

# Usos de los recursos hídricos en el Uruguay

Facundo Morini, Mariana Ceresa

2023-06-23

## 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.

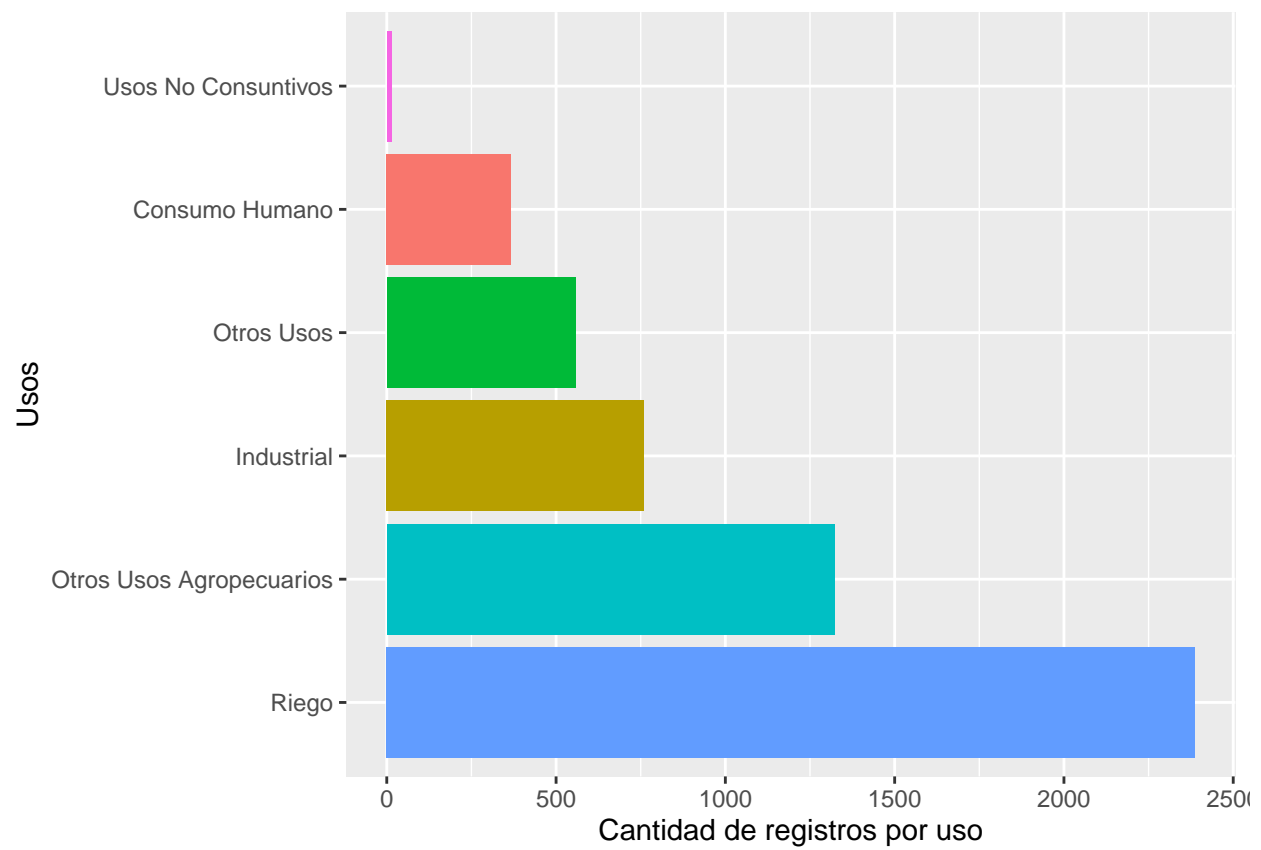
Las principales variables de interés a analizar de los datos son:

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

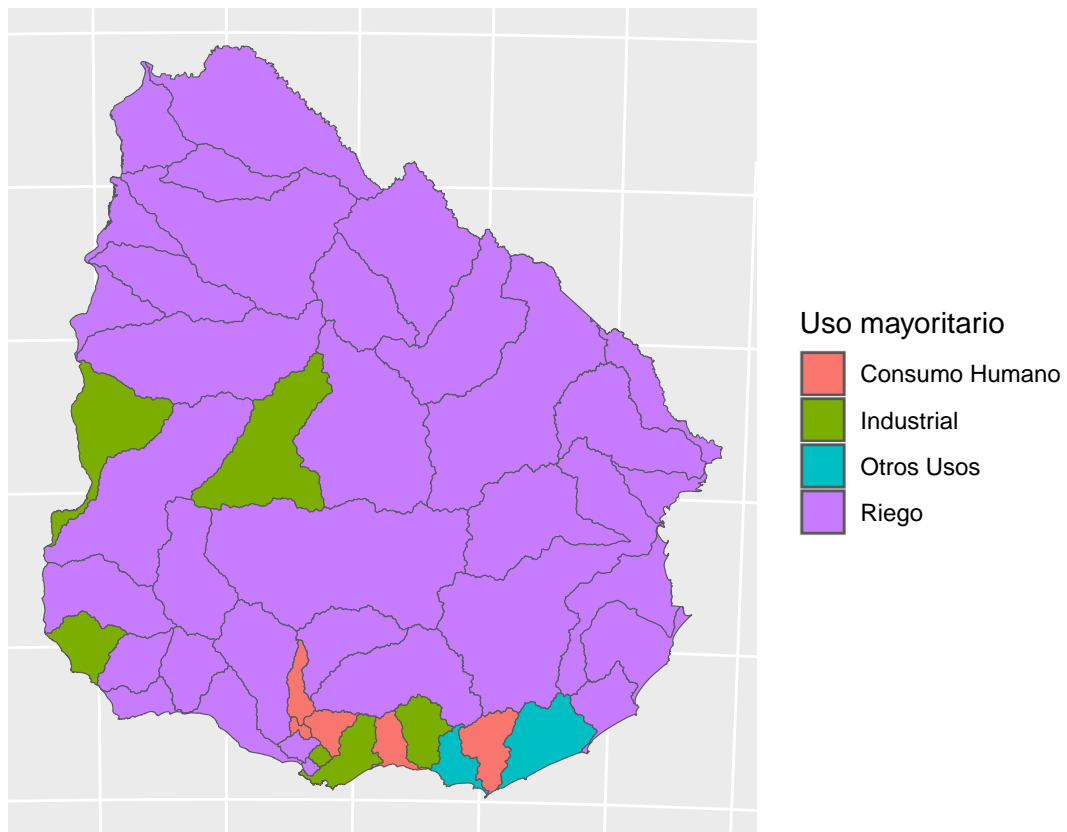
Nombre Variable	Descripción
uso	Hace referencia al propósito o destino que se le dará al agua. Los usos se clasifican en consumo humano, uso industrial, riego, otros usos agropecuarios y otros usos adicionales (turismo y recreación, control de incendios, comercio y servicios).
