

Usos de los recursos hídricos en el Uruguay

Facundo Morini, Mariana Ceresa

2023-06-28

Introducción

A lo largo de los últimos años, el cambio climático y las sequías han impactado significativamente a nuestro país, generando una creciente preocupación en torno al uso del agua. En este contexto, resulta fundamental analizar el aprovechamiento de los recursos hídricos en Uruguay. El presente trabajo tiene como objetivo principal explorar e informar sobre los diversos usos que se le da al agua en nuestro país. Para ello, se utilizarán los datos abiertos disponibles proporcionados por la Dirección Nacional del Agua (DINAGUA), específicamente el registro de empresas que realizan solicitudes para explotar los recursos hídricos.

Dentro de este estudio, nos planteamos responder a preguntas fundamentales, tales como:

1. ¿En qué se utiliza la mayor parte del agua que se solicita extraer?
2. ¿Qué sectores de la actividad requieren mayores volúmenes de agua?
3. ¿Qué zonas del país presentan mayores demanda de uso?

Para abordar estas preguntas, realizaremos un análisis de los datos disponibles utilizando las diversas herramientas que proporciona R para el análisis de datos. Buscaremos utilizar y dar visibilidad a la biblioteca Geoupy, que facilita el manejo de datos geográficos relacionados con Uruguay de manera sencilla. Además, crearemos una aplicación utilizando la biblioteca Shiny, que permitirá visualizar de forma interactiva los resultados obtenidos en el informe. Por último, crearemos un modelo predictivo con el objetivo de predecir el uso del agua utilizando diversas variables de respuesta presentes en los datos.

Datos

Como se mencionó, los datos utilizados pertenecen a la Dirección Nacional del Agua. Estos datos comprenden el registro de todas las empresas y entes públicos que realizan extracciones de agua para diversos usos productivos o abastecimiento a la población. Los datos abarcan un total de 5405 registros que se encuentran actualmente habilitados a la explotación de recursos hídricos.

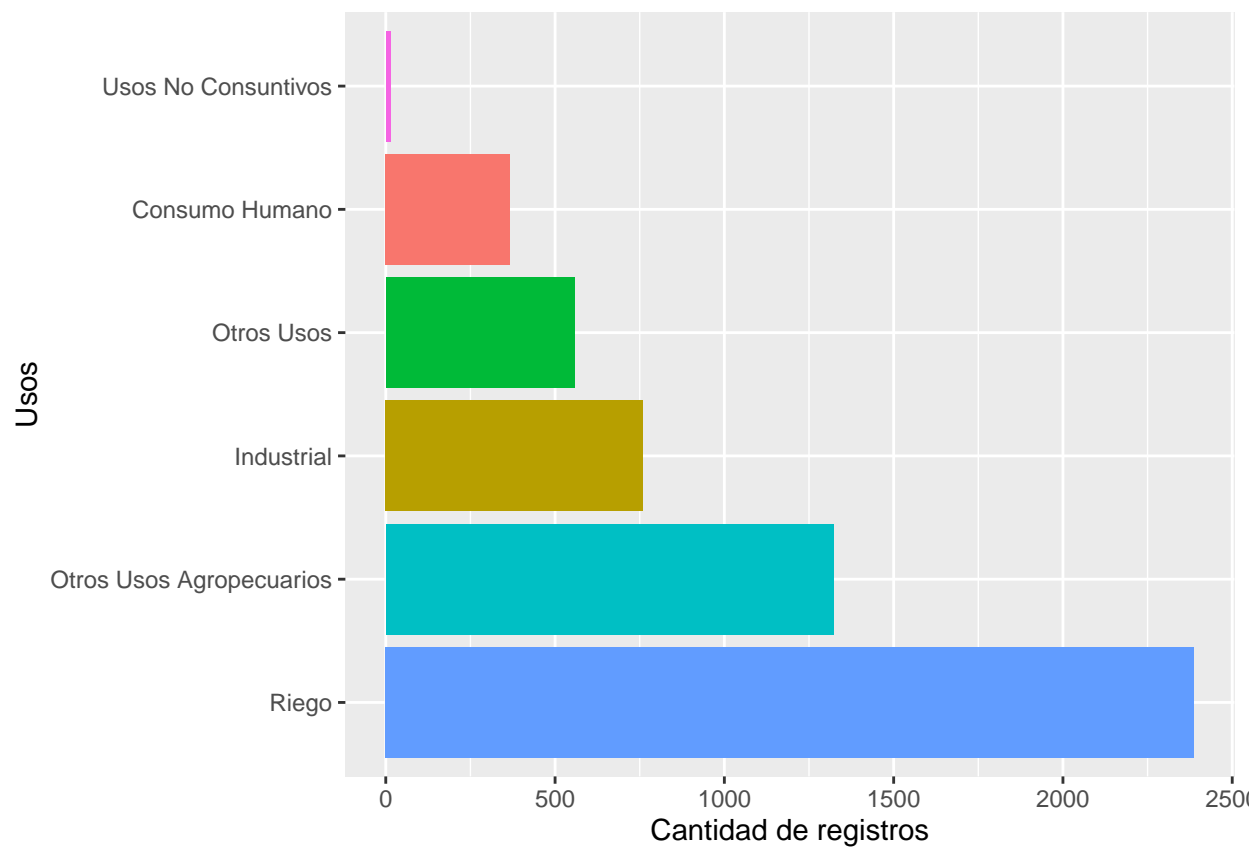
Las principales variables de interés a analizar de los datos son:

Nombre	
Vari-	Descripción
able	
cod_reg	Refiere al código identificador de la solicitud de extracción frente a la DINAGUA.
nom_reg	Nombre de la empresa, ente o persona registrada.
dpto	Departamento donde se encuentra la obra de extracción

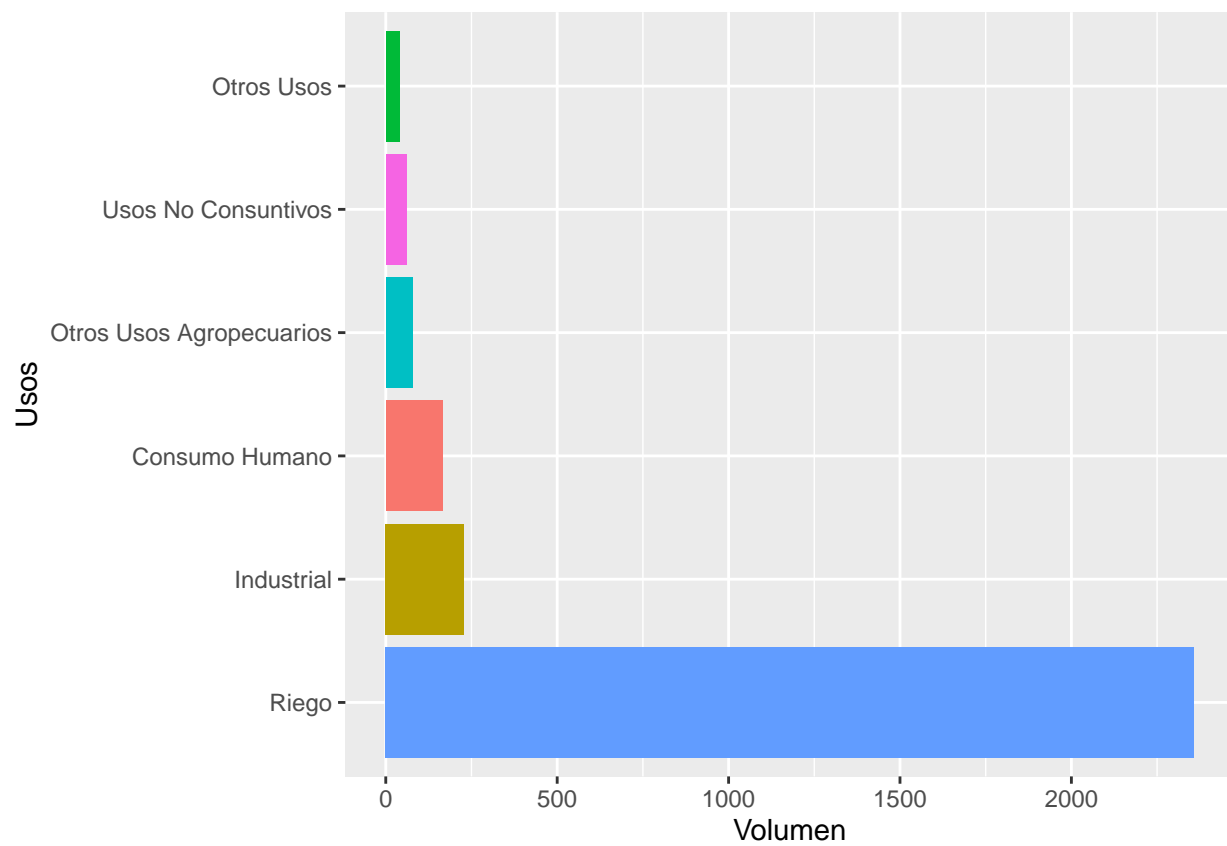
Nombre	
Vari- able	Descripción
uso	Hace referencia al propósito o destino que se le dará al agua. Los usos se clasifican en consumo humano, uso industrial, riego, otros usos agropecuarios y otros usos adicionales (turismo y recreación, control de incendios, comercio y servicios).
destino	Detalla el lugar o fin específico donde se utilizará el agua, por ejemplo, en el caso del riego, se especifica el tipo de cultivo.
vol_anual	Indica el volumen máximo de agua permitido para la extracción. Este valor depende en parte, por el tipo de obra utilizada para la extracción.
inicio	Fecha en la que se inicia la solicitud de extracción
fin	Fecha en la que caduca el permiso de extracción
tipo_ext	Se refiere al tipo de estructura utilizada para la extracción del agua, que puede ser a través de represas, tomas directas en ríos o pozos, entre otras opciones comunes.
mes_año	Cantidad de meses en el año que se usa el agua que se extrae
codcuenca2	Permite identificar la cuenca hidrográfica de nivel 2 a la cual se está realizando la extracción.
codcuenca1	Permite identificar la cuenca hidrográfica de nivel 1 a la cual se está realizando la extracción.
dias_permiso	Diferencia en días entre la fecha inicio y fin
lat	Coordenadas de latitud de la obra de extraccion
lon	Coordenadas de longitud de la obra de extraccion

```
## Reading layer 'c098Polygon' from data source
## 'C:\Users\Mariana\AppData\Local\Temp\Rtmp2b1LY0\c098Polygon.shp'
## using driver 'ESRI Shapefile'
## Simple feature collection with 47 features and 5 fields
## Geometry type: MULTIPOLYGON
## Dimension: XY
## Bounding box: xmin: -58.43885 ymin: -34.97394 xmax: -53.18077 ymax: -30.08558
## Geodetic CRS: WGS 84
```

