansión de la mancha urbana, la cual inicialmente estuvo condicionada por las características topográficas del soporte natural. Sin embargo, alrededor del año 2000, la expansión urbana comenzó a avanzar sobre laderas con fuertes pendientes y zonas altas, generando un gran impacto en el paisaje serrano. En particular, las expansiones de la trama urbana se dirigieron hacia el oeste, ocupando áreas de piedemonte serrano sobre sectores pertenecientes a cuencas hídricas. Allí se observan áreas consolidadas y otras con ocupación incipiente que se extienden linealmente a lo largo del arroyo Mal Paso, el cual forma parte de la Reserva Hídrica Los Manantiales (Becerra, 2019).

En este contexto, en el año 2004 un grupo de vecinos toman conciencia acerca del inminente y alto riesgo de urbanización sobre la cuenca e inician la creación de La Reserva Hídrica Los Manantiales. Seguidamente, constituyen personería jurídica como Asociación Civil Los Manantiales y luego, con el apoyo de la Dirección de Ambiente del Municipio, se crea por Ordenanza N°1666 la Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales. En el 2014 se reformulan algunos de sus artículos a partir de la sanción de la Ordenanza N° 2094/14 (Quaranta, com.pers.). En esta Ordenanza, la Reserva se reconoce como territorio de máxima conservación según la Ley Provincial N° 9814 de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba, la cual promueve la conservación y el manejo sostenible de sus bosques nativos.

A partir de este marco, se propone abordar la problemática de la urbanización mediante el desarrollo de escenarios futuros que utilicen modelos y simulaciones para comprender y experimentar estos procesos territoriales complejos (Kaviari et al., 2019). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta clave en el análisis de la interacción de los procesos urbanos y espaciales. En este sentido, un modelo de simulación integrado a un SIG permitirá comprender cómo las intervenciones humanas influyen en la estructura del paisaje y cómo afectan particularmente a la dinámica de vegetación y los servicios

ecosistémicos a lo largo del tiempo. La combinación de estas herramientas proporciona una alternativa útil para explorar el futuro de la región, como sugiere Lopez Rivera (2021).

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto futuro del avance de la urbanización sobre la cobertura vegetal en la Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Cuantificar la pérdida de cada tipo de vegetación en los escenarios prospectivos de 100 %, 50% y 20% de avance de la urbanización en loteos aprobados.
- 2- Analizar el grado de cumplimiento de la ordenanza vigente en función de la zonificación y de los criterios de urbanización.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

El avance de la urbanización en la Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales constituye un cambio en el uso de suelo que genera graves pérdidas de la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos asociados. Se espera que la urbanización en los loteos previos a la ordenanza provoque la pérdida de cobertura vegetal, con un impacto que dependerá del tipo de vegetación intervenida, el relieve, la regulación de cada zona y la dinámica de avance de la urbanización.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está situada en La Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales (31°10'14.23"S - 64°19'42.74"O), la cual se encuentra ubicada sobre el faldeo de las Sierras Chicas de Córdoba, en el ejido urbano de la ciudad de Río Ceballos, departamento Colón (Fig.1). Esta área protegida tiene una superficie de 1.040 ha y corresponde a la

cuenca hídrica del Arroyo Mal Paso que vuelca sus aportes en el Río Ceballos, afluente del río Saldán (subcuenca del Río Primero o Suquía)

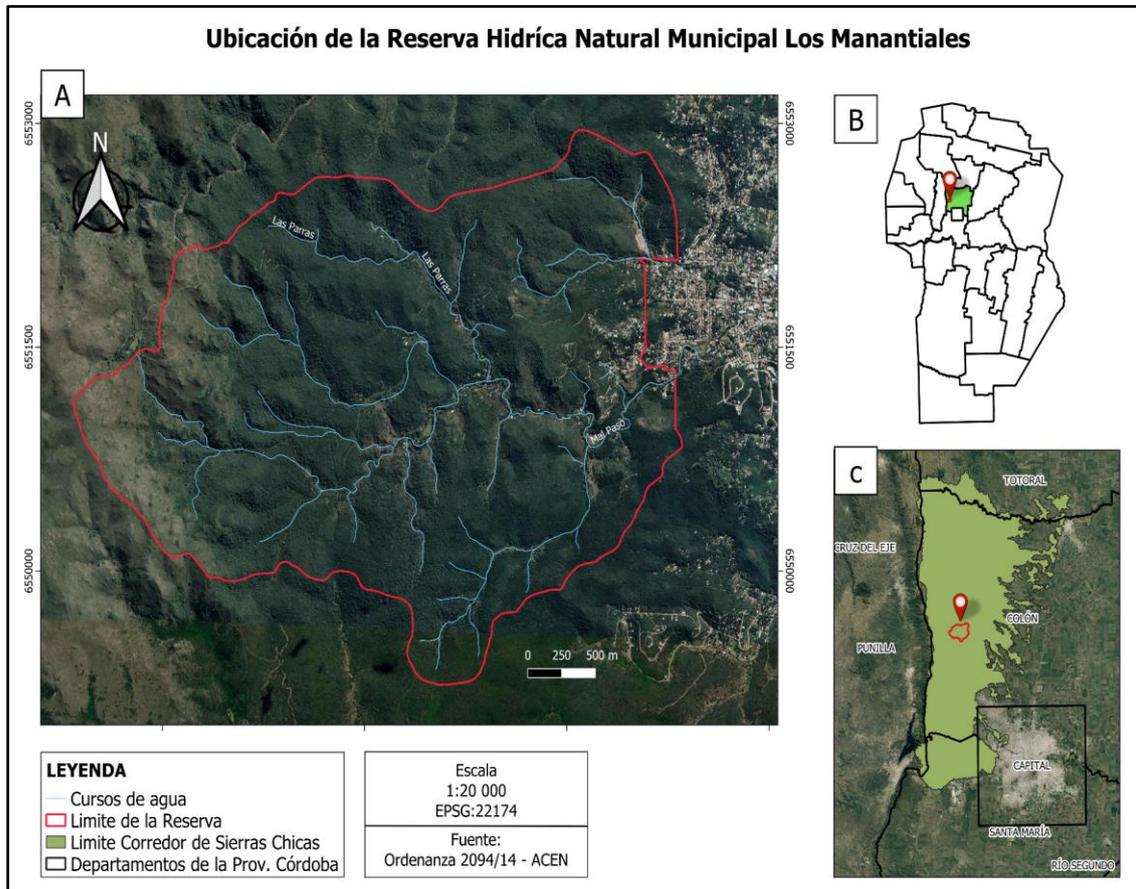


Figura 1. A) Área de estudio Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales. B) Ubicación de la Reserva dentro de la Provincia de Córdoba y C) Ubicación dentro del corredor de Sierras Chicas y el departamento Colón, ciudad de Ríos Ceballos.

Las Sierra Chicas es el cordón más oriental de las denominadas Sierras Pampeanas de Córdoba. Se extiende desde el extremo norte de las sierras del Pajarillo, Copacabana y Masa ($30^{\circ} 36' S$) hasta el sur de la Sierra de Las Peñas ($32^{\circ} 38' S$), ocupando una franja meridional entre los $64^{\circ} 38' O$ y $64^{\circ} 13' O$. El pico de mayor elevación es el cerro Uritorco (1.950 m s.n.m.). Las Sierras Chicas están conformadas por un bloque de basamento ígneo-metamórfico de sección asimétrica, con pendiente pronunciada al oeste y suave al este, alargado en dirección norte-sur (Martino et al., 2012).

La región de Sierras Chicas presenta un gradiente de disminución de las precipitaciones hacia el Oeste y un aumento correlativo de la evapotranspiración. La región ha sido clasificada dentro del dominio semiseco con tendencia a semihúmedo (Capitanelli, 1979). En la cuenca baja, los promedios anuales fluctúan entre 500 mm y 700 mm y en la cuenca alta, entre 700 mm y 1.100 mm (Barbeito et al., 2016). Las temperaturas medias anuales varían entre los 14°C y los 17°C, las máximas medias anuales fluctúan entre 20°C y 25°C, mientras que las mínimas medias anuales lo hacen entre 9°C y 10°C (Abbondanza, 2019).

Los suelos de Sierras Chicas, se corresponden con la unidad cartográfica EPLi-7 y EPLi-17. Para ambas unidades, el suelo descrito es excesivamente drenado, franco arenoso, poco profundo, pedregoso y con baja capacidad de retención de humedad. (Jarsún et al., 2006).

El área de estudio, presenta un gradiente altitudinal que va desde los 700 hasta los 1.200 m.s.n.m (Fig. 2) y protege una porción del piso serrano que ha sido tradicionalmente relacionada con la Provincia Fitogeográfica del Chaco y se clasifica como el Distrito Chaco Serrano (Cabrera, 1976). Sin embargo, estudios más recientes también han encontrado afinidades florísticas con la Provincia del Espinal (Cabido et al., 2018). Este piso, está dominado por un complejo mosaico de diferentes fisonomías y ensambles florísticos, donde sus bosques nativos, en los estados sucesionales más avanzado están caracterizados por orco quebracho (*Schinopsis lorentzii*) y garabato macho (*Senegalia gillesii*) hacia el noroeste del área y molle (*Lithraea molleoides*), tala (*Celtis ehrenbergiana*) y *Croton lachnostachys* hacia el sureste (Giorgis et al., 2017; Cabido et al., 2018).

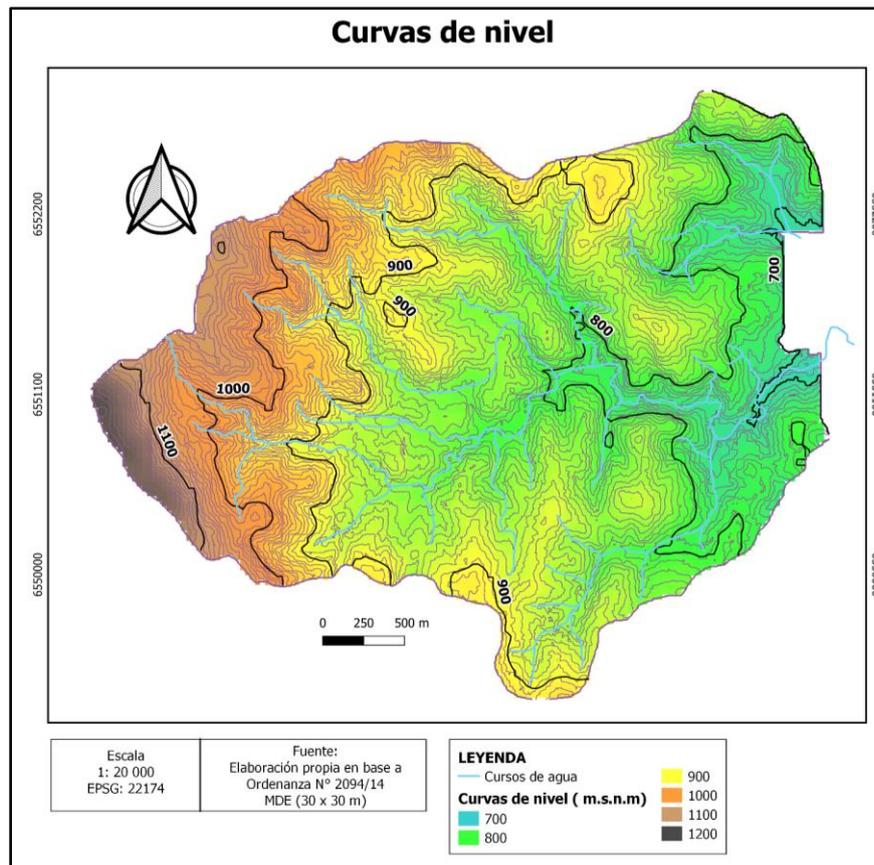


Figura 2. Mapa de Curvas de nivel de la Reserva. Gradiente altitudinal que va desde los 730 a los 1200 m.s.n.m.

4.2. CLASES DE VEGETACIÓN

Se utilizaron dos mapas de vegetación correspondientes a la Reserva. El primero fue elaborado según la Ordenanza N°2094/14 del Concejo Deliberante de Río Ceballos (ver Fig.1 en Anexo 1), mientras que el segundo fue el mapa de la vegetación de las montañas de Córdoba publicado por Cingolani et al. (2022), como puede observarse en la figura 3.A. Ambas clasificaciones se compararon y, debido a las similitudes encontradas (ver Anexo 1), se consideró trabajar con la clasificación de Cingolani et al. (2022) ya que presenta un archivo en formato ráster, el cual proporciona una matriz de datos vinculada a información que permitió un análisis espacial y estadístico más adecuado (QGIS, 2015). Cabe destacar que esta clasificación se basa en la vegetación que se registró durante los relevamientos realizados en 2005 y 2009, y que, en este estudio, se considerará como la vegetación actual de la Reserva, sin tener en cuenta las posibles transformaciones que hayan ocurrido desde entonces.

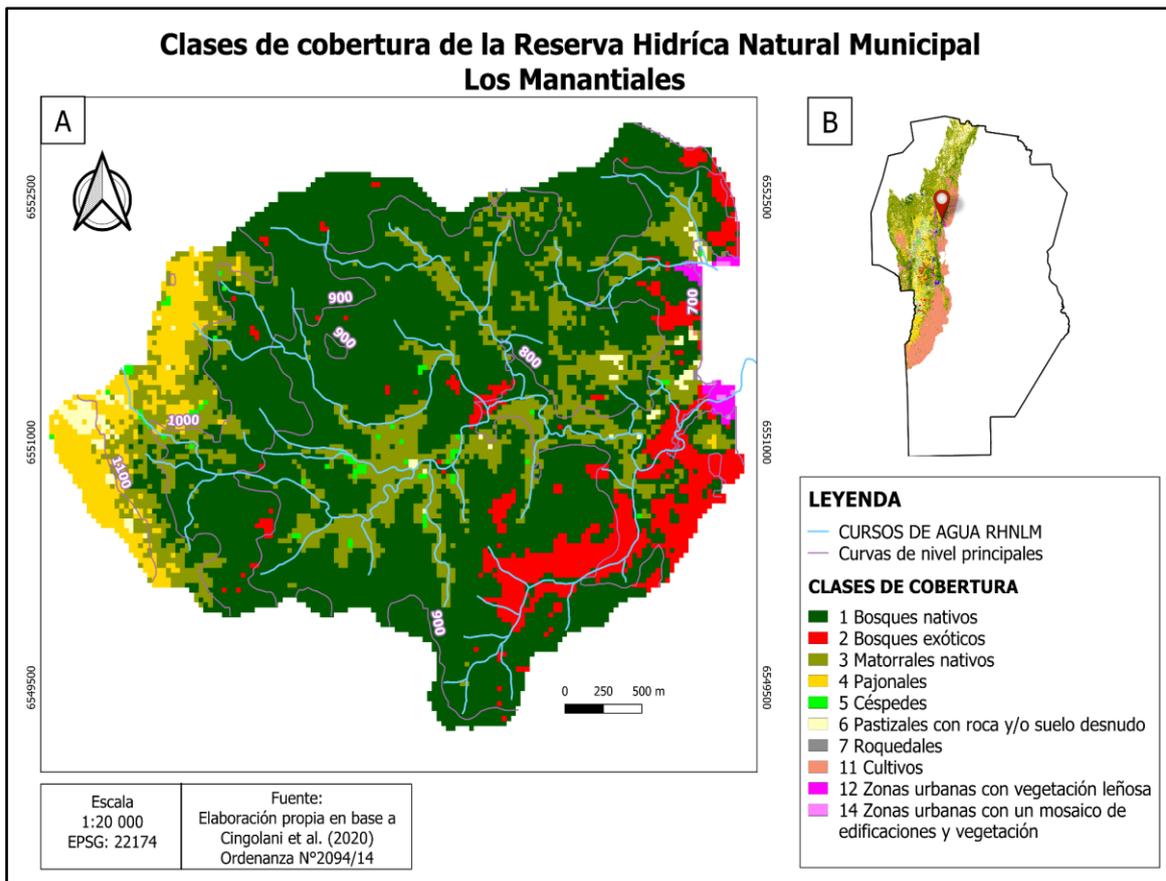


Figura 3. A. Mapa de las distintas clases de cobertura que componen la Reserva y B. Clases de cobertura de las Sierras de Córdoba identificando la ubicación de la Reserva.

En el Mapa de Clases de Cobertura de la Reserva (Fig. 3A) se identificaron 10 clases de cobertura, sin embargo, para este estudio se excluyeron las coberturas no vegetales, tales como las zonas urbanas, roquedales y cultivos, ya que se consideran paisajes modificados por la intervención urbana (ver Anexo 2). Se consideraron únicamente seis clases de vegetación: (1) bosques nativos, (2) bosques exóticos, (3) matorrales nativos, (4) pajonales, (5) céspedes y (6) pastizales con roca y/o suelo desnudo, las cuales son relevantes para la caracterización y el análisis del área de estudio. A continuación, se describe cada clase de vegetación basada en la información de Cingolani et al. (2022):

1- Bosques nativos: esta clase se caracteriza por tener áreas con más del 40% de cobertura arbórea y alturas máximas de hasta 15 metros. Est n dominados por árboles propios del piso serrano, tales como el molle (*Lithraea molleoides*), orco quebracho (*Schinopsis lorentzii*), piquillín (*Condalia buxifolia*), tala (*Celtis ehrenbergiana*), entre otros. También es común encontrar especies leñosas exóticas. Los bosques nativos se localizan generalmente en laderas escarpadas con una orientación preferentemente hacia el suroeste.

2- Bosques exóticos: presenta áreas con más del 70% de cobertura leñosa, con árboles que pueden superar los 20 metros de altura y la presencia ocasional de leñosas menores a 3 metros. A menudo se encuentran especies arbóreas nativas. Esta clase incluye plantaciones y sectores invadidos por pinos (*Pinus* spp.), así como grandes extensiones invadidas por siempreverde (*Ligustrum lucidum*) y en menor medida por otras especies. La mayor parte se encuentra distribuida por debajo de los 1000 m; en particular entre 800 y 900 m. cómo se puede observar en la Figura 3 A.

3- Matorrales nativos: se refiere a áreas con una cobertura arbustiva entre el 30% y 60%. El estrato arbóreo raramente supera el 25% y la superficie descubierta, sea suelo desnudo o roca, es casi siempre inferior al 15%. Están dominados por diferentes especies de arbustos, incluyendo espinillo (*Vachellia caven*), romerillo (*Baccharis aliena*) y garabato macho (*Senegalia gillesii*), entre muchas otras. Además, en el estrato arbustivo aparecen especies arbóreas nativas y a menudo especies leñosas exóticas. También presenta pajas como *Festuca hieronymi* y/o *Jarava pseudoichu*.

4- Pajonales: esta clase se caracteriza por presentar un estrato de pastos y latifoliadas herbáceas altas. Es frecuente encontrar especies arbóreas nativas de bajo porte, y también leñosas exóticas. Las especies presentes son *Festuca hieronymi*, *Festuca lilloi* y/o *Deyeuxia hieronymi* que se encuentran mayoritariamente por encima de los 1000 m. (Fig. 3A). En las partes más bajas y planas se incluyen algunas pasturas abandonadas, dominadas por pastos perennes exóticos altos (ej. *Eragrostis curvula*) y pastos nativos.

5- Céspedes: clase dominada por un estrato herbáceo de plantas bajas, cuya cobertura siempre es mayor al 50%. Los arbustos son escasos y los árboles casi inexistentes. Dominan distintas especies de gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, que varían según la altitud, incluyendo *Lachemilla pinnata*, *Piptochaetium montevidense*, *Dichondra* spp., *Krapovickasia flavescens*, entre muchas otras. Se distribuyen entre los 700 y 800 m de altitud (Fig.3A), ubicados en lugares relativamente planos a lo largo de todas las sierras. Son seleccionados y mantenidos por el ganado, y están dominados por plantas tolerantes al pastoreo.

6- Pastizales con roca y/o suelo desnudo: suele tener un estrato arbustivo disperso, típicamente con un 25% de cobertura, y en algunos casos los arbustos son poco importantes o están ausentes. Está dominado por distintas especies, entre ellas las pajas

Jarava pseudoichu, *Festuca hieronym*, como así también por *Deyeuxia hieronymi*, *Sorghastrum pellitum* y/o *Jarava juncoides*. Presenta arbustos de espinillo y romerillo, entre muchos otros. Es común encontrar especies de árboles nativos en el estrato arbustivo. Se encuentran zonas de pastizales en todos los sistemas serranos y a lo largo del gradiente altitudinal completo. Las zonas más bajas y planas incluyen áreas que fueron deforestadas, cultivadas y luego abandonadas, que aún conservan más de un 20% de suelo desnudo.