destino	Detalla el lugar 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\fa_cu\AppData\Local\Temp\Rtmp8s15K3\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
```

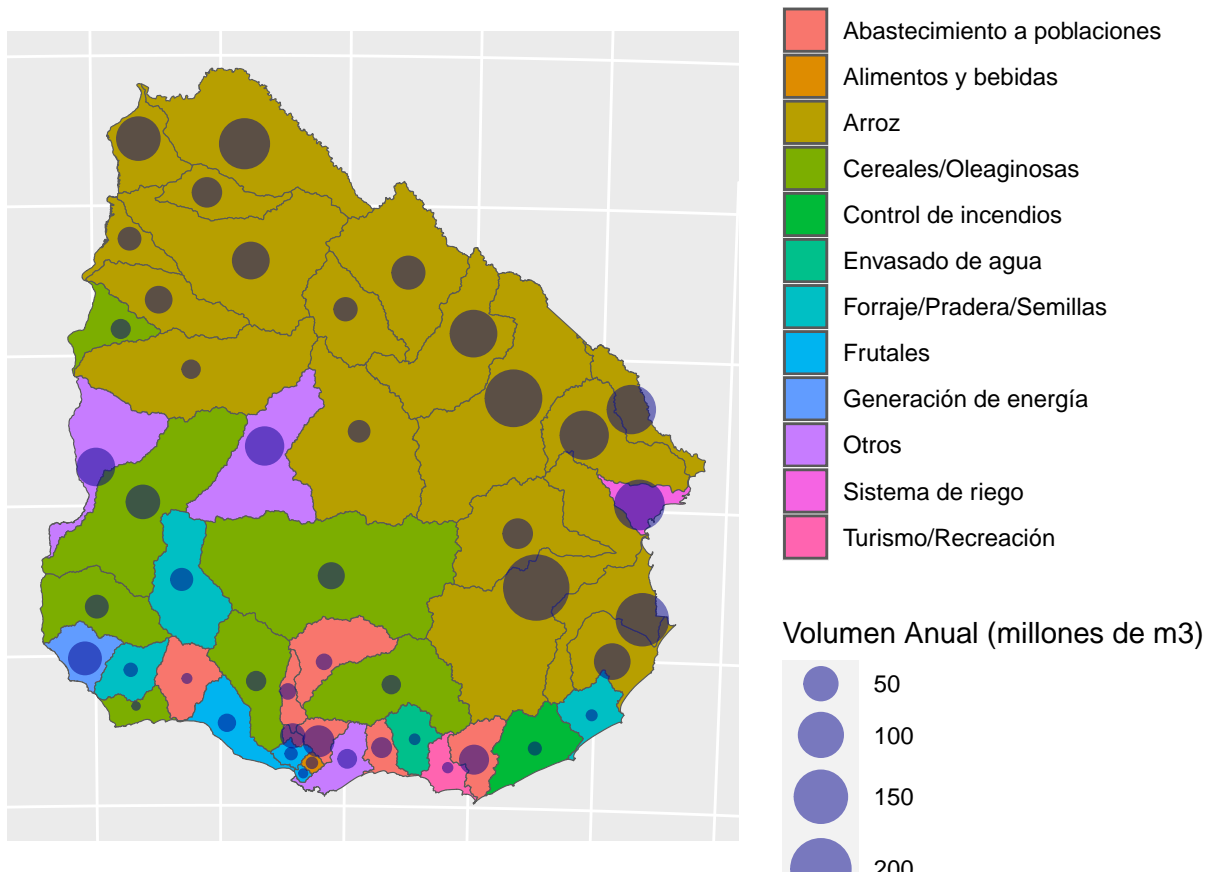
## Numero de registros por uso



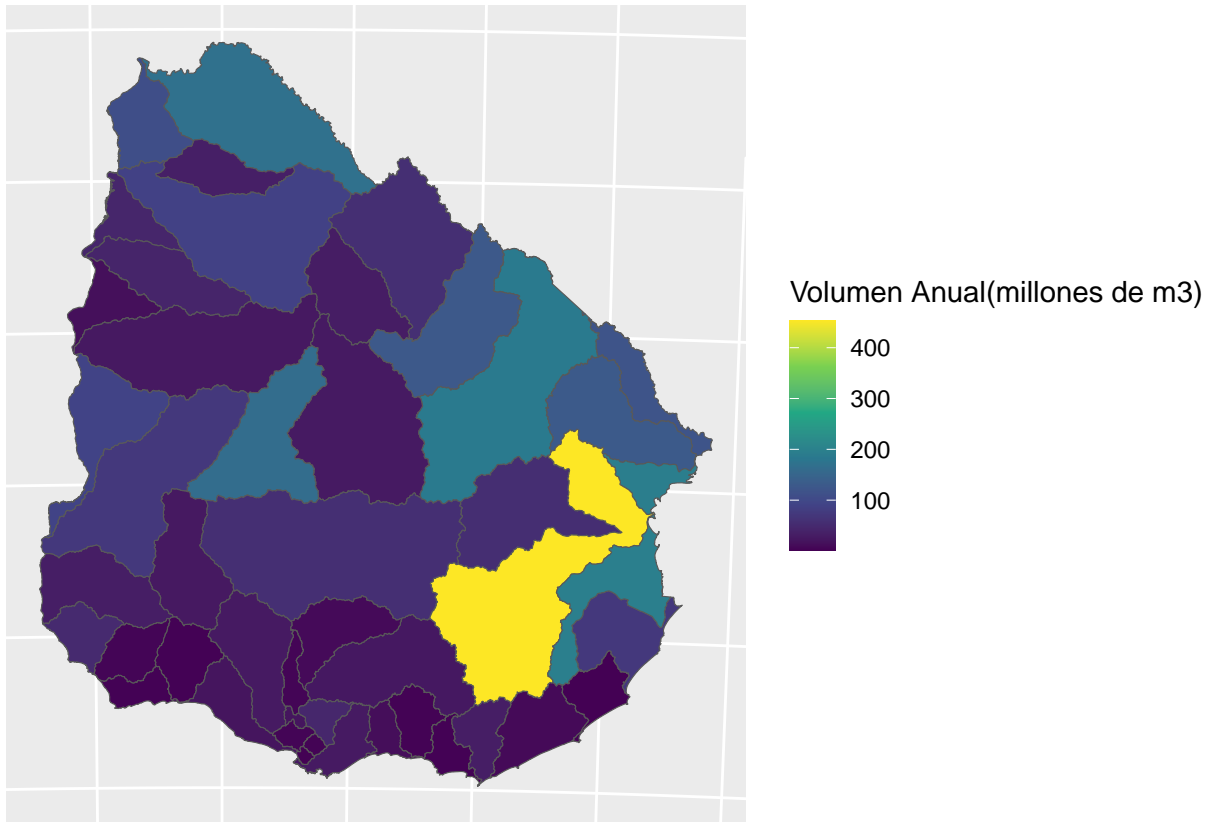
## Cuencas hidrograficas catalogadas por uso mayoritario



## Cuencas hidrograficas catalogadas por destino mayoritario y volumen anual disponible



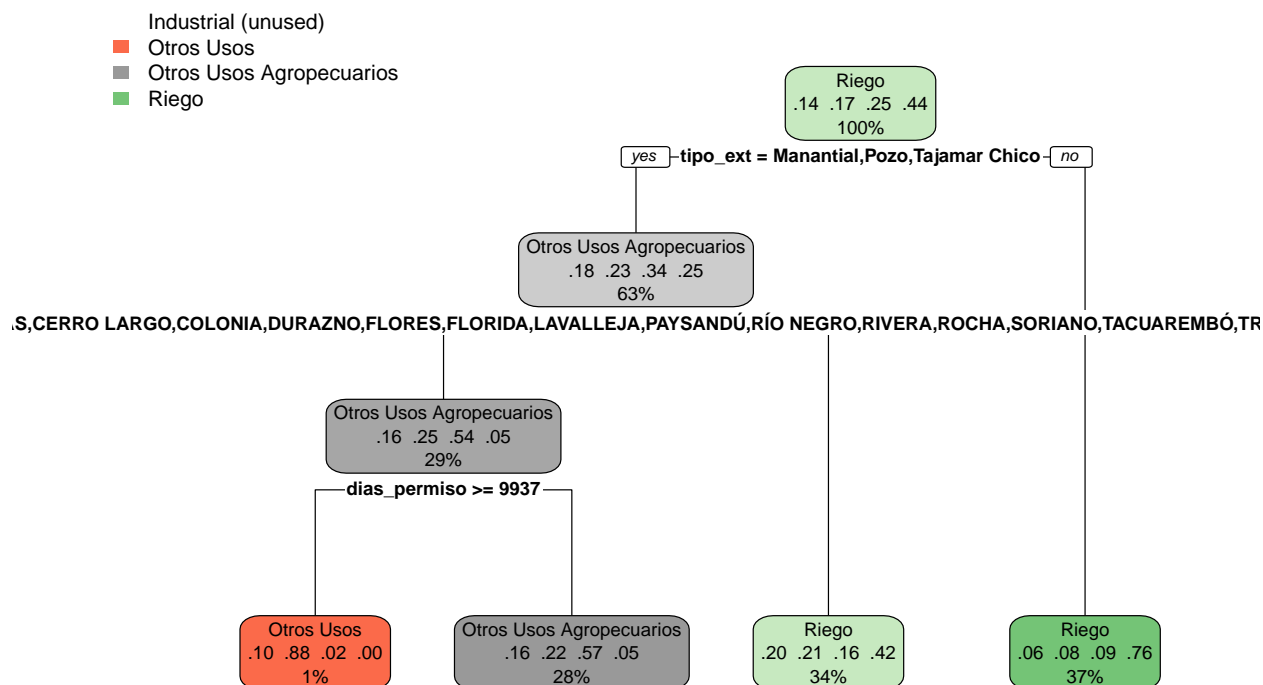
## Cuencas hidrograficas catalogadas por volumen anual disponible



## Volumen anual permitido distribuido por uso

### MODELOS

#### Arbol



#### ## Confusion Matrix and Statistics

	Reference			
Prediction	Industrial	Otros Usos	Otros Usos Agropecuarios	Riego
Industrial	0	0	0	0
Otros Usos	0	19	1	0
Otros Usos Agropecuarios	75	96	226	32
Riego	139	160	140	652

#### ## Overall Statistics

