



---

# ESTUDIO DE LOS CAMBIOS DEL PAISAJE DE LUNLUNTA (MAIPÚ - MENDOZA) EN EL PERÍODO 1990-2021

---

Marcos Guevara  
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo  
Mendoza, Argentina.  
Enero 2022.





## **ESTUDIO DE LOS CAMBIOS DEL PAISAJE DE LUNLUNTA (MAIPÚ - MENDOZA) EN EL PERÍODO 1990-2021**

**Autor:** Marcos Guevara

Correo electrónico: [marcosguevara5555@gmail.com](mailto:marcosguevara5555@gmail.com)

**Directora:** Ing. Agr. Lucía del Barrio

Correo electrónico: [delbarriolu@gmail.com](mailto:delbarriolu@gmail.com)

**Codirector:** Prof. Ing. Agr. Leandro Mastrantonio

Correo electrónico: [leandro.mastrantonio@gmail.com](mailto:leandro.mastrantonio@gmail.com)

**Comisión evaluadora:**

- Ing. RNR. Julieta D’Amario
  - Correo electrónico: [julietadamario@gmail.com](mailto:julietadamario@gmail.com)
- Dra. Andrea Goijman
  - Correo electrónico: [goijman.andrea@inta.gob.ar](mailto:goijman.andrea@inta.gob.ar)
- Dra. Paula Mussetta
  - Correo electrónico: [pcmussetta@gmail.com](mailto:pcmussetta@gmail.com)



## RESUMEN

La expansión de las tierras urbanas, implica intensos y continuos cambios en el uso y coberturas del suelo, sin reparos en los efectos ambientales causados. Los procesos de urbanización en todo el mundo se están desarrollando de manera acelerada, provocando grandes cambios en los paisajes al realizarse de manera no planificada. En los países en desarrollo, estos cambios se dan sobre tierras productivas, lo que provoca su transformación por las presiones urbanas o incluso su desaparición; teniendo consecuencias negativas sobre los recursos naturales y la población. En las últimas décadas, en el distrito de Lunlunta (Maipú-Mendoza, Argentina), las explotaciones agrícolas se han visto afectadas por emprendimientos inmobiliarios con proyectos de loteo para barrios. Los productores cuyas tierras persisten en producción, experimentan pérdidas en la calidad de los cultivos por contaminación y disminución de la amplitud térmica provocada por las edificaciones entre otras consecuencias.

En el presente estudio se plantea la hipótesis de que, en este distrito, ha tenido lugar una disminución y fragmentación de las tierras agrícolas en el período 1990-2021, provocadas por la expansión de las tierras urbanas. Con el objetivo de describir los cambios del paisaje de Lunlunta en el período considerado, se confeccionaron mapas de cobertura para cuatro momentos de estudio dentro del período analizado para compararlos y establecer relaciones entre los cambios de uso y cobertura del suelo y las estructuras del paisaje. Para ello, se realizaron clasificaciones supervisadas a partir de imágenes satelitales Landsat y se calcularon métricas del paisaje para el estudio de los cambios.

Los resultados mostraron que, entre los años 1991 y 2021, la cobertura urbana pasó de ocupar un 6% de la superficie total del distrito a ocupar un 38% de la misma. Por su parte, la cobertura agrícola, que en 1991 ocupaba un 73%, en 2021 ocupa un 46%, significando una disminución de un 27% en el período analizado. El cambio neto para el período de estudio, muestra que el aumento de cobertura urbana fue aproximadamente de 600 hectáreas, mientras que la agrícola disminuyó en 500 hectáreas. También se señala que, para cada aumento de la cobertura urbana, existe un aumento en la fragmentación de las tierras agrícolas. Esto permite aceptar la hipótesis planteada acerca de la disminución y fragmentación de las coberturas en el área de estudio.

Por lo expuesto, es posible ver que los cambios en el distrito se dieron de manera desordenada. A su vez, las explotaciones que perduran en Lunlunta, se encuentran cada vez más vulnerables debido a la fragmentación provocada por los emprendimientos inmobiliarios. La cantidad de desarrollos inmobiliarios en la zona, es cada vez mayor debido al valor estético (dado por el entorno agrícola y natural) existente que la convierte en un espacio deseable para los asentamientos. Sin embargo, a luz de los resultados de esta investigación, surge el interrogante acerca de cuánta superficie agrícola se permitirá que cambie de uso del suelo por urbanización.

El fin de este trabajo es aportar información y conocimientos sobre los cambios en los usos y coberturas del suelo que han tenido lugar en el distrito de Lunlunta. De esta manera, se espera contribuir a la prevención de la pérdida de nuevas tierras productivas y naturales, proveyendo herramientas que asistan a los tomadores de decisiones.

**Palabras clave:** cambio en el uso y cobertura del suelo, expansión urbana, clasificación supervisada, análisis temporal.



## ABSTRACT

The expansion of the urban border implies an intense and continuous land cover and use change, disregarding the environmental effects it causes. Urbanization worldwide is happening rapidly, causing great changes in landscapes due to its lack of planning. In developing countries these changes take place in some of the most fertile lands, which prompts them to be transformed by urban pressure or causes them to disappear; affecting negatively natural resources as well as the population. In the last decades, in the district of Lunlunta (Maipú-Mendoza, Argentina), crops have been affected by housing ventures, which divide the land into lots. Farmers whose lands remain productive, suffer quality loss in their crops because of the pollution and decrease of thermal amplitude caused by buildings among other consequences.

This study proposes that, in this district, a decrease and fragmentation of the agricultural lands has taken place between 1990 and 2021, as a result of urban sprawl. Land cover maps were made, for four moments of analysis within the afore mentioned interval of time to compare and establish relations between land use and cover changes, and landscape structures caused by urbanization in the study area. In order to do so, supervised classifications were made from Landsat satellite images, calculating landscape metrics to study the changes.

Results show that, between 1991 and 2021, urban land cover went from 6% of the district's overall surface to 38%. On the other hand, agricultural land cover, which in 1991 was 73%, has a value of 46% for 2021, signifying a 27% decrease for the given time interval. The net variation shows that urban growth for the analyzed years was 600 hectares, whereas the agricultural lands diminished their cover by 500 hectares. It is also pointed out that, for each increase of urban cover, there is an increase in the fragmentation of cultivated land. This allows to accept the hypothesis about the decrease and fragmentation of agricultural lands.

With all the items explained so far, it's possible to see that the changes in the district unfolded in a disorderly fashion. At the same time, the cultivated lands in Lunlunta are becoming increasingly vulnerable due to the ever-growing housing ventures, which are booming since the aesthetic value of the land (given by its natural and agricultural components) makes it desirable for settlements. However, in light of the obtained results in this study, a question is raised about how much of the agricultural cover will be allowed to be transformed into urban cover.

The purpose of this study is to provide information and knowledge regarding the changes in the use and cover of the land that have taken place in the district of Lunlunta. Thus, it is expected to contribute to prevent the loss of both productive and natural lands, providing tools that assist decision-makers.

**Key words:** land use and cover change, urban sprawl, supervised classification, temporal analysis.



## AGRADECIMIENTOS

*Antes que nada, quiero agradecer a mi familia, sin el apoyo que me ha brindado todos estos años, hubiera sido imposible hacer esta carrera y esta tesis.*

*Quiero agradecer a mi querida Ari, que ha sido un soporte fundamental para mí tanto dentro como fuera de la facultad y no dejo de sorprenderme de su inmensa abnegación. Su compañía en estos años ha sido un regalo más grande que cualquiera que pudiera imaginar.*

*Agradezco a la gente que encontré en la FCA, que se convirtió en una parte indispensable de mi persona después de tantas horas, fuegos y estrofas:*

*A Juanchi, por cada risa, cada reveladora charla interminable, cada página estudiada, cada consuelo y cada abrazo en este camino;*

*A Juanico, por los chistes y conversaciones emocionales entre los cuales no había transición alguna;*

*A John, por mantener una atmósfera liviana pero siempre con un consejo aclarador bajo la gorra;*

*A Marti, porque cada charla me ayudó a crecer y a aprender sobre la riqueza de la empatía;*

*A Mari, por los frescos puntos de vista y los comentarios teledirigidos que alegran la vida;*

*A Maika, por los proyectos soñados y las constantes risas de complicidad gramatical;*

*A Nati, por su provechosa sinceridad y por recordarme permanentemente que la facultad es sólo uno de los aspectos de la vida;*

*A Mati, por esa pecera llena de romerito que me regaló un lazo tan valioso;*

*A Meli, por los momentos compartidos y su indispensable intervención para mi formación;*

*A Juanfrancio, por la calidez de su persona y las observaciones mejor cronometradas;*

*A Rendi, por hacer los espacios entre clases mucho más divertidos y reconfortantes;*

*A Luci, por las frases más célebres que iluminan los momentos compartidos;*

*A Luji, Bruno, Carrix, Yesi, Belén, Sosi, Sol, Cin, Peñi, Santico, Fofi, Andrés y tantas otras personas cuya presencia ha sido otro hermoso beneficio de esta experiencia;*

*A Connie, Ro, Ema, Seba, Agus, Luisi, Flor, Vane por los momentos, resúmenes y mates compartidos.*

*A Juani, por brindar inmensa paz al extraer la simpleza más pura de la entropía más abrumadora.*

*A Juanse por ayudarme a poner las cosas en perspectiva y recordarme siempre que cada proceso y cada canción tiene su tiempo.*

*A mi directora Lucía porque su paciencia, acompañamiento, predisposición e interés por mi aprendizaje a lo largo de este proceso fueron incommensurables;*

*A mi codirector Leandro, por sus aportes a este trabajo y a mi formación profesional;*

*A mis evaluadoras por enriquecer esta tesis.*

*A la Facultad de Ciencias Agrarias, por ser una segunda casa donde he aprendido valores que superan los requisitos de la ingeniería.*

*A los docentes que dejan ver la fuerza de su vocación y son la base de mi formación.*

Lo que importa es el presente. Pero qué lindo está el pasado.



## ÍNDICE

1. Introducción .....	1
2. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. Hipótesis.....	3
4. Marco conceptual .....	3
5. Caracterización del área de estudio.....	5
6. Materiales y métodos.....	6
6.1 Clasificación supervisada .....	6
6.1.1 Entrenamiento .....	6
6.1.2 Asignación .....	10
6.1.3 Evaluación .....	10
6.2 Análisis del paisaje .....	10
7. Resultados y discusión .....	11
7.1 Cambios en las coberturas discriminados por clases operativas .....	11
7.2 Cambios en las coberturas según macro-clases.....	12
8. Conclusiones .....	19
9. Bibliografía.....	20
10. Anexo.....	23



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Elementos del paisaje.....	3
Figura 2: Área de estudio.....	5
Figura 3: Puntos muestreados .....	7
Figura 4: Coberturas obtenidos luego de realizar la clasificación supervisada, para cada año de estudio.....	11
Figura 5: Porcentaje de la superficie agrícola ocupada por cada cultivo para los años del período de estudio.....	12
Figura 6: Coberturas de las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo, para cada año de análisis.....	13
Figura 7: Porcentaje de superficie ocupada por cada macro-clase, para cada uno de los años analizados. ....	14
Figura 8: Variación de la cobertura en hectáreas para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo a lo largo del período de estudio.....	14
Figura 9: Variación neta de la cobertura en hectáreas de las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para cada intervalo temporal.....	15
Figura 10: Variación neta de la cobertura en hectáreas de las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para todo el periodo de estudio.....	15
Figura 11: Variación de la cobertura en hectáreas y número de parches para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo a lo largo del período de estudio.....	17
Figura 12: Valores de fragmentación para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para cada año del período de estudio.....	17
Figura 13: Variación de la cobertura en hectáreas y el índice de fragmentación para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para el período de estudio.....	18
Figura 14: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 1991.....	24
Figura 15: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 2001.....	24
Figura 16: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 2010.....	25
Figura 17: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 2021.....	25



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de las imágenes Landsat utilizadas en el proceso de clasificación. .	6
Tabla 2: Agrupación de clases operativas en macro-clases o clases de análisis. ....	8
Tabla 3: Listado de índices espectrales utilizados. ....	8
Tabla 4: Valores de los índices Kappa y Overall Accuracy para cada clasificación realizada. .....	11
Tabla 5: Matriz de confusión 1991. ....	23
Tabla 6: Matriz de confusión 2001. ....	23
Tabla 7: Matriz de confusión 2010. ....	23
Tabla 8: Matriz de confusión 2021. ....	23





## 1. INTRODUCCIÓN

Hatab et al. (2019), indican que, en las próximas décadas, se anticipa que el ritmo de urbanización se acelerará y dos tercios de la población mundial vivirá en ciudades y áreas metropolitanas para el año 2050. Los procesos de urbanización son los factores primarios que generan los cambios de uso y cobertura del suelo. Estos cambios, se refieren a la transformación de las cubiertas preexistentes para proporcionarles otro uso.

La expansión urbana está ocurriendo sobre algunas de las tierras más productivas del mundo, por lo que se espera que los sistemas alimentarios enfrenten presiones. Particularmente, en los países en desarrollo, la expansión de la extensión geográfica de las ciudades (expansión urbana) supone cambios sin precedentes en términos de hambrunas, inseguridad alimentaria y desnutrición (Hatab et al., 2019).

