Modelo predictivo del crecimiento poblacional

Equipo #2

Estimación de la capacidad de carga

September 12, 2024

Integrantes:

Guillermo Cepero García
Luis Ernesto Serras Rimada
Miguel Vadim Vilariño Pedraza

Modelo de crecimiento poblacional

El análisis del crecimiento poblacional reviste gran importancia debido a su relevancia en diversos campos como la economía, demografía, epidemiología y la ecología. Resulta útil en múltiples ámbitos, incluyendo estudios demográficos, planificación urbana y análisis de recursos naturales.

Objetivos

Objetivos principales:

- Estimar el numero maximo de personas que pueden ser sostenidamente alojadas en un area geografica determinada y evaluar el equilibrio entre la poblacion existente y la capacidad de carga ambiental
- Contribuir al diseno de estrategias de planifi- cacion urbana y rural que equilibren el crecimiento economico con la proteccion del medio ambiente y los servicios basicos.
- Permitir evaluar el impacto potencial del cambio climatico y otros factores externos en la capacidad de carga poblacional a largo plazo.
- Contribuir al diseno de programas de educacion ambiental y concientizacion sobre las implica- ciones del crecimiento poblacional.
- Ayudar a establecer limites razonables para el crecimiento demografico, evitando excederse en la explotacion de recursos naturales y servicios puublicos.

Modelo logístico

Se plantea trabajar el asunto con un modelo matemático que nos pueda conducir a dicha prediccion, y se considera el **modelo del crecimiento logístico**, que es solución de la ecuación diferencial que describe cómo la tasa de crecimiento de la población (dP/dt) cambia con el tamaño de la población (P(t))

$$\frac{dP}{dt} = r \cdot P(t)(1 - \frac{P(t)}{K})$$

donde se tiene que:

- (P(t)) es la población en función del tiempo (t).
- (r) es la tasa de crecimiento intrínseca de la población.
- (K) es la capacidad de carga o tamaño máximo sostenible de la población.

Parámetros a Estimar:

- (r): Tasa de crecimiento intrínseca de la población.
- (K): Capacidad de carga de la población.

Modelo del crecimiento logístico

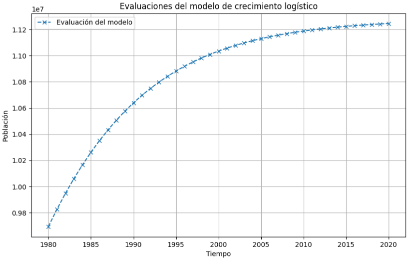
La ecuación del modelo logístico del crecimiento poblacional tiene la forma:

$$P(t) = \frac{K}{1 + Ae^{-rt}}$$

La ecuación para encontrar (A) es:

$$P(0) = \frac{K}{1 + Ae^{0}}$$

(A) es una constante que depende de las condiciones iniciales de la población. Esta función muestra claramente el punto de inflexión, donde la tasa de crecimiento cambia de positiva a negativa, indicando que la población ha alcanzado su capacidad de carga y está comenzando a estabilizarse.



5

curvefit

Se utilizaron los datos históricos de densidad poblacional desde 1980 hasta 2020 publicados en las series estadisticas del sitio web de la ONEI. Y se desean ajustar los parámetros de la capacidad de carga(K) y la tasa (r). Para ello se decide utilizar la aproximación por mínimos cuadrados por medio de la función curvefit del módulo scipy.optimize en Python, cuya función matemáticamente se puede representar como:
Minimizar: $\sum_{i=1}^{N}(y_i - f(x_i, \theta))^2$

curve-fit

Toma los parámetros:

- f: es la función modelo para la optimización.
- xdata: son los valores independientes (el tiempo (t como x_i)).
- ydata: son los valores dependientes (los valores de densidad poblacional en función del tiempo (P como y_i)).
- p0: Estimación inicial.

Y procede de la forma:

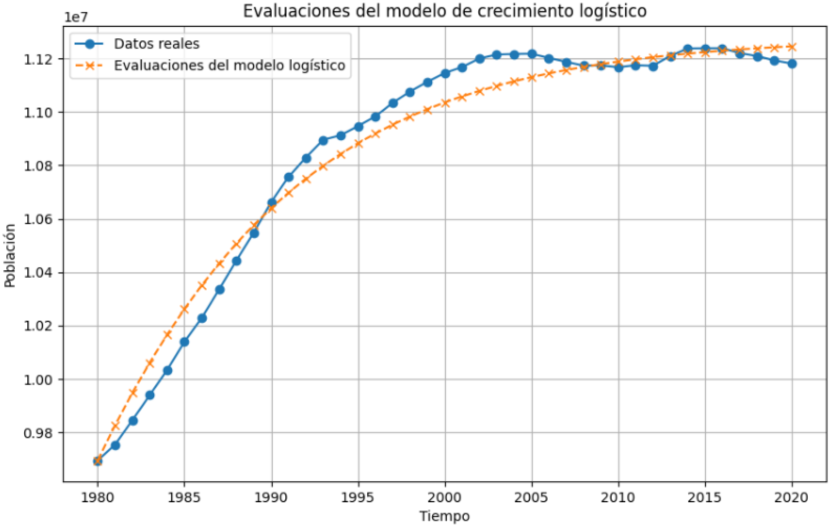
$$min[\sum_{i=1}^{N}(P-(\frac{K}{(P(0)-1)}e^{-rt}))^2]^{\frac{1}{2}}$$

La función curvefit intentará minimizar la suma de los cuadrados de los residuales para encontrar los valores óptimos de K y r que minimizan esta expresión.

