
Innovación en la Valuación Masiva Rural

Nuevo modelo valuatorio de la Provincia de Córdoba

Dr. Mariano Córdoba

Piometto M., García G., Centeno F., Fuentes L., Córdoba M., Monzani F., Carranza J., 2019

Dirección General de
CATASTRO

Ministerio de
FINANZAS

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
CÓRDOBA ENTRE
TODOS

CONICET





USD 75.000.000.000

Valor del territorio rural de la Provincia de Córdoba
1er semestre 2018 - Fuente: Estudio Territorial Inmobiliario
Catastro de la Provincia y Ministerio de Finanzas

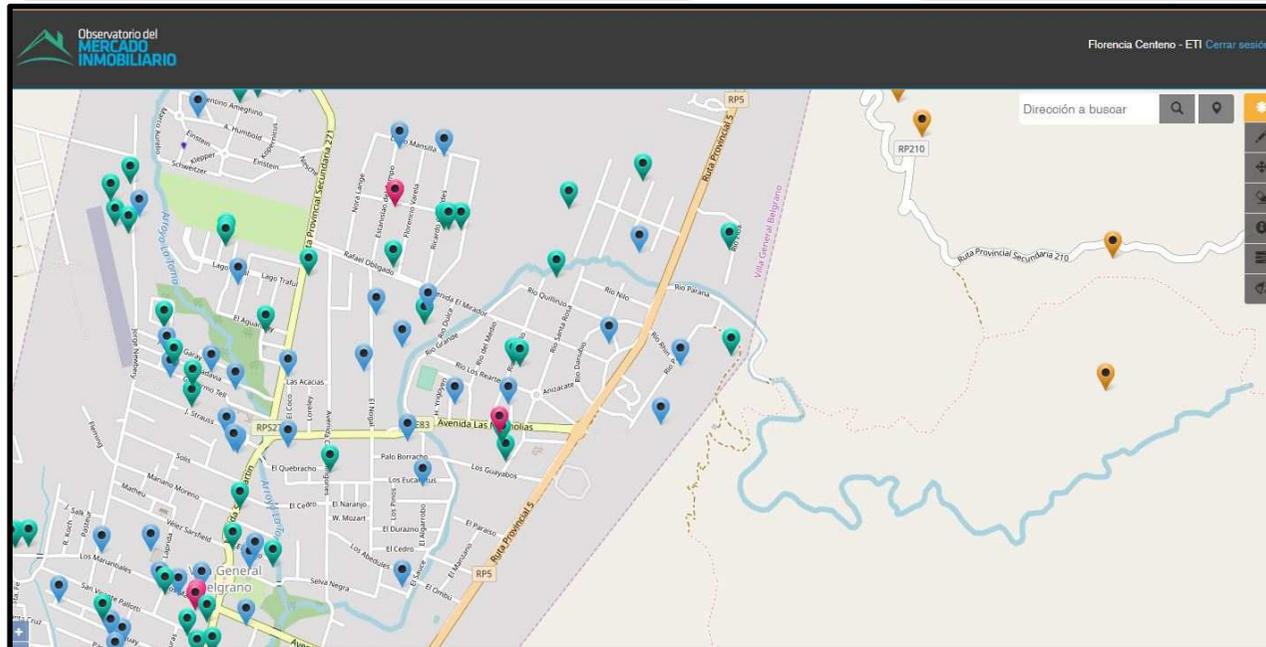
Aspectos centrales

- **Implementado** en Catastro y Rentas en 2019.
- 165.000 km² y **200.000 inmuebles rurales** (+ 2 millones en total).
- **Nueva Ley** de Catastro (10454 / 2017).
- **Eliminación de zonas** homogéneas.
- Eliminación de asociación casi exclusiva con usos productivos (Cba: 66,5%) y determinación de valores relativos.

Datos

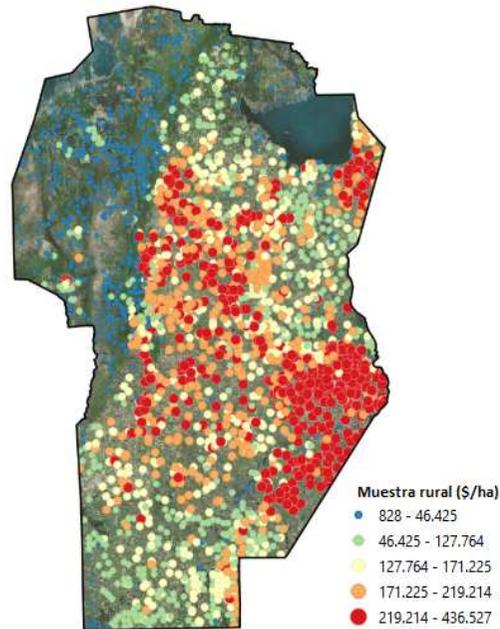
- Relevamiento entre **septiembre 2017 y octubre de 2018**.
- Valores de ofertas y ventas de inmuebles (publicaciones web e impresas, inmobiliarias, propietarios, visitas).
- Instituciones (Consejo de Tasaciones, Banco de Córdoba, base Impuesto de Sellos y subastas judiciales).
- **Red de 16 profesionales** distribuidos en la provincia.
- IDECOR.
- **Encuesta** de Situación del Mercado Inmobiliario Rural (con Agricultura de la Provincia e INTA Córdoba).
- Muestra: **2.688 observaciones** en Observatorio del Mercado Inmobiliario (OMI).

