

# Índice Biótico del Suelo en 50 ciudades de América Latina mediante inteligencia artificial en imágenes satelitales

Fernando Jiménez

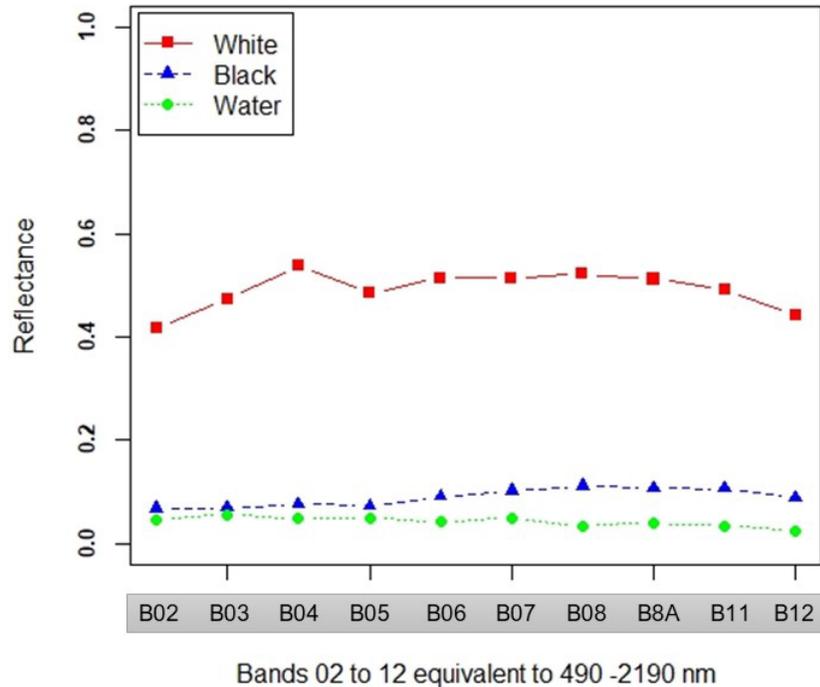
Iván Carroll

Noviembre 28 de 2024

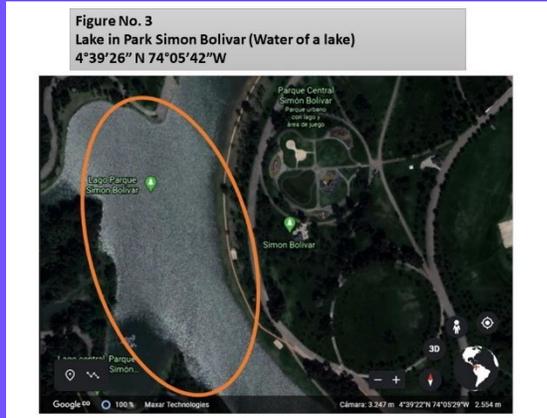


# Primeros hallazgos

Figure No. 13 White, Black and Water Wavelength



Resultado con  
Imágenes Sentinel 2

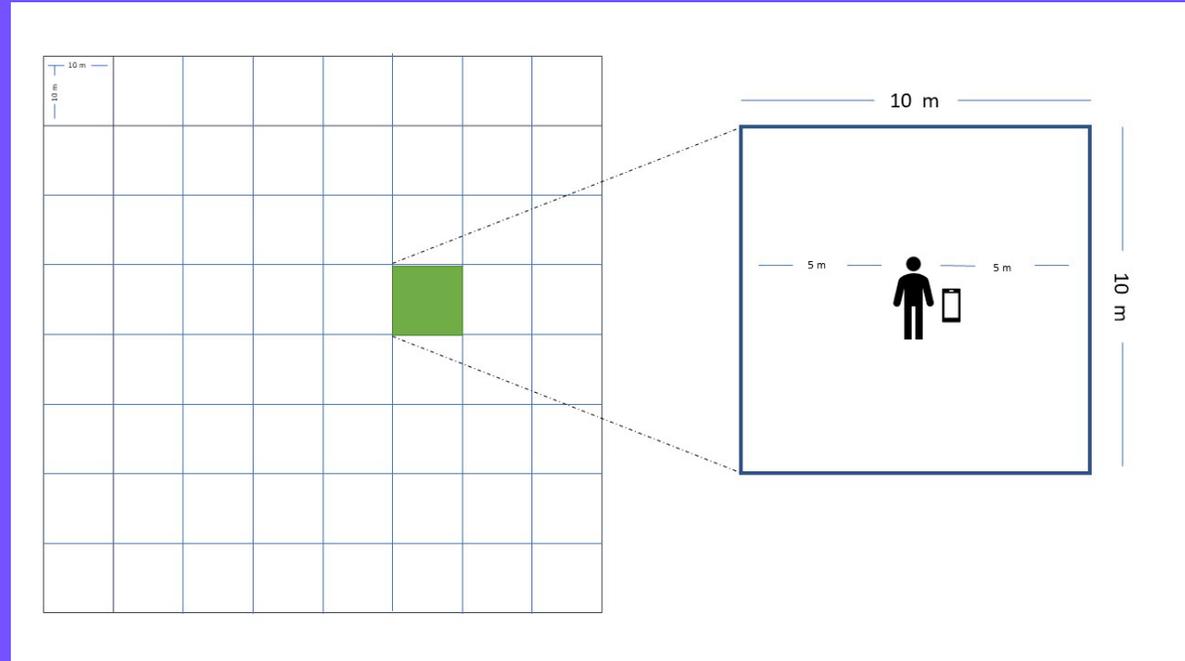
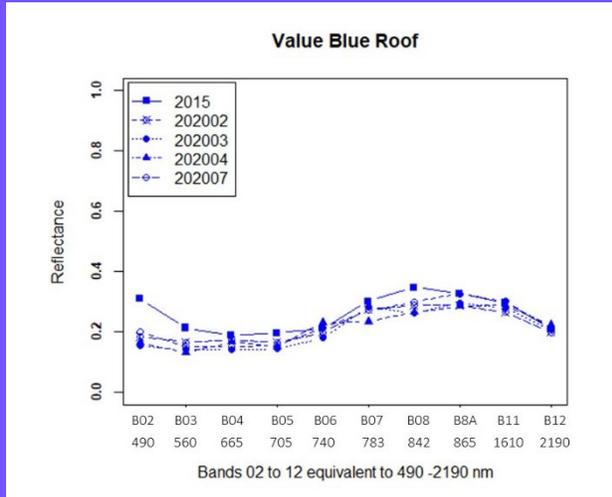


Imágenes Maxar  
Technologies

Importancia de comprender la reflectancia  
para realizar los entrenamientos

# Primeros hallazgos

Resultado con Imágenes Sentinel 2



Para darnos una idea la resolución espacial es de 10m es equivalente a un departamento o casa de 100 m<sup>2</sup>



Imágenes Maxar Technologies

# Primeros hallazgos

Imágenes Maxar Technologies



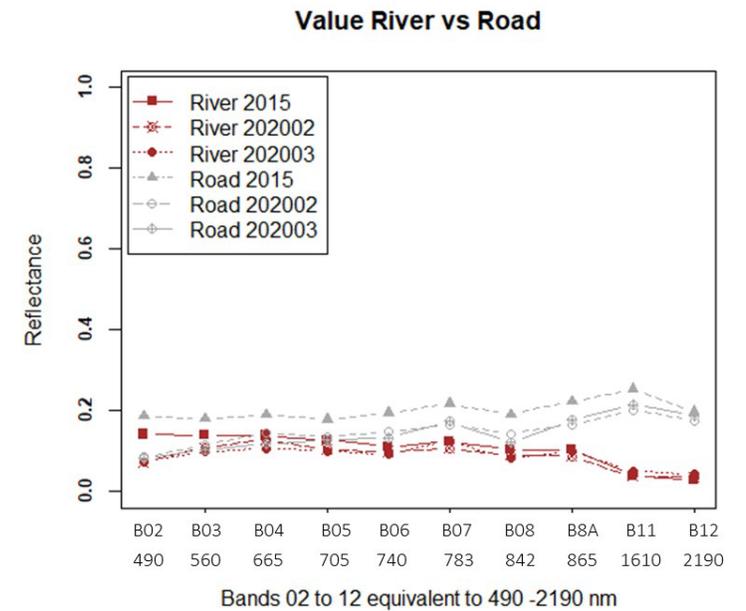
Magdalena's River

vs



Road Cra. 38 Calle 42

Resultado con Imágenes Sentinel 2



Importancia de comprender el comportamiento de la reflectancia para realizar los entrenamientos

## ¿Cómo se calculó el IBS?

El Índice Biótico del Suelo (IBS) es un valor que indica la relación entre las superficies funcionalmente significativas en el ciclo natural del suelo y la superficie total de una zona de estudio, en este caso una ciudad. Para esto se parte de la siguiente clasificación según su grado de naturalidad y permeabilidad. De acuerdo con Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2010) nivel óptimo IBS = 30%.

