

Modernización y fortalecimiento del impuesto inmobiliario

# INNOVACIÓN EN LA VALUACIÓN DE INMUEBLES PROVINCIA DE CÓRDOBA

Dirección General de Catastro y Secretaría de Ingresos Públicos  
Ministerio de Finanzas

# Contexto inicial

## Situación de las valuaciones

- **Mayor problema: valuación de la tierra.**
- **Desactualización (en promedio): tierra urbana (7% ) y rural (12%).** Y muy poca uniformidad.
- **Últimos estudios de mercado: 1987 y 1992 (urbano) y 1994 (rural).**

## Marco legal

- “... conocer la riqueza territorial..., brindando base cierta para la distribución equitativa de las cargas tributarias...”; “Información para las políticas territoriales...” (art. 4, incs. d y e, Ley 10.454, 2017).
- “El sistema tributario y las cargas públicas se fundamentan en los principios de... equidad, capacidad contributiva, ...” (art. 7, Constitución Provincial de Córdoba).
- “... que las valuaciones fiscales de los inmuebles tiendan a reflejar la realidad del mercado inmobiliario” (puntos II.p y III,g, Consenso Fiscal Nación – Provincias, 2017).

# Objetivos

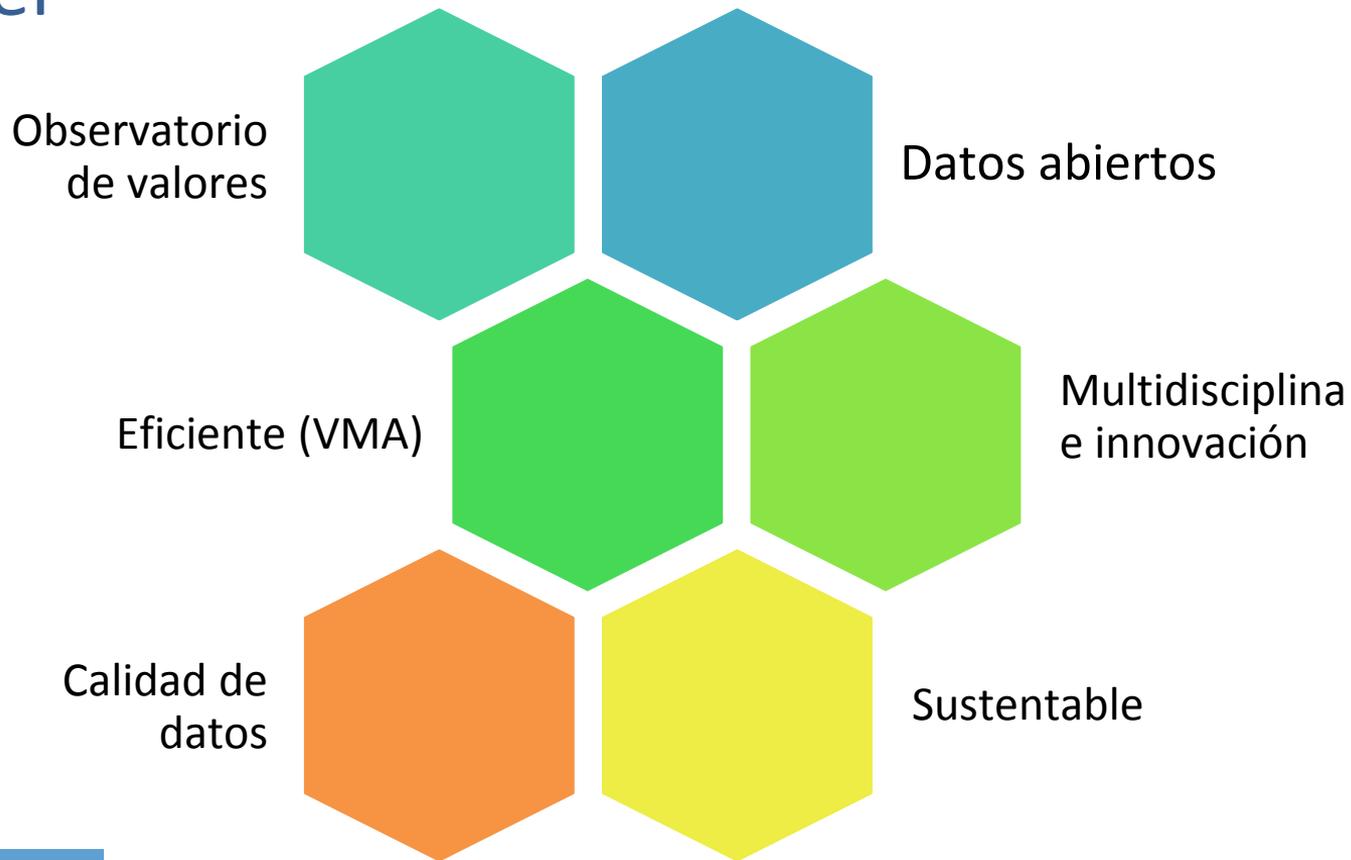
**(1) Actualizar** las valuaciones de toda la provincia a **valores de mercado**, **(2)** asegurando su **sustentabilidad** de manera **eficaz y eficiente**.

+ 2.000.000 de inmuebles  
+ 400 localidades  
165.000 km<sup>2</sup>

- Decisión Política
- Modificación de la Ley de Catastro
- Trabajo en equipo
- Equipo multidisciplinario

- Sistematización de datos de mercado: OMI (en permanente actualización)
- Valuaciones Masivas Automatizadas (VMA)
- Uso de variables independientes: datos libres e IDE
- Utilización de inteligencia artificial
- Sin zonas homogéneas, ni valores relativos entre ellas
- Modelos y procesamiento por grupo de ciudades y/o zonas. Capitalización del conocimiento, y en el tiempo
- Medidas e indicadores de calidad (conocer la precisión de los valores)
- Publicar los datos para transparentar el mercado inmobiliario

