

# **“USO DE UN ALGORITMO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA EXPANSIÓN TERRITORIAL DE ASENTAMIENTOS VULNERABLES EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA”**

Carranza Juan Pablo<sup>a</sup> / Lucca Carlos<sup>a</sup> / Riera Alicia<sup>a</sup> / Brusa Julia<sup>a</sup> / Falavigna Claudio<sup>a</sup> / Moyano Reartes Tomás Agustín<sup>a</sup> / Zamblera Fernando<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Córdoba.

[carranzajuanp@gmail.com](mailto:carranzajuanp@gmail.com) / [carlos.lucca@unc.edu.ar](mailto:carlos.lucca@unc.edu.ar) / [rieraalicia@gmail.com](mailto:rieraalicia@gmail.com) / [arqbrusa@gmail.com](mailto:arqbrusa@gmail.com) / [claudio.falavigna@gmail.com](mailto:claudio.falavigna@gmail.com) / [tomas Moyano96@gmail.com](mailto:tomas Moyano96@gmail.com) / [fernandonicolas.zamblera@gmail.com](mailto:fernandonicolas.zamblera@gmail.com)

## **RESUMEN**

El trabajo presenta una metodología para la identificación del crecimiento físico en el período 2008-2018, de un conjunto de asentamientos de población socialmente vulnerable localizados en la ciudad de Córdoba. El mismo se inscribe en el marco del proyecto de investigación titulado “Identificación y Caracterización de las Relaciones entre la Población Residente en Zonas Socialmente Vulnerables, Sistema de transporte Público y Acceso a Empleo y Servicios de Salud y Educación en la Ciudad de Córdoba para la Elaboración de Políticas de Movilidad Inclusiva”, aprobado por la SECyT-UNC<sup>1</sup>.

A partir de la aplicación de un algoritmo, aplicado a la clasificación automática de imágenes satelitales mediante el software estadístico R, se obtiene un registro visual de la evolución espacial de los asentamientos analizados a lo largo del período mencionado, cuantificando las superficies libre y construida en los mismos.

El resultado obtenido permite señalar que la puesta a punto de este algoritmo fue sumamente útil para evaluar tanto la expansión física de los asentamientos analizados como el crecimiento urbano en general.

Es posible señalar que a partir de la información generada se podrían construir indicadores demográficos y de usos del suelo que permitirían lograr una mayor comprensión del fenómeno estudiado.

**PALABRAS CLAVE:** Clasificación de imágenes satelitales / Crecimiento por Expansión / Vulnerabilidad.

---

<sup>1</sup>- Resolución SECyT 455/18. Proyecto de Investigación radicado en IIFAP, FCS, UNC.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los asentamientos vulnerables que existentes en los principales centros urbanos del país han registrado un crecimiento continuo a lo largo de las últimas seis décadas. Surgidos como consecuencia de las migraciones puestas en marcha por el proceso de industrialización registrado en Argentina desde la segunda mitad del siglo XX, se transformaron en el lugar de residencia de millones de argentinos, en la mayoría de los casos, con escasos o nulos servicios públicos, y localizados en general en la periferia de las ciudades. Esta situación ha generado grandes dificultades a sus habitantes para gozar de los activos y servicios que ofrecen las ciudades, limitando severamente sus posibilidades de ejercer el derecho a la ciudad.

En el artículo se presentan los resultados de la aplicación de una herramienta de análisis utilizada en el marco de la investigación acreditada en la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (SECyT-UNC), de la que participan los autores, y que permite automatizar el procedimiento de reconocimiento, a partir de la utilización de algoritmos para la clasificación automática de imágenes satelitales, del crecimiento físico de 120 asentamientos vulnerables localizados en la ciudad de Córdoba.

Se estima que el procedimiento descrito en el presente trabajo representa un valioso instrumento para gestionar el territorio, que ayudaría a comprender mejor la dinámica de la evolución de estos asentamientos, y a partir de ello, formular políticas públicas más adecuadas para atender las necesidades de la población residente.

## 2. SÍNTESIS DE LA PROBLEMÁTICA ANALIZADA

Entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX<sup>2</sup>, comenzó en Argentina un incipiente proceso de industrialización que fué luego profundizado durante el primer gobierno de Perón (1946-1952), y después durante el gobierno desarrollista de Arturo Frondizi (1958-1962). Este proceso puso en marcha una serie de transformaciones productivas, demográficas y sociales que tuvieron gran impacto en nuestro país (Gerchunoff y Llach, 2003; Gutman, 1993).

El impulso de las industrias sustitutivas de importaciones (muchas ellas de carácter fuertemente urbano) y la tecnificación de las actividades agropecuarias ocurrida a lo

---

<sup>2</sup>.- Este proceso estuvo originariamente asociado a la industria de la alimentación expandiéndose luego lentamente a otras ramas industriales.

largo de la primera mitad del siglo XX (Gerchunoff y Llach, 2003), junto a la búsqueda de una mejor calidad de vida, generó a partir de la década de los años '30 un proceso de emigración de la población rural y de las provincias del norte que se dirigió inicialmente a los principales centros urbanos de la región pampeana (en particular hacia el cordón industrial de Buenos Aires y en menor medida hacia las ciudades de Córdoba y Rosario), y en una segunda etapa (a partir de los años '80), hacia las ciudades medias (como Córdoba) y la región patagónica (Lattes, 1973; Velázquez y Gomez Lende, 2004)<sup>3</sup>.

