

Polución lumínica marina nocturna en grandes ciudades costeras a través de imágenes satelitales nocturnas.

Investigadores: Arquitecto Carlos G. Cotlier.
Dra. Cristina Pacino
Mter. Ing. Cecilia Cornero.
Lic. Laura Balparda.
Lic. Gabriel Cotlier.
Técnico Diego A. G. López.

8va Reunión de Ciencia SAC-D/Aquarius

12 – 14 Noviembre 2013. Buenos Aires, Argentina



**Universidad
Nacional de
Rosario**



**Facultad de Ciencias
Exactas, Ingeniería y
Agrimensura**



**Centro de
Sensores
Remotos**

Introducción

Las zonas costeras han experimentado un rápido crecimiento demográfico, urbanístico y turístico. Esto causó un considerable incremento de luz artificial en términos de extensión e intensidad.

La polución lumínica marina se define como “la degradación del hábitat fótico o lumínico provocado por luz artificial” [Verheijen, 1985]. Esta contaminación puede alterar el comportamiento de los organismos en su hábitat, como también, la hora y la intensidad del ciclo lumínico natural [Longcore-Rich, 2004 and Salmon et al., 1995].

Las luces nocturnas pueden atraer, repeler, desorientar a los organismos de su hábitat natural, reacciones que más tarde pueden alterar los patrones de reproducción, alimentación, migración y la relación predador-presa [Mazort et al., 2013].

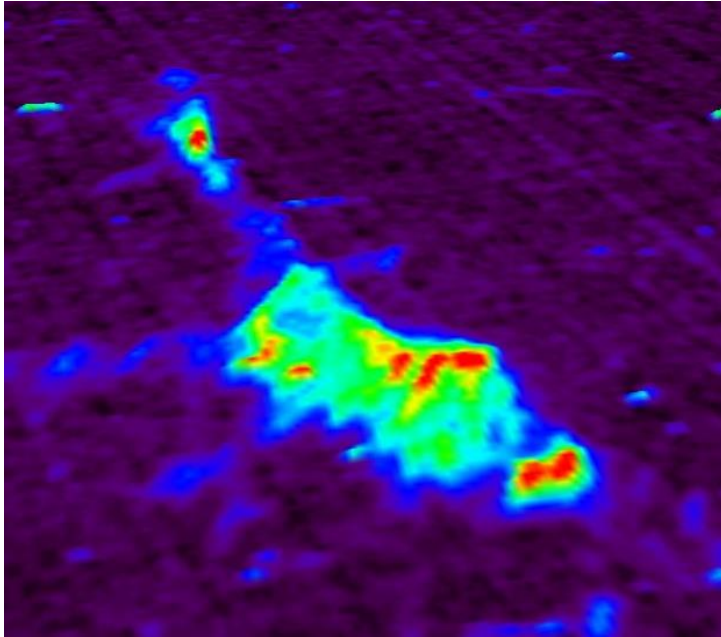
Polución

Es la alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio (contaminante), causando inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en un medio físico o en un ser vivo.

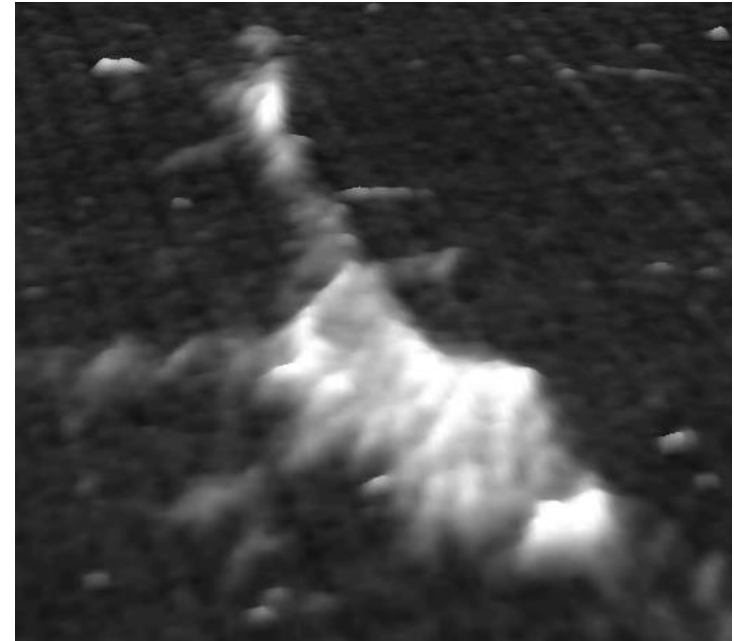
El contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, o luz), o incluso genes. A veces el contaminante es una sustancia extraña, o una forma de energía, y otras veces una sustancia natural.

Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental.

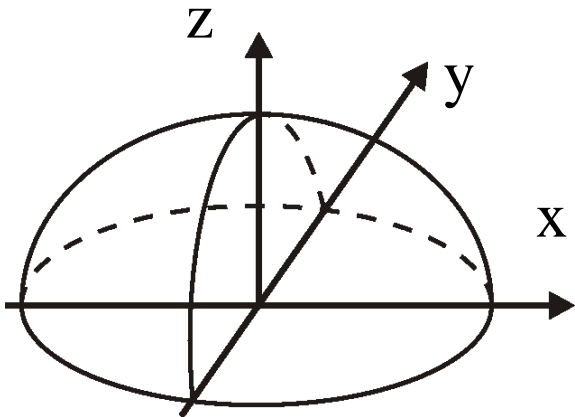
Visualización 3D de la intensidad lumínica captada de las ciudades



Paleta Arco Iris (Rainbow)



Paleta B/N (Escala de Grises)



El patrón de distribución de energía en un área urbana se asemeja a una domo, el plano x e y representa el área de iluminación y el eje z la cantidad de energía.

Datos Satelitales Utilizados

Los datos satelitales utilizados corresponden a los captados por el sensor OLS (Operational Line Scanner) de la plataforma satelital DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) del Department of Defense EEUU.

Estos datos están accesibles en un producto NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Estados Unidos) llamado Average Lights x PCT (Luces Promedio en PCT, Plate Carreé/WGS84), que se obtiene del promedio de los números digitales (DN) de la banda del visible de detecciones libres de nubes, multiplicado por la frecuencia porcentual de la detección de luz. La inclusión de este término normaliza los valores digitales resultantes para variaciones en la persistencia de la iluminación.

Objetivo

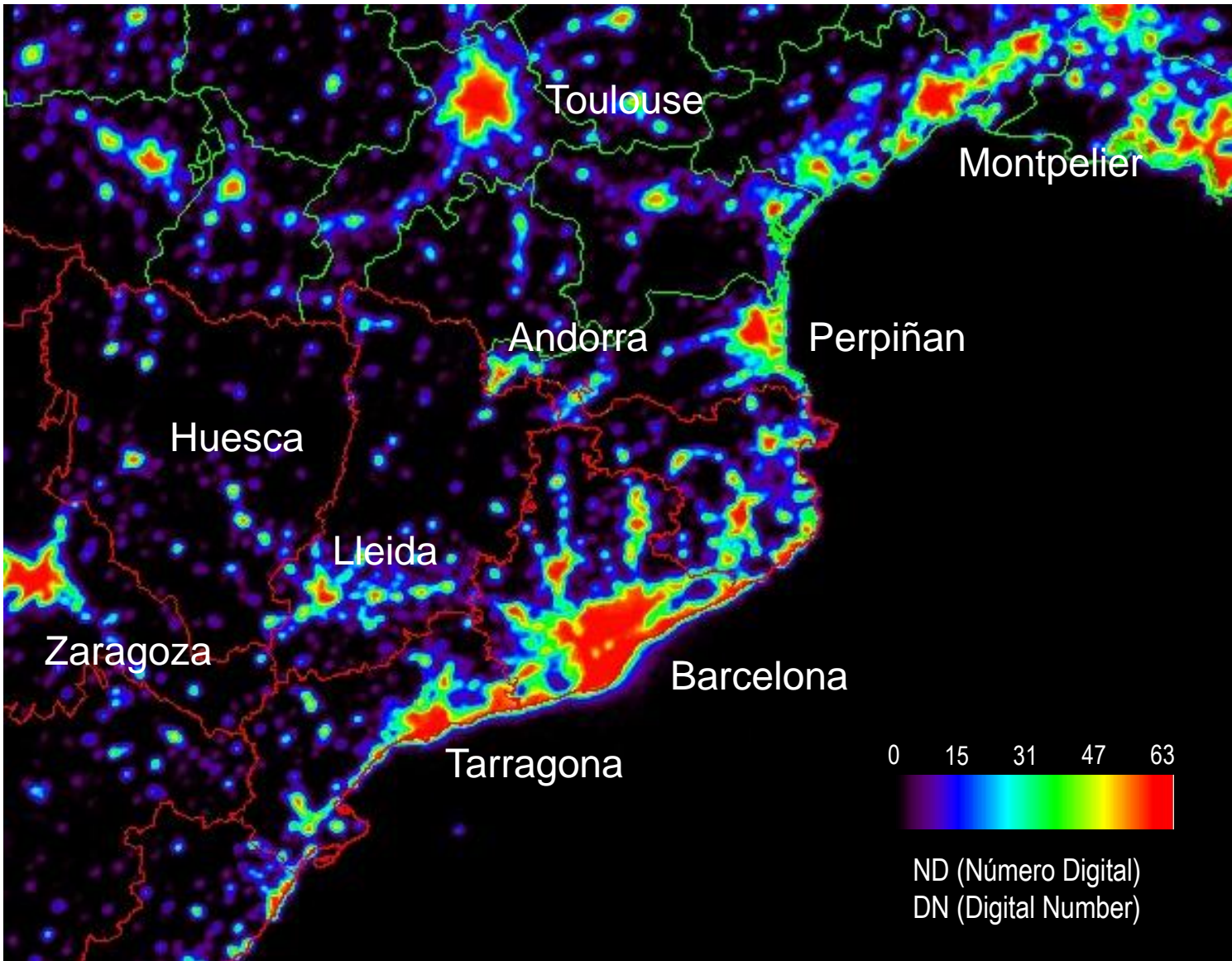
Desarrollar una metodología que permita determinar y caracterizar la contaminación lumínica marina nocturna a través de imágenes satelitales nocturnas en las siguientes ciudades: Buenos Aires, Atenas, Barcelona, Nápoles, New York y Estambul.

Barcelona

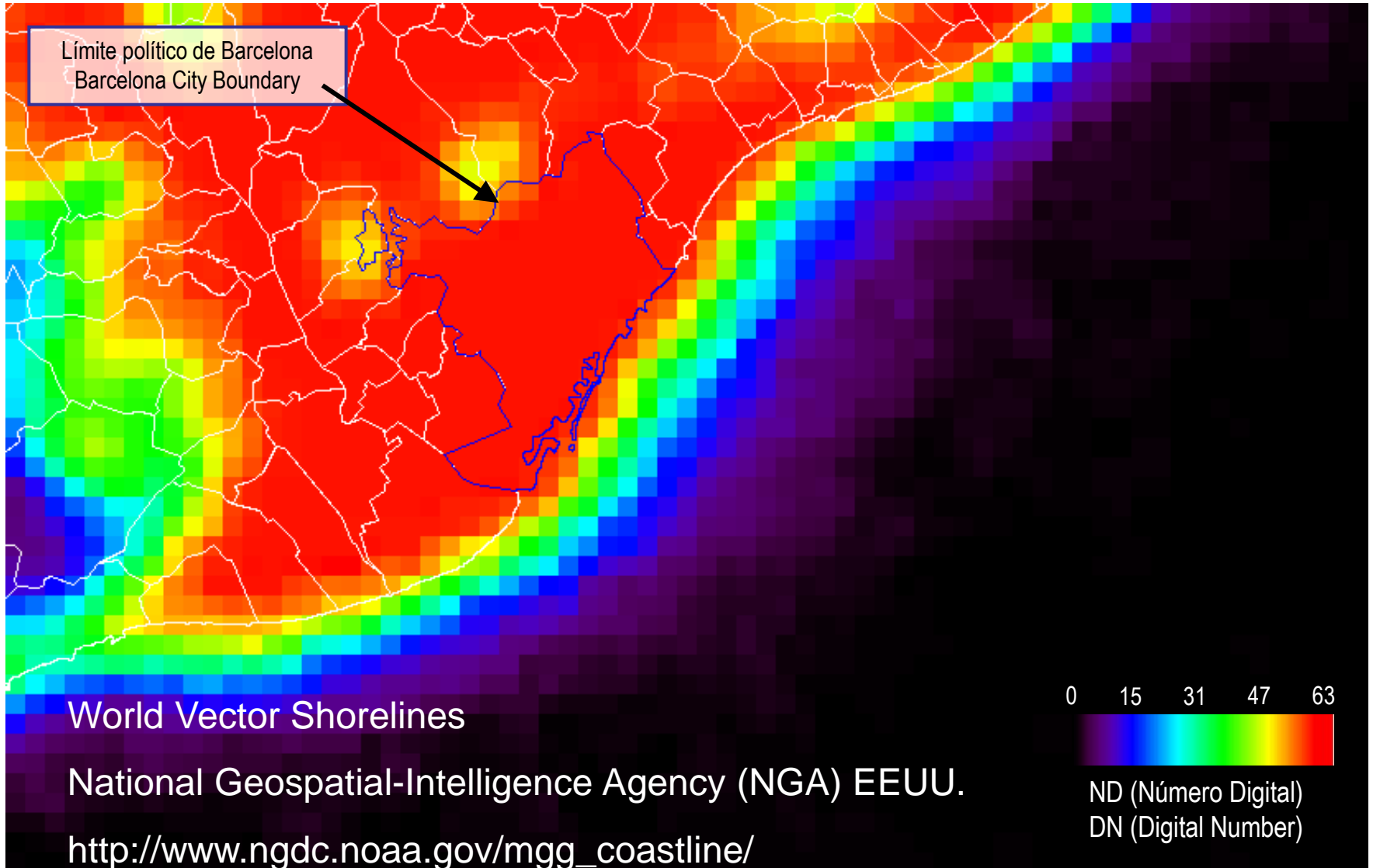


Color Real. Landsat 5 TM. 04/10/2011.

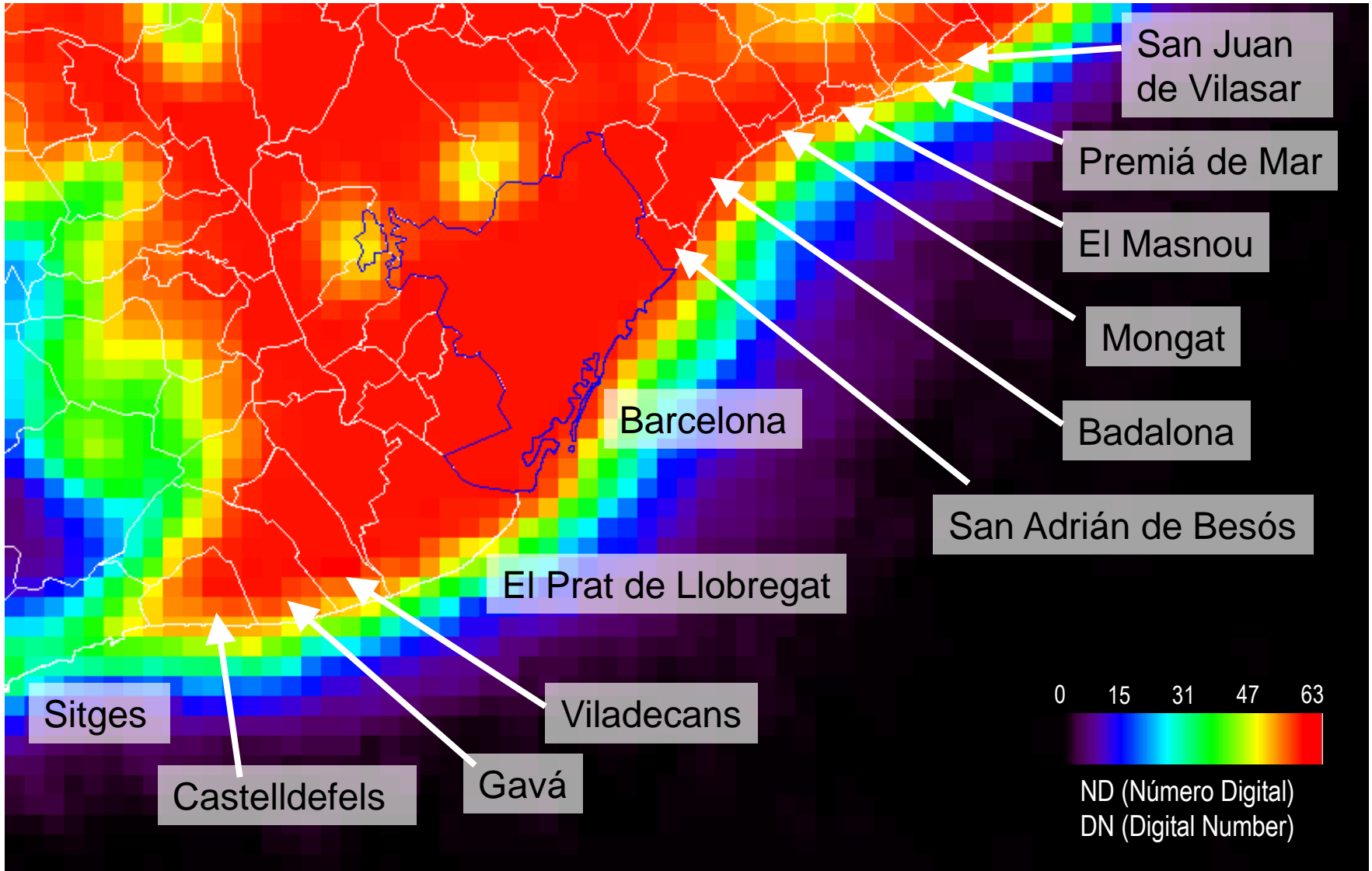
Barcelona



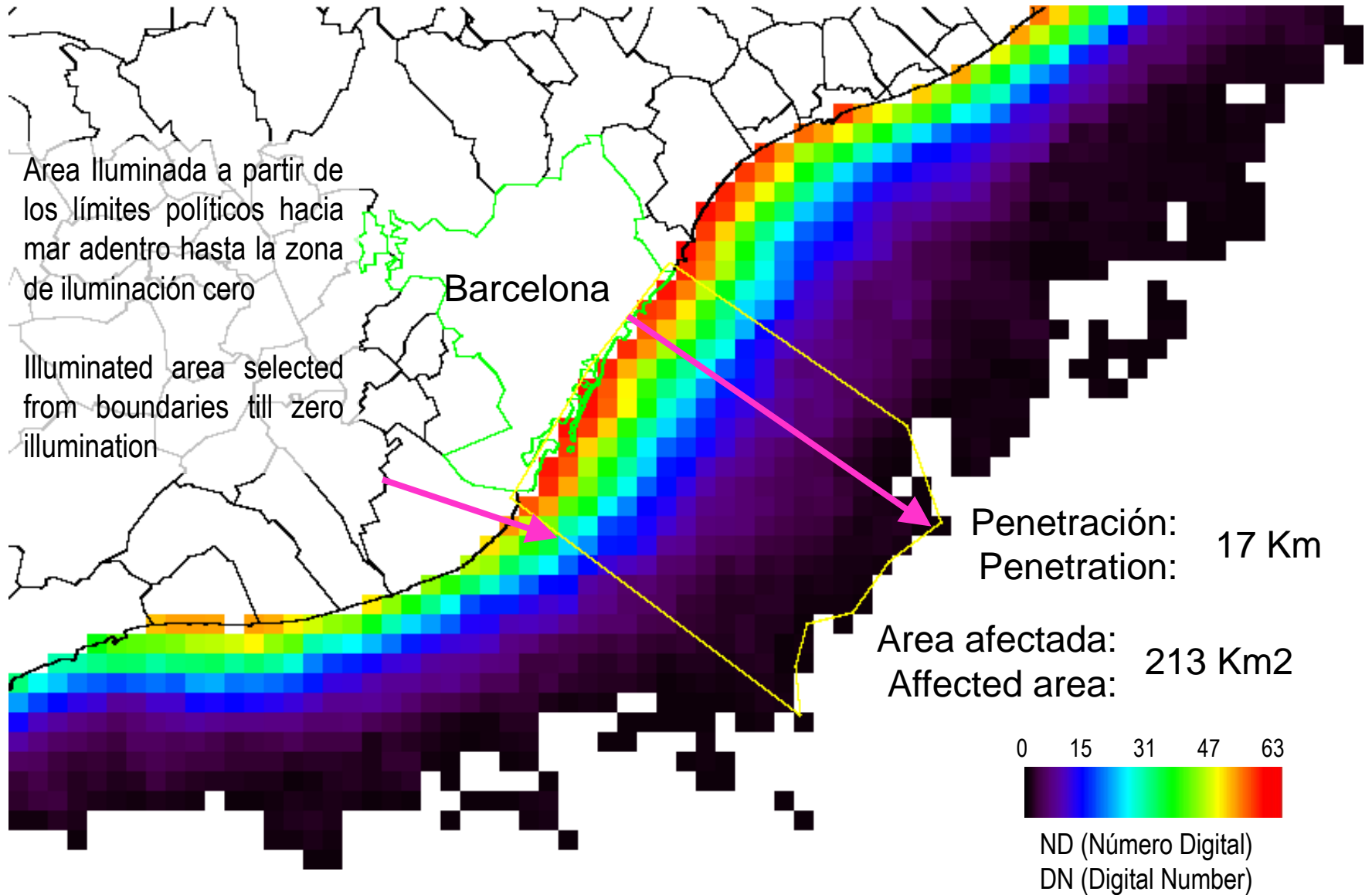
Barcelona



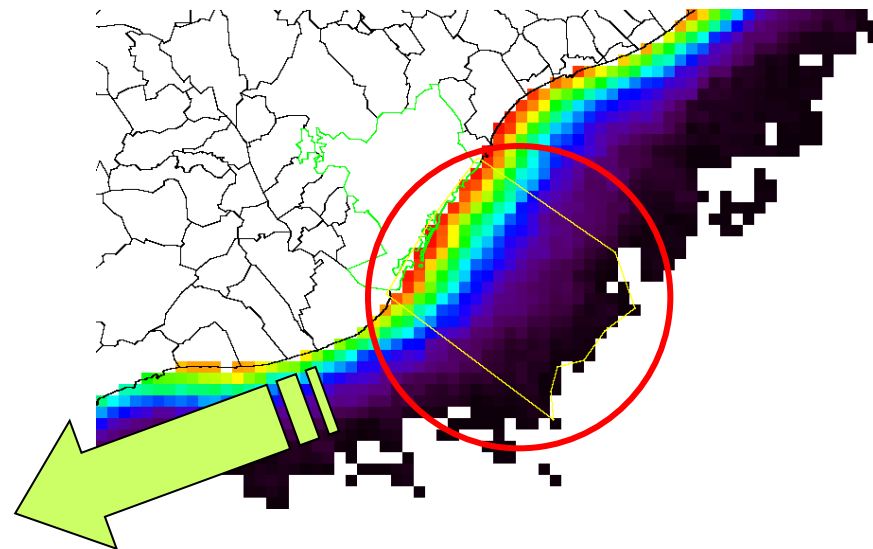
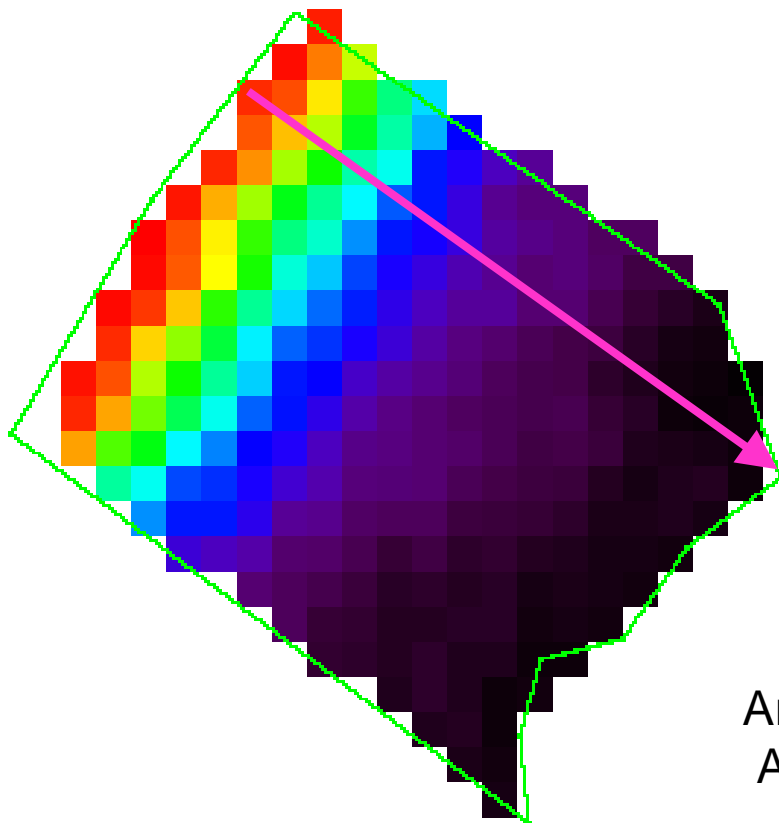
Barcelona