Sin embargo, la expansión urbana y sus impactos en países en desarrollo han recibido poca atención por parte de investigadores, planificadores y políticos. Por lo tanto, hay pocos diseños e implementaciones de políticas efectivas. Como consecuencia, los sistemas de producción agrícola sufren procesos de transformación y reajuste por las presiones de la expansión urbana. Algunos de estos son:

- Reducción de la tierra disponible para la producción agrícola.
- Fragmentación de las tierras de cultivo.
- Pérdida de servicios ecosistémicos proporcionados por las áreas cultivadas.
- Presión sobre las prácticas agrícolas rurales y periurbanas (Hatab et al., 2019).

Los problemas causados por la urbanización son generalmente provocados por una falta de manejo y planificación; por consiguiente, es necesario realizar estudios y generar información que sirva para mitigar o evitar estos efectos. Frecuentemente, la escasez de información provoca que los proyectos de planificación y gestión ambiental se desarrollen en situaciones de urgencia; causando que, obras que deberían haber generado una mayor calidad de vida, tengan consecuencias negativas sobre los recursos naturales y los habitantes (Hurtado et al., 2006 como se citó en Baldini, 2020, p.90).

Por su parte, Argentina sufrió un proceso de aglomeración de población que se pronunció históricamente en el mundo. Según los censos nacionales de población, entre el año 1991 y el año 2010 la población del campo disminuyó en un 25% (Sili, 2019). Hacia 2010 el 92% de la población argentina vivía en ciudades (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INDEC], 2010).

Para el caso de Mendoza, el Área Metropolitana de Mendoza (AMM) es la cuarta ciudad en importancia del país. Según los datos del Censo Nacional del año 2010 cuenta con una población aproximada de 1.025.382 habitantes; es decir, el 59% del total de población provincial. Administrativamente, la conforman 6 municipios: Capital, Godoy Cruz, Guaymallén, Maipú, Luján y Las Heras. El AMM, desde el punto de vista poblacional ha experimentado un crecimiento constante de aproximadamente el 10% entre 1990 y 2010, mientras que la superficie de expansión para este intervalo de tiempo ha sido de aproximadamente el 24%, avanzando en forma irregular y sostenida sobre áreas cultivables (Valpreda y Berón, 2012). Por estas presiones, el periurbano del AMM ha pasado de ser un paisaje marcadamente productivo a uno recreativo y diseñado para el consumo (Bernabeu y Martín, 2019).

Históricamente, Maipú se ha presentado como un departamento con una importante figura agrícola-industrial; principalmente debido a grandes obras de irrigación, la importación de tecnología, el protagonismo de la gran inmigración europea y las nuevas comunicaciones, en particular el ferrocarril. La vitivinicultura, experimentó una gran expansión hasta 1990 aproximadamente, cuando hubo un período de crisis como consecuencia de la sobreproducción de vinos de baja calidad, la estrechez de mercados y el colapso de grandes



establecimientos de empresas familiares tradicionales. A partir de esta década, se desarrolló una nueva etapa de modernización caracterizada por una marcada orientación hacia vinos de gran calidad, que apuntan al mercado nacional e internacional y exaltan la identidad territorial y la producción varietal.

Sin embargo, en los últimos años, Maipú ha visto amenazado su carácter agrícola-industrial identitario, encontrándose prácticamente antropizado en su totalidad. Esto se debe a una serie de factores, entre ellos, el crecimiento urbano descontrolado y la inserción de los barrios privados habitacionales construidos en la limitada zona de cultivo intensivo con posibilidad de riego en un entorno natural desértico (Manzini Marchesi, 2015).

En el distrito de Lunlunta (ubicado en Maipú), la incorporación de suelo urbano está ocurriendo principalmente por emprendimientos inmobiliarios con proyectos de loteo para barrios privados, así como barrios abiertos y casas familiares. Esto produce un retroceso de las explotaciones agrícolas.

Desde fines del siglo XX y fundamentalmente en lo que transcurre del siglo XXI, en el distrito de Lunlunta y alrededores se observa el parcelamiento de fincas destinadas al nuevo uso habitacional de barrios privados. Según el análisis intercensal, entre 1988 y 2008, se perdió un 55% de las explotaciones agropecuarias y un 25% de la superficie explotada. Hacia el 2008, aproximadamente un 97% de los establecimientos de esta zona tenían menos de 100 hectáreas y han sido los principales afectados por la presión urbana. En relación a los sistemas productivos, hay una gran diversidad; predominando las unidades vitícolas, y encontrándose también unidades olivícolas y frutícolas (Van Den Bosch, 2016).

Según un trabajo realizado por del Barrio et al. (2017), los productores de las explotaciones que persisten perciben pérdidas en la calidad de las uvas debido a la disminución de la amplitud térmica por efecto de las construcciones aledañas a las fincas. Además, hay un incremento de hechos delictivos y sensación de inseguridad. En relación al agua de riego, se produce contaminación de agua de origen superficial, asociada a los residuos sólidos urbanos en los cauces de riego o por descarga doméstica y, consecuentemente, un aumento del costo de mantenimiento de los cauces para su limpieza. También cabe destacar que el precio de las fincas a valores de suelo urbano impide comprar a quienes quieren expandir su unidad productiva.

A su vez, los pequeños productores no invierten en las fincas durante los años en que los precios no los favorecen, lo que causa el deterioro de las mismas y la consecuente pérdida de capacidad productiva. Así, aumenta la posibilidad de abandono de fincas que luego son compradas por inmobiliarias para la construcción de barrios o por grandes productores agrícolas (del Barrio et al., 2017).

Es por esto que se pone en relevancia el estudio de los cambios y transformaciones de los paisajes agrícolas con el fin de aportar conocimientos para su ordenamiento territorial y evitar la tendencia de pérdida de tierras productivas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Describir los cambios del paisaje de Lunlunta (Maipú, Mendoza) provocados por el avance de la urbanización sobre tierras agrícolas en el periodo 1990-2021.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Obtener mapas de coberturas de los años 1990-1991, 2000-2001, 2010-2011 y 2020-2021.
2. Comparar los mapas de coberturas del suelo del periodo 1990-2021.
3. Establecer relaciones entre los cambios de usos del suelo y la estructura del paisaje.

## 3. HIPÓTESIS

Los cambios del paisaje en el área urbano-rural de Lunlunta en el período considerado han provocado la disminución y fragmentación de las coberturas agrícolas.

## 4. MARCO CONCEPTUAL

En el marco de la ecología de paisaje, se define al paisaje como una extensión de tierra en la que interactúan elementos homogéneos que se repiten de manera similar a lo largo de la misma (Forman, 1981). La ecología del paisaje es una rama de la ecología moderna que estudia al paisaje como una entidad holística, formada por diferentes elementos interrelacionados entre sí (Naveh, 1991). Es un enfoque científico de carácter transdisciplinario pero con un aporte especialmente importante de la geografía y la ecología (Villa Subirós et al., 2006).

Se diferencian tres grandes tipos de elementos ilustrados en la figura 1: fragmentos (o parches), corredores y matriz. Los parches son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en un paisaje en particular y los corredores, son los elementos lineales que conectan los fragmentos. Por su parte, la matriz, es el complejo formado por la cobertura dominante, que es aquella que ocupa una mayor superficie y está mejor conectada por lo que desempeña un papel fundamental en la dinámica del paisaje (Matteucci, 1998 como se citó en Villa Subirós et al., 2006).

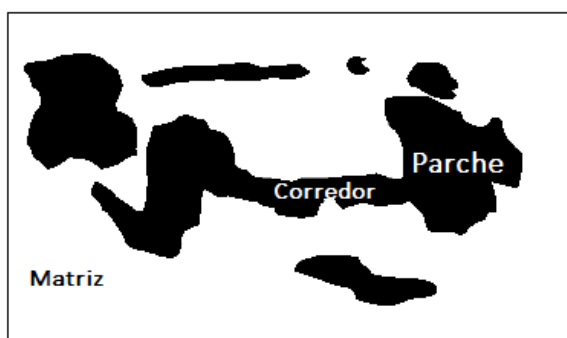


Figura 1: Elementos del paisaje

Fuente: Forman y Gordon (1986) como se citó en San Vicente y Valencia, 2008, p.523.

El cambio de un paisaje hace referencia a la variación que sufre su estructura (patrones de disposición espacial), composición (elementos que forman parte de él) y funcionamiento (interacción entre los factores formadores del paisaje y los elementos de paisaje) en un lapso de tiempo determinado. Dado que los paisajes son estudiados como elementos sistémicos



donde todas sus partes están en constante interacción, el cambio de estado de una o más de sus variables supone un cambio en el conjunto (San Vicente y Valencia, 2008).

A través de las métricas del paisaje, se aportan datos numéricos sobre la composición y estructura de los paisajes, la proporción de cada cobertura del suelo o la superficie y la forma de los elementos del paisaje. Además, permiten una útil e interesante comparación entre distintas estructuras paisajísticas de la misma área en distintos momentos temporales (Gustafson, 1998 como se citó en Vila Subirós et al., 2006).

Cuando se habla de coberturas del suelo se está haciendo alusión a los materiales presentes sobre la superficie terrestre, es un criterio biofísico. Por otro lado, el uso del suelo es un criterio socioeconómico y se refiere a las actividades que las sociedades desarrollan sobre determinado lugar y tipo de cobertura; sin embargo, es posible inferir usos del suelo a partir del conocimiento de coberturas (Pérez y Bacaro, comp., 2020).

La fragmentación de tierras cultivadas, uno de los cambios abordados en este trabajo (junto con la variación de superficie), se refiere a la ruptura del continuo agrícola formando parches aislados y dispersos en el territorio debido a cambios en el uso del suelo. Esto provoca que los cultivos persistentes experimenten daños debido a que aumentan los límites compartidos con zonas urbanas; volviéndolos más vulnerables a la contaminación (producida, por ejemplo, por los residuos urbanos) y a la reducción de la amplitud térmica, lo cual disminuye su calidad (del Barrio et al., 2017).

La fragmentación también crea ambientes de borde. En ecología, el efecto de borde es un fenómeno que ocurre cuando dos hábitats marcadamente diferentes se encuentran lado a lado en un paisaje. El mismo, genera microclimas variables y de condiciones edáficas dinámicas (Peña-Becerril et al., 2005).

Una destacada herramienta de planificación es el ordenamiento territorial. El mismo, analiza numerosas variables del territorio, así como la interacción entre ellas, para la generación de información de calidad para la toma de decisiones. Para ello, es importante resaltar que no es suficiente con un análisis de las condiciones territoriales estáticas en un momento particular; por el contrario, es necesario estudiar la dinámica histórica del territorio, es decir, los cambios que ha sufrido a lo largo del tiempo (Mari, 2018).

La provincia de Mendoza cuenta con una ley de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo (Ley N°8.051/09) que establece que los municipios deben redactar un Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT) siguiendo los lineamientos del Plan Provincial de Ordenamiento Territorial, el cual fue promulgado el 31 de agosto de 2017 (Ley N° 8.999, 2017).

El departamento de Maipú aprobó su Plan Municipal de Ordenamiento Territorial en el año 2021 (Ordenanza N° 6886). En el mismo, se presenta la zonificación definida para el departamento. La zonificación municipal es un proceso mediante el cual se subdivide el espacio geográfico teniendo en cuenta capacidad de carga, aptitud del territorio e índice de riesgo entre otros criterios. Deberá realizarse de manera tal que se evite (entre otras cosas) la expansión indiscriminada de la urbanización sobre las escasas superficies productivas de los oasis irrigados (Ley 8.999, 2017). Por estos motivos, es importante conocer los cambios del paisaje que han tenido lugar en el distrito de Lunlunta, y así es que el presente trabajo, pretende ser una contribución para los futuros planes municipales.

## 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Lunlunta (departamento de Maipú), ubicado en la zona de interfase urbano-rural del oasis Norte a aproximadamente 33° 03' 23,7" S y 68° 48' 6,2" O entre los 843 a 855 msnm. Limita al oeste con la Ciudad de Luján de Cuyo, al este con el distrito de Barrancas, al norte con el distrito de Cruz de Piedra y el límite sur del distrito lo determina el cauce del Río Mendoza (figura 2).

