

Introduzione
oooo

Preparazione
ooo

Codice
oooooooooo

Risultati
oooooooooo

In conclusione
oooo

Santiago del Cile: una capitale in 20 anni

Esame di Telerilevamento Geo-Ecologico

Rocío Beatriz Cortès Prof. Duccio Rocchini

Scienze e Gestione della Natura, Alma Mater Studiorum (Università di Bologna)

A.A. 2021-2022

Introduzione
●○○○

Preparazione
○○○

Codice
○○○○○○○○○○

Risultati
○○○○○○○○○○

In conclusione
○○○○

Indice

1 Introduzione

2 Preparazione

3 Codice

4 Risultati

5 In conclusione

Problema



Un problema comune a gran parte delle metropoli sudamericane è l'eccessiva urbanizzazione e cementificazione. La presente analisi riguarda la zona sud-est di **Santiago del Cile**, capitale del Cile: attualmente, 6 dei circa 19 milioni di abitanti del paese vivono nella capitale, in $641\ km^2$.

Il caso di Santiago



Secondo *PopulationPyramid.net*, la popolazione in Cile è aumentata in maniera piuttosto omogenea nel corso delle decadi prima e dopo il 2000.

- ① Anno 1990: 13,274,617 abitanti.
- ② Anno 2000: 15,342,350 abitanti.
- ③ Anno 2010: 17,062,531 abitanti.

Lo scopo di questa breve presentazione è mostrare come la capitale ha risposto ad un tale aumento demografico, considerando il fatto che buona parte degli abitanti vive a Santiago.

Come area di studio si considera la periferia sud-est, a ridosso delle Ande: le zone periferiche infatti sono quelle più soggette all'edificazione senza controlli.

Le immagini satellitari provengono da **Landsat5**, attivo fra il 1984 e il 2012: questo satellite infatti è in grado di fornire immagini di buona qualità risalenti al 1990, al 2000 e al 2010.

Il mese di riferimento è Novembre, quando nell'emisfero sud è primavera e la vegetazione più rigogliosa.

Introduzione
oooo

Preparazione
●○○

Codice
oooooooooooo

Risultati
oooooooooooo

In conclusione
oooo

Indice

1 Introduzione

2 Preparazione

3 Codice

4 Risultati

5 In conclusione

Librerie richieste

La maggior parte di queste ha a che fare con la visualizzazione, analisi e manipolazione di dati raster, mentre *viridis*, *ggplot2* e *patchwork* lavorano sui grafici.

```
## Librerie:  
library(raster)  
library(patchwork)  
library(ggplot2)  
library(RStoolbox)  
library(viridis)  
library(rasterdiv)
```

Importazione immagini

Ciascuna delle tre immagini scelte contiene più bande, per cui occorre usare *brick*. Inoltre, le immagini non hanno bordi omogenei e vanno ritagliate.

```
land_ext <- extent(c(349057.8, 360359.5, -3724766, -3712488))  
lan90 <- brick("Landsat90.tif")  
lan90 <- crop(lan90, land_ext) # Immagine del 1990  
  
# Bande Landsat  
# SR_B1 = Blue  
# SR_B2 = Green  
# SR_B3 = Red  
# SR_B4 = NIR  
# SR_B5 = SWIR1  
# SR_B7 = SWIR2
```

La stessa cosa si fa con le immagini del 2000 e del 2010.

Introduzione
oooo

Preparazione
ooo

Codice
●oooooooooo

Risultati
oooooooooo

In conclusione
oooo

Indice

1 Introduzione

2 Preparazione

3 Codice

4 Risultati

5 In conclusione

RGB

Lo schema RGB consente una prima visualizzazione delle tre immagini: si inserisce la banda NIR in corrispondenza del filtro red per evidenziare le zone dove la vegetazione è presente.