Barcelona



Barcelona



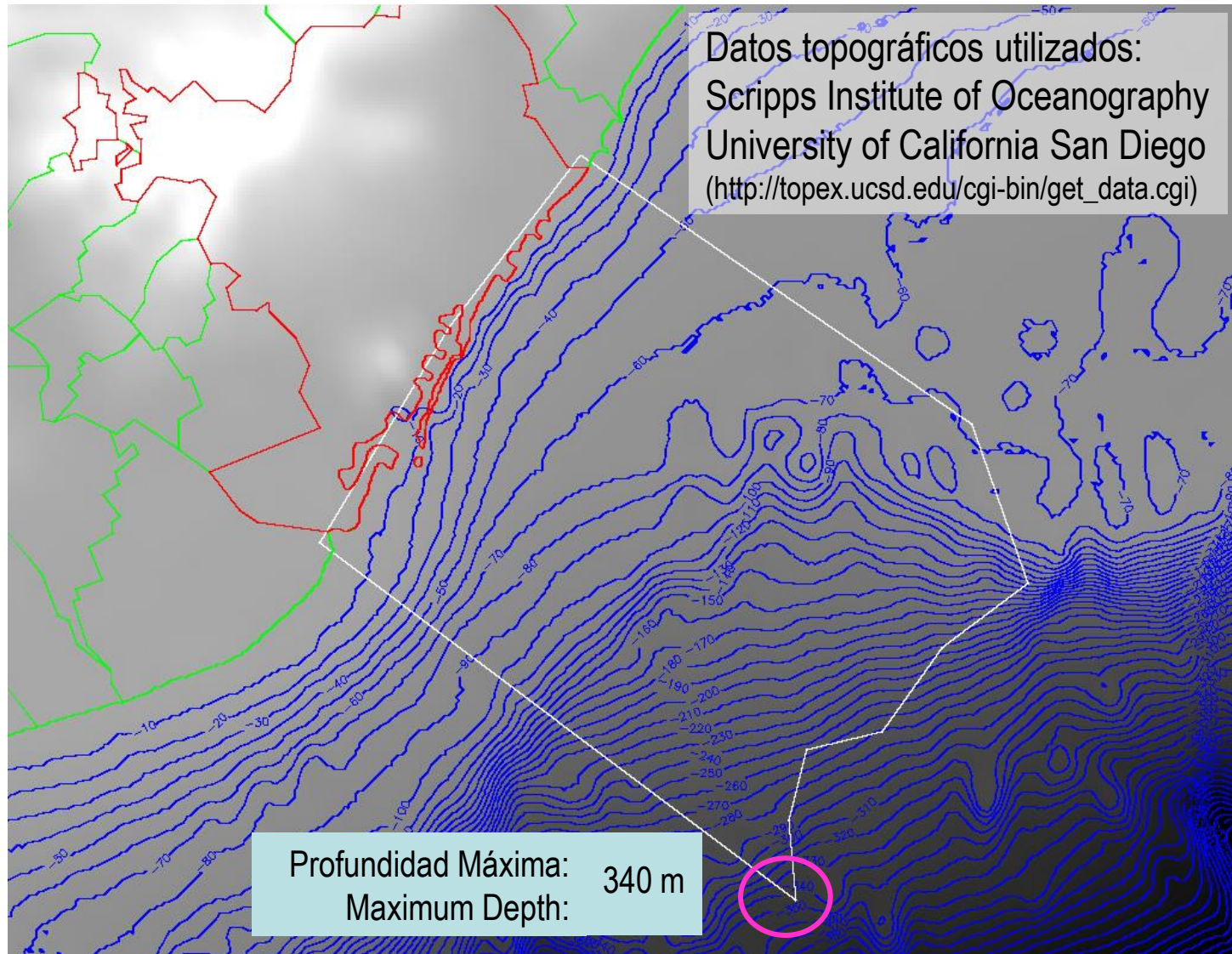
Penetración: 17 Km
Penetration: 17 Km

Area afectada: 213 Km²
Affected area: 213 Km²

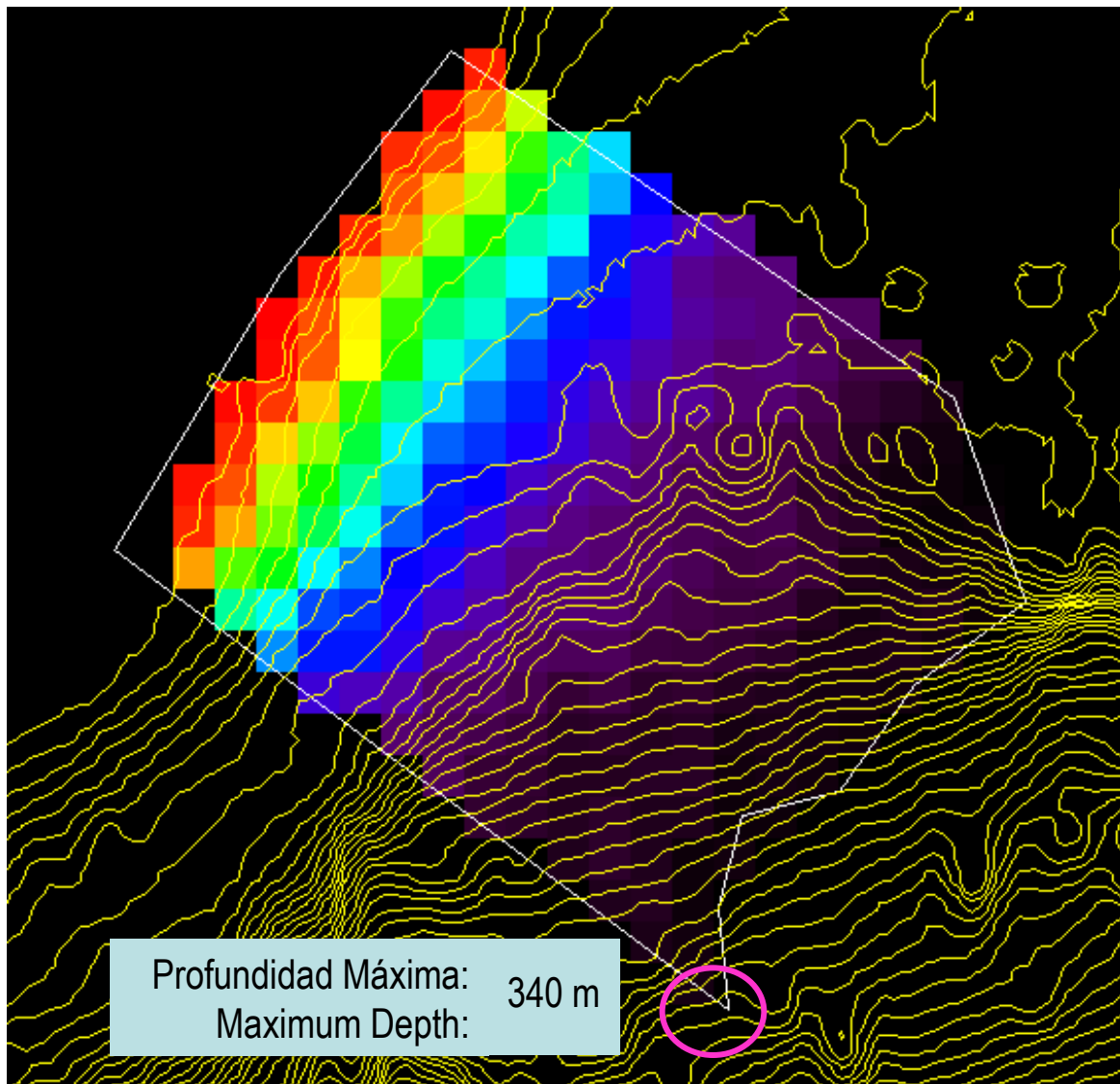


ND (Número Digital)
DN (Digital Number)

Barcelona



Barcelona



Curvas de profundidad
de 10 metros

10 meters steps depth
levels

0 15 31 47 63



ND (Número Digital)
DN (Digital Number)

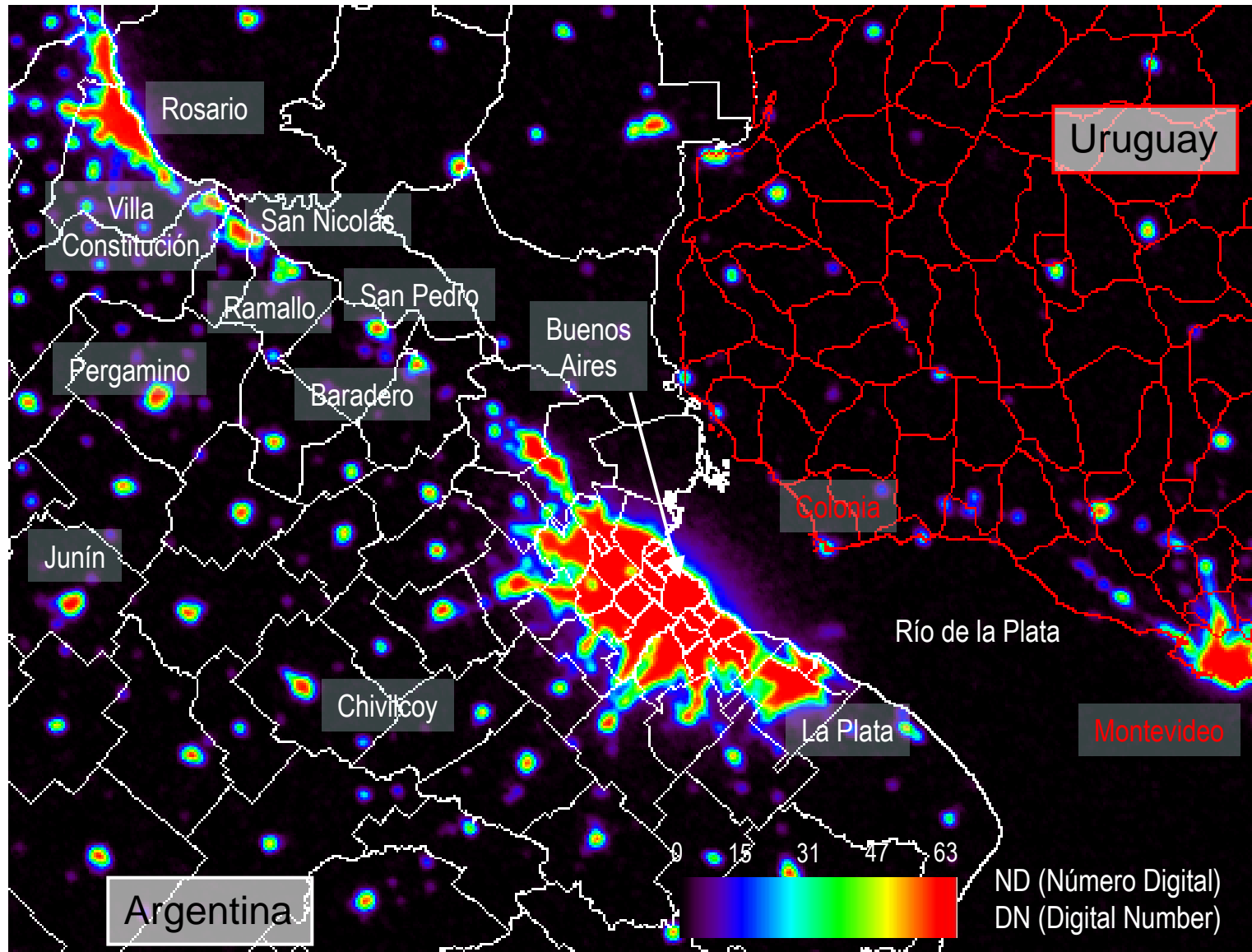
Buenos Aires



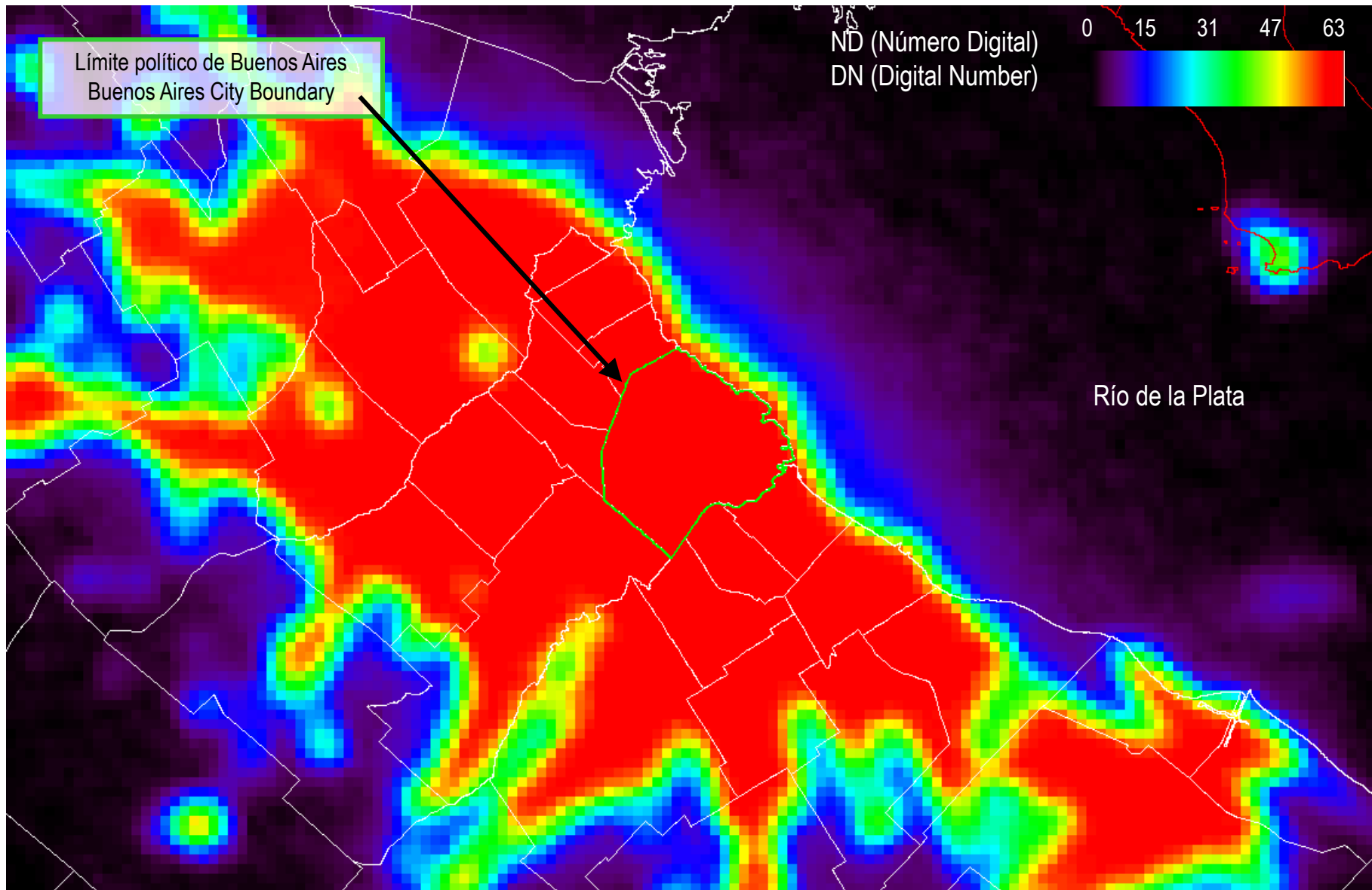
Río de la Plata

Color Real. Landsat 5 TM. 30/03/2011.