4.3. CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE URBANIZACIÓN

Para conocer el modelo de urbanización en la Reserva previamente se realizó una comparación de imágenes satelitales del avance de la urbanización. Posteriormente, se evaluaron diversos mapas, incluyendo el Mapa del parcelario catastral, el cual muestra todos los lotes aprobados en la reserva; el Mapa de Zonificación, que define las áreas urbanas (AU), de conservación (AC) y máxima conservación (AMC), así como el Mapa de Pendientes Promedio en Porcentajes de cada parcela. También se analizaron el factor de Ocupación de Suelo (FOS) y el Factor de Ocupación Total (FOT). Estos parámetros regulan diversos criterios de urbanización, como la cantidad de metros cuadrados permitidos para la edificación y los diferentes usos permitidos en la Reserva, como por ejemplo el uso residencial, turístico y otros.

4.3.1. RELEVAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN

Para evaluar la dinámica del avance de la urbanización se compararon visualmente imágenes satelitales tomadas en abril de 2003 y 2021 extraídas de Google Earth Pro, en las cuales se identificó la cantidad de construcciones existentes. Los años fueron seleccionados en base a la mayor calidad presente en las imágenes satelitales y porque el proceso de urbanización en la Reserva se intensificó hace aproximadamente 20 años (Quaranta, com.pers.). El año 2003 se consideró como anterior a la creación de la Reserva mientras que el 2021 se tomó como posterior a la sanción de la ordenanza N°2094/14. De esta forma, se cubren en el tiempo dos hitos importantes de la Reserva.

4.3.2. PARCELARIO

Para obtener el parcelario catastral completo de la Reserva, se utilizaron los datos de [Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba](#) (IDECOR). Durante el proceso de curación y preparación de la información espacial, se identificaron varias parcelas que carecían de información, las cuales se les denominó “parcelas **no definidas**”¹. Utilizando la herramienta de unión espacial de QGIS, se combinaron las parcelas urbanas y rurales con las parcelas no definidas, para obtener el registro catastral completo de la Reserva, tal como se muestra en la Figura 4. Cabe mencionar que parcela² y lote son considerados sinónimos.

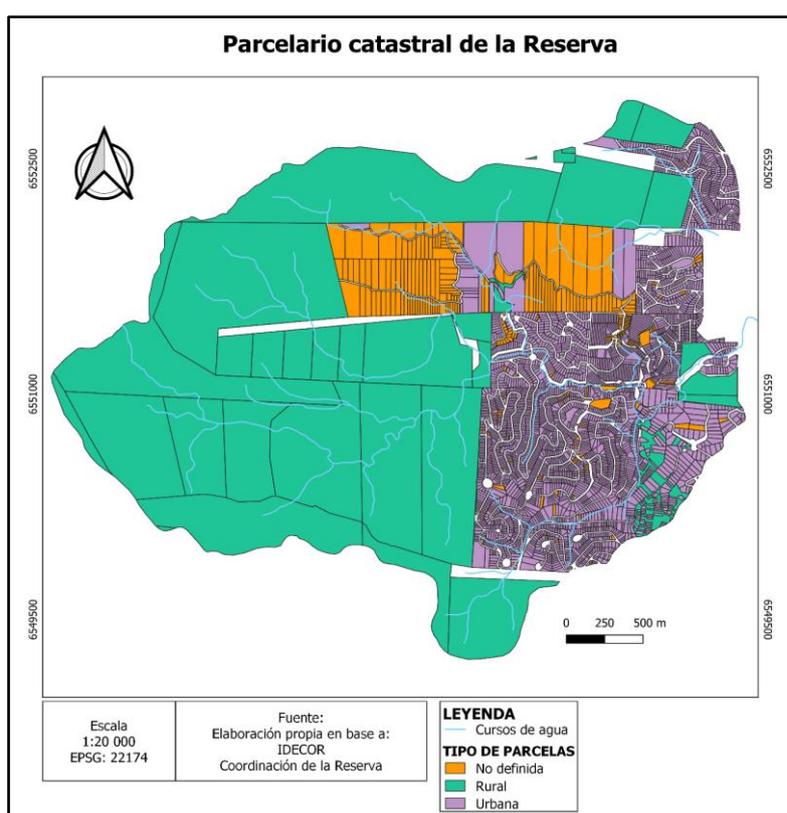


Figura 4. Mapa del parcelario catastral de la Reserva, formado por parcelas de tipo rural, urbanas y no definidas.

¹ **Parcelas no definidas:** son aquellas que no cuentan con información catastral disponible en la página web de [Catastro Córdoba](#). Según Escribano (com. pers.), esto se debe a un error de migración y actualización de datos entre la Dirección General de Rentas y Catastro de la Provincia de Córdoba. Cabe destacar que se trata de lotes rurales con escritura y dueño identificable. Para solucionar esta situación, la Coordinación de la Reserva proporcionó el parcelario municipal, a través del cual se logró extraer la información necesaria utilizando el software QGIS y la herramienta de selección por localización.

² **Parcela o Lote o Terreno:** es toda superficie indivisa de terreno dentro de los límites determinados por los títulos de propiedad, los planos de fraccionamiento debidamente aprobados por los organismos competentes, sean de un solo propietario o de varios en condominio.

4.3.3. ZONIFICACIÓN DE LA RESERVA SEGÚN ORDENANZA N°2094/14

La Reserva se compone de tres áreas principales, cada una de las cuales se subdivide en tres zonas específicas. El Área Urbana (AU) se divide en Zona 1 (AU Z1), Zona 2 (AU Z2), y Zona 3 (AU Z3); Área de Conservación (AC) incluye las Zona 1 (AC Z1), Zona 2 (AC Z2), y Zona 3 (AC Z3), mientras que las Áreas de Máxima Conservación (AMC) consta de tres zonas 1, 2 y 3. La Figura 5 muestra la ubicación de cada una de estas zonas.

La **Zona 1 del Área Urbana (AU-Z1)**, es la zona más consolidada de La Reserva, con actividad residencial y la más cercana a la trama urbana. Muestra un alto fraccionamiento de tierra con lotes de pequeño tamaño y el mayor grado de ocupación de todas las zonas urbanas. Posee servicios públicos como la red de energía eléctrica y de recolección de residuos, no así de agua potable. La mayor parte de las calles están consolidadas. Esta zona, por su pendiente, su grado de impermeabilización y la escasez de bosque nativo, presenta un alto riesgo de erosión hídrica. Incluye partes del Barrio Agua del Peñón, Ñu Porá y El Vergel.

La **Zona 2 del Área Urbana (AU-Z2)**, está caracterizada por poseer un grado medio de consolidación, calles parcialmente abiertas, con actividad residencial y productiva artesanal. Está localizada en un espacio central de la Reserva, alejada de la trama urbana. La Zona no posee red de energía eléctrica, red de agua potable ni servicio de recolección de residuos. Es atravesada por el Arroyo Mal Paso, el cual en todo su recorrido presenta una importante invasión de plantas exóticas como siempreverde. Incluye Barrio Los Manantiales.

La **Zona 3 del Área Urbana (AU-Z3)** a pesar de su alto grado de subdivisión, no posee calles abiertas y prácticamente no presenta ocupación a la fecha. No posee red de electricidad, red de agua potable ni recolección de residuos. En laderas con gran pendiente posee bosques nativos y mixtos en buen estado de conservación. Esta zona comprende partes de Barrio Parque, San Francisco, María Cristina, El Vergel y Agua del Peñón.

La **Zona 1 del Área de Conservación (AC-Z1)** incluye sitios de alto valor turístico y patrimonial, como lo son "Las Pisaditas" y la "Cueva de Los Chanchos". Esta Zona comprende subdivisiones de tamaños diversos, sin embargo, su ocupación a la fecha es mínima. Está enmarcada en áreas de arbustales, bosque abierto, laderas con bosque denso y

pocos sitios con invasión de exóticas. Está atravesada por una de las calles principales de La Reserva, Calle Alberdi – Av. La Cascada, que llega hasta su límite Oeste, siendo el único acceso a las diferentes propiedades, incluso a los sitios patrimoniales.

La Zona 2 del Área de Conservación (AC-Z2) se caracteriza por ser la de mayor transformación del tipo rural, conteniendo viviendas, infraestructura vinculada a la producción ganadera, antiguas chacras, además de infraestructura de uso turístico. Enmarcadas en un bosque nativo serrano que presenta un buen estado de conservación, con presencia de bosques densos, bosques abiertos y arbustales, con muy baja cobertura de invasión por exóticas. Esta zona incluye sitios de apertura de vertientes, desde donde se toma el agua por algunos pobladores.

La Zona 3 del Área de Conservación (AC-Z3) es la de mayor extensión de toda la Reserva. Si bien, una parte de esta zona tiene subdivisión de la tierra, esta no está consolidada desde hace muchos años. Toda la superficie tiene un uso rural ganadero extensivo, turístico y familiar en relación al aprovechamiento de hierbas serranas y otros productos forestales no madereros. Involucrando áreas con Bosque nativo en diferentes estados de conservación: bosque denso, bosque abierto, arbustales, bosques invadidos de especies exóticas, y la comunidad de pastizales de altura, que rodean las nacientes de los cursos de agua.

Las Áreas de Máxima Conservación (AMC), están definidas por las microcuencas que involucran sitios de nacientes de cursos de agua de La Reserva. Son estratégicas en la regulación del riesgo hídrico, previniendo inundaciones y deslizamientos aguas abajo. Estas se encuentran en altura, superando los 1000 m.s.n.m, lo que se vincula con sitios de alto valor paisajístico de la localidad. Son áreas vulnerables que requieren un uso restringido de la población, máxima conservación del bosque serrano nativo y nula transformación. Algunas, poseen cierto grado de invasión de plantas exóticas, por lo que es necesario un trabajo de restauración ecológica a mediano plazo. Debido a la presencia de nacientes y agua superficial, se considera a estas áreas no aptas para la localización de actividades permanentes, poniendo en riesgo la seguridad de la población, los servicios ecosistémicos, los bienes públicos y privados.

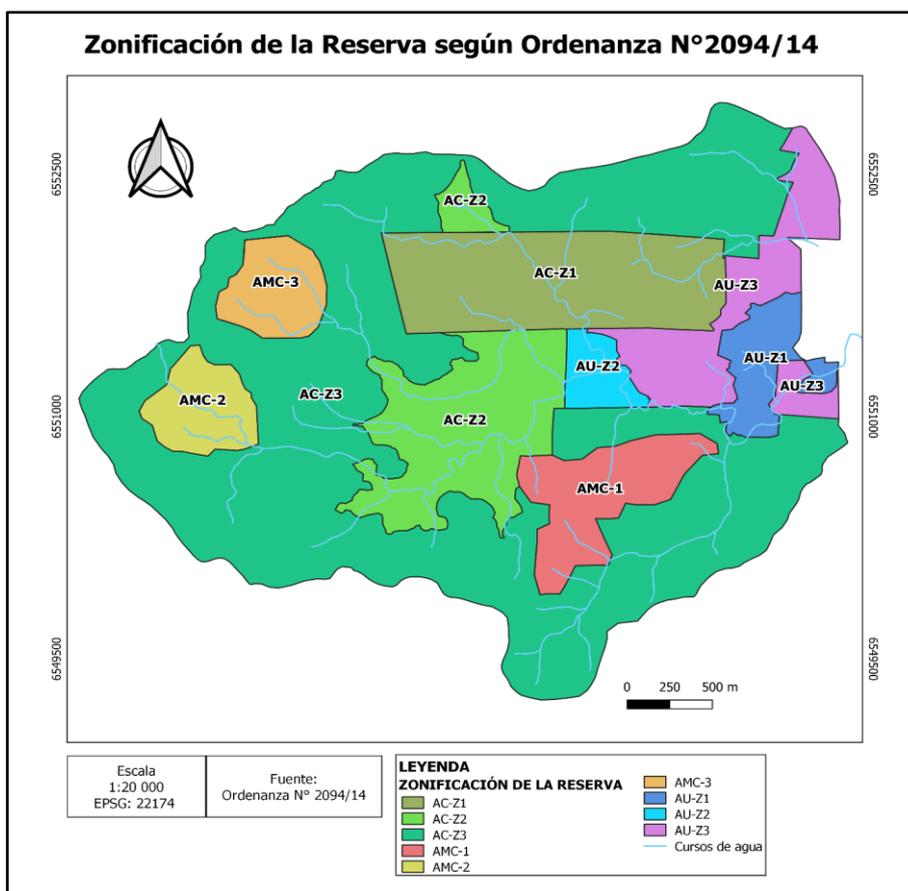


Figura 5. Zonificación de la Reserva. Área de Conservación (AC) con Zonas 1 (AC-Z1), 2 (AC-Z2) y 3 (AC-Z3), Área Urbana (AU) con sus tres zonas, Zona 1 (AU-Z1), 2 (AU-Z2) y 3 (AU-Z3) y Área de Máxima Conservación (AMC) con Zona 1 (AMC 1), 2 (AMC 2) y 3 (AMC 3).

4.3.4. DISPOSICIONES SOBRE USOS y OCUPACIÓN DE SUELO

La ordenanza N° 2094/14 de la Reserva establece tres tipos de usos del suelo para las zonas delimitadas: "uso principal", "uso complementario" y "uso prohibido". El uso principal se refiere a la actividad preferente para una determinada área y define su carácter distintivo. El uso complementario se destina a cubrir las necesidades asociadas al uso principal o a completarlo. Por último, el uso prohibido se refiere a cualquier actividad no contemplada en los usos principales o complementarios, así como a aquellas actividades que se consideran inconvenientes para cualquier área de la Reserva.

Los usos del suelo permitidos se clasifican según su actividad dominante en cinco categorías: uso de suelo residencial, uso de suelo turístico responsable, uso de suelo institucional ambiental, uso de suelo servicios complementarios y uso de suelo sustentable rural (más detalles en el Anexo 3).

4.3.5. PENDIENTE

La Ordenanza N° 2094/14 utiliza la pendiente, medida en porcentaje, como criterio para definir el tipo de uso de suelo permitido o prohibido, así como para determinar los factores de ocupación (FOS y FOT), el área o sector adecuado y la forma de construcción dentro de la Reserva (en el Anexo 4 se describen los criterios de pendiente para cada área de la Reserva).

Para elaborar el mapa de pendientes de la Reserva, se utilizó un modelo digital de elevación del terreno (MDE) con una resolución espacial de 5 metros. A partir de este MDE, se generó el mapa de pendientes promedio en porcentajes para cada parcela. Este cálculo se realizó mediante la herramienta "Estadísticas de Zonas" de QGIS, utilizando como entrada la capa vectorial del parcelario catastral completo (Fig.4) y el MDE AR5m. La Figura 6 muestra el mapa de pendientes de la Reserva.

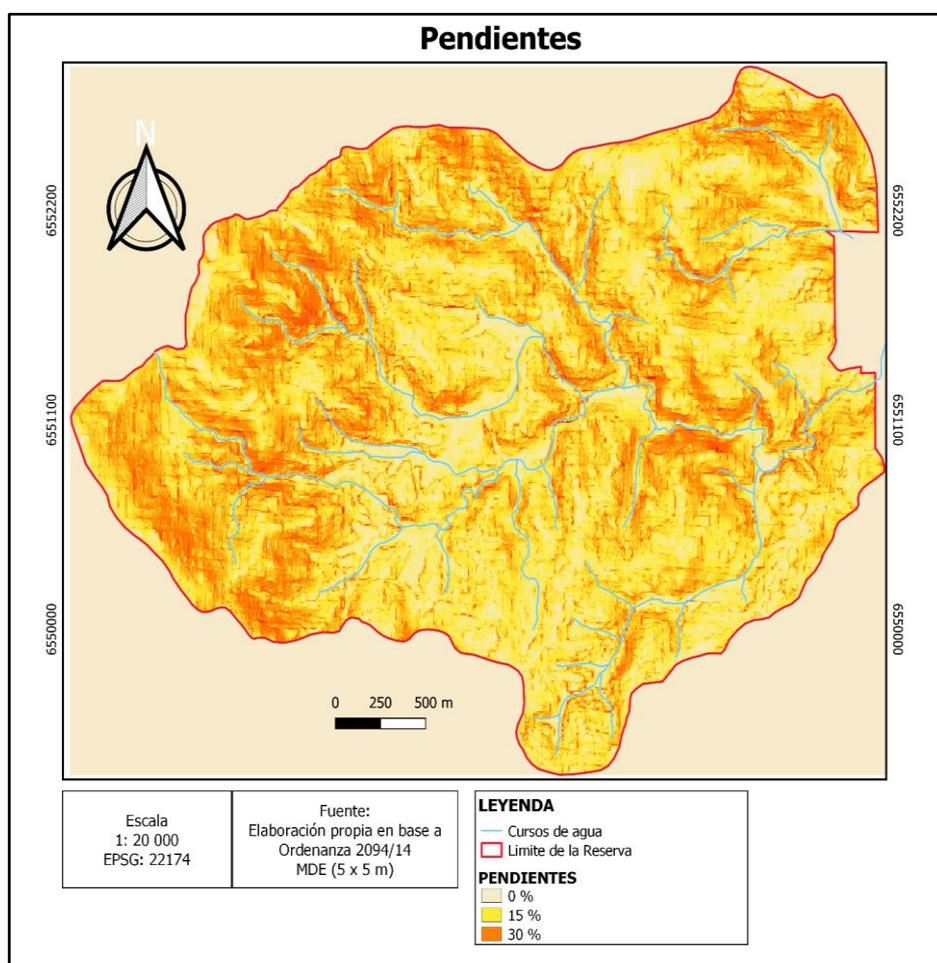


Figura 6. Mapa de pendientes en porcentaje de la Reserva

4.3.6. FACTORES DE OCUPACIÓN DEL SUELO

La Ordenanza N°2094/14 establece que los factores de ocupación en las distintas zonas de la Reserva se definen en función de la pendiente del terreno y la superficie en metros cuadrados de la parcela, lo que determina la cantidad de metros cuadrados permitidos para la edificación (para más detalle ver Anexo 5). Existen dos factores de disposiciones sobre uso y ocupación del suelo, que se describen a continuación:

El Factor de Ocupación del Suelo (FOS) es el índice que expresa la relación entre la superficie máxima del suelo ocupada por el edificio y la superficie de la parcela. Para el cálculo del FOS, se debe considerar la proyección cenital del edificio sobre el terreno, incluyendo las superficies cubiertas y semicubiertas sobre la cota de parcela. Por ejemplo, en la AU Z1, para parcelas de hasta 1500 m², con una pendiente de hasta 15%, el FOS es de 0,1.

El Factor de Ocupación Total (FOT) es el índice que indica la relación entre la superficie cubierta máxima edificada y la superficie de la parcela. Se considera superficie cubierta edificada en una parcela, a la suma de todas las áreas cubiertas en cada planta, incluyendo los espesores de tabiques, muros interiores y exteriores. Siguiendo con el ejemplo anterior, en la AU Z1, para parcelas de hasta 1500 m², con una pendiente de hasta 15%, el FOT es de 0,12.