Tres tipos de suelos:

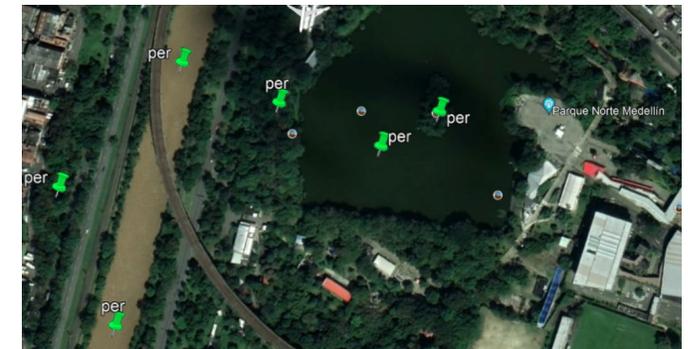
### Impermeable



### Semipermeable



### Permeable



$$\text{IBS} = \text{Impermeable} * 0 + \text{Semipermeable} * 0.3 + \text{Permeable} * 0.7$$

## ¿Cómo se realiza el entrenamiento de datos?



# ¿Cuáles bandas se usaron?, ¿Cuáles índices se usaron?

10 metre spatial resolution:

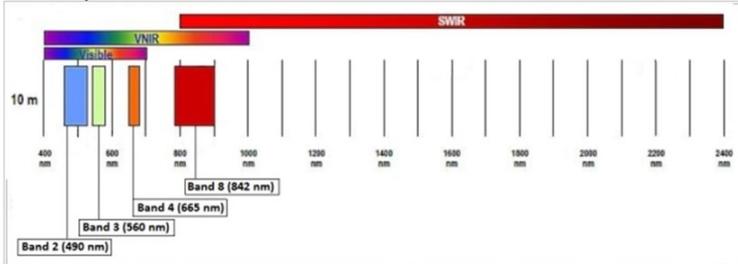


Figure 1: SENTINEL-2 10 m spatial resolution bands: B2 (490 nm), B3 (560 nm), B4 (665 nm) and B8 (842 nm)

20 metre spatial resolution:

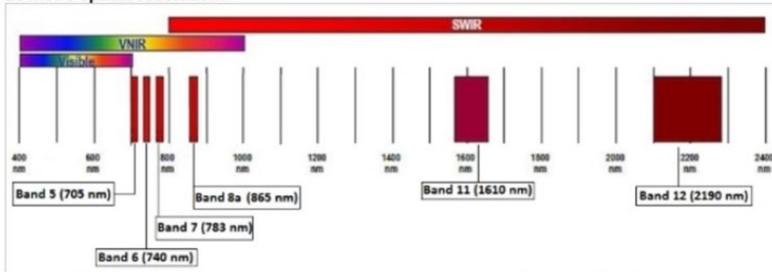
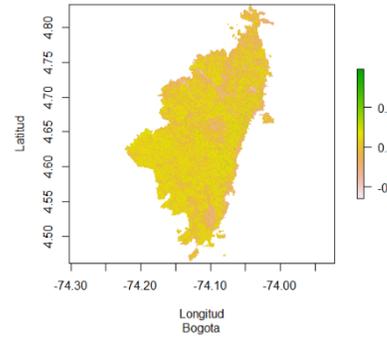
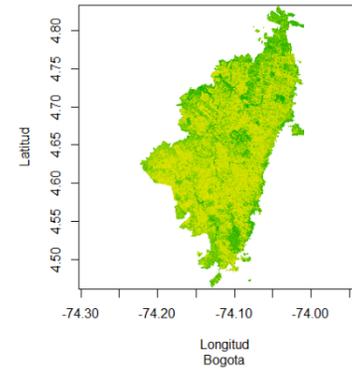


Figure 2: SENTINEL-2 20 m spatial resolution bands: B5 (705 nm), B6 (740 nm), B7 (783 nm), B8a (865 nm), B11 (1610 nm) and B12 (2190 nm)

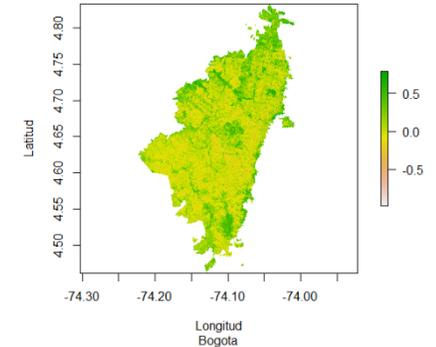
Indice de la Diferencia Normalizada Edificada NDBI



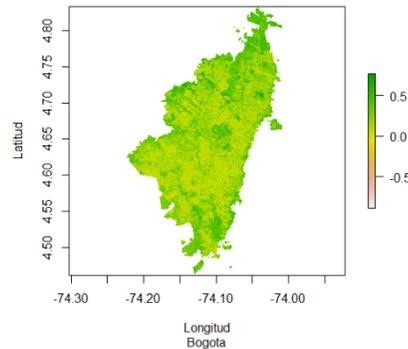
Indice Normalizado de Diferencia en la Vegetación - NDVI



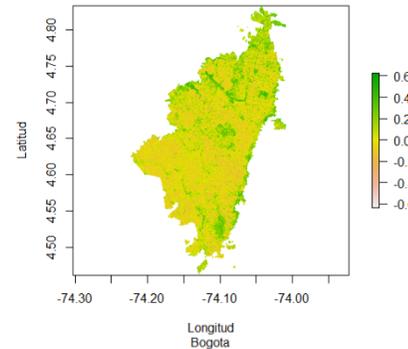
Indice de Diferencia Normalizada del Agua - Método Gao - NDWI2



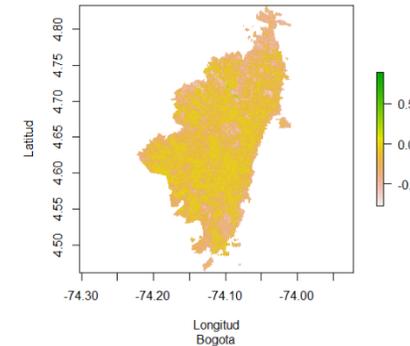
Indice de Vegetación de la Diferencia Normalizada Verde - GNDVI



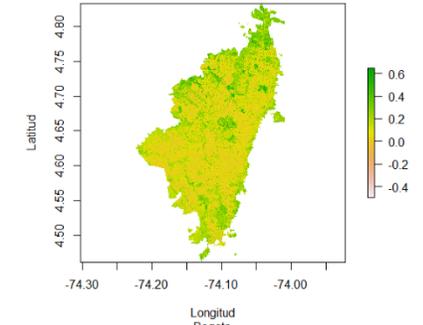
Indice de Diferencia Normalizada de Humedad MOISTURE INDEX