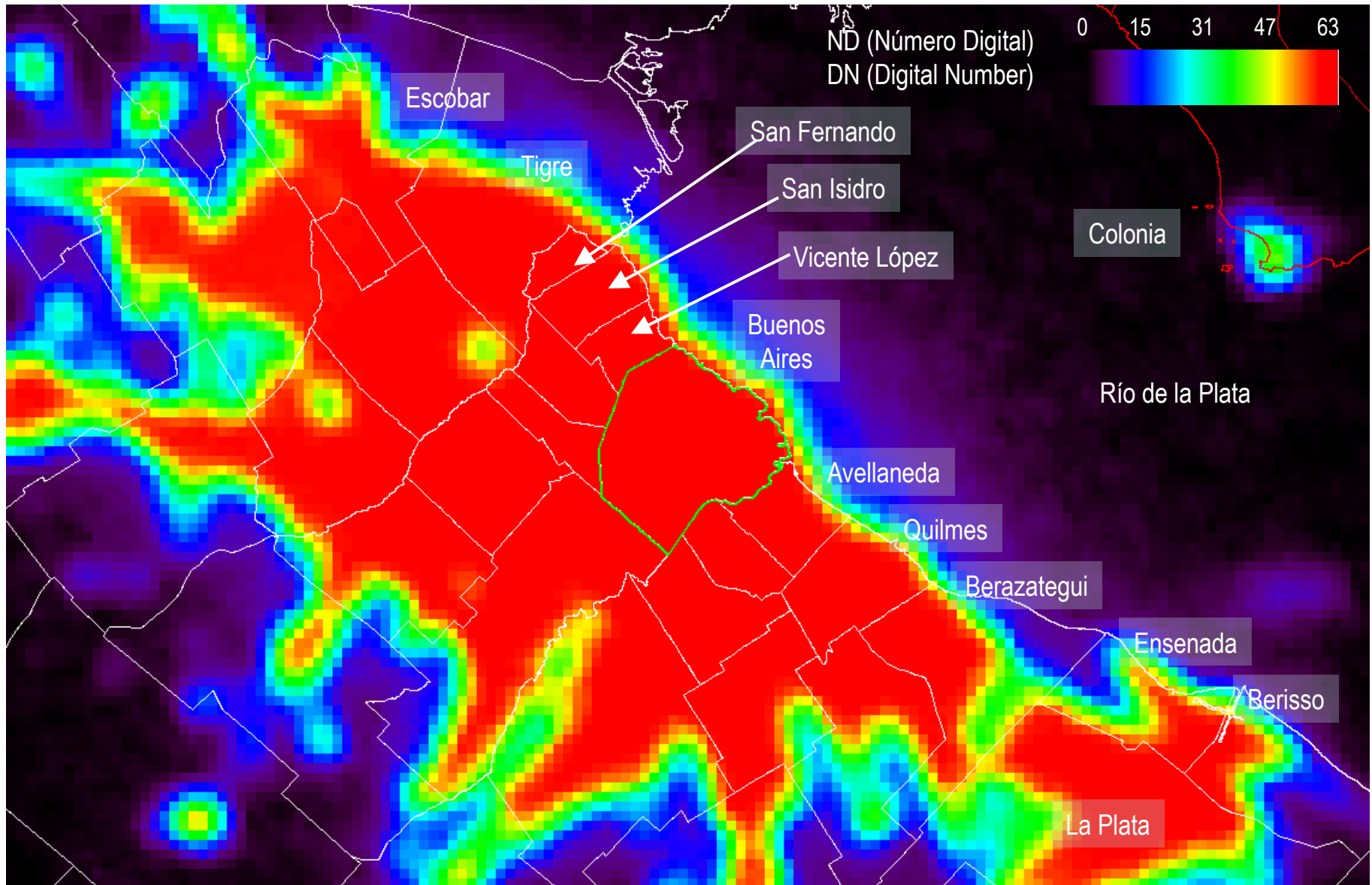
Buenos Aires



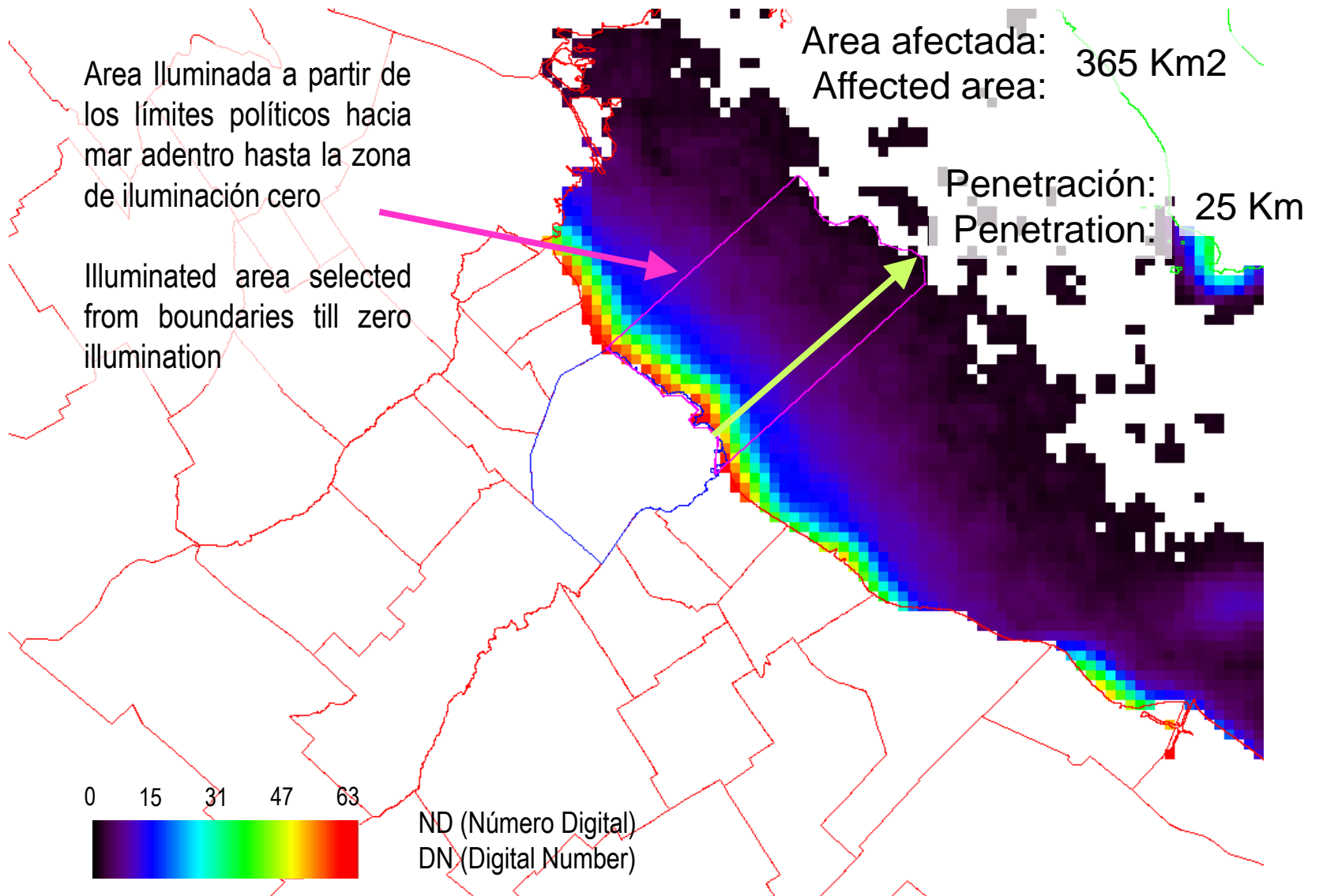
Buenos Aires



Buenos Aires



Buenos Aires

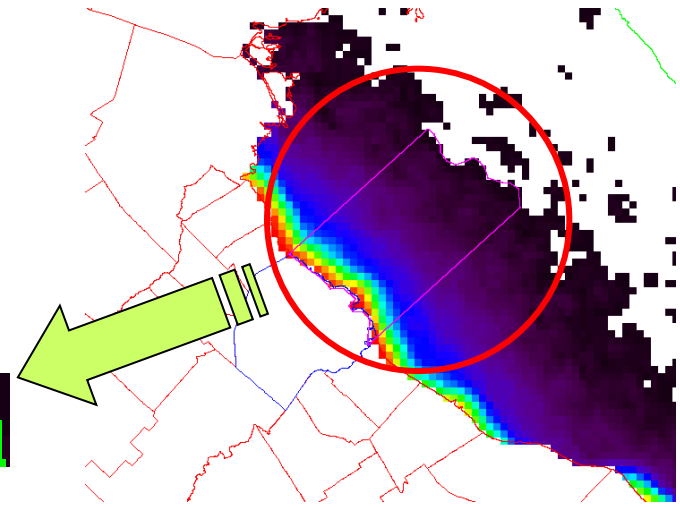
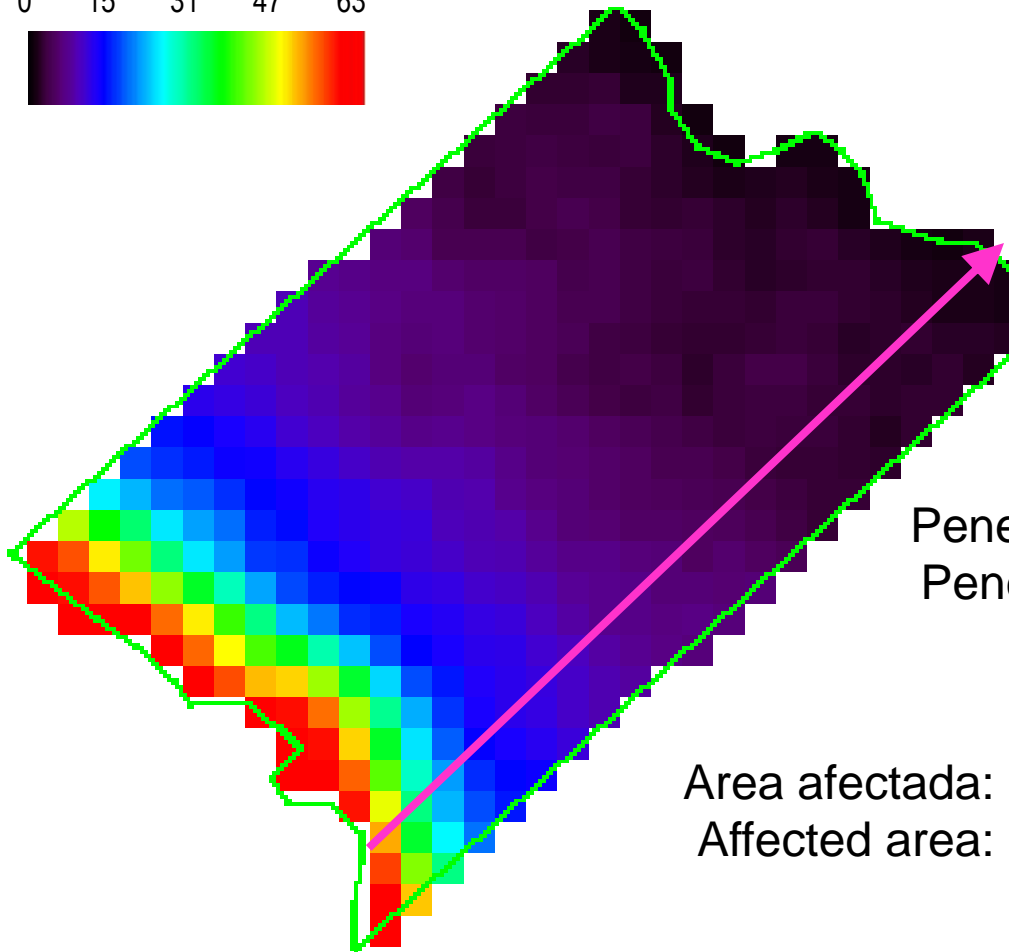
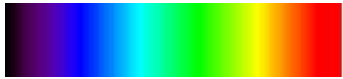


Buenos Aires

ND (Número Digital)

DN (Digital Number)

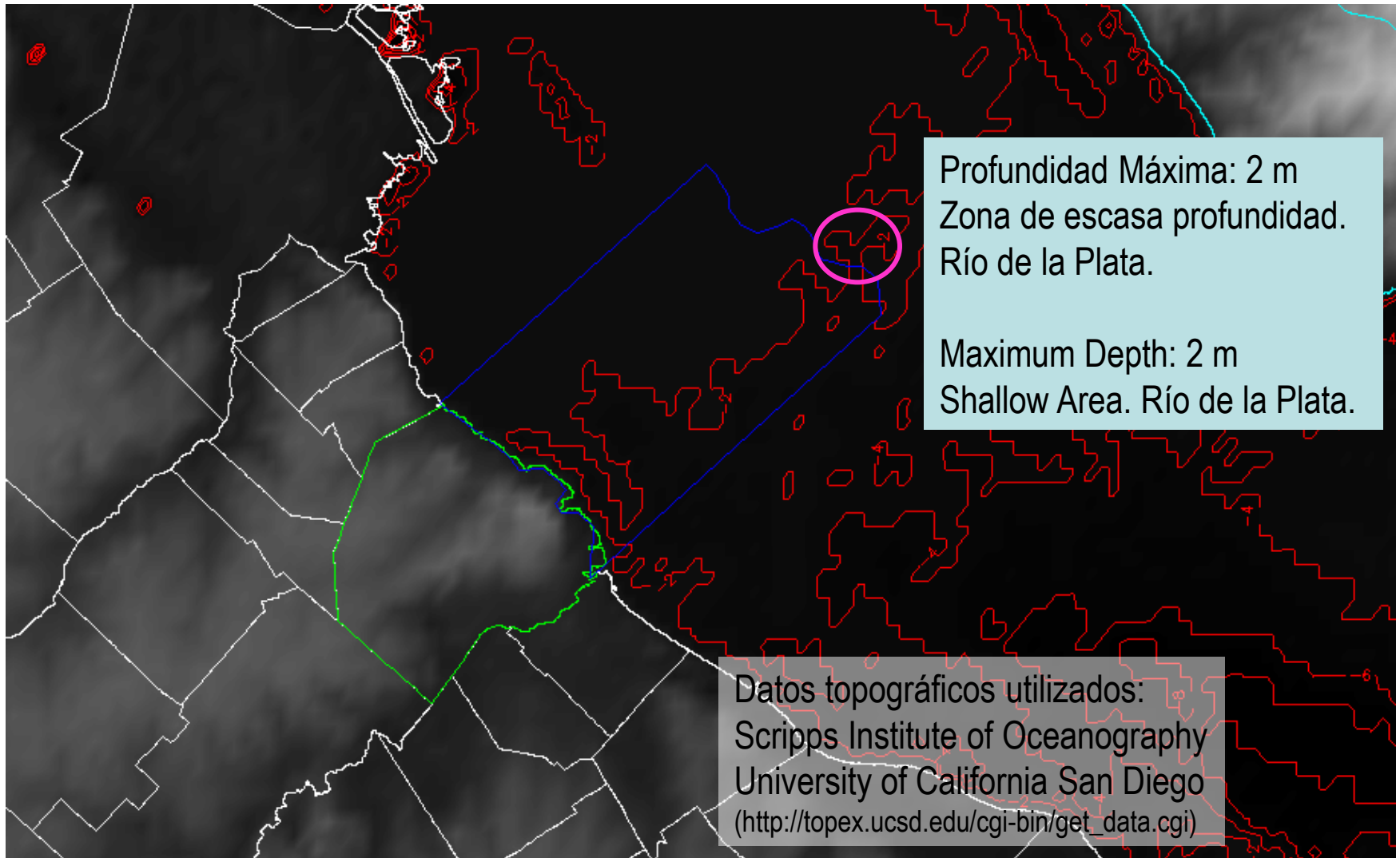
0 15 31 47 63



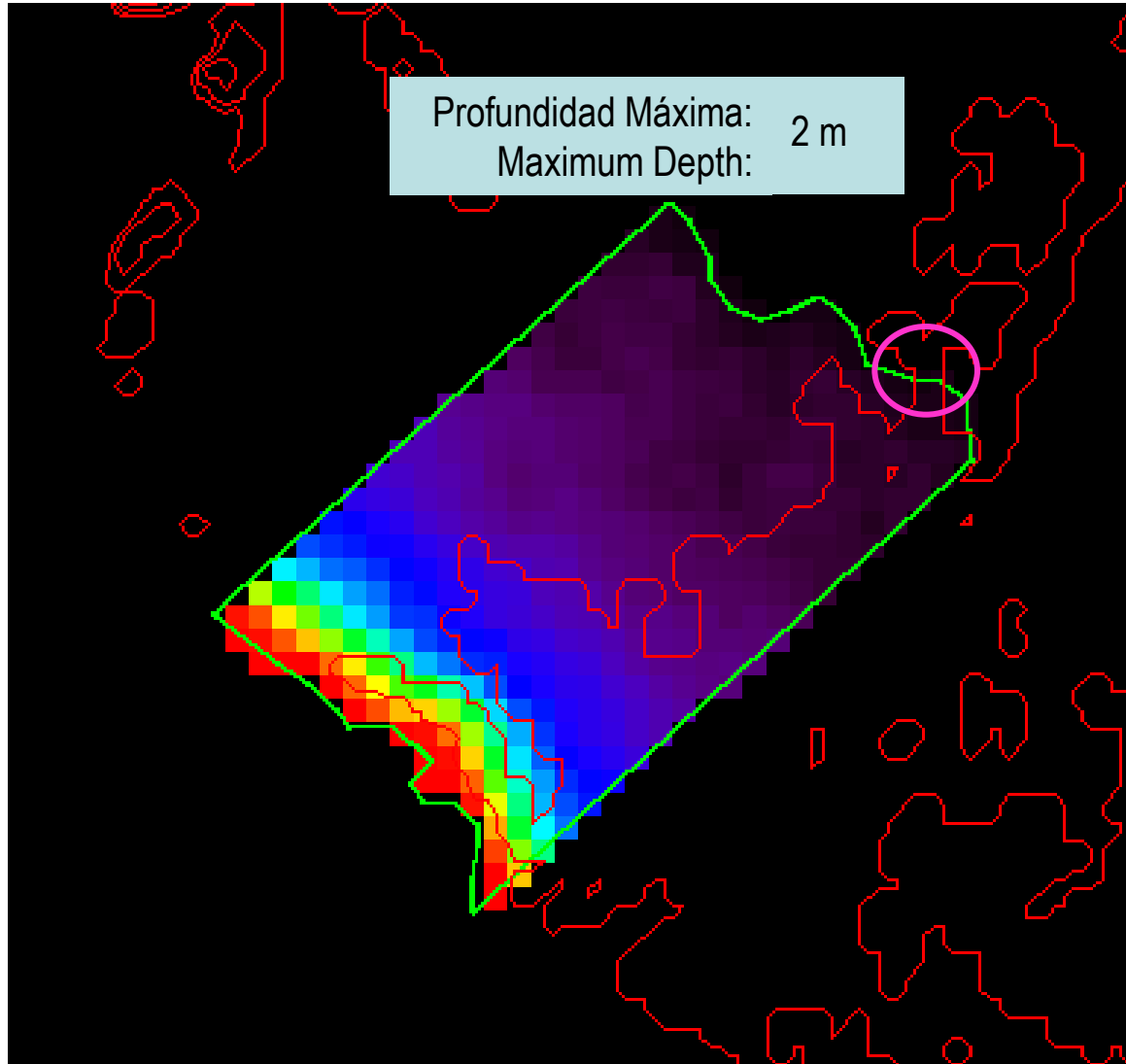
Penetración: 25 Km
Penetration: 25 Km

Area afectada: 365 Km²
Affected area: 365 Km²

Buenos Aires



Buenos Aires



Curvas de profundidad
de 2 metros

2 meters steps depth
levels

ND (Número Digital)
DN (Digital Number)