# Estrategia del proyecto

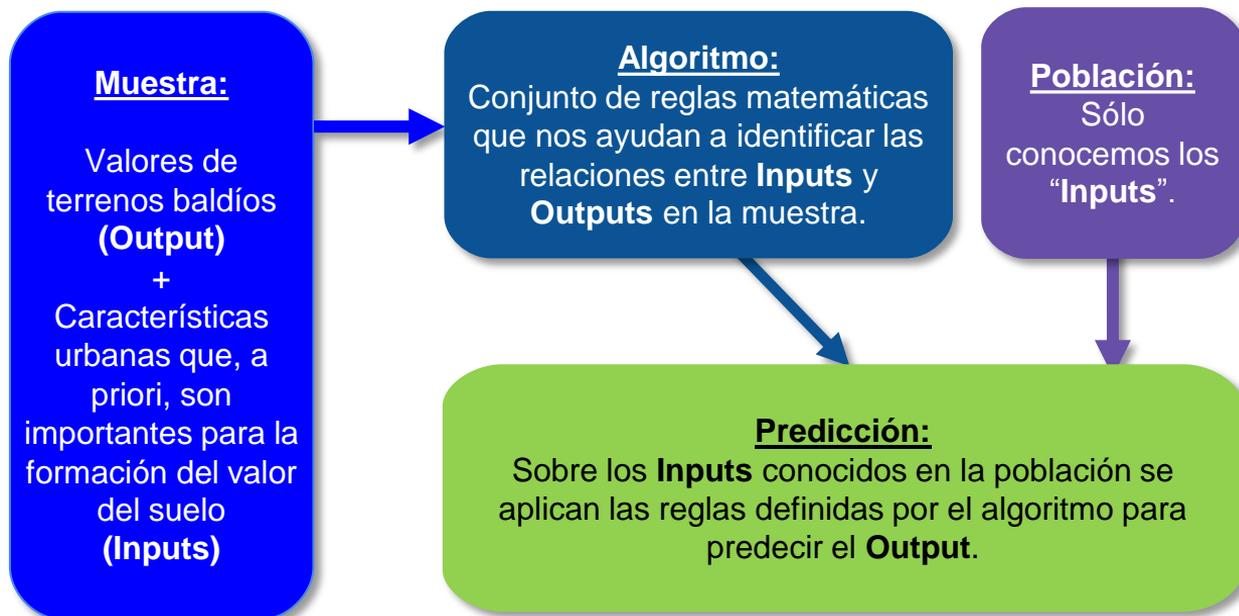


# Ficha técnica del trabajo

Volumen y recursos	Muestras e indicadores	Productos y resultados
Más de 2 MM de inmuebles urbanos y rurales	13.500 datos en OMI	430 localidades (urb)
16 (18) meses de plazo	3% de los puntos a predecir (calles)	165.000 km2 (rural)
32 personas + red de 40 agentes territorio (part time)	0,5% de los inmuebles a valorar	Unidad urbana: cuadra (o fracción)
Aprox. 1,5 MM de dólares	75% de las muestras son terrenos	Unidad rural: 1 km2
(0,75 dólares / parc.)	15% error medio áreas urbanas 20% rural	14 veces tierra urbana 8 veces tierra rural

# Innovación metodológica: Machine Learning (IA) aplicada a la valuación masiva de la tierra.

Aprendizaje = Capacidad de predecir situaciones no observadas en base a información observada.



# Machine Learning y Big Data: Utilización de datos estructurados.

≡ EL PAÍS

Materia  
|||

## El algoritmo que ‘adivina’ los delitos futuros falla tanto como un humano

El sofisticado programa COMPAS analiza la posibilidad de reincidir de un millón de convictos reales

≡ EL PAÍS

TECNOLOGÍA

MÓVILES REDES SOCIALES BANCO DE PRUEBAS RETINA MERISTATION

AVANCE

Consulta la primera página de EL PAÍS, edición América, del 19 de noviembre »

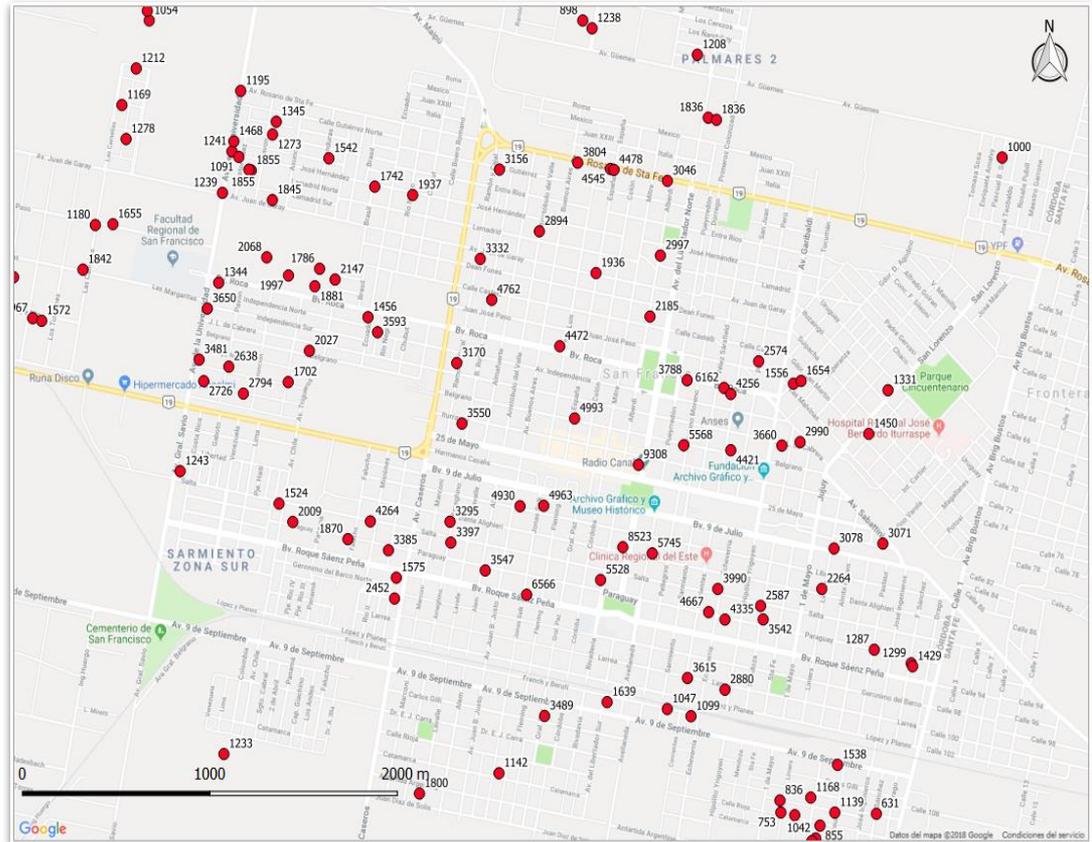
## Amazon prescindirá de una inteligencia artificial de reclutamiento por discriminar a las mujeres

El sistema había sido entrenado con los perfiles de los solicitantes de empleo de los últimos 10 años