En un informe publicado por el INDEC en el año 1970 elaborado en base a los resultados provisionales del Censo Nacional de Población, Familias y Viviendas de dicho año, se señala que la redistribución espacial de la población pasó a ser un fenómeno dominante en el período 1947-1960, continuando con una intensidad menor (aunque significativa) en el período 1960-1970, señalando que entre los determinantes de estos movimientos migratorios se encontraban los desequilibrios del ritmo de crecimiento de las economías regionales, que crearon las condiciones para *“el éxodo de importantes sectores de la población hacia zonas que, en función de su mayor desarrollo, pueden ofrecer oportunidades ocupacionales, salarios más elevados y la posibilidad de acceso a ciertos servicios sociales tales como educación, vivienda y salud”* (Censo Nacional de Población, Familias y Viviendas, 1970: 18), señalándose en el mismo informe que la provincia de Córdoba se había transformado en dicha época en uno de los polos de atracción de población.

Estos flujos migratorios tuvieron un doble impacto. Por una parte debilitaron demográficamente a las ciudades y regiones expulsoras de población, en tanto que en las ciudades receptoras agudizaron los problemas vinculados con el acceso a la vivienda incrementando a su vez la demanda de servicios sanitarios y educativos en las mismas.

Como señalan Velázquez y Gomez Lende, las migraciones internas se produjeron en etapas, desde:

*“...la zona rural a pequeños centros urbanos; luego a centros mayores, provinciales o regionales; siendo la última etapa la de las grandes ciudades en el nivel nacional. Desde fines de la década de 1970 esta última etapa se fue diluyendo, engrosándose las áreas periféricas de los centros intermedios”* (2004: 3).

---

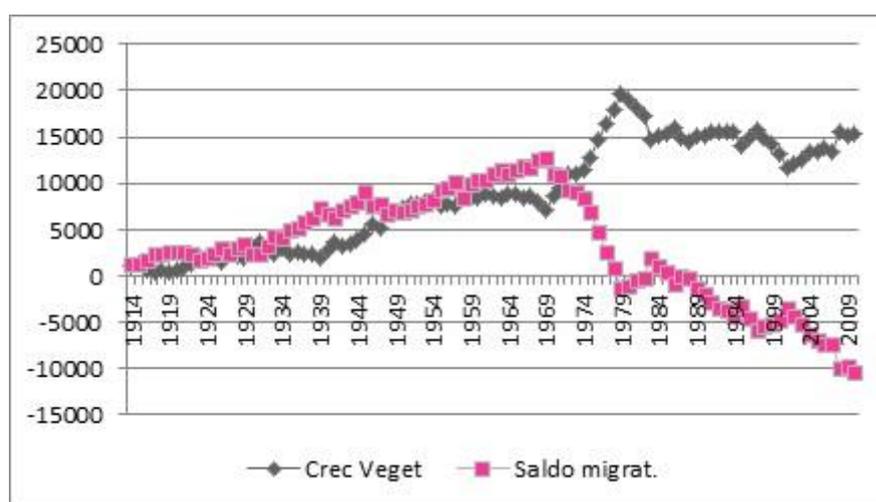
<sup>3</sup>.- La ciudad de Córdoba experimentó un crecimiento poblacional significativo como consecuencia de este flujo inmigratorio. De acuerdo a información censal publicada por el Gobierno de la Municipalidad de Córdoba (2012), las tasas de crecimiento poblacional anual fueron las siguientes: 1947-1960: 2,14%; 1960-1970: 4,60%; 1970-1980: 2,20%, 1980-1991: 1,58%

De acuerdo al informe de TECHO (2016), la división entre áreas dinámicas y áreas marginales de la economía:

*“se manifestó al interior de las ciudades a través de la creciente distancia entre una ciudad ‘formal/legal’ y una ‘ciudad informal/ilegal’, conformada por las villas y asentamientos que constituyeron el modo en el que los sectores de menores recursos resolvieron la imposibilidad de acceder a un hábitat digno mediante los mecanismos de un mercado formal y la ausencia de políticas públicas específicas”* (TECHO, 2016: 23)

Para el caso de la ciudad de Córdoba, Peralta (2003) señala que el proceso de inmigración registrado habría alcanzado su pico hacia fines de los años ‘60 y principio de los 70, para luego iniciar una rápida tendencia declinante, tal cual queda reflejado en el siguiente gráfico.

Figura 1. Evolución del Saldo Migratorio Neto. Ciudad de Córdoba.



Fuente. Peralta, C. (2001), Evolución del Saldo Migratorio de la ciudad de Córdoba, 1914-2001. Instituto de Investigación de la Vivienda y Hábitat FAUD. Universidad Nacional de Córdoba, Mimeo.

El importante aporte inmigratorio que recibió la ciudad de Córdoba en dicho período trajo como consecuencia, como se dijo anteriormente, el surgimiento de dificultades vinculadas con el acceso al suelo y vivienda por parte de la población migrante, lo que dió lugar al surgimiento de los primeros asentamientos precarios que fueron denominados “villas de emergencia”<sup>4</sup>, nombre que reflejaba el carácter transitorio que se pensaba tendrían los mismos, asumiendo que se constituirían en una etapa intermedia

<sup>4</sup>- Oscar Oszlack (2016) señala que este fenómeno urbano que ha recibido diferentes denominaciones (villas de emergencia, tugurios, cantegriles, callampas y favelas) en diferentes países, comenzó como excepción y se convirtió en la regla en las grandes metrópolis latinoamericanas.

entre el arribo de los migrantes al centro urbano y su posterior incorporación al mercado de trabajo en alguno de los sectores económicos en expansión<sup>5</sup>.