0 15 31 47 63

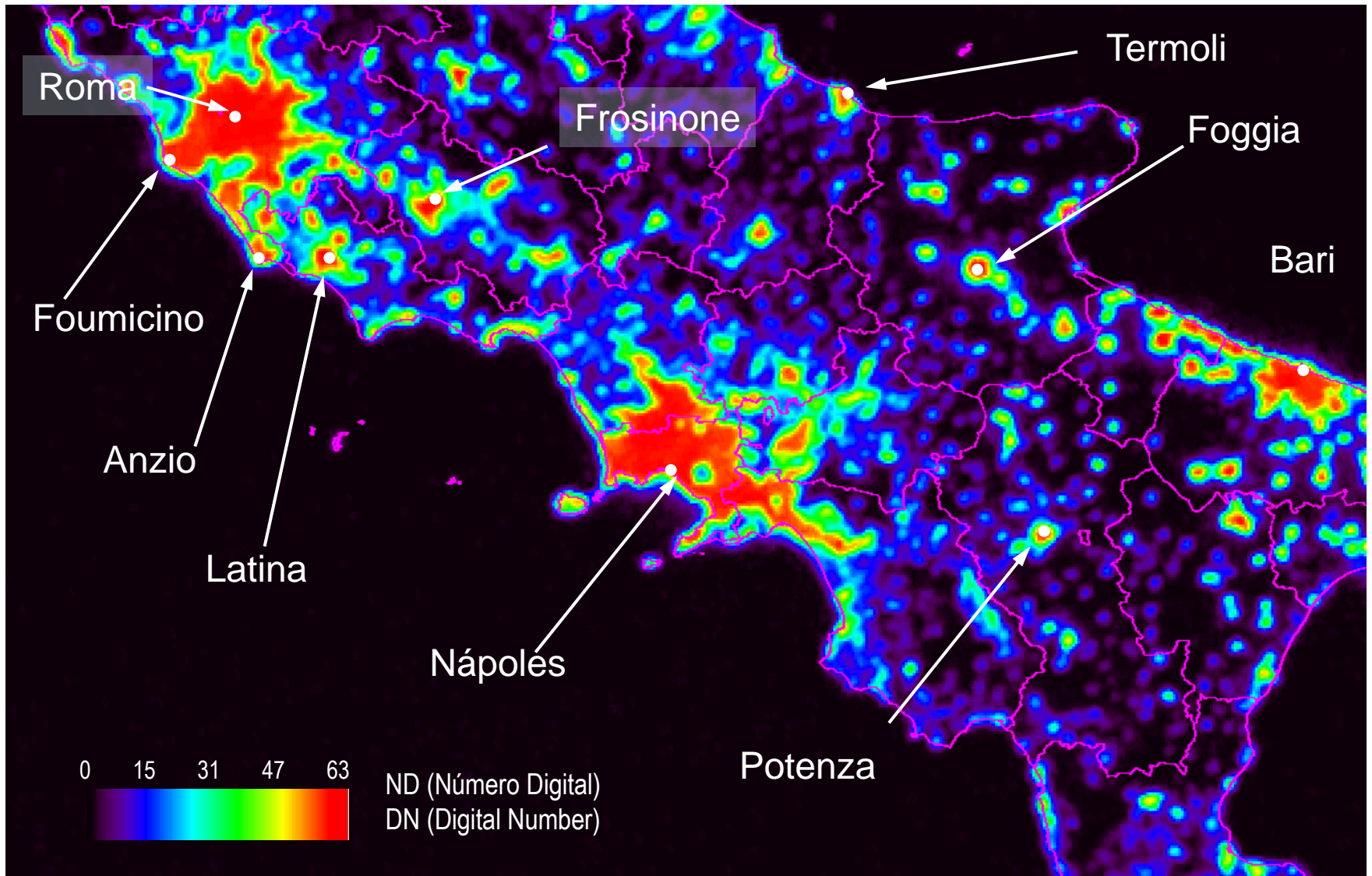


Nápoles

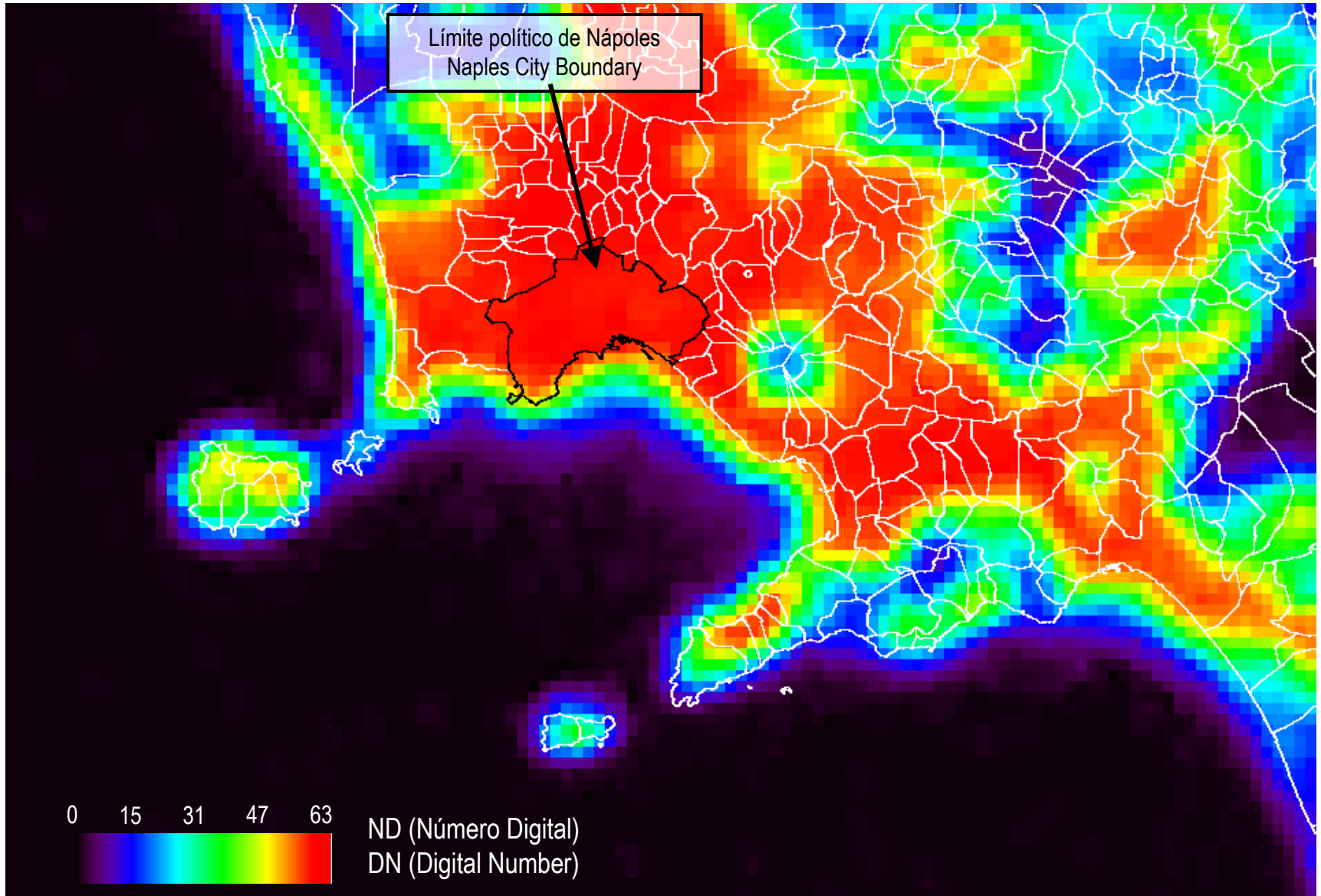


Volcán Vesuvio
Vesuvio Vulcan

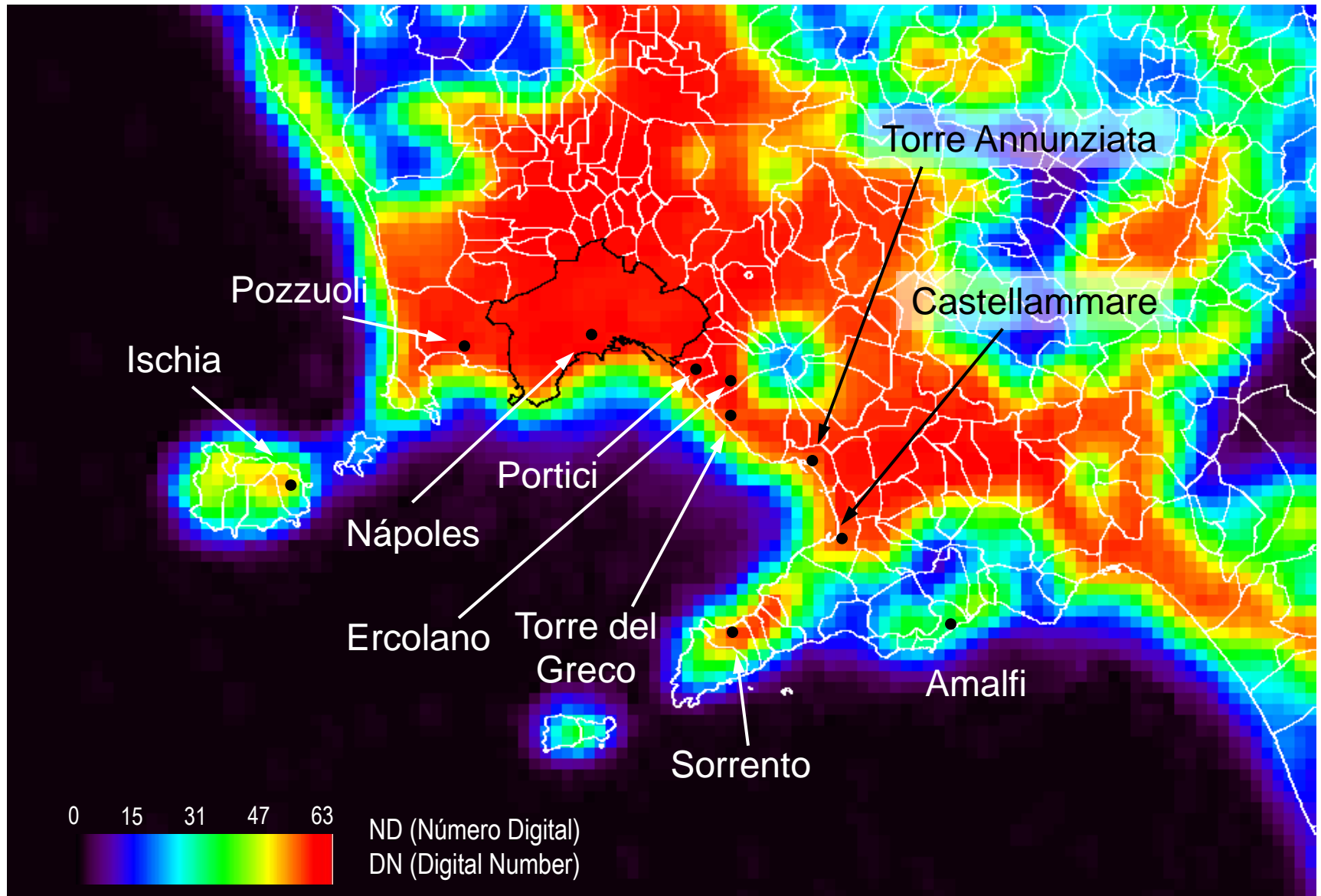
Nápoles



Nápoles



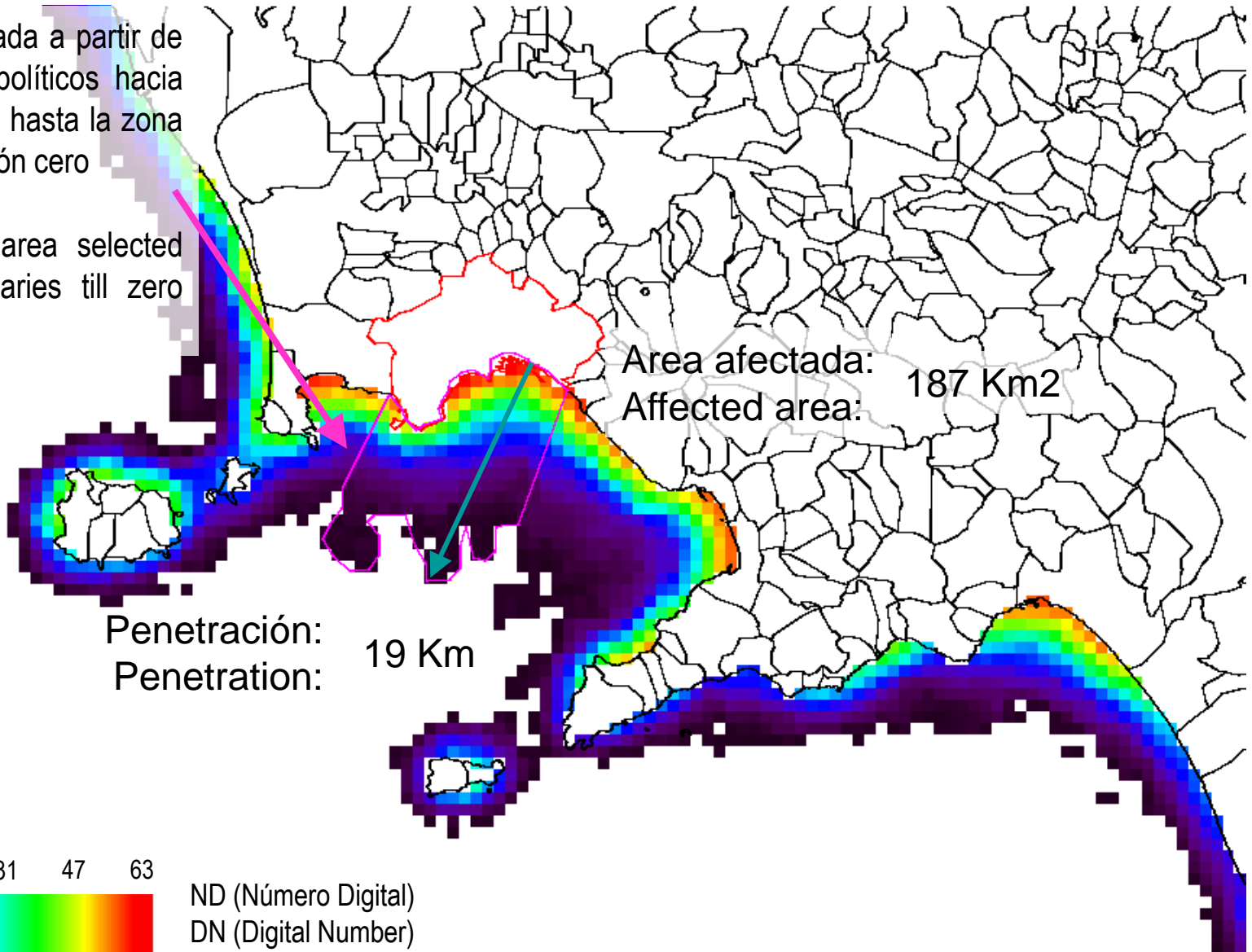
Nápoles



Nápoles

Area Iluminada a partir de los límites políticos hacia mar adentro hasta la zona de iluminación cero

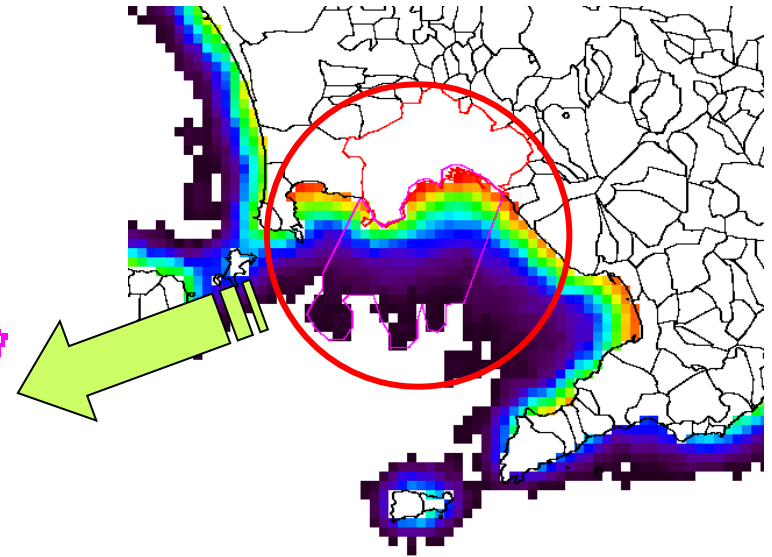
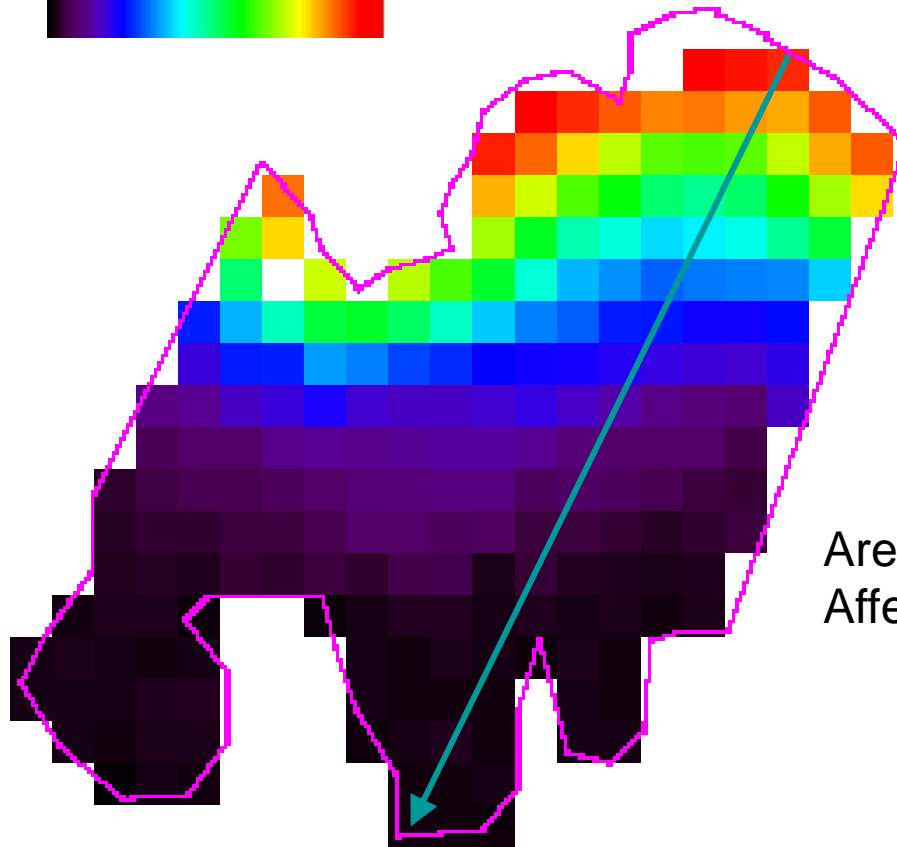
Illuminated area selected from boundaries till zero illumination



Nápoles

ND (Número Digital)
DN (Digital Number)

0 15 31 47 63

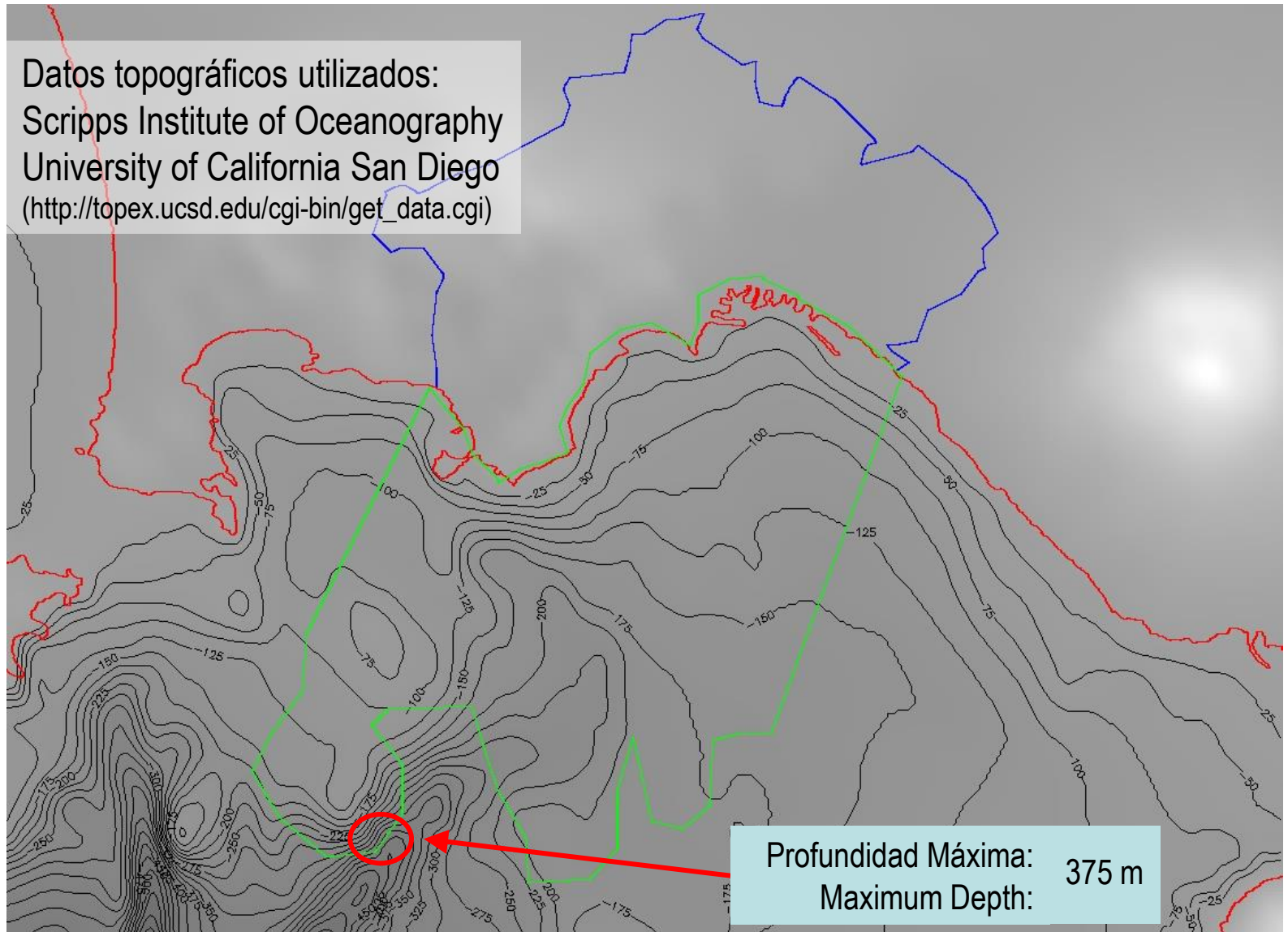


Area afectada: 187 Km²
Affected area: 187 Km²

Penetración: 19 Km
Penetration: 19 Km

Nápoles

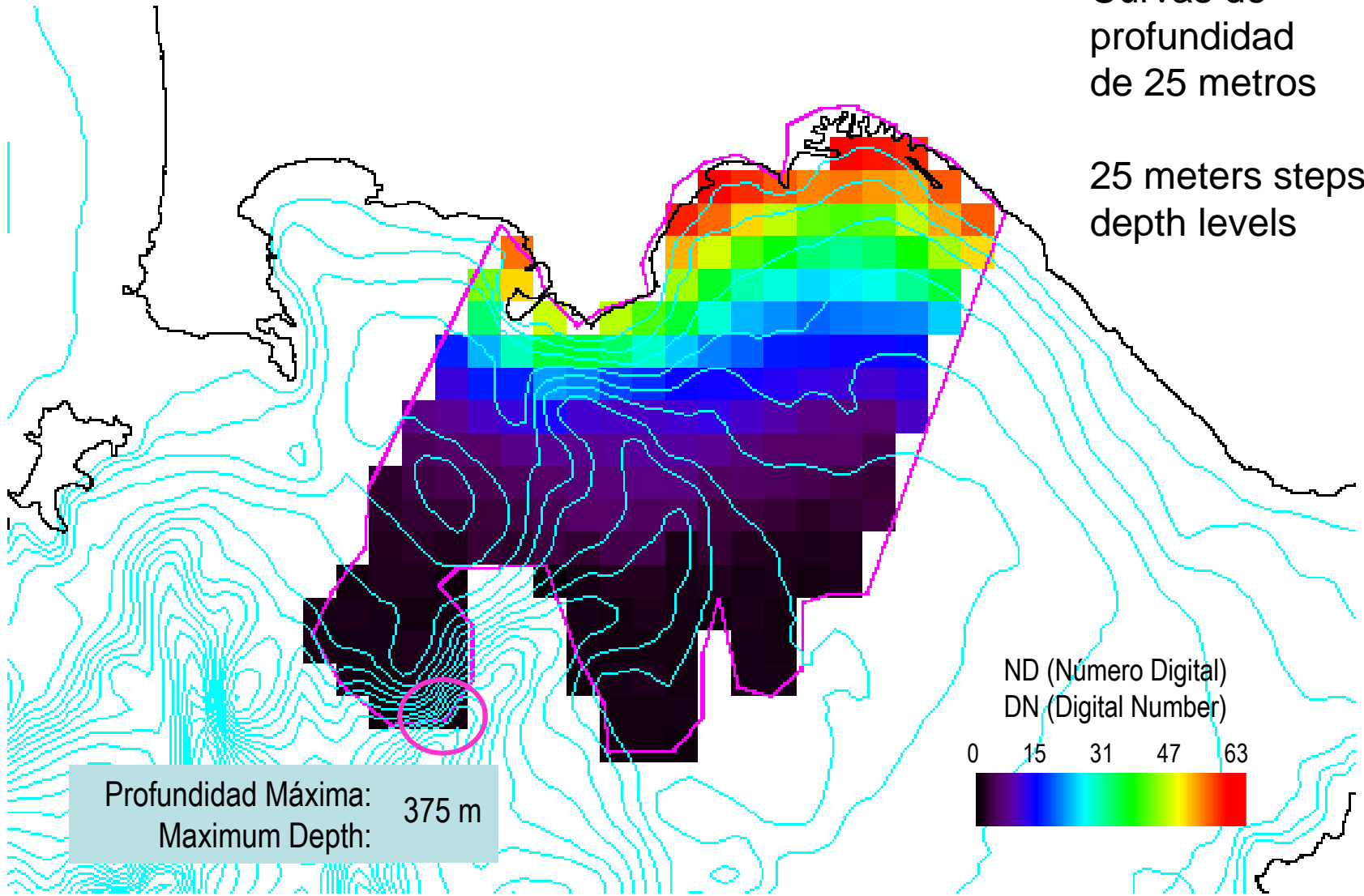
Datos topográficos utilizados:
Scripps Institute of Oceanography
University of California San Diego
(http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi)