Carga de datos

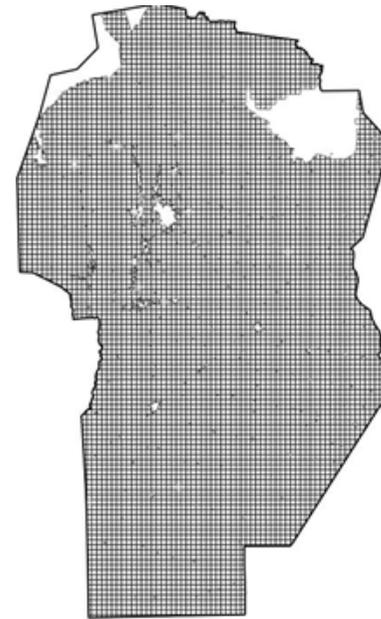


Generación de las variables explicativas

Muestra (n=2.688)



Grilla Predicción (n=163.770)



Modelo de referencia

$$VUT = f(s, c, o, r, h, i, g) + e$$

- S: suelo
- C: clima
- O: organismos, vegetación, actividad humana.
- R: relieve
- H: hidrología
- I: infraestructura
- G: posición espacial
- e: residuos espacialmente correlacionados

VARIABLES EXPLICATIVAS

Suelo/topografía:

Capacidad de Uso de la Tierra
Índice de Productividad
Pendiente
Altura
Susceptibilidad a erosión eólica
Deficiencia de Humedad
Propiedades químicas

Hidrología:

Distancia a cursos de agua
Disponibilidad de agua subterránea
Profundidad del nivel freático
Susceptibilidad a inundación y/o anegamiento

Vegetación:

NDVI
Cobertura/uso del suelo
Rendimiento

Infraestructura:

Distancia a asentamientos urbanos
Distancia a red vial pavimentada
Distancia a red de Energía Eléctrica
Distancia a red de Gas Natural
Distancia a centros de acopio
Distancia a Balanzas Públicas
Distancia a puerto San Lorenzo
Acceso a riego
Acceso a riego complementario
Distancia a obras hídricas
Producción Tambera
Producción Ganadera
Actividad turística
Explotación minera

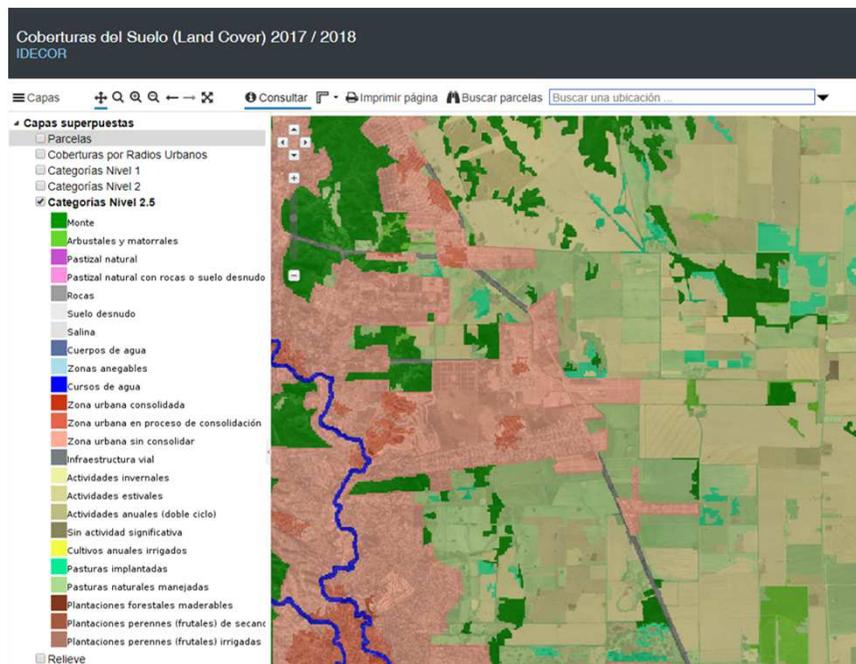
Clima:

Precipitación media anual
Régimen de Temperaturas
Radiación Solar
Bioclimáticas
Vulnerabilidad de sequía

Otras:

Arrendamientos
Áreas Naturales
Sitios Históricos
Ordenamiento Bosques Nativos
Zonas de Aforo
Áreas de Resguardo de Ambiental

VARIABLES QUE SON UN MODELO EN SÍ MISMAS...