Con referencia a esto y como señala Oszlak (2016):

*“Para algunos, la villa o el asentamiento informal constituyen una “estación de paso” en la carrera de la vivienda, una etapa habitacional necesaria para aquellos sectores desarraigados de su medio de origen, que buscan en la metrópoli nuevas oportunidades de supervivencia y mejoramiento de su calidad de vida. Para otros, la villa es “la última estación”, el fondo del barranco al que han caído aquellos que perdieron toda esperanza de integrarse al medio urbano en las condiciones habitacionales propias de una vida decorosa. Ambas son ciertas. Para unos, trampolín; para otros, tobogán. Esperanza y frustración conviven en la penosa realidad de estos asentamientos humanos”* (Ozlak, 2016: 8).

Paralelamente a este proceso, las dificultades que enfrentó el Estado para garantizar igualdad de oportunidades llevaron a que conjuntamente con los marcados ciclos de la economía nacional<sup>6</sup>, caracterizados con recurrentes crisis y una creciente inestabilidad económica, se produjera una caída del ingreso per cápita y un aumento de la pobreza vinculada a la precarización laboral y al incremento del desempleo, factores éstos que dificultaron el acceso a la vivienda por parte de los hogares con menor poder adquisitivo.

Un estudio realizado por el Servicio Habitacional y de Acción Social (SEHAS) en el año 2007, señala que teniendo en cuenta los Censos Nacionales de Población, Hogares y Vivienda de los años 1980 y 2001, se evidencia un crecimiento constante de la población residente en las villas de emergencia en la ciudad de Córdoba, que pasó de representar el 2,31% de la población total de esta ciudad en el año 1980, al 8,07% de la misma en el año 2001.

En términos de la evolución de número de asentamientos a lo largo de las últimas décadas, en el informe señalado se indica que en el período 1992-2001 se produjo un

---

<sup>5</sup>.- En dicho período los sectores que motorizaron el crecimiento de la economía provincial fueron la energía (1959, ampliación de la Central Deán Funes, la construcción de la central termoeléctrica de Pilar y la construcción de estaciones transformadoras en la periferia de la ciudad de Córdoba), y la construcción y la producción de autos y camiones a partir de la radicación en Córdoba del Grupo Fiat en 1954 y de Industrias Kaiser Argentina (IKA) en 1955, que se sumaron a las actividades que ya llevaban a cabo las Industrias Aeronáuticas y Mecánicas del Estado (IAME), que se encontraban operando en Córdoba desde el año 1952.

<sup>6</sup>.- La economía argentina registró un comportamiento fuertemente cíclico a lo largo del siglo XX. Las principales crisis económicas ocurridas se dieron en los años 1929/30, 1952, 1975, 1980/81, 1989/90 y 1998-2002.

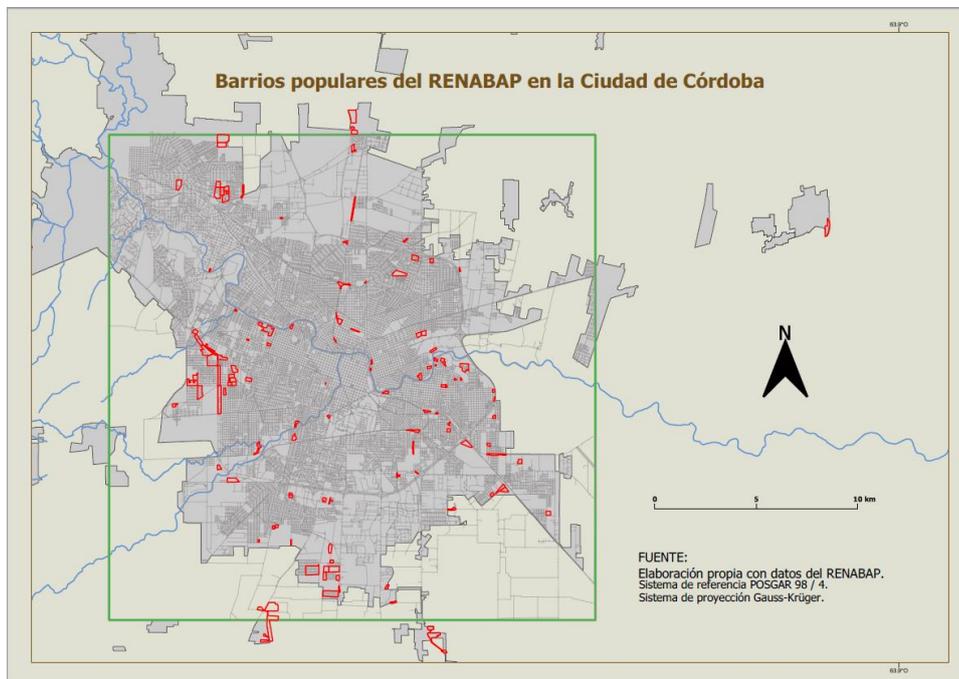
incremento importante en el mismo pasando de 83 (1992) a 158 (2001) y reduciéndose a 118 (2007)<sup>7</sup>.

En la actualidad, de acuerdo al Registro Nacional de Barrios Populares de la Agencia de Administración de Bienes del Estado dependiente de la Jefatura de Gabinete de Ministros del Gobierno Nacional, hay en la ciudad de Córdoba 120 asentamientos (118 dentro del ejido municipal y 2 que se encuentran fuera del mismo pero son colindantes con este).

De acuerdo al relevamiento realizado por TECHO (2016), en promedio a nivel nacional los asentamientos informales registraban una antigüedad de 28 años, siendo la provincia de Córdoba, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Área Metropolitana de Rosario los centros urbanos que tienen los asentamientos informales de mayor antigüedad, lo que pone de manifiesto el carácter estructural de la problemática habitacional y la ineficacia de las políticas públicas que se implementaron para solucionar la misma.

El siguiente gráfico muestra la localización de los asentamientos populares de acuerdo a la información provista en el RENABAP.