Indice Normalizado de la Diferencia de Agua NDWI



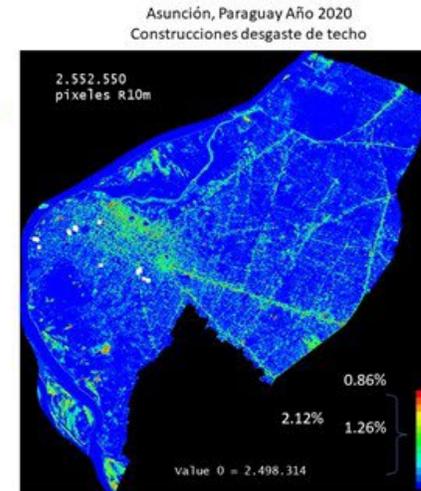
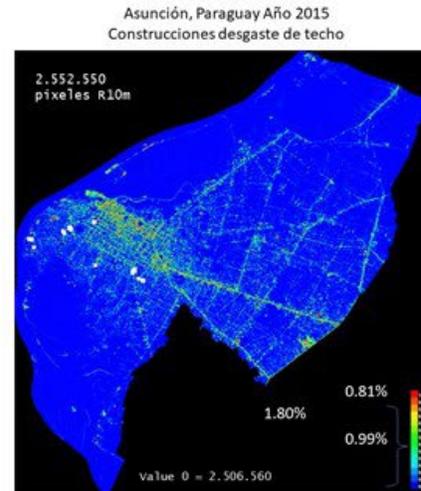
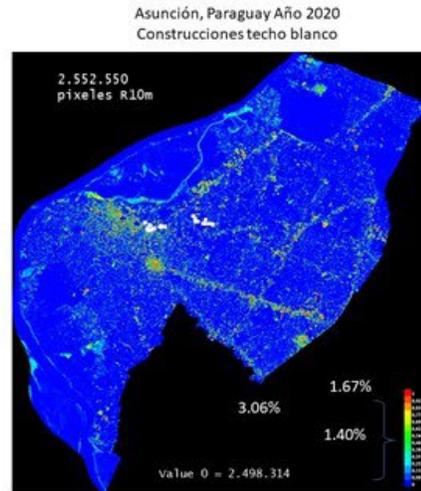
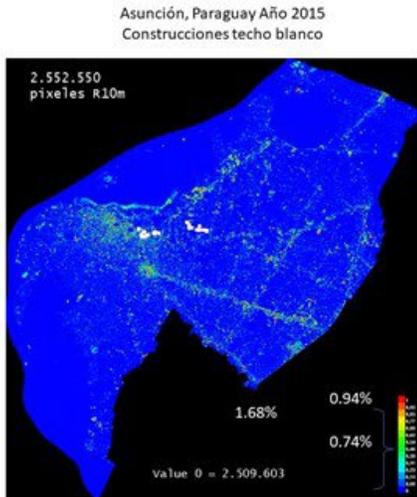
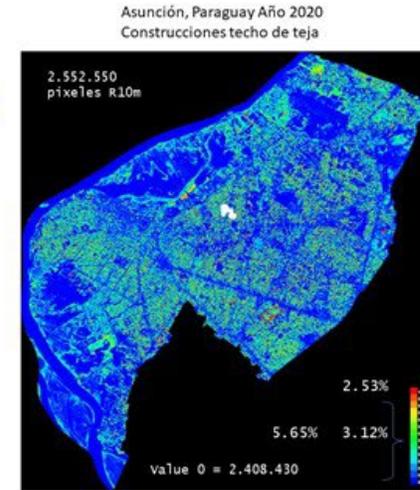
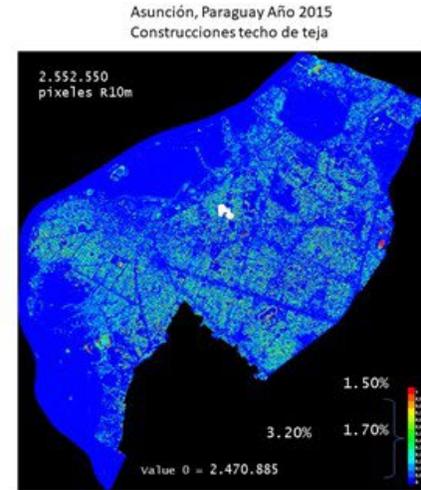
Indice de Vegetación Ajustado al Suelo - SAVI