4.3.7. NUEVA ZONIFICACIÓN

Durante el proceso de composición de mapas, se superpusieron las capas vectoriales del parcelario catastral completo (Fig. 4) y la zonificación de la Reserva (Fig. 5), lo que permitió observar que 12 parcelas de gran tamaño contenían más de una zonificación (Tabla 1, Fig. 7), lo que representa el 46% de la superficie total de la Reserva. Ante esta situación, se decidió llevar a cabo una reasignación de zonas primando la máxima permisividad según la normativa existente para el cambio de uso de suelo. Este criterio hace referencia a las superficies mínimas de parcela³, tipo de uso de suelo permitido (Anexo 3) y la capacidad de construcción permitida (FOS y FOT). En consecuencia, se

³ **Superficie Mínima de Parcela:** se refiere a la dimensión mínima -expresada en metros cuadrados- con la que debe contar una parcela para el establecimiento de un uso de suelo de acuerdo a su ubicación en un área y zona determinada.

optó por reemplazar las zonas con los criterios más restrictivos por las menos restrictivas, con el objetivo de unificar toda la parcela bajo una única zonificación. Cabe destacar que, en esta nueva zonificación, no se incluyeron las zonas AMC 2 y 3, tampoco se incluyeron las calles y caminos. El mapa de la Figura 8, muestra la distribución de esta reasignación. Los criterios considerados para la reasignación de zonas se describen en el Anexo 6

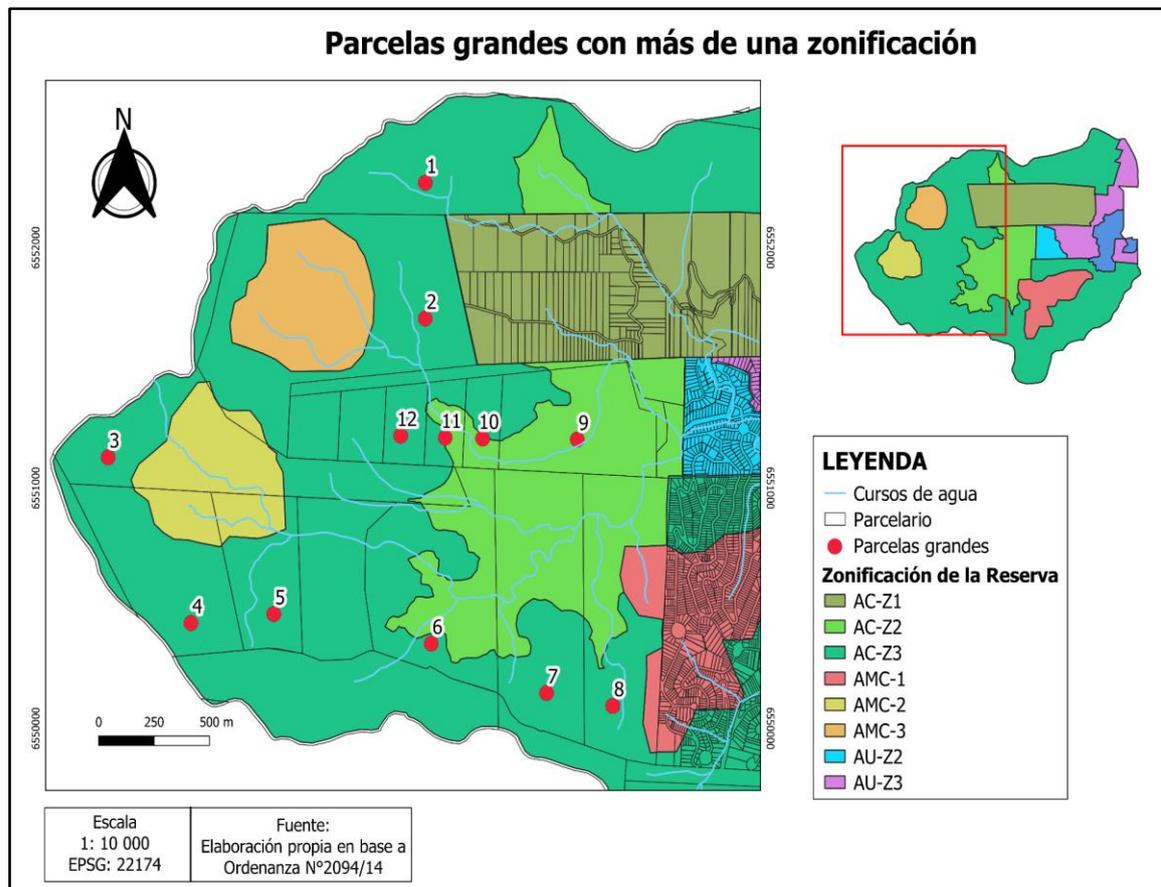


Figura 7. Sector de la Reserva que comprende las parcelas grandes con más de una zonificación. La superposición de capas que se observa son el Parcelario catastral y la zonificación de la Reserva.

Tabla 1. Reasignación de zonas a las doce parcelas que contienen más de una zonificación, estableciendo una zona principal y zonas complementarias.

	Zona Principal	Zona Complementaria 1	Zona Complementaria 2
PARCELA 1	AC Z2	AC Z3	
PARCELA 2	AC Z3	AMC 2	AMC 3
PARCELA 3	AC Z2	AC Z3	AMC 2
PARCELA 4	AC Z3	AMC 2	
PARCELA 5	AC Z3	AMC 2	
PARCELA 6	AC Z2	AC Z3	
PARCELA 7	AC Z2	AC Z3	
PARCELA 8	AC Z2	AC Z3	AMC 1
PARCELA 9	AC Z2	AC Z3	
PARCELA 10	AC Z2	AC Z3	
PARCELA 11	AC Z2	AC Z3	
PARCELA 12	AC Z2	AC Z3	

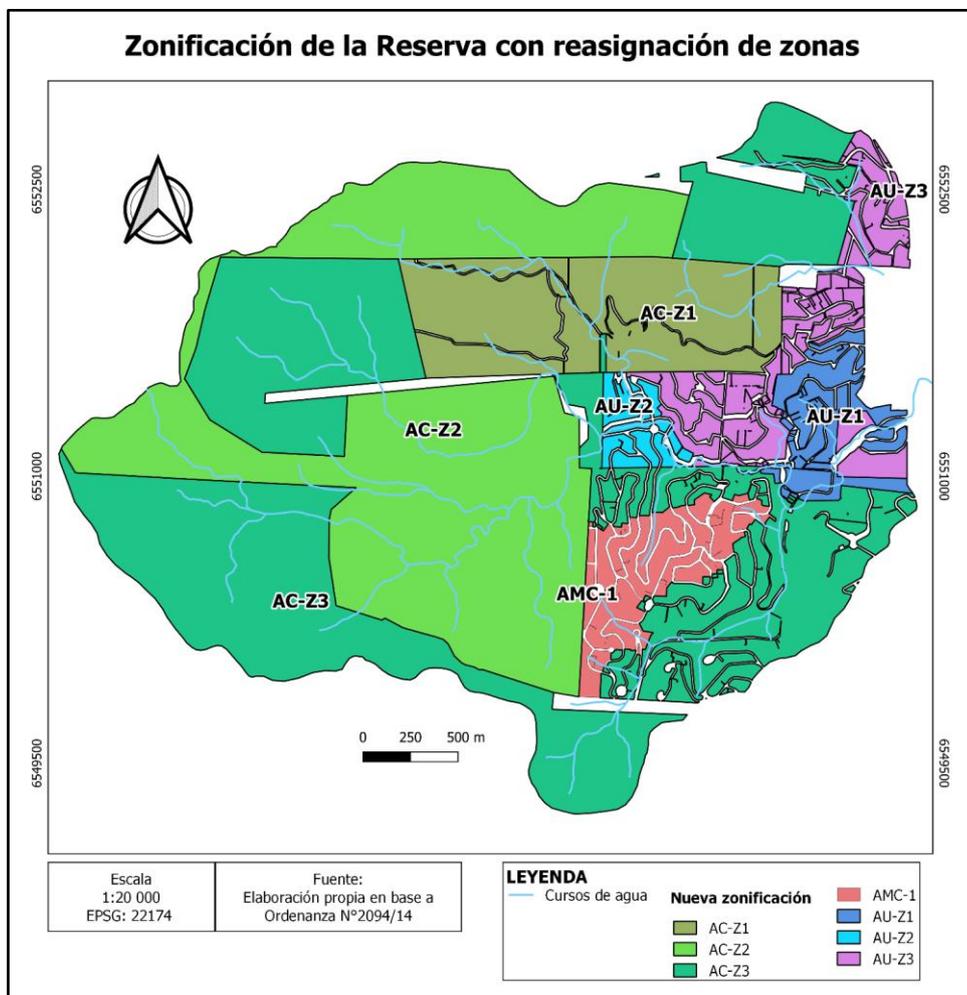


Figura 8. Nueva zonificación de la Reserva con reasignación de zonas. Área de Conservación (AC), Área Urbana (AU), Área de Máxima (AMC). Basado en el criterio de restricciones que establece la ordenanza para cambio de uso de suelo.

4.4. ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL

Con el fin de evaluar la pérdida de cobertura vegetal causada por el avance de la urbanización en tres posibles escenarios (20%, 50% y 100%), se consideraron diversas variables a partir de la cobertura vegetal, zonificación, pendiente, parcelario catastral y FOS. Utilizando el software QGIS, se establecieron una serie de sentencias condicionales que determinaron los criterios de cambio de uso de suelo para cada zona en cada uno de los escenarios. A continuación, se detallan las variables, su método de cálculo y se presenta un ejemplo utilizando los datos obtenidos a través de QGIS.**HISTOGRAMA ZONAL (H)**

El Histograma zonal (H) es un algoritmo que calcula las estadísticas de una capa ráster (en este caso las clases de vegetación de la Reserva) para cada entidad de una capa vectorial (parcelario completo). Como resultado, se agregan nuevas columnas a la capa de vector de origen que indica la cantidad de metros cuadrados (m²) de cada clase de vegetación en cada parcela, identificados mediante un prefijo H_n, donde “n” hace referencia al número de la clase de vegetación (Tabla 2). Estos datos obtenidos forman parte de la situación actual de la reserva, es decir la cantidad de m² de cada clase de vegetación (según Cingolani et al., 2022) que la componen.

Tabla 2. Histograma zonal: Prefijos H_n que identifican a cada clase de vegetación.

Histograma zonal	Clases de vegetación
H_1	Bosques nativos
H_2	Bosques exóticos
H_3	Matorrales nativos
H_4	Pajonales
H_5	Céspedes
H_6	Pastizales con roca y/o suelo desnudo

La resolución del píxel en la capa de salida original fue de 30 x 30 metros, lo cual se consideró demasiado grande. Para mejorar la precisión en las mediciones, se redujo la resolución a 0,99 x 0,99 metros. Esta nueva resolución permite que un píxel de la capa de salida sea equivalente a un metro cuadrado (m²). A partir de ahora, se utilizará la unidad de metros cuadrados para referirse a la capa de salida del histograma zonal.

Ejemplo:

- Parcela Id: 0
- Zona AC Z1
- Histograma zonal

(H_1): Bosques nativos: 16.708 m²

(H_3): Matorrales nativos: 3.842 m².

4.4.1. FOS MÁXIMO EN PORCENTAJE (FOS_MAX_%)

Para determinar el valor máximo del FOS permitido en cada parcela de la Reserva, se utilizaron sentencias condicionales (Anexo 7) en la calculadora de campo del software Qgis, considerando los criterios definidos para cada zona (Anexo 5). Estos criterios se basan en la superficie en m² de la parcela y la pendiente calculada (a través de estadísticas de zonas). La variable resultante representa el FOS máximo en porcentaje permitido para cada parcela.

Ejemplo:

- Parcela Id: 0
- Zona: AC Z1
- Superficie de la parcela: 20.546,84 m²
- FOS_MAX_%: 0,03

4.4.2. FOS MÁXIMO EN METROS CUADRADOS (FOS_MAX_m2)

Para obtener el FOS máximo permitido en cada parcela de la Reserva en metros cuadrados, se desarrolló un conjunto de sentencias condicionales que se detallan en el Anexo 8. Estas sentencias definen los criterios de la zona a la que pertenece cada parcela y su tamaño correspondiente, permitiendo así obtener el FOS máximo en términos de metros cuadrados.

Ejemplo:

- Parcela Id: 0
- Zona: AC Z1
- Superficie de la parcela: 20.546,84 m²

- FOS_MAX_%: 0,03
- FOS_MAX_m2: 300 m2

4.4.3. FOS CALCULADO (FOS_CALCUL)

El FOS calculado representa el valor en m2 que se podría construir en cada parcela, teniendo en cuenta la superficie en m2 de la parcela y el FOS_MAX%. Este cálculo se llevó a cabo mediante la fórmula:

$$FOS_CALCUL = (Sup_m2 * FOS_MAX_%)$$

Ejemplo:

- Parcela Id:0
- Zona:AC Z1
- Superficie de la parcela: 20.546,84 m2
- FOS_MAX_%:0,03
- FOS_MAX_m2: 300 m2
- FOS_CALCUL: 616,41 m2

4.4.4. MÁXIMO EDIFICABLE (MAX_EDIF)

El valor de máximo edificable representa los metros cuadrados máximos permitidos para la construcción, teniendo en cuenta la zonificación, el tamaño de la parcela y el FOS. Este cálculo se realizó mediante el procesamiento de un conjunto de sentencias que definieron los criterios antes mencionados, los cuales se encuentran detallados en el Anexo 9.

Ejemplo:

- Id: 0
- Zona: AC Z1
- Superficie de la parcela: 20.546,84 m2
- FOS_MAX_%: 0,03
- FOS_MAX_m2: 300 m2
- FOS_CALCUL: 616,41 m2

- MAX_EDIF: 300 m2

Al analizar los datos del ejemplo, se observa que el FOS_CALCUL de la parcela permite una construcción de hasta 616,405 m2, según su tamaño. Sin embargo, la ordenanza en el área de conservación establece un límite máximo de construcción de 300 m2 para parcelas de hasta 15 ha en el FOS_MAX_m2. Por lo tanto, teniendo en cuenta la zona, el FOS y el tamaño de la parcela, el MAX_EDIF permitido es de 300 m2, lo que significa que la edificación no puede exceder este tamaño.

Otro ejemplo:

- Parcela id: 216
- Zona: AC Z3
- Superficie: 438,93 m2
- FOS_MAX_%: 0,03
- FOS_MAX_m2: 300 m2
- FOS_CALCUL: 13,168 m2
- MAX_EDIF: 50 m2

En este caso la parcela cuenta con un FOS_CALCUL:13,168 m2, siendo una superficie inferior a los estándares mínimos admisibles. Debido a esto, el MAX_EDIF es de 50 m2. En el Art. 290° de la Ordenanza N°2094/14 indica que cuando los factores de ocupación determinen superficies inferiores a los estándares mínimos admisibles definidos en el art. 18 de la Ordenanza Uso de Suelo N°1622/07, se permitirá edificar una unidad funcional por parcela cuya superficie cubierta máxima edificada (FOT) será 50 m2.

4.4.5. MÁXIMO EDIFICABLE % (MAX_EDIF_%)

El valor máximo edificable representa el porcentaje de la parcela susceptible de ser construida. Para este cálculo se tuvo en cuenta el MAX_EDIF y la superficie en m2 de la parcela, mediante la siguiente fórmula:

$$MAX_EDIF_% = (MAX_EDIF * 100) / sup_m2)$$

Ejemplo:

- Parcela Id: 0
- Zona: AC Z1
- Superficie de la parcela: 20.546,84 m²
- FOS_MAX_%: 0,03
- FOS_MAX_m2: 300 m²
- FOS_CALCUL: 616,41 m²
- MAX_EDIF: 300 m²
- MAX_EDIF_%: 1,46 %

4.4.6. HISTOGRAMA CALCULADO (H_C)

A partir del histograma zonal (H), se realizó el cálculo del histograma calculado (H_C). Este valor representa la cantidad de metros cuadrados de cada clase de vegetación que se conservan después de haber realizado la simulación de avance de la urbanización, considerando el 100% de las parcelas y el máximo edificable (MAX_EDIF_%) permitido por cada parcela.

La fórmula utilizada para cada clase de vegetación es:

$$H_C = H_n - ((MAX_EDIF_% * H_n) / 100)$$

Ejemplo:

- Parcela Id: 0
- Zona: AC Z1
- H_1: Bosques nativos: 16.708 m²
- H_3: Matorrales nativos: 3.842 m²
- Superficie de la parcela: 20.546,84 m²
- FOS_MAX_%: 0,03
- FOS_MAX_m2: 300 m²
- FOS_CALCUL: 616,41 m²
- MAX_EDIF: 300 m²
- MAX_EDIF_%: 1,46 %
- H_1_C: 16.464,06 m²
- H_3_C: 3.785,91 m²

De esta manera, en el ejemplo anterior de la parcela id 0, la cual tiene 16.708 m² de bosque nativo y 3.842 m² de matorrales nativos, si se urbaniza al nivel máximo permitido, se conservarán 16.464,06 m² de bosques nativos y 3.785,91 m² de matorrales nativos.

4.4.7. DELTA_H

Se denominará DELTA_H al valor de pérdida de cada clase de vegetación en cada parcela, obtenido mediante la diferencia entre la cantidad actual de metros cuadrados de cada clase de vegetación (datos obtenidos a través del histograma zonal H) y la cantidad de metros cuadrados de cada clase de vegetación que se conservan (H_C). Esta medida se expresa en metros cuadrados y refleja la cantidad de vegetación que se pierde en cada caso, mediante la siguiente fórmula:

$$DELTA_H = (H_n) - (H_C)$$

Ejemplo:

- Parcela Id: 0
- H_1: Bosques nativos: 16.708 m²
- H_3: Matorrales nativos: 3.842 m²
- H_1_C: 16.464,06 m²
- H_3_C: 3.785, 91 m²
- DELTA_H_1: 243,94 m²
- DELTA_H_3: 56,1 m²

Siguiendo con el mismo ejemplo de la parcela Id 0, se puede observar que si se urbaniza al nivel máximo permitido se perderán 243,94 m² de Bosques nativos y 56,1 m² de Matorrales nativos.

4.5. ESCENARIOS PROSPECTIVOS

Con el objetivo de estimar el impacto de la urbanización sobre la cobertura vegetal de la Reserva, se realizaron simulaciones de avance de la urbanización sobre los lotes

aprobados. Para ello, se tuvieron en cuenta los datos proporcionados por el histograma zonal (H), el histograma calculado (H_C) y el DELTA_H.

Se simularon cuatro escenarios, uno de situación actual y tres situaciones teóricas:

- **Situación actual:** este modelo representa una fotografía actual de las coberturas presentes en la reserva (según Cingolani et al., 2022), representada por los datos obtenidos del histograma zonal (H).
- **Situación teórica:** basada en la simulación de tres escenarios de avance de la urbanización, considerando la pérdida de cobertura vegetal en el caso de urbanizar 100%, 50% o 20% de los lotes aprobados en cada zona. A continuación, se describe la metodología que se aplicó para la construcción de los escenarios:

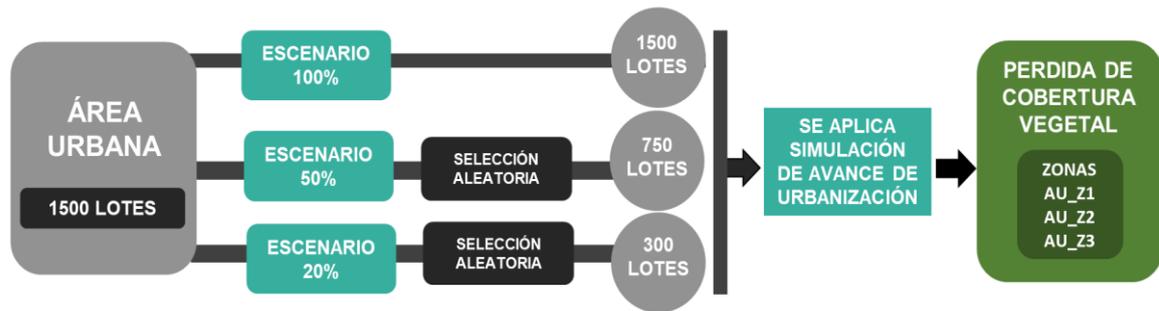
Escenario del 100%: se aplicó la simulación de avance de la urbanización al total de las parcelas que conforman cada área. Posteriormente se analizó la pérdida de la cobertura vegetal de forma detallada en cada una de las zonas que la componen.

Escenario del 50%: Se realizó una asignación aleatoria al total de las parcelas a través de una función de excel y se seleccionó el 50% para aplicarle la simulación de avance de urbanización. Las parcelas restantes, conservan los valores del escenario actual (H y H_C) y los DELTA_H con valor cero para reflejar que no fueron afectadas por la urbanización. Luego se analizó la pérdida de la cobertura vegetal de forma detallada en cada una de las zonas que componen el área.

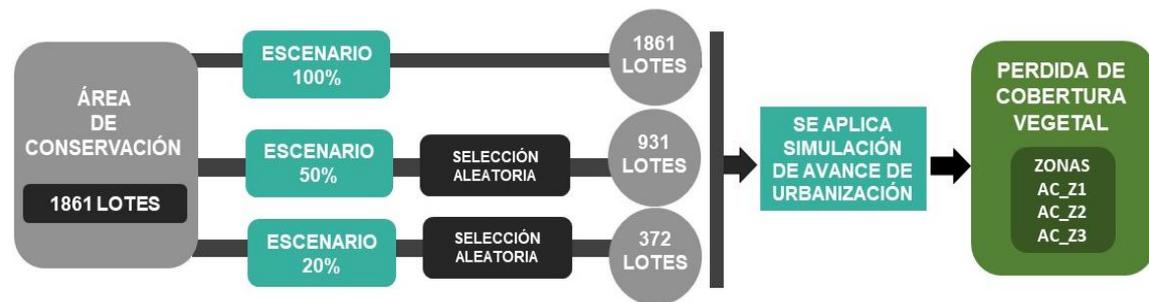
Escenario del 20%: se realizó un sorteo aleatorio del total de parcelas y se seleccionaron el 20%, para aplicarles la simulación de avance de la urbanización. El 80% de los lotes restantes conservan los valores del escenario actual (H y H_C) y los DELTA_H con valor cero para reflejar que no fueron afectadas por la urbanización. Luego se analizó la pérdida de la cobertura vegetal de forma detallada en cada una de las zonas que componen el área.