Si assegna ciascun plot ad una variabile, *patchwork* le visualizza insieme.

```
g1 <- ggRGB(lan90, 4, 2, 1, stretch = "hist") +  
  labs(x="Longitude",y="Latitude") +  
  ggtitle("1990")  
...  
  
patchwork1 <- g1 + g2 + g3  
patchwork1 + plot_annotation(  
  title = 'Santiago de Chile',  
  subtitle = 'Puente Alto Municipality',  
  caption = 'Source: Landsat5')  
dev.off()
```

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Il calcolo dell'NDVI è di fondamentale importanza per valutare lo stato di salute della vegetazione nel corso dei tre anni. Per ogni immagine si genera una mappa di NDVI: anche in questo caso *patchwork* le colloca una di fianco all'altra.

```
ndvi90 <- (lan90[[4]] - lan90[[3]]) / (lan90[[4]] + lan90[[3]])  
  
ndviplot1 <- ggplot() +  
  geom_raster(ndvi90, mapping = aes(x=x, y=y, fill=layer), show.legend = FALSE) +  
  scale_fill_viridis(option = "magma", name = "NDVI values") +  
  labs(x="Longitude",y="Latitude") +  
  ggtitle("1990")  
  
patchwork2 <- ndviplot1 + ndviplot2 + ndviplot3  
patchwork2 + plot_annotation(  
  title = 'NDVI',  
  subtitle = 'Santiago de Chile , Puente Alto Municipality ',  
  caption = 'Source: Landsat5 ')  
  
dev.off()
```

Facendo la differenza fra l'NDVI del 1990 e quello del 2000, si vede dove questo valore è aumentato e dove è diminuito. La stessa cosa si fa fra il 2000 e il 2010 e si confrontano i risultati.

```
# Differenza di NDVI fra il 1990 e il 2000
diff_1 = ndvi90 - ndvi00
diffplot1 <- ggplot() +
  geom_raster(diff_1, mapping =aes(x=x, y=y, fill=layer), show.legend = FALSE) +
  scale_fill_gradientn(colours=c("#0000FFFF", "#FFFFFFFF", "#FF0000FF")) +
  ggtitle("1990–2000")

# Differenza di NDVI fra il 2000 e il 2010
diff_2 = ndvi00 - ndvi10
diffplot2 <- ggplot() +
  geom_raster(diff_2, mapping =aes(x=x, y=y, fill=layer)) +
  scale_fill_gradientn(colours=c("#0000FFFF", "#FFFFFFFF", "#FF0000FF"),
  name = "Difference") +
  ggtitle("2000–2010")
```

Classificazione

Facendo la differenza di NDVI, emerge che buona parte della vegetazione è scomparsa fra il 1990 e il 2000.

Quantificare tale perdita in termini di pixel è possibile prima classificandoli con *unsuperClass*, poi suddividendoli e mettendoli in rapporto al totale di pixel: si ricavano le percentuali di utilizzo del suolo.

```
set.seed(3)
# Si sceglie il numero di classi.
lan90c <- unsuperClass(lan90 , nClasses = 3)
lan00c <- unsuperClass(lan00 , nClasses = 3)

# Visualizzazione dell'oggetto raster contenuto in $map
par(mfrow=c(2,1))
plot(lan90c$map, main = "3 Classes")
plot(lan00c$map)

# Totale di pixel delle immagini
lan90
lan00
# Coincidono: 153784
tot <- 153784

# Pixel per classe nella prima immagine.
freq(lan90c$map)
#      value count
# [1,]     1   63073 Cemento
# [2,]     2   52729 Roccia
# [3,]     3   37982 Aree verdi

prop_cemento_90 <- 63073 * 100/tot
prop_verde_90 <- 37982 * 100/tot
prop_roccia_90 <- 52729 * 100/tot

# Pixel per classe nella seconda immagine.
freq(lan00c$map)
#      value count
# [1,]     1   32155  Aree Verdi
# [2,]     2   66345  Cemento
# [3,]     3   55284  Roccia
```