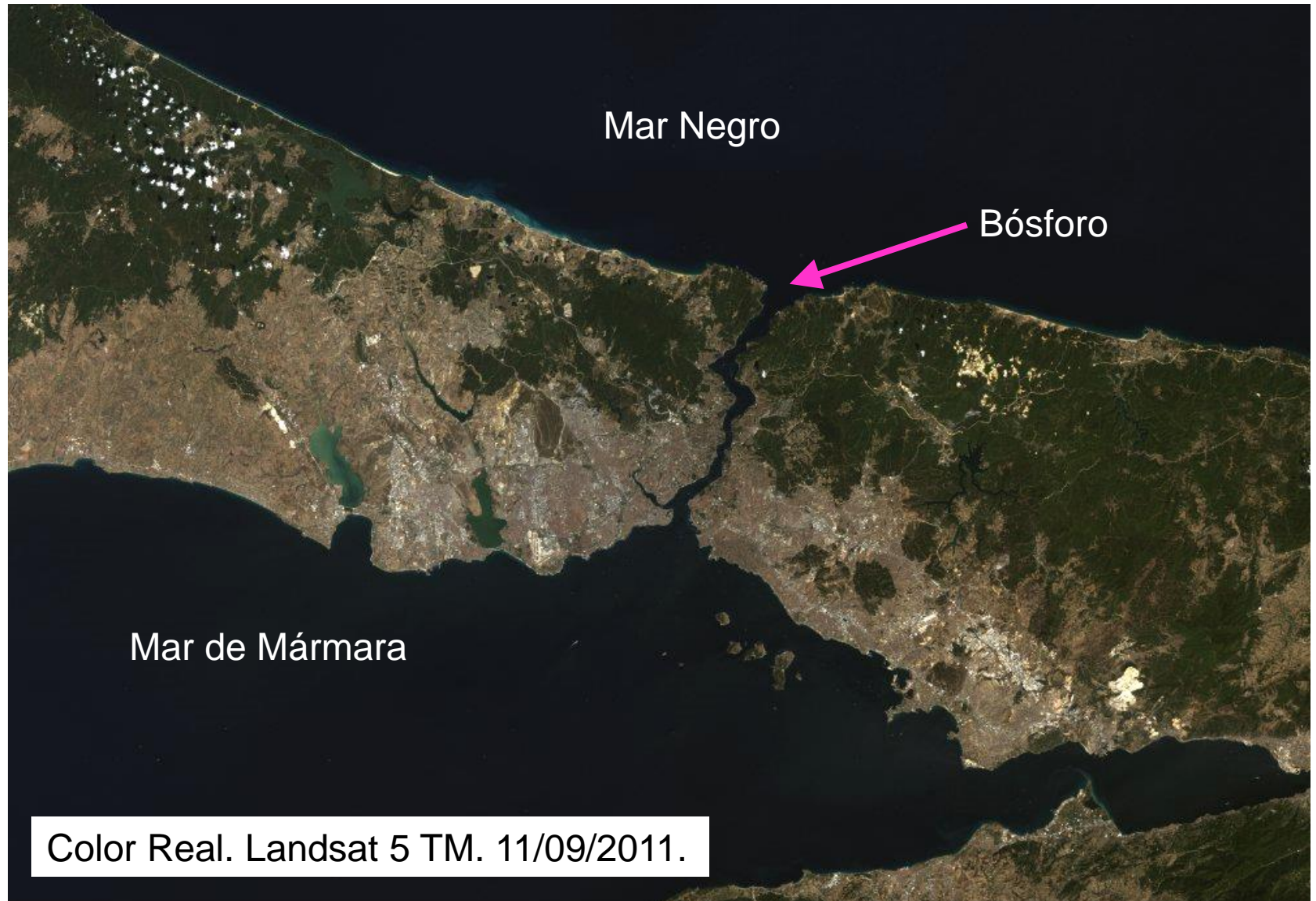
Nápoles

Curvas de
profundidad
de 25 metros

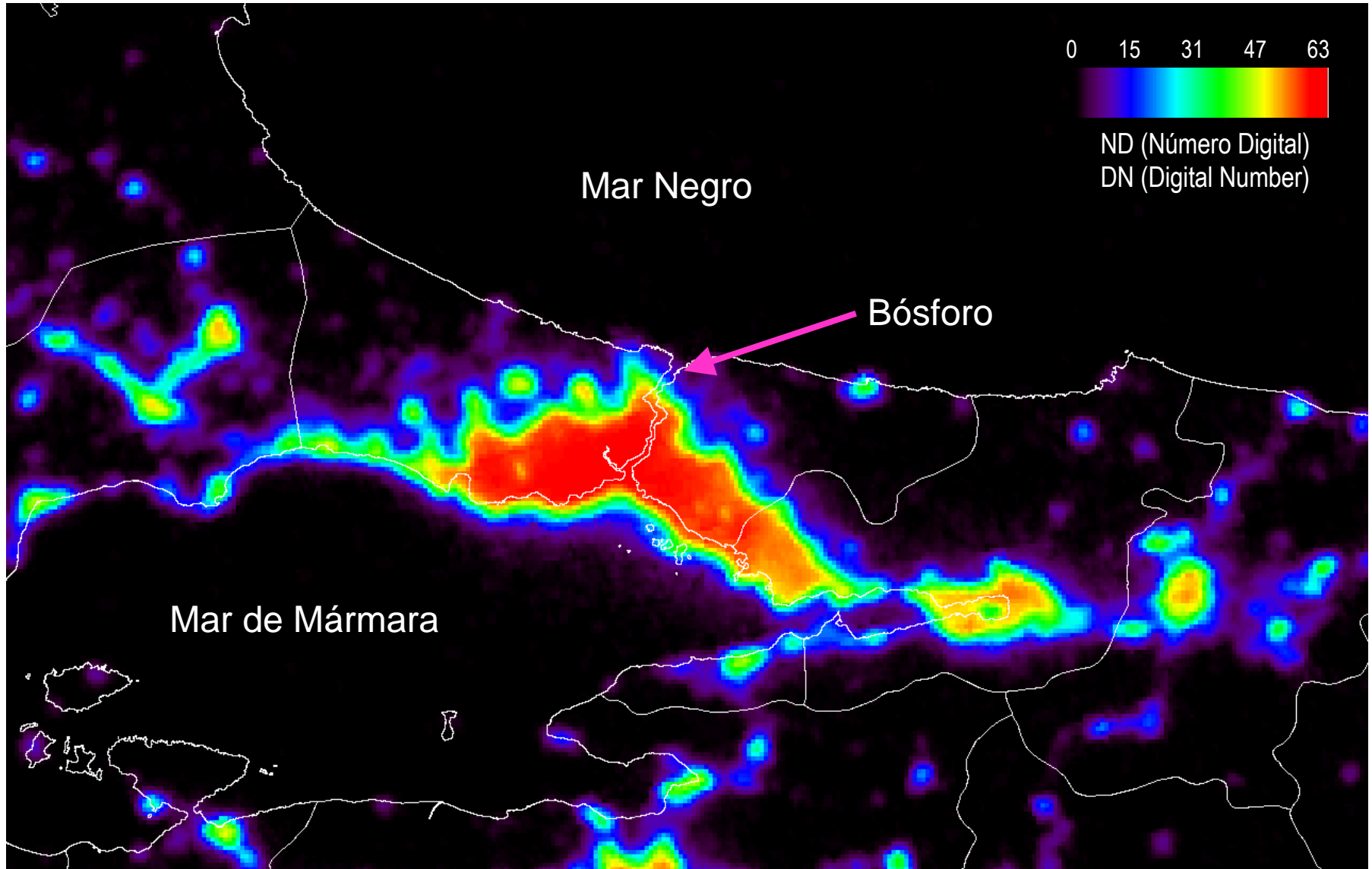
25 meters steps
depth levels



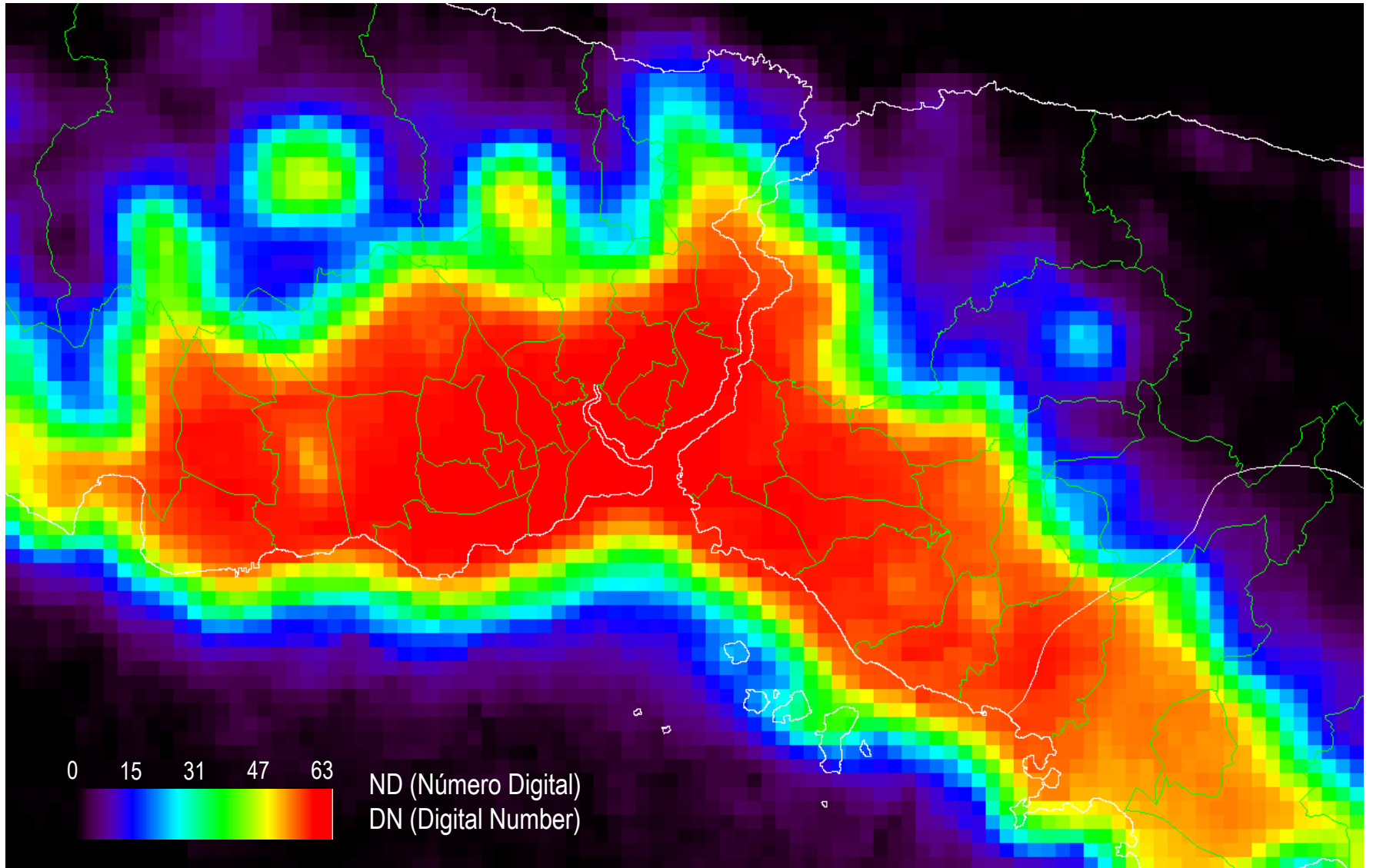
Estambul



Estambul



Estambul



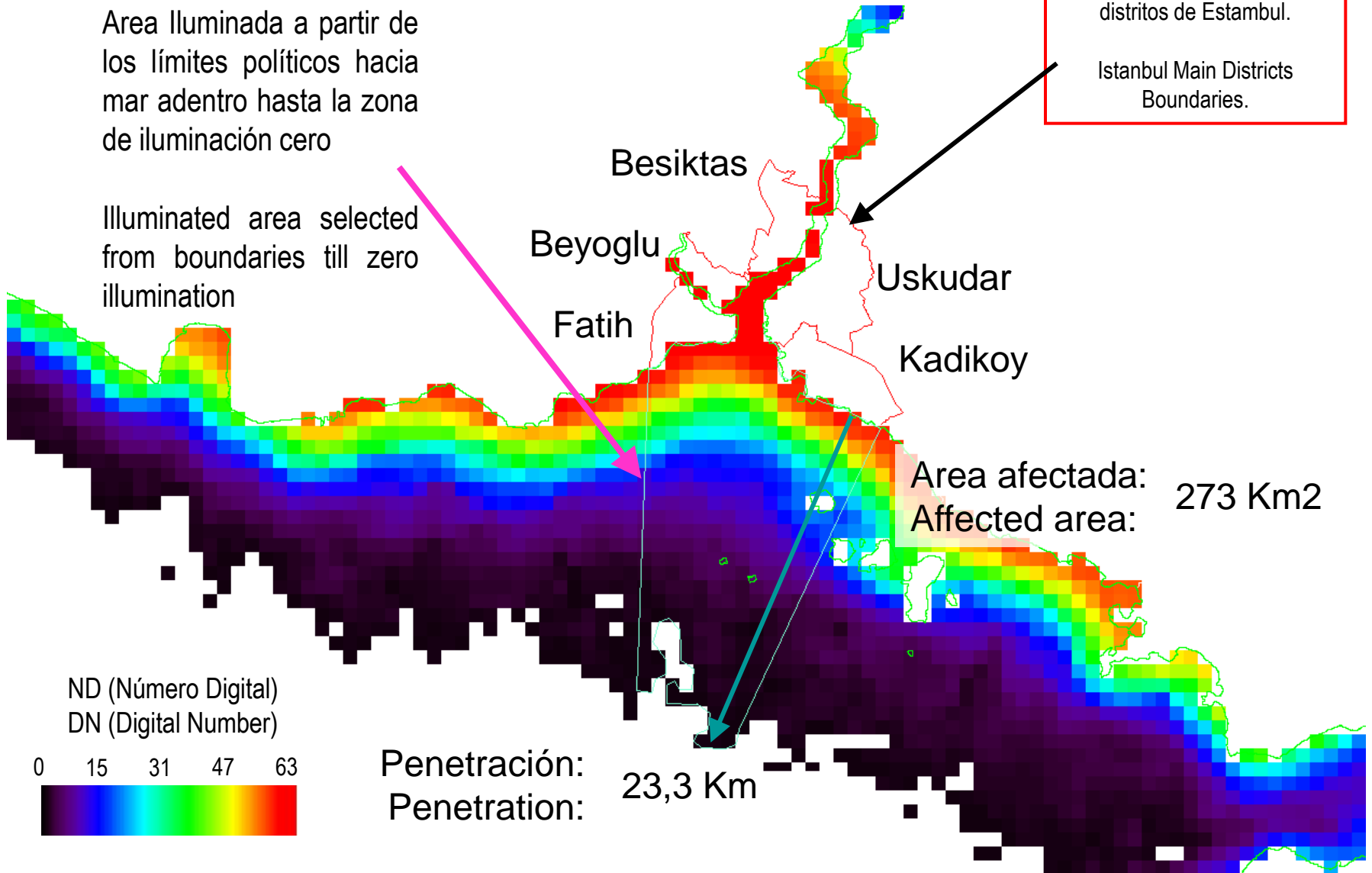
Estambul

Area iluminada a partir de los límites políticos hacia mar adentro hasta la zona de iluminación cero

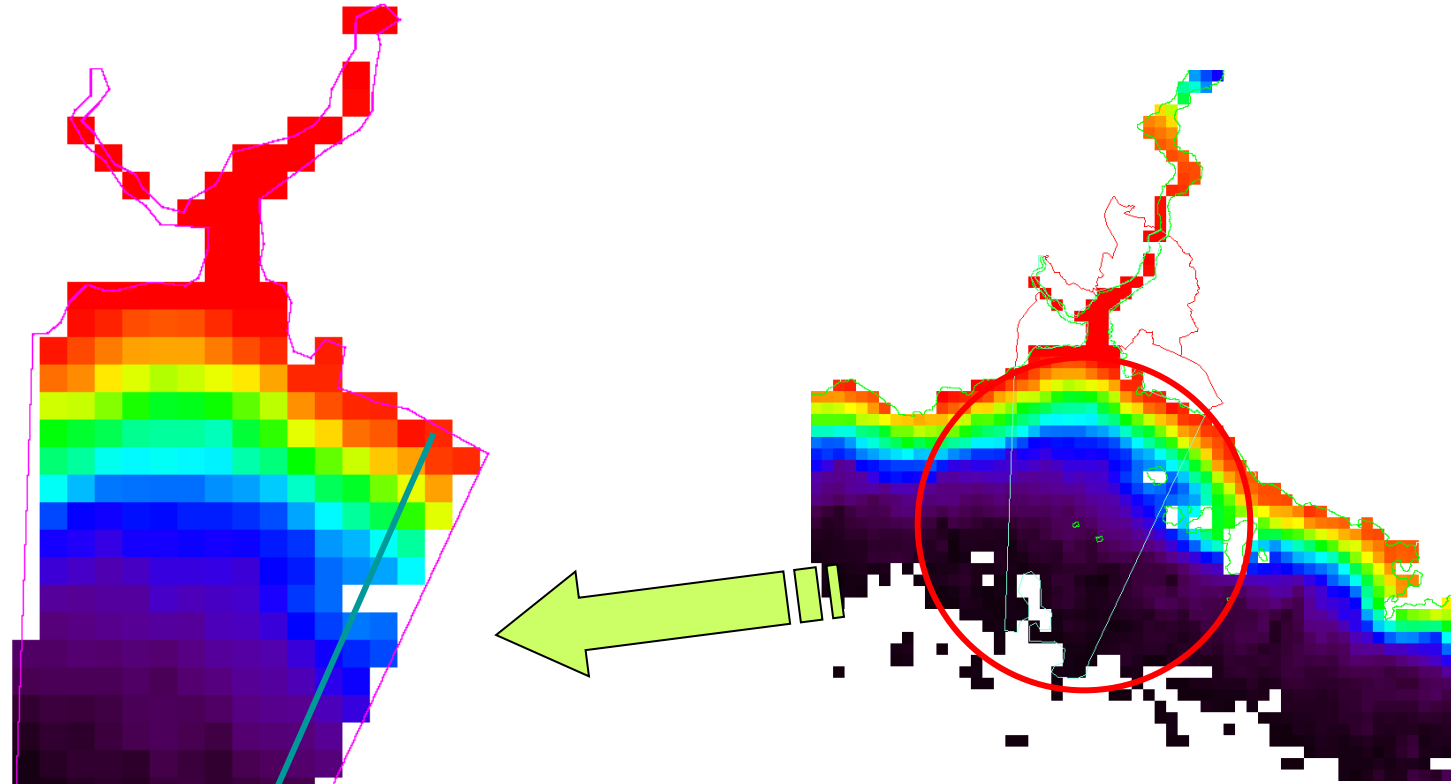
Illuminated area selected from boundaries till zero illumination

Límite político principales distritos de Estambul.

Istanbul Main Districts Boundaries.



Estambul



Area afectada: 273 Km²
Affected area:

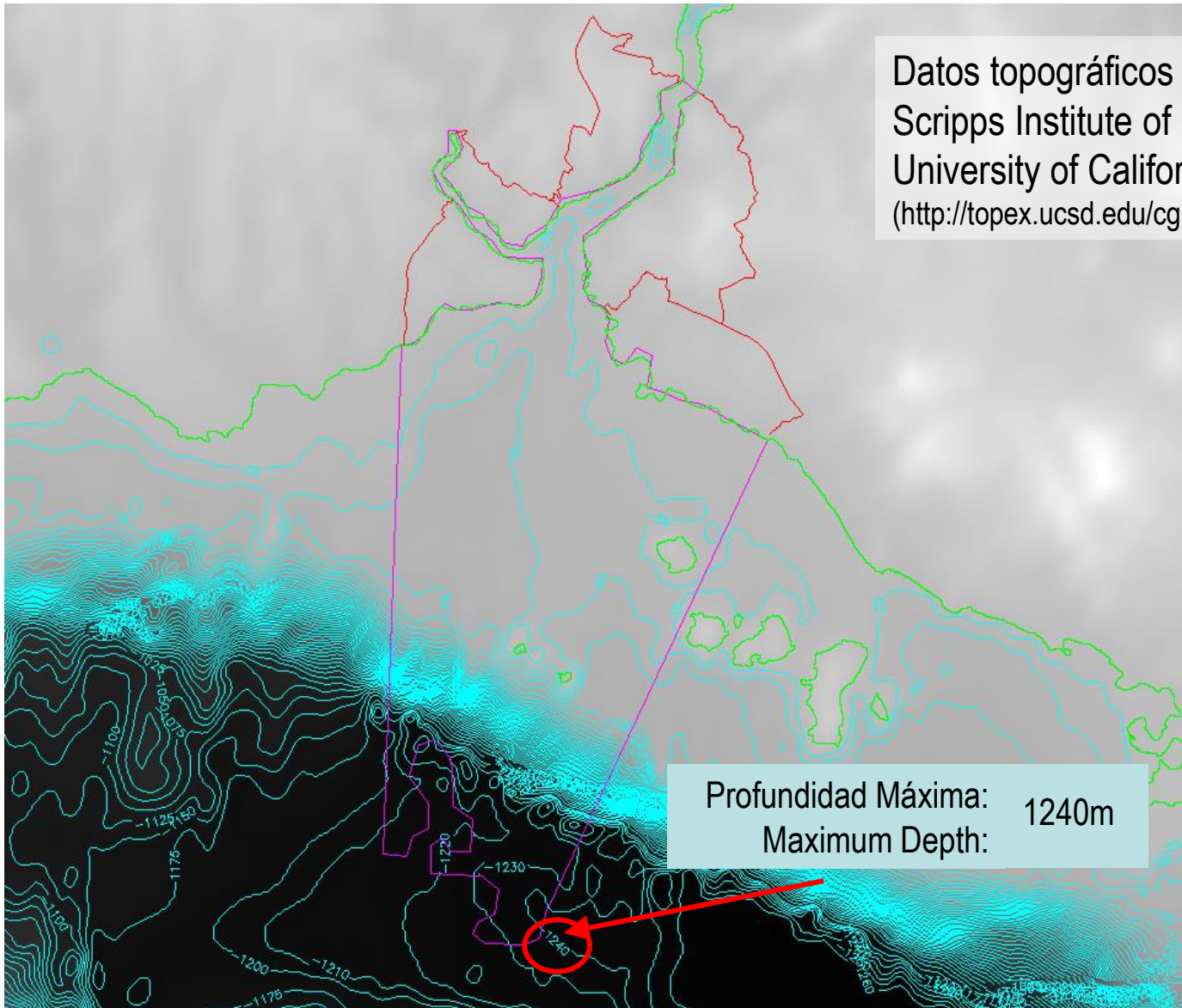
Penetración: 23,3 Km
Penetration:



ND (Número Digital)
DN (Digital Number)

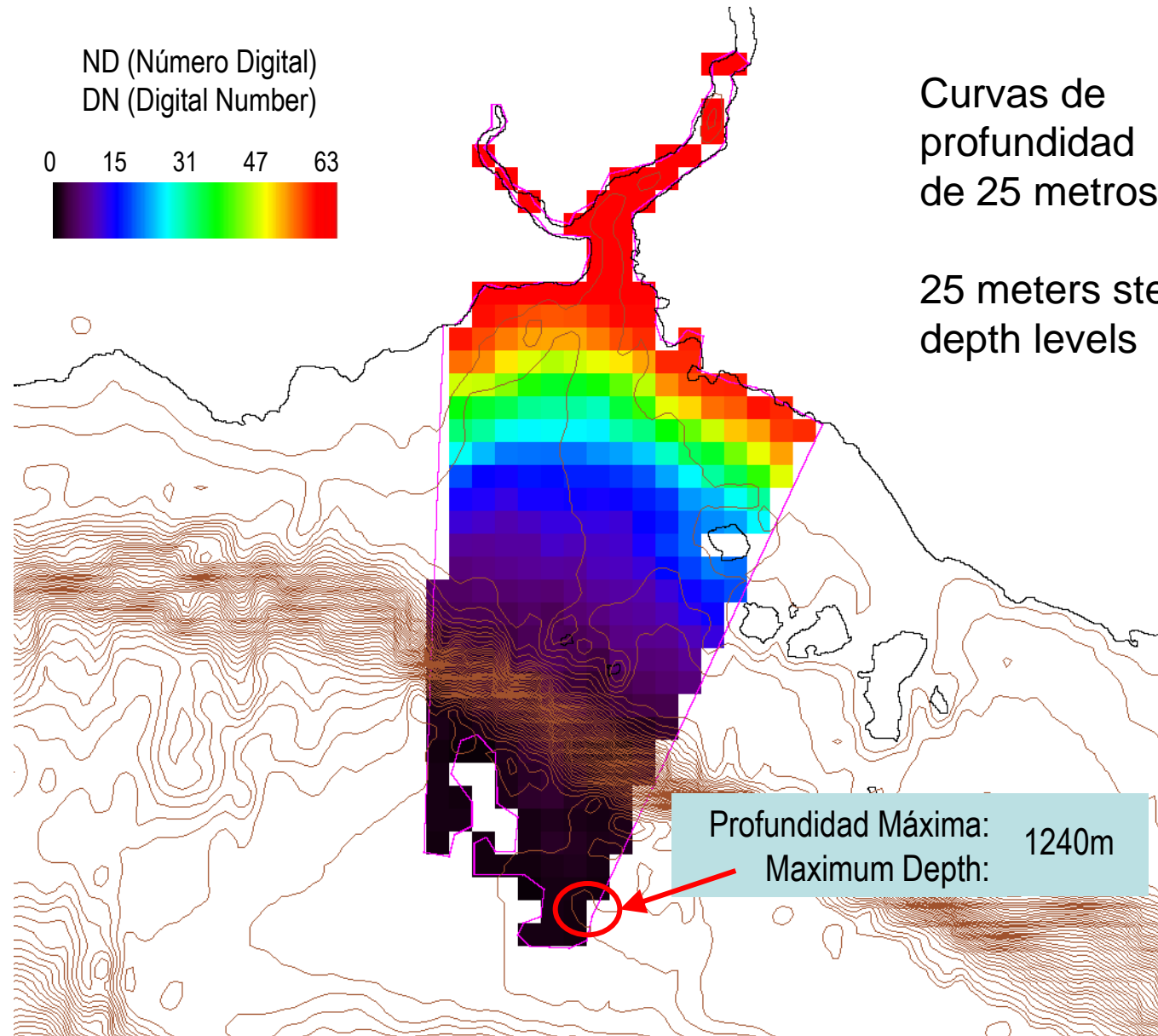
Estambul

Datos topográficos utilizados:
Scripps Institute of Oceanography
University of California San Diego
(http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi)



Profundidad Máxima: 1240m
Maximum Depth:

Estambul

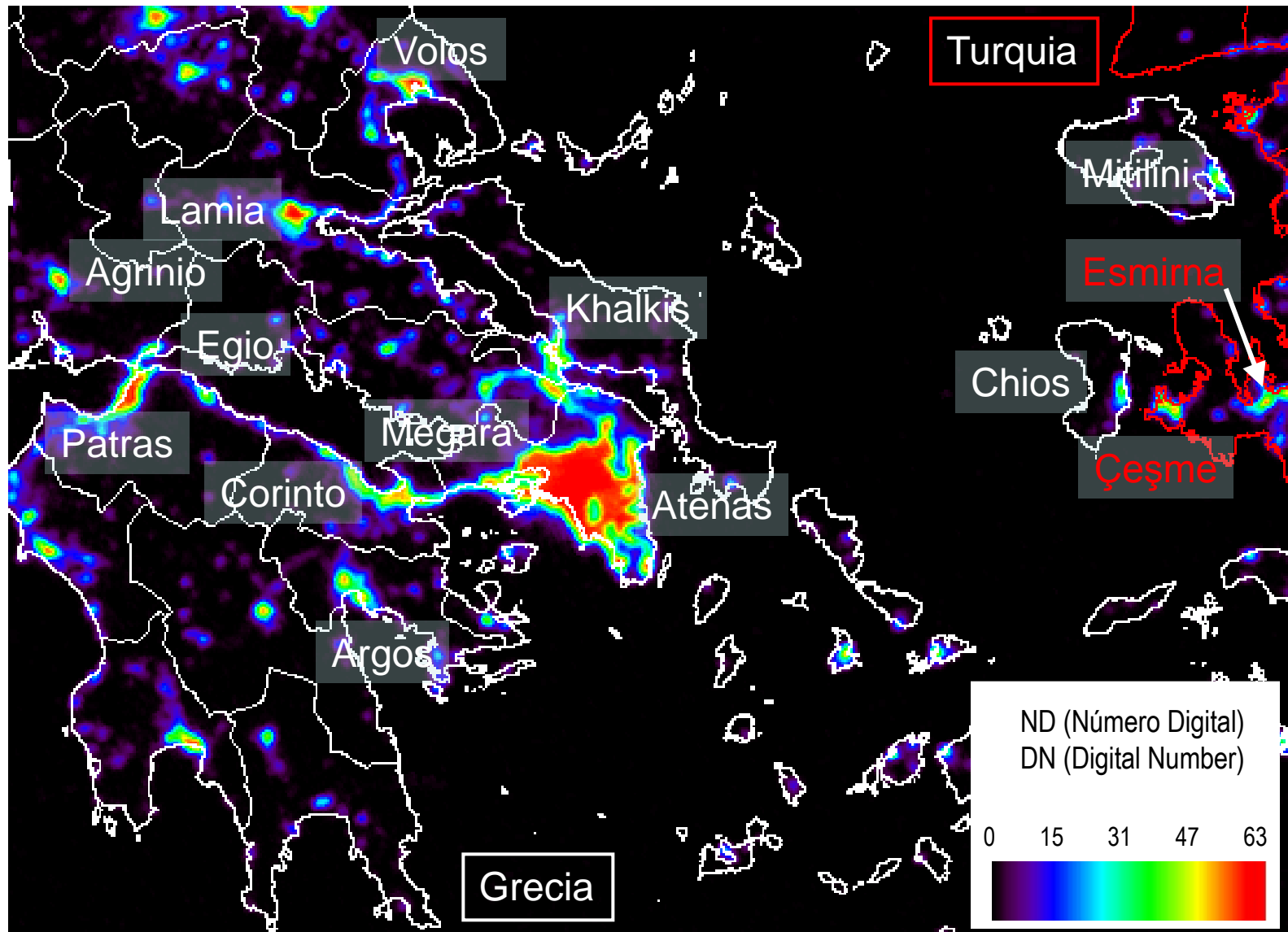


Atenas

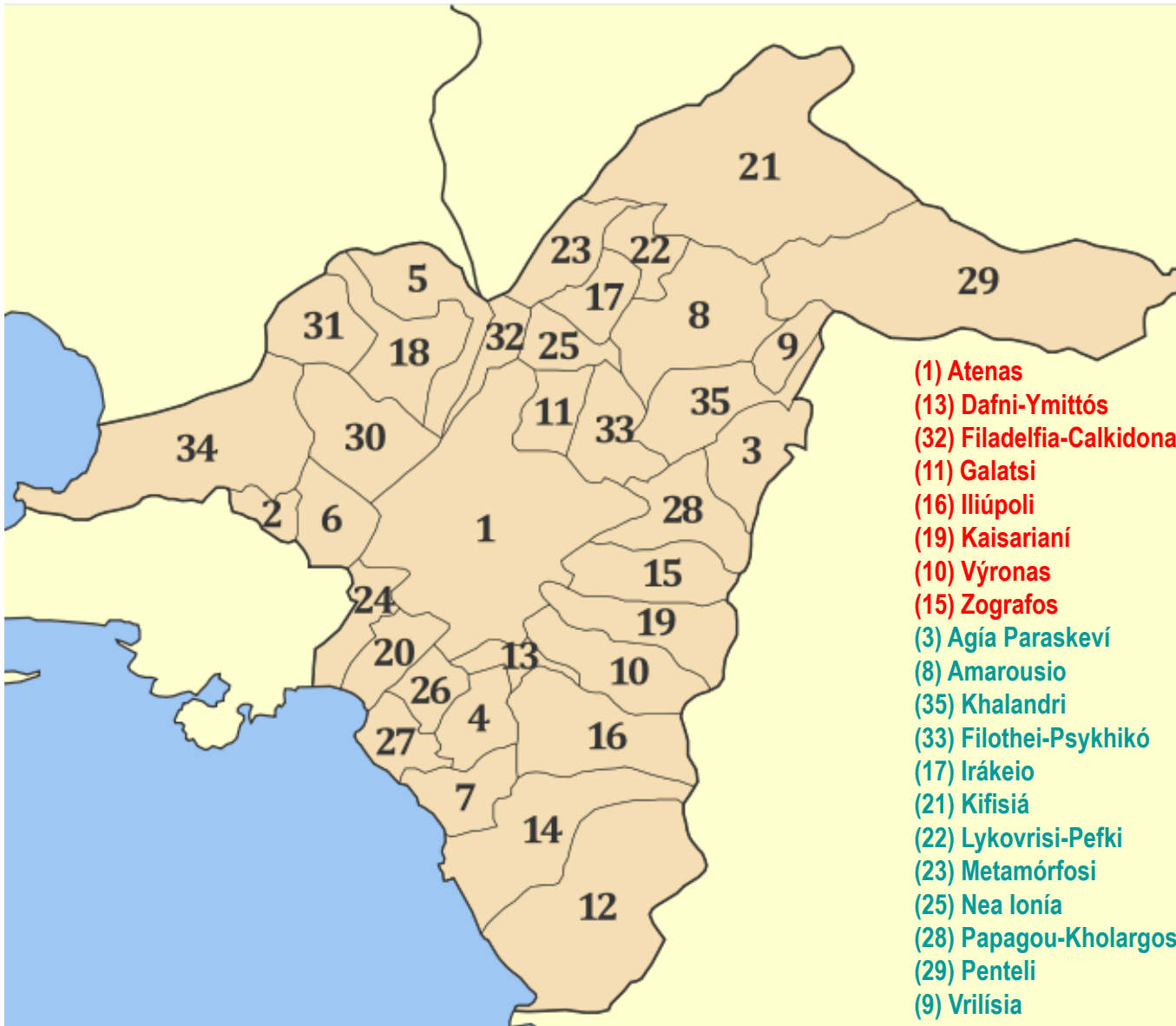


Color Real. Landsat 5 TM. 22/06/2009.

Atenas



Gran Atenas



Central
Septentrional
Meridional
Occidental

- (1) Atenas
- (13) Dafni-Ymittós
- (32) Filadelfia-Calkidona
- (11) Galatsi
- (16) Iliúpoli
- (19) Kaisarianí
- (10) Výronas
- (15) Zografos
- (3) Agía Paraskeví
- (8) Amarousio
- (35) Khalandri
- (33) Filothei-Psykhikó
- (17) Irákeio
- (21) Kifisiá
- (22) Lykovrisi-Pefki
- (23) Metamórfosi
- (25) Nea Ionía
- (28) Papagou-Kholargos
- (29) Penteli
- (9) Vrilisia

- (4) Agíos Dimítrios
- (7) Álimos
- (14) Elinikó-Argyroúpoli
- (12) Glífada
- (20) Kallithea
- (24) Moskhato-Tavros
- (26) Nea Smirni
- (27) Palaio Fáliro
- (2) Agía Varvara
- (8) Agíoi Anárgyroi-Kamateró
- (6) Aigaleo
- (34) Khaidari
- (18) Ílio
- (30) Peristeri
- (31) Petroúpoli

Atenas

ND (Número Digital)
DN (Digital Number)

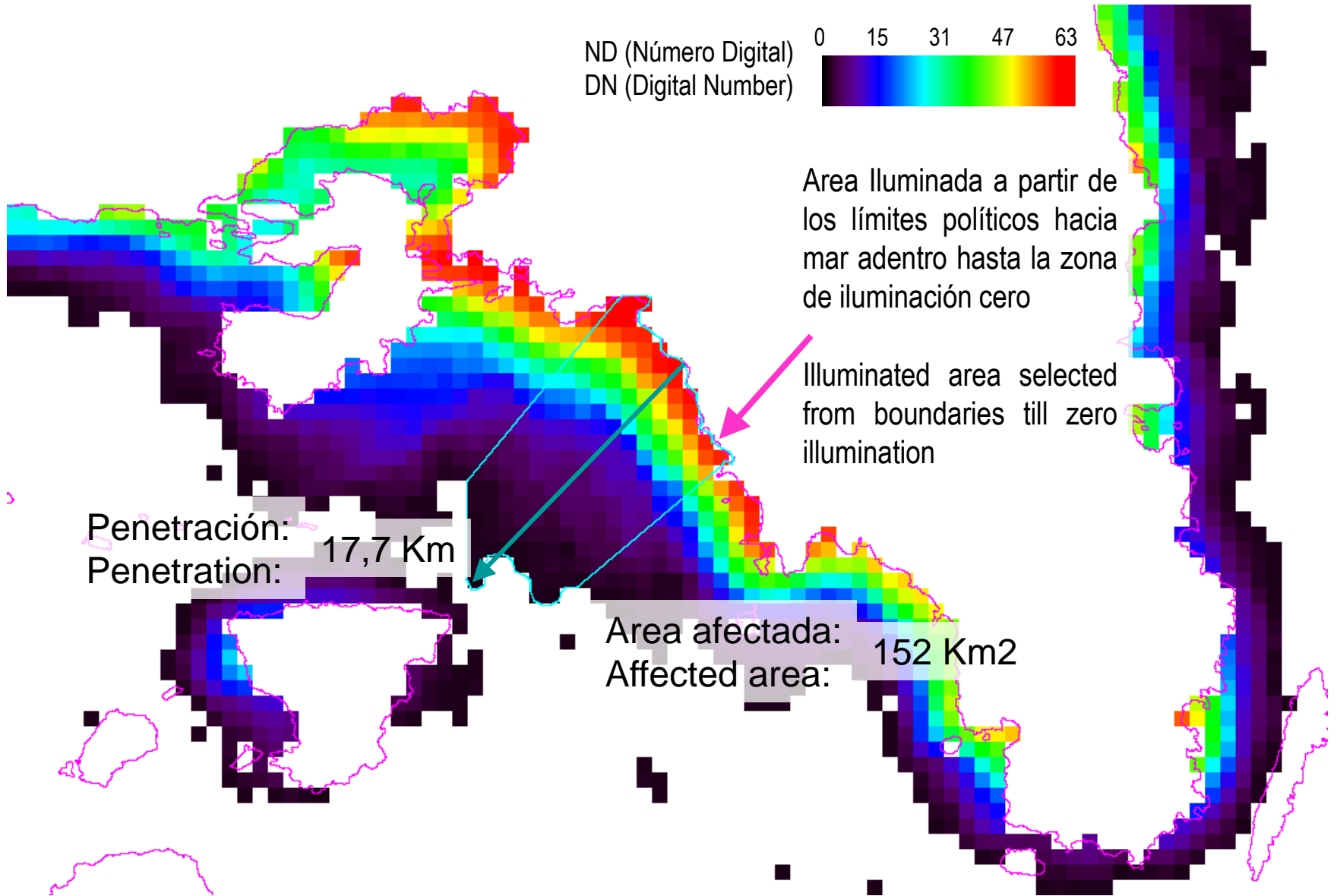


Area iluminada a partir de los límites políticos hacia mar adentro hasta la zona de iluminación cero

Illuminated area selected from boundaries till zero illumination

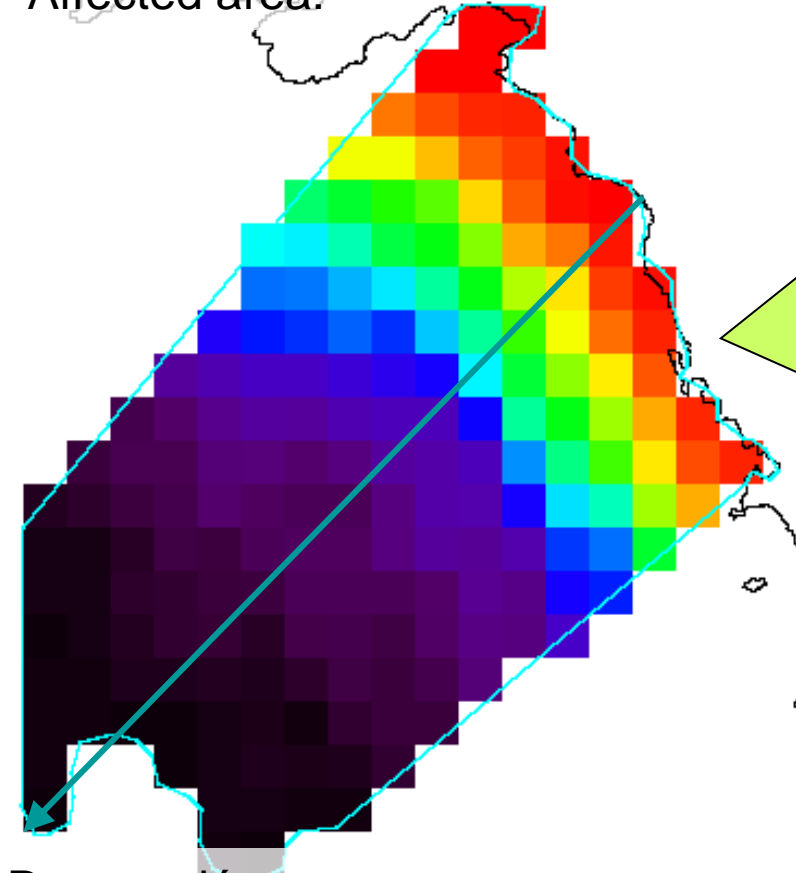
Penetración:
Penetration: 17,7 Km

Area afectada:
Affected area: 152 Km²

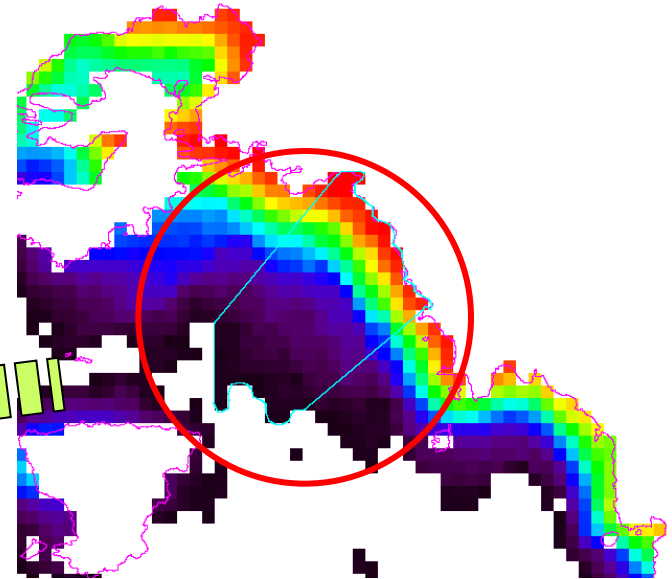


Atenas

Area afectada:
Affected area: 152 Km²



Penetración:
Penetration: 17,7 Km



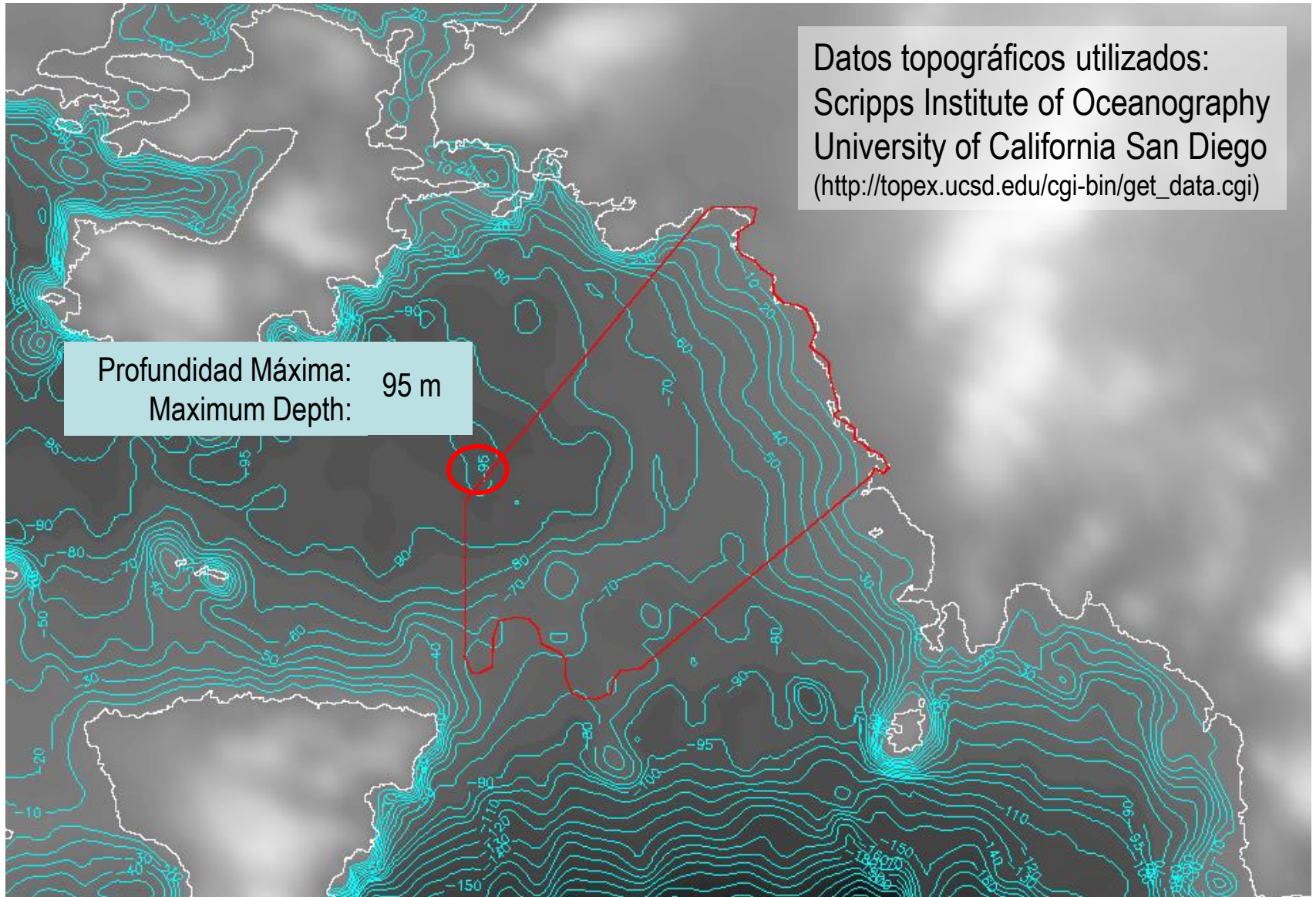
ND (Número Digital)
DN (Digital Number)



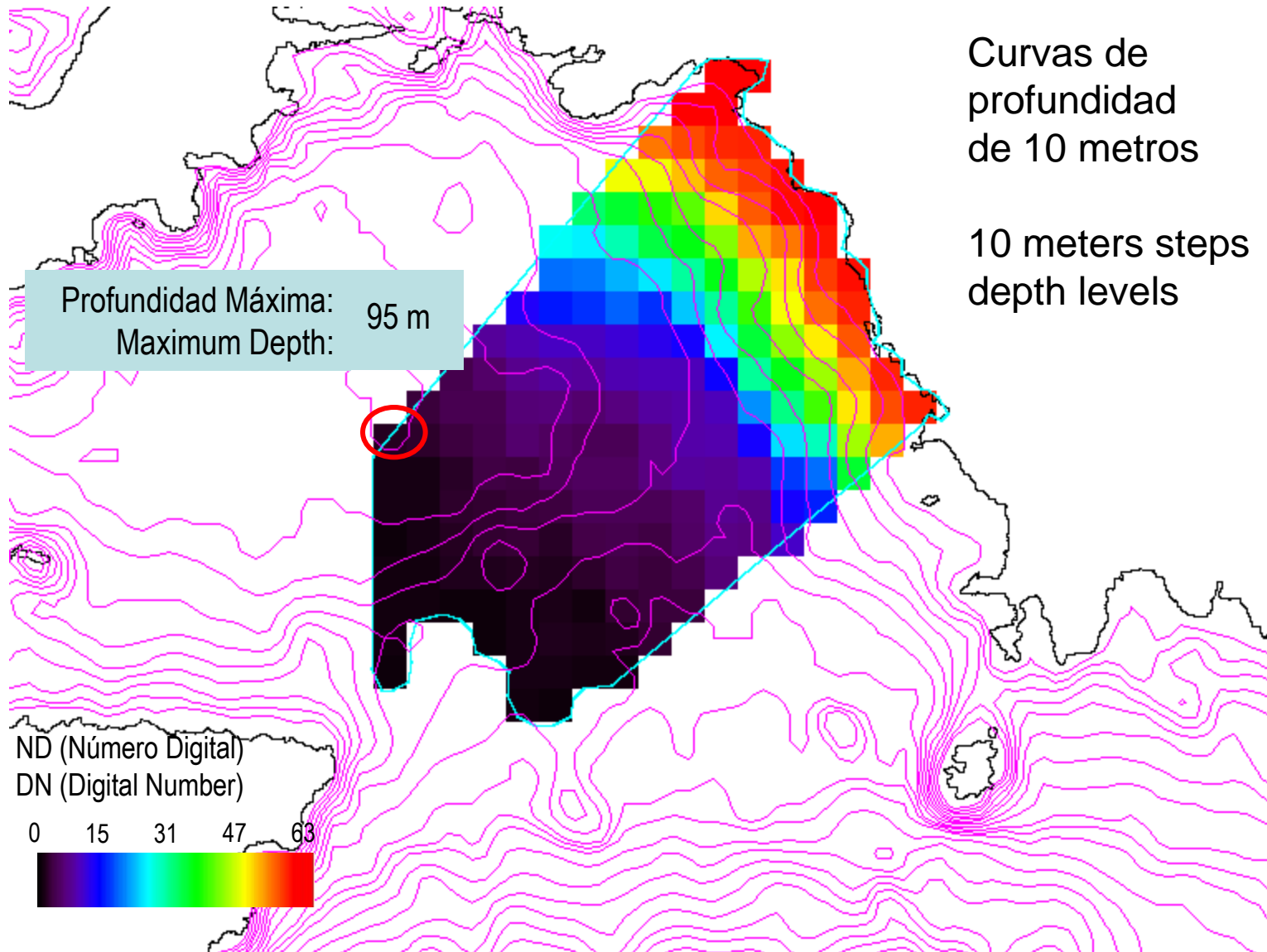
Atenas

Datos topográficos utilizados:
Scripps Institute of Oceanography
University of California San Diego
(http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi)