A continuación, se resumen, en formato de diagramas, los escenarios simulados de pérdida de vegetación por avance de la urbanización dentro de cada área según la zonificación de la Reserva:

A)



B)



C)

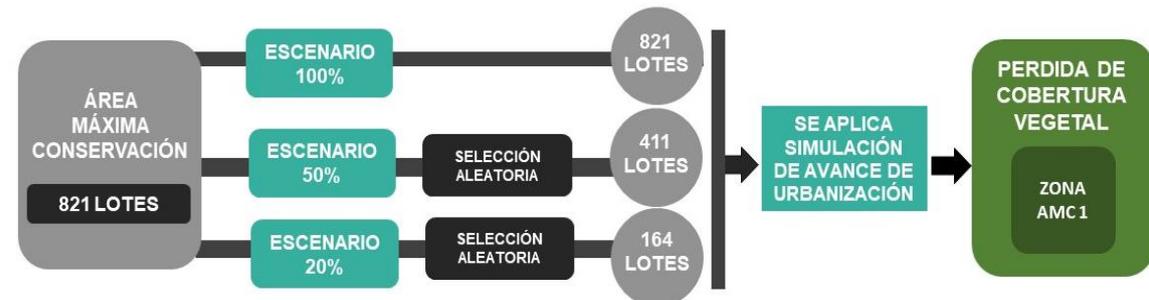


Figura.9. Diagrama de flujo de la construcción de los escenarios de avance de la urbanización en el A) Área Urbana, B) Conservación y C) Máxima Conservación de la Reserva, considerando el modelo de urbanización y el análisis de pérdida de cobertura vegetal

4.6. GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA ORDENANZA

Para analizar el grado de cumplimiento de la ordenanza vigente de la Reserva, en función de la zonificación y de los criterios de urbanización, como se planteó en el segundo objetivo, se recopiló y sistematizó información obtenida a partir de las actas que elabora el cuerpo de Guardaparques de la Reserva durante sus recorridos diarios de control y

fiscalización. Estas actas contienen información relevante como el domicilio, barrio, designación catastral, nombre del infractor y una descripción u observaciones del hecho relacionadas con la infracción. El procedimiento indica que, si se constata una infracción y no se ha presentado previamente la autorización pertinente, se elabora el acta correspondiente y se emplaza al propietario a presentarse ante la Dirección de Ambiente o el tribunal de falta, quienes aplicarán una sanción monetaria o de remediación. Es importante mencionar que toda esta información se encuentra descrita en un texto en papel sin una estructura definida, lo que dificulta la sistematización y organización de los datos recolectados.

En este contexto, se realizaron varios pedidos de información y reuniones con el Área de Coordinación de Planificación y Logística de la Reserva y otros actores clave con el fin de obtener la información necesaria. A raíz de estos pedidos, se comenzó a sistematizar la información recolectada en planillas digitales. Para analizarlas, se seleccionaron solamente aquellas relacionadas directa o indirectamente con intervenciones en la cobertura vegetal, sobre especies nativas, exóticas y sin datos, en función de las descripciones de las actas. Sin embargo, debido a la falta de tiempo y personal en esta área, la información proporcionada dista de estar completa, obteniéndose 122 n° de actas que corresponden al período 2017 a 2021 (años).

5. RESULTADOS

5.1. URBANIZACIÓN RELEVADA

En abril de 2003, se contabilizaron 113 construcciones en toda el área de la reserva, y para el año 2021, se sumaron 216 edificaciones nuevas a las ya existentes, lo que representa un aumento del 191%.

Todas las zonas presentaron un alto porcentaje de crecimiento en cuanto a la cantidad de edificaciones. En la AU Z1, se registró un incremento del 283%, (de 41 a 157 edificaciones). El AU Z2 aumentó 147% su urbanización, sumando 25 edificaciones a las 17 ya existentes, mientras que AU Z3, aumentó en un 204%, pasando de 25 a 76 edificaciones. En el área de Conservación, se observó que el AC Z1 fue la zona más afectada con un aumento del 700 % (de 1 a 8 edificaciones). El AC Z2 fue la zona con el

menor porcentaje de crecimiento, solo del 10%, mientras que el AC Z3 se incrementó en un 167%, pasando de 9 a 167 edificaciones. Por el contrario, el AMC 1, no presentó edificaciones en ninguno de los años estudiados (Fig.10 y 11).

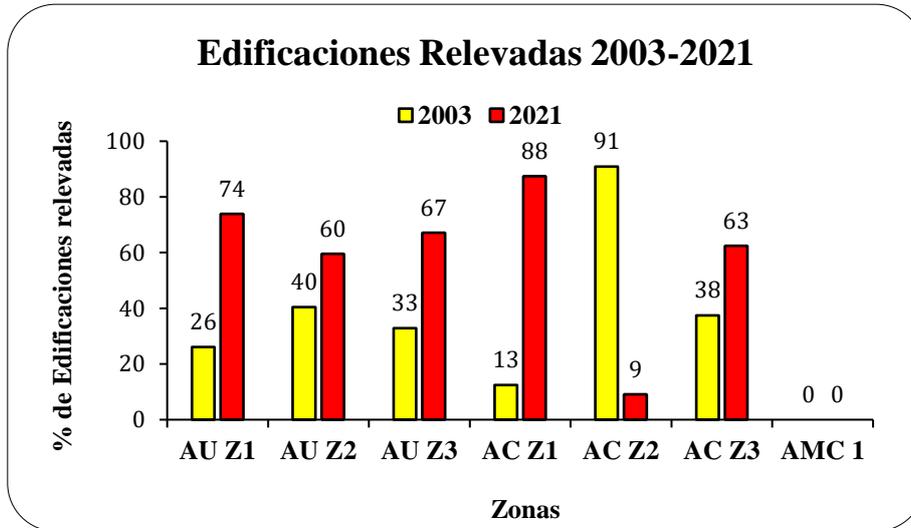


Figura 10. Porcentaje de edificaciones relevadas 2003 y nuevas edificaciones en el 2021 en cada zona de la Reserva.

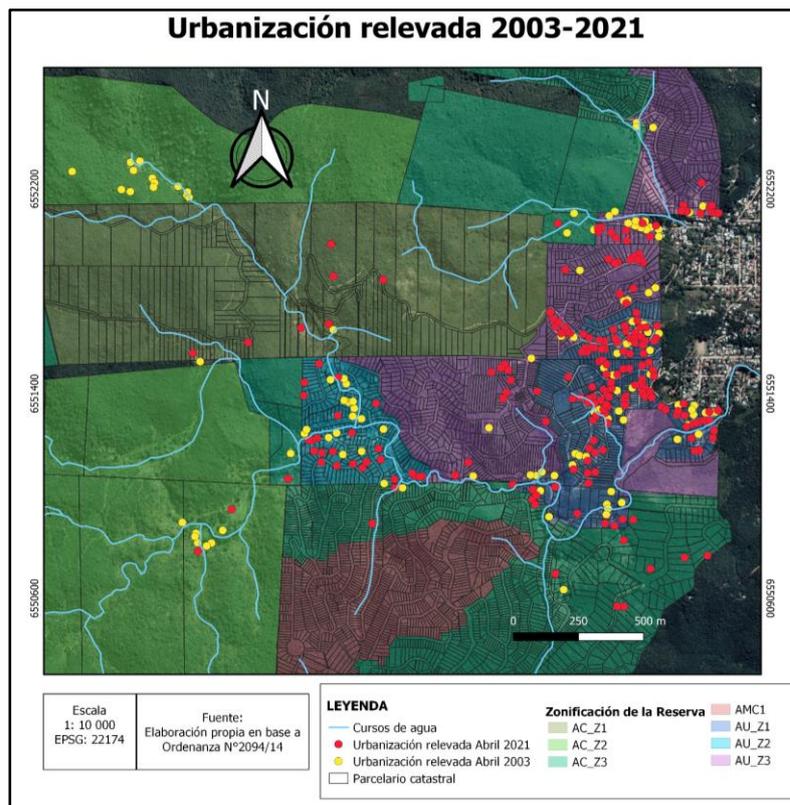


Figura 11. Urbanización relevada en la Reserva. Los puntos amarillos corresponden a las edificaciones de abril del 2003 y los puntos rojos a las nuevas edificaciones de abril del 2021. Se observa la zonificación de la reserva y el parcelario catastral.

5.2. ESCENARIOS

A partir de simular escenarios futuros de avance de la urbanización se obtuvieron diferentes estimadores del impacto sobre la vegetación en la Reserva. A continuación, se resumen los resultados por áreas y zonas:

Se obtuvieron dos tablas a partir de la simulación de los escenarios prospectivos de avance de la urbanización. La primera tabla muestra el área en m² de cada clase de vegetación en el escenario actual en comparación con los m² que se conservaron después del avance de la urbanización. La segunda tabla muestra la pérdida de cada clase de vegetación en los distintos escenarios, representada por un gráfico de barras apiladas. Los resultados obtenidos fueron redondeados a números enteros para facilitar su lectura y análisis. Es importante destacar que estos análisis se llevaron a cabo para tres áreas y siete zonas.

5.2.1. ÁREA URBANA ZONA 1 (AU Z1)

La AU Z1 de la Reserva actualmente cuenta con una cobertura vegetal total de 344.326 m² (Tabla 3). En el escenario del 20% de avance de la urbanización se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 1,16 % (equivalente a 3.996 m²), lo que significó que se conservó el 98,84% (340.331 m²). En el escenario del 50% se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 3,41% (11.751 m²), lo que implicaría la conservación aún del 96,59% (332.575 m²) de la cobertura vegetal total. Por último, en el escenario del 100%, en el cual todos los lotes de AU Z1 serían urbanizados, se registró una pérdida del 6,24% (21.483 m²), resultando el 93,76 % (322.843 m²) de la cobertura vegetal sin impacto. En los tres escenarios, las clases de vegetación más afectadas fueron el bosque nativo, seguido de matorrales nativos y bosques exóticos (Tabla 4, Fig.12).

Tabla 3. Área Urbana, Zona 1: Cantidad de metros en la situación actual y cantidad de m2 que se conservan por clases de cobertura para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Área Urbana - Zona 1 (AU Z1)				
Superficie total de la zona: 380.166 m2				
Clases de vegetación	Cobertura actual (H) m2	Cobertura escenario 20% (H_C) m2	Cobertura escenario 50% (H_C) m2	Cobertura escenario 100% (H_C) m2
Bosques nativos	132.219	130.555	127.649	123.332
Bosques exóticos	81.279	80.640	79.126	78.211
Matorrales nativos	108.970	107.636	105.017	101.690
Pajonales	4.499	4.499	4.485	4.475
Céspedes	1.571	1.520	1.362	1.320
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	15.788	15.480	14.936	13.815
Total	344.326	340.331	332.575	322.843
Porcentaje total de cobertura que queda después del avance de la urbanización		98,84	96,59	93,76

Tabla 4. Área Urbana, Zona 1: Cantidad de m2 que se pierden por clases de cobertura para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Pérdida de cobertura vegetal (DELTA_H)			
Área Urbana- Zona 1 (AU Z1)			
Clases de vegetación	Escenario 20% (m2)	Escenario 50% (m2)	Escenario 100% (m2)
Bosques nativos	1.664	4.570	8.887
Bosques exóticos	639	2.153	3.068
Matorrales nativos	1.334	3.953	7.280
Pajonales	0	14	24
Céspedes	51	209	251
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	308	852	1.973
Total	3.996	11.751	21.483
Porcentaje total de pérdida de cobertura	1,16	3,14	6,24

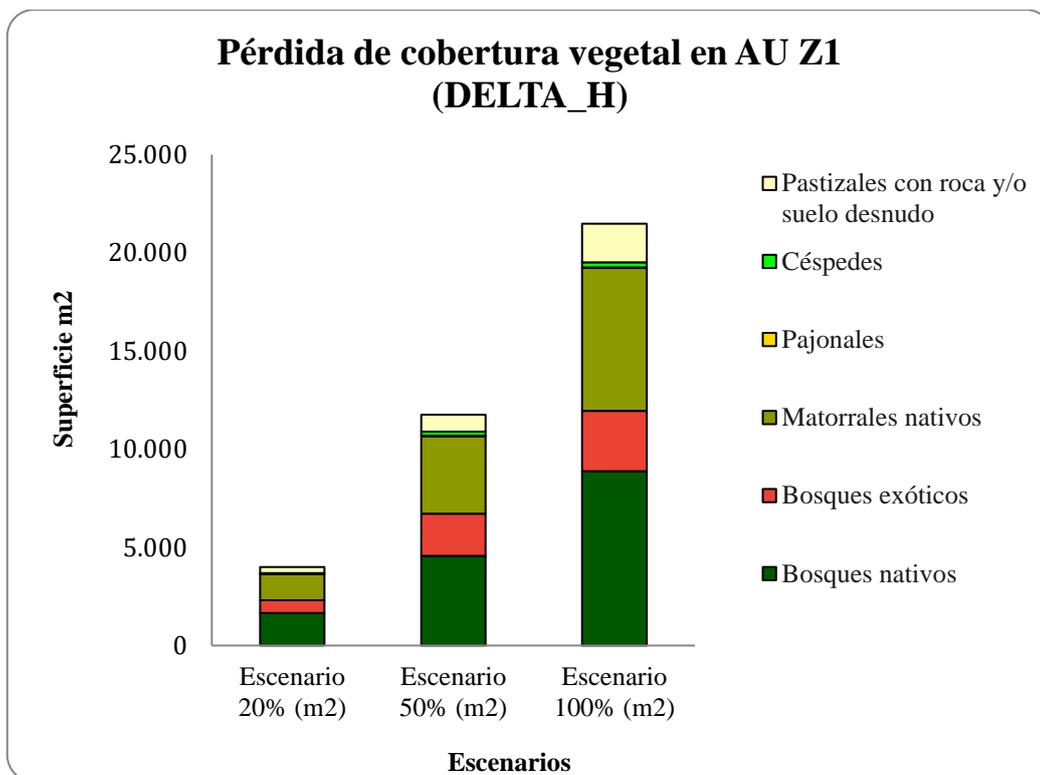


Figura 12: Superficie de las clases de vegetación en el AU Z1 que se pierde en los escenarios de avance de urbanización del 20, 50 y 100% en la Reserva.

5.2.2. ÁREA URBANA ZONA 2 (AU Z2)

La AU Z2 de la Reserva actualmente presenta una cobertura vegetal total de 129.475 m² (Tabla 5). En el escenario del 20% de avance de la urbanización sobre los lotes del AU Z2, se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 1,77% (equivalente a 2.290 m²), lo que significó que se conservó el 98,23% (127.185 m²).

En el escenario del 50%, se registró una pérdida de cobertura vegetal total del 3,76% (4.872 m²), lo que implicó la conservación del 96,24% (124.603 m²) de la cobertura. Finalmente, en el escenario del 100%, en el cual todos los lotes de AU Z2 fueron urbanizados, se registró una pérdida del 7,94% (10.287 m²), resultando el 92,06 % (119.189 m²) de la cobertura vegetal sin impacto (Tabla 5). En los tres escenarios las clases de vegetación más afectadas fueron el Bosque nativo, seguido de Matorrales nativos y Bosques exóticos (Tabla 6, Fig. 13)

Tabla 5. Área Urbana, Zona 2: Cantidad de metros en la situación actual y cantidad de m2 que se conservan por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Área Urbana -Zona 2 (AU Z2)				
Superficie total de la zona: 129.452 m2				
Clases de vegetación	Cobertura actual (H)	Cobertura escenario 20% (H_C)	Cobertura escenario 50% (H_C)	Cobertura escenario 100% (H_C)
Bosques nativos	71.001	69.644	68.788	65.715
Bosques exóticos	13.445	13.074	12.886	12.320
Matorrales nativos	44.276	43.714	42.198	40.463
Pajonales	0	0	0	0
Céspedes	753	753	731	690
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	0	0	0	0
Total	129.475	127.185	124.603	119.189
Porcentaje total de cobertura que se conserva después del avance de la urbanización		98,23	96,24	92,06

Tabla 6. Área Urbana, Zona 2: Cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Pérdida de cobertura vegetal (DELTA_H)			
Área Urbana- Zona 2 (AU Z2)			
Clases de vegetación	Escenario 20% (m2)	Escenario 50% (m2)	Escenario 100% (m2)
Bosques nativos	1.357	2.213	5.286
Bosques exóticos	371	559	1.125
Matorrales nativos	562	2.078	3.813
Pajonales	0	0	0
Céspedes	0	22	63
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	0	0	0
Total	2290	4872	10287
Porcentaje total de pérdida de cobertura	1,77	3,76	7,94

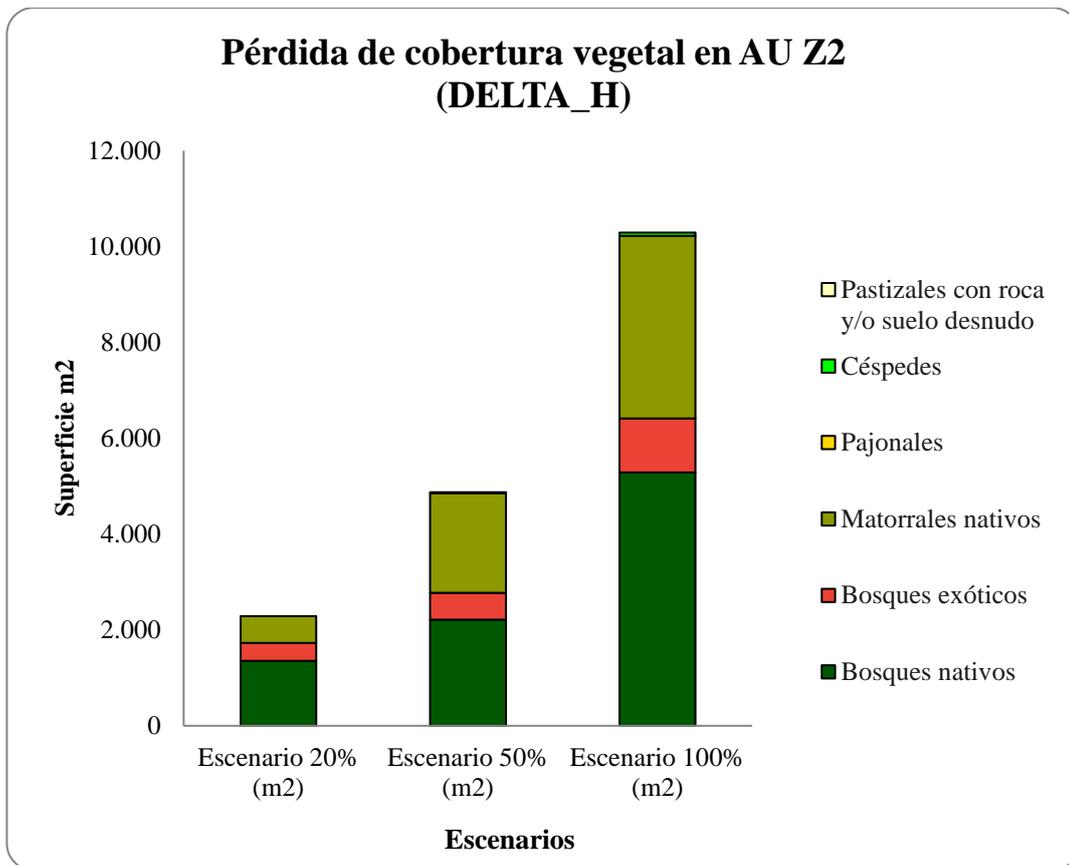


Figura 13. Superficie de las clases de vegetación en el AU Z2 que se pierde en los escenarios de avance de urbanización del 20, 50 y 100% en la Reserva.

5.2.3. ÁREA URBANA ZONA 3 (AU Z3)

En la situación actual, la AU Z3 de la Reserva presenta una cobertura vegetal total de 572.937 m² (Tabla 7). En el escenario del 20% de avance de la urbanización sobre los lotes del AU Z3 se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 1,45% (8.327 m²), lo que significó que se conservó el 98,55% (564.609 m²). En el escenario del 50% se registró una pérdida de cobertura vegetal total del 3,62% (20.731m²), lo que implicó la conservación del 96,38% (552.206 m²) de la cobertura. Por último, el escenario del 100%, en el cual todos los lotes de AU Z3 fueron urbanizados, se registró una pérdida del 7,38% (42.280 m²), resultando el 92,62 % (322.843 m²) de la cobertura vegetal sin impacto. En los tres escenarios las clases de vegetación más afectadas fueron el Bosque nativo, seguido de Matorrales nativos y Bosques exóticos (Tabla 8, Fig. 14).