*Figura 2. Barrios populares en la Ciudad de Córdoba.*



Fuente. Elaboración propia en base a información difundida por el RENABAP.

<sup>7</sup>- La reducción en el número de villas de emergencia respondió a la presencia de un conjunto de causas: (i) la política de relocalización impulsada por el Gobierno Provincial, la urbanización de villas en el marco del Programa Nacional PROMEBA, y (iii) la urbanización de villas impulsada por el gobierno Municipal, las que por encontrarse urbanizadas no fueron contabilizadas como villas de emergencia en el año 2007.

Lo señalado en los párrafos anteriores pone de manifiesto la relevancia de la problemática del hábitat vinculada con los barrios populares. Por esta razón, se considera que los resultados que se informan en la presente ponencia constituyen un aporte de utilidad para la formulación de políticas públicas más efectivas para el abordaje y resolución de esta problemática.

### 3. RELEVANCIA DEL USO DE IMÁGENES SATELITALES EN LOS ESTUDIOS TERRITORIALES Y DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN UTILIZADO

Desde la década de 1980 se ha registrado un crecimiento exponencial en la disponibilidad de imágenes satelitales de acceso público, las que han contado a su vez con una mayor resolución espacial. Esto ha permitido que mediante la utilización de imágenes satelitales y el entrenamiento de algoritmos en la clasificación automática del territorio, se pueda cuantificar la expansión de la mancha urbana a lo largo del tiempo, y calcular diferentes medidas de homogeneidad de este crecimiento, avanzando de este modo en la detección de los cambios espacio-temporales registrados a escala urbana (Giezen et al, 2018), y generando información de valor para el diseño de políticas públicas de ordenamiento territorial que potencien un mejor uso del espacio y reduzcan los costos sociales de la fragmentación urbana.

Particularmente, este tipo de estrategia metodológica permite cuantificar la expansión física registrada a lo largo del tiempo de asentamientos informales que por su misma naturaleza escapan a los registros catastrales, como es el caso de las villas de emergencia. Estos asentamientos, constituidos en muchos casos a partir de la utilización de materiales precarios, contribuyen a la reproducción de condiciones de vida que se encuentran por debajo de niveles aceptables, razón por la cual contar con *“información espacial confiable sobre la evolución de estos asentamientos es vital para cualquier acción que busque mejorar las condiciones de vida de las personas que allí habitan”* (Hofmann, et. al, 2006).

#### 3.1 Descripción del Algoritmo de Clasificación de Imágenes Satelitales

Con el fin de cuantificar la evolución del área construida de los barrios populares analizados, se construyó y entrenó un algoritmo denominado “Random Forest” (Breiman, 2001). Este algoritmo es una generalización del Árbol de Regresión y

Clasificación (Breiman, 1984), y consiste en una combinación de árboles, tal que cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio, independiente y con la misma distribución para cada uno de estos (Hastie, Tibshirani y Friedman, 2001).

Cada árbol de clasificación generado tiene los siguientes elementos:

1. **Nodo de raíz:** Representa toda la muestra, que se divide en dos o más conjuntos homogéneos.
2. **División (Split):** Hace referencia al proceso de división de la muestra en subconjuntos, llamados subnodos.
3. **Nodo de decisión:** Hace referencia a la subdivisión de un subnodo en otros subnodos.
4. **Hoja o Nodo final:** Hace referencia a la finalización del proceso de discriminación (los nodos no se dividen más).

Siguiendo a Breiman (1984) los árboles de clasificación están compuestos por un conjunto de reglas o procedimientos de particiones binarias recursivas, donde un conjunto de datos es sucesivamente particionado en función de la variable de estudio. En cada división los datos son separados en dos grupos mutuamente excluyentes. En cada instancia de separación el algoritmo analiza todas las variables independientes y selecciona, para realizar la partición, aquella que permite conformar dos grupos en donde la variable dependiente muestre valores más homogéneos dentro de cada grupo y más heterogéneos entre sí (Carranza, et. al, 2018).

Más allá de que todos los árboles tengan la misma distribución, son forzados a ser diferentes mediante un proceso de remuestreo con reemplazo en los datos de entrenamiento (técnica conocida como Bootstrap Aggregating, o Bagging) y la selección aleatoria de variables independientes a considerar en cada partición, lo que reduce la correlación entre árboles y posibilita el trade-off entre sesgo y varianza. Finalmente, la clasificación de cada uno de los árboles se somete a votación, resultando escogida aquella categoría que surja del voto mayoritario<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup>.- Siguiendo a Carranza et. al (2018), el funcionamiento de algoritmo puede representarse esquemáticamente de la siguiente manera:

1. Se divide aleatoriamente la muestra en un conjunto denominado de entrenamiento y otro conjunto denominado de prueba.
2. Se construye un bosque aleatorio en la base de entrenamiento, en donde cada árbol se elabora de la siguiente manera:
  - Se toman aleatoriamente “n” datos con repetición (bootstrap) de la base de entrenamiento.
  - Esta nueva muestra será la utilizada para entrenar al árbol i.

La ventaja de la utilización de este tipo de algoritmos es que supera la capacidad predictiva de los modelos lineales usualmente utilizados para lidiar con problemas de clasificación, como las regresiones multinomiales. Los modelos estadísticos lineales, por su construcción, arrojan estimadores que son insesgados, pero que muestran una elevada varianza cuando son sometidos a estimaciones de datos que se encuentran fuera de la muestra. Las técnicas algorítmicas en cambio, al incorporar un término de regularización, permiten un trade-off entre sesgo y varianza (Kleinberg, et. al, 2015), mostrando de esta manera un desempeño muy superior cuando la intención no es cuantificar el impacto de una serie de variables independientes sobre una variable de estudio, sino predecir el comportamiento de ésta última.