Si costruiscono le proporzioni: serviranno per creare un dataframe.

```
# Proporzioni
prop_cemento_00 <- 66345 * 100/tot
prop_verde_00 <- 32155 * 100/tot
prop_roccia_00 <- 55284 * 100/tot

# DataFrame
class <- c("Green Areas", "Asphalt", "Soil")
percent_90 <- c(24.7, 41.01, 34.3)
percent_00 <- c(20.9, 43.14, 35.9)

percentages <- data.frame(class, percent_90, percent_00)
```

A sua volta, il dataframe è utile per creare due grafici a barre e visualizzare il cambiamento.

```
# Primo BarPlot: 1990
barplot90 <- ggplot(percentages, aes(x=class, y=percent_90, color=class)) +
  geom_bar(stat="identity", fill="white", show.legend = FALSE) +
  theme(axis.title.x = element_blank(), axis.title.y = element_blank()) +
  ggtitle("1990")
```

Variabilità

La banda del NIR contiene la maggior parte delle informazioni sulla vegetazione. Applicando una finestra mobile che calcola la deviazione standard su ciascuna delle tre bande NIR, siamo in grado di visualizzare l'eterogeneità del paesaggio, a cui corrisponde una maggior biodiversità.

```
# Selezione bande NIR per i tre anni
nir1 <- lan90 [[4]]
nir2 <- lan00 [[4]]
nir3 <- lan10 [[4]]

# Finestra mobile
sd1 <- focal(nir1, matrix(1/9, 3, 3), fun=sd)
sd2 <- focal(nir2, matrix(1/9, 3, 3), fun=sd)
sd3 <- focal(nir3, matrix(1/9, 3, 3), fun=sd)
```

A questo punto abbiamo tre nuove immagini da confrontare con *patchwork*.

```
# Plot: prima immagine.  
et1 <- ggplot() +  
  geom_raster(sdl, mapping =aes(x=x, y=y, fill=layer), show.legend = FALSE) +  
  scale_fill_viridis(option = "rocket") +  
  ggtitle("1990")  
  
# Patchwork  
patchwork5 <- et1 + et2 + et3  
patchwork5 + plot_annotation(  
  title = 'Land heterogeneity',  
  subtitle = 'Santiago de Chile, Puente Alto Municipality')
```

Introduzione
oooo

Preparazione
ooo

Codice
oooooooooooo

Risultati
●oooooooooooo

In conclusione
oooo

Indice

1 Introduzione

2 Preparazione

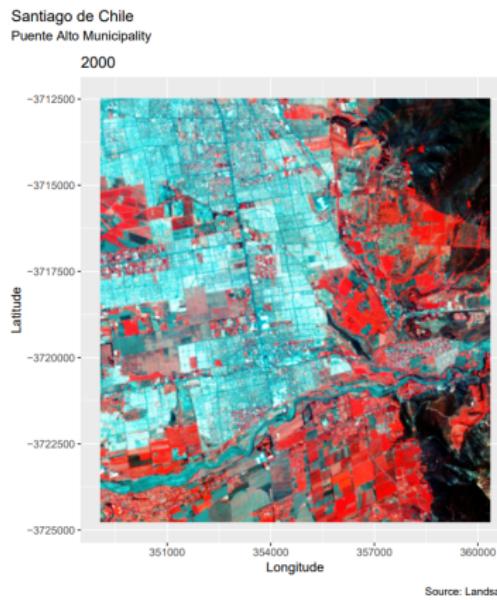
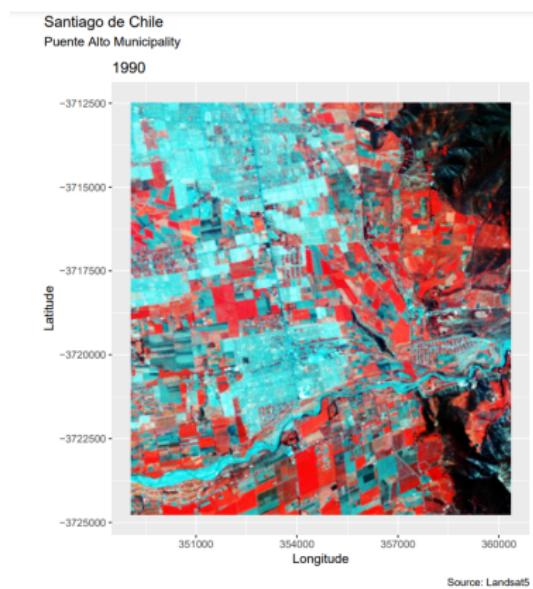
3 Codice