# Aproximándonos a la valuación masiva de la tierra...

## Primer paso:

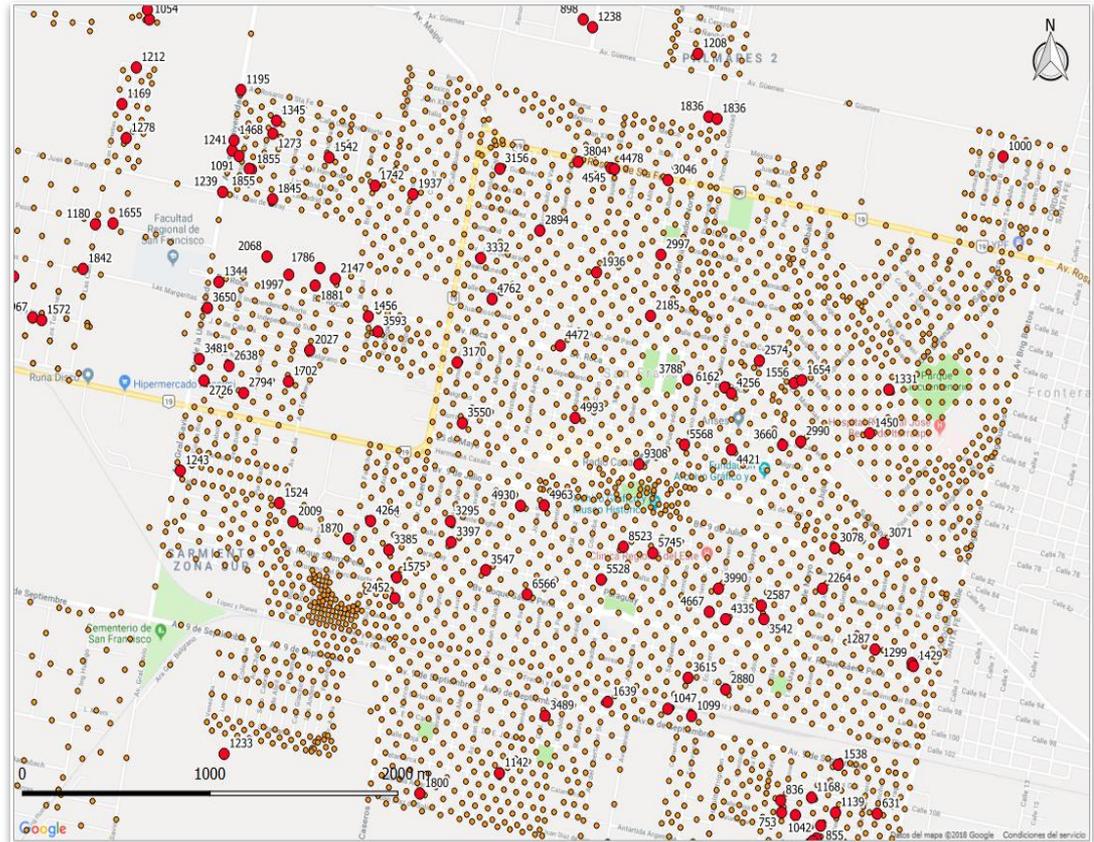
Mediante el entrenamiento de un algoritmo obtenemos de la muestra relaciones matemáticas entre inputs y output.



# Aproximándonos a la valuación masiva de la tierra...

## Segundo paso:

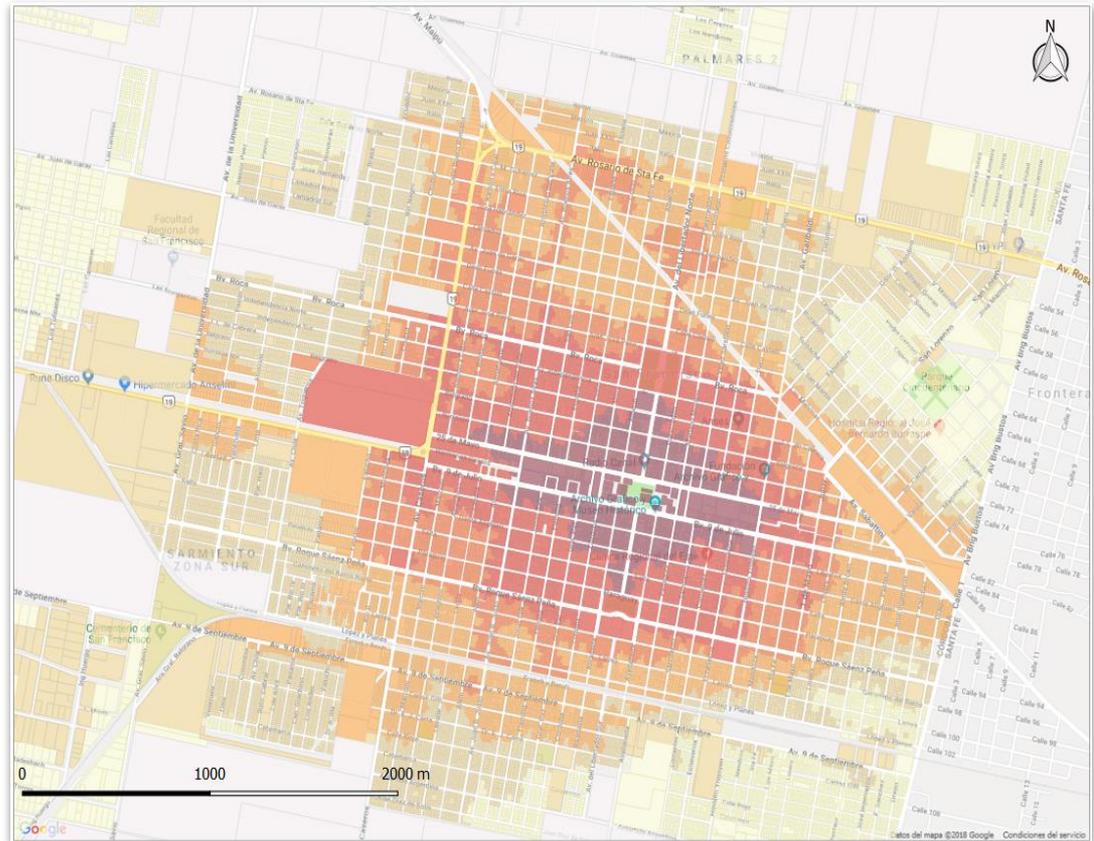
Interpolamos al resto del espacio las relaciones matemáticas encontradas en la muestra.