Se hicieron varias pruebas hasta encontrar la combinación ideal



Se realizaron múltiples experimentos



# Obtención de gran cantidad de datos

IBS 2020

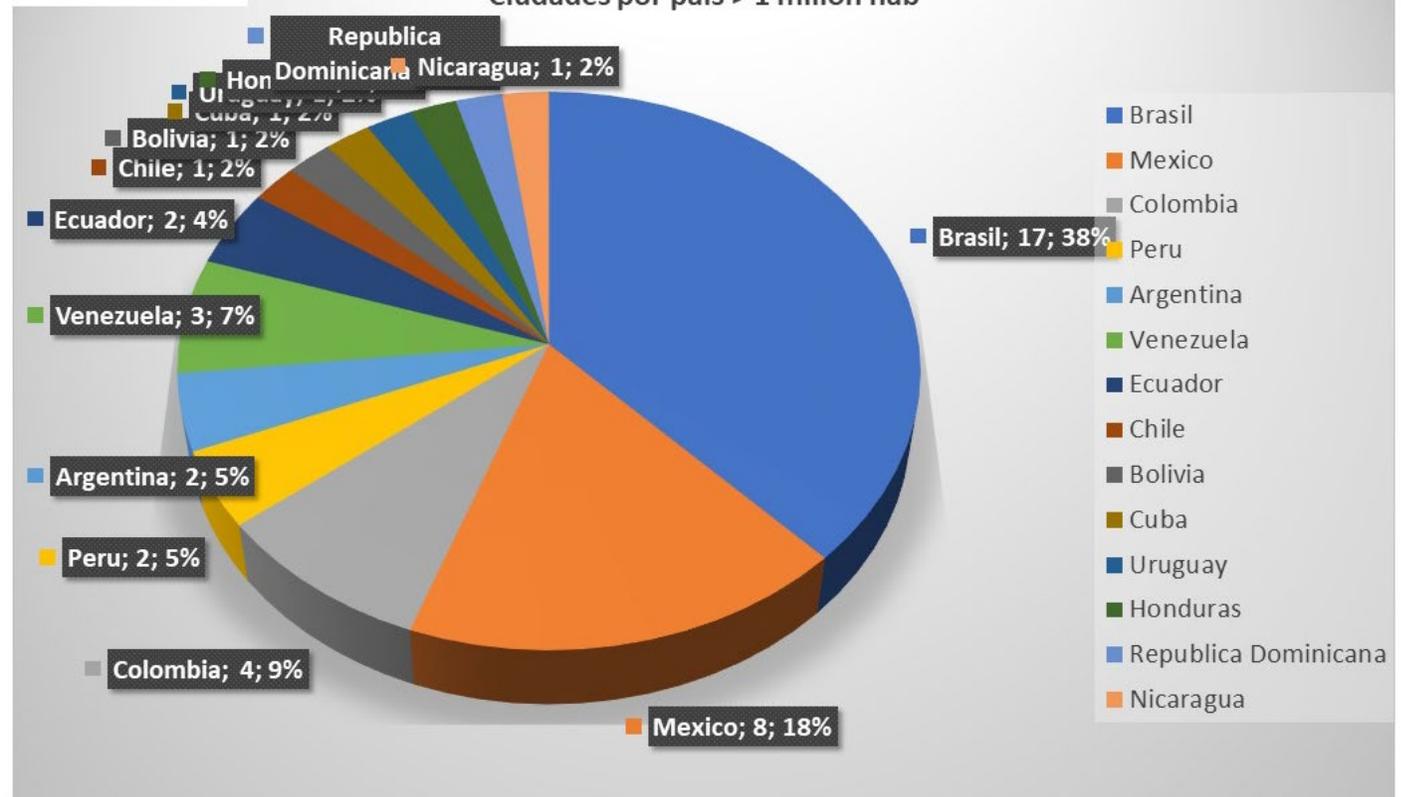
Variación IBS 2015 - 2020



A	B	C	D	Año 2020				Año 2015				Variación Año 2015 - 2020						
				E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
No	Ciudad	Pais	Habitantes	no_iden_20	imper_20	semip_20	perme_20	IBS_20	no_iden_15	imper_15	semip_15	perme_15	IBS_15	no_iden_var	imper_var	semip_var	perme_var	IBS_var
1	Sao Paulo	Brasil	11.967.825	0,022	0,434	0,010	0,534	0,377	0,019	0,448	0,010	0,523	0,369	0,184	-0,032	0,020	0,020	0,020
2	Ciudad de Mexico	Mexico	8.918.653	0,054	0,372	0,122	0,452	0,353	0,055	0,371	0,131	0,443	0,349	-0,022	0,002	-0,071	0,022	0,012
3	Lima	Peru	8.894.412	0,045	0,046	0,868	0,042	0,290	0,071	0,037	0,792	0,101	0,308	-0,368	0,250	0,096	-0,586	-0,060
4	Bogota	Colombia	7.862.277	0,085	0,539	0,073	0,303	0,234	0,082	0,541	0,072	0,305	0,235	0,030	-0,002	0,012	-0,007	-0,005
5	Rio de Janeiro	Brasil	6.476.631	0,015	0,378	0,037	0,570	0,410	0,019	0,422	0,053	0,507	0,371	-0,255	-0,115	-0,409	0,110	0,106
6	Santiago	Chile	5.507.282	0,041	0,556	0,230	0,173	0,190	0,054	0,515	0,200	0,221	0,221	-0,240	0,080	0,149	-0,252	-0,143
7	Buenos Aires	Argentina	3.054.267	0,077	0,725	0,089	0,109	0,103	0,084	0,724	0,087	0,105	0,100	-0,087	0,002	0,023	0,040	0,035
8	Medellin	Colombia	2.933.094	0,079	0,475	0,239	0,207											
9	Fortaleza	Brasil	2.591.188	0,021	0,485	0,349	0,145											
10	Quito	Ecuador	2.551.721	0,020	0,272	0,216	0,492											
11	Belo Horizonte	Brasil	2.502.557	0,027	0,565	0,221	0,187											
12	Cali	Colombia	2.333.203	0,070	0,495	0,132	0,303											
13	Belem	Brasil	2.146.595	0,020	0,075	0,021	0,883											
14	La Habana	Cuba	2.117.625	0,020	0,050	0,127	0,803											
15	Manaus	Brasil	2.057.711	0,040	0,269	0,040	0,650											
16	Curitiba	Brasil	1.879.355	0,128	0,399	0,071	0,402											
17	Valparaiso	Chile	1.815.902	0,069	0,514	0,220	0,197											
18	Puebla	Mexico	1.692.181	0,068	0,475	0,321	0,137											
19	Ecatepec de Morelos	Mexico	1.677.678	0,094	0,647	0,211	0,048											
20	Recife	Brasil	1.617.183	0,029	0,492	0,042	0,437											
21	Santa Cruz de la Sierra	Bolivia	1.614.224	0,008	0,074	0,688	0,230											
22	Porto Alegre	Brasil	1.476.867	0,019	0,351	0,008	0,622											
23	Guadalajara	Mexico	1.460.148	0,050	0,729	0,122	0,099											
24	Goiania	Brasil	1.430.637	0,022	0,015	0,743	0,220											
25	Ciudad Juarez	Mexico	1.428.508	0,021	0,482	0,465	0,031											
26	Cordoba	Argentina	1.414.201	0,105	0,085	0,374	0,435											
27	Leon	Mexico	1.349.224	0,042	0,506	0,283	0,169											
28	Tijuana	Mexico	1.298.475	0,038	0,442	0,426	0,094											
29	Barranquilla	Colombia	1.239.518	0,075	0,552	0,079	0,294											
30	Tegucigalpa	Honduras	1.190.230	0,031	0,041	0,123	0,805											
31	Zapopan	Mexico	1.179.681	0,102	0,523	0,317	0,059											
32	Campinas	Brasil	1.164.098	0,037	0,169	0,134	0,660											
33	Monterrey	Mexico	1.109.171	0,059	0,313	0,136	0,492											
34	Managua	Nicaragua	1.048.134	0,071	0,125	0,011	0,792											
35	Nezahualcoyotl	Mexico	1.039.867	0,129	0,764	0,079	0,028											
36	Maceio	Brasil	1.013.773	0,007	0,142	0,140	0,711											
37	Callao	Peru	1.010.315	0,036	0,573	0,364	0,027											
38	Santo Domingo	Republica Do	1.007.937	0,049	0,537	0,140	0,274											
39	Cartagena	Colombia	914.552	0,046	0,521	0,106	0,326											
40	Cucuta	Colombia	711.715	0,065	0,604	0,097	0,234											
41	Bucaramanga	Colombia	612.274	0,024	0,310	0,081	0,586											
42	Villavicencio	Colombia	551.212	0,082	0,367	0,078	0,473											
43	Santa Marta	Colombia	538.612	0,095	0,327	0,280	0,298											
44	Valledupar	Colombia	532.956	0,027	0,405	0,351	0,216											
45	Asuncion	Paraguay	525.294	0,031	0,521	0,125	0,323											
46	Monteria	Colombia	490.935	0,054	0,440	0,072	0,434											
47	Pereira	Colombia	477.027	0,069	0,488	0,071	0,373											
48	Sincelejo	Colombia	277.773	0,052	0,295	0,317	0,336											
49	Concepcion	Chile	223.574	0,051	0,510	0,285	0,154											
50	Tunja	Colombia	172.548	0,097	0,333	0,200	0,370											