4 Risultati

5 In conclusione

RGB

Già a partire dal 1990, la periferia mostra una vegetazione estremamente frammentata. Se si confronta con l'immagine del 2000, si vede che buona parte della vegetazione diventa cemento.



RGB

Santiago de Chile
Puente Alto Municipality

2010

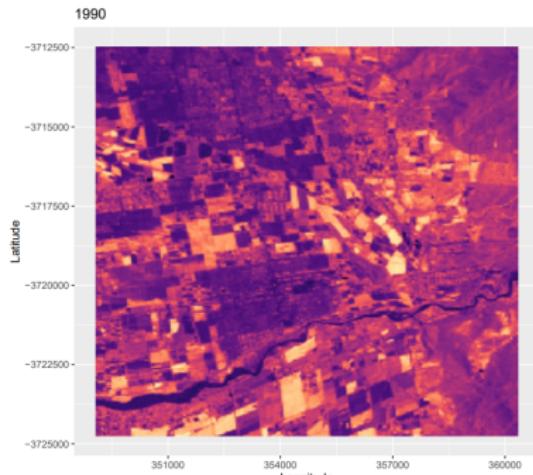


Fra il 2000 e il 2010 le aree verdi sembrano essere rimaste le stesse, ma ci sono molte più strade e quindi ancora più frammentazione.

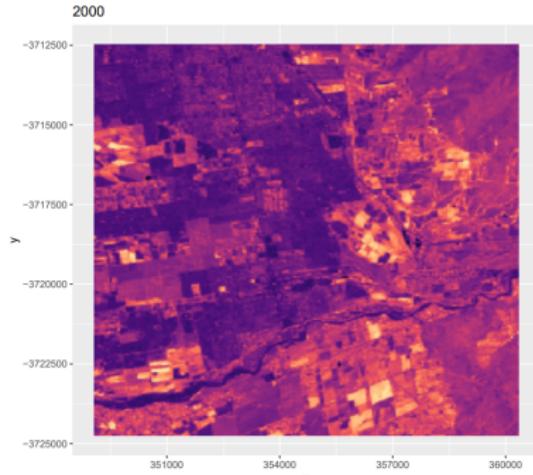
NDVI

Le zone più chiare sono quelle in cui è presente vegetazione, in grado di riflettere la radiazione nel vicino infrarosso. Nella decade prima del 2000, come già intuito precedentemente, diminuiscono le aree verdi.

Santiago de Chile
Puente Alto Municipality



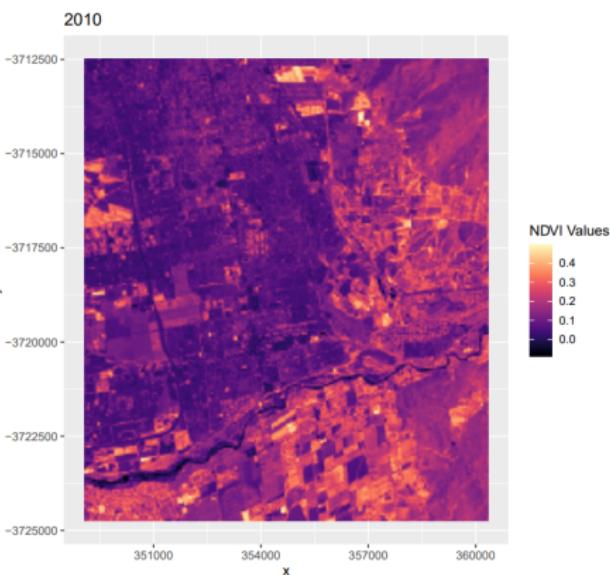
Santiago de Chile
Puente Alto Municipality



NDVI

Nella decade dopo il 2000, si osserva un potenziamento delle aree già urbanizzate: questo è evidente se si fa la differenza fra NDVI.