### 3.2 Descripción de la Base de Datos Utilizada (Registro RENABAP)

Las áreas de estudio o zonas de aplicación de estos análisis fueron definidas a partir de la base georreferenciada del Relevamiento Nacional de Barrios Populares. Este relevamiento ha sido elaborado por el Estado Nacional en el marco del Programa "Coordinación de Proyectos Socio-comunitarios" de la Secretaría de Coordinación Interministerial de la Jefatura de Gabinete de Ministros de la Presidencia de la Nación como fundamento para elaborar el Registro Nacional de Barrios Populares en Proceso de Integración Urbana (RENABAP).

Para la elaboración del registro se consideró como Barrio Popular a:

*“...los barrios vulnerables en los que viven al menos 8 familias agrupadas o contiguas, donde más de la mitad de la población no cuenta con título de propiedad del*

- 
- Si existen “M” variables independientes, un número “m” de ellas será seleccionada aleatoriamente para utilizarse en la determinación de la decisión en cada nodo del árbol (en donde “m” < “M”). El valor de “m” se mantiene constante mientras el bosque se construye.
  - Se iteran todos los posibles valores de cada una de las variables independientes que integran el conjunto “m” a los fines de realizar la mejor partición, que arroje dos grupos lo más diferentes entre sí y lo más similares dentro de cada uno de sus elementos, en términos de la variable dependiente.
  - Se continúa con el proceso de partición de los nodos en dos nuevos subnodos hasta que se alcanza el tamaño del nodo deseado, obteniéndose finalmente el árbol i.
  - Se predice el conjunto de datos de testeo para evaluar la capacidad predictiva del modelo entrenado anteriormente, procediendo de la siguiente manera:
  - Cada dato de la base de prueba se somete a los criterios de partición establecidos en cada árbol, desde el nodo raíz hasta las hojas, asignándose a cada uno de estos datos el valor estimado asociado a los nodos terminales.
  - Este proceso se itera en todos los árboles, para, por último, someter a votación los valores predichos por cada árbol, siendo el criterio mayoritario el valor predicho del bosque.

suelo ni acceso regular a dos, o más, de los servicios básicos (red de agua corriente, red de energía eléctrica con medidor domiciliario y/o red cloacal).” (RENABAP<sup>9</sup>)

Figura 3. Cantidad de Barrios Populares por Provincia.



Fuente. Relevamiento Nacional de Barrios Populares. Informe General Período 08/2016 a 12/2017

Tal como se ve en la Figura 3, en la provincia de Córdoba se identificaron 181 Barrios Populares, de los cuales 120 se encuentran dentro del ejido municipal de la Ciudad de Córdoba<sup>10</sup>. Estos últimos son los barrios que definen el área o polígono de aplicación de estos análisis.

### 3.3 Procedimiento de aplicación del algoritmo a la clasificación automática de imágenes satelitales

Para la realización del análisis se identificaron geográficamente diferentes polígonos que representarían a cada una de las categorías de interés, en nuestro caso a las áreas construidas y no construidas. Dado que el resultado de la clasificación realizada mediante técnicas algorítmicas de aprendizaje automático depende drásticamente de la calidad de la muestra, se buscó que los polígonos seleccionados fueran representativos

<sup>9</sup> Web RENABAP: <https://www.argentina.gob.ar/barriospopulares> Consultada el 2/05/19.

<sup>10</sup>.- De estos 120 barrios, 118 se encuentran dentro del ejido municipal de la Ciudad de Córdoba que otros 2 barrios que son contiguo al mismo, pero fueron considerados como parte del ejido urbano en la investigación.

de la realidad territorial; por ejemplo, contemplando que existieran muestras de cada uno de los tipos de materiales que se observaron en las áreas construidas a clasificar.

El análisis se realizó bajo la restricción de no contar con imágenes satelitales de una resolución espacial adecuada para la escala de análisis escogida, que pretende dar cuenta de las transformaciones territoriales en áreas muy acotadas de la ciudad. Las imágenes satelitales Sentinel 2 son de acceso libre, y cuentan con 12 bandas que brindan información variada sobre el territorio, pero el tamaño de píxel es de 10 metros, lo que representa una resolución espacial débil para dar cuenta de los fenómenos analizados. Se resolvió, entonces, trabajar con imágenes satelitales de Google que cuentan con un nivel de resolución espacial mucho mayor (un píxel de 40 centímetros), pero sólo brindan información en 3 bandas (rojo, verde y azul). Esta situación implica la imposibilidad de analizar bandas infrarrojas, que suelen ser de mucha utilidad para detectar la presencia de edificaciones en el territorio.

Además, si bien es posible acceder a imágenes satelitales SPOT que ofrecen una resolución espacial mucho más elevada y tienen sensor infrarrojo, la metodología de análisis temporal hace que no se pueda contar con este tipo de información para los periodos iniciales de la clasificación (año 2008), dado que las imágenes Spot están disponibles sólo a partir del año 2011.

Independientemente de las restricciones detalladas en los párrafos anteriores, se entiende que el principal aporte del presente trabajo reside en la sistematización y presentación de la metodología propuesta, que puede ser aplicada y desarrollada continuamente a medida que la calidad y la resolución espacial de las imágenes satelitales de libre acceso continúen mejorando.