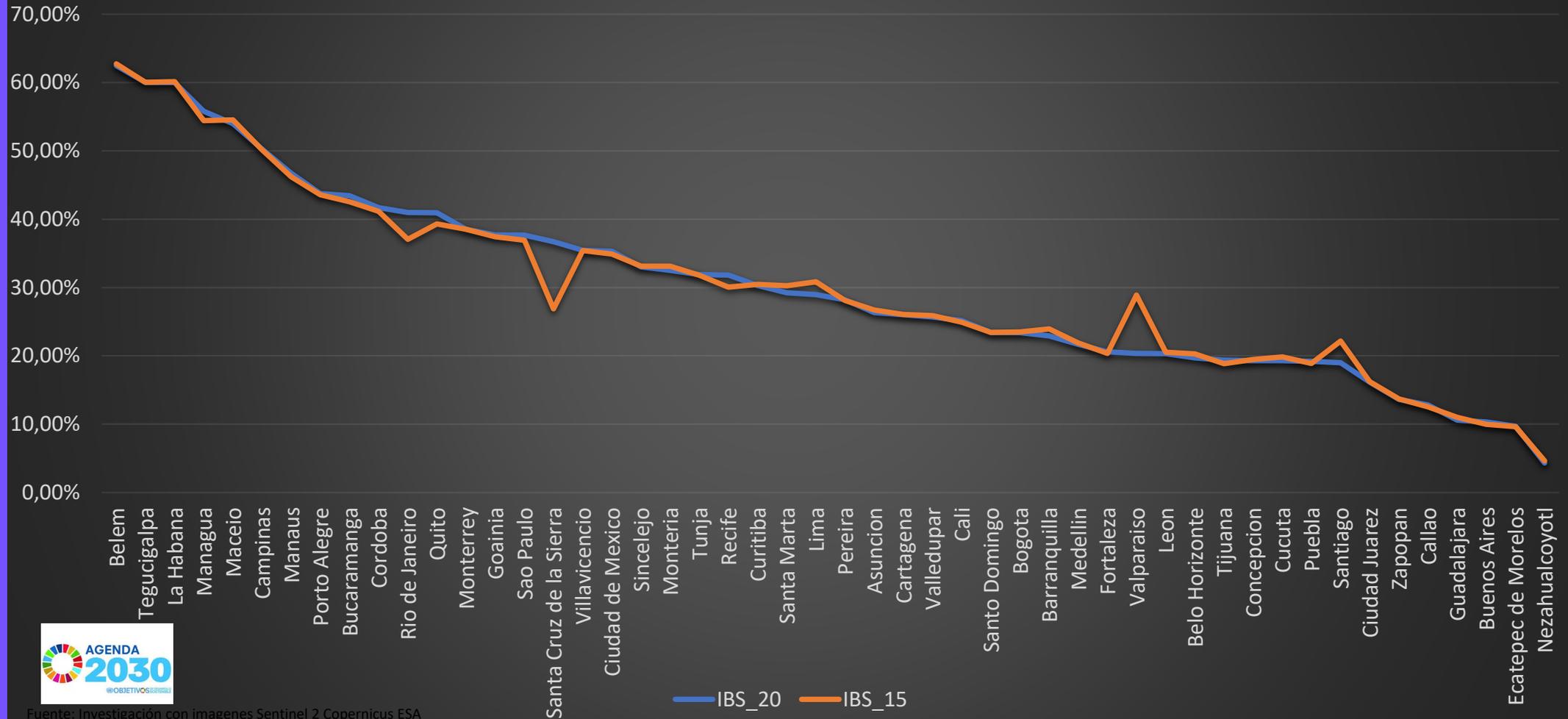


Ciudades por país > 1 millón hab



# Resultados - IBS para 50 ciudades latinoamericanas

## Indice Biótico del Suelo - IBS - Años 2020 y 2015 50 ciudades latinoamericanas

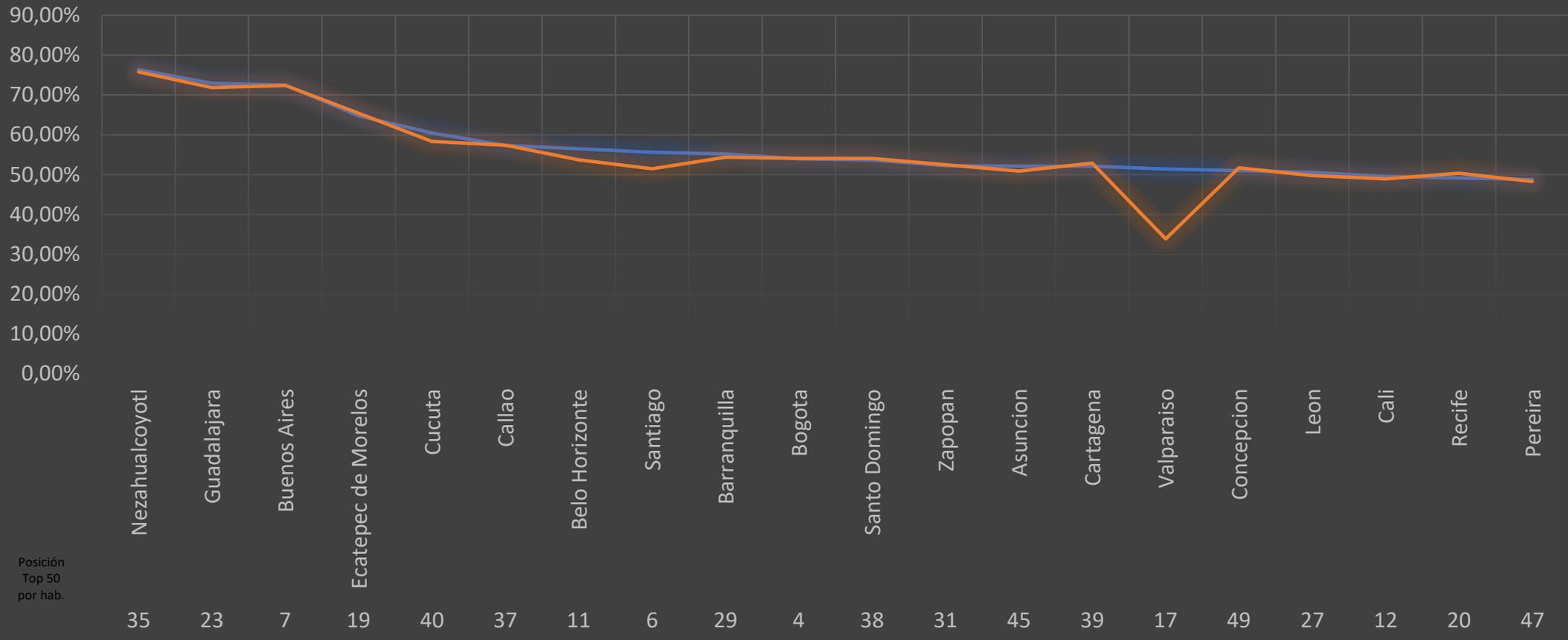


Fuente: Investigación con imagenes Sentinel 2 Copernicus ESA

# Resultados – las 20 ciudades más impermeables

## 20 ciudades latinoamericanas más impermeables Impermeabilidad Años 2020 y 2015

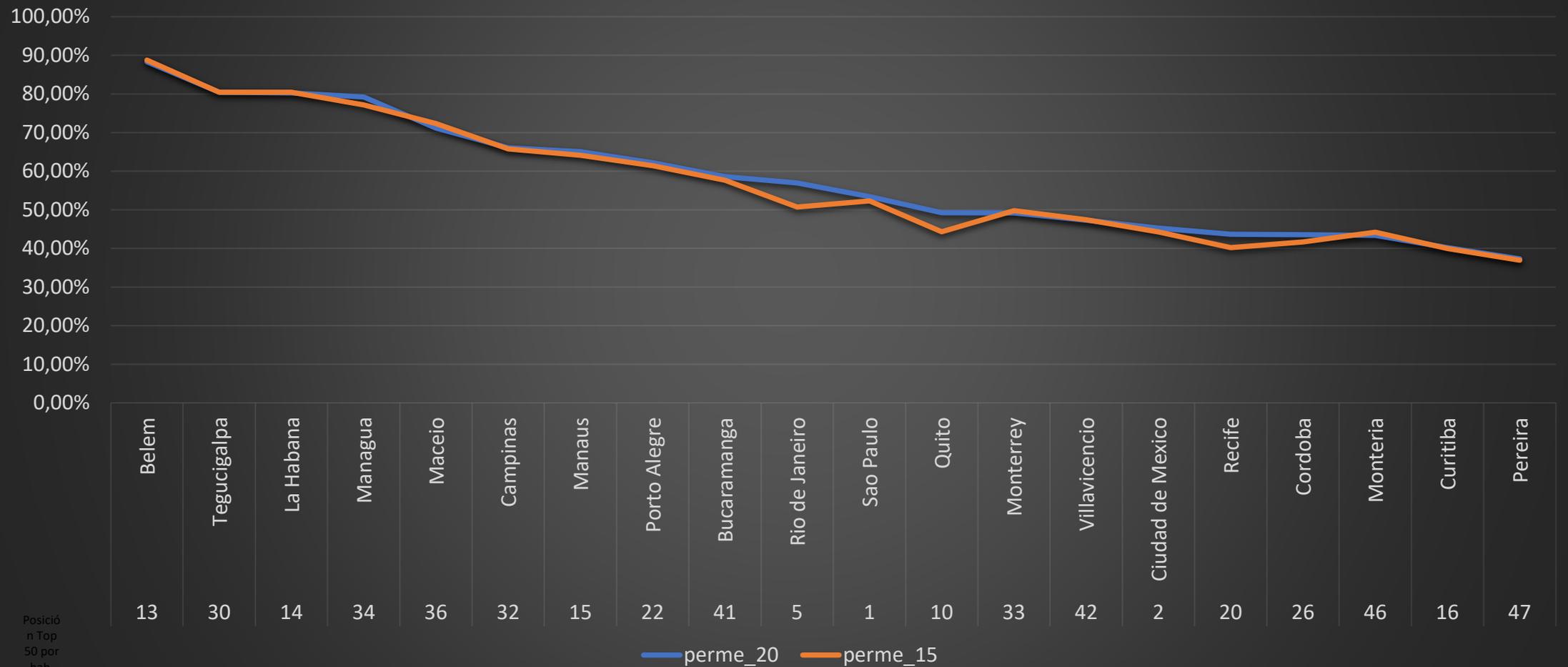
— imper\_20 — imper\_15



Posición Top 50 por hab.

# Resultados – las 20 ciudades más permeables

## 20 ciudades latinoamericanas más permeables Permeabilidad Años 2020 y 2015



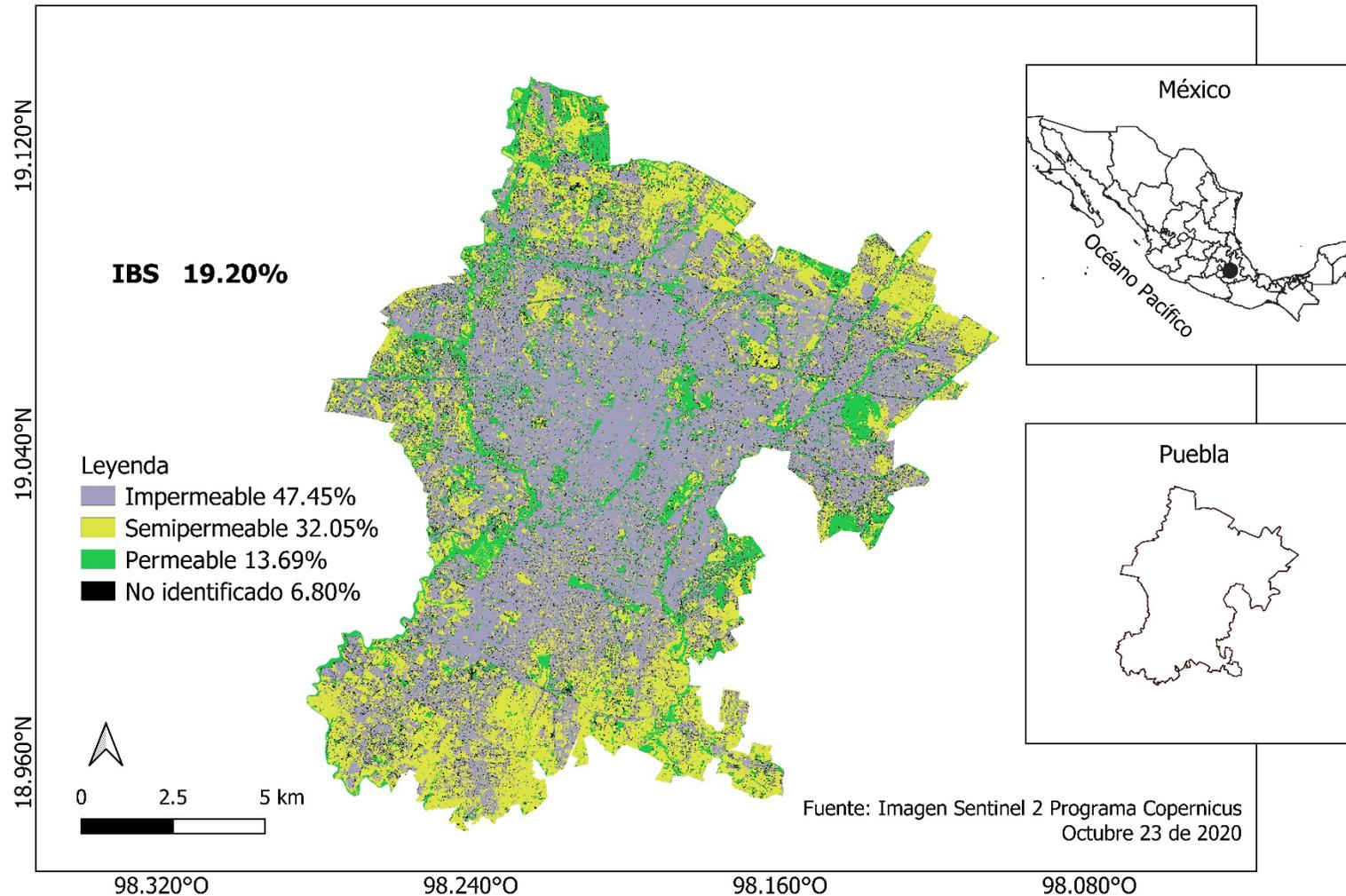
Posición Top 50 por hab.