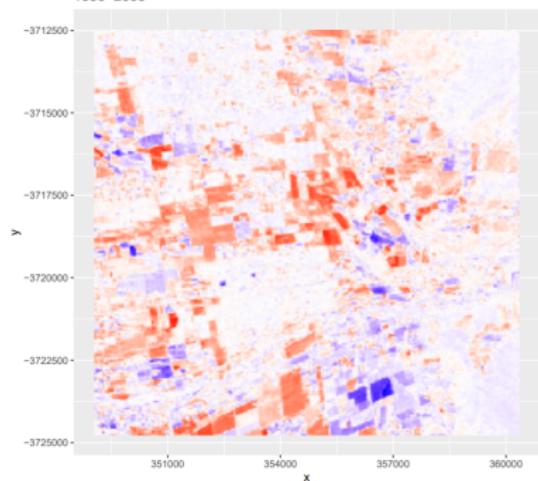
Santiago de Chile
Puente Alto Municipality



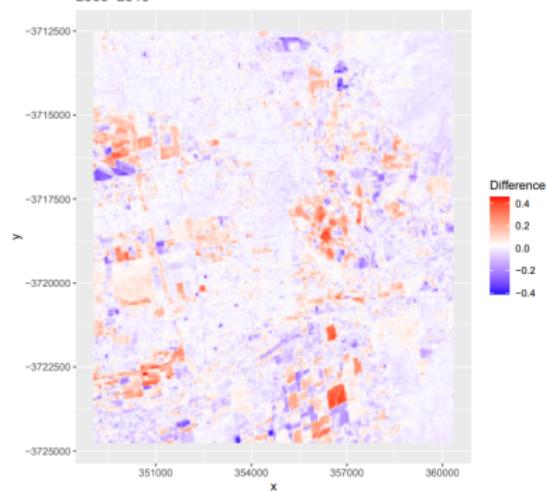
Differenza di NDVI

Le zone rosse, dove è stata tolta la vegetazione, sono più marcate nella prima decade.

NDVI Difference
Santiago de Chile, Puente Alto Municipality
1990–2000

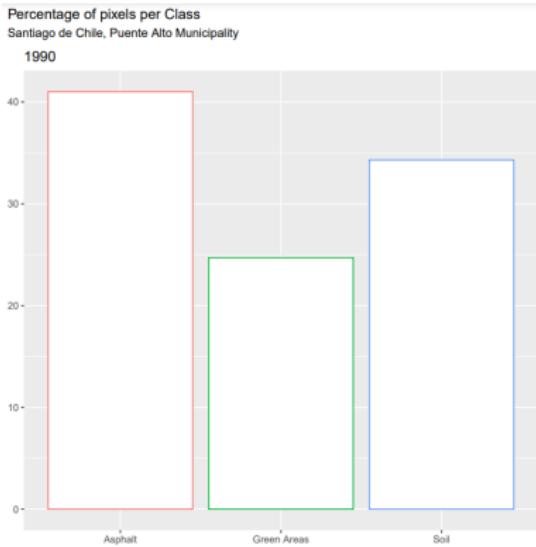
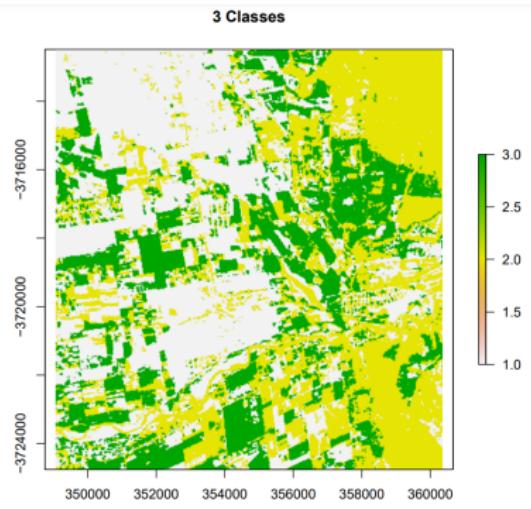