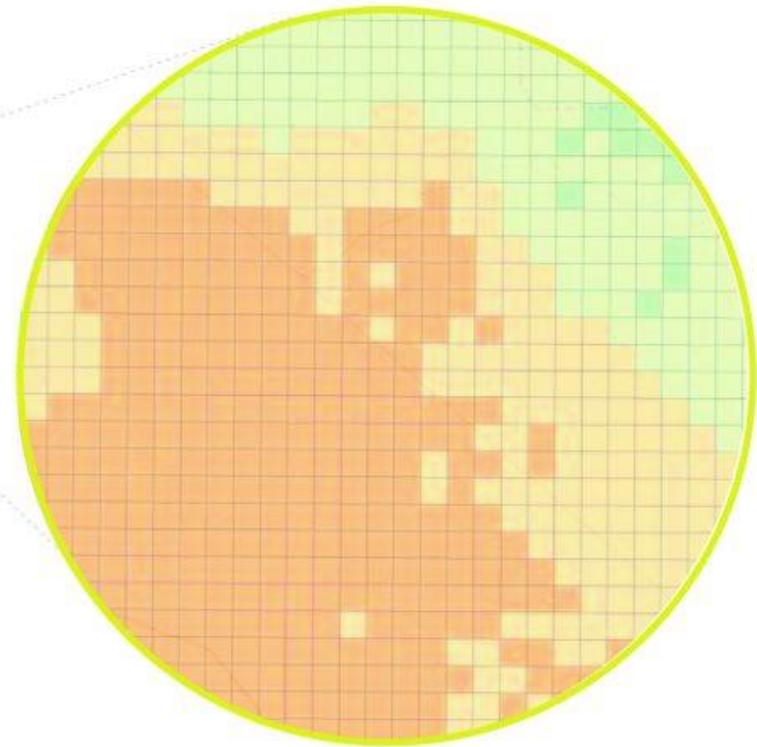
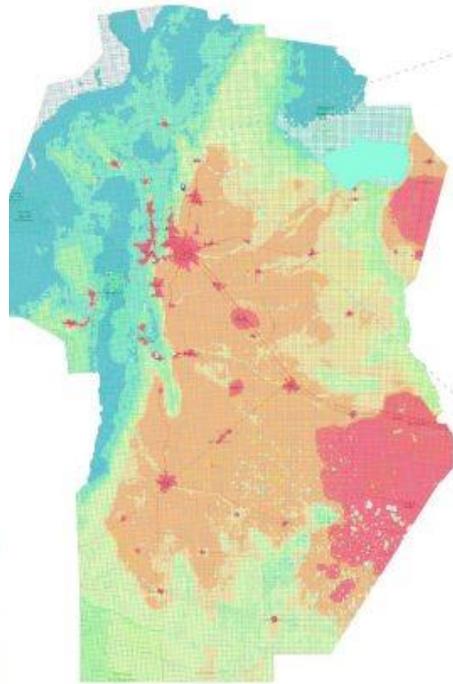
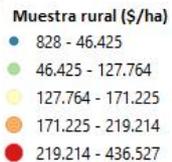
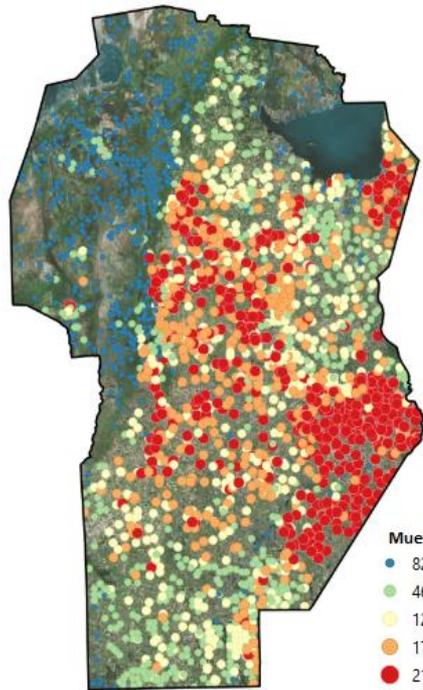
# Aproximándonos a la valuación masiva de la tierra...

## Tercer paso:

Realizamos la valuación a nivel parcelario.



# El mismo esquema aplica a la valuación rural.



¡Parece muy simple!  
**Pero** para lograrlo necesitamos....

Datos de  
mercado  
(valor del  
suelo)

Además de...

- # Decisión política..
- # Presupuesto.
- # Colaboración de la estructura administrativa.
- # Tecnología.
- # Competencias.
- # **Transmitir confianza para que suceda!!!**

Variables  
Territoriales

# Observatorio del Mercado Inmobiliario

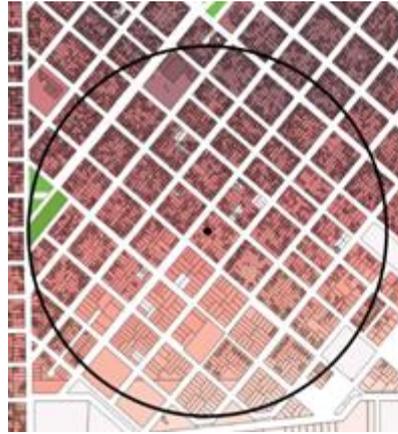


# Construcción de variables

## Estructura de mercado



## Procesamiento de datos catastrales



Datos de ocupación y uso del suelo, perfil urbano.

Datos georreferenciados.

Los mayores conjuntos de datos (3 MM de bloques constructivos).

# Big (geo)Data: la nube e imágenes

Google Earth Engine Search places and datasets... [Search Icon]

Scripts Docs Assets

- users/hernanmorales85/curso\_...
- 01\_Hola vamos a jugar
- 02\_Haciendo un Composite
- 03\_Mosaicos y otras yerbas
- users/hernanmorales85/facultad
  - 01 mapas base
- Writer
- Reader (2)
  - users/cesamon/Curso\_Idecor\_Clasif
    - Cursos
      - Clasificando
      - APN\_palmar
      - APN\_palmar\_inUse
      - TEST\_APN\_palmar
  - users/cesamon/Curso\_IDECOR\_NO

03\_Mosaicos y otras yerbas \* [Get Link] [Save] [Run] [Reset]

```
54 //La mapeo en toda la coleccion
55 var coleccion_S2_ndvi_1 = coleccion_S2_1.map(Q8s)
56 //Como es ahora la nueva coleccion comparativamente con la anterior?... responda antes de seguir
57
58
59 // Hacer un Quality mosaic... activar la línea para verlo
60 var mosaico_quality_1 = coleccion_S2_ndvi_1.qualityMosaic('NDVI')
61 Map.addLayer(mosaico_quality_1, imageVisParam, 'mosaico_quality_1')
62
63 /// Mejora con respecto a los anteriores??... cual es mejor?? ver el lago y la zona de Monte Cristo
64
65
66
67
68
69
70 // Este es el filtro de nubes... ponerlo donde va a ver que nacal!!
```

Inspector Console Tasks

Use print(...) to write to this console.