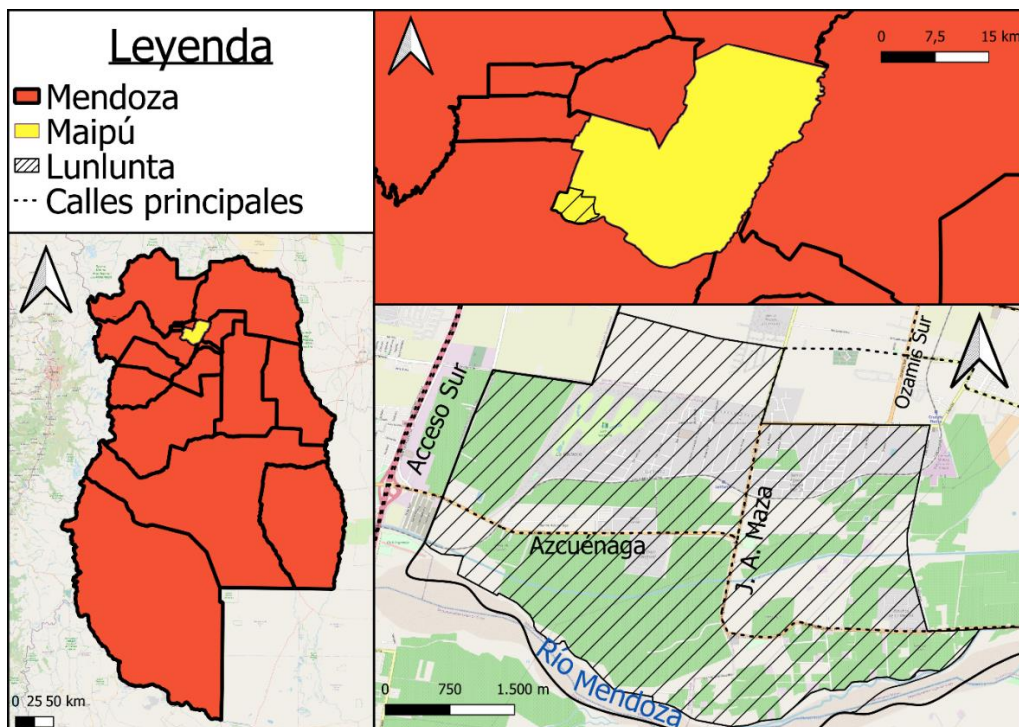


Figura 2: Área de estudio

El clima es cálido y seco. La temperatura promedio anual del mes más cálido es de 23,1 °C (enero) y del mes más frío (julio) de 5,7 °C. Las precipitaciones medias anuales se encuentran alrededor de 200 mm. Los suelos son de origen aluvial y se corresponden con Torrifluents típicos. Fitogeográficamente se incluye a Lunlunta en la provincia fitogeográfica del Monte (Méndez, 2015).

El sistema de cultivo predominante es de vid en espaldero (*Vitis vinifera var. Malbec*) asociada con olivo (*Olea europaea*); aunque también se observan pocos cultivos de durazneros (*Prunus persica*). Los cultivos se encuentran próximos a barrios privados o desarrollos inmobiliarios; ya que, debido al valor estético del paisaje, así como a su buena conectividad, las personas lo encuentran como un lugar atractivo para asentarse. También en la zona se encuentran baterías de extracción hidrocarbúfera (Van den Bosch y Brés, 2021).

La vegetación nativa que puede encontrarse en los sectores no irrigados ni perturbados corresponde a las especies dominantes de la provincia fitogeográfica del Monte: arbustos xerofíticos de follaje perenne, pertenecientes en su mayoría a la familia Zigoofilaceae, con escasez de gramíneas y árboles. También se identifican algunas variantes azonales como especies arbustivas de halófitas y bosques abiertos freatofíticos (Roig et al., 2009 como se citó en Oyarzabal et al., 2018). Se distinguen en los márgenes del río en el límite sur del distrito, bosques naturales de sauces (*Salix sp.*) y cortaderas (*Cortaderia selloana*) (Méndez 1998).

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

En los análisis y procesos de obtención de datos de este trabajo, se utilizaron los softwares de sistemas de información geográfica SAGA GIS (7.9.0) (<http://saga-gis.org>), QGIS (3.16.6) (<http://qgis.org/>), Google Earth Pro (7.3.4.8248) y la aplicación de teléfono móvil gratuita Mobile Topographer GIS (9.3.2). Para las operaciones derivadas de las métricas y la confección de gráficos se utilizó Excel 2016.

Se descargaron imágenes satelitales Landsat de la época estival (diciembre-marzo) de los años 1990-1991, 2000-2001, 2010-2011 y 2020-2021, ya que corresponde a la mejor y mayor expresión de la vegetación. La elección del período de estudio responde al inicio de los cambios en el paisaje dados por las políticas neoliberales aplicadas en la década del 90 en Argentina; las cuales reestructuraron fuertemente los sectores frutícola, vitivinícola y agroindustrial, con el fin de obtener frutas y vinos finos para el mercado externo (Furlani de Civit et al., 2001 como se citó en D'Amario Fernández, 2016). A su vez, se eligió un intervalo de 10 años para que los cambios del paisaje, a partir de la variación en las coberturas, resultaran evidentes.

Las imágenes fueron descargadas de la página EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Se filtraron por fecha y se descartaron aquellas que mostraban nubes sobre el área de estudio. Finalmente, las imágenes seleccionadas se exponen en la Tabla 1:

Tabla 1: Características de las imágenes Landsat utilizadas en el proceso de clasificación.

ID	Satélite	Fecha	Path	Row	Resolución
LT05_L1TP_232083_19910103_20200915_02_T1	Landsat 5	03-01-1991	232	083	30 m x 30 m
LT05_L2SP_232083_20010114_20200906_02_T1	Landsat 5	14-01-2001			
LT05_L2SP_232083_20101225_20200823_02_T1	Landsat 5	25-12-2010			
LC08_L2SP_232083_20210121_20210307_02_T1	Landsat 8	21-01-2021			

### 6.1 Clasificación supervisada

Para determinar las coberturas en los distintos momentos del área de estudio, se realizó una clasificación supervisada de las imágenes seleccionadas. Esta técnica consiste en la categorización de cada uno de los píxeles de las imágenes en clases de cobertura del suelo definidas previamente según los objetivos del análisis. Este tipo de clasificación se compone de tres etapas consecutivas: entrenamiento, asignación y evaluación (Pérez y Bacaro, comp., 2020).

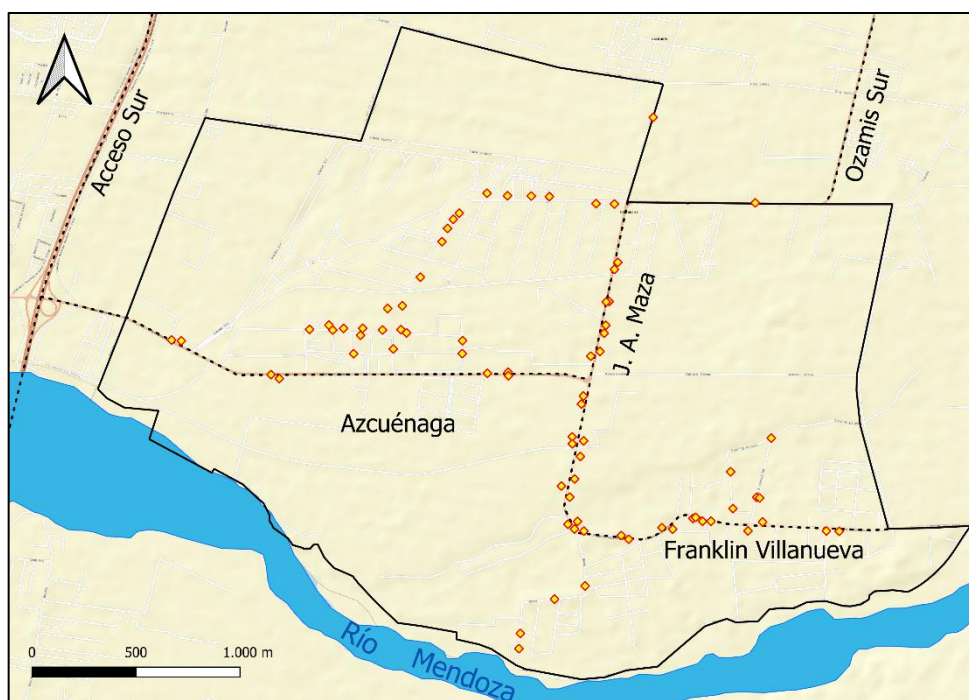
#### 6.1.1 Entrenamiento

En la fase de entrenamiento, se genera el algoritmo de clasificación, a partir del cual se categorizarán los píxeles. Para esto, se utiliza información de sitios representativos de cada una de las clases de cobertura definidas (muestras de entrenamiento) especificando los valores de los descriptores (índices espectrales) (Pérez y Bacaro, comp., 2020).

Para la toma de las muestras de entrenamiento, en primer lugar, se determinaron las distintas coberturas a muestrear y, en segundo lugar, se diseñó un recorrido por el distrito de Lunlunta según los puntos de interés (haciendo uso de la herramienta Google Earth) tratando de abarcar la mayor diversidad de coberturas posible.

En cada punto de interés, se guardó su ubicación usando la aplicación Mobile Topographer con el nombre de la cobertura presente. Con esta herramienta fue posible, una vez finalizada la toma de estos puntos, guardar toda la información recolectada (puntos con coordenadas y nombres de cobertura). Luego, los puntos muestreados fueron exportados a QGIS y Google Earth para su posterior análisis.

Igualmente, una vez en la zona de estudio, se añadieron nuevos puntos de interés y se desestimaron otros que habían sido previamente incluidos en el recorrido (intentando captar al menos 10 puntos de cada cobertura) obteniéndose los puntos señalados en la figura 3. A su vez, si se observaba una nueva cobertura no tomada en cuenta en la determinación previa de las mismas, esta era agregada. De esta forma, quedó conformada la leyenda con las siguientes clases de cobertura: “frutal”, “olivo”, “olivo y frutal”, “olivo y vid”, “parral”, “vid espaldero”, “golf”, “nativo”, “suelo desnudo” y, “urbano”.



**Figura 3: Puntos muestreados**

Se buscó, durante el entrenamiento del algoritmo, diferenciar tantas clases como fuera posible para que el clasificador tuviera una mejor predictibilidad. Sin embargo, lo más útil para responder a los objetivos de este análisis es la diferenciación en macro-clases (agrícola, urbano y nativo), como se podrá observar en los resultados.

Para el análisis de paisaje a nivel de macro-clases, se hicieron ciertas agrupaciones (detalladas en la tabla 2). Las clases “frutal”, “olivo”, “olivo y frutal”, “olivo y vid”, “parral” y “vid espaldero” se agruparon bajo la macro-clase “Agrícola”. Dentro de “Urbano”, correspondían las clases “golf”, “suelo desnudo” y “urbano”; ya que la categoría “golf” se refiere al campo de golf del barrio “La Vacherie”, y se vio que la cobertura de “suelo desnudo” se debía en su gran mayoría a la realización de loteos para barrios (evidenciado por las calles de tierra, visibles mediante Google Earth). Finalmente, dentro de la macro-clase “Nativo” se incluyó únicamente a la clase “nativo” para referirse a la vegetación natural.

Tabla 2: Agrupación de clases operativas en macro-clases o clases de análisis.

Macroclases - clases de análisis	Clases operativas
Agrícola	Vid espaldero
	Parral
	Olivo y vid
	Olivo y frutal
	Olivo
	Frutal
Urbano	Golf
	Suelo desnudo
	Urbano
Nativo	Nativo

A partir de la ubicación y cobertura indicada por cada punto, utilizando QGIS y un mapa de base, se trazaron polígonos y se les asignó un número según la categoría a la que correspondían. De esta forma, se obtuvieron los polígonos de entrenamiento, para que, junto con los valores de los índices espectrales, se generara el algoritmo de clasificación.

Los índices espectrales elegidos se encuentran listados en la tabla 3. Los mismos fueron seleccionados siguiendo antecedentes de clasificaciones supervisadas en la zona del oasis centro, como es el caso del trabajo sobre la cuenca del Río Tunuyán compilado por Pérez y Bacaro (2020), o el de Buzzi et al. (2017) realizado en la Patagonia.

Tabla 3: Listado de índices espectrales utilizados.

DESCRIPTOR	FÓRMULA DE CÁLCULO	DESCRIPCIÓN
<b>NDVI</b>	$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index). Permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial (Mróz & Sobieraj, 2004).
<b>TVI</b>	$TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$	Índice de Vegetación Transformado (Transformed Vegetation Index). Se utiliza para eliminar valores negativos del NDVI y transformar sus histogramas de manera tal de obtener una distribución normal de los mismos (Mróz & Sobieraj, 2004).
<b>CTVI</b>	$CTVI = \frac{NDVI + 0,5}{ NDVI + 0,5 } \sqrt{ NDVI + 0,5 }$	Índice de Vegetación Transformado Corregido (Corrected Transformed Vegetation Index). Es una corrección del TVI, ya que este último no puede transformar los valores de NDVI que sean menores a -0,5 (Mróz & Sobieraj, 2004).
<b>TTVI</b>	$TTVI = \sqrt{ NDVI + 0,5 }$	Índice de Vegetación Transformado de Thiam (Thiam's Transformed Vegetation Index). Simplifica el CTVI utilizando el valor absoluto del NDVI (Mróz & Sobieraj, 2004).