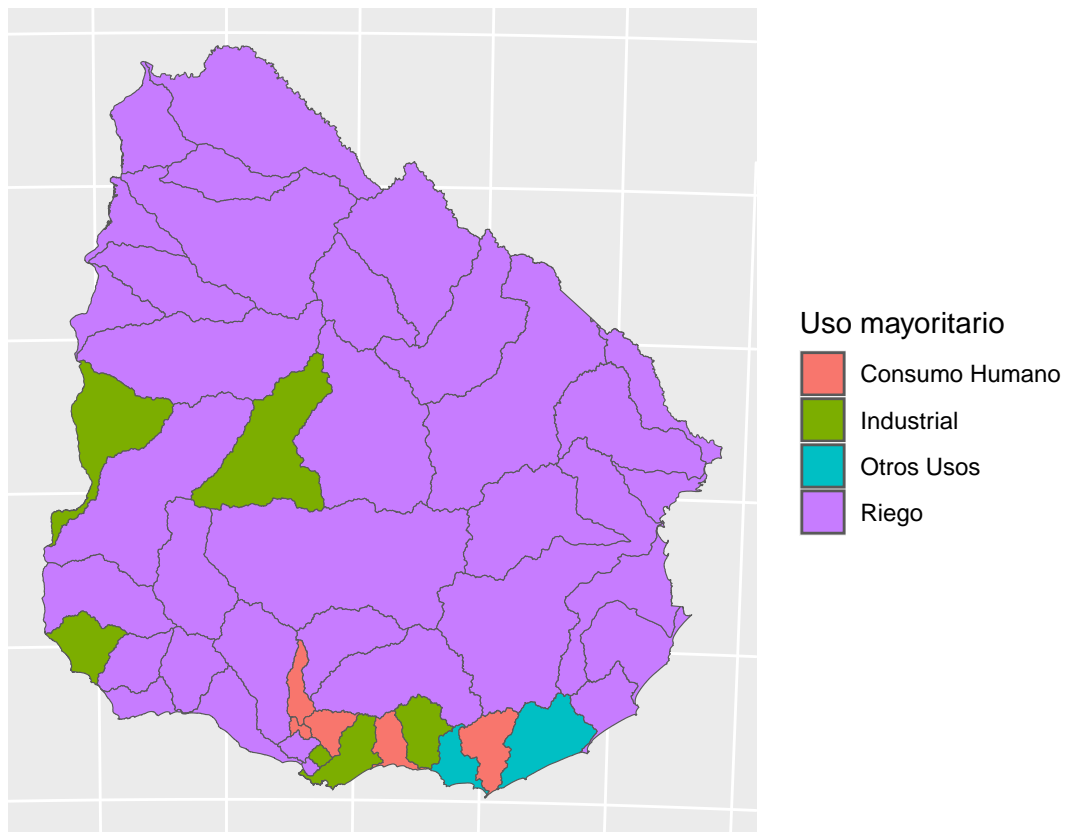
Cantidad de registros por uso