Tabla 7. Área Urbana, Zona 3: Cantidad de metros en la situación actual y cantidad de m2 que se conservan por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Área Urbana -Zona 3 (AU Z3)				
Superficie total de la zona: 595.582 m2				
Clases de vegetación	Cobertura actual (H)	Cobertura escenario 20% (H_C)	Cobertura escenario 50% (H_C)	Cobertura escenario 100% (H_C)
Bosques nativos	287.862	283.945	277.954	267.147
Bosques exóticos	99.050	97.032	94.797	90.881
Matorrales nativos	166.803	164.757	160.994	154.906
Pajonales	2.494	2.494	2.494	2.483
Céspedes	716	716	666	648
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	16.012	15.666	15.301	14.592
Total	572.937	564.609	552.206	530.658
Porcentaje total de cobertura que se conserva después del avance de la urbanización		98,55	96,38	92,62

Tabla 8. Área Urbana, Zona 3: Cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Pérdida de cobertura vegetal (DELTA_H)			
Área Urbana - Zona 3 (AU Z3)			
Clases de vegetación	Escenario 20% (m2)	Escenario 50% (m2)	Escenario 100% (m2)
Bosques nativos	3.917	9.908	20.715
Bosques exóticos	2.018	4.253	8.169
Matorrales nativos	2.046	5.809	11.897
Pajonales	0	0	11
Céspedes	0	50	68
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	346	711	1.420
Total	8.327	20.731	42.280
Porcentaje total de pérdida de cobertura	1,45	3,62	7,38

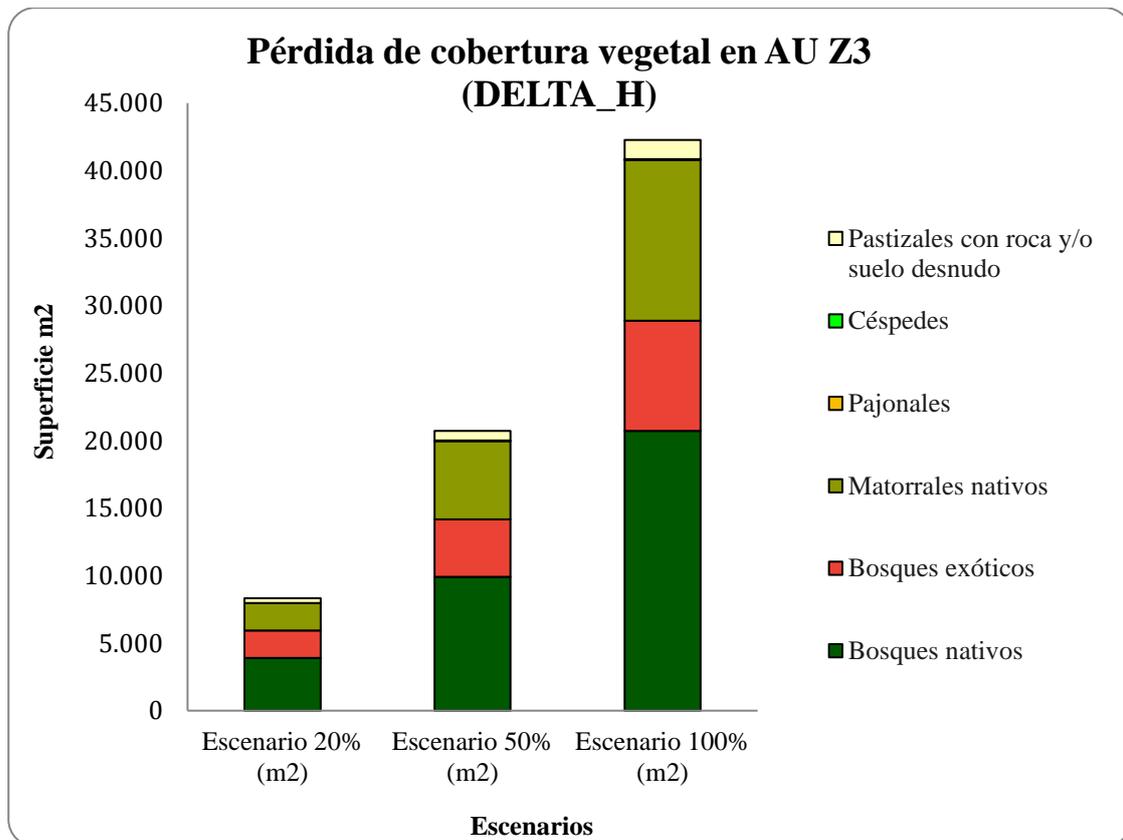


Figura 14. Superficie de las clases de vegetación en el AU Z3 que se pierde en los escenarios de avance de urbanización del 20, 50 y 100% en la Reserva.

5.2.4. ÁREA DE CONSERVACIÓN ZONA 1 (AC Z1)

La AC Z1 de la Reserva actualmente cuenta con una cobertura vegetal total de 1.210.059 m² (Tabla 9). En el escenario del 20% de avance de la urbanización sobre los lotes del AC Z1, se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 0,28% (equivalente a 3.384 m²), conservando el 99,72% (1.206.677 m²). En el escenario del 50% se registró una pérdida de cobertura vegetal total del 0,97% (11.677m²), lo que implicó la conservación del 99,03% (1.198.381m²) de la cobertura. Por último, el escenario del 100%, donde todos los lotes de AC Z1 fueron urbanizados, se registró una pérdida del 1,99% (24.037 m²), resultando el 98,01 % (1.186.021 m²) de la cobertura vegetal sin impacto. Esta zona presenta solo tres clases de vegetación siendo las más afectadas Bosques y Matorrales nativos (Tabla 10, Fig. 15).

Tabla 9. Área de Conservación, Zona 1: Cantidad de metros en la situación actual y cantidad de m2 que se conservan por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Área de Conservación - Zona 1 (AC Z1)				
Superficie total de la zona: 1.209.366 m2				
Clases de vegetación	Cobertura actual (H)	Cobertura escenario 20% (H_C)	Cobertura escenario 50% (H_C)	Cobertura escenario 100% (H_C)
Bosques nativos	985.475	982.894	975.537	965.909
Bosques exóticos	615	615	604	598
Matorrales nativos	223.969	223.168	222.241	219.515
Pajonales	0	0	0	0
Céspedes	0	0	0	0
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	0	0	0	0
Total	1.210.059	1.206.677	1.198.381	1.186.021
Porcentaje total de cobertura que se conserva después del avance de la urbanización		99,72	99,03	98,01

Tabla 10. Área de Conservación, Zona 1: Cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Pérdida de cobertura vegetal (DELTA_H)			
Área de conservación (AC_Z1)			
Clases de vegetación	Escenario 20% (m2)	Escenario 50% (m2)	Escenario 100% (m2)
Bosques nativos	2.582	9.938	19.566
Bosques exóticos	0	11	17
Matorrales nativos	802	1.728	4.454
Pajonales	0	0	0
Céspedes	0	0	0
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	0	0	0
Total	3.384	11.677	24.037
Porcentaje total de pérdida de cobertura	0,28	0,97	1,99

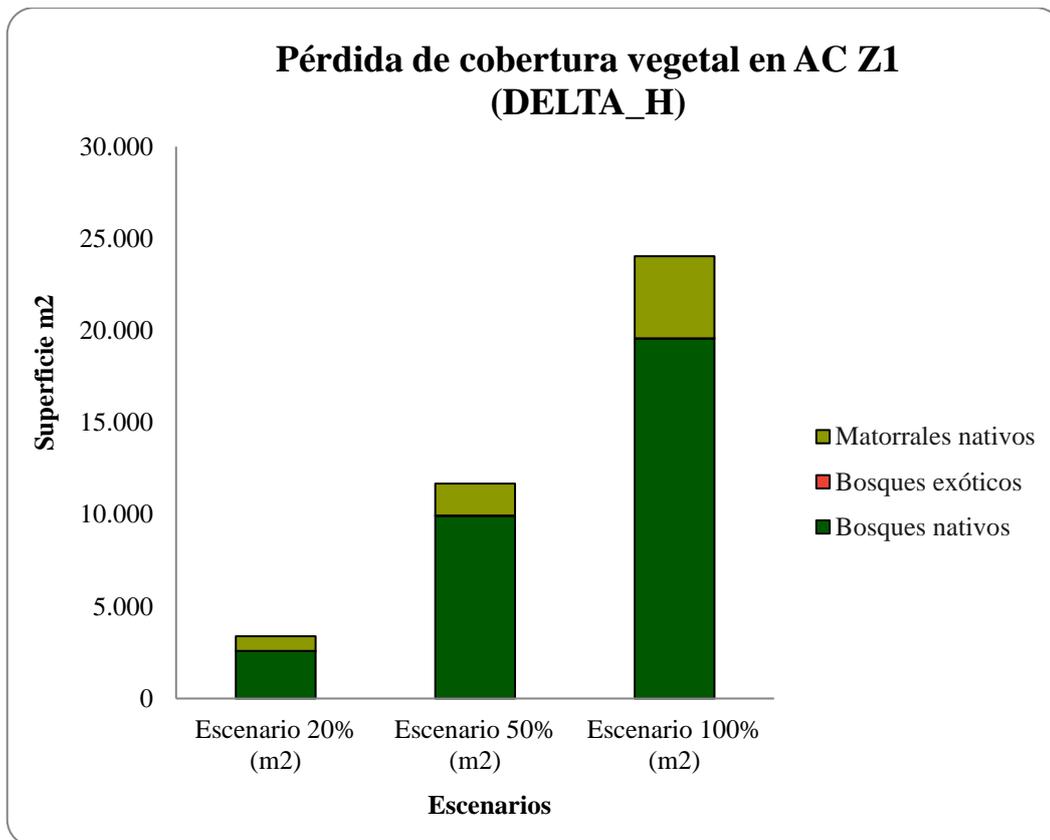


Figura 15. Superficie de las clases de vegetación en el AC Z1 que se pierde en los escenarios de avance de urbanización del 20, 50 y 100% en la Reserva.

5.2.5. ÁREA DE CONSERVACIÓN ZONA 2 (AC Z2)

En la situación actual, la AC Z2 de la Reserva presenta una cobertura vegetal total de 3.118.457 m² (Tabla 11). En el escenario del 20% de avance de la urbanización sobre los lotes del AC Z2, se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 0,05% (1.499 m²), lo que implicaría la conservación del 99,95% (3.116.959 m²). En el escenario del 50% se registró una pérdida de cobertura vegetal total del 0,07% (2.076 m²), lo que implicó la conservación del 99,93% (3.116.381m²) de la cobertura. Por último, el escenario del 100%, en el cual todos los lotes de AC Z2 fueron urbanizados, se registró una pérdida del 0,21% (6.569 m²), resultando el 99,79 % (3.111.888 m²) de la cobertura vegetal sin impacto. En los tres escenarios las clases de vegetación más afectadas fueron el bosque nativo, seguido de matorrales nativos y pajonales (Tabla 12, Fig. 16).

Tabla 11. Área de Conservación, Zona 2: Cantidad de metros en la situación actual y cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Área de Conservación - Zona 2 (AC Z2)				
Superficie total de la zona: 3.134.798 m2				
Clases de vegetación	Cobertura actual (H)	Cobertura escenario 20% (H_C)	Cobertura escenario 50% (H_C)	Cobertura escenario 100% (H_C)
Bosques nativos	2.096.829	2.095.769	2.095.618	2.092.373
Bosques exóticos	34.836	34.812	34.816	34.666
Matorrales nativos	715.691	715.311	715.252	714.234
Pajonales	163.609	163.609	163.328	163.327
Céspedes	45.857	45.827	45.827	45.764
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	61.635	61.630	61.540	61.524
Total	3.118.457	3.116.959	3.116.381	3.111.888
Porcentaje total de cobertura que se conserva después del avance de la urbanización		99,95	99,93	99,79

Tabla 12. Área de Conservación, Zona 2: Cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación.

Pérdida de cobertura vegetal (DELTA_H)			
Área de conservación (AC Z2)			
Clases de vegetación	Escenario 20% (m2)	Escenario 50% (m2)	Escenario 100% (m2)
Bosques nativos	1.060	1.211	4.456
Bosques exóticos	24	20	170
Matorrales nativos	380	439	1457
Pajonales	0	281	282
Céspedes	30	30	93
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	5	95	111
Total	1.499	2.076	6.569
Porcentaje total de pérdida de cobertura	0,05	0,07	0,21

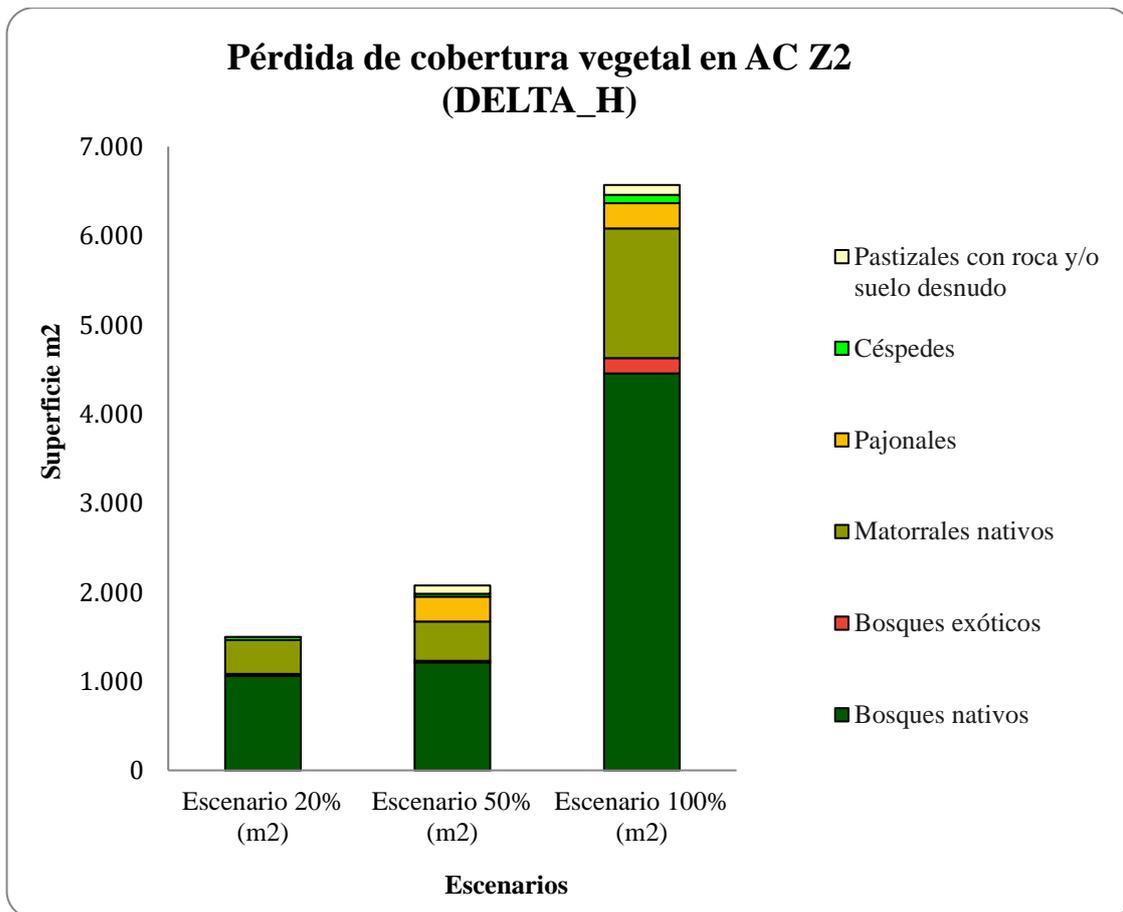


Figura 16. Superficie de las clases de vegetación en el AC Z2 que se pierde en los escenarios de avance de urbanización del 20, 50 y 100% en la Reserva.

5.2.6. ÁREA DE CONSERVACIÓN ZONA 3 (AC Z3)

En la situación actual, la AC Z3 de la Reserva presenta una cobertura vegetal total de 4.367.759 m² (Tabla 13). En el escenario del 20% de avance de la urbanización sobre los lotes del AC Z3, se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 0,44% (19.052 m²), lo que significa que se conservó el 99,56% (4.348.715 m²). En el escenario del 50% se registró una pérdida de cobertura vegetal total del 1,09% (47.746 m²), lo que implicó la conservación del 98,91% (4.320.013m²) de la cobertura. Por último, el escenario del 100%, en el cual todos los lotes de AC Z3 se urbanizaron, se registró una pérdida del 2,16% (94.295 m²), resultando el 97,84 % (4.273.463 m²) de la cobertura vegetal sin impacto. En los tres escenarios las clases de vegetación más afectadas fueron el bosque nativo, seguido de bosques exóticos y matorrales nativos (Tabla 14, Fig. 17).

Tabla 13. Área de Conservación, Zona 3: Cantidad de metros en la situación actual y cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Área de Conservación - Zona 3 (AC Z3)				
Superficie total de la zona: 4.408.120 m2				
Clases de vegetación	Cobertura actual (H)	Cobertura escenario 20% (H_C)	Cobertura escenario 50% (H_C)	Cobertura escenario 100% (H_C)
Bosques nativos	2.708.413	2.698.202	2.682.400	2.656.122
Bosques exóticos	574.293	568.359	560.187	546.509
Matorrales nativos	680.884	678.371	674.054	667.990
Pajonales	373.722	373.364	373.104	372.731
Céspedes	9.296	9.271	9.212	9.097
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	21.151	21.148	21.056	21.015
Total	4.367.759	4.348.715	4.320.013	4.273.463
Porcentaje total de cobertura que se conserva después del avance de la urbanización		99,56	98,91	97,84

Tabla 14. Área de Conservación, Zona 3: Cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación

Pérdida de cobertura vegetal (DELTA_H)			
Área de conservación (AC Z3)			
Clases de vegetación	Escenario 20% (m2)	Escenario 50% (m2)	Escenario 100% (m2)
Bosques nativos	10.221	26.013	52.291
Bosques exóticos	5.933	14106	27.784
Matorrales nativos	2.514	6830	12.894
Pajonales	357	618	991
Céspedes	24	84	199
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	3	95	136
Total	19.052	47.746	94.295
Porcentaje total de pérdida de cobertura	0,44	1,09	2,16

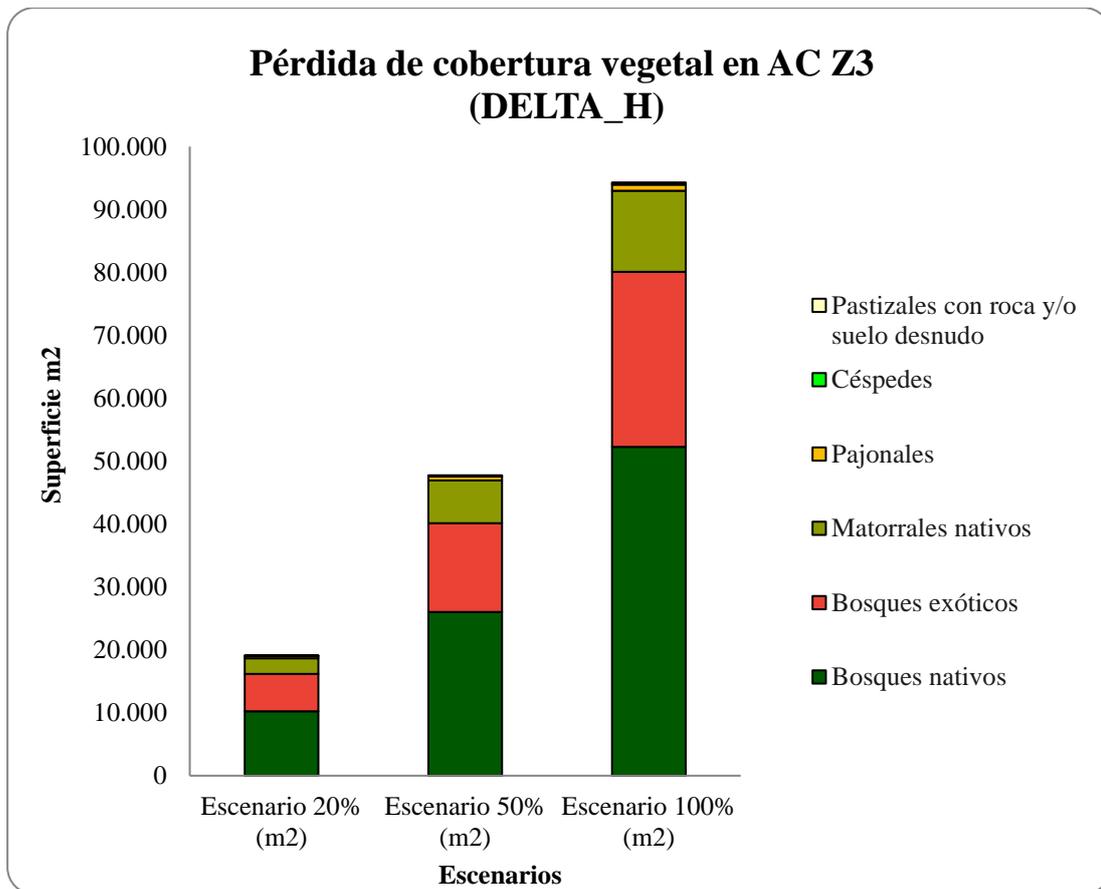


Figura 17. Superficie de las clases de vegetación en el AC Z3 que se pierde en los escenarios de avance de urbanización del 20, 50 y 100% en la Reserva.