# Big (geo)Data: la nube e imágenes

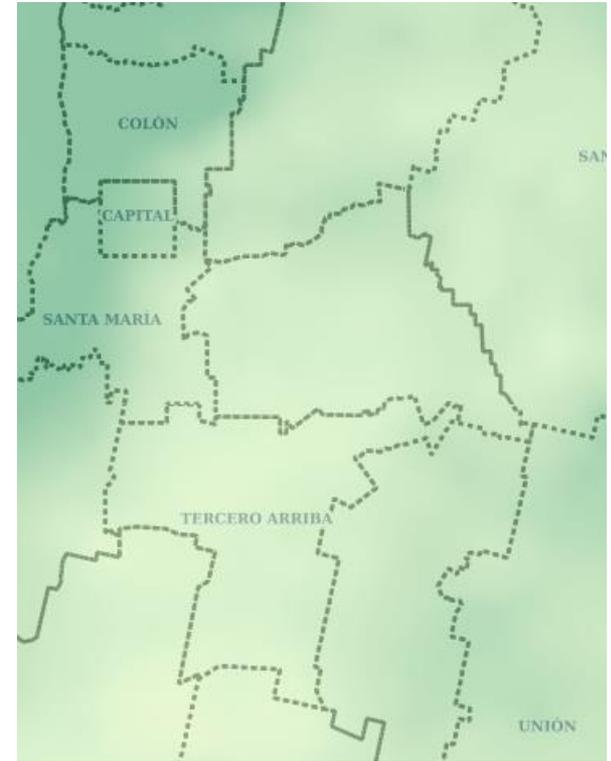
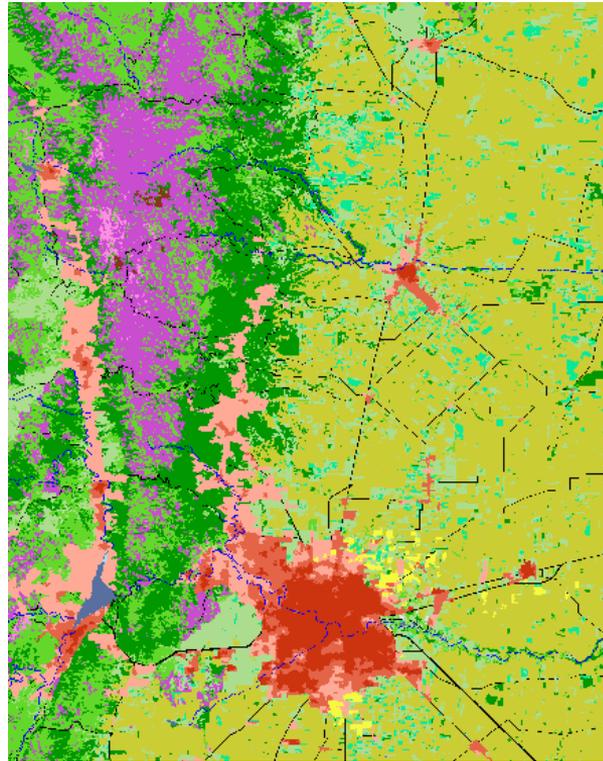
The screenshot displays the Google Earth Engine web interface. At the top, the search bar contains "Search places and datasets...". Below it, the "Scripts" panel on the left shows a tree view with folders like "users/hermanmorales85/facultad" and "01 mapas base". The main script editor is titled "03\_Mosaicos y otras yerbas" and contains the following code:

```
54 //La mapeo en toda la coleccion
55 var coleccion_s2_ndvi_1 = coleccion_s2_1.map(Q8s)
56 //Como es ahora la nueva coleccion comparativamente con la anterior?... responde antes de seguir
57
58
59 // Hacer un Quality mosaic... activar la lines para verlo
60 var mosaico_quality_1 = coleccion_s2_ndvi_1.qualityMosaic('NDVI')
```

The right side of the interface shows the "Inspector" and "Console" tabs. The console contains the instruction: "Use print(...) to write to this console." Below the script editor, four map panels are displayed in a row, illustrating the workflow:

- 1. Original satellite imagery with a yellow overlay.
- 2. Processed satellite imagery.
- 3. A map showing a quality index or NDVI values, with a blue river and a red area labeled "Villa Dolores".
- 4. A final classified map with various colors (green, purple, red, yellow) representing different land use or vegetation classes.

# Creación y uso de variables catastrales



# Homogeneización de datos mediante econometría espacial.

Se realizan regresiones lineales que tienen en cuenta el efecto del entorno:

$$\ln \left( \frac{\text{valor}_i}{\text{sup}_i} \right) = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j X_{ij} + \rho W \left( \frac{\text{valor}_i}{\text{sup}_i} \right) + \mu$$

$$\mu = \lambda W \mu + e$$

Diferenciando la expresión anterior:

$$\beta_j = \frac{d \left( \frac{\text{valor}_i}{\text{sup}_i} \right)}{dX_j} \left( \frac{\text{valor}_i}{\text{sup}_i} \right)$$

Lote vendido o en oferta?  
Tiene o no escritura?  
Tiene o no pendiente?  
Forma regular e irregular?  
Efecto de la superficie?