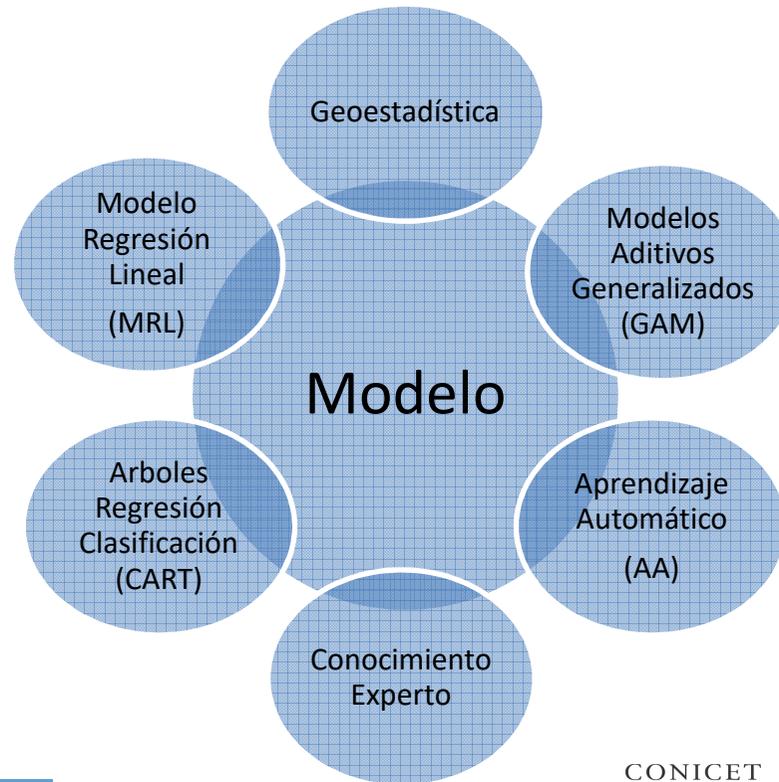
Land Cover 2017-2018 (IDECOR)

Parte del entrenamiento de un algoritmo (Random Forest) para clasificar diferentes tipos de coberturas del suelo sobre mosaicos de imágenes multitemporales Sentinel2.

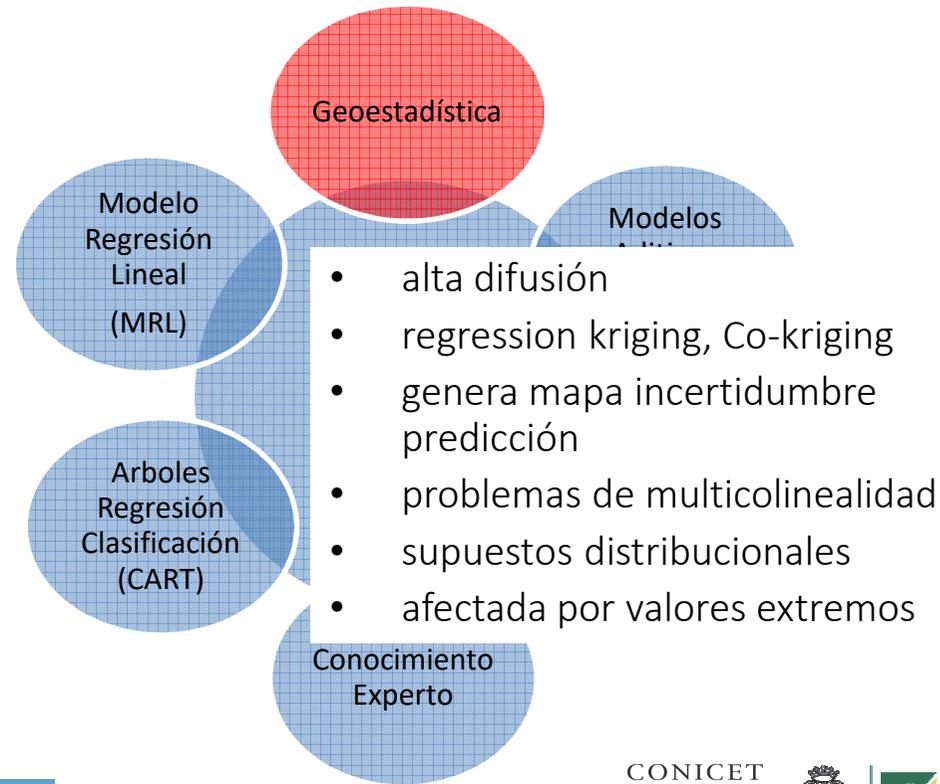
Más info: <https://idecor.cba.gov.ar/land-cover-cordoba-que-es-el-nuevo-mapa-de-cobertura-de-suelo-de-la-provincia/>