5.2.7. ÁREA DE MÁXIMA CONSERVACIÓN ZONA 1 (AMC 1)

En la situación actual, el AMC 1 de la Reserva presenta una cobertura vegetal total de 410.113 m² (Tabla 15). En el escenario del 20% de avance de la urbanización sobre los lotes del AMC 1 se observó una pérdida de cobertura vegetal total del 2,04% (8.361 m²), conservando el 97,96% (401.752 m²). Por otro lado, en el escenario del 50% se registró una pérdida de cobertura vegetal total del 5,04% (20.687 m²), lo que implicó la conservación del 94,96% (389.426 m²) de la cobertura. Por último, el escenario del 100%, en el cual todos los lotes de AMC 1 se urbanizaron, se registró una pérdida del 10,16% (41.651 m²), resultando el 89,84 % (368.462 m²) de la cobertura vegetal sin impacto. Esta zona presenta tres clases de vegetación siendo las más afectadas el bosque nativo y bosques exóticos (Tabla 16, Fig. 18).

Tabla 15. Área de Máxima Conservación, Zona 1: Cantidad de metros en la situación actual y cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Área de Máxima Conservación 1 (AMC 1)				
Superficie total de la zona: 409.856 m2				
Clases de vegetación	Cobertura actual (H)	Cobertura escenario 20% (H_C)	Cobertura escenario 50% (H_C)	Cobertura escenario 100% (H_C)
Bosques nativos	311.924	305.419	295.827	280.520
Bosques exóticos	80.981	79.473	77.214	72.543
Matorrales nativos	17.208	16.859	16.385	15.399
Pajonales	0	0	0	0
Céspedes	0	0	0	0
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	0	0	0	0
Total	410.113	401.752	389.426	368.462
Porcentaje total de cobertura que se conserva después del avance de la urbanización		97,96	94,96	89,84

Tabla 16. Área de Máxima Conservación, Zona 1: Cantidad de m2 que se pierden por clases de vegetación para cada escenario de simulación de avance de la urbanización.

Pérdida de cobertura vegetal (DELTA_H)			
Área de Máxima conservación 1 (AMC 1)			
Clases de vegetación	Escenario 20% (m2)	Escenario 50% (m2)	Escenario 100% (m2)
Bosques nativos	6.505	16.097	31.404
Bosques exóticos	1.508	3.767	8.438
Matorrales nativos	349	823	1.809
Pajonales	0	0	0
Céspedes	0	0	0
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	0	0	0
Total	8.361	20.687	41.651
Porcentaje total de pérdida de cobertura	2,04	5,04	10,16

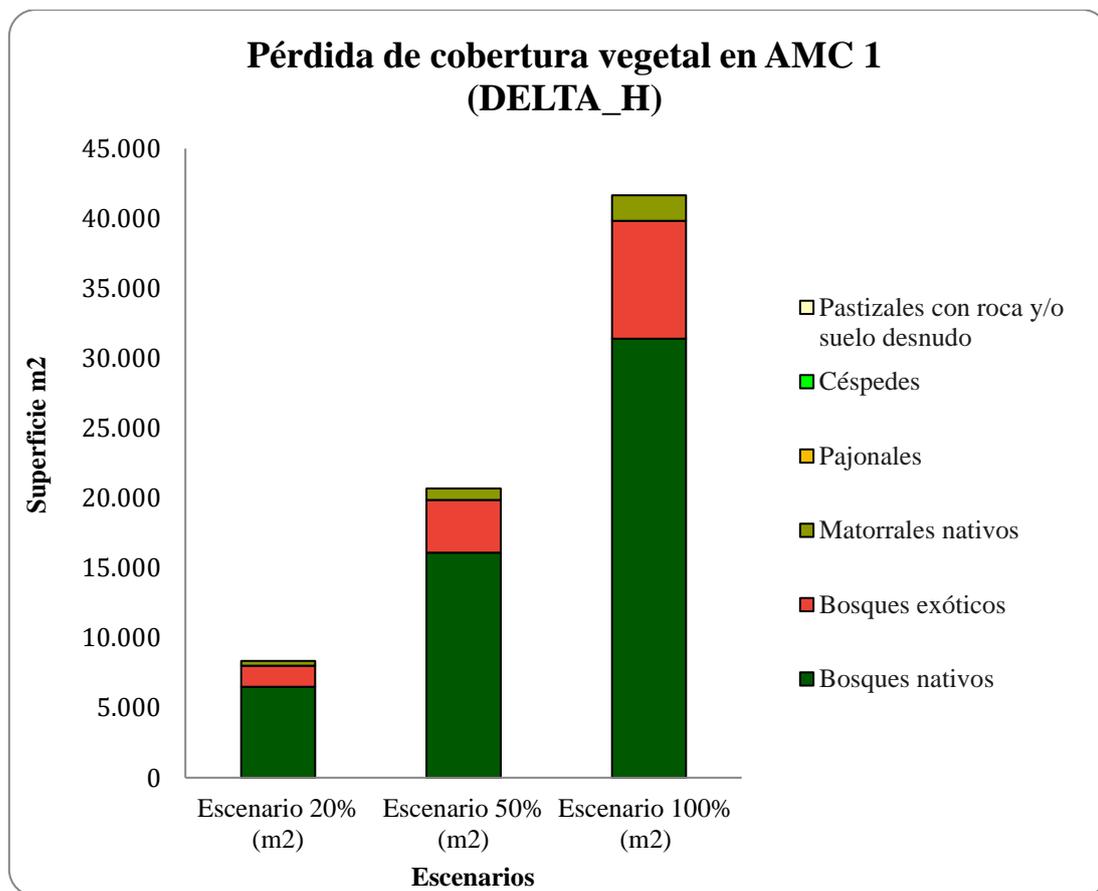


Figura 18. Superficie de las clases de vegetación en el AMC 1 que se pierde en los escenarios de avance de urbanización del 20, 50 y 100% en la Reserva.

5.3. GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA ORDENANZA

A partir del análisis de registros de infracciones en la Reserva, se obtuvieron 122 actas labradas por intervención en la cobertura vegetal sin autorización pertinente, comprendidos entre los años 2017 y 2021 (Fig. 19). Es importante destacar que los registros presentan cierta inconsistencia y que no se obtuvo el número total de actas de cada año.

En el año 2017 se registraron 13 actas, de las cuales 9 no tenían descripción, 1 fue por intervención sobre la cobertura exótica y 3 actas por intervención en la vegetación nativa. Algunos detalles redactados en las actas, que dan cuenta de la diversidad de criterios, fueron: “espinillo, molle, cocos, moradillos, garabato, para alambrado perimetral”, “una tala”, “2 espinillos, 2 Olmos, y Siempre verde de diámetro superior a 15 cm”.

Para el año 2018 se registraron 16 actas, de las cuales 9 actas no contenían información. Tres actas fueron sobre la vegetación exótica y cuatro sobre la vegetación nativa. Algunas

de las descripciones redactadas en las actas fueron:”38 ejemplares nativos”, “cucharero 1, garabato 3, manzano de campo 26, espinillo 5, palo amarillo 15”, “poda y extracción de siempre verdes”, “40 ejemplares de siempre verde de 12 cm de diámetro”.

En el 2019 se registraron 24 actas, 10 sin datos, cuatro sobre la vegetación exótica y 10 sobre la vegetación nativa. Algunas de las descripciones fueron: “poda de nativa”, “11 exóticas”, “herbáceas”, entre otras.

Las actas en el año 2020 sobre la cobertura vegetal fueron 20, 15 sin datos, cuatro sobre la vegetación exótica y siete sobre la vegetación nativa. Algunas de las descripciones fueron: “Mora de más 5 m de altura y más de 20 cm de DAP”, “varios ejemplares de siempre verde”, “brazo de molle extraído y brotes de espinillo”, “Alambrado sobre dos talas y dos espinillos”, “construcción en sector con vegetación nativa”, entre otras.

Las actas del año 2021 fueron 43, de las cuales 41 no tenían descripción y solo dos fueron sobre la cobertura vegetal nativa, con la descripción “sacó piquillín y usó palos para alambrado” y “2 troncos de molle”.

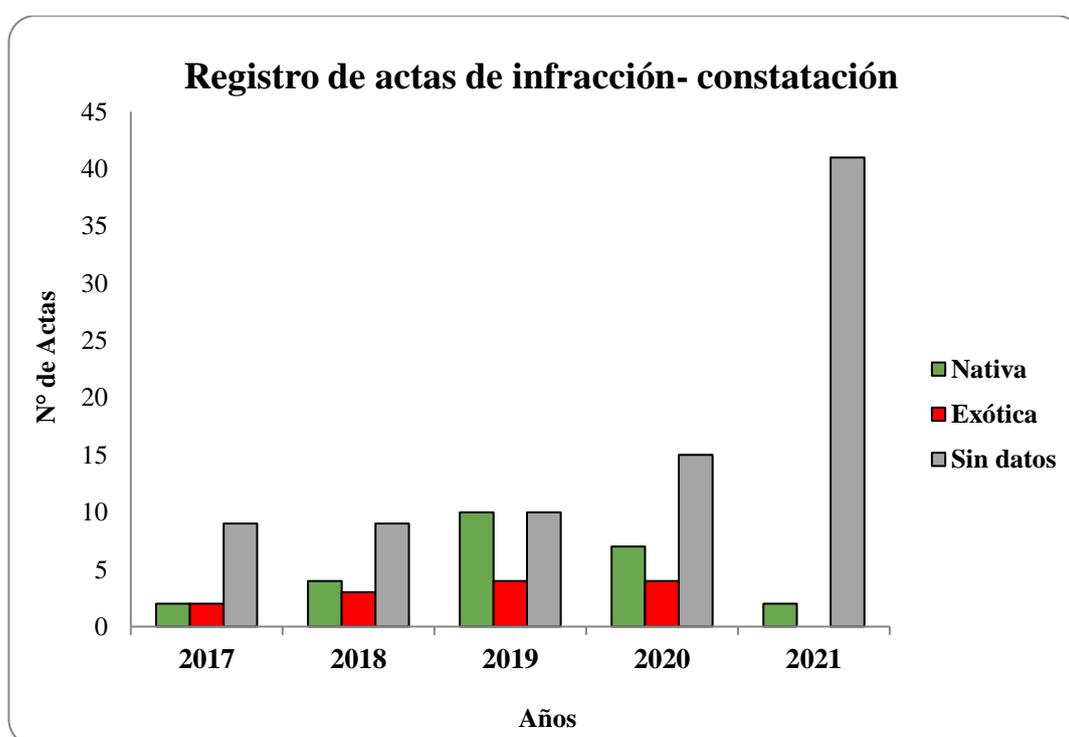


Figura 19. Cantidad de actas de infracción sobre la cobertura vegetal analizadas entre los años 2017 y 2021.

6. DISCUSIÓN

La Reserva Hídrica Municipal “Los Manantiales” protege la cuenca hídrica del arroyo Mal Paso, sus ecosistemas y formas de vida asociados. Su importancia radica en que allí se congregan y almacenan las principales fuentes de agua dulce: vertientes, cursos de agua y agua subterránea. El bosque nativo de la Reserva provee de un servicio ambiental fundamental para la calidad de vida, regulando la cantidad y calidad de agua disponible en toda la cuenca. Según numerosos estudios, los cambios en la cobertura vegetal pueden tener efectos significativos sobre el ciclo hidrológico (Jobbágy et al. 2013, Whitworth Hulse, 2018, Álvarez, 2016).

Los resultados del relevamiento de edificaciones entre el año 2003 y 2021 evidencian un aumento de la urbanización en 191%. Sin embargo, las imágenes satelitales no permiten identificar el tipo de uso del suelo que se está realizando, lo que dificulta la determinación del cumplimiento de la ordenanza. Para ello, sería necesario validar este resultado con los proyectos presentados y aprobados para las urbanizaciones correspondientes. Las zonas urbanas preferenciales son la AU Z1 y la AU Z3. La primera ha experimentado un crecimiento del 283% probablemente debido a su continuidad con la trama urbana y a los servicios públicos que posee. Además, cuenta con calles y barrios ya consolidados. La AU Z3, por otro lado, está descrita en la ordenanza como altamente subdividida, sin servicios ni calles abiertas y prácticamente sin ocupación. No obstante, la apertura de una calle en los últimos años ha provocado una ocupación acelerada de los lotes (Quaranta com. pers.).

Los resultados también muestran una fuerte tendencia de urbanización en las zonas de Conservación, especialmente en las Zonas 1 y 3. La Z1 contiene una de las calles principales de la Reserva, lo que habilita nuevos procesos de antropización. La Z3, por su parte, presenta una incipiente urbanización que se registra continua a la mancha urbana en el sector sureste de la Reserva. Algunos de estos procesos coinciden con un sector en conflicto al que se enfrenta la Reserva, donde una empresa inmobiliaria comenzó la venta de lotes para la construcción de un barrio ecológico sin autorización ni proyecto presentado, desmontando y abriendo un tramo de calle (Quaranta com. pers.). Ambas zonas poseen lotes pequeños, al igual que las zonas urbanas, lo que probablemente los hace accesibles para la vivienda familiar, y explica su preferencia para la urbanización.

Sin embargo, estos pulsos de urbanización como extensión de la mancha urbana generan una ocupación discontinua del espacio con baja densidad y gran extensión, tal como lo caracteriza Urriza (2018) como ciudad difusa, generando complejos procesos extractivos con fuertes impactos urbano-ambientales.

Las simulaciones de escenarios prospectivos del 20%, 50% y 100% avance de la urbanización sobre todas las zonas de la Reserva, mostraron que la expansión urbana provocaría una pérdida de la cobertura vegetal de la Reserva, valores que oscila entre el 0,20 y 10 % dependiendo del área. En todos los casos, la clase de vegetación más afectada fue el bosque nativo, seguido por los matorrales nativos y los bosques exóticos. A nivel regional, Abbondanza (2019) identificó la expansión de la zona urbana como la causa principal de la disminución de la vegetación y Gavier & Bucher (2004) habían proyectado para el año 2020 que la cobertura forestal de las Sierras Chicas se reducirá a la mitad debido al crecimiento urbano. Sin embargo, los resultados de este trabajo demostraron que la Reserva no cumple esta proyección, ya que solo se pierde un 2% total de la cobertura vegetal.

Es fundamental destacar dos aspectos importantes que impactan en la fragmentación de la cobertura vegetal. Por un lado, el fraccionamiento de la tierra en pequeñas parcelas incrementa el riesgo de deforestación. Según los criterios de edificación de la Reserva se establece un FOS que permite la construcción de una unidad funcional de hasta 50 m² en parcelas menores a 1.250 m² para el Área Urbana y menores a 1.500 m² para Área de Conservación y Máxima Conservación. Sin embargo, en la Reserva predominan las parcelas con tamaños inferiores a estas superficies, lo que incrementa el riesgo de pérdida de cobertura vegetal, ya que, a mayor cantidad de parcelas, mayor cantidad de m² construidos. Por el contrario, el fraccionamiento de las parcelas mayores a 1500 m² es menos frecuente en la Reserva, lo que se traduce en menos edificaciones y, por lo tanto, menor pérdida de cobertura. Es importante destacar que se está llevando a cabo un proyecto en la Reserva que fomenta el englobamiento parcelario con el objetivo de involucrar en un solo lote a dos o más lotes de menor superficie y así reducir el impacto que genera este fraccionamiento.

El segundo aspecto a destacar es la apertura de caminos, además de ser una infraestructura fundamental para la urbanización, promueve la fragmentación y pérdida de vegetación, y su avance progresivo habilita nuevos procesos de urbanización (Céliz, 2020). Este es un

aspecto que no se tuvo en cuenta en el análisis de la pérdida de cobertura vegetal pero que podría resultar interesante de incorporar en estudios futuros.

Considerando la zonificación de la Reserva, en el Área de Conservación, en un escenario del 100%, las zonas más afectadas con una pérdida significativa de la cobertura vegetal fueron las zonas Z1 y Z3. La Z1 registró una pérdida de 24.037 m² mientras que Z3 registra una pérdida de 94.295 m². Esta última tiene un alto porcentaje de pérdida de bosques exóticos, probablemente debido a la proximidad con la trama urbana y al cauce del río. Si bien la invasión de plantas exóticas atenta a la conservación de los bosques nativos, es importante abordar este problema desde una gestión integrada de especies invasoras junto con medidas de restauración ecológica, para minimizar los impactos adversos de la extracción y control de exóticas y así promover la recuperación de los ecosistemas afectados.

Tanto Z1 como Z3, presentan un alto fraccionamiento, en Z1, de las 166 parcelas que la componen, 139 son menores a 1.500 m² y en Z3, de las 1.684, 1.553 son menores a 1.500 m². En cambio, la Z2 fue la zona que menos pérdidas tuvo, con solo un 0,21%, posiblemente debido a que posee un total de once lotes de gran tamaño con un FOS permitido igual al resto de las zonas. Cabe destacar que esta zona presenta una pérdida significativa de la clase pajonal correspondiente a la zona más alta de la Reserva y además se observan parches incipientes de bosques exóticos. Es importante destacar esta relación entre los pajonales y especies exóticas, ya que se ha demostrado que el establecimiento de especies exóticas en sistemas dominados por pastos puede disminuir el rendimiento hídrico de las cuencas debido a un aumento en la evapotranspiración (Jobbágy et al., 2013).

En el Área de Máxima Conservación AMC 1, en el escenario del 100%, se registró un alto porcentaje de pérdida de cobertura del 10,16%, ya que esta zona presenta una superficie bastante reducida, por lo que el impacto, en proporción, es alto. También registra un alto fraccionamiento con un total de 806 parcelas menores a 1.500 m². La clase bosques exóticos se destaca en esta zona por su alto porcentaje y, al igual que en otras zonas, se asocian a cursos de agua.

En el área urbana, la zona Z1, el escenario 100%, muestra una pérdida de cobertura de 21.483 m². Esto podría deberse a que es la zona donde la urbanización se encuentra más consolidada en la reserva y por lo tanto la superficie de cobertura es menor. Además,

cuenta con una pérdida significativa de pastizales con roca y/o suelo desnudo y de céspedes, en este caso hace referencia, también, a sectores urbanizados (como desmontes alrededor de casas, cancha de fútbol, baldíos, etc.). Por otro lado, la zona AU Z2 es la que menor pérdida de cobertura registro con 10.287 m². Es probable que su menor área contribuya a que el impacto sea mayor. Finalmente, AU Z3 es la más afectada con una pérdida de cobertura de 42.280 m². Esta zona tiene una presencia dominante de bosques exóticos, pastizales con roca y/o suelo desnudo y céspedes típicos de zonas urbanas. Según el estudio realizado por Gavier & Bucher (2004), la degradación del bosque y su transformación en arbustales o pastizales se debe a factores relacionados con actividades humanas como el sobrepastoreo, la tala de árboles, los incendios, la urbanización no planificada y la invasión de especies exóticas. Asimismo, es importante destacar que las tres zonas están atravesadas por el Arroyo Mal Paso, donde hay una importante invasión de plantas exóticas.

Los resultados obtenidos muestran que los bosques de especies exóticas son frecuentes en todas las zonas de la Reserva. Si bien aún cubren una superficie significativamente menor que los bosques nativos (9% del total de la vegetación de la Reserva), estos resultados sugieren que en un futuro próximo la superficie de bosques exóticos podría aumentar considerablemente, teniendo en cuenta a las áreas urbanizadas como fuentes de propágulos de especies exóticas (Hoyos et al., 2010; Giorgis et al., 2017; Gavier-Pizarro et al., 2012). Como se mencionó en cada una de las zonas, la clase de bosques exóticos presentan un patrón de invasión cercano a los arroyos y ríos, lo que concuerda con los resultados de Gavier Pizarro et al. (2012).