Preview de los datos utilizados

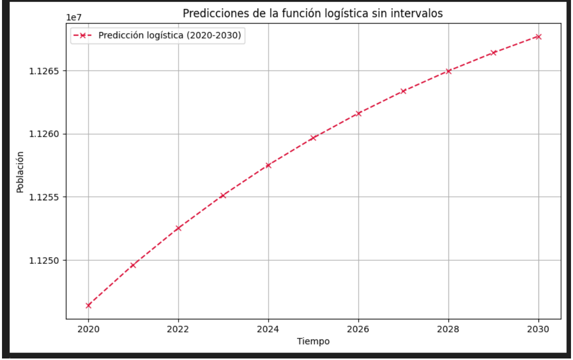
	Años	Total
0	1980	9693907
1	1981	9753243
2	1982	9844836
3	1983	9938760
4	1984	10032721
5	1985	10138642
6	1986	10228330
7	1987	10334993
8	1988	10443789
9	1989	10548347
10	1990	10662148
11	1991	10756829
12	1992	10829320
13	1993	10895987
14	1994	10912924
15	1995	10947119
16	1996	10983326
17	1997	11033993
18	1998	11076817
19	1999	11113128
20	2000	11146203
21	2001	11168526
22	2002	11200388
23	2003	11215388
24	2004	11217590
25	2005	11218623
26	2006	11202632
27	2007	11188028
28	2008	11173996
29	2009	11174952
30	2010	11167934
31	2011	11175423
32	2012	11173151
33	2013	11210064
34	2014	11238317
35	2015	11239004
36	2016	11239224
37	2017	11221060
38	2018	11209628
39	2019	11193470
40	2020	11181595

Modelo sin intervalos



Predicción del modelo sin intervalos

```
Años    Predicción
==================
2020     11246416
2021     11249615
2022     11252511
2023     11255133
2024     11257506
2025     11259654
2026     11261599
2027     11263359
2028     11264952
2029     11266394
2030     11267699
```

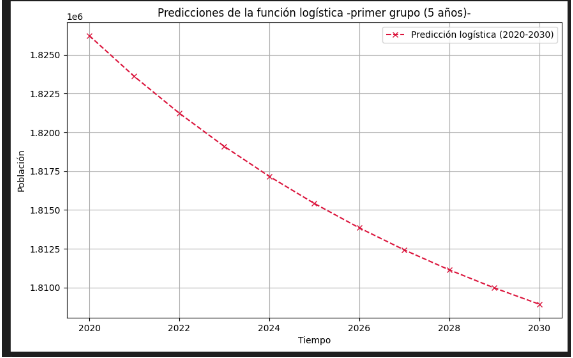


DataFrame para intervalos de 5 años

	K	r
0	204423337054	0.008
1	340143106946	0.003
2	10660179	-0.352
3	51052382079	0.000
4	2575174752	0.000
5	1223441	0.000
6	999003076	0.000
7	1798999	0.000

Predicción para intervalos de 5 años

Años	Predicción
2020	1826240
2021	1823612
2022	1821241
2023	1819100
2024	1817168
2025	1815423
2026	1813847
2027	1812424
2028	1811138
2029	1809975
2030	1808925

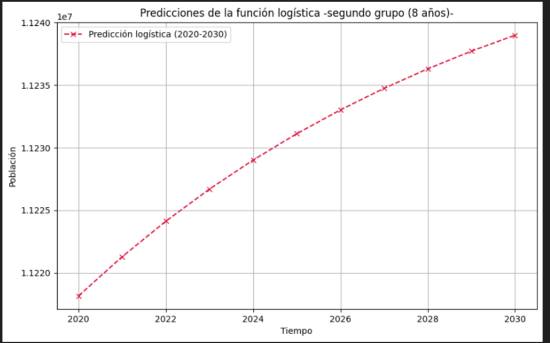


DataFrame para intervalos de 8 años

	K	r
0	2055969070415	0.009
1	10396071	-0.167
2	10981262	-0.209
3	1000853	0.000
4	11251162	0.022

Predicción para intervalos de 8 años

Años	Predicción
2020	11218155
2021	11221287
2022	11224123
2023	11226691
2024	11229015
2025	11231119
2026	11233023
2027	11234747
2028	11236307
2029	11237719
2030	11238996

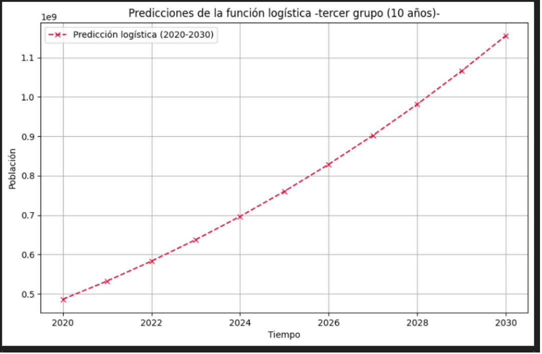


DataFrame para intervalos de 10 años

	K	r
0	2059434657188	0.009
1	10623571	-0.135
2	726227	-0.000
3	5837330070	0.000

Predicción para intervalos de 10 años

Años	Predicción
2020	486010070
2021	532461736
2022	582869560
2023	637476010
2024	696520151
2025	760233513
2026	828835334
2027	902527188
2028	981487044
2029	1065862849
2030	1155765756



Recomendaciones

- Mejorar el Modelo Matemático
- Ampliar la Base de Datos:
- Validar y Refinar el Modelo
- Investigar Factores Externos
- Divulgar los Resultados

Estas recomendaciones buscan fortalecer el modelo actual, ampliar su alcance y utilidad, y contribuir al conocimiento demográfico de Cuba, teniendo en cuenta las particularidades observadas en el análisis inicial.

Muchas gracias :)