<b>SAVI</b>	$SAVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red + L} (1 + L)$	Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (Soil Adjusted Vegetation Index). Apunta a minimizar la influencia del suelo en la vegetación, introduciendo el factor L. Para valores altos de vegetación, L se considera igual a 0 ó 0,25. Para valores bajos de vegetación, se toma un L igual a -1. En el caso de valores intermedios, L se considera igual a 0,5 (Mróz & Sobieraj, 2004).
<b>DVI</b>	$DVI = \frac{NIR}{Red}$	Índice de Diferencia de Vegetación (Difference Vegetation Index). Sirve para distinguir el suelo desnudo con una fórmula simplificada. Valores igual a 0 indican suelo desnudo, valores negativos representan agua y aquellos positivos, vegetación (Mróz & Sobieraj, 2004).
<b>NDBI<sup>1</sup></b>	$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$	Índice de Diferencia Edificada (Normalized Difference Built-up Index). Permite llevar a cabo la estimación de zonas con superficies edificadas o en desarrollo de construcción frente a las habituales zonas naturalizadas con vegetación o desnudas (Matellanes Ferreras, 2018).
<b>RVI</b>	$RVI = \frac{NIR}{Red}$	Índice de Vegetación de Cociente (Ratio Vegetation Index). Es un índice para la estimación de biomasa (al igual que el NDVI) que es poco sensible a las condiciones de iluminación, pero muy sensible a las propiedades ópticas de la tierra (Muñoz Aguayo, 2013).
<b>NRVI</b>	$NRVI = \frac{RVI + 1}{RVI - 1}$	Índice de Vegetación de Cociente Normalizado (Normalized Ratio Vegetation Index). Es un índice normalizado que reduce los efectos de la topografía, la iluminación y los efectos atmosféricos, además de crear una distribución normal estadísticamente deseable (Muñoz Aguayo, 2013).
<b>UI<sup>2</sup></b>	$UI = \frac{SWIR - VNIR}{SWIR + VNIR}$	Índice Urbano (Urban Index). Al igual que el NDBI es usado para diferenciar zonas urbanizadas, pero incorpora la banda VNIR, que combina el rango de luz visible con el infrarrojo cercano (Matellanes Ferreras, 2018).

<sup>1</sup> La longitud de onda SWIR (1000-2500 nm) (Fang et al., 2018) corresponde a la banda 11 de Sentinel 2, y fue adaptada para este trabajo realizado con Landsat 5 (para las imágenes de 1991, 2001 y 2010) y Landsat 8 (para la imagen del año 2021). En el primer caso se utilizó la banda 5 y en el segundo, la banda 6.

<sup>2</sup> Este índice también fue adaptado, ya que la banda VNIR corresponde al rango de 350-1000 nm (Fang et al., 2018), haciendo uso de las bandas 7 y 4 para las imágenes de Landsat 5 y las bandas 7 y 5 para las de Landsat 8.

### 6.1.2 Asignación

En esta fase, el algoritmo clasifica los píxeles del área de estudio en función de los valores de los descriptores considerados. Esto se realiza de manera tal que, dada una combinación de valores de índices en una misma área, al definir la cobertura de esa área (polígono de entrenamiento), el mismo asigna esa misma cobertura para áreas que tengan la misma combinación de valores de descriptores. Por ejemplo, si en las muestras de entrenamiento, donde existe una cobertura de “vid espaldero”, tenemos valores (aproximados) de SAVI, NDBI y NDVI respectivamente de: 0,29; -0,08 y 0,19, el algoritmo clasificará como “vid espaldero” aquellas áreas con combinaciones similares de valores. A medida que se agregan más descriptores, se obtiene una mejor predictibilidad.

Para hacer las clasificaciones de las imágenes seleccionadas, se utilizó el clasificador Random Forest Classification (ViGrA). En la etapa de evaluación, se observó que los resultados obtenidos con Random Forest Classification (ViGrA) eran aceptables. De esta manera, se obtuvieron los mapas de coberturas resultantes de las clasificaciones supervisadas para cada uno de los años analizados (ver anexo).

### 6.1.3 Evaluación

En esta etapa, se evalúa la capacidad predictiva de la clasificación realizada. Para esto, se utilizaron matrices de confusión (tablas 5 a 8, ver anexo), e índices como Overall Accuracy (también llamado Global Accuracy) y Kappa.

La matriz de confusión ofrece una visión general de los aciertos y desaciertos en el momento en que se realizó la clasificación. De esta forma, se pudo ver si el algoritmo confundía clases de cobertura. El índice de Overall Accuracy, resume la información de la matriz en un cociente entre los aciertos y las evaluaciones totales para medir su precisión. Por otro lado, el índice Kappa, es una especie de corrección sobre el índice de Overall Accuracy (OA), que descuenta los aciertos que fueron realizados de forma aleatoria (Ariza-López et al., 2018). Además, se verificó visualmente el mapa de coberturas para corregir incongruencias.

## 6.2 Análisis del paisaje

Una vez obtenidas las coberturas para toda el área de estudio, se procedió a calcular métricas de paisaje. Para esto, se empleó el complemento Landscape Ecology Statistics (LecoS) en QGIS.

Para analizar el cambio en la superficie de cada cobertura, se utilizaron las métricas de cobertura en hectáreas (Land cover – LC) y número de parches (Number of patches – NP) para cada clase. Por otro lado, para analizar la fragmentación de manera comparable para todas las clases, se utilizó el siguiente índice de fragmentación (IF) generado para este estudio. En el mismo, se relaciona la cobertura de cada clase con el número de parches de forma tal que los valores estuvieran comprendidos entre 0 y 1.

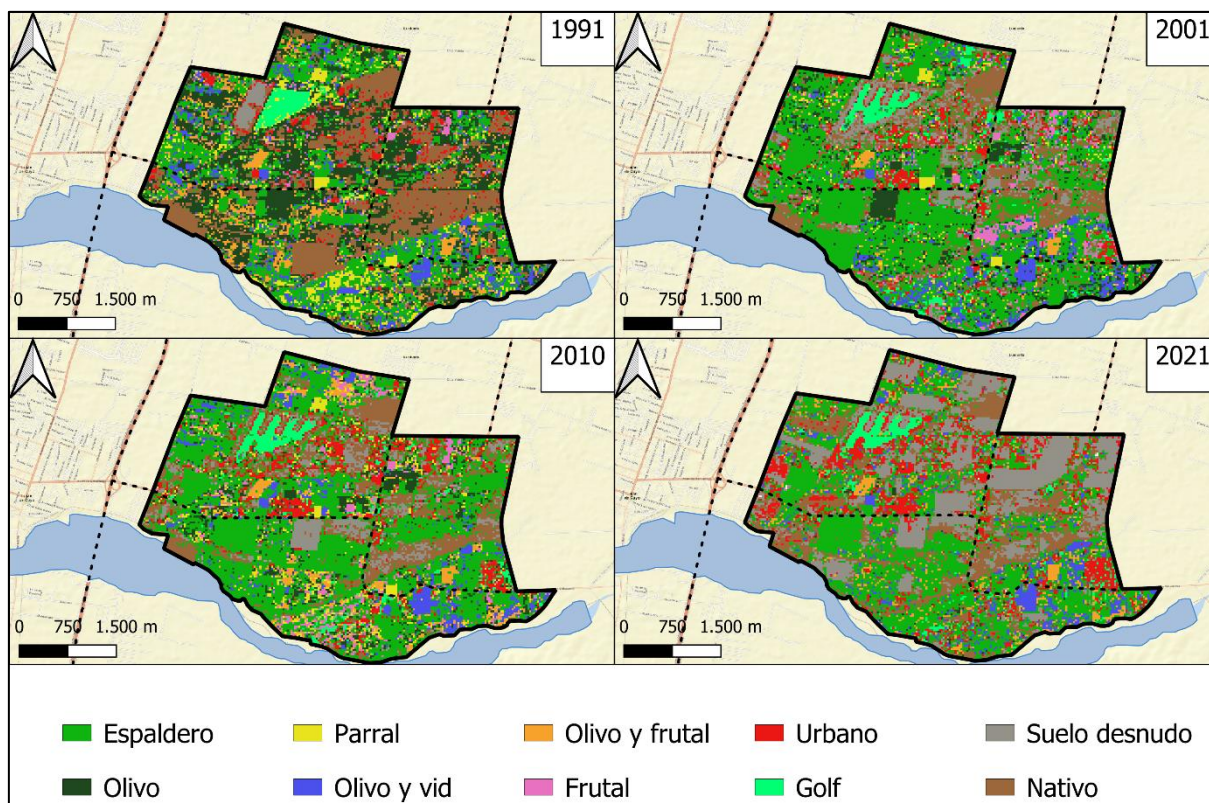
$$IF = 1 - \frac{Cobertura (ha)}{Cobertura (ha) + Número de parches - 1}$$

De este modo, valores cercanos a 0 indican una baja fragmentación, mientras que valores cercanos a 1, señalan que la fragmentación es alta. Para las macro-clases se calcularon también las métricas de cobertura en hectáreas, número de parches y el índice de fragmentación. Así, fue posible observar la dinámica del distrito a lo largo del período de estudio.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describen los resultados de los análisis de los mapas de coberturas y sus métricas. Como primera instancia, se presentan, en la figura 4, las coberturas obtenidas luego de realizar la clasificación (los mapas de coberturas pueden observarse en el anexo), es decir, diferenciando las clases operativas; y a continuación los índices Kappa y Overall Accuracy. Posteriormente, se presenta la comparación del porcentaje de superficie ocupada por cada macro-clase durante el periodo de estudio realizando los cambios que han tenido lugar en el distrito. Por último, se analizan las coberturas agrupadas en macro-clases comparando las métricas del paisaje seleccionadas.

### 7.1 Cambios en las coberturas discriminados por clases operativas



**Figura 4:** Coberturas obtenidos luego de realizar la clasificación supervisada, para cada año de estudio.

Los valores de los índices Kappa y Overall Accuracy, para cada clasificación, se detallan en la tabla 4. Al analizar estos valores, se observa que las clasificaciones tienen una gran proporción de aciertos; lo que indica que los mapas de cobertura generados son una buena representación de las coberturas reales presentes en cada año.

**Tabla 4:** Valores de los índices Kappa y Overall Accuracy para cada clasificación realizada.

Índice	Clasificación 1991	Clasificación 2001	Clasificación 2010	Clasificación 2021
Kappa	0.992229	0.998939	0.998839	0.99953
Overall Accuracy	0.99366	0.999191	0.999085	0.999653

Teniendo en cuenta la superficie agrícola, es posible ver en la figura 5 que los cultivos predominantes en el año 1991 eran el olivo (37%) y la vid en espaldero (33%). Hacia el 2001, la categoría Olivo ocupaba solamente un 12% de la superficie analizada, mientras que Vid espaldero representaba un 66%. Esto significa un incremento del 33% para la vid en espaldero en este intervalo de 10 años en detrimento de Olivo, que registra una disminución del 25%.

Esto puede deberse a que hasta los años 90 el sistema vitivinícola de producción, estuvo asociado a las demandas del mercado interno. Luego, este sistema de producción, sufre una reestructuración que responde a las necesidades del mercado mundial de vinos; ensamblándose a su vez, con la profundización de las políticas neoliberales en la década del 90 aplicadas en Argentina (Bocco et al., 2007). Esto hizo que aumentara la producción debido al incremento de la demanda de vinos de exportación.

Si bien para el año 2010 no se observan grandes cambios en las superficies cubiertas por cada clase respecto del año 2001, sí se encuentran grandes variaciones para el año 2021. Por ejemplo, las clases Frutal y Parral no fueron registradas por el clasificador mientras que Vid espaldero presenta un gran aumento. Sin embargo, es importante resaltar que esto no se debe necesariamente a un aumento en superficie de las clases que incrementaron su porcentaje de superficie ocupada; sino a una disminución general de la superficie cultivada en el distrito.

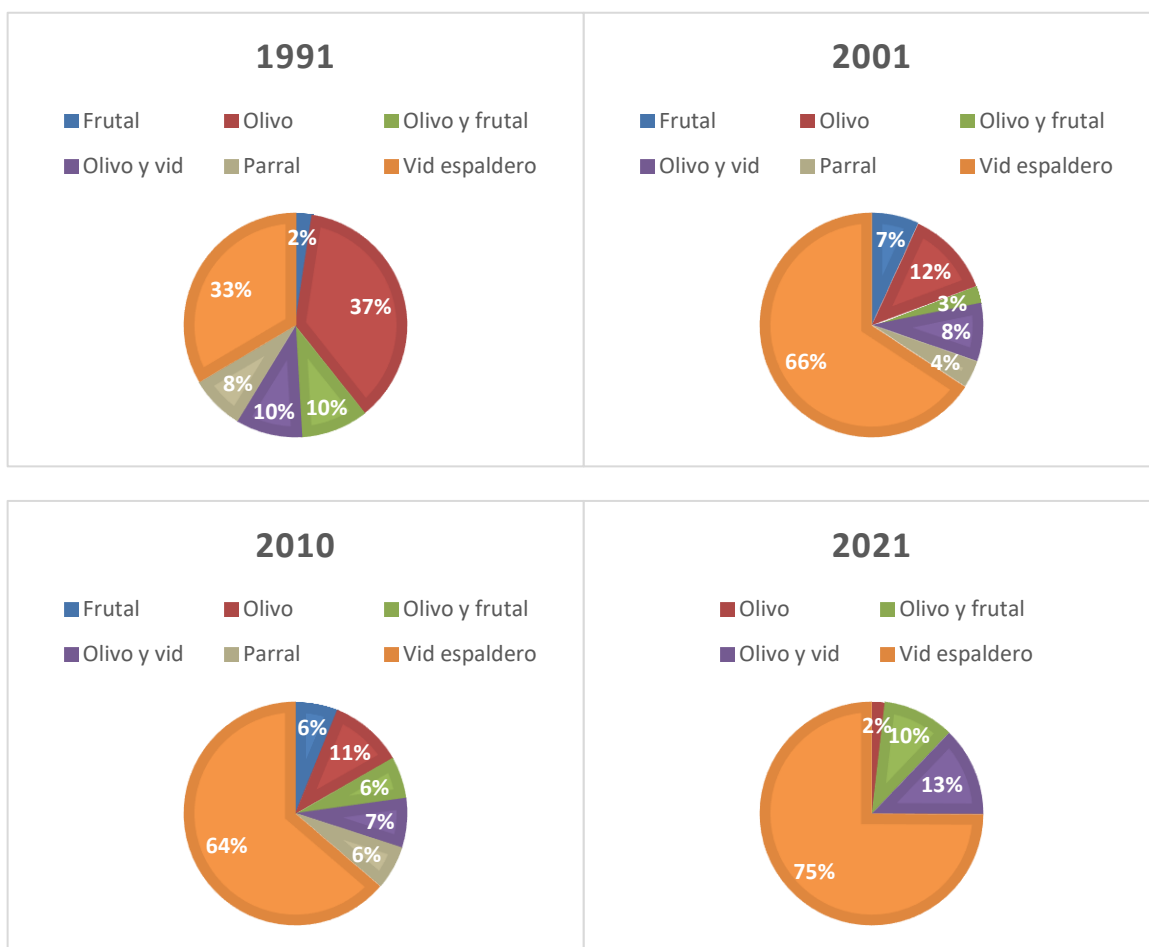


Figura 5: Porcentaje de la superficie agrícola ocupada por cada cultivo para los años del período de estudio.