Mapa Online: <https://gn-idecor.mapascordoba.gov.ar/maps/22/view>

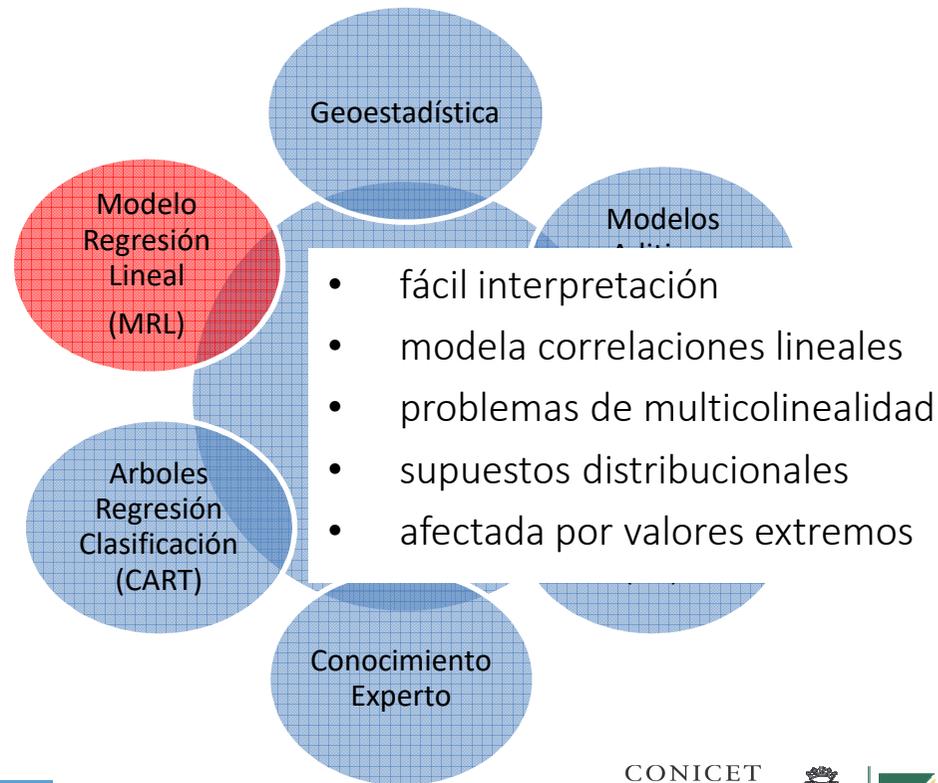
Estrategias de modelación



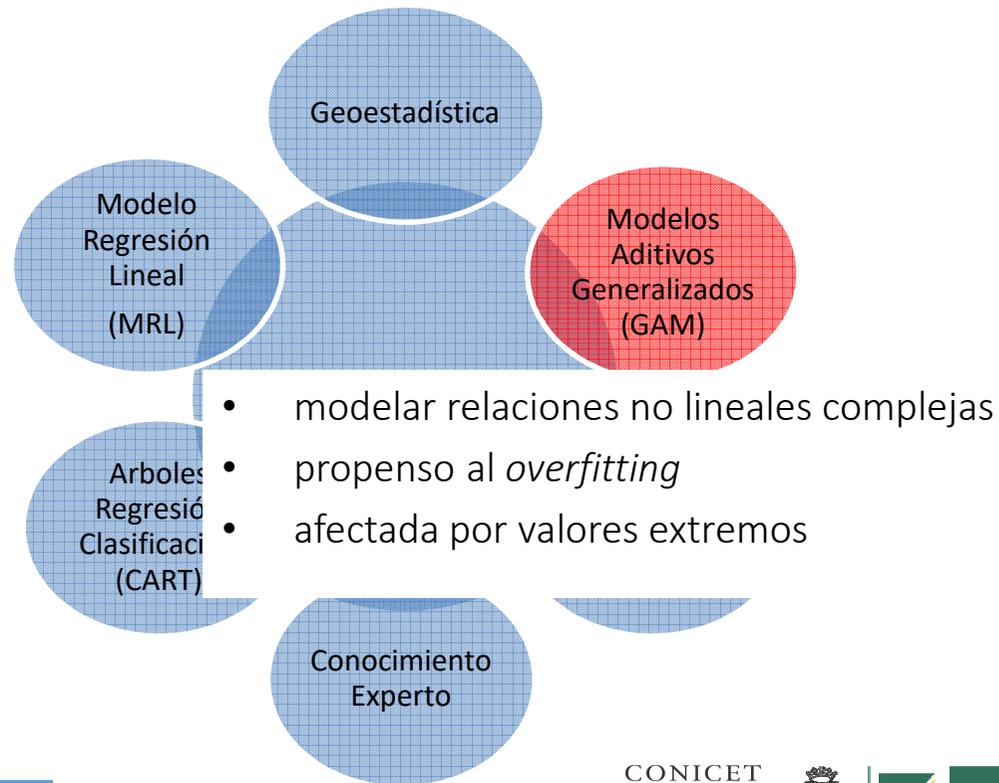
Estrategias de modelación



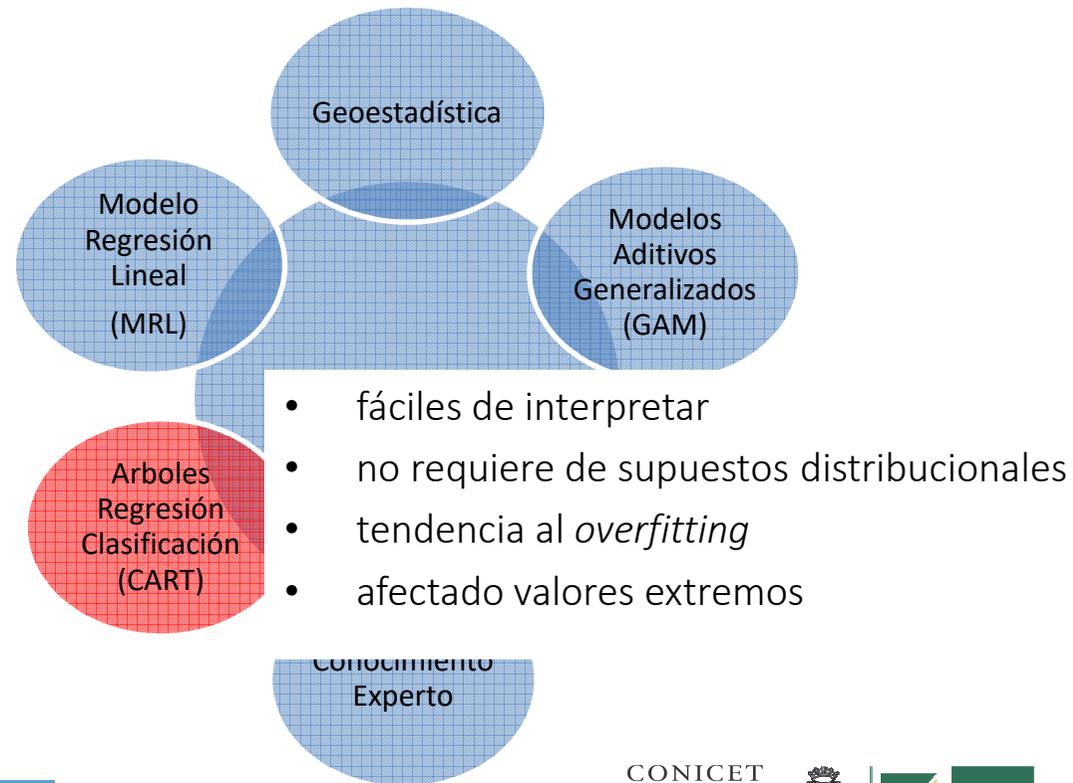
Estrategias de modelación