El siguiente esquema sintetiza la metodología aplicada a cada barrio por cada año de estudio:

*Figura 4.*



Fuente. Elaboración propia.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

Tal como se mencionó en apartados anteriores, este trabajo se inscribe en el marco del proyecto de investigación titulado “Identificación y Caracterización de las Relaciones entre la Población Residente en Zonas Socialmente Vulnerables, Sistema de transporte Público y Acceso a Empleo y Servicios de Salud y Educación en la Ciudad de Córdoba para la Elaboración de Políticas de Movilidad Inclusiva”, en el cual se busca, dentro de sus objetivos, identificar el crecimiento físico, en el período 2008-2018, de los 120 Barrios Populares localizados en la ciudad de Córdoba. En la actualidad se encuentra analizado el 33% de los 120 barrios que conforman el universo de estudio.

### 4.1 Presentación de un conjunto seleccionado de barrios analizados

Con la finalidad de ejemplificar los resultados alcanzados mediante la aplicación de la metodología descrita más arriba, en el presente apartado se presentan los resultados obtenidos en el análisis de la expansión física de dos barrios populares de la ciudad de Córdoba entre los años 2008-2018, con tres recortes temporales: 2008, 2013 y 2018.

A partir de la aplicación de la metodología señalada a los casos de estudio, se definieron las siguientes cuatro clases: construido, calles, árboles y suelo. Sin embargo, para este trabajo, la distinción fundamental se dió entre la superficie construida y el resto de las clases (calles, vegetación y suelo). Para una identificación más sencilla, cada clase fue asociada con un color diferente.

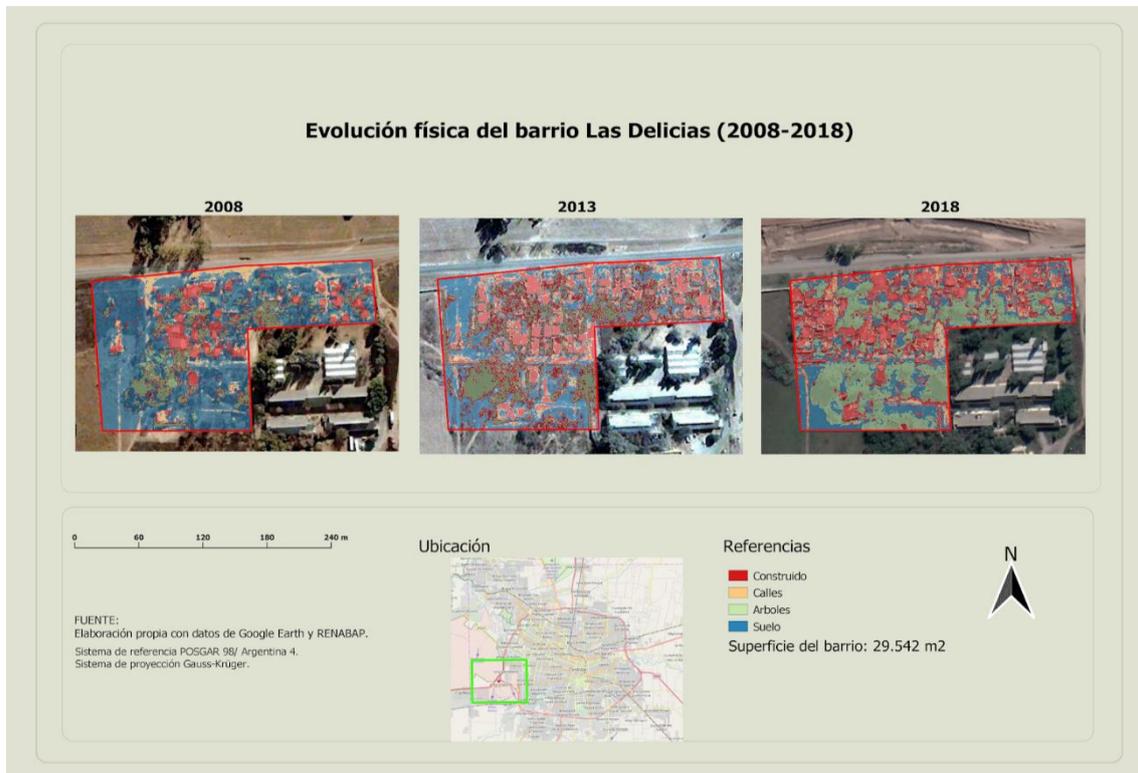
*Figura 5. Colores de las clases o superficies diferenciadas.*

Categoría	Descripción	Color en Teledetección
1	Construido	Rojo
2	Calles	Naranja
3	Arboles	Verde
4	Suelo	Azul

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.1.1 Barrio Las Delicias.

Figura 6. Evolución física del barrio Las Delicias.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 7. Variación de las superficies diferenciadas en el barrio Las Delicias.