## 7.2 Cambios en las coberturas según macro-clases

En la figura 6 se muestran los cambios sufridos en las coberturas del distrito, según las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo. Para la confección de esta figura, se utilizaron como base los mapas de clases operativas (ver anexo). Se puede observar un progresivo avance de la urbanización sobre las tierras nativas y, principalmente, las agrícolas.

La expansión urbana es un proceso importante en todo el oasis Norte de Mendoza. Según Olmedo et al. (2016), la superficie urbana en este oasis aumentó casi un 90% en los últimos

30 años. Este crecimiento se produjo sobre tierras de cultivo ubicadas principalmente alrededor del núcleo urbano del AMM (Rojas et al., 2020).

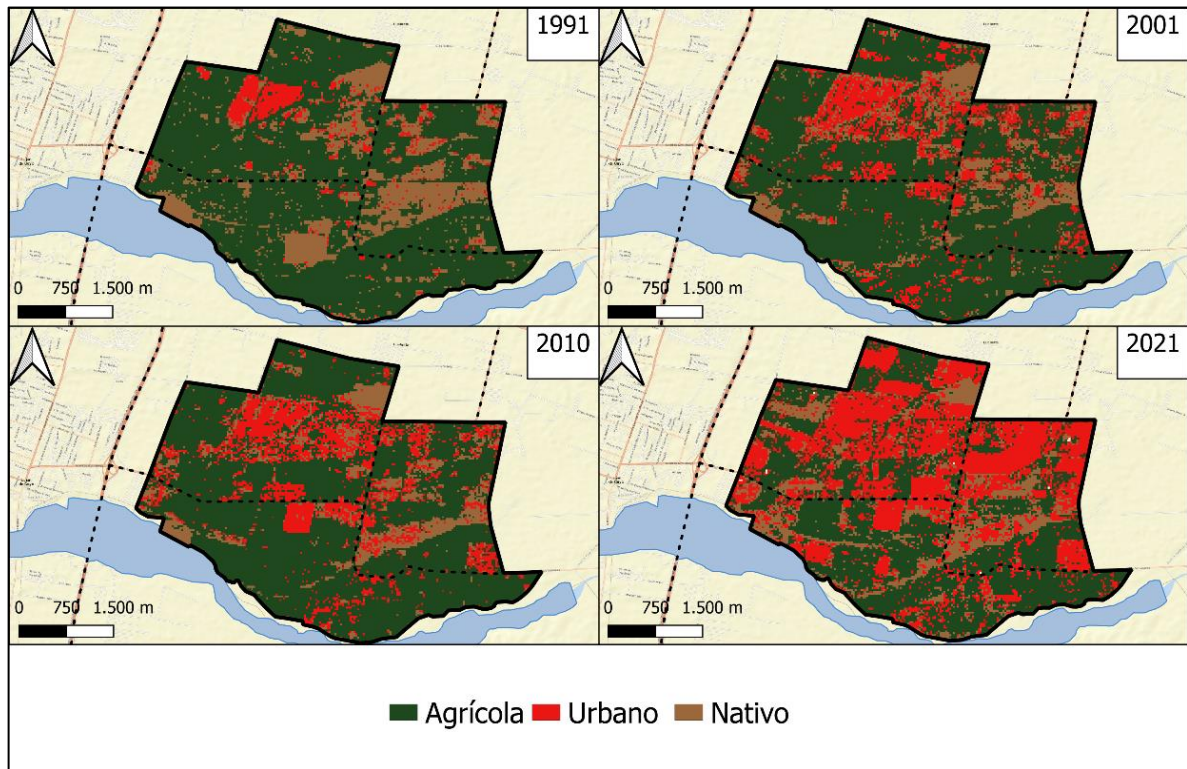
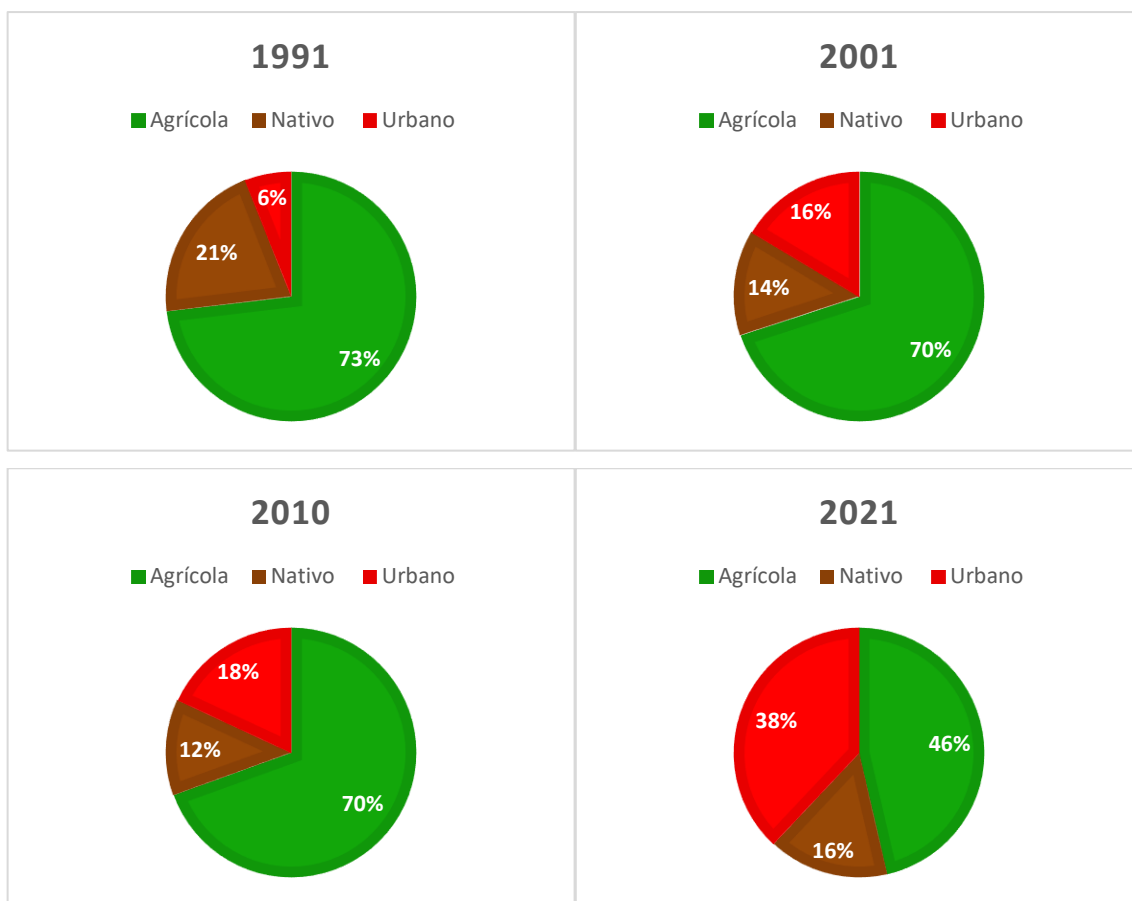


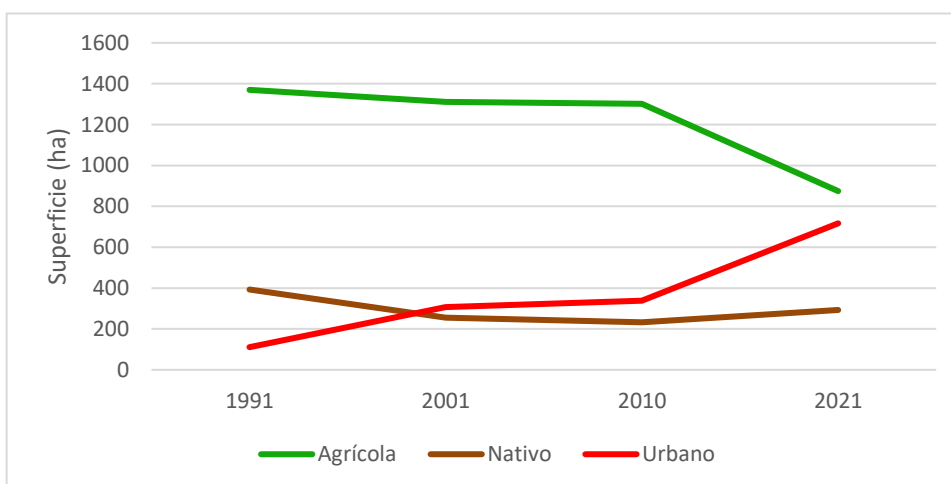
Figura 6: Coberturas de las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo, para cada año de análisis.

Esto se evidencia también en el área de estudio. En la figura 7, comparando el porcentaje de superficie del distrito ocupada por cada macro-clase, se observa que la macro-clase Urbano ha ido aumentando la superficie ocupada (pasando de ocupar un 6% del distrito en 1991 a un 38% para 2021). Como contraparte, la macro-clase Agrícola ha visto disminuida su superficie (desde un 73% en 1991 a un 46% en 2021). Se ha notado que la disminución de tierras agrícolas en algunas zonas de la provincia, es compensada por la expansión de las mismas sobre tierras nativas en otras, como es el caso de Barrancas (Maipú), San Martín, Junín y Rivadavia (Rojas et al., 2020).



**Figura 7: Porcentaje de superficie ocupada por cada macro-clase, para cada uno de los años analizados.**

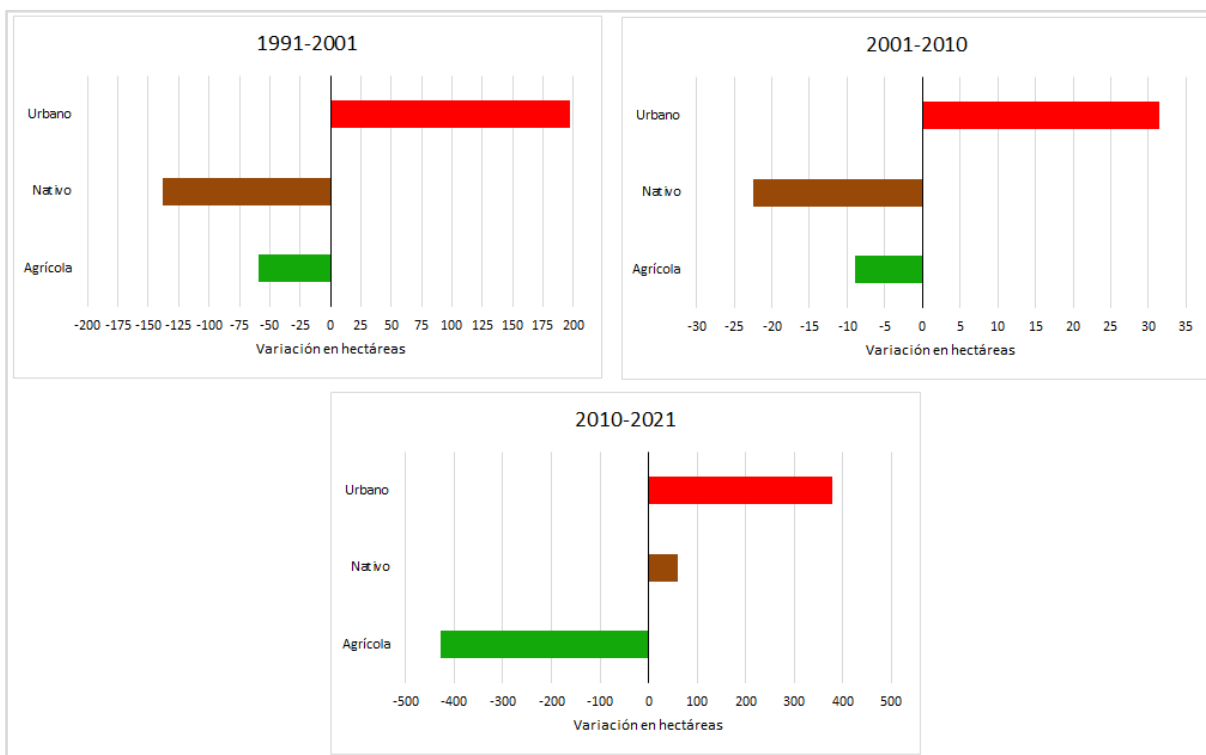
Al considerar la relación de las coberturas entre las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo (figura 8), puede observarse que el aumento de superficie de urbana se corresponde casi completamente con la disminución de superficie agrícola. Por otro lado, la superficie nativa no ha presentado variaciones abruptas como las otras macro-clases a lo largo del período de estudio.