Profundidad Máxima: 95 m
Maximum Depth: 95 m



Atenas

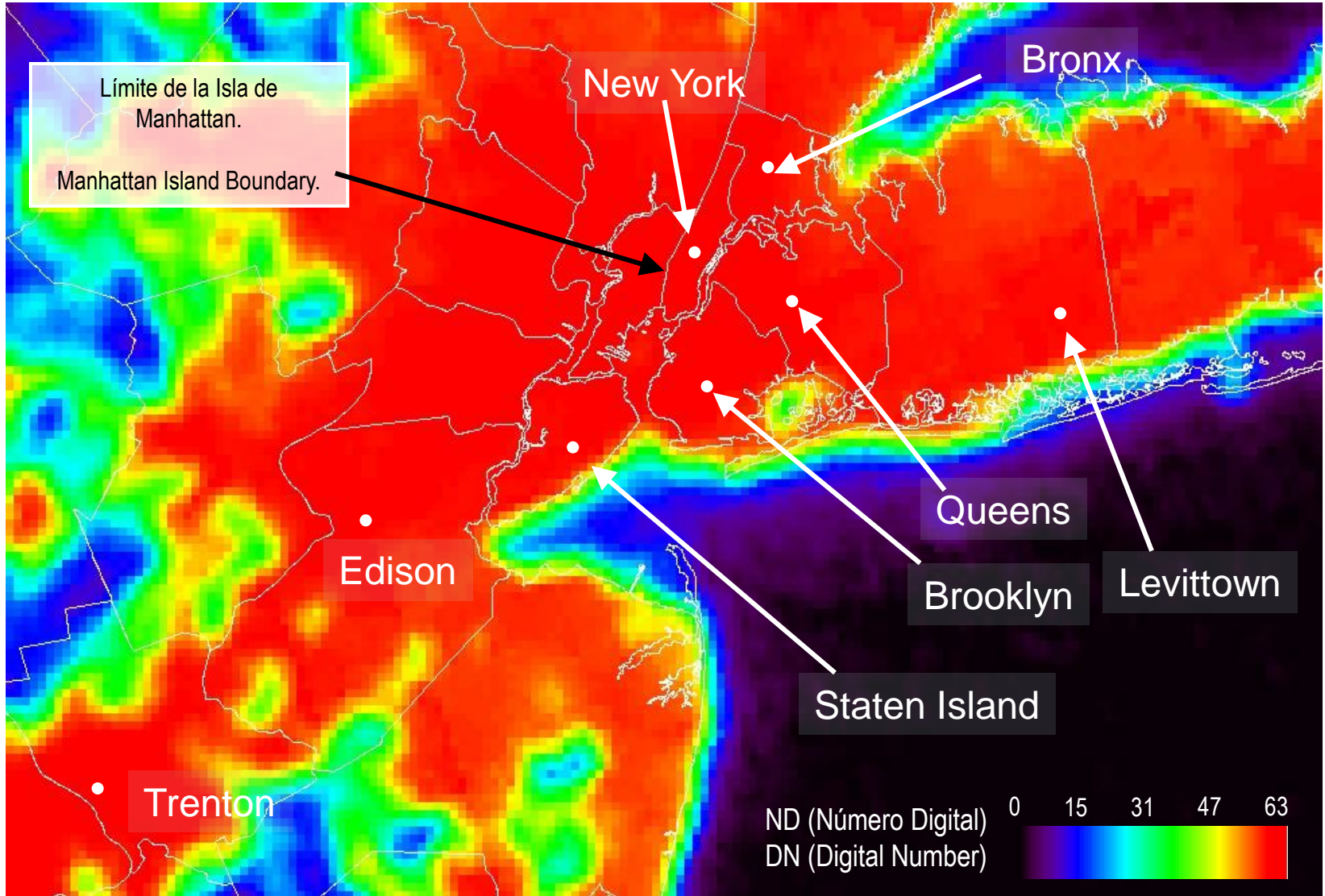


New York

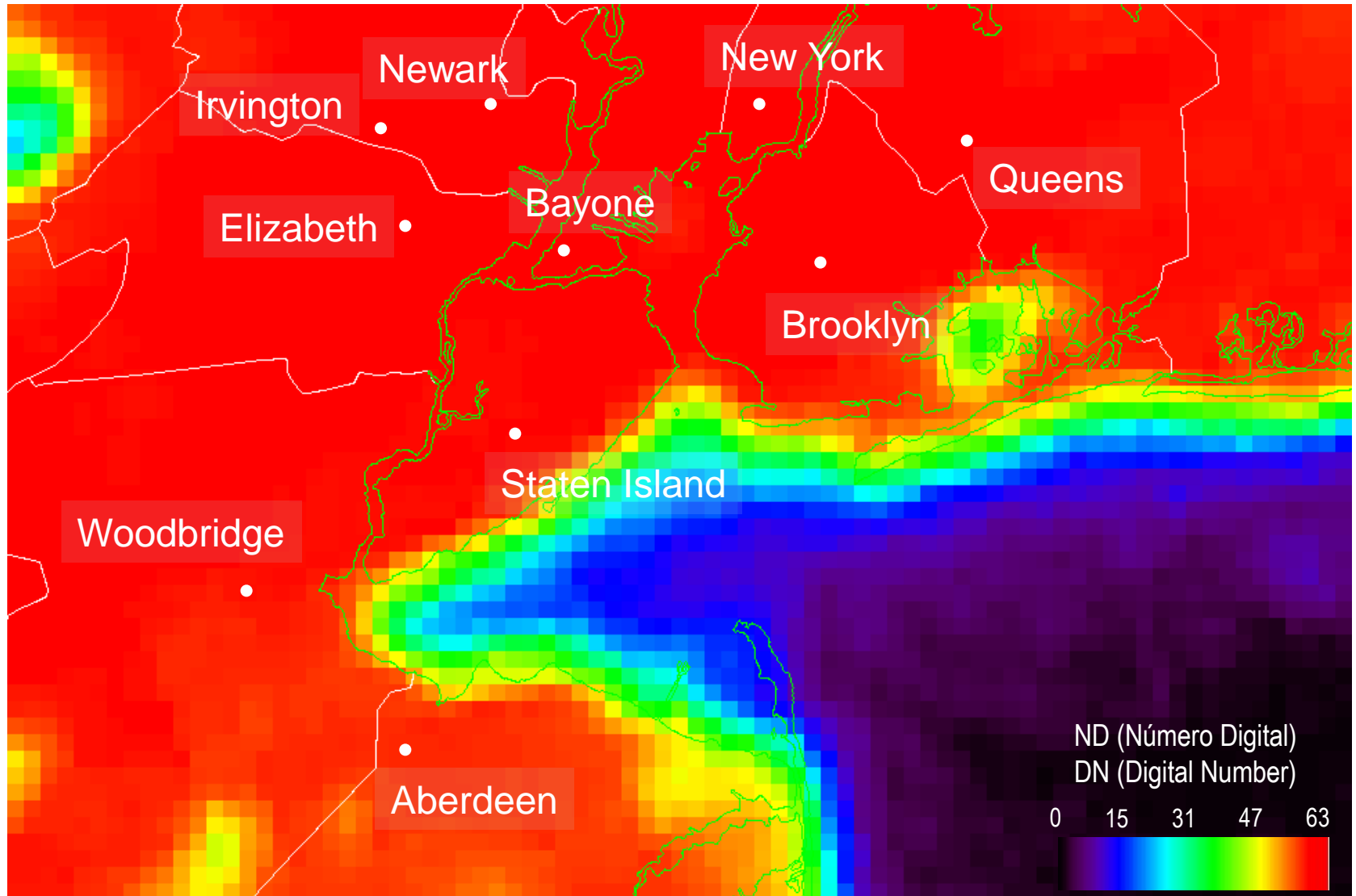


Color Real. Landsat 7 ETM+. 04/07/2005.

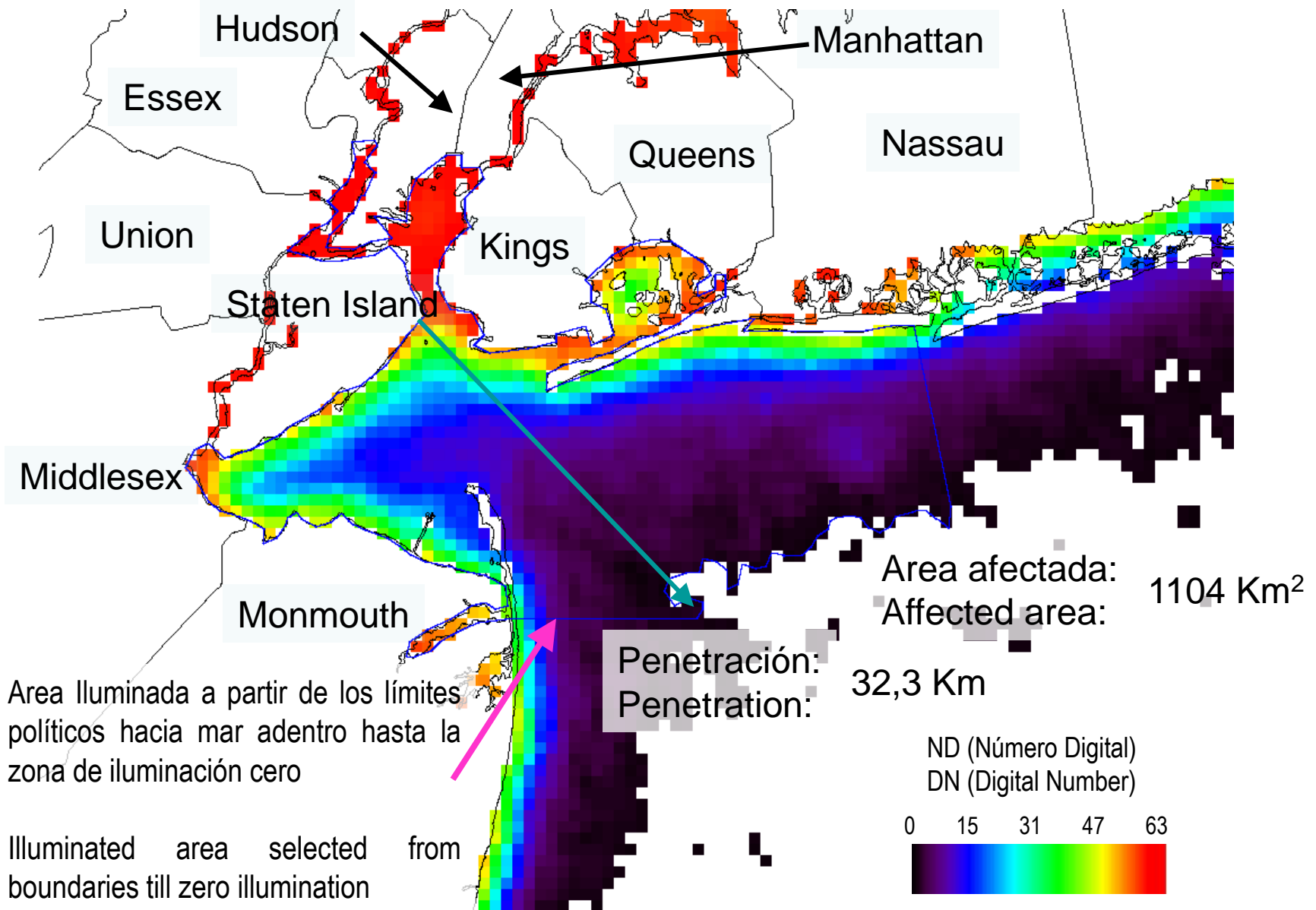
New York – New Jersey



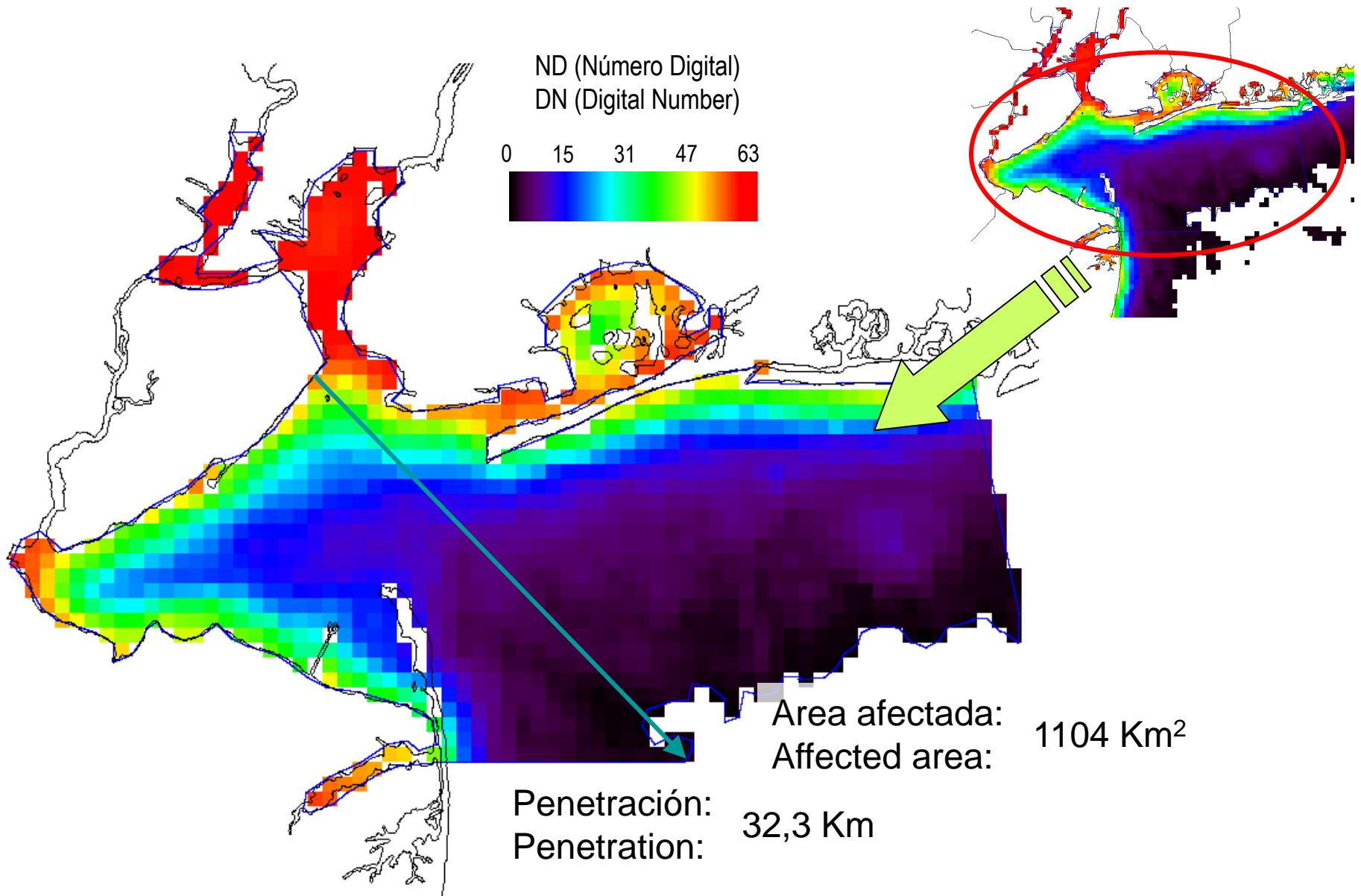
New York – New Jersey



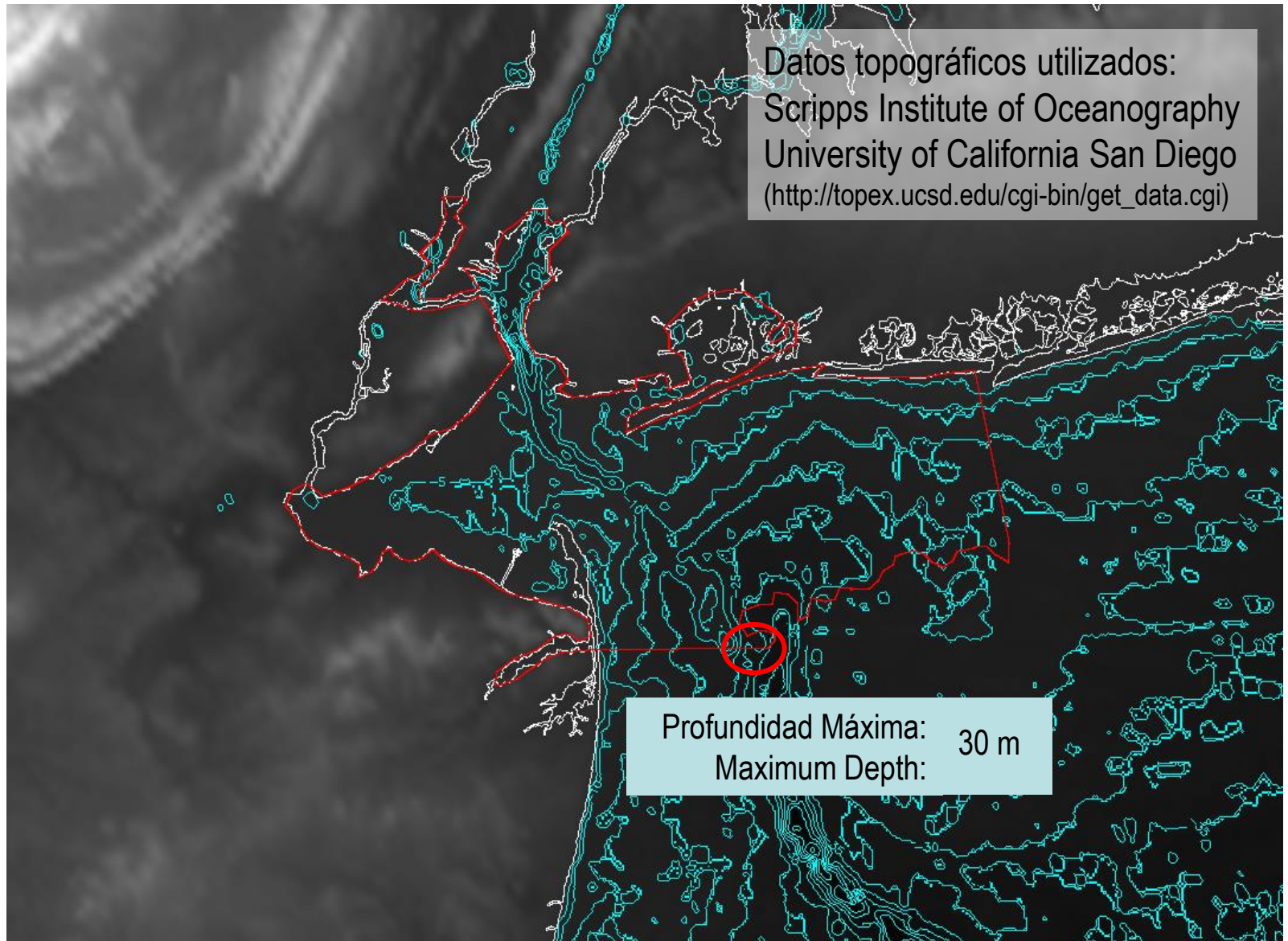
New York – New Jersey



New York



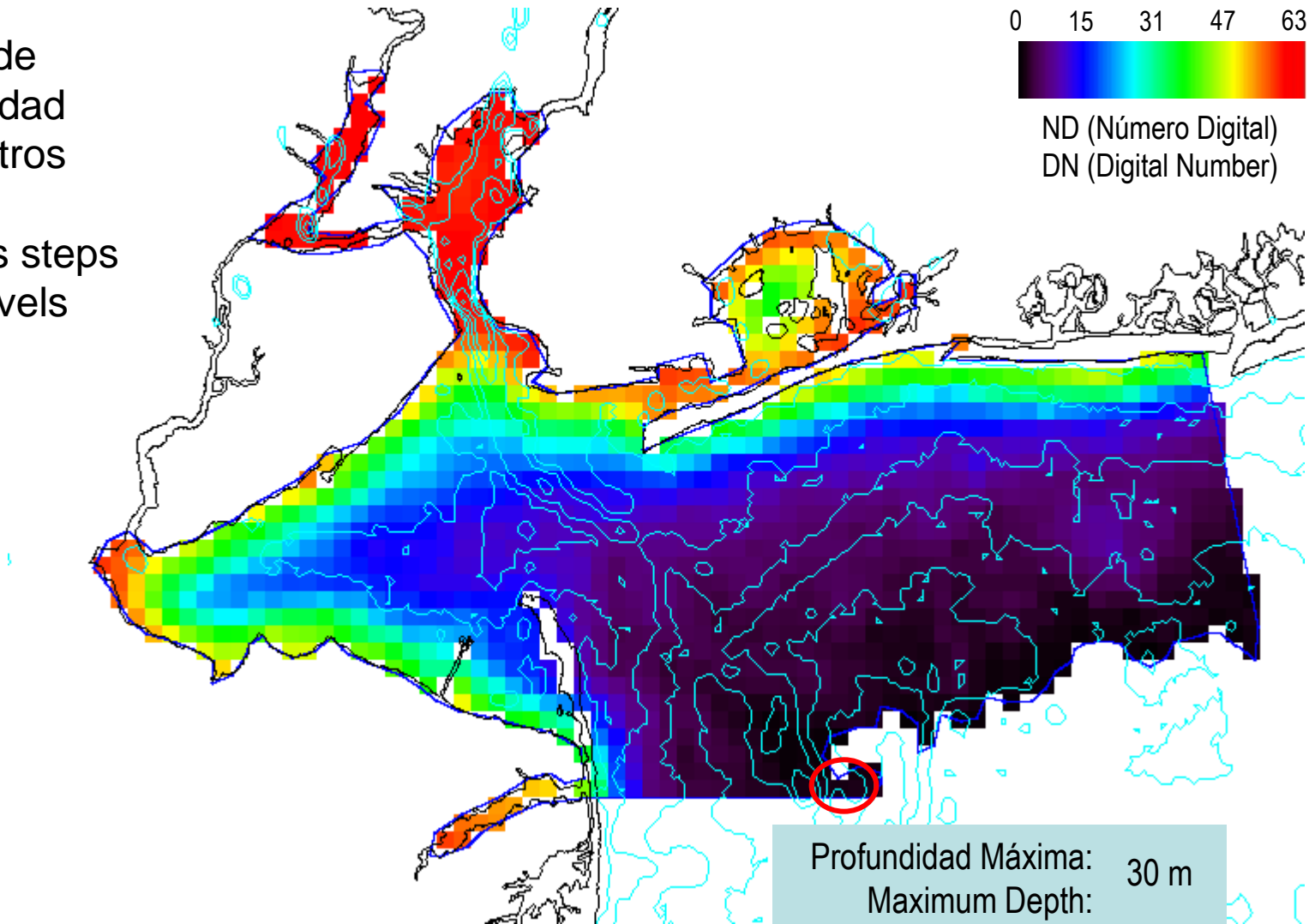
New York



New York

Curvas de
profundidad
de 5 metros

5 meters steps
depth levels

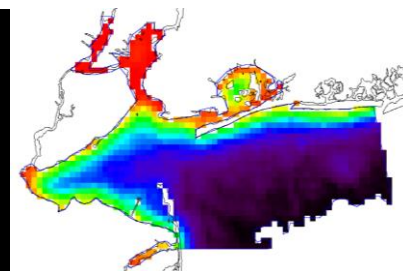


New York

0 15 31 47 63

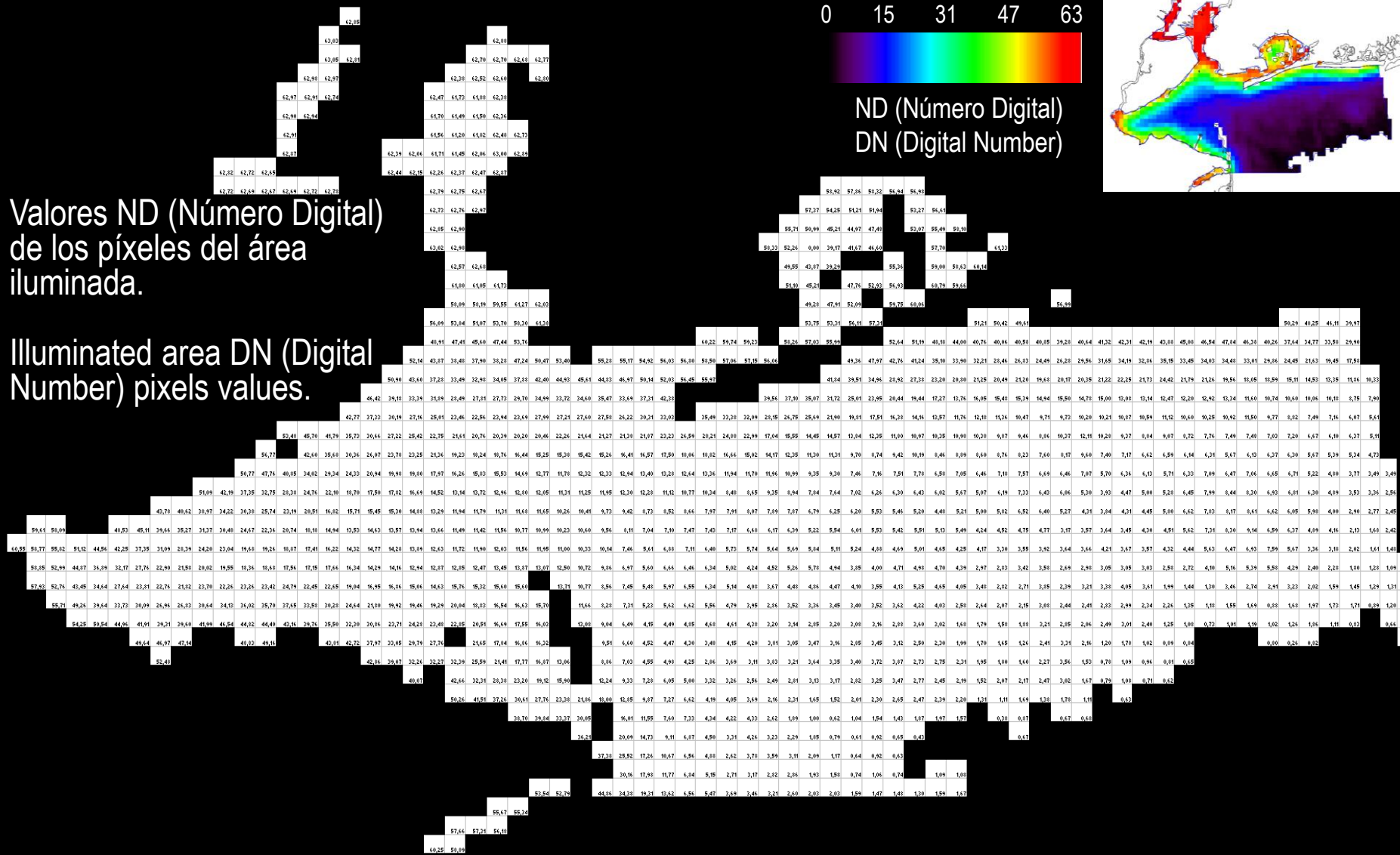


ND (Número Digital)
DN (Digital Number)



Valores ND (Número Digital)
de los píxeles del área
iluminada.

Illuminated area DN (Digital
Number) pixels values.