La reasignación de zonas en la Reserva ha sido una medida necesaria para unificar parcelas bajo una única zonificación, afectando al 46% de la superficie total. Es importante destacar que las Áreas de Máxima Conservación 2 y 3 no se han incluido en esta nueva zonificación, lo cual es motivo de preocupación debido a que estas áreas están definidas por las microcuencas que involucran sitios de nacientes de cursos de agua de la Reserva y son estratégicas para la regulación del riesgo hídrico, previniendo inundaciones y deslizamientos aguas abajo. Estas áreas requieren un uso restringido por parte de la población, máxima conservación del bosque nativo y nula transformación. Por lo tanto, es necesario tomar medidas inmediatas para evitar que estos grises en la ordenanza afecten negativamente las zonas de máxima conservación de la Reserva.

A nivel institucional y administrativo se detectaron algunos problemas de fiscalización que dificultan la conservación y el uso sustentable del bosque en la Reserva. Se desconoce si se aplican sanciones y no hay controles posteriores a las autorizaciones de urbanización. Además, las numerosas usurpaciones de lotes sin registro y los permisos precarios de edificación sin planos, que habilitan la construcción sin regulación, son algunas de las problemáticas que Bolgan (com. pers.) señala. Esto pone de manifiesto una fragmentación institucional y la falta de una gestión coordinada. En resumen, algunos procedimientos que se desprenden de la aplicación de la ordenanza y que debieran proteger la vegetación de la Reserva resultan ineficientes y difusos. Esto se evidenció para otras Áreas Protegidas (AP) de la región que también preservan los recursos hídricos (Tamburini et al., 2005).

7. CONCLUSIÓN

El desarrollo de este trabajo aporta un enfoque metodológico para cuantificar el impacto de la urbanización sobre los ecosistemas naturales, buscando asistir a la gestión ambiental de las AP y al ordenamiento ambiental del territorio. A partir de los resultados de este trabajo se puede sintetizar, a modo de conclusión, los siguientes enunciados:

- A pesar de la pérdida de cobertura vegetal registrada en las tres áreas en el escenario de 100% de avance de la urbanización, aún se mantiene una cantidad significativa de vegetación. Esto puede atribuirse a la existencia de una ordenanza específica que establece disposiciones relacionadas con el uso y ocupación del suelo, actividades permitidas y prohibidas, construcción de infraestructura y gestión de recursos naturales, lo que contribuye en su totalidad a minimizar los impactos de la urbanización en la Reserva.
- La presencia de bosques exóticos en la Reserva plantea un desafío para la conservación debido a su capacidad de reemplazar a los bosques nativos. Aunque los resultados indican que el avance de la urbanización, cuando se aplica estrictamente la normativa, no causa una pérdida significativa de cobertura vegetal, existe el riesgo de que las especies exóticas asociadas a esta urbanización pongan en peligro la integridad de los bosques nativos.
- El fraccionamiento de la tierra evidencia una relación directa entre el tamaño de parcelas y la pérdida de cobertura vegetal. Cuanto mayor es la cantidad de parcelas

pequeñas, mayor es el impacto en la cobertura vegetal. En este sentido, el englobamiento parcelario se presenta como una estrategia efectiva para mitigar este impacto negativo. Al unificar las parcelas en unidades más grandes, se puede reducir la fragmentación del paisaje y promover una mejor conservación de la cobertura vegetal.

- La normativa de la Reserva, junto con el modelo metodológico propuesto, puede servir como una herramienta aplicable a otros municipios de las localidades de Sierras Chicas que enfrentan desafíos similares en relación al avance de la urbanización. La adopción de un enfoque normativo similar, junto con el desarrollo de herramientas de información espacial que sean la fuente de entrada de datos a nuestro modelo, podría ayudar a gestionar de manera más efectiva la expansión urbana, protegiendo y conservando los valores ambientales de la región. Es de suma importancia la planificación del crecimiento urbano, ordenando las actividades en el territorio y controlando su desarrollo, de manera que los distintos intereses que confluyen en el mismo estén contenidos, articulados y orientados en una política común de uso sostenible de los recursos (Tamburini & Rodríguez, 2020).

8. REFERENCIAS

- Abbondanza, S. C. (2019). Cambios en la cobertura vegetal y erosión del suelo en Sierras Chicas – Córdoba en el periodo 2005-2017: Aproximaciones desde el modelo RUSLE con base en la teledetección. Tesis de maestría, Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich. <http://hdl.handle.net/11086/17655>
- Álvarez, M. P. (2016). Estimación de los efectos de la urbanización sobre la dimensión hidrológica de la cuenca del arroyo Las Parras [Trabajo Académico Integrador, Área de Consolidación: Planificación y manejo de cuencas hidrográficas]. Universidad Nacional de Córdoba. <http://hdl.handle.net/11086/2764>
- Arán, D. S., Felsztyna, I., & Yair Huais, P. (2015). Valoración económica de la población de Río Ceballos sobre el bosque nativo de la Reserva Hídrica Natural del Parque La Quebrada. *Revista de La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2(1), 131–138. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/9059>
- Barbeito, O., Ambrosino, S., & Quintana Salvat, F. (2009). Carta Geológica y Geomorfológica como Base para la Evaluación, Mitigación de Riesgos y la Planificación Territorial en las cuencas de aporte a los ríos Salsipuedes y Saldán con cierres en las localidades homónimas. Instituto Nacional del Agua.
- Becerra, C. (2019). Modos de ocupación urbana en la ciudad serrana, Río Ceballos. *De Res Architettura*, 4, 35-42. ISSN: 2525-1147. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/drarchitettura/article/view/26987>
- Cabido, M., Zeballos, S. R., Zak, M., Carranza, M. L., Giorgis, M. A., Cantero J. J. & Acosta, A. T. R. (2018). Native woody vegetation in central Argentina: Classification of Chaco and Espinal forests. *Appl. Veg. Sci.* 21: 298-311. <https://doi.org/10.1111/avsc.12369>
- Cabrera, A. L. (1976). *Regiones fitogeográficas argentinas*. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina.

- Capitanelli, J. (1979). Clima. En: Vázquez, Miatello y Roqué (Directores). Geografía Física de la Provincia de Córdoba, 144-203. Banco de la Provincia de Córdoba. Editorial Boldt.
- Céliz, Y. (2020). Transformaciones en territorios de interfase: un aporte a la planificación de Sierras Chicas en Córdoba desde los socio-ecosistemas [Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/96261>
- Cingolani, A.M, Poca, M., Giorgis, M.A., Vaieretti, V., Gurvich, D. E., Whitworth-Hulse, J., & Renison, D. (2015). Water provisioning services in a seasonally dry subtropical mountain: Identifying priority landscapes for conservation". Journal of Hydrology. 525, 178-187. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.041>
- Cingolani, A. M., Giorgis, M. A., Hoyos, L. E., & Cabido, M. (2022). La vegetación de las montañas de Córdoba (Argentina) a comienzos del siglo XXI: un mapa base para el ordenamiento territorial. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 57, 65-100. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v57.n1.34924>
- Ensabella, B., & Chiavassa, S. (2019). Cambios en la configuración espacial y nuevas movilizaciones en torno al agua. Las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina, pos-inundación 2015: Array. Estudios Socioterritoriales. Revista De Geografía, (26), e032. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.26-032>
- Gavier, G., & Bucher, E. H. (2004). Deforestación de las Sierras Chicas de Córdoba (Argentina) en el período 1970-1997. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 60(1-2), 33-52.
- Gavier-Pizarro, G. I., Kuemmerle, T., Hoyos, L. E., Stewart, S. I., Huebner, C. D., Keuler, N. S., & Radeloff, V. C. (2012). Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM+ satellite data and support vector machines in Córdoba, Argentina. Remote Sensing of Environment, 122, 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.023>
- Giorgis, M. A., Cingolani, A. M., Gurvich, D. E., Tecco, P. A., Chiapella, J., Chiarini, F., & Cabido, M. (2017). Changes in floristic composition and physiognomy are decoupled along elevation gradients in central Argentina. Applied Vegetation Science, 20:558-571. <https://doi.org/10.1111/avsc.12324>

- Google. (2021). Google Earth Pro (Versión 7.3.3) [Software]. Recuperado de <https://www.google.com/earth/versions/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014). Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Informe Del Grupo Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Hoyos, L. E., Gavier-Pizarro, G. I., Kuemmerle, T., Bucher, E. H., Radeloff, V. C., & Tecco, P. A. (2010). Invasion of glossy privet (*Ligustrum lucidum*) and native forest loss in the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. *Biological Invasions*, 12(9), 3261–3275. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9720-0>
- Indovina, F. (2009). Ciudad Difusa y Archipiélago Metropolitano. *CIDADES, Comunidades e Territórios*, 13–28. <https://doi.org/10.7749/citiescommunitiesterritories.jun2009.018.art01>
- Instituto de Estadísticas de la Ciudad de Córdoba (IDECOR). (2021). Estadísticas ambientales. Recuperado de <https://www.cordoba.gov.ar/instituto-de-estadisticas-de-la-ciudad-de-cordoba/informacion-ambiental/estadisticas-ambientales/>
- Irós, G., Moiso, E., Alonso, C., & Augusto, B. (2014). Urbanización y movilidad en el Área Metropolitana de Córdoba. 515–525. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/54909>
- Jarsún, B., Gorgas, J. A., Zamora, E. M., Bosnero, H. A., Lovera, E. F., Ravelo, A. C., Tassile, J. L., Carnero, M., Bustos, V., Pappalardo, J. E., Petrópulo, G., Rossetti, E., & Ledesma, M. (2006). Los Suelos: Nivel de reconocimiento, escala 1:500.000: recursos naturales de la Provincia de Córdoba. Agencia Córdoba Ambiente; INTA-Centro Regional Córdoba, 612 pp.
- Jobbágy, E. G., Acosta, A. M., & Noretto, M. D. (2013). Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). *Ecología Austral*, 23(2), 087–096. <https://doi.org/10.25260/ea.13.23.2.0.1164>

- Kaviari, F., Saadi Mesgari, M., Seidi, E., & Motieyan, H. (2019). Simulation of urban growth using agent-based modeling and game theory with different temporal resolutions. *Cities*, 95, 102387. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.018>
- Lopez Rivera, L.A. (2021). Un modelo de crecimiento urbano vertical con factores característicos basado en inteligencia artificial [Tesis de maestría en Ciencias de la Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/112219>
- Marani, C. (2016). Persistencias y rupturas espaciales en el Área Metropolitana de Córdoba, Argentina. Descomposición gráfica - conceptual de la forma urbana del período 1980 - 2016. [Tesis de maestría, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba]. <https://doi.org/10.5821/siu.6441>
- Martino, R., Guerreschi, A. & Carignano, C. (2012). Influencia de la tectónica preandina sobre la tectónica andina: el caso de la falla de la sierra chica, Sierras Pampeanas de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 69 (2). 207 – 221. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222012000200006&lng=es&tlng=es.
- MEA. (2003). Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación. Joseph Alcamo, Neville J. Ash, Colin D. Butler, J. Baird Callicott, Doris Capistrano, Stephen R. Carpenter, Juan Carlos Castilla, Robert Chambers, Kanchan Chopra, Angela Cropper, Gretchen C. Daily, Partha Dasgupta, Rudolf de Groot, Thomas Dietz, Anantha Kumar Duraiappah, Madhav Gadgil, Kirk Hamilton. World Resources Institute. <https://millenniumassessment.org/es/Framework.html>
- Naciones Unidas. (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, División de Población
- Ordenanza N° 1622 de 2007 [Concejo Deliberante de Río Ceballos]. Uso de Suelo. 6 de Diciembre 2007
- Ordenanza N° 1666 de 2008 [Concejo Deliberante de Río Ceballos]. Creación de la Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales. 24 de Julio de 2008

- Ordenanza N° 2094 de 2014 [Concejo Deliberante de Río Ceballos]. Modificación de 1666/08, Creación de la Reserva Hídrica Natural Municipal Los Manantiales. 26 de Febrero de 2014
- QGIS Project. (2015). QGIS Training Manual. QGIS Project, 627. https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/training_manual/
- Richard, F. (2016). Estimación de los efectos del cambio de uso del suelo sobre el comportamiento hidrológico de la cuenca del arroyo Cabana [Trabajo académico integrador: planificación y manejo de cuencas hidrográficas]. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. <http://hdl.handle.net/11086/4658>
- Rodriguez, J. M. & Tamburini, D. (2015). Aportes para la creación del corredor hídrico de las Sierras Chicas: antecedentes y legislación en A. Camperchioli (Comp.) Segundas Jornadas Nacionales de Ecología Política (pp.71-77). Sima editora. <http://hdl.handle.net/11336/119823>
- Tamburini, D. M., Gavier, G. I., & Bucher, E. H. (2005). El Desajuste entre las normas legales que regulan la conservación del Bosque Nativo y la creciente deforestación en las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina. En E. Gallardo & F. Schmithüsen (Eds.), La contribución del derecho forestal - ambiental al desarrollo sustentable en América Latina (pp. 34-43). IUFRO World Series Vol. 16. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005223009>
- Tamburini, D. & Rodríguez, J. M. (2020). Pensar a Córdoba como el Gran Córdoba. Consideraciones ambientales de la segunda gran conurbación de la Argentina. En J.E. Ortega y M. Speranza (Comp.), Universidad Libre del Ambiente: 25 años (pp. 111-124). Córdoba: Editorial de la UNC. <http://hdl.handle.net/11336/154787>
- Urriza, G. (2018). Expansión urbana en ciudades intermedias de crecimiento demográfico bajo: el caso de Bahía Blanca, Argentina. Seminario Internacional de Investigación En Urbanismo. <https://doi.org/10.5821/siiu.9151>
- Wang, M., Li, J., Kuang, S., He, Y., Chen, G., Huang, Y., Song, C., Anderson, P., & Łowicki, D. (2020). Plant diversity along the urban-rural gradient and its relationship with urbanization degree in Shanghai, China. *Forests*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/f11020171>

- Whitworth Hulse, J. I. (2018). Efectos de la invasión de *Ligustrum lucidum* sobre la dinámica hídrica en bosques nativos del Chaco Serrano: la interacción entre precipitación, vegetación y suelo. Tesis doctoral, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC), Universidad Nacional de Córdoba. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/116119>
- Zhang, L., Yang, L., Zohner, C. M., Crowther, T. W., Li, M., Shen, F., Guo, M., Qin, J., Yao, L., & Zhou, C. (2022). Direct and indirect impacts of urbanization on vegetation growth across the world's cities. *Science Advances*, 8(27), 1–11. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abo0095>

9. ANEXOS

ANEXO 1. COMPARACIÓN DE MAPAS DE CLASES DE VEGETACIÓN

Tabla 1: Comparación de las unidades de cobertura del suelo que componen la Reserva según publicación de Cingolani et al. (2022) y Ordenanza N° 2094/14

Clases de vegetación Cingolani et al. (2022)	Unidades de Cobertura del suelo Ordenanza N° 2094/14
Bosques nativos	Bosque cerrado (o denso)
Bosques exóticos	Vegetación exótica
Matorrales nativos	Arbustal (o matorral)
	Bosque secundario - Arbustal alto
Pajonales	Pastizal - Arbustal de altura
Céspedes	Suelo desnudo o de baja cobertura
Roquedales	
Pastizales con roca y/o suelo desnudo	Pastizal - Arbustal de altura

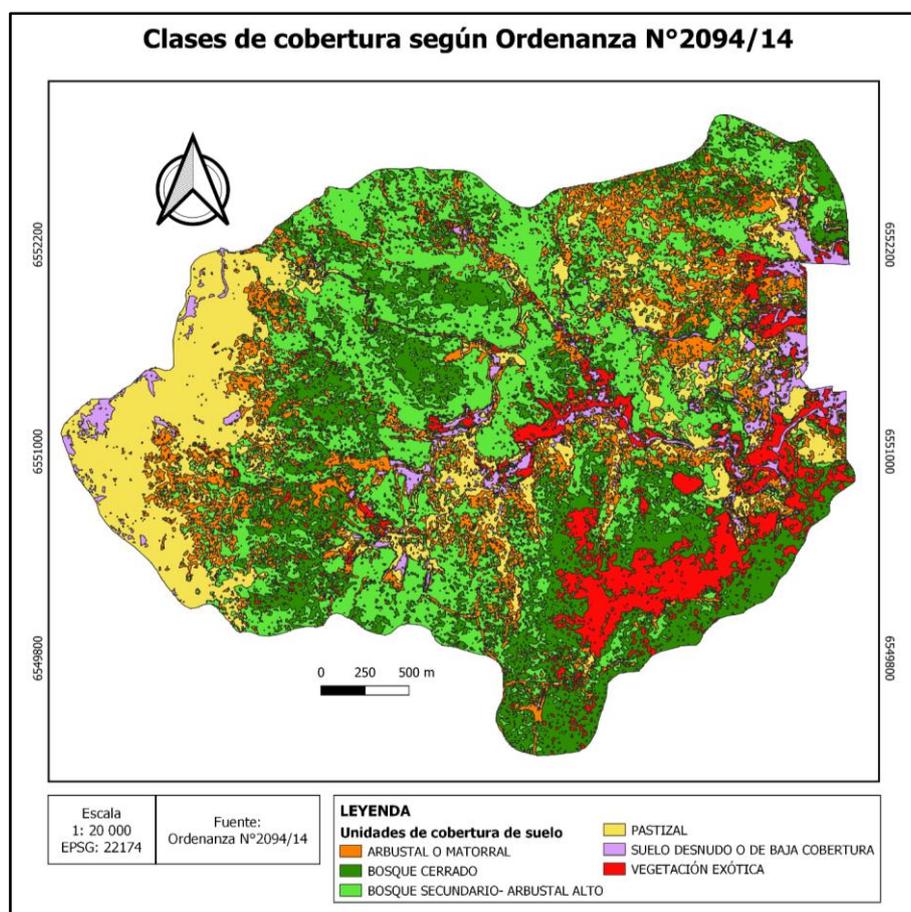


Figura 1: Clases de Cobertura de la Reserva según ordenanza N°2094/14

ANEXO 2. CLASES EXCLUIDAS

En el análisis de las clases de vegetación se excluyeron las clases de zonas urbanas, roquedales y cultivos. En la Reserva, estas clases se localizan principalmente a continuación de la trama urbana (Fig.2)



Figura 2. Sector de la Reserva que comprende las clases excluidas con sus respectivas imágenes satelitales de las clases de **A:** Roquedales. **B y C:** Zona urbana. **D:** Roquedales. **E:** Cultivos y **F:** Zona urbana. Fuente: elaboración propia en base a Mapa de vegetación Cingolani et al. (2022)

ANEXO 3. DISPOSICIONES SOBRE USOS y OCUPACIÓN DE SUELO

El **uso de suelo residencial** comprende como actividad dominante la destinada a viviendas. Puede ser vivienda individual, con uso exclusivo a una persona o familia en una unidad funcional. Y Vivienda Complementaria, unidad funcional subordinada o de apoyo a la vivienda individual, cuya superficie no podrá exceder los cincuenta metros cuadrados (50m²) destinada a apoyo o servicio.

El **uso de suelo turístico responsable** corresponde al suelo ocupado con establecimientos donde se presta un servicio de alojamiento de carácter sustentable. Las modalidades permitidas en la Reserva, dependiendo del área y la zona donde la actividad se localice, serán hosterías, hostales, albergues, cabañas y campings.

El **uso del suelo institucional ambiental** se refiere a actividades que cumplen funciones públicas, sociales y de carácter colectivo. Comprende actividades educativas, de investigación, de salud, de servicios, de seguridad, culturales, dependencias de organismos del estado e instituciones de la sociedad civil, entre otras. Se encuadran en esta categoría las siguientes actividades: centro de interpretación, destacamento de guardaparque, puestos de control, estación biológica, puesto de salud, actividades de difusión y otros usos acordes a los objetivos de conservación de la Reserva, y a la infraestructura disponible.

El **uso de suelo servicios complementarios** incluye actividades de apoyo a la actividad principal: núcleos comerciales o productivos de pequeña escala; talleres artesanales, invernaderos, viveros. El núcleo de servicios no podrá exceder los cincuenta metros cuadrados (50m²), esta superficie será computada dentro del FOS permitido para la parcela.

El **uso de suelo rural sustentable** incluye actividades orientadas al desarrollo rural y al uso de los bienes y servicios naturales teniendo en cuenta sus ciclos naturales y sus funciones ecológicas. Las actividades rurales (productores o recolectores de cultivos orgánicos de pequeña escala, agricultura, producción pecuaria, chacras particulares, entre otras) deben enmarcarse dentro del desarrollo sustentable. Se podrá incluir 1 (una) Vivienda Individual y 1 (una) Vivienda Complementaria (sujeto a los valores del FOT) como actividad de apoyo a las actividades rurales.

Los usos de suelo prohibido dentro de toda el área de La Reserva comprenden, la modalidad de alojamiento turístico hotel, uso de suelo industrial y uso de suelo asimilable al uso de suelo industrial. También se prohíbe el uso de suelo minero, la vivienda colectiva y la vivienda individual agrupada, pertenecientes al uso de suelo residencial.