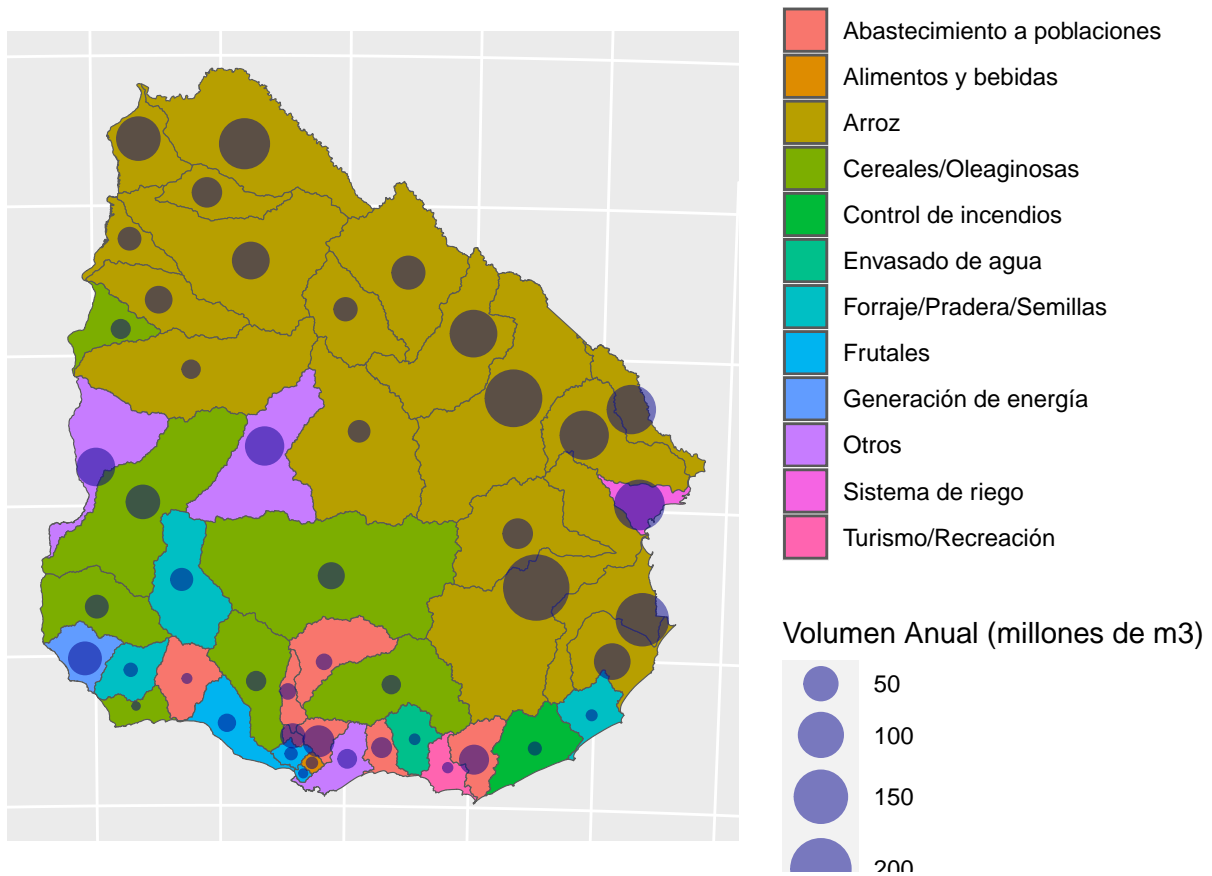
Volumen total por uso