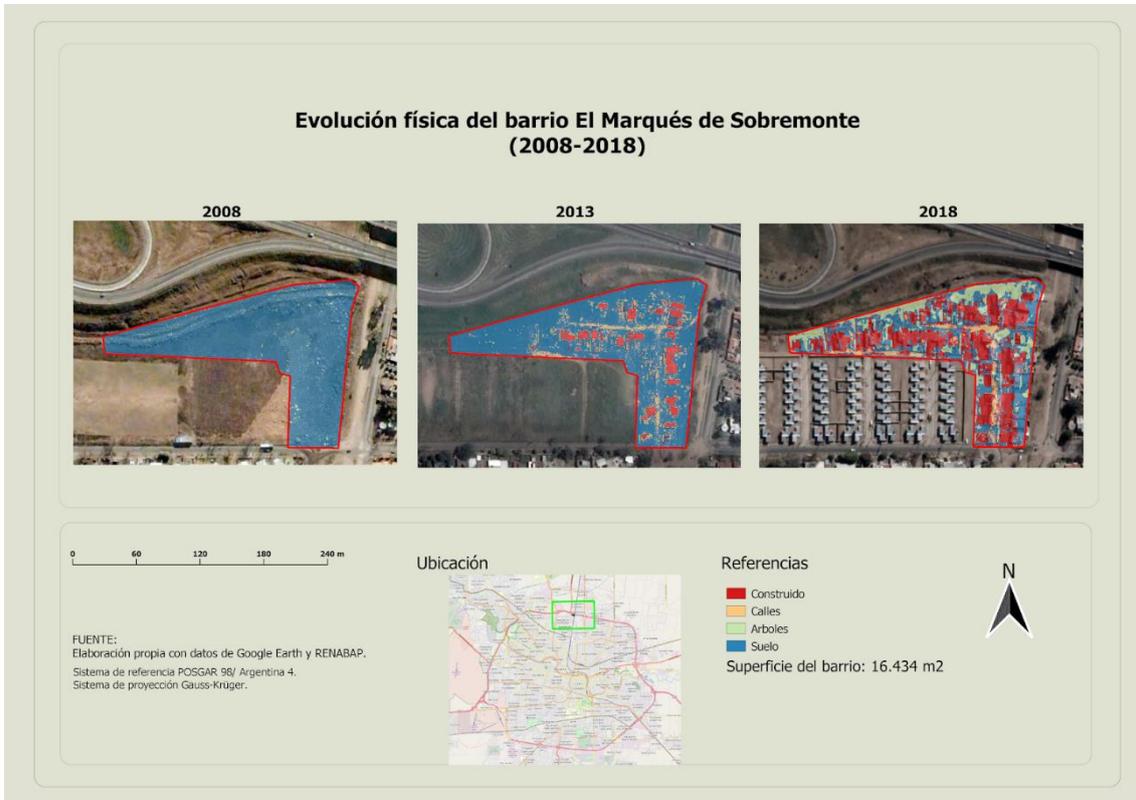


Fuente. Elaboración propia.

De la lectura de las imágenes obtenidas se observa que en el barrio Las Delicias se registró un marcado crecimiento de la superficie construida entre los años 2008-2013 (de un 8,6% o 2.540 m<sup>2</sup> a un 30,1% o 8.892m<sup>2</sup>), y una reducción en la velocidad de crecimiento en el periodo 2013-2018 (de un 30,1% o 8.892m<sup>2</sup> a un 32% o 9.453m<sup>2</sup>).

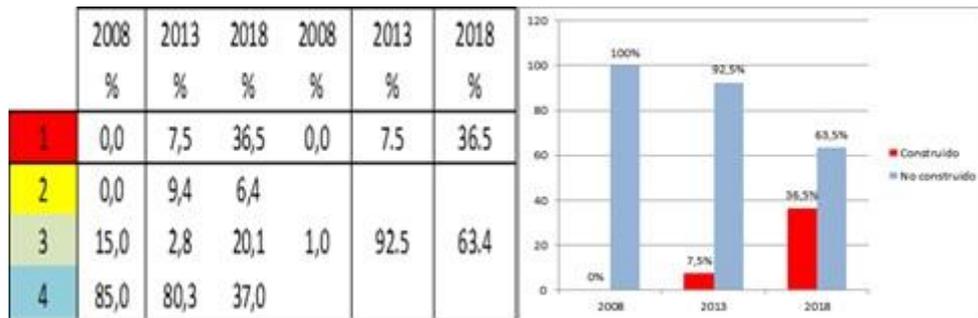
4.1.2 Barrio El Marqués de Sobremonte.

Figura 8. Evolución física del barrio El Marqués de Sobremonte.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 9. Variación de las superficies diferenciadas en el barrio Las Delicias.



Fuente. Elaboración propia.

A diferencia del ejemplo anterior, en la interpretación de las imágenes obtenidas se observa que la mayor evolución de la superficie construida tuvo lugar entre los años 2013-2018, con superficie construida en el primer año de dicho periodo de 1.233m<sup>2</sup> (equivalente al 7,5% de la superficie del barrio) y en el año 2018 de 5.998m<sup>2</sup> (correspondiente al 36,5% de la superficie total del barrio).

A la vez, no hay que desestimar el crecimiento identificado entre el periodo 2008-2013, ya que a pesar de ser evidentemente menor que el recién mencionado, corresponde al periodo en el cual surgió este barrio popular.

En los dos casos ejemplificados, el aumento de la superficie construida está dando cuenta del crecimiento poblacional registrado en el período estudiado.

## CONCLUSIÓN

Los sectores de la ciudad de Córdoba cuyo crecimiento se analiza en este trabajo corresponden a dos barrios populares, de un total de 120 identificados por el RENABAP. Mediante la utilización de un algoritmo aprendizaje automático aplicado a la clasificación automática de imágenes satelitales, que como resultado arroja el área correspondiente a distintas tipologías de cobertura de los polígonos correspondientes a cada barrio estudiado, en particular la superficie construida, es posible reconocer y cuantificar la progresiva ocupación del territorio asociada a cortes temporales determinados.

El análisis realizado se inscribe en el marco de un proyecto acreditado por un organismo científico - tecnológico nacional (SeCyT-UNC), cuyo objetivo es estimar la accesibilidad de grupos poblacionales vulnerables residentes en barrios populares, indagando acerca de los servicios de transporte público que atienden estos sectores y la manera en que acompañaron su surgimiento y posterior crecimiento, con el propósito de obtener indicadores de la oferta de transporte y de la accesibilidad de sus habitantes a la salud, la educación, el esparcimiento, a actividades sociales, etc.

El artículo se limita a presentar y valorar la herramienta que aportará la información de partida para el desarrollo de la investigación planteada. En función de la cantidad de barrios de este tipo en la ciudad (RENABAP informa un total de 120 asentamientos) y de que se pretende procesar la totalidad de los mismos, es posible automatizar gran parte del procedimiento aprovechando las ventajas de la técnica de algoritmos de aprendizaje automático.