NDVI Difference
Santiago de Chile, Puente Alto Municipality
2000–2010

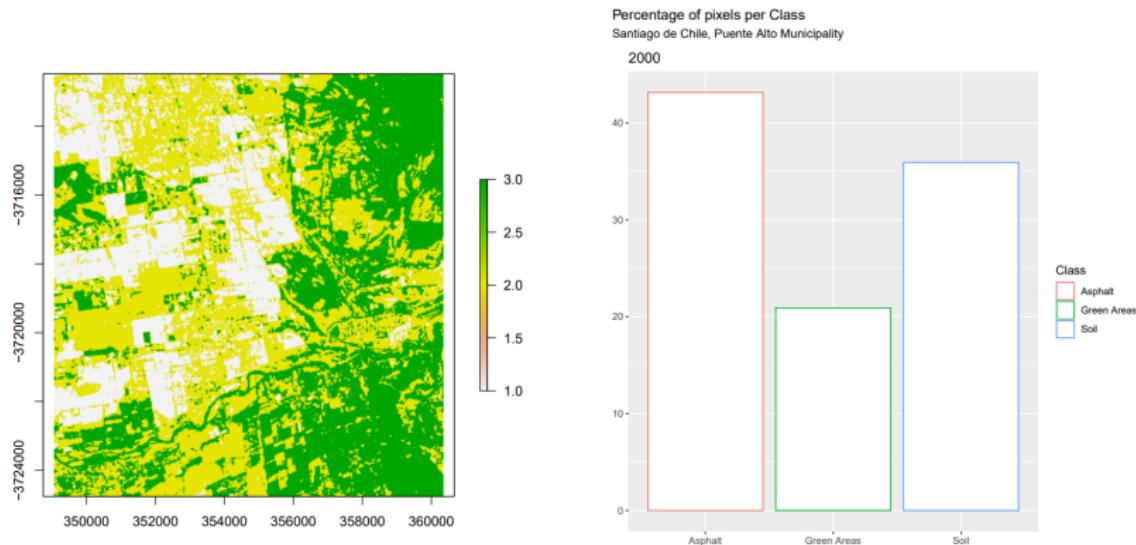


Classificazione

Dato che la maggior parte della vegetazione è scomparsa nella prima decade, il confronto si fa fra le prime due immagini usando tre classi: i pixel si distribuiscono fra pixel di roccia, cemento e aree verdi.



Classificazione

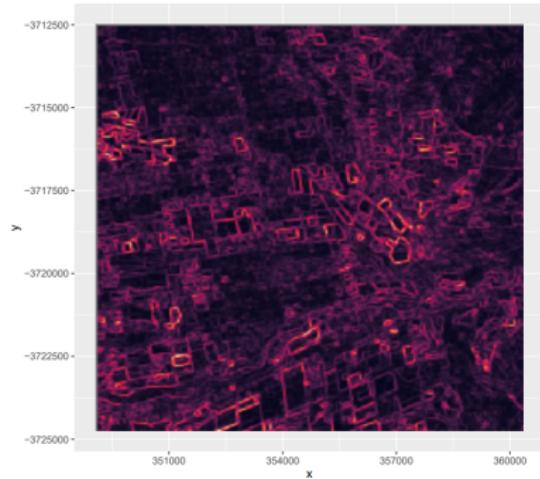


Secondo i barplot, che contengono la percentuale di pixel di aree verdi, cemento e roccia per immagine, c'è stata una diminuzione di vegetazione e un aumento di cemento, ma non in modo così evidente come si coglie ad occhio.