Resumen Ciudades

Densidad Lumínica = Sumatoria DN Píxeles / Area Iluminada

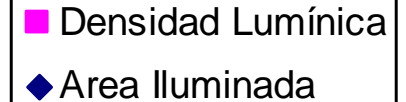


Ciudad	Area (Km2)	Penetración (Km)	Profundidad máxima (m)	Sumatoria Area Iluminada		Densidad Lumínica	
				DN	Radiancia	DN	Radiancia
Nápoles	187	19	375	3450,96	1,98552E-06	18,454E-6	10,618E-15
Atenas	152	17,7	95	3806,03	2,39083E-06	25,040E-6	15,729E-15
Buenos Aires	365	25	2	5709,14	2,95301E-06	15,641E-6	8,090E-15
Barcelona	213	17	340	4191,00	2,43122E-06	19,676E-6	11,414E-15
Estambul	273	23,3	1240	7551,75	4,91549E-06	27,662E-6	18,005E-15
New York – New Jersey	1104	32,3	30	23231,38	15,70014E-06	23,760E-6	14,285E-15

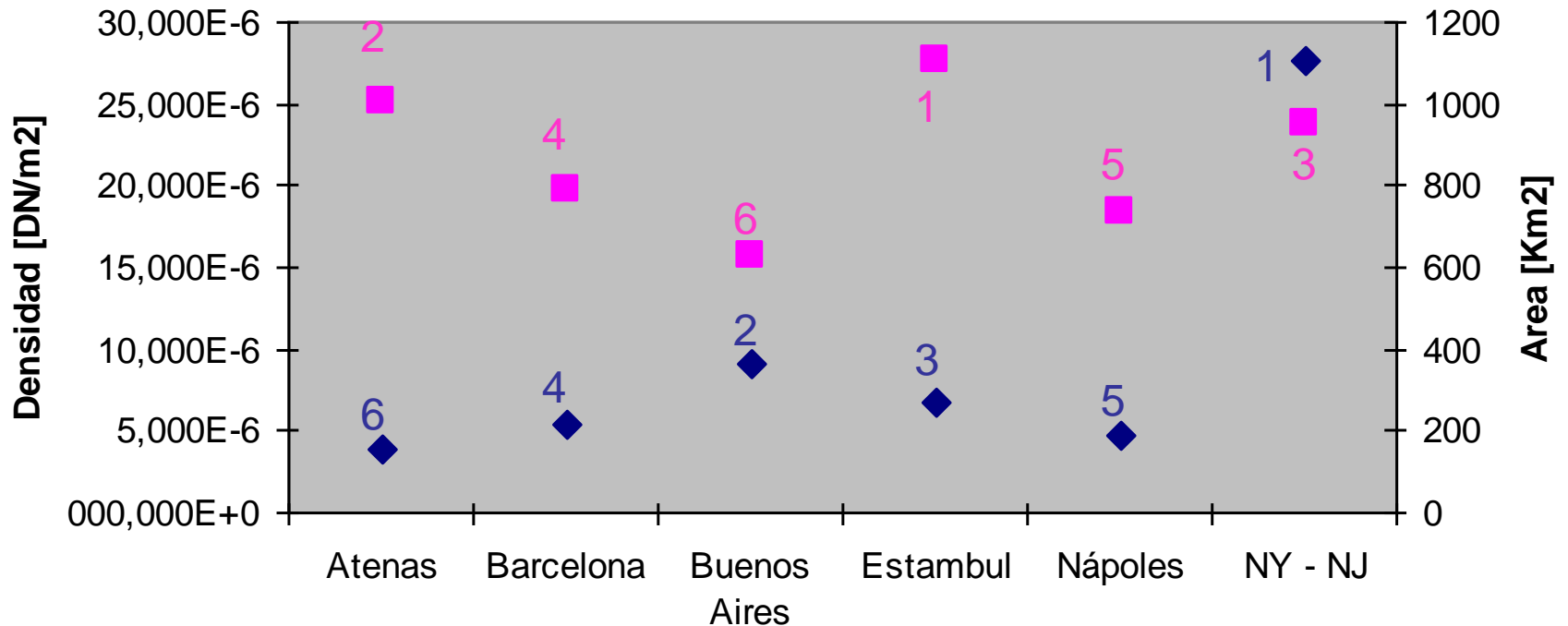
Resumen Ciudades

DN

Densidad Lumínica / Area Iluminada

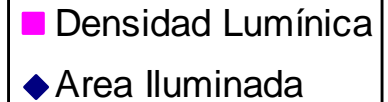


Densidad Lumínica = Sumatoria DN Píxeles / Area Iluminada

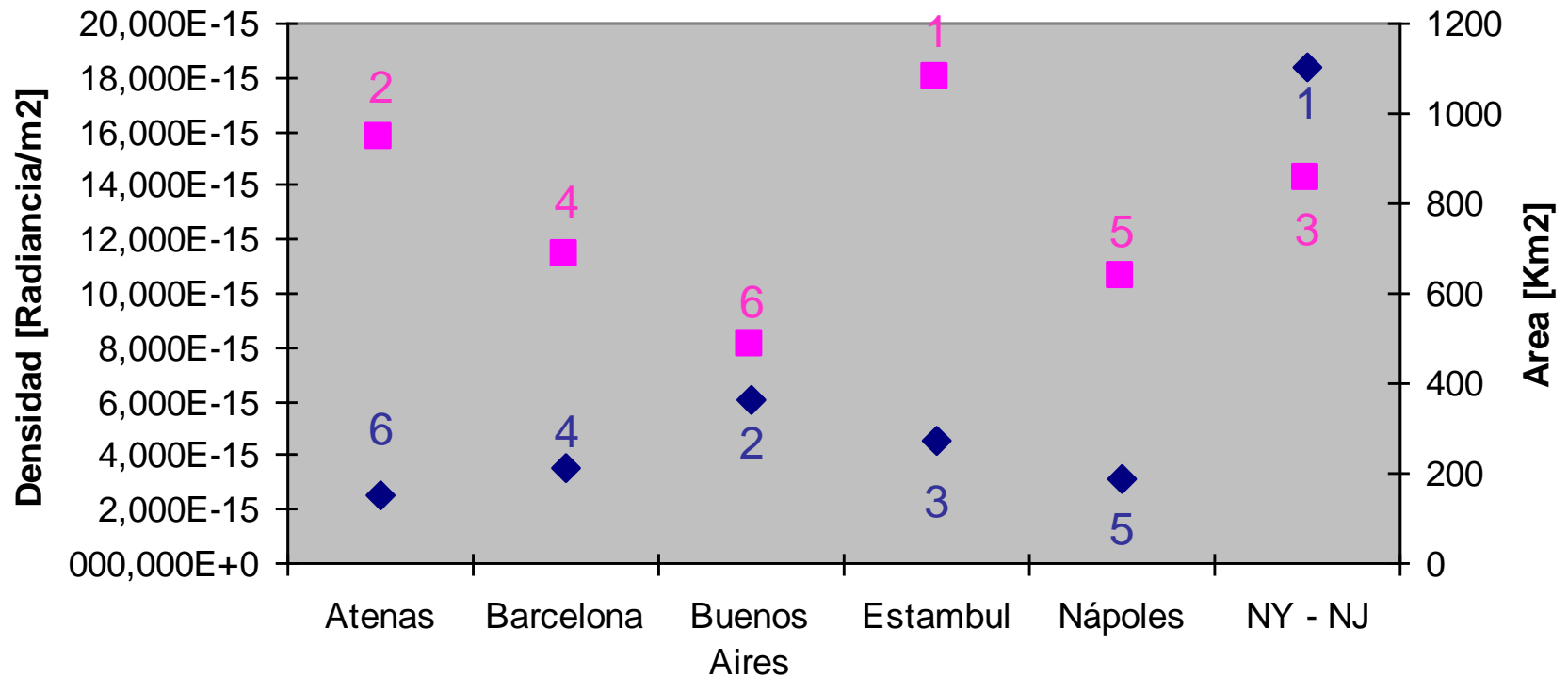


Resumen Ciudades Radiancia

Densidad Lumínica - Area Iluminada



Densidad Lumínica = Sumatoria Radiancia Píxeles / Area Iluminada



Resumen Ciudades

Datos en DN.

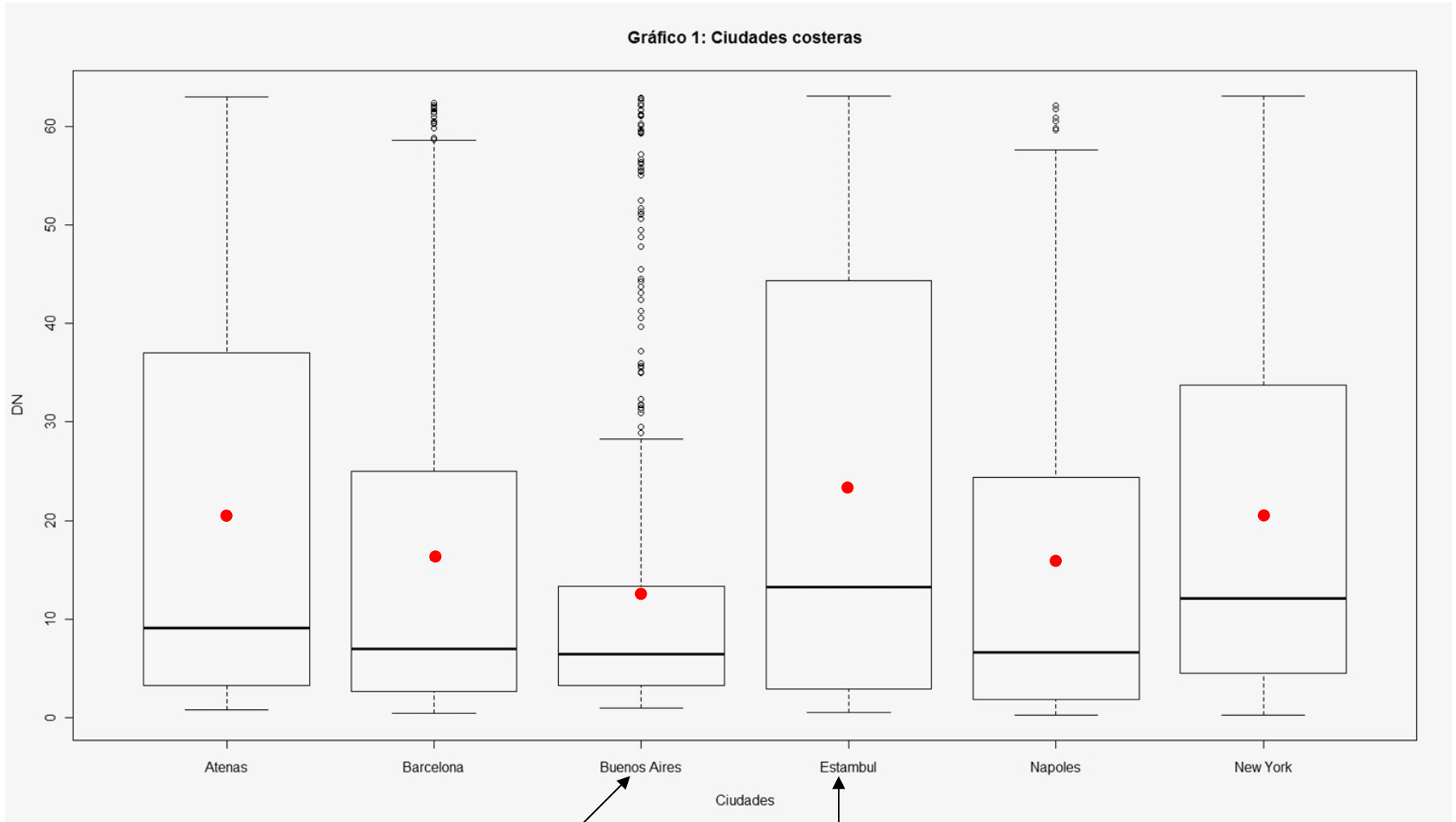
Ciudad	N	Media	IC 95%		Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mín.	Máx.	Rango	Amplitud interc	Asimetría	Curtosis
			LI	LS									
Atenas	187	20,353	17,266	23,440	9,060	457,922	21,399	0,810	62,960	62,150	34,280	0,868	-0,826
Barcelona	258	16,244	13,969	18,519	6,959	344,282	18,555	0,465	62,354	61,889	22,458	1,284	0,324
Buenos Aires	451	12,659	11,236	14,082	6,440	236,415	15,376	0,970	62,850	61,880	10,110	2,031	3,158
Estambul	326	23,165	20,682	25,648	13,255	519,432	22,791	0,540	63,090	62,550	41,585	0,714	-1,094
Nápoles	220	15,686	13,281	18,092	6,650	327,759	18,104	0,270	62,100	61,830	22,655	1,222	0,185
New York	1280	20,493	19,414	21,572	12,080	387,349	19,681	0,260	63,050	62,790	29,248	0,924	-0,516

Datos en Radiancia.

Ciudad	N	Media	IC 95%		Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Rango	Amplitud interc.	Asimetría	Curtosis
			LI	LS									
Atenas	187	1,28E-08	1,04E-08	1,52E-08	2,73E-09	2,84E-16	1,69E-08	7,30E-11	5,00E-08	4,99E-08	2,24E-08	1,119	-0,325
Barcelona	258	9,42E-09	7,68E-09	1,12E-08	1,84E-09	2,03E-16	1,42E-08	3,20E-11	4,92E-08	4,92E-08	1,21E-08	1,645	1,387
Buenos Aires	451	6,55E-09	5,45E-09	7,65E-09	1,63E-09	1,41E-16	1,19E-08	9,60E-11	4,98E-08	4,97E-08	4,30E-09	2,476	5,056
Estambul	326	1,51E-08	1,31E-08	1,71E-08	4,83E-09	3,42E-16	1,85E-08	4,00E-11	5,01E-08	5,01E-08	2,92E-08	0,949	-0,766
Nápoles	220	9,03E-09	7,23E-09	1,08E-08	1,72E-09	1,83E-16	1,35E-08	1,40E-11	4,89E-08	4,89E-08	1,19E-08	1,605	1,330
New York	1280	1,23E-08	1,15E-08	1,32E-08	4,20E-09	2,43E-16	1,56E-08	1,30E-11	5,01E-08	5,01E-08	1,86E-08	1,263	0,216

Resumen Ciudades

Box Plot. Datos en DN.

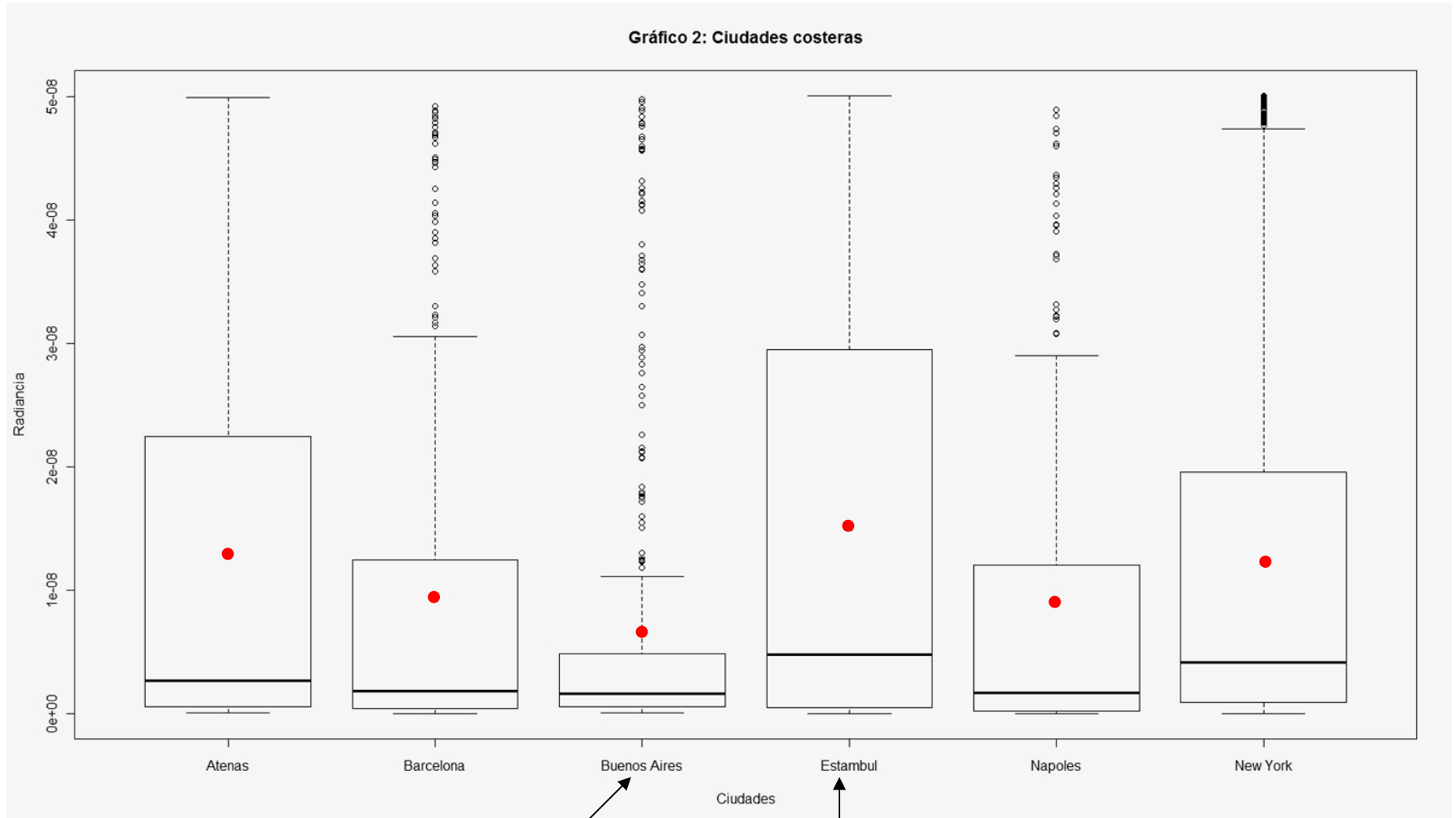


Menor dispersión con valores bajos y presencia de gran cantidad de outliers (valores atípicos).

Mayor dispersión con valores altos sin presencia de outliers (valores atípicos).

Resumen Ciudades

Box Plot. Datos en Radiancia.



Menor dispersión con valores bajos y presencia de gran cantidad de outliers (valores atípicos).

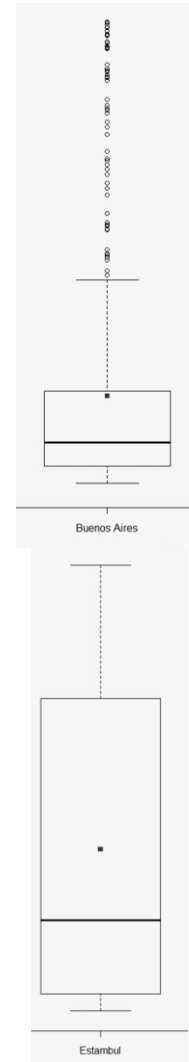
Mayor dispersión con valores altos sin presencia de outliers (valores atípicos).

Interpretación Box Plot

Box Plot Interpretation

En el Box Plot se puede observar:

1. En Buenos Aires los DN tienen la menor dispersión y asumen valores pequeños, indicando que el satélite recibe poca energía de esa área; a pesar de ser la que tiene un número importante de valores extremos. Menor dispersión con valores bajos y presencia de gran cantidad de outliers (valores atípicos).
2. En Estambul los DN tiene una gran dispersión, asumiendo valores altos, (no se observan valores extremos en la distribución). Mayor dispersión con valores altos sin presencia de outliers (valores atípicos).



Interpretación Densidad Lumínica – Area Iluminada en DN y Radiancia

DN and Radiance Light Density – Illuminated Area Interpretation.

En los gráficos anteriores se puede observar:

1. Buenos Aires tienen la menor densidad lumínica con un área importante afectada de polución lumínica.
2. Estambul seguida de Atenas y el área New York/New Jersey tienen las mayores densidades lumínica pero destacando que el área de New York/New Jersey es muy importante, siendo de casi 4 veces la segunda área en importancia (Buenos Aires).

Nuestros límites de investigación

Our research limits

1. Nuestro objetivo es investigar con imágenes satelitales la posible contaminación lumínica sobre la costa de las grandes ciudades costeras

Our target is to research with satellite images the possible light pollution over coastal lines of shoreline large cities.

2. No somos biólogos marinos.
We are not marine biologist.

3. En un futuro trataremos de trabajar todos nuestros datos con biólogos marinos.
We will try to work all our data in the near future with marine biologists.

Fin

Box Plot



Outliers = Valores atípicos = Valores extremos

$$L_s = Q_3 + 1.5 Q_r \quad \text{Límite superior}$$

Q_3 3er cuartil: el 75% de las observaciones toma valores menores o iguales a Q_3

Media

Mediana = Q_2 2do cuartil: el 50% de las observaciones toma valores menores o iguales a Q_2

Q_1 1er Cuartil: el 25% de las observaciones toma valores menores o iguales a Q_1

$$L_i = Q_1 - 1.5 Q_r \quad \text{Límite inferior}$$

$Q_r = Q_3 - Q_1$ Recorrido Intercuartílico: el 50% de las observaciones está entre los valores de $Q_3 - Q_1$

Observaciones

- Medidas de posición central:
 - Media (promedio, suma de todos los valores dividido el total de observaciones).
 - Mediana (valor de las observaciones que divide a la distribución en dos partes iguales, coincide con $Q_2=50\%$).
 - Modo (valor más frecuente).
- Otras medidas:
 - Min.: valor mínimo de la distribución.
 - Máx: valor máximo de la distribución.
 - Q_1 : primer cuartil. El 25% de las observaciones toma valores menores o iguales a Q_1 .
 - Q_2 : segundo cuartil. El 50% de las observaciones toma valores menores o iguales a Q_2 .
 - Q_3 : tercer cuartil. El 75% de las observaciones toma valores menores o iguales Q_3 .
- Medidas de dispersión:
 - el desvío estándar (promedio de la suma de los desvíos al cuadrado, indica cuan concentrada o dispersas están las observaciones respecto de la media).
 - rango o amplitud (Máx. – Min.).
 - rango intercuartil ($Q_3 - Q_1$).

Observaciones

- Medidas de distribución:
 - Coeficiente de asimetría: permite decidir si una distribución es simétrica respecto de la media (valor central). Es asimétrica cuando este valor se aleja del “cero”.
 - Coeficiente de curtosis: permite decidir si una distribución tiene sus valores muy concentrados o dispersos respecto de la media (valor central). Un valor de la curtosis distante del cero refiere una distribución que se aleja de la distribución normal o gaussiana.
- Cuando la Media, Mediana y el Modo son iguales, se dice que la distribución está centrada en media.
- Cuando la Media se aleja de la Mediana y el coeficiente de asimetría se aleja de cero, estamos en presencia de una distribución asimétrica que se aleja de la distribución normal. En este caso es aconsejable utilizar otra medida de posición central, como la mediana o el modo.

Observaciones

Ls = $Q3 + 1.5 Qr$: Límite superior del boxplot, puede o no ser igual al máximo.

Li = $Q1 - 1.5 Qr$: Límite inferior del boxplot, puede o no ser igual al mínimo

Bajo la hipótesis de una distribución normal, en el rango **Li** y **Ls** debería concentrarse el 95% de los datos.

Radiancia

Radiancia (L). Total de **energía radiada por unidad de área y por ángulo sólido (W)**. Es un término fundamental en teledetección, por que, de hecho, describe lo que mide el sensor. Se cuantifica en **vatios por metro cuadrado y estéreo-radian (W/m²sr)**.

Fórmula →
$$\frac{\delta I \cos(\theta)}{\delta A}$$

Derivada parcial de Intensidad radiante respecto de la superficie