Tabla 2. Tipo de uso de suelo y la modalidad según la zonificación de la Reserva. Fuente: Adaptación de la Ordenanza N°2094/14.

	USOS DE SUELO	CLASIFICACIÓN	MODALIDAD
Área Urbana (AU-Z1) (AU-Z2) (AU-Z3)	a) Uso de suelo principal	Uso de Suelo Residencial	Vivienda Individual
		Uso de Suelo Turístico Responsable	Hostería, Hostal, Albergue
			Cabañas
			Camping
	Uso de Suelo Institucional Ambiental		
	b) Uso de suelo complementario	Uso de Suelo Servicios	
	c) Uso de Suelo prohibido	Uso de Suelo Residencial	Vivienda individual agrupada
			Vivienda colectiva
			Vivienda Complementaria
		Uso de Suelo Sustentable Rural	
Uso de Suelo Industrial			
Uso de suelo Minero			
Área de Conservación Zona 1 (AC-Z1)	a) Uso de suelo principal	Uso de Suelo Sustentable Rural	Vivienda Individual
			Vivienda Complementaria
	b) Uso de suelo complementario	Uso de Suelo Residencial	Vivienda Individual (menor 1,5 ha)
			Vivienda Individual + Vivienda complementaria (mayor 1,5 ha)
			Hostería, Hostal, Albergue
	c) Uso de Suelo prohibido	Uso de Suelo Turístico Responsable	Cabaña
			Camping
			Vivienda Individual agrupada
		Uso de Suelo Residencial	Vivienda Colectiva
		Uso de Suelo Servicios	
Uso de Suelo Industrial			
Uso de suelo Minero			
Área de Conservación Zona 2 (AC-Z2)	a) Uso de suelo principal	Uso de Suelo Sustentable Rural	Vivienda Individual
			Vivienda Complementaria
	b) Uso de suelo complementario	Uso de Suelo Institucional Ambiental	
		Uso de Suelo Turístico Responsable	Hostería, Hostal, Albergue
c) Uso de Suelo	Uso de Suelo Residencial	Vivienda Individual	

	prohibido		Agrupada
			Vivienda Individual
			Vivienda Colectiva
		Uso de Suelo Servicios	
		Uso de Suelo Industrial	
		Uso de suelo Minero	
	Uso de Suelo Turístico Responsable	Camping, Cabañas	
Área de Conservación Zona 3 (AC-Z3)	a) Uso de suelo principal	Uso de Suelo Sustentable Rural	Vivienda Individual
			Vivienda Complementaria
	b) Uso de suelo complementario	Uso de suelo Institucional Ambiental	
		Uso de Suelo Residencial	Vivienda individual (menor 1,5 ha)
	c) Uso de Suelo prohibido	Uso de Suelo Residencial	Vivienda individual (mayor 1,5 ha)
			Vivienda individual agrupada
			Vivienda colectiva
		Uso de Suelo Turístico Responsable	Hostería, Hostal, Albergue, Camping, Cabañas
		Uso de Suelo Servicios	
		Uso de Suelo Industrial	
Uso de Suelo Minero			
Área de Máxima Conservación 1 (AMC -1)	a) Uso de suelo principal	Uso de Suelo Institucional Ambiental	
	b) Uso de suelo complementario	Uso de Suelo Sustentable Rural	Vivienda Individual
			Vivienda Complementaria
	c) Uso de Suelo prohibido	Uso de Suelo Turístico Responsable	Hostería, Hostal, Albergue, Camping, Cabañas
			Vivienda Individual
			Vivienda Individual Agrupada
		Vivienda Colectiva	
		Uso de Suelo Servicios	
Uso de Suelo Industrial			
Uso de Suelo Minero			
Áreas de Máxima Conservación 2 Y 3 (AMC -2) (AMC -3)	a) Uso de suelo principal	Uso de Suelo Institucional Ambiental	
	c) Uso de Suelo prohibido	Uso de Suelo Sustentable Rural	
		Uso de Suelo Residencial	Vivienda Individual
			Vivienda Individual Agrupada
			Vivienda Colectiva
		Uso de Suelo Servicios	
		Uso de Suelo Industrial	
Uso de Suelo Minero			

ANEXO 4. CRITERIOS DE PENDIENTE PARA CADA ÁREA

En el Área Urbana (AU), solo se permitirá la construcción de edificaciones en laderas con pendientes inferiores al treinta por ciento (30%), mientras que las laderas con pendientes mayores al treinta por ciento (30%) deberán mantenerse sin cambios. En parcelas con pendientes superiores al treinta por ciento (30%), la construcción sólo se permitirá elevando la estructura por encima del nivel del suelo natural mediante bases con pilares o pilotes.

En el Área de Conservación (AC) y Máxima Conservación (AMC), solo se permitirá la construcción en áreas o sectores de la parcela con pendientes inferiores al quince por ciento (15%) en parcelas con pendientes superiores al quince por ciento (15%).

En toda la Reserva, se definirán el FOT (Factor de Ocupación del Suelo) y el FOS (Factor de Ocupación del Espacio) según las pendientes del terreno y el tamaño de las parcelas, variando entre pendientes de hasta el 15%, más del 15% y más del 30%, así como parcelas de hasta 2000 m² o más de 2000 m²

ANEXO 5. FACTORES DE OCUPACIÓN DEL SUELO

Los factores de ocupación en las diferentes zonas de la Reserva se definen en función de la pendiente del terreno y la superficie de la parcela. La Tabla 2 muestra la clasificación de cada zona según la Ordenanza N° 2094/14, junto con los valores permitidos de FOS y FOT en porcentaje y metros cuadrados. En las columnas de "máximos utilizados" se muestran los valores utilizados para simular los escenarios de avance de la urbanización. En el caso del Área de Conservación y Máxima Conservación, la ordenanza no define valores específicos para el FOS. Para mantener la coherencia en los criterios, se utiliza el valor de FOT como FOS, ya que la transformación del terreno es un factor relevante a considerar.

Tabla 3. Clasificación de los factores de ocupación (FOS Y FOT), según la zona, la pendiente del terreno y la superficie de la parcela. Fuente: Adaptación de la Ordenanza N°2094/14.

	ORDENANZA 2094/14				MÁXIMOS UTILIZADOS	
	FOS (%)	FOS (m ²)	FOT (%)	FOT (m ²)	FOS (%)	FOS (m ²)
Zona 1 del Área Urbana (AU-Z1)						
Si la superficie de la parcela es menor a 1.250 m ² ; el límite de construcción es de		50				50
Si la pendiente es menor e igual al 15% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.250 m ² y menor e igual a 1.500 m ²	0,1		0,12		0,1	
Si la pendiente es mayor a 15% y es menor e igual al 30% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.250 m ² y menor e igual a 1.500 m ²	0,08		0,1		0,08	
Si la pendiente es mayor al 30% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.250 m ² y menor e igual a 1.500 m ²	0,05		0,08		0,05	
Si la pendiente es menor e igual al 15% y la superficie de la parcela es mayor 1.500 m ²	0,05		0,08		0,05	
Si la pendiente es mayor a 15% y es menor e igual al 30% y la superficie de la parcela es mayor 1.500 m ²	0,03		0,05		0,03	
Si la pendiente es mayor al 30% y la superficie de la parcela es mayor 1.500 m ²	0,03		0,03		0,03	
Si la superficie de la parcela es mayor a 1.500 m ² , independientemente de la pendiente el límite de construcción es		200		300		200
Zona 2 del Área Urbana (AU-Z2)						
Si la superficie de la parcela es menor a 1.500 m ² ; el límite de construcción es		50				50
Si la pendiente es menor e igual al 15% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.500 m ² y menor e igual a 2.000 m ²	0,08		0,1		0,08	
Si la pendiente es mayor al 15% y es menor e igual al 30% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.500 m ² y menor e igual a 2.000 m ²	0,05		0,08		0,05	

Si la pendiente es mayor al 30% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.500 m ² y menor e igual a 2.000 m ²	0,03		0,05		0,03	
Si la pendiente es menor e igual al 15% y la superficie de la parcela es mayor 2.000 m ²	0,03		0,03		0,03	
Si la pendiente es mayor a 15% y es menor e igual al 30% y la superficie de la parcela es mayor 2.000 m ²	0,03		0,03		0,03	
Si la pendiente es mayor al 30% y la superficie de la parcela es mayor 2.000 m ²	0,03		0,03		0,03	
Si la superficie de la parcela es mayor a 2.000 m ² , el límite de construcción es		200				200
Zona 3 del Área Urbana (AU-Z3)						
Si la superficie de la parcela es menor a 1.500 m ² ; el límite de construcción es						50
Si la pendiente es menor e igual al 15% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.500 m ² y menor e igual a 2.000 m ²	0,08		0,1		0,08	
Si la pendiente es mayor a 15 % y es menor e igual al 30% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.500 m ² y menor e igual a 2.000 m ²	0,05		0,08		0,05	
Si la pendiente es mayor al 30% y la superficie de la parcela es mayor e igual a 1.500 m ² y menor e igual a 2.000 m ²	0,03		0,05		0,03	
Si la pendiente es menor e igual al 15% y la superficie de la parcela es mayor 2.000 m ²	0,03		0,03		0,03	
Si la pendiente es mayor a 15 % y menor e igual al 30% y la superficie de la parcela es mayor 2.000 m ²	0,03		0,03		0,03	
Si la pendiente es mayor al 30% y la superficie de la parcela es mayor 2.000 m ²	0,03		0,03		0,03	
Si la superficie de la parcela es mayor a 2.000 m ² , el límite de construcción es		200		300		200
Zona 1 del Área de Conservación (AC-Z1)						
Si la superficie de la parcela es menor e igual a 150.000 m ²			0,03	300	0,03	300
Si la superficie de la parcela es mayor a 150.000 m ² y menor e igual al 300.000 m ²			0,03	600	0,03	600
Si la superficie de la parcela es mayor a 300.000 m ²			0,03	900	0,03	900
Zona 2 del Área de Conservación (AC-Z2)						
Si la superficie de la parcela es menor e igual a 150.000 m ²			0,03	300	0,03	300
Si la superficie de la parcela es mayor a 150.000 m ² y menor e igual al 300.000 m ²			0,03	600	0,03	600
Si la superficie de la parcela es mayor a 300.000 m ²			0,03	900	0,03	900
Zona 3 del Área de Conservación (AC-Z3)						
Si la superficie de la parcela es menor e igual a 150.000 m ²			0,03	300	0,03	300

Si la superficie de la parcela es mayor a 150.000 m ² y menor e igual al 300.000 m ²			0,03	600	0,03	600
Si la superficie de la parcela es mayor a 300.000 m ²			0,03	900	0,03	900
Áreas de Máxima Conservación (AMC-1)						
Si la superficie de la parcela es menor e igual a 150.000 m ²			0,03	300	0,03	300
Si la superficie de la parcela es mayor a 150.000 m ² y menor e igual al 300.000 m ²			0,03	600	0,03	600
Si la superficie de la parcela es mayor a 300.000 m ²			0,03	900	0,03	900
Áreas de Máxima Conservación (AMC-2)						
Si la superficie de la parcela es menor e igual a 150.000 m ²			0,03	300	0,03	300
Si la superficie de la parcela es mayor a 150.000 m ² y menor e igual al 300.000 m ²			0,03	600	0,03	600
Si la superficie de la parcela es mayor a 300.000 m ²			0,03	900	0,03	900
Áreas de Máxima Conservación (AMC-3)						
Si la superficie de la parcela es menor e igual a 150.000 m ²			0,03	300	0,03	300
Si la superficie de la parcela es mayor a 150.000 m ² y menor e igual al 300.000 m ²			0,03	600	0,03	600
Si la superficie de la parcela es mayor a 300.000 m ²			0,03	900	0,03	900

ANEXO 6. CRITERIOS DE REASIGNACIÓN PARA UNA NUEVA ZONIFICACIÓN

Las parcelas 1, 6, 7, 9, 10, 11 y 12 han sido designadas como zona principal AC Z2, y zona complementaria AC Z3 después de haber comparado sus usos de suelo complementario (Tabla 1) ya que ambas zonas tienen el mismo uso de suelo principal. El AC Z2 se destina para uso de suelo turístico responsable con la modalidad hostería, hostel, albergue, mientras que el AC Z3 posee uso de suelo residencial con vivienda individual. Aunque el uso residencial puede ser más permisivo debido a su uso de suelo permanente, se requiere una parcela con una superficie menor a 1,5 ha para la construcción de viviendas individuales, y todas las parcelas en cuestión tienen una superficie mayor a 1,5 ha, lo que significa que el uso de suelo residencial está prohibido para estas parcelas. Por otro lado, la construcción de instalaciones turísticas no requiere un tamaño mínimo de parcela, lo que hace que el uso de suelo turístico tenga una mayor prioridad, en términos de permisividad, en el avance de urbanización.

Las parcelas 2, 4 y 5 han sido clasificadas según la comparación del uso de suelo principal como zona principal AC Z3, y AMC2 y AMC3 como zonas complementarias 1 y 2 respectivamente (Tabla 1 del anexo). AC Z3 permite el uso de suelo sustentable rural, permitiendo la construcción de una vivienda individual y una vivienda complementaria. Por otro lado, tanto AMC 2 como AMC 3 tienen como uso de suelo principal el Uso de Suelo Institucional Ambiental, lo que limita la construcción a una única unidad funcional.

Las parcelas 3 y 8 han sido designadas como AC Z2 para la zona principal y AC Z3 para la zona complementaria 1, luego de haber comparado su uso de suelo principal. Además, la parcela 3 cuenta con la AMC 2 como zona complementaria 2, mientras que la parcela 8 tiene la AMC 1. El AC Z2 permite el uso sustentable rural, lo que permite la construcción de una vivienda individual y una vivienda complementaria, mientras que las AMC tienen como uso principal el Uso de Suelo Institucional Ambiental, lo que limita la construcción a una sola unidad funcional (Tabla 1 del Anexo).

ANEXO 7: FOS_MAX_%

```
CASE
WHEN "Zona" = 'AU Z1' and "slope" <= 15 and "sup_m2" >= 1250 and "sup_m2" <= 1500 THEN 0.1
WHEN "Zona" = 'AU Z1' and "slope" > 15 and "slope" <= 30 and "sup_m2" >= 1250 and "sup_m2" <= 1500 THEN 0.08
WHEN "Zona" = 'AU Z1' and "slope" > 30 and "sup_m2" >= 1250 and "sup_m2" <= 1500 THEN 0.05
WHEN "Zona" = 'AU Z1' and "slope" <= 15 and "sup_m2" > 1500 THEN 0.05
WHEN "Zona" = 'AU Z1' and "slope" > 15 and "slope" <= 30 and "sup_m2" > 1500 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AU Z1' and "slope" > 30 and "sup_m2" > 1500 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "slope" <= 15 and "sup_m2" >= 1500 and "sup_m2" <= 2000 THEN 0.08
WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "slope" > 15 and "slope" <= 30 and "sup_m2" >= 1500 and "sup_m2" <= 2000 THEN 0.05
WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "slope" > 30 and "sup_m2" >= 1500 and "sup_m2" <= 2000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "slope" <= 15 and "sup_m2" > 2000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "slope" > 15 and "slope" <= 30 and "sup_m2" > 2000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "slope" > 30 and "sup_m2" > 2000 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "slope" <= 15 and "sup_m2" >= 1500 and "sup_m2" <= 2000 THEN 0.08
WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "slope" > 15 and "slope" <= 30 and "sup_m2" >= 1500 and "sup_m2" <= 2000 THEN 0.05
WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "slope" > 30 and "sup_m2" >= 1500 and "sup_m2" <= 2000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "slope" <= 15 and "sup_m2" > 2000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "slope" > 15 and "slope" <= 30 and "sup_m2" > 2000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "slope" > 30 and "sup_m2" > 2000 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AC Z1' and "sup_m2" <= 150000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AC Z1' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AC Z1' and "sup_m2" > 300000 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AC Z2' and "sup_m2" <= 150000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AC Z2' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AC Z2' and "sup_m2" > 300000 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AC Z3' and "sup_m2" <= 150000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AC Z3' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AC Z3' and "sup_m2" > 300000 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AMC1' and "sup_m2" <= 150000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AMC1' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AMC1' and "sup_m2" > 300000 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AMC2' and "sup_m2" <= 150000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AMC2' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AMC2' and "sup_m2" > 300000 THEN 0.03

WHEN "Zona" = 'AMC3' and "sup_m2" <= 150000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AMC3' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 0.03
WHEN "Zona" = 'AMC3' and "sup_m2" > 300000 THEN 0.03

END
```

Figura 3. Conjuntos de sentencias utilizada en QGIS, que definen el FOS_MAX_% permitido para cada parcela.

ANEXO 8: FOS_MAX_m2

```
CASE
  WHEN "zona" = 'AU Z1' and "sup_m2" > 1500 THEN 200
  WHEN "zona" = 'AU Z1' and "sup_m2" < 1250 THEN 50

  WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "sup_m2" < 1500 THEN 50
  WHEN "Zona" = 'AU Z2' and "sup_m2" > 2000 THEN 200

  WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "sup_m2" < 1500 THEN 50
  WHEN "Zona" = 'AU Z3' and "sup_m2" > 2000 THEN 200

  WHEN "Zona" = 'AC Z1' and "sup_m2" <= 150000 THEN 300
  WHEN "Zona" = 'AC Z1' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 600
  WHEN "Zona" = 'AC Z1' and "sup_m2" > 300000 THEN 900

  WHEN "Zona" = 'AC Z2' and "sup_m2" <= 150000 THEN 300
  WHEN "Zona" = 'AC Z2' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 600
  WHEN "Zona" = 'AC Z2' and "sup_m2" > 300000 THEN 900

  WHEN "Zona" = 'AC Z3' and "sup_m2" <= 150000 THEN 300
  WHEN "Zona" = 'AC Z3' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 600
  WHEN "Zona" = 'AC Z3' and "sup_m2" > 300000 THEN 900

  WHEN "Zona" = 'AMC1' and "sup_m2" <= 150000 THEN 300
  WHEN "Zona" = 'AMC1' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 600
  WHEN "Zona" = 'AMC1' and "sup_m2" > 300000 THEN 900

  WHEN "Zona" = 'AMC2' and "sup_m2" <= 150000 THEN 300
  WHEN "Zona" = 'AMC2' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 600
  WHEN "Zona" = 'AMC2' and "sup_m2" > 300000 THEN 900

  WHEN "Zona" = 'AMC3' and "sup_m2" <= 150000 THEN 300
  WHEN "Zona" = 'AMC3' and "sup_m2" > 150000 and "sup_m2" <= 300000 THEN 600
  WHEN "Zona" = 'AMC3' and "sup_m2" > 300000 THEN 900
END
```

Figura 4. Conjuntos de sentencias utilizada en QGIS, que definen el FOS_MAX_m2 permitido para cada parcela.

ANEXO 9. MAX_EDIF

```
CASE
  WHEN ("Zona" = 'AU Z1' ) AND "sup_m2" > 1250 THEN min("sup_m2" * "FOS_MAX_%", 200)
  WHEN ("Zona" = 'AU Z2' OR "Zona" = 'AU Z3') AND "sup_m2" > 1500 THEN min("sup_m2" * "FOS_MAX_%", 200)
  WHEN ("Zona" = 'AU Z1') AND "sup_m2" <= 1250 THEN 50
  WHEN ("Zona" = 'AU Z2' OR "Zona" = 'AU Z3') AND "sup_m2" <= 1500 THEN 50
  WHEN ("Zona" = 'AC Z1' or "Zona" = 'AC Z2' OR "Zona" = 'AC Z3' OR "Zona" = 'AMC1'
  OR "Zona" = 'AMC2' OR "Zona" = 'AMC3') THEN min("sup_m2" * "FOS_MAX_%", "FOS_MAX_m2")
END

CASE
  WHEN "MAX_EDIF" <= 50 THEN 50
  WHEN "MAX_EDIF" > 50 THEN "MAX_EDIF"
END
```

Figura 5. Conjuntos de sentencias utilizada en QGIS, que definen el MAX_EDIF permitido para cada parcela.

ANEXO 10. EDIFICACIONES RELEVADAS

Tabla 4. Cantidad de edificaciones relevadas en cada zona de la Reserva, en los años 2003 y 2021. Con los porcentajes de aumento asociados por cada zona.

Zonas	Edificaciones relevadas 2003	Edificaciones relevadas 2021	Total por zona	Porcentaje por zona (%)
AU Z1	41	116	157	283
AU Z2	17	25	42	147
AU Z3	25	51	76	204
AC Z1	1	7	8	700
AC Z2	20	2	22	10
AC Z3	9	15	24	167
AMC 1	0	0	0	0
Total	113	216	329	191