Estrategias de modelación



Estrategias de modelación



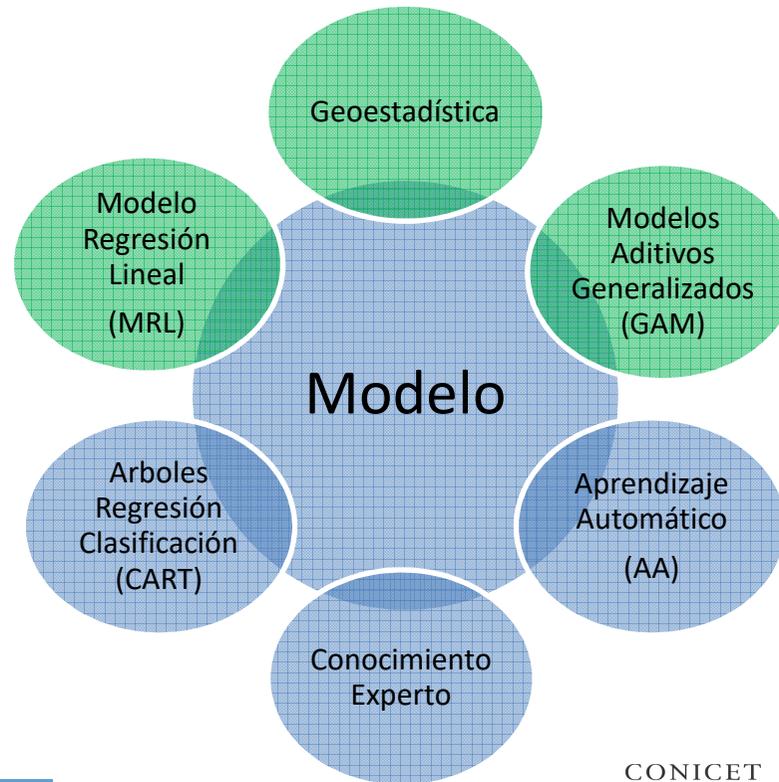
Estrategias de modelación



- no requiere de supuestos distribucionales
- robustos a la presencia valores extremos
- alta capacidad predictiva
- reduce interpretación

