

# LABORATORIO DI DEMOGRAFIA

## PREVISIONE FERTILITA' E MORTALITA' 2050 – 2100

Siamo partiti dalle tabelle di sopravvivenza della regione (riportanti la coorte  $l(x)$  per ogni quinquennio, la classe di età e stato) e abbiamo ricavato le diverse probabilità di sopravvivenza  $p(x)$  per le diverse classi di età. Per ricavare queste ultime abbiamo utilizzato la seguente formula:

$$p(x) = \frac{l(x)}{l(0)}$$

Abbiamo riportato un esempio di calcolo di probabilità di sopravvivenza partendo dalla tabella di vita

LIFE TABLES SURVIVORS																							
Stato	Regione	Periodo	Popolazione	$l(x)$ at the age class $(x)$ , both sexes																			
				0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Belize	Central Amx	1950-1955	73367	100000	86407	84667	83878	82887	81502	79852	77962	75799	73174	69750	65194	59113	51109	41059	29572	18111	8811	3132	743
Belize	Central Amx	1955-1960	84593	100000	88100	86627	85973	85146	83992	82605	80988	79095	76740	73599	69300	63424	55531	45381	33443	21112	10675	3972	991

$p(0)$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1	0,864066	0,8466741	0,83878	0,8288721	0,8150169	0,7985193	0,7796202	0,7579949	0,7317372	0,6975028	0,6519357	0,5911316	0,5110935	0,4105891	0,2957195	0,1811075	0,0881109	0,031322	0,0074313
1	0,8810018	0,8662663	0,8597307	0,8514603	0,8399234	0,8260544	0,8098765	0,7909476	0,7674021	0,7359856	0,6929968	0,634242	0,5553059	0,4538088	0,3344282	0,2111187	0,1067485	0,039722	0,0099072

In seguito, a partire dalle  $p(x)$  abbiamo calcolato le sopravvivenze  $\sigma(x)$ , il tasso intrinseco di mortalità  $\mu(x)$  e l'aspettativa di vita alla nascita  $e(0)$ , attraverso le formule:

$$\sigma(x) = \frac{p(x)}{p(x-1)}; \quad \mu(x) = \frac{l(x)-l(x+1)}{l(x)}; \quad e(0) = \frac{1}{2} + 5 \sum p(x).$$

Stato	Regione	Periodo	mortalità ( $\mu$ )																			
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Belize	Central Amx	1950-1955	0	0,135934	0,020128	0,009324	0,011812	0,016716	0,020242	0,023668	0,027738	0,034641	0,046785	0,065329	0,093267	0,135398	0,196646	0,279768	0,38757	0,513489	0,644516	0,762746
Belize	Central Amx	1955-1960	0	0,118998	0,016726	0,007545	0,00962	0,01355	0,016512	0,019585	0,023373	0,029769	0,040939	0,05841	0,084784	0,124457	0,182777	0,263064	0,368717	0,494367	0,627891	0,750587

anni	e(0) Belize	e(0) Costa Rica	e(0) El Salvador	e(0) Guatemala	e(0) Honduras	e(0) Mexico	e(0) Nicaragua	e(0) Panama
1950-1955	54,13612243	54,2307305	42,59173075	40,37155295	40,14217841	49,00464282	40,69774345	54,99687404
1955-1960	56,83463437	56,96457799	46,42371684	42,50428611	42,90922335	53,52690252	43,79467413	57,6674513

sigma 0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1	0,864066	0,979872	0,990676	0,98818774	0,983284	0,979757936	0,976332	0,97226179	0,965359	0,95321495	0,934671	0,906733	0,864602	0,803354	0,720232	0,61243	0,486511	0,355484	0,237254
1	0,881002	0,983274	0,992455	0,990380293	0,98645	0,983487743	0,980415	0,976627443	0,970231	0,959061277	0,94159	0,915216	0,875543	0,817223	0,736936	0,631283	0,505633	0,372109	0,249413

Per ottenere gli stessi valori medi all'interno dell'intera regione abbiamo pensato di fare una media pesata sulla popolazione. Abbiamo prima costruito una tabella in cui per ogni anno e per ogni stato abbiamo calcolato la percentuale di popolazione dello stato  $i$ -esimo rispetto al totale della popolazione nella regione in quel quinquennio.