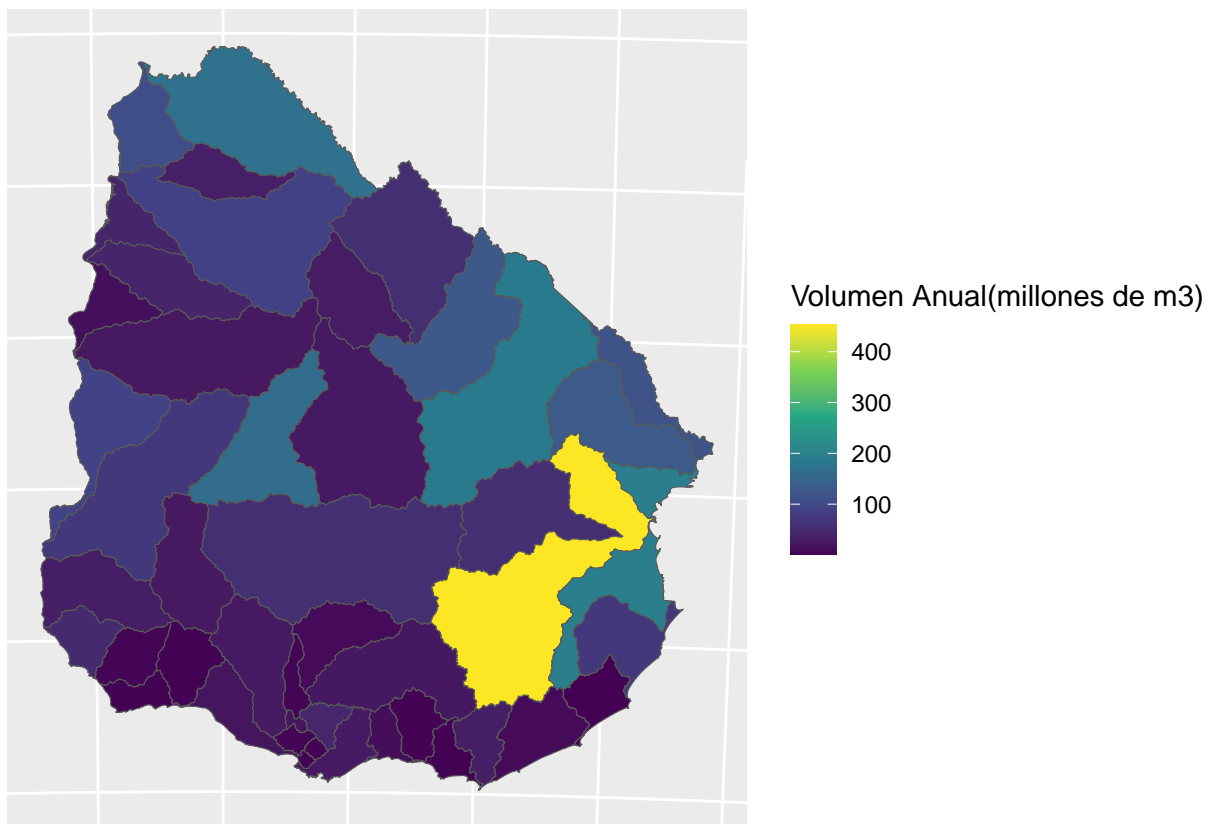
Cuencas hidrográficas catalogadas por uso mayoritario