**Figura 8: Variación de la cobertura en hectáreas para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo a lo largo del período de estudio.**

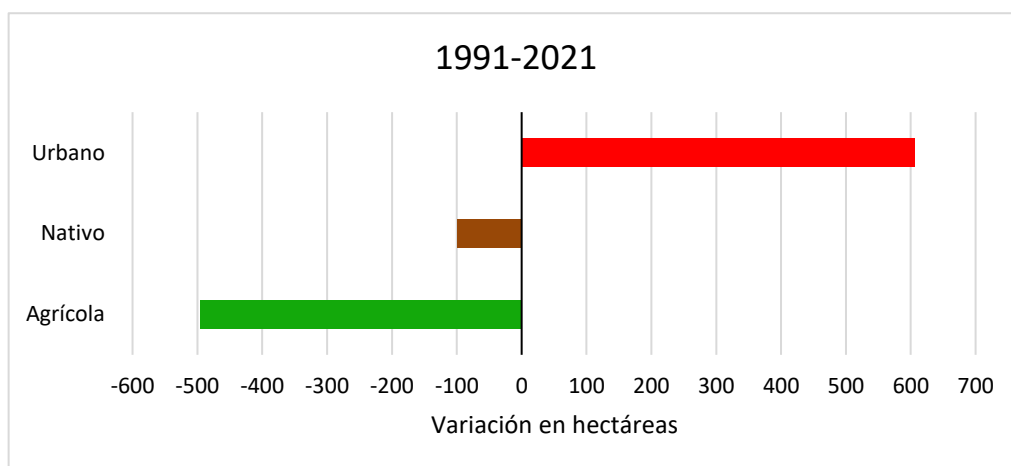
Observando la figura 9, en los primeros dos intervalos de tiempo el cambio producido en la cobertura urbana se dio, principalmente, a costa de suelo nativo. Sin embargo, en el tercer

intervalo, fue a costa de suelo agrícola y el cambio neto fue mucho mayor (tanto para el crecimiento de la cobertura urbana, como la disminución de cobertura agrícola).



**Figura 9: Variación neta de la cobertura en hectáreas de las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para cada intervalo temporal.**

Por su parte, el cambio neto analizado en la figura 10 para todo el período de estudio evidencia claramente que la expansión urbana se ha dado a costa de tierras agrícolas. Mientras la cobertura urbana aumentó alrededor de 600 hectáreas a lo largo del período, la agrícola disminuyó 500 hectáreas (aproximadamente un 83% de lo que aumentó la cobertura urbana).



**Figura 10: Variación neta de la cobertura en hectáreas de las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para todo el periodo de estudio.**

Incorporando la métrica de Número de parches (NP) (figura 11), puede observarse que, para la **cobertura agrícola**, a cada disminución en su superficie le corresponde un aumento en su número de parches. Esto es un indicio de su fragmentación, ya que hay cada vez menos superficie distribuida en un mayor número de parches. Esto también se ha observado en otros lugares del país como es el caso del periurbano bonaerense, en el que la urbanización ha



fragmentado las tierras agrícolas dividiéndolas en un sector de producción intensiva y comercial y otro muy susceptible a la urbanización, con producción menos rentable (Feito y Peredo, 2019)

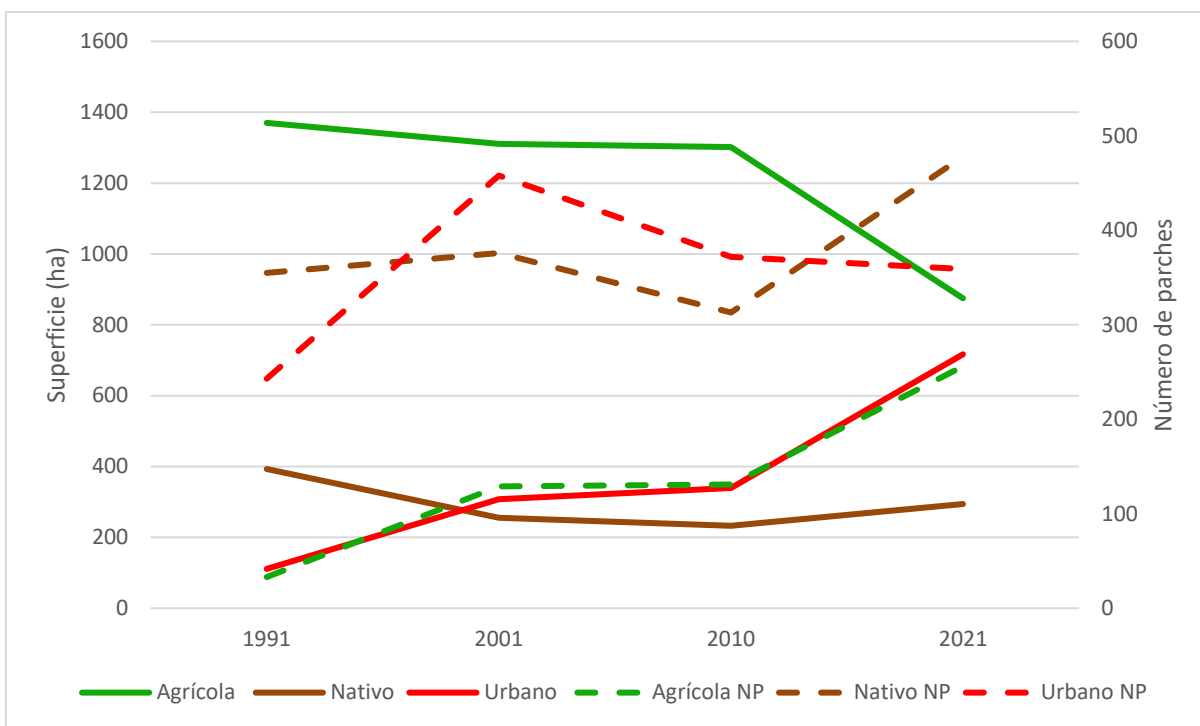
En cuanto a la **cobertura urbana**, inicialmente el aumento de superficie está acompañado de un aumento en el número de parches; probablemente se deba a que los asentamientos urbanos hayan estado, en un principio, esparcidos a lo largo del distrito. Sin embargo, desde el 2001 en adelante, aumenta su superficie y disminuye el número de parches; posiblemente debido al crecimiento de los asentamientos establecidos, lo que explicaría un aumento en la superficie urbana. Además, al unirse los parches, disminuye su número.

Finalmente, observando la **cobertura nativa**, entre los años 1991 y 2001 se evidencia una disminución de la superficie y un pequeño aumento en el número de parches. Esto podría deberse a que se ha disminuido la superficie de los parches sin dividirlos considerablemente, reflejando la pérdida de superficies relativamente grandes sin la formación de nuevos parches.

Por otro lado, para el segundo intervalo de tiempo, entre los años 2001 y 2010, la disminución de cobertura nativa estuvo acompañada por una pequeña disminución en el número de parches. Esto puede ser el resultado de que el avance urbano haya eliminado parches nativos completos, lo que haría disminuir tanto la cobertura nativa, como los parches. Aun así, el aumento en superficie urbana es limitado (comparando con los otros intervalos de tiempo) ya que éste corresponde a un período de crisis en el país.

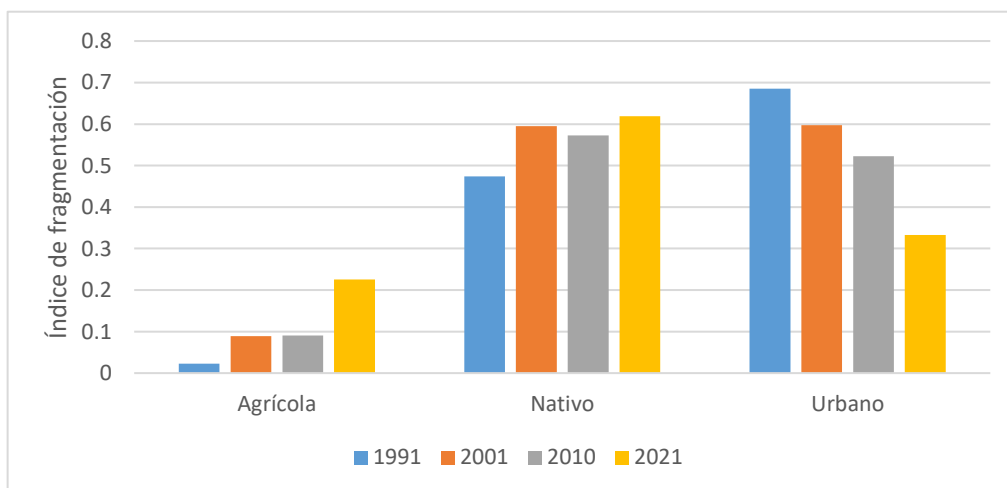
Por último, desde el 2010 a la actualidad, ha tenido lugar un pequeño aumento en la superficie nativa, pero un gran aumento en su número de parches. Esto puede deberse a que el proceso de urbanización desde el desmonte hasta la construcción es largo. De esta forma, en las tierras con loteos (clasificado como urbano en el año 2010) comienzan procesos de sucesión vegetal por lo que el mismo pixel es clasificado como "nativo" en el año 2021. Algo similar sucede en los cultivos abandonados en los que aparecen especies espontáneas en espacios donde antes se mantenían sin vegetación. Dichos fenómenos podrían explicar el pequeño aumento de superficie con gran aumento de número de parches.





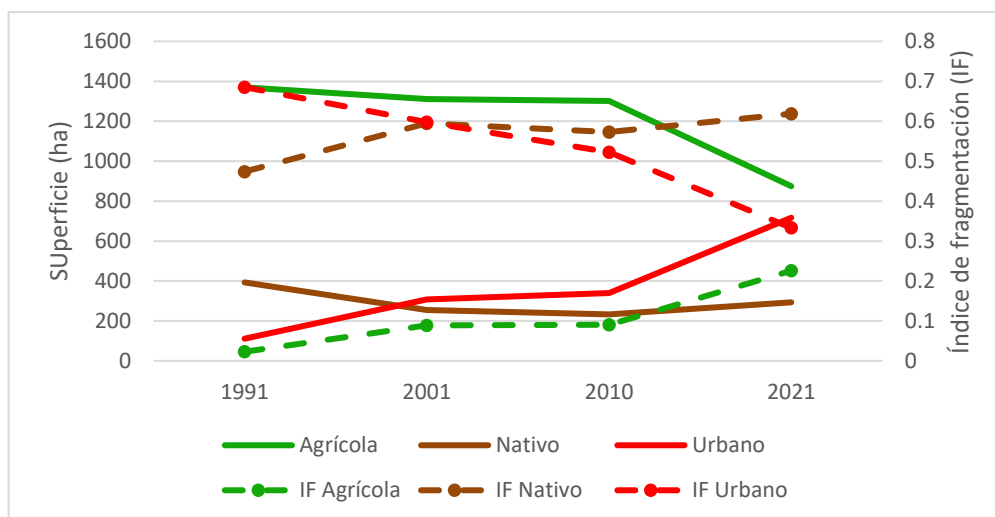
**Figura 11: Variación de la cobertura en hectáreas y número de parches para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo a lo largo del período de estudio.**

Con respecto a la fragmentación, teniendo en cuenta que un valor de índice igual a 0 (cero) señala una nula fragmentación y un valor igual a 1 (uno), una máxima fragmentación; en la figura 12 resalta que, a lo largo de los años, mientras lo agrícola sufre una progresiva fragmentación, lo urbano se agrega.



**Figura 12: Valores de fragmentación para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para cada año del período de estudio.**

Observando la figura 13, es posible notar que, a medida que aumenta la cobertura urbana, su índice de fragmentación disminuye (se agrega). Así también se evidencia que, con cada disminución en la superficie agrícola, hay un aumento en su fragmentación. También, resalta que, para cada aumento en superficie de cobertura urbana, existe un aumento en el índice de fragmentación para la cobertura agrícola.



**Figura 13: Variación de la cobertura en hectáreas y el índice de fragmentación para las macro-clases Agrícola, Urbano y Nativo para el período de estudio.**

La fragmentación de tierras agrícolas por parte de la urbanización extendería las áreas colindantes entre ambas coberturas, pudiendo producir conflictos y pérdida en las condiciones de cultivo.