	Belize	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Messico	Nicaragua	Panama
1950-1955	0,18%	2,52%	5,66%	8,21%	4,05%	73,73%	3,41%	2,24%
1955-1960	0,18%	2,56%	5,44%	8,20%	3,99%	73,99%	3,43%	2,21%
1960-1965	0,18%	2,61%	5,34%	8,14%	3,93%	74,16%	3,44%	2,19%
1965-1970	0,18%	2,65%	5,30%	8,08%	3,89%	74,29%	3,43%	2,18%
1970-1975	0,17%	2,62%	5,19%	7,98%	3,88%	74,58%	3,43%	2,16%
1975-1980	0,16%	2,57%	5,04%	7,88%	3,91%	74,85%	3,46%	2,14%
1980-1985	0,16%	2,60%	4,87%	7,89%	4,03%	74,78%	3,54%	2,14%
1985-1990	0,16%	2,66%	4,68%	8,00%	4,21%	74,55%	3,59%	2,15%
1990-1995	0,16%	2,73%	4,52%	8,12%	4,39%	74,30%	3,62%	2,16%
1995-2000	0,17%	2,80%	4,35%	8,29%	4,59%	73,98%	3,64%	2,17%
2000-2005	0,18%	2,86%	4,18%	8,60%	4,83%	73,48%	3,64%	2,22%
2005-2010	0,20%	2,85%	3,97%	8,95%	5,04%	73,12%	3,61%	2,26%
2010-2015	0,20%	2,81%	3,74%	9,26%	5,15%	73,00%	3,55%	2,28%

Di conseguenza, i valori di sopravvivenza e mortalità della regione li abbiamo ottenuti facendo una media ponderata tra i valori di sopravvivenza e mortalità precedenti e il peso della popolazione del singolo stato sul totale.

anni	sigma 0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1950-1955	1	0,796264162	0,976881241	0,986962601	0,981907564	0,974248303	0,969089142	0,963887343	0,958286	0,951403	0,940906	0,924998	0,898892	0,860265	0,802278	0,726445	0,630607	0,430652	0,285219	0,179326
1955-1960	1	0,827207361	0,981451964	0,989797786	0,985507379	0,979198847	0,974214327	0,969716776	0,965046	0,958771	0,949256	0,934354	0,910672	0,875092	0,823587	0,754879	0,665858	0,504655	0,367726	0,253171

anni	mu 0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1950	0	0,203736	0,023119	0,013037	0,018092	0,025752	0,030911	0,036113	0,041714	0,048597	0,059094	0,075002	0,101108	0,139735	0,197722	0,273555	0,369393	0,569348	0,714781	0,820674
1955	0	0,172793	0,018548	0,010202	0,014493	0,020801	0,025786	0,030283	0,034954	0,041229	0,050744	0,065646	0,089328	0,124908	0,176413	0,245121	0,334142	0,495345	0,632274	0,746829

Per quanto riguarda la fertilità, abbiamo fatto un ragionamento analogo. La tabella che ci è stata fornita riportava per ogni stato e per ogni quinquennio il numero di figli fatti da 1000 donne appartenenti a quella classe di età. Per trovare i valori di fertilità, quinquennio per quinquennio e stato per stato, abbiamo diviso i valori della tabella per 1000. I valori che abbiamo ottenuto rappresentano però il tasso di fertilità annuo, quindi, per ottenere il tasso di fertilità intrinseco quinquennio per quinquennio ( $v(x)$ ) abbiamo moltiplicato ulteriormente i valori calcolati per il lasso di tempo, quindi per 5 anni. Per trovare i valori medi delle fertilità nella regione abbiamo utilizzato lo stesso procedimento fatto per calcolare le sopravvivenze e mortalità medie.

15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49		Fertilità media
0,93	1,92	1,57	1,245	0,69	0,265	0,025	Belize	0,949285714
0,915	1,895	1,545	1,225	0,68	0,26	0,025	Belize	0,935
0,905	1,865	1,52	1,205	0,67	0,26	0,025	Belize	0,921428571

Per poter fare una previsione riguardante gli andamenti della fertilità e della mortalità nella regione agli anni 2050 e 2100, abbiamo optato per l