# Mapas finales

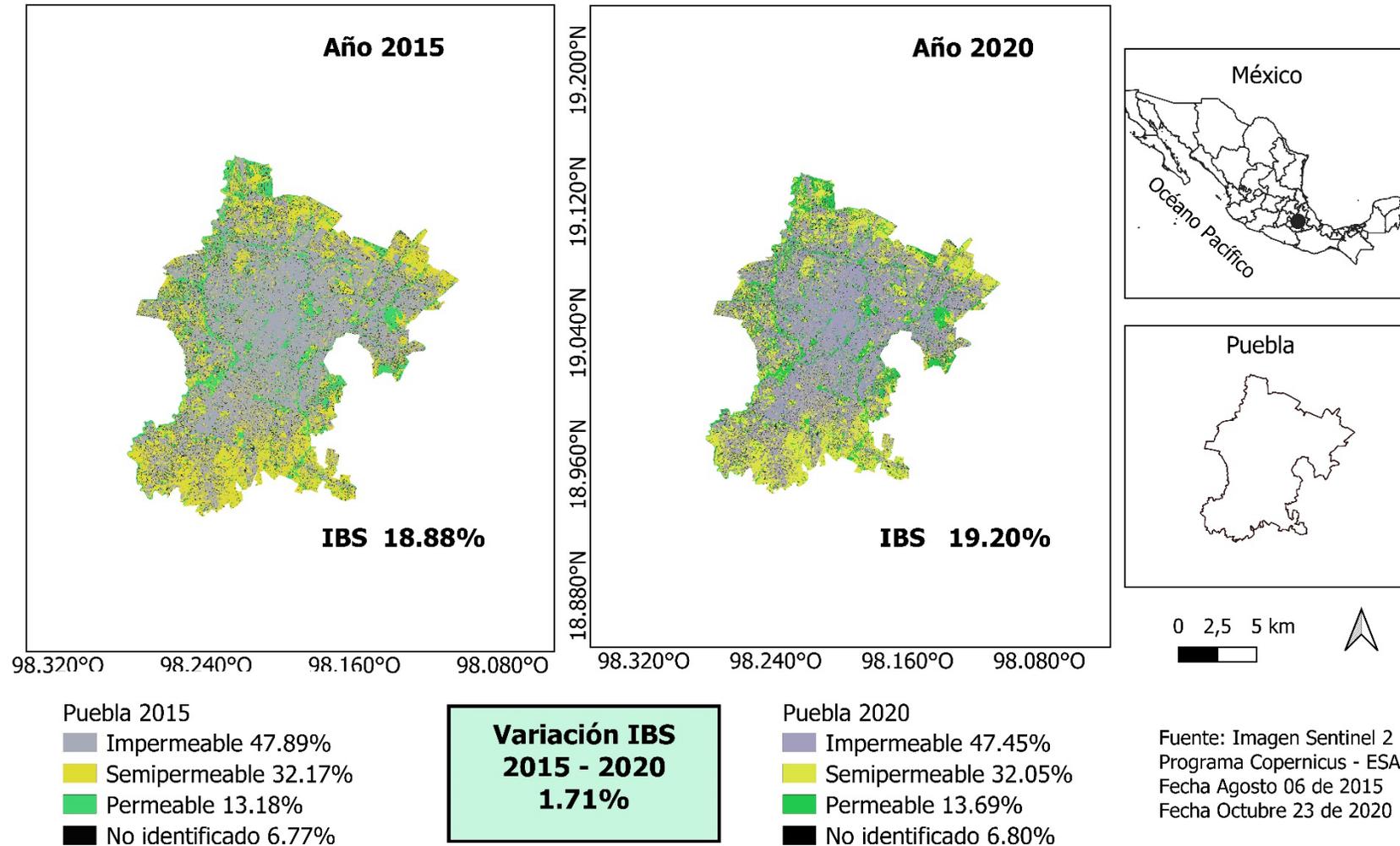


Facultad de Ingeniería

## Índice Biótico del Suelo (IBS) Puebla, México. Población 1,692,181 hab. Imagen Sentinel 2 con inteligencia artificial



# Mapas finales



Identificación de techos para procesos de formalización de la tierra

Otras aplicaciones

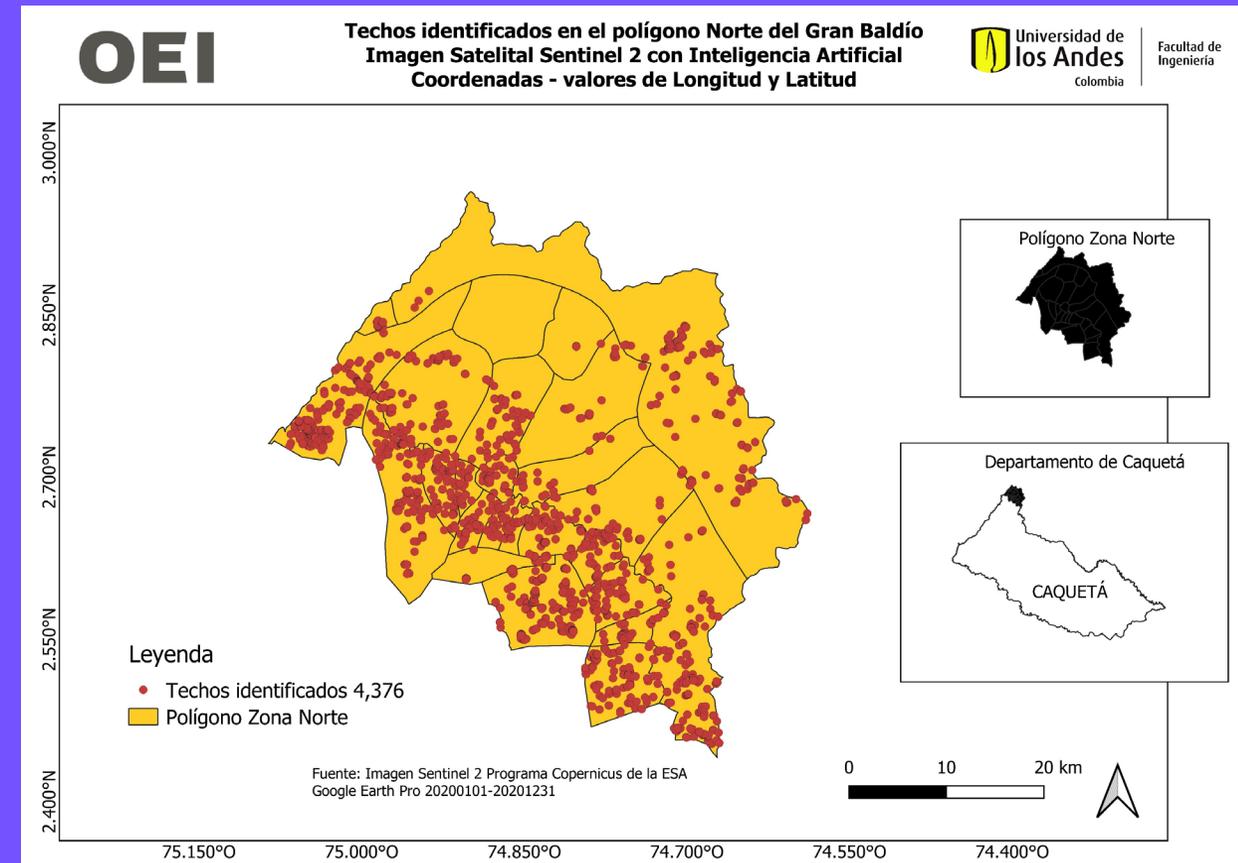
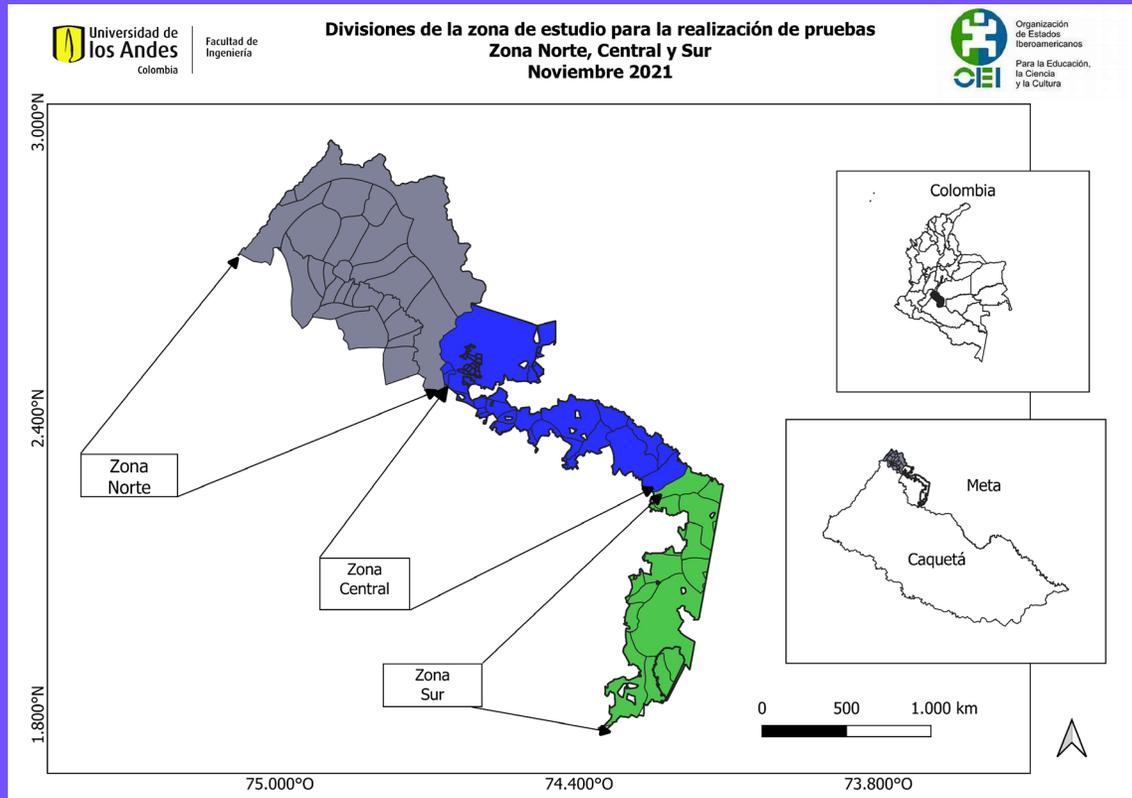
# Uso de nuestra tecnología en apoyo al Decreto 148 de 2020: Metodología de inteligencia artificial con imágenes satelitales para el proceso de formalización de la Tierra