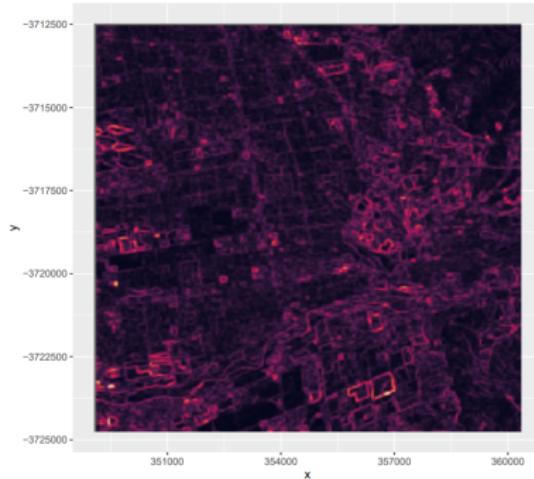
Variabilità

La deviazione standard applicata alla banda NIR ci restituisce una mappa di eterogeneità del paesaggio. Coerentemente con quanto già osservato, questa scompare nella prima decade.

Land heterogeneity
Santiago de Chile, Puente Alto Municipality
1990



Land heterogeneity
Santiago de Chile, Puente Alto Municipality
2000



Introduzione
oooo

Preparazione
ooo

Codice
oooooooooooo

Risultati
oooooooo●

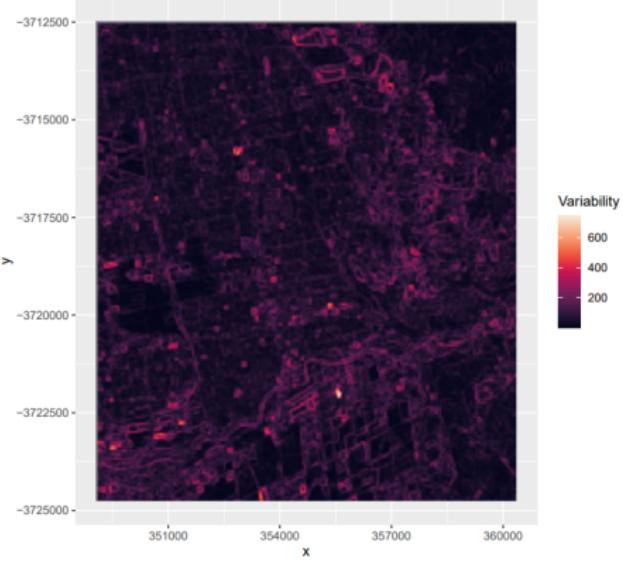
In conclusione
oooo

Variabilità

Il cemento appiattisce tutto.

Land heterogeneity
Santiago de Chile, Puente Alto Municipality

2010



Introduzione
oooo

Preparazione
ooo

Codice
oooooooooooo

Risultati
oooooooooooo

In conclusione
●ooo

Indice

1 Introduzione

2 Preparazione

3 Codice

4 Risultati

5 In conclusione

Santiago oggi

Santiago de Chile

2022



Nel 2022 la capitale del Cile è sempre più affollata, ricca di strade, la costruzione di edifici si è spinta fino ai piedi delle Ande. Si può dire che fino al 2000 la città ha risposto all'incremento demografico con l'urbanizzazione indiscriminata, per poi potenziarla nella decade successiva con la costruzione di altre strade.

Per distruggere un ecosistema è sufficiente frammentarlo, ed è ciò che succede in quelle poche aree verdi rimaste.

Introduzione
○○○○

Preparazione
○○○

Codice
○○○○○○○○○○

Risultati
○○○○○○○○○○

In conclusione
○○○●

Grazie per l'attenzione