```

##
##           Accuracy : 0.5825
##           95% CI : (0.5574, 0.6072)
##       No Information Rate : 0.4442
##       P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16
##
##           Kappa : 0.3229
##
##       Mcnemar's Test P-Value : NA
  
```

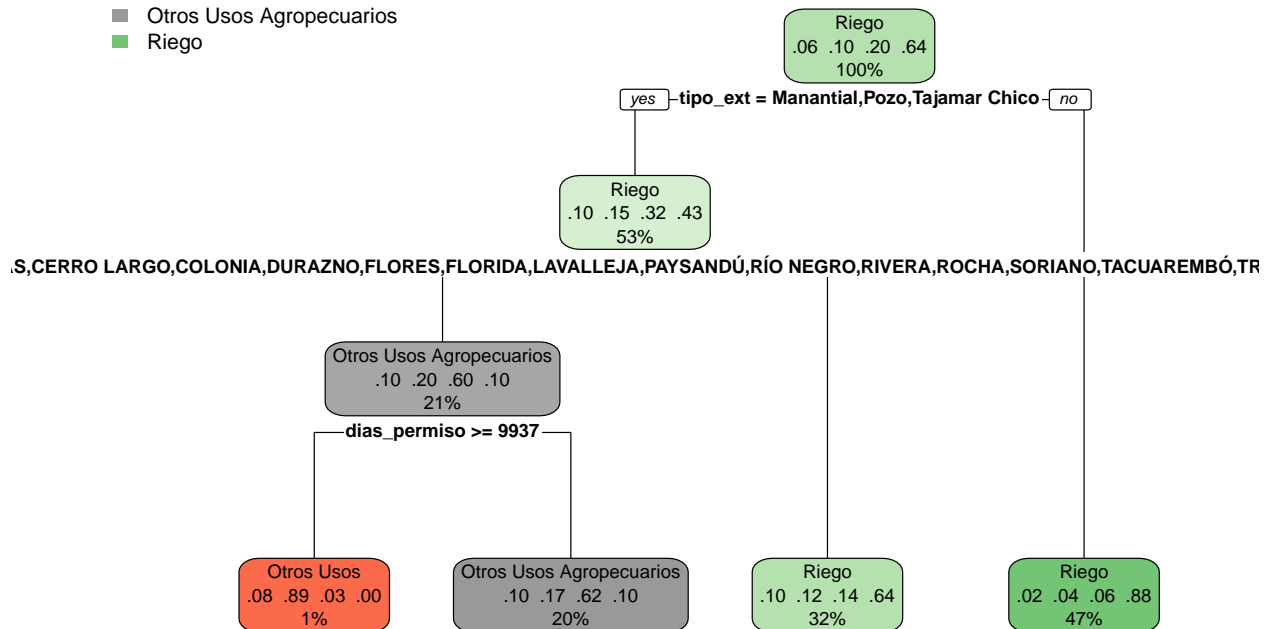
```
##
## Statistics by Class:
##
##           Class: Industrial Class: Otros Usos
## Sensitivity           0.000           0.06909
## Specificity           1.000           0.99921
## Pos Pred Value        NaN            0.95000
## Neg Pred Value        0.861           0.83158
## Prevalence            0.139           0.17857
## Detection Rate        0.000           0.01234
## Detection Prevalence  0.000           0.01299
## Balanced Accuracy     0.500           0.53415
##
##           Class: Otros Usos Agropecuarios Class: Riego
## Sensitivity           0.6158          0.9532
## Specificity           0.8269          0.4871
## Pos Pred Value        0.5268          0.5976
## Neg Pred Value        0.8731          0.9287
## Prevalence            0.2383          0.4442
## Detection Rate        0.1468          0.4234
## Detection Prevalence  0.2786          0.7084
## Balanced Accuracy     0.7214          0.7202
```

Vamos a tratar el desbalance

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



Industrial (unused)  
 ■ Otros Usos  
 ■ Otros Usos Agropecuarios  
 ■ Riego



## ## Confusion Matrix and Statistics

##

##

	Reference			
Prediction	Industrial	Otros Usos	Otros Usos Agropecuarios	Riego
Industrial	0	0	0	0
Otros Usos	0	19	1	0
Otros Usos Agropecuarios	75	96	226	32
Riego	139	160	140	652

##

## ## Overall Statistics

##

## Accuracy : 0.5825  
 ## 95% CI : (0.5574, 0.6072)  
 ## No Information Rate : 0.4442  
 ## P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16

##

## Kappa : 0.3229

##

## McNemar's Test P-Value : NA

##

## ## Statistics by Class:

##

	Class: Industrial	Class: Otros Usos
Sensitivity	0.000	0.06909
Specificity	1.000	0.99921
Pos Pred Value	NaN	0.95000