Área total 3,160 km<sup>2</sup> = 31,591,768 pixeles de 10m<sup>2</sup>



Luxemburgo tiene 2,586 km<sup>2</sup>

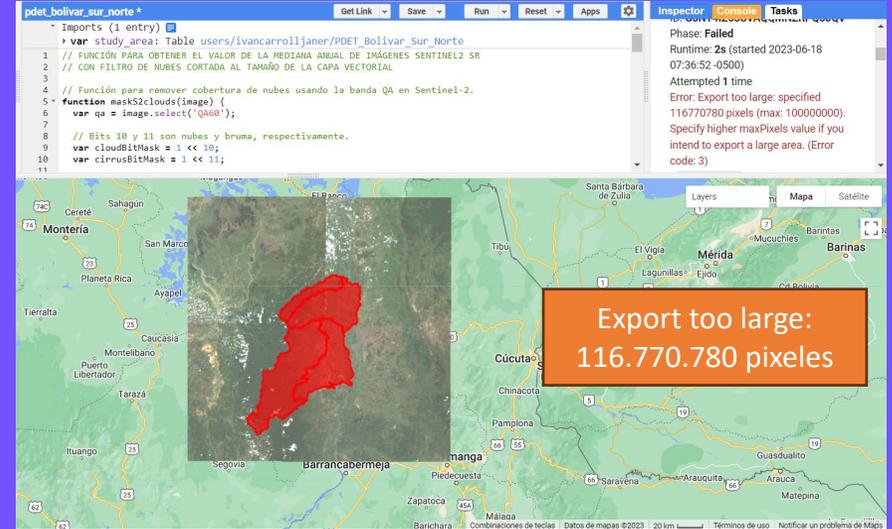
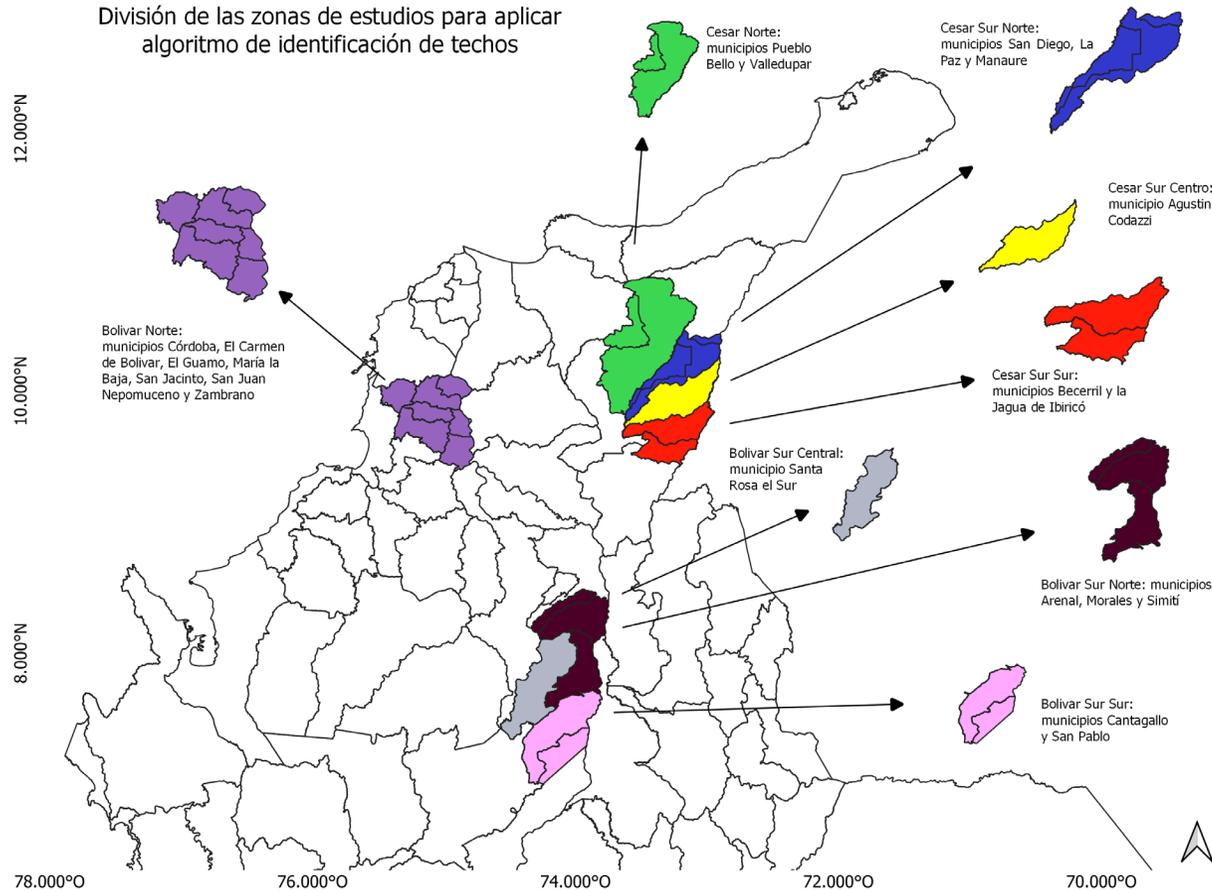


Identificación de techos para calcular potencial fotovoltaico

Otras aplicaciones del algoritmo

# Aprovechamiento de energía solar en techos solares fotovoltaicos

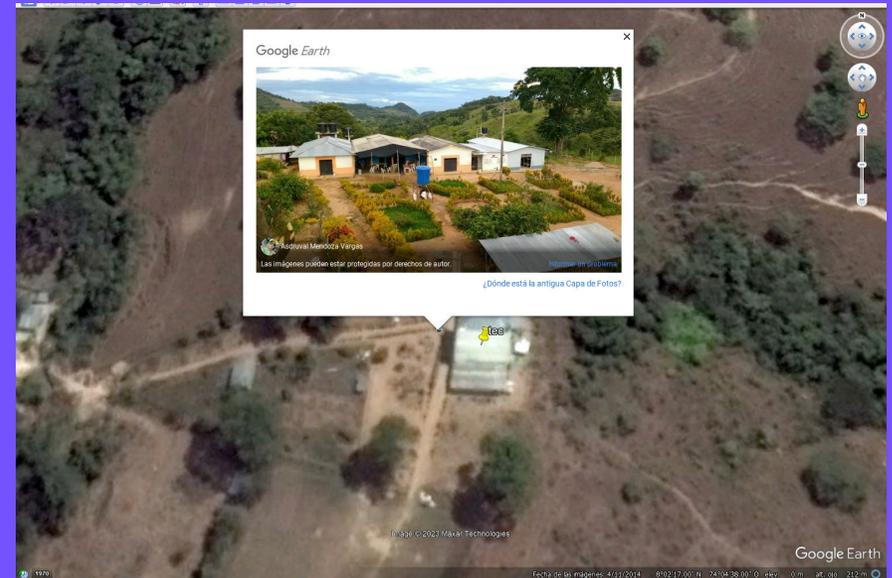
División de las zonas de estudios para aplicar algoritmo de identificación de techos