Según del Barrio et al. (2017), en algunos sectores de Maipú y Luján de Cuyo, se producen conflictos entre productores y residentes de barrios adyacentes debido a quejas por el ruido de maquinaria agrícola y quema de restos de poda (siendo esta una práctica aconsejada por el SENASA para el control de *Lobesia botrana*). Además, los productores reportan contaminación por residuos sólidos urbanos en los cauces de riego debido a la proximidad de barrios, así como pérdida en la calidad de las uvas por la disminución de la amplitud térmica.



## **8. CONCLUSIONES**

El avance de la urbanización, ha producido la disminución y fragmentación de las tierras agrícolas en el distrito de Lunlunta para el periodo 1990-2021. El proceso se ha dado de manera acelerada y no planificada. Como consecuencia, además de existir un impacto sobre el paisaje bajo estudio, es posible que se produzcan efectos en otras tierras, ya que existe un retroceso de las coberturas nativas para el establecimiento de nuevas explotaciones agrícolas (como ocurre en el distrito vecino de Barrancas y otros departamentos).

Las tierras cultivadas remanentes quedan cada vez más vulnerables como consecuencia de la creciente fragmentación a la que han sido sometidas. Con estudios que generen datos para una correcta planificación, quizás sea posible evitar en alguna medida la fragmentación futura de terrenos agrícolas y, por consiguiente, los efectos adversos que sufren los cultivos. Es importante destacar la gran escasez de información respecto a los efectos que la fragmentación tiene sobre las tierras agrícolas, por lo que sería muy provechoso realizar estudios sobre esta problemática.

Por otro lado, los cambios produjeron la disminución de cobertura nativa, pudiendo traer consecuencias en cuanto a los servicios ecosistémicos que puedan estar presentes en el área de estudio. Sería importante analizar qué tipo de vegetación se establece espontáneamente en los suelos en desuso, ya que podría no ser vegetación nativa (recordar que “nativo” es una categoría usada para el algoritmo clasificador para denominar a la vegetación natural) y tener importantes implicancias en términos de biodiversidad. Por estos motivos, sería provechoso realizar estudios complementarios al respecto y probablemente implementar medidas de conservación sobre las pocas extensiones de vegetación natural que perduran.

La información generada en este estudio puede resultar útil para comprender de qué manera se ha dado el proceso de urbanización en el distrito de Lunlunta y, de esta forma, evitar futuras pérdidas de tierras productivas y nativas, así como su deterioro ocasionado por la fragmentación. Además, sienta las bases para estudios más profundos como aquellos sobre servicios ecosistémicos, tanto los brindados por los ecosistemas naturales como por las zonas cultivadas (ecosistemas simplificados).



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Ariza-López, F. J., Rodríguez-Avi, J., Alba-Fernández, V. (2018). Control estricto de matrices de confusión por medio de distribuciones multinomiales. *GeoFocus*, 21, 215-226. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.591>.
- Baldini, C. (2020). *Territorio en movimiento: las transformaciones territoriales del Cinturón Hortícola Platense en los últimos 30 años* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Bernabeu, M. M., y Martín, F. D. (2019). El periurbano recreado. Urbanizaciones cerradas como nuevos híbridos en el paisaje hídrico del Área Metropolitana de Mendoza, Argentina. *Quid* 16; 11; 6-2019; 55-85.
- Bocco, A., Alturria, L., Ruiz, A. M., Salvarredi, G., Vila, H., Oliva, J., Rivero, I. (2007). La trama vitivinícola en la provincia de Mendoza. *Innovación y empleo en tramas productivas de Argentina*, 43-92.
- Buzzi, M. A., Rueter, B. L. y Ghermandi, L. (2017). Múltiples índices espectrales para predecir la variabilidad de atributos estructurales y funcionales en zonas áridas. *Ecología austral*, 27(1), 055-062.
- D'Amario Fernández, M. J. (2016). *Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza)*. (Tesina de grado). Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias.
- del Barrio, L., Perez, M. A., Dalmasso, C., Silva Colomer, J., Bres, E. S., Van den Bosch, M. E., y Lettelier, M. D. (2017). *Urbanización y su impacto en la viticultura: la percepción de los productores del Oasis Norte* (62-75).
- Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje: Un marco de integración para los levantamientos ecológicos*. (p. 50).
- Fang, Q., Hong, H., Zhao, L., Kukolich, S., Yin, K., & Wang, C. (2018). Visible and near-infrared reflectance spectroscopy for investigating soil mineralogy: A review. [Espectroscopia de reflectancia visible e infrarroja cercana para la investigación mineralógica del suelo: una revisión] *Journal of Spectroscopy*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3168974>.
- Feito, M. C., Boza, S., & Peredo, S. (2019). La agricultura en los periurbanos de Buenos Aires (Argentina) y Santiago (Chile): Territorios en transición.
- Forman, R. T. (1981). Interaction among landscape elements: a core of landscape ecology. [Interacción entre elementos del paisaje: un núcleo de la ecología del paisaje]. *Perspectives in landscape ecology*, 35-48.
- Hatab, A. A., Eduarda, M., Cavinato, R., Lindemer, A., & Lagerkvist, C. (2019). Urban sprawl, food security and agricultural systems in developing countries: A systematic review of the literature. [Expansión urbana, seguridad alimentaria y sistemas de agricultura en países en desarrollo: una revisión sistemática de la bibliografía] *Cities*, 94, 129-142. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.001>
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2010) *Censo nacional de población, hogares y viviendas en la República Argentina*.
- Ley N° 8051, 2009. Ley de Ordenamiento Territorial de Mendoza. Mayo 2009. Disponible en: <https://www.mendoza.gov.ar/ambiente/wp-content/uploads/sites/14/2014/09/Ley-Ordenamiento-Territorial-Mendoza.pdf>



- Ley N° 8999, 2017. Plan Provincial de Ordenamiento Territorial de Mendoza. 31 de agosto de 2017. Disponible en: <https://www.legislaturamendoza.gov.ar/plan-de-ordenamiento-territorial/>
- Mari, N. (2018). Mapeo y Caracterización del CV: Dinámica territorial y los procesos de transformación Urbano-Rural. *B. Giobellina (coomp.)*, *La alimentación de las ciudades, Transformaciones territoriales y cambio climático en el Cinturón Verde de Córdoba*, 121-144.
- Manzini Marchesi, L. (2015). La dimensión histórica versus la banalización del paisaje. El caso del paisaje rural del departamento de Maipú, Mendoza, Argentina. *Tabula Rasa*, (22), 227-263.
- Matellanes Ferreras, R. (5 de mayo, 2018). *Cálculo de Índice NDBI para análisis urbanísticos*. Gis&Beers. Recuperado de: <http://www.gisandbeers.com/calculo-indice-ndbi-analisis-urbanisticos/>.
- Méndez, E. (1998). Bosque de Salix en las terrazas aluviales del río Mendoza, Argentina. *Lilloa*, 183-190.
- Méndez, E. (2015). Lamio amplexicaulis-Urticetum urentis ass. nov. en viñedos de Mendoza, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(1), 107-113.
- Mróz, M., & Sobieraj, A. (2004). Comparison of several vegetation indices calculated on the basis of a seasonal spot xs time series, and their suitability for land cover and agricultural crop identification [Comparación de diversos índices de vegetación calculados en base a series estacionales temporales, y su idoneidad en cuanto a la identificación de coberturas del suelo y cultivos agrícolas]. *Technical Sciences*, 7, 44 - 45.
- Muñoz Aguayo, P. (2013). *Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación*. CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales).
- Naveh, Z. (1991). Some remarks on recent developments in landscape ecology as a transdisciplinary ecological and geographical science [Algunos comentarios sobre recientes sucesos en la ecología de paisajes como una ciencia transdisciplinaria y geográfica]. *Landscape Ecology*, 5(2), 65–73.
- Olmedo, G. F., Navarro Canafoglia, V. P., & Perez, M. (2016). Estimación del avance urbano sobre la interfase urbano-rural del Oasis Norte de la Provincia de Mendoza. Análisis temporal y espacial. Primer Reunión Científica Del Programa Nacional de Recursos Naturales, Gestión Ambiental y Ecorregiones, 2015.
- Oyarzabal, M., Clavijo, J. R., Oakley, L. J., Biganzoli, F., Tognetti, P. M., Barberis, I. M., Maturo, H. M., Aragón, R., Campanello, P. I., Prado, D., Oesterheld, M., Leon, R. J. C. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina.
- Pérez, M. A. y Bacaro, A. (comp.) (2020). *Clasificación de coberturas de suelo de la cuenca del río Tunuyán superior*. Ediciones INTA.
- Peña-Becerril, J. C., Monroy-Ata, A., Álvarez-Sánchez, F. J., & Orozco-Almanza, M. S. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2), 91-98.
- Postek, P., & Str, Z. (2019). *The proposed indicator of fragmentation of agricultural land* [El indicador propuesto para la fragmentación de tierras agrícolas]. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.023>
- Rojas, F., Rubio, C., Rizzo, M., Bernabeu, M., Akil, N., & Martín, F. (2020). Land use and land cover in irrigated drylands: a long-term analysis of changes in the Mendoza and Tunuyán River basins, Argentina (1986–2018) [Uso y cobertura del suelo en zonas áridas irrigadas:



- un análisis largoplacista de los cambios en las cuencas del Río Mendoza y Tunuyán, Argentina (1986-2018)]. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 13(4), 875-899.
- San Vicente, M. G. y Valencia, P. J. L. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios geográficos*. 69(265), 519-543.
- Sili, M. E. (2019). La migración de la ciudad a las zonas rurales en Argentina. Una caracterización basada en estudios de caso. *Población y Sociedad*, 26(1), 90-119.
- Van Den Bosch, M. E., & Bres, E. S. (2021). *Dinámica de la estructura agraria de los distritos agrícolas del Oasis Norte de Mendoza*. Ediciones INTA; Estación Experimental Agropecuaria Mendoza.
- Van Den Bosch, M. E. (2016). *Dinámica intercensal de la estructura agraria del territorio Oasis Norte de Mendoza*. Ediciones INTA.
- Valpreda, E. C. y Berón, N. M. (2012). *Expansión urbana y uso del recurso agua en el Gran Mendoza, Argentina: revisión de legislación*. *Revista Proyección* N° 13. Obtenido de: [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/12995/01valpreda-proyeccion13.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/12995/01valpreda-proyeccion13.pdf) (p. 2).
- Venhari, A. A., Tenpierik, M., & Hakak, A. M. (2017). Heat mitigation by greening the cities, a review study [Mitigación del calor en las ciudades, un estudio de revisión]. *Environment, Earth and Ecology*, 1(1).
- Vila Subirós, J., Varga Linde, D., Llausàs Pascual, A. y Ribas Palom, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'anàlisi geogràfica*, (48), 151-166.

## 10. ANEXO

**Tabla 5: Matriz de confusión 1991.**

CLASS	Parral	Olivo y vid	Olivo	Olivo y frutal	Frutal	Urbano	Nativo	Golf	Suelo desnudo	Vid espaldero	SumUser	AccUser
Parral	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131	100%
Olivo y vid	0	159	0	0	0	0	0	0	0	0	159	100%
Olivo	0	0	339	0	0	0	0	0	0	0	343	98.83%
Olivo y frutal	0	0	0	101	0	0	0	0	0	0	101	100%
Frutal	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	43	100%
Urbano	0	0	0	0	0	182	0	0	0	0	182	100%
Nativo	0	0	1	0	0	4	768	0	0	0	773	99.35%
Golf	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	83	100%
Suelo desnudo	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	85	100%
Vid espaldero	0	0	6	0	0	0	0	0	0	460	466	98.71%
SumProd	131	159	346	101	43	186	768	83	85	464		
AccProd	100.00%	100.00%	97.98%	100.00%	100.00%	97.85%	100.00%	100.00%	100.00%	99.14%		

**Tabla 6: Matriz de confusión 2001.**

CLASS	Olivo	Parral	Olivo y vid	Nativo	Urbano	Frutal	Suelo desnudo	Golf	Espaldero	Olivo y frutal	SumUser	AccUser
Olivo	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	100.00%
Parral	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	112	100.00%
Olivo y vid	0	0	142	0	0	0	0	0	0	0	142	100.00%
Nativo	0	0	0	239	0	0	0	0	0	0	239	100.00%
Urbano	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	90	100.00%
Frutal	0	0	0	0	0	106	0	0	0	0	106	100.00%
Suelo desnudo	0	0	0	0	0	0	121	0	0	0	121	100.00%
Golf	0	0	0	0	0	0	0	148	0	0	148	100.00%
Espaldero	1	0	0	0	0	0	0	0	1092	1	1094	99.82%
Olivo y frutal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100.00%
SumProd	321	112	142	239	90	106	121	148	1092	101		
AccProd	99.69%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.01%		

**Tabla 7: Matriz de confusión 2010.**

CLASS	Olivo	Olivo y vid	Nativo	Espaldero	Urbano	Frutal	Suelo desnudo	Parral	Golf	Olivo y frutal	SumUser	AccUser
Olivo	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165	100.00%
Olivo y vid	0	141	0	0	0	0	0	0	0	0	141	100.00%
Nativo	0	0	278	0	0	0	0	0	0	0	278	100.00%
Espaldero	0	1	0	890	0	0	0	0	0	0	891	99.89%
Urbano	0	0	0	0	108	0	0	0	0	0	108	100.00%
Frutal	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	70	100.00%
Suelo desnudo	0	0	0	0	0	0	188	0	0	0	188	100.00%
Parral	1	0	0	0	0	0	0	94	0	0	95	98.95%
Golf	0	0	0	0	0	0	0	0	148	0	148	100.00%
Olivo y frutal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	101	100.00%
SumProd	166	142	278	890	108	70	188	94	148	101		
AccProd	99.40%	99.30%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