El procedimiento descrito y ejemplificado en este trabajo representa un valioso instrumento para gestionar el territorio. Los ejemplos presentados estuvieron sujeto a restricciones relacionadas con una baja resolución de las imágenes satelitales a las que se podía acceder en función de los recursos disponibles para el desarrollo del trabajo de investigación. No obstante esto, en los espacios desde donde es posible gestionar las políticas públicas, deberían poner en valor los recursos técnicos existentes en todo su

potencial, para evaluar la expansión de distintos sectores urbanos e identificar las demandas de la población, particularmente las de los habitantes de menores recursos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Buthet, C.; Baima, M.; Calvo, D.. (2007). La Evolución de las Villas de Emergencia de la Ciudad de Córdoba 2001-2007 Localización y Estimación de Población. Córdoba: SEHAS.
- Breiman, L.; Friedman, J.; Stone, C.; Olshen, R. (1984): "Classification and Regression Trees". Chapman and Hall, Wadsworth, New York.
- Breiman, L. (2001). "Random Forests". *Machine Learning*, 45(1), pp. 5–32.
- Carranza, J. P.; Salomón, M.; Piumetto, M.; Monzani, F.; Montenegro, G.; Córdoba, M. (2018): "Random Forest como Técnica de Valuación Masiva del Suelo Urbano: Una aplicación para la ciudad de Rio Cuarto, Córdoba, Argentina". 13° Congreso de Catastro Técnico Multifinalitario y Gestión Territorial, Universidade Federal de Santa Caterina, Florianópolis, Brasil. Disponible en: <http://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2018/paper/view/608>
- Cervio, A. L. (2015): "*Expansión urbana y segregación socio-espacial en la ciudad de Córdoba (Argentina) durante los años '80'*". *Astrolabio* (14). ISBN: 1668-7515.
- Gerchunoff, P.; Llach, L. (2003). *El Ciclo de la Ilusión y el Desencanto. Un Siglo de Políticas Económicas Argentinas*. Buenos Aires: Ariel Sociedad Económica.
- Giezen, M.; Balikci, S.; Arundel, R. (2018): "Using Remote Sensing to Analyse Net Land-Use Change from Conflicting Sustainability Policies: The Case of Amsterdam". *International Journal of Geo-Information*, 7, pp. 1-13. DOI: 10.3390/ijgi7090381
- Gutman, G. (1993). Cambios y Reestructuración en Sistemas Agroalimentarios en Argentina. En *El Desafío de la Competitividad. La Industria Argentina en Transformación* (339-380). Buenos Aires: CEPAL / Alianza Editorial.
- Hastie, T.; Tibshirani, R.; Friedman, J. (2001): "The elements of Statistical Learning". Springer Series in Statistics. Disponible en: <https://web.stanford.edu/~hastie/Papers/ESLII.pdf>
- Hofmann, P.; Strobl, J.; Blaschke, T.; Kux, H. (2006): "Detecting informal settlements from QuickBird data in Rio de Janeiro using an object based approach", en "*Object-Based Image Analysis*". Springer Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography.
- INDEC. (1970). *Censo Nacional de Población, Familias y Viviendas*. Buenos Aires: INDEC.
- Kleinberg, J.; Ludwig, J.; Mullainathan, S.; Obermeyer, Z. (2015): "Prediction Policy Problems". *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 105(5), pp. 491–495, DOI: <http://dx.doi.org/10.1257/aer.p20151023>
- Lattes, A. (1973). *Las Migraciones en la Argentina entre Medios del Siglo XIX y 1960*. *Desarrollo Económico*, XII N° 48, 1-20.

- Magidi, J.; Ahmed, F. (2018): "Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South Africa (1984–2015)". *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, en prensa, versión corregida. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.07.003>
- Morales Schechinger, C. (2007): "Algunas reflexiones sobre el mercado de suelo urbano", en *Mercados de suelo urbano en las ciudades latinoamericanas*. Lincoln Institute of Land Policy (Ed.).
- Municipalidad de la Ciudad de Córdoba. (2012). Córdoba en Cifras. Guía Estadística de la Ciudad de Córdoba . Córdoba: Municipalidad de Córdoba.
- Oszlak, O. (2016). Introducción a la problemática de los Asentamientos Informales de Argentina. En *Relevamiento de Asentamientos Informales*.(8). Buenos Aires: TECHO.
- Peralta, C. (2001), Evolución del Saldo Migratorio de la ciudad de Córdoba, 1914-2001. Instituto de Investigación de la Vivienda y Hábitat FAUD. Universidad Nacional de Córdoba, Mimeo.
- Registro Nacional de Barrios Populares. Informe General Período 08/2016 a 12/2017.
- Reese, E. (2003): "Instrumentos de gestión urbana, fortalecimiento del rol del municipio y desarrollo con equidad" - Lincoln Institute of land policy (Ed.).
- Sabatini, F. (2003): "La segregación social del espacio en las ciudades de América Latina", BID: Desarrollo Social. Documento de Estrategia. Washington DC.
- Sistema Argentino de Información Jurídica. Base de datos definitiva del Registro Nacional de Barrios Populares en Proceso de Integración Urbana. En: <http://www.saij.gob.ar/NV18135> Visitado el 20/06/2019
- TECHO Argentina. (2016). Relevamiento de Asentamientos Informales. Buenos Aires: TECHO.
- Velázquez, G., Gómez Lende, S. . (2004). Dinámica migratoria: coyuntura y estructura en la Argentina de fines del XX. *Les Cahiers ALHIM*, 9, 1-18.