Estrategias de modelación

Incorporan la información espacial en el análisis (autocorrelación espacial)

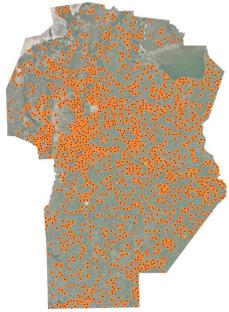


Modelos aplicados en la predicción del VUT

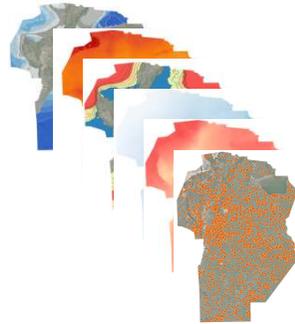
- Random Forest
- Support Vector Machine
- Gradient Boosting Model
- K-nearest Neighbor
- Métodos de Ensamblaje
- Geoestadísticos
- MRL
-

Como incorporar la dependencia espacial?

Muestra



Extracción covariables para cada unidad muestral



Co-variables

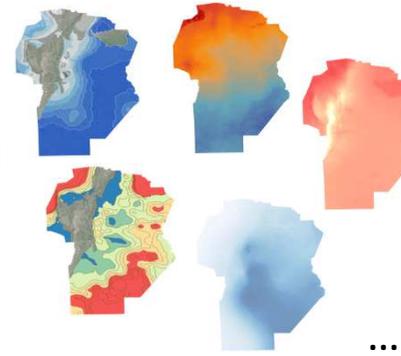


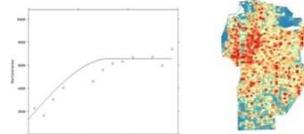
Tabla de Datos

	VUT	x	y	d_bprtv	d_cenito	d_educ	d_esperid	d_ffcc	d_suspcom
1	550	4585538	6529539	2096.10526	6218.37292	405.97746	150.12271	1543.20987	6247.0606
2	793	4585100	6529272	1846.77693	5994.17923	918.69988	589.11126	1033.23628	5902.2432
3	1842	4584019	6524031	0.00000	1999.01248	544.26423	312.71050	552.40513	534.7097
4	1655	4584181	6524248	81.63189	1940.84355	442.69000	66.25779	818.59928	797.3752
5	1180	4564087	6524245	0.00000	2022.57770	524.51462	88.48818	775.70272	791.4494
6	889	4583383	6523881	0.00000	2567.73531	1188.77932	858.75472	543.79222	844.5271
7	1054	4583518	6524116	0.00000	2499.49576	1048.74066	634.16525	651.98121	889.3982
8	1337	4583648	6523997	0.00000	2339.95001	915.25794	572.93620	493.85235	714.4511

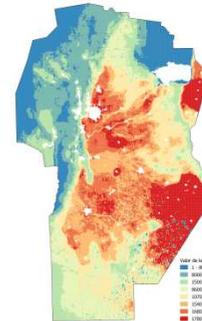
Ajuste Modelo Predictivo

$$y = f(\cdot) + \epsilon$$

Kriging sobre Residuos



Predicción Final



$$P_{MLKG}(s_0) = P_{ML}(s_0) + \epsilon_{KO}(s_0)$$

Evaluación de la capacidad predictiva

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

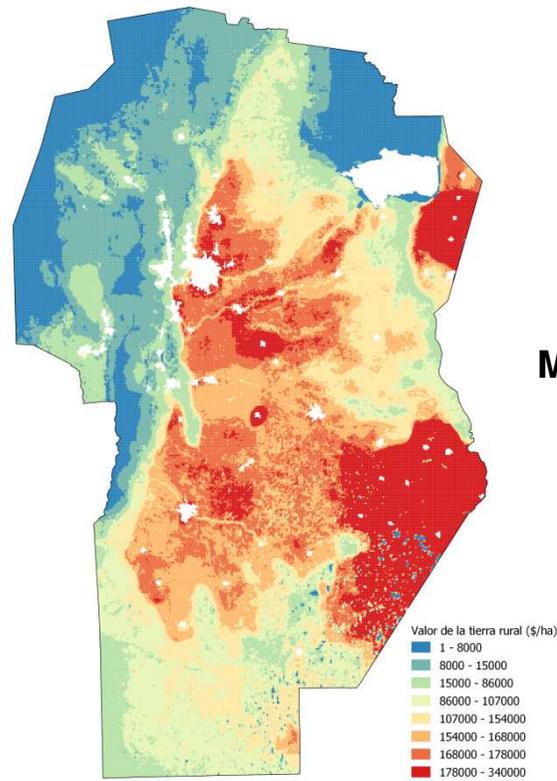
↑ Se estima el modelo con los datos de los grupos 2 a 10