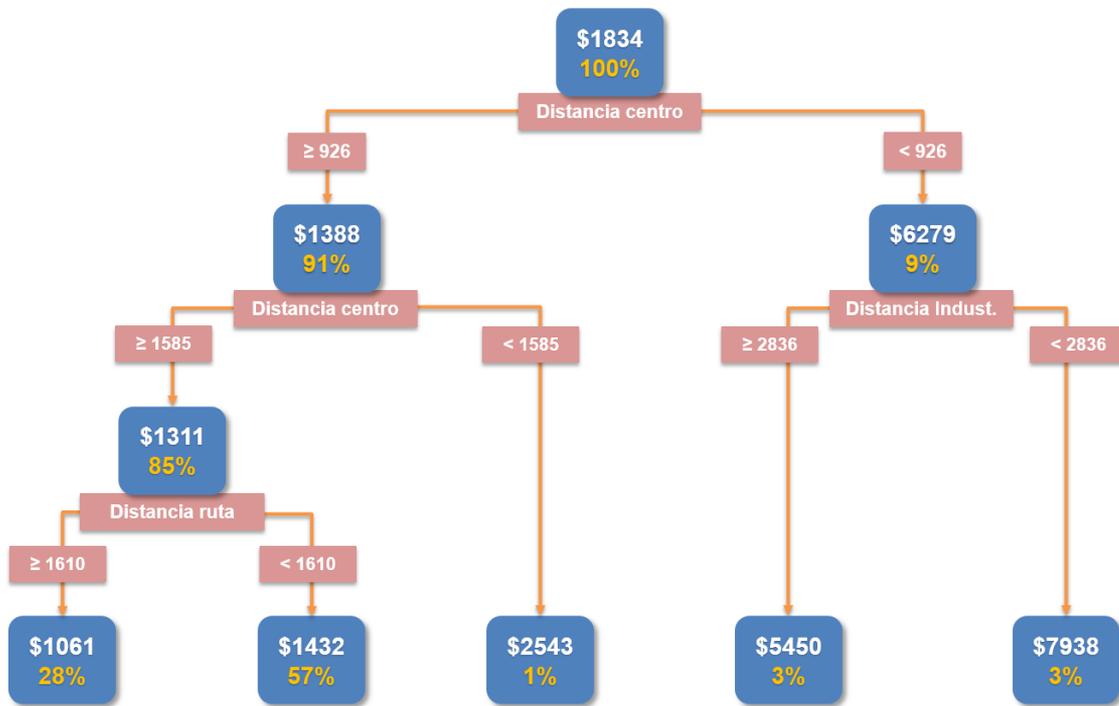
# Una inteligencia artificial muy básica: Árbol de regresión.

El algoritmo tiene la misión de dividir recursivamente la muestra en dos subconjuntos.

Se deben verificar las siguientes condiciones:

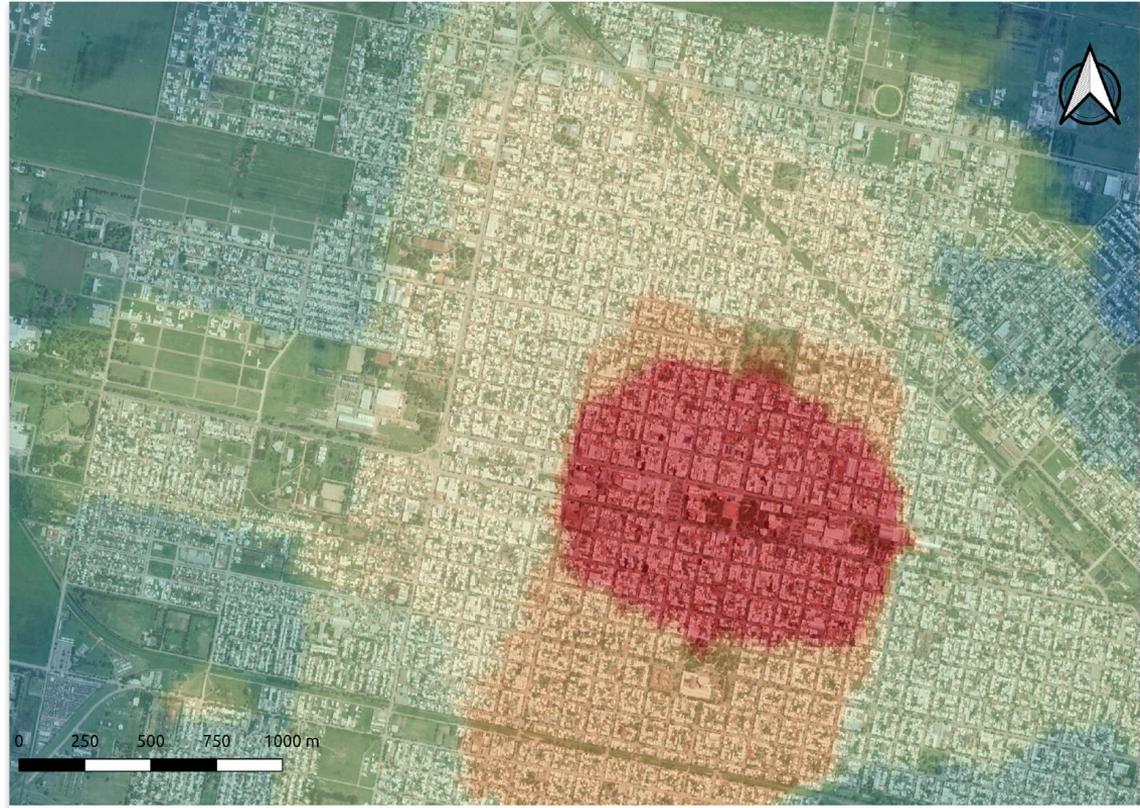
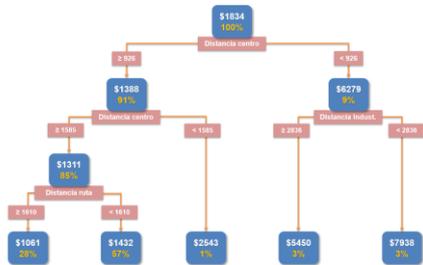
# Maximizar la heterogeneidad entre sí.

# Minimizar la heterogeneidad dentro de cada uno.

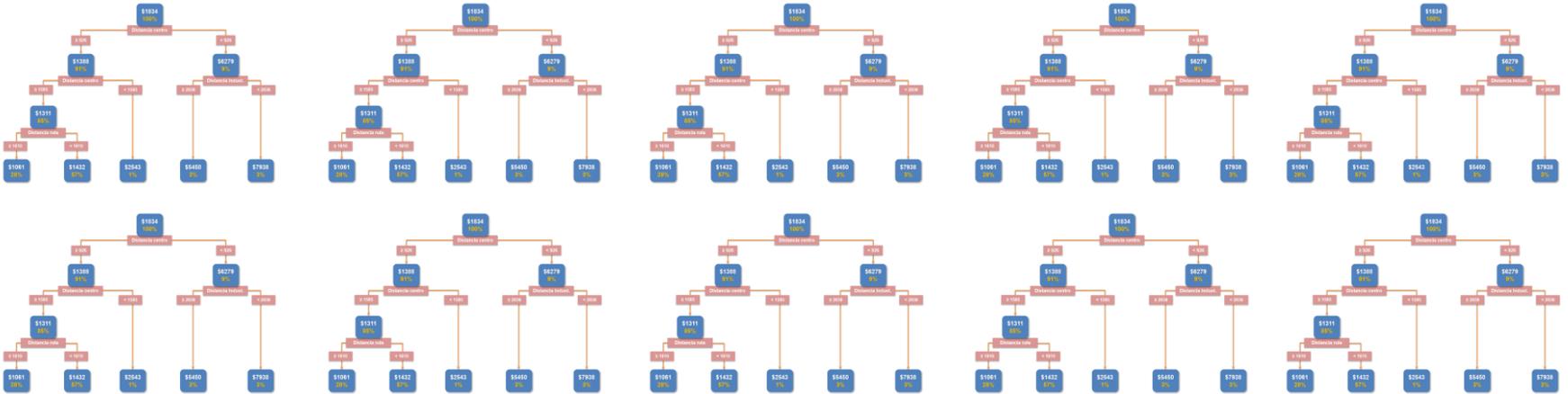


# Una inteligencia artificial muy básica: Árbol de regresión.

La predicción del árbol de regresión devuelve unas pocas zonas con valor homogéneo