Cuencas hidrográficas catalogadas por destino mayoritario y volumen anual disponible



Cuencas hidrográficas catalogadas por volumen anual disponible



Volumen anual permitido distribuido por uso

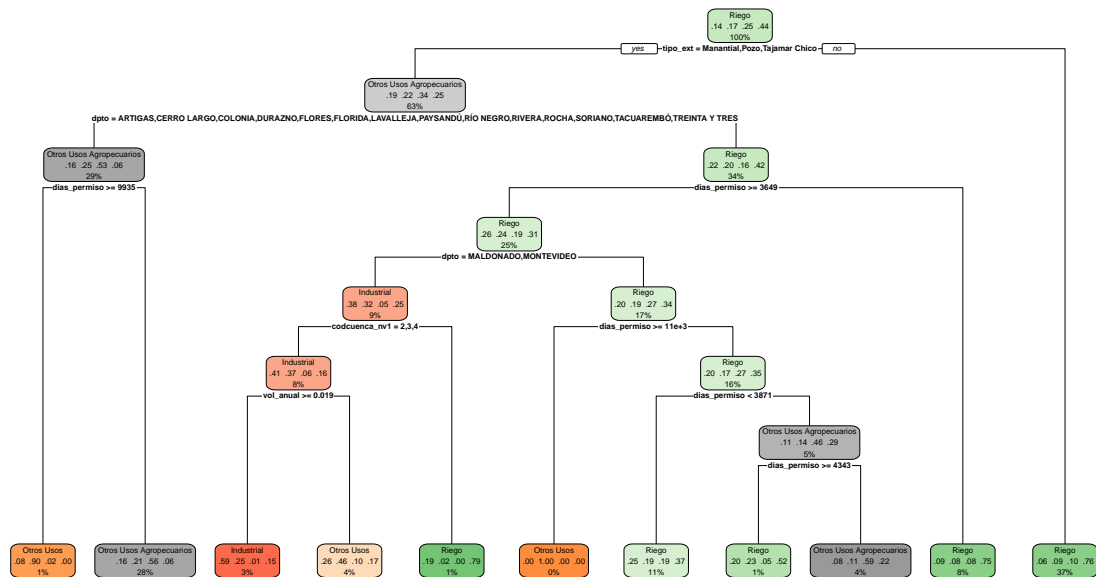
MODELOS

Se construye un modelo para determinar el Uso que tendrá la soliciud. Para ésto agrupamos los usos “Otros Usos”, “Otros Usos Agropecuarios” y “Usos no consuntivos” en uno, quedando la clasificación de la siguiente forma:

- Riego
- Consumo humano
- Industrial
- Otros

Arbol

■ Industrial
■ Otros Usos
■ Otros Usos Agropecuarios
■ Riego



Confusion Matrix and Statistics

	Reference			
Prediction	Industrial	Otros Usos	Otros Usos Agropecuarios	Riego
Industrial	20	13		2
Otros Usos	20	68		6
Otros Usos Agropecuarios	76	104	272	35
Riego	88	105	90	629

Overall Statistics

Accuracy : 0.6405
 ## 95% CI : (0.616, 0.6645)
 ## No Information Rate : 0.4404
 ## P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16
 ## Kappa : 0.4454

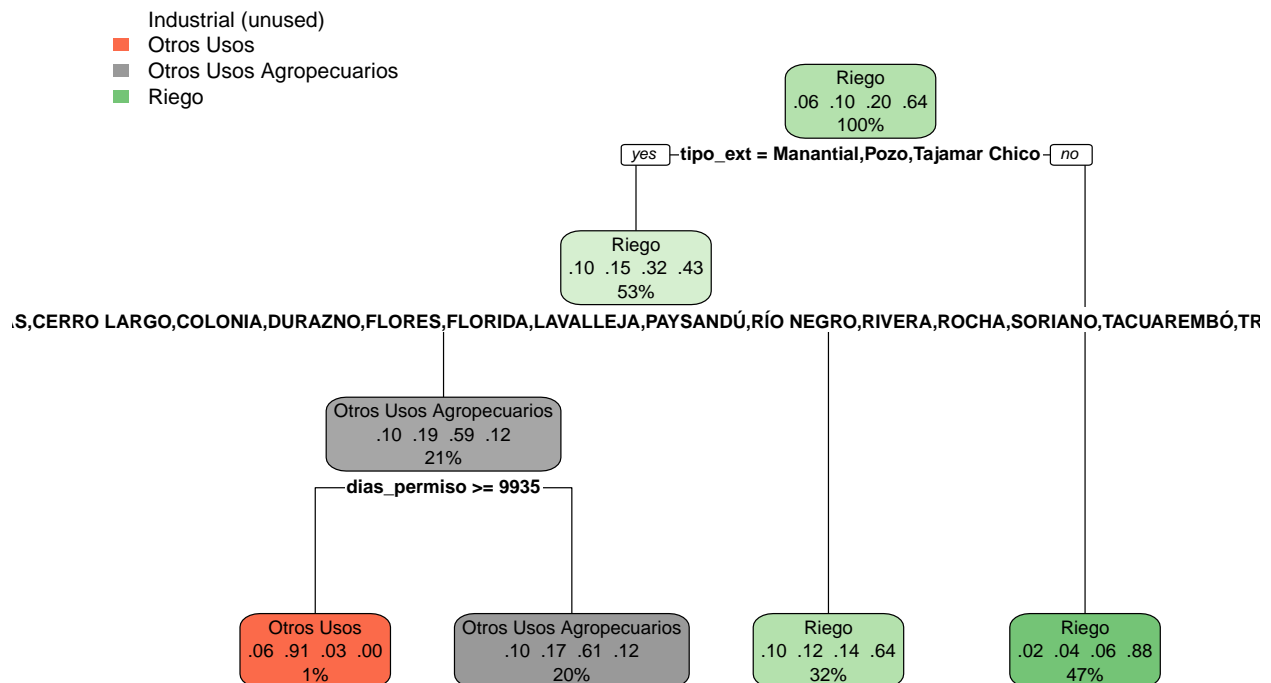
McNemar's Test P-Value : < 2.2e-16

Statistics by Class:

Class: Industrial Class: Otros Usos
 ## Sensitivity 0.09804 0.23448


```
## Specificity          0.98358          0.97209
## Pos Pred Value      0.47619          0.66019
## Neg Pred Value      0.87750          0.84594
## Prevalence          0.13212          0.18782
## Detection Rate      0.01295          0.04404
## Detection Prevalence 0.02720          0.06671
## Balanced Accuracy    0.54081          0.60329
##
## Class: Otros Usos Agropecuarios Class: Riego
## Sensitivity          0.7351          0.9250
## Specificity          0.8169          0.6725
## Pos Pred Value      0.5585          0.6897
## Neg Pred Value      0.9073          0.9193
## Prevalence          0.2396          0.4404
## Detection Rate      0.1762          0.4074
## Detection Prevalence 0.3154          0.5907
## Balanced Accuracy    0.7760          0.7987
```

```
## # A tibble: 4 x 2
##   uso          proporcion
##   <fct>         <dbl>
## 1 Riego          0.443
## 2 Otros Usos Agropecuarios 0.244
## 3 Otros Usos      0.174
## 4 Industrial     0.139
```



```
## Confusion Matrix and Statistics
```

```

##
##
## Prediction
## Reference
## Industrial Otros Usos Otros Usos Agropecuarios Riego
## Industrial 0 0 0 0
## Otros Usos 1 19 2 0
## Otros Usos Agropecuarios 73 100 234 21
## Riego 130 171 134 659
##
## Overall Statistics
##
## Accuracy : 0.5907
## 95% CI : (0.5657, 0.6153)
## No Information Rate : 0.4404
## P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16
##
## Kappa : 0.3386
##
## McNemar's Test P-Value : < 2.2e-16
##
## Statistics by Class:
##
## Class: Industrial Class: Otros Usos
## Sensitivity 0.0000 0.06552
## Specificity 1.0000 0.99761
## Pos Pred Value NaN 0.86364
## Neg Pred Value 0.8679 0.82194
## Prevalence 0.1321 0.18782
## Detection Rate 0.0000 0.01231
## Detection Prevalence 0.0000 0.01425
## Balanced Accuracy 0.5000 0.53156
##
## Class: Otros Usos Agropecuarios Class: Riego
## Sensitivity 0.6324 0.9691
## Specificity 0.8348 0.4965
## Pos Pred Value 0.5467 0.6024
## Neg Pred Value 0.8781 0.9533
## Prevalence 0.2396 0.4404
## Detection Rate 0.1516 0.4268
## Detection Prevalence 0.2772 0.7085
## Balanced Accuracy 0.7336 0.7328

```

No se observa una mejor performance, por lo que vamos a probar con un Random Forest

Random Forest

```

## Confusion Matrix and Statistics
##
##
## Reference
## Prediction
## Industrial Otros Usos Otros Usos Agropecuarios Riego
## Industrial 89 34 16 21
## Otros Usos 32 149 39 17
## Otros Usos Agropecuarios 47 63 270 31
## Riego 36 44 45 611
##

```

```

## Overall Statistics
##
##           Accuracy : 0.7247
##           95% CI : (0.7017, 0.7469)
##       No Information Rate : 0.4404
##       P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16
##
##           Kappa : 0.5974
##
## Mcnemar's Test P-Value : 5.871e-07
##
## Statistics by Class:
##
##           Class: Industrial Class: Otros Usos
## Sensitivity           0.43627           0.5138
## Specificity           0.94701           0.9298
## Pos Pred Value        0.55625           0.6287
## Neg Pred Value        0.91691           0.8921
## Prevalence            0.13212           0.1878
## Detection Rate        0.05764           0.0965
## Detection Prevalence  0.10363           0.1535
## Balanced Accuracy     0.69164           0.7218
##
##           Class: Otros Usos Agropecuarios Class: Riego
## Sensitivity           0.7297           0.8985
## Specificity           0.8799           0.8553
## Pos Pred Value        0.6569           0.8302
## Neg Pred Value        0.9117           0.9146
## Prevalence            0.2396           0.4404
## Detection Rate        0.1749           0.3957
## Detection Prevalence  0.2662           0.4767
## Balanced Accuracy     0.8048           0.8769

```