```

## Neg Pred Value          0.861          0.83158
## Prevalence              0.139          0.17857
## Detection Rate          0.000          0.01234
## Detection Prevalence    0.000          0.01299
## Balanced Accuracy        0.500          0.53415
##
##          Class: Otros Usos Agropecuarios Class: Riego
## Sensitivity              0.6158          0.9532
## Specificity              0.8269          0.4871
## Pos Pred Value          0.5268          0.5976
## Neg Pred Value          0.8731          0.9287
## Prevalence              0.2383          0.4442
## Detection Rate          0.1468          0.4234
## Detection Prevalence    0.2786          0.7084
## Balanced Accuracy        0.7214          0.7202

```

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          94         22              23         19
##   Otros Usos          56        136              39         23
##   Otros Usos Agropecuarios 24         62             244         34
##   Riego              40         55              61        608
##
## Overall Statistics
##
##          Accuracy : 0.7026
##          95% CI : (0.6791, 0.7253)
##   No Information Rate : 0.4442
##   P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16
##
##          Kappa : 0.5624
##
## Mcnemar's Test P-Value : 1.003e-08
##
## Statistics by Class:
##
##          Class: Industrial Class: Otros Usos
## Sensitivity              0.43925          0.49455
## Specificity              0.95173          0.90672
## Pos Pred Value          0.59494          0.53543
## Neg Pred Value          0.91317          0.89191
## Prevalence              0.13896          0.17857
## Detection Rate          0.06104          0.08831
## Detection Prevalence    0.10260          0.16494
## Balanced Accuracy        0.69549          0.70063
##
##          Class: Otros Usos Agropecuarios Class: Riego
## Sensitivity              0.6649          0.8889
## Specificity              0.8977          0.8178

```

## Pos Pred Value	0.6703	0.7958
## Neg Pred Value	0.8954	0.9021
## Prevalence	0.2383	0.4442
## Detection Rate	0.1584	0.3948
## Detection Prevalence	0.2364	0.4961
## Balanced Accuracy	0.7813	0.8533