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

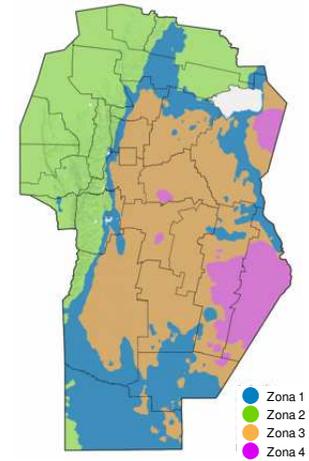
Sale el grupo 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale el grupo 9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sale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

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

Resultados

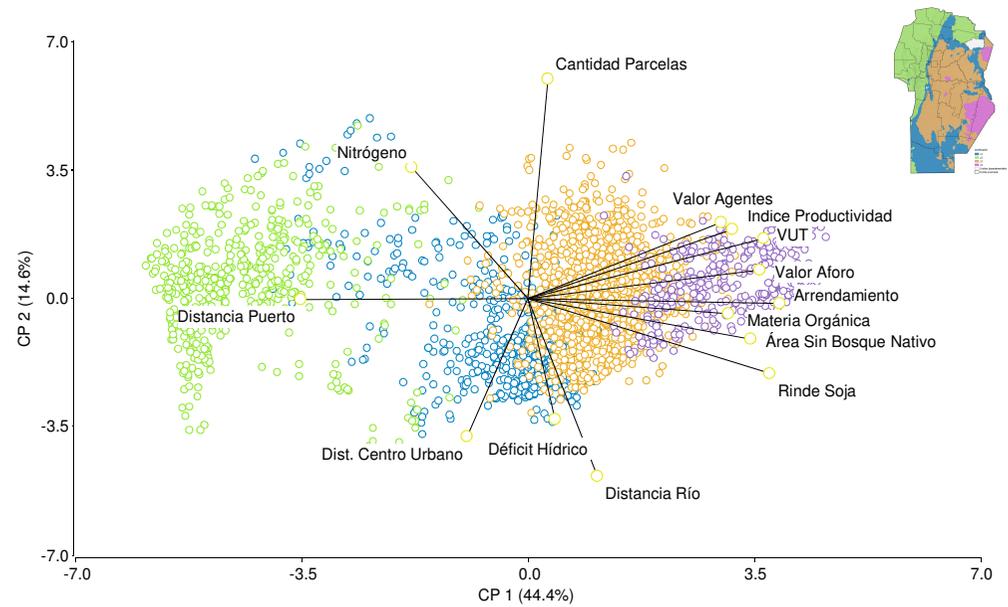
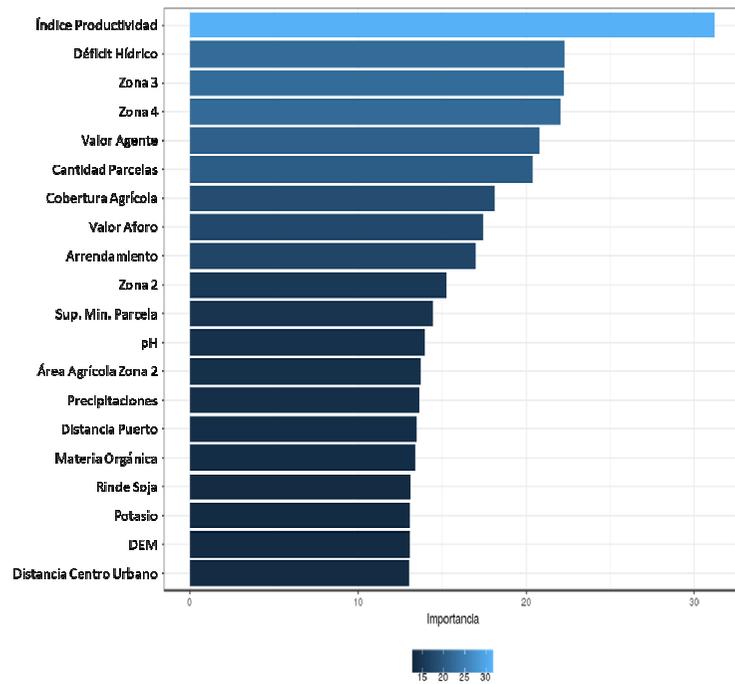