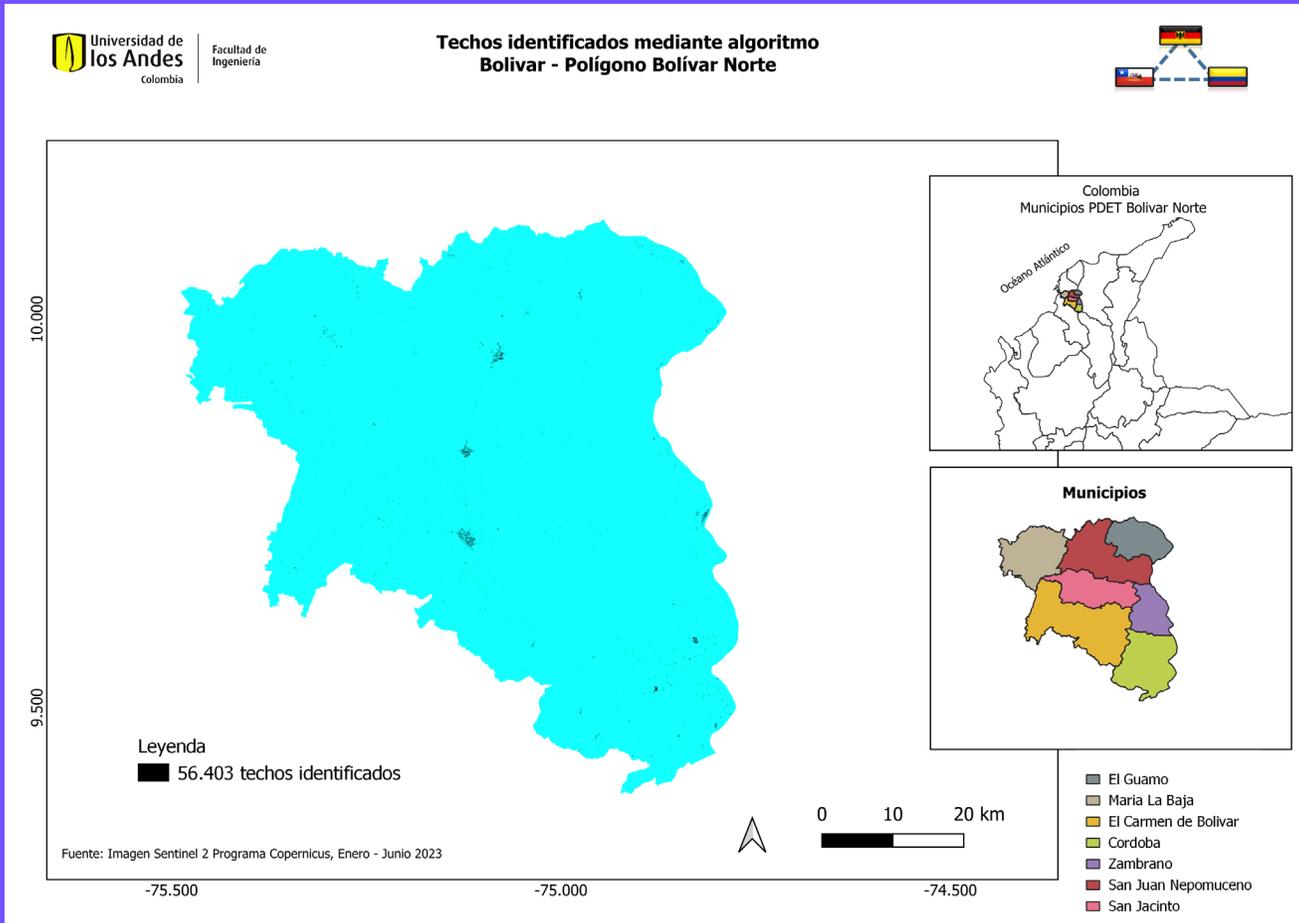
```
pdet_bolivar_sur_norte *
+ Imports (1 entry)
+ var study areas: Tabla users/ivancarrrolljaneer/PDET Bolivar Sur Norte
1 // FUNCIÓN PARA OBTENER EL VALOR DE LA MEDIANA ANUAL DE IMÁGENES SENTINEL2 SR
2 // CON FILTRO DE NUBES CORTADA AL TAMAÑO DE LA CAPA VECTORIAL
3
4 // Función para remover cobertura de nubes usando la banda QA en Sentinel-2.
5 - función maskS2clouds(image) {
6   var qa = image.select('QA60');
7
8   // Bits 10 y 11 son nubes y bruma, respectivamente.
9   var cloudBitMask = 1 << 10;
10  var cirrusBitMask = 1 << 11;
11
```

Phase: Failed  
Runtime: 2s (started 2023-06-18 07:36:52 -0500)  
Attempted 1 time  
Error: Export too large: specified 116770780 pixels (max: 100000000). Specify higher maxPixels value if you intend to export a large area. (Error code: 3)

Export too large: 116.770.780 pixeles



# Aprovechamiento de energía solar en techos solares fotovoltaicos

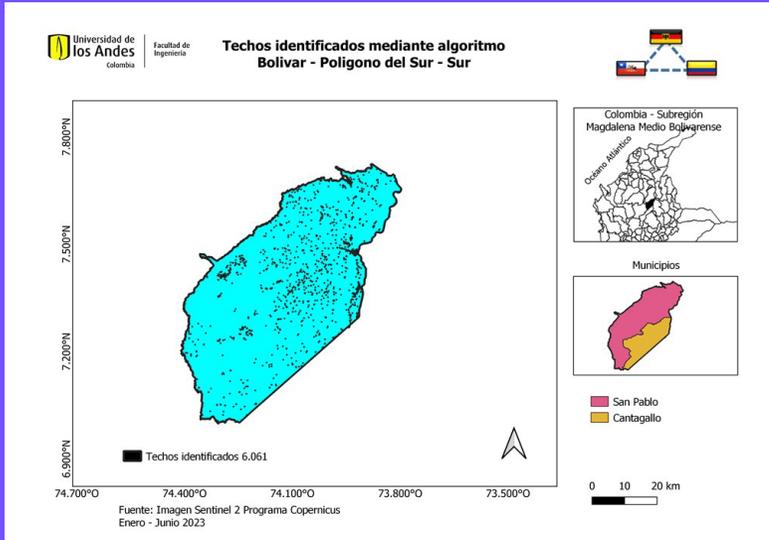


Departamento de Bolívar se analizaron 125.340.904 píxeles de 100 m<sup>2</sup>, lo que equivale a una extensión de 12.534 km<sup>2</sup>. Departamento del Cesar se analizaron 107.528.976 píxeles de 100 m<sup>2</sup>, lo que equivale a una extensión 10.752 km<sup>2</sup>. En total analizamos 23,286 km<sup>2</sup>. Eslovenia tiene 20.273 km<sup>2</sup>.

	Bolívar Norte	% sobre el total
Techos según IA	56.403	0,14%
CNPV 2018	52.626	0,13%

Polígono	Bolivar Norte
Potencial Total Medio Estimado [W]	592.742.203
Potencial Total Medio Estimado [kW]	592.742,20

# Aprovechamiento de energía solar en techos solares fotovoltaicos



	Bolívar Norte	% sobre el total	Bolívar Sur Norte	% sobre el total	Bolívar Sur Central	% sobre el total	Bolívar Sur Sur	% sobre el total	Total techos
<b>Techos según IA</b>	<b>56.403</b>	<b>0,14%</b>	<b>25.072</b>	<b>0,08%</b>	<b>8.416</b>	<b>0,03%</b>	<b>6.061</b>	<b>0,02%</b>	<b>95.952</b>
<b>CNPV 2018</b>	<b>52.626</b>	<b>0,13%</b>	<b>11.210</b>	<b>0,03%</b>	<b>7.342</b>	<b>0,03%</b>	<b>9.044</b>	<b>0,03%</b>	<b>80.222</b>

Polígono	Bolívar Norte	Bolívar Sur Norte	Bolívar Sur Central	Bolívar Sur Sur
Potencial Total Medio Estimado [W]	592.742.203	258.910.473	78.703.010	63.441.950
Potencial Total Medio Estimado [kW]	592.742,20	258.910,47	78.703,01	63.441,95

Bolívar	Total
<b>Potencial Total Medio Estimado [kW]</b>	<b>993.797,64</b>



[eventos.cmm.uchile.cl/ceds2024](https://eventos.cmm.uchile.cl/ceds2024)