# Solución: Random Forest



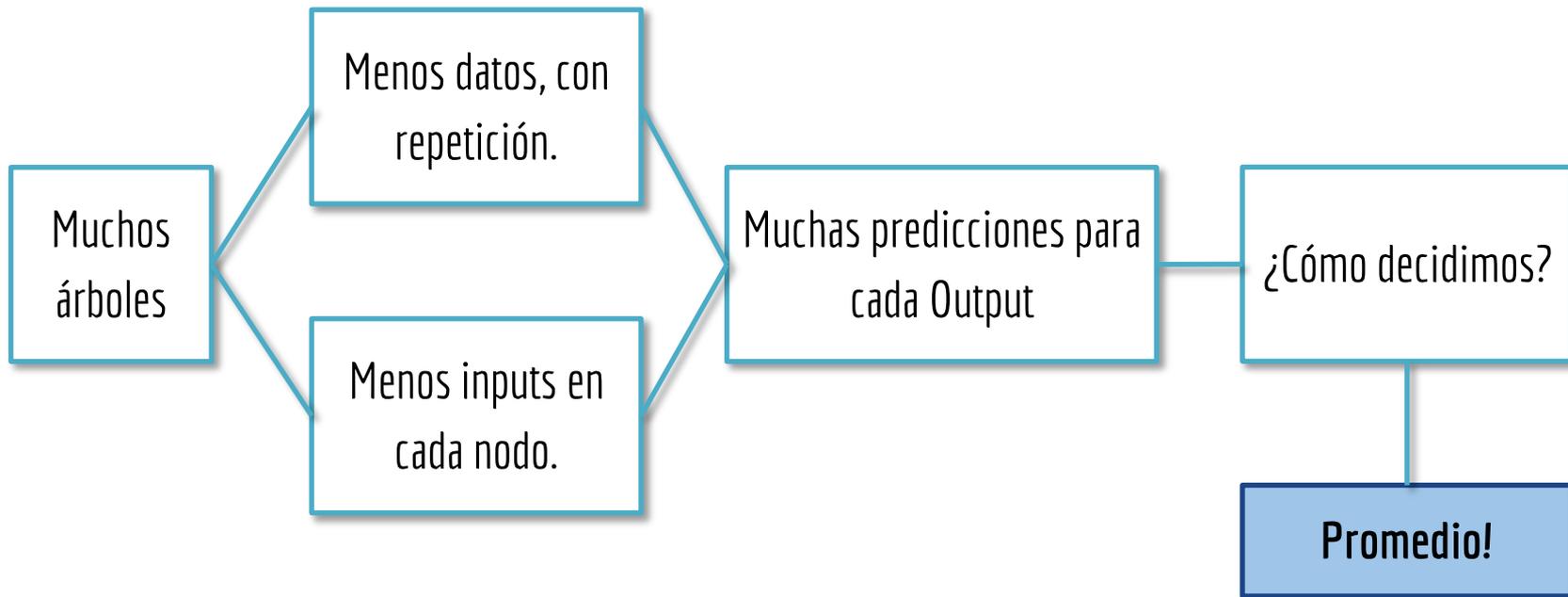
Se generan aleatoriamente muchos árboles de regresión (CART), mediante el siguiente proceso:

# Se extrae una muestra con reposición de los datos originales.

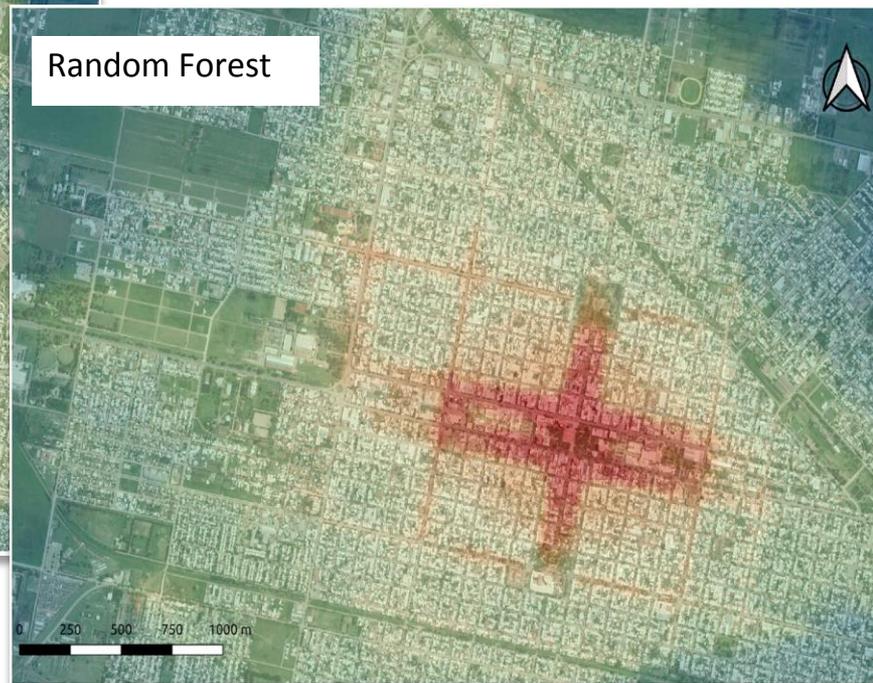
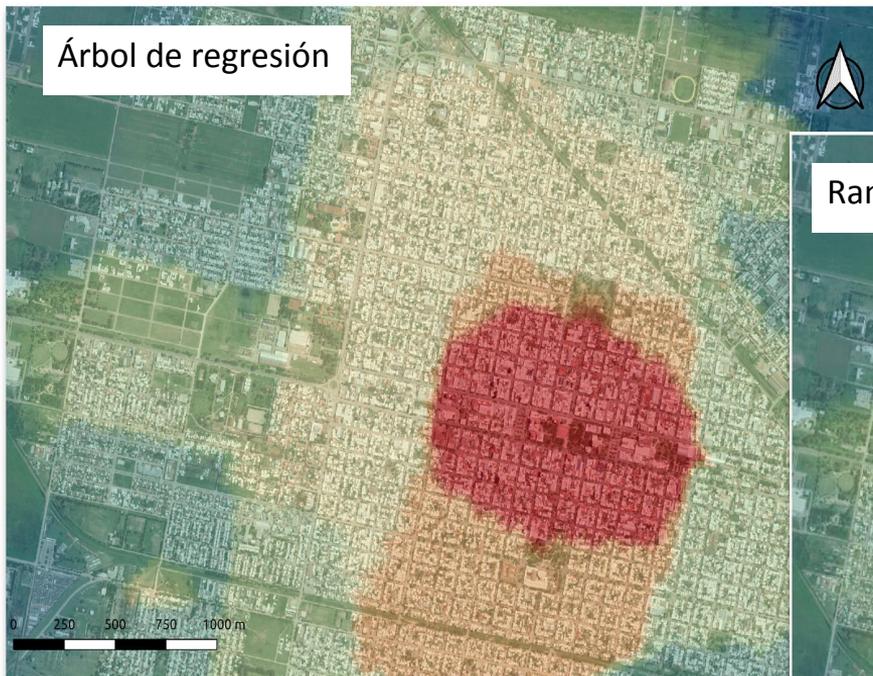
# Se limita la cantidad de variables a considerar en cada nodo de partición.