**Tabla 8: Matriz de confusión 2021.**

CLASS	Suelo desnudo	Golf	Olivo	Olivo y vid	Olivo y frutal	Espaldero	Nativo	Urbano	SumUser	AccUser
Suelo desnudo	1160	0	0	0	0	0	0	0	1161	99.91%
Golf	0	145	0	0	0	0	0	0	145	100.00%
Olivo	0	0	16	0	0	0	0	0	16	100.00%
Olivo y vid	0	0	0	146	0	0	0	0	146	100.00%
Olivo y frutal	0	0	0	0	101	0	0	0	101	100.00%
Espaldero	0	0	0	0	0	796	0	0	796	100.00%
Nativo	0	0	0	0	0	0	290	0	290	100.00%
Urbano	0	0	0	0	0	0	0	227	225	100.00%
SumProd	1160	145	16	146	101	796	290	227		
AccProd	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

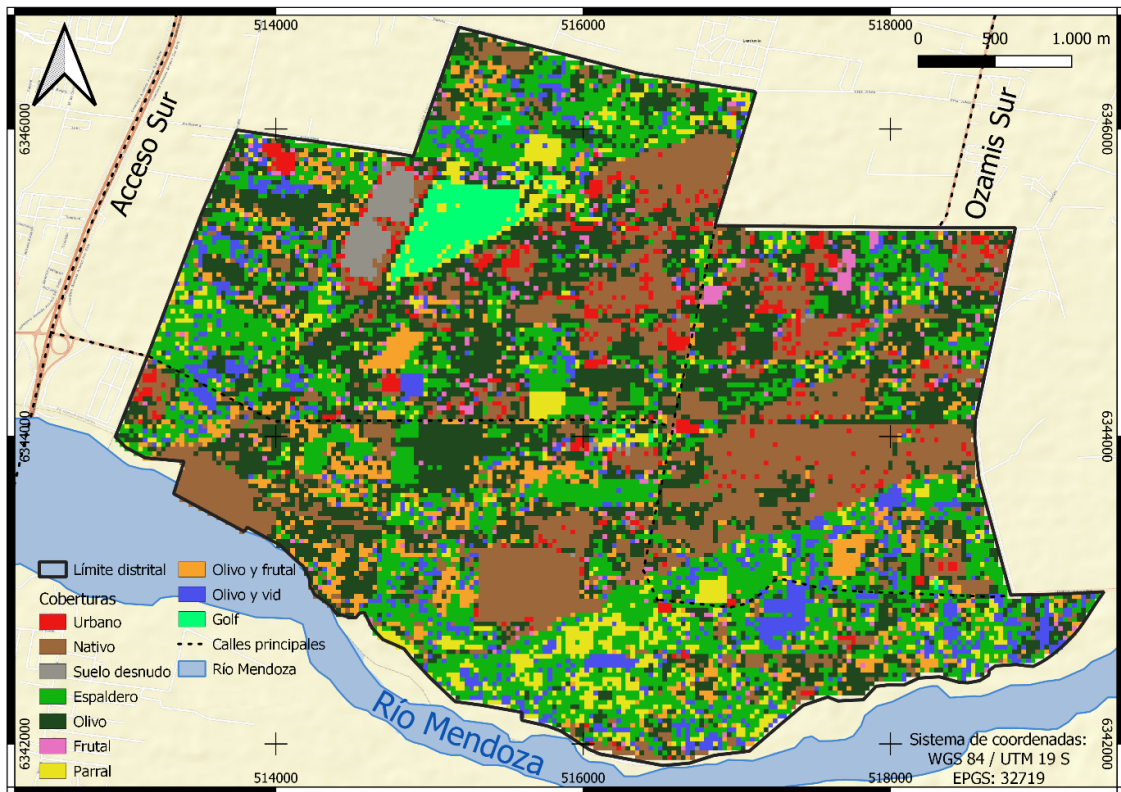


Figura 14: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 1991.

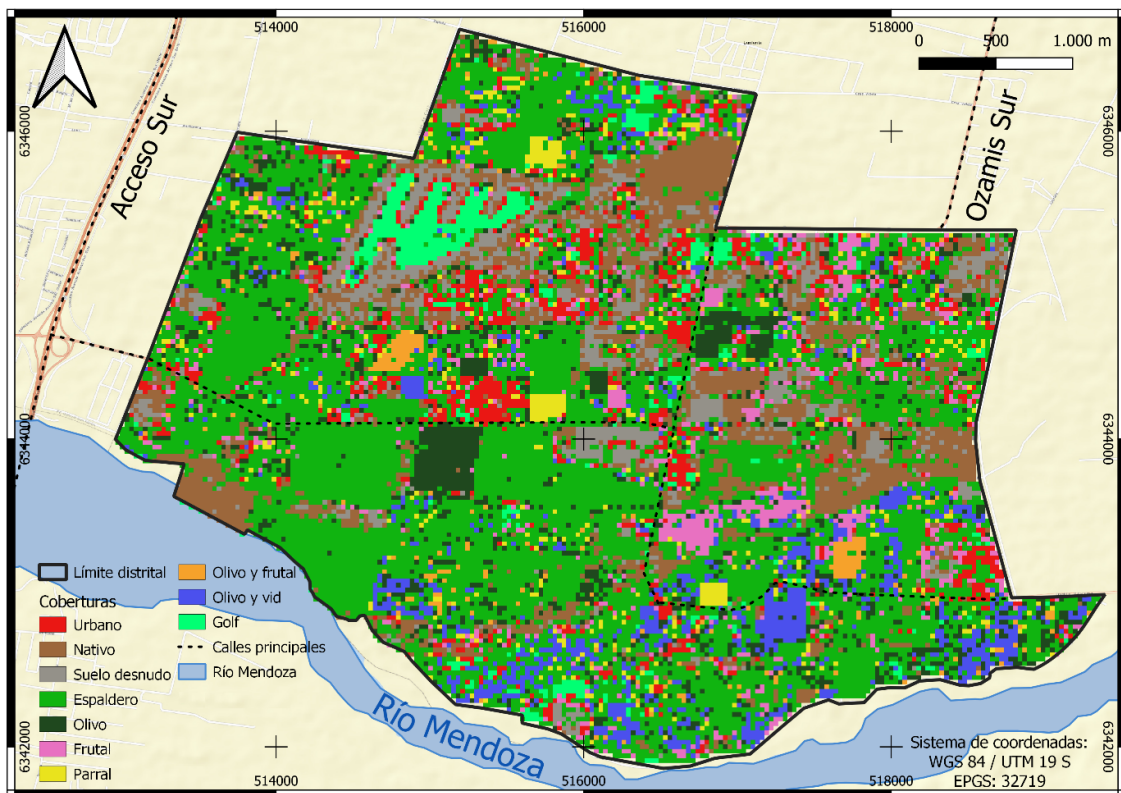


Figura 15: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 2001.



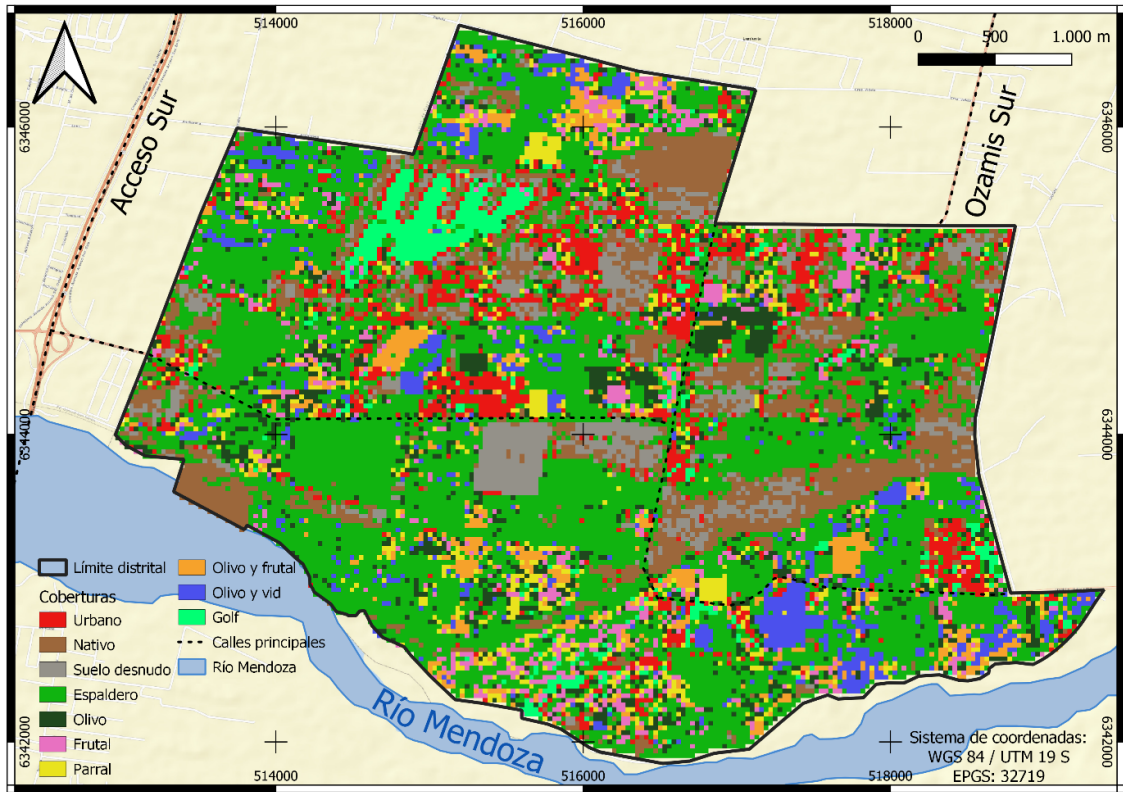


Figura 16: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 2010.

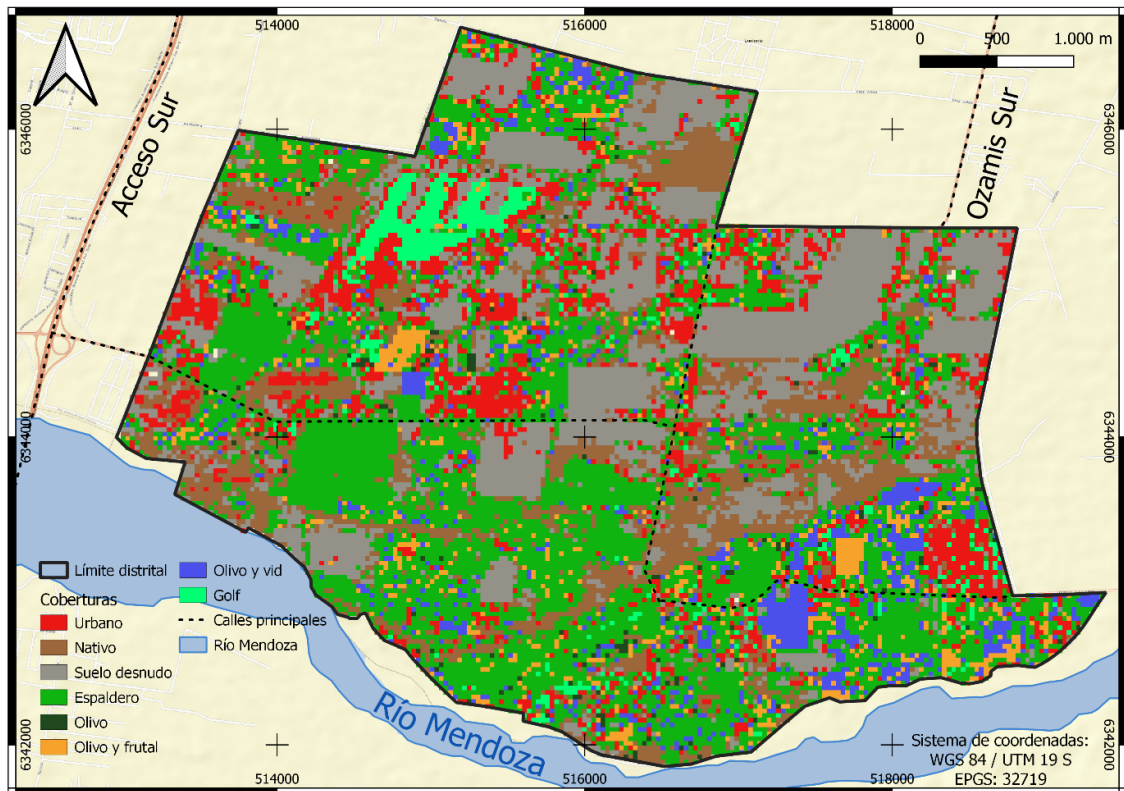


Figura 17: Mapa de coberturas de Lunlunta obtenido para el año 2021.