MAPE = 21%

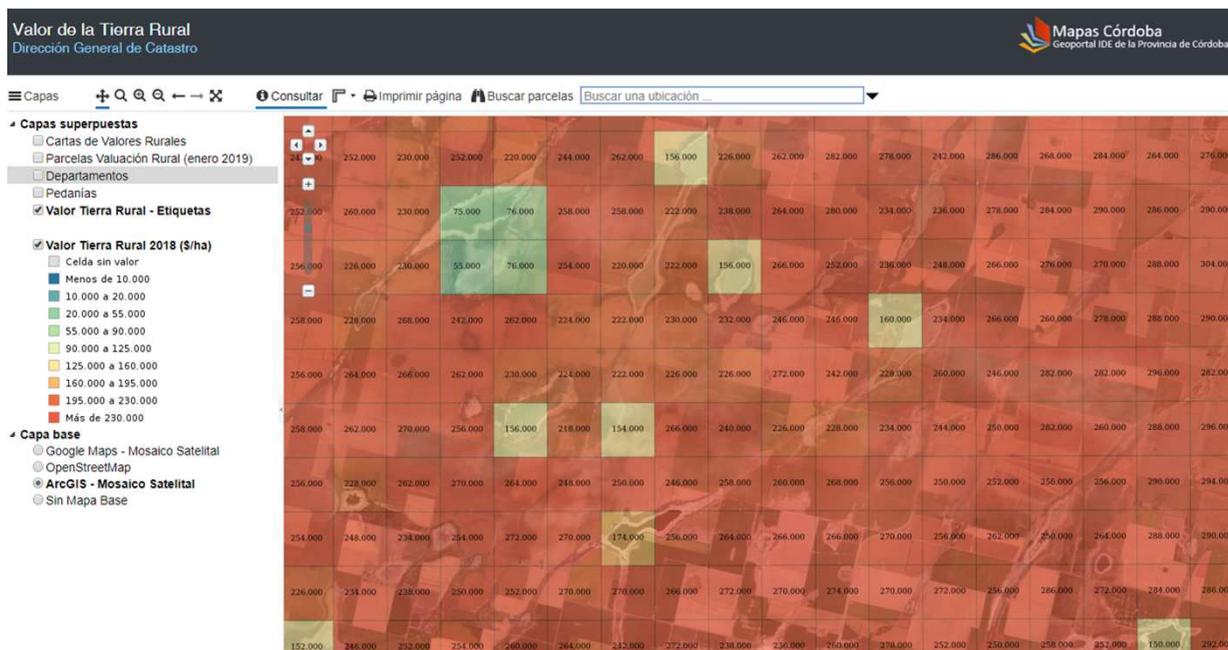


Zona	Modelo	MAPE
1	RF_KO	0.23
2	ENS	0.38
3	RF_KO	0.17
4	RF_KO	0.14

Importancia de las variables

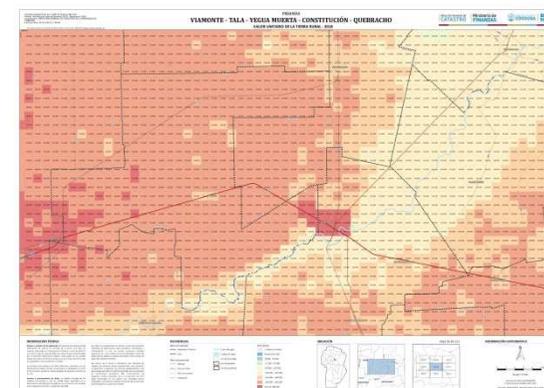


Datos abiertos



Estimación del valor de la tierra rural en toda la provincia.
 Disponible para descarga en: <https://www.mapascordoba.gov.ar>

111 Cartas de valores



Valuación Tierra rural

1.8 billones

54% del total (3.35 Billones)

Conclusiones

- En términos de error global de predicción la estrategia de considerar la autocorrelación espacial en los residuos del modelo RF produjo mejores predicciones
- A escala zonal los errores de predicción fueron de diferente magnitud
- Es necesario generar mapas de incertidumbre de la predicción para localizar con mayor detalles áreas donde se deba revisar o añadir datos de campo
- La capacidad predictiva dependen en gran medida no solo del algoritmo utilizado sino también del entorno, los datos y los predictores utilizados en el estudio

Nueva valuación 2019 (p/2020)... en curso

- Mas datos ($n > 3.500$).
- Mejores variables explicativas.
- Mayor resolución espacial (500 m).
- Mejora en modelado:
 - ajuste de hiperparámetros.
 - selección de co-variables.
 - eliminación zonas.
- Modelado particular del periurbano.
- Generación de mapas incertidumbre predicción.

Gracias!

Mariano Córdoba

idecor@cba.gov.ar

marianoacba@agro.unc.edu.ar

Dirección General de
CATASTRO

Ministerio de
FINANZAS

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
CÓRDOBA

**ENTRE
TODOS**