# Como valor predicho, se toma el promedio de todos los árboles.

# Solución: Random Forest



# Solución: Random Forest



# Conocer el error como herramienta de Política Pública.

Para cada grupo extraído, se calcula el error mediante la siguiente medida:

$$mape = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\hat{y}_i - y_i|}{y_i}}{n}$$

Y finalmente se calcula el promedio de todos los grupos.

Existen otras medidas de error, que no son promedio.

Validación Cruzada	Grupos									
Acción:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



Se estima el modelo con los datos de los grupos 2 a 10

Se predice el grupo 1 y se mide el error de predicción ←



Sale el grupo 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

# Usamos muchos algoritmos!

Tener una medida **objetiva** de error:  
aspecto clave para  
una Política Pública.

Niveles de error promedio en el  
espacio urbano +/- 15%.

Niveles de error promedio en el  
espacio rural +/- 21%.



# Los aplicamos a muchos problemas!



## Valores de la Tierra Rural

Valores de mercado 2018 de la tierra rural libre de mejoras, a nivel de grilla de 1 km<sup>2</sup>.

Publicado por: Dirección General de Catastro



## Coberturas Agrícolas

Coberturas agrícolas de la Provincia de Córdoba campaña 2017-2018 y unidad mínima mapeable de 2,5 ha.

Publicado por: IDECOR



## Coberturas del Suelo

Coberturas de suelo (land cover) de la Provincia de Córdoba 2017-2018, con detalle de hasta 24 categorías y unidad mínima mapeable de 2,5 ha.

Publicado por: IDECOR



## Valores de la Tierra Urbana

Valores de mercado 2018 de la tierra urbana libre de mejoras, a nivel de cuadra.

Publicado por: Dirección General de Catastro



## Fragmentación Urbana N1

Clasificación generalizada de la estructura territorial de municipios y comunas según índices de fragmentación urbana.

Publicado por: IDECOR



## Fragmentación Urbana N2

Clasificación de la estructura territorial de municipios y comunas según índices de fragmentación urbana a nivel de predial.

Publicado por: IDECOR



<https://www.mapascordoba.gob.ar>



<https://idecor.cba.gov.ar/>

# Y seguimos buscando problemas! Agenda 2020:

- Valuación de Departamentos en altura desestimando el método separativo.
- Disminución de la grilla de predicción rural a una cuadrícula de 500 metros de lado.
- Eliminación de la valuación por cuadra y comienzo de valuación por parcela (tomando en cuenta forma y superficie).
- Autoavalúo de inmuebles especiales.
- Mapeo digital de suelos aplicando Machine Learning.
- Aumento del detalle en mapa de coberturas de suelo.
- Entre otros.... (¡!)

# Valuación de Departamentos en altura.

- El método separativo genera problemas: El uso del suelo tiene características de “bien público”. Hay un **uso simultáneo de la localización y el entorno**. Error dividir el valor del terreno de manera lineal.
- Objetivo: Generar un **modelo de valor por m<sup>2</sup> total** en función de (...)
- Mientras tanto: Estimación de un **coeficiente de comercialización**. (valor de mercado / valuación catastral) como variable de respuesta, en función de (...)



# Coeficientes de homogeneización.

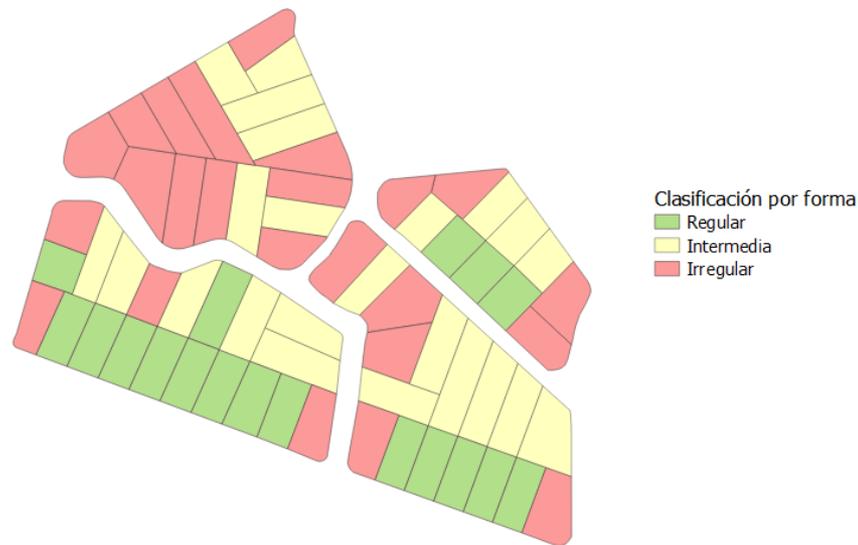
Coeficientes de **frente y fondo de Fitte y Cervini (1939)** en base a sentencia de Hoffman (1889) en New York.

Debilidades: desactualización, iguales para todo el territorio.

Potencialidad de mejora: efecto de la **superficie** y de la **forma** de la parcela.

Problema: la forma de la parcela no se registra.

Solución: **Machine Learning!**



Innovación e investigación.  
Datos públicos y herramientas libres.  
Automatización y sustentabilidad.  
Conocimiento abierto.

**Gracias!**

Dirección General de Catastro y Secretaría de Ingresos Públicos  
Ministerio de Finanzas  
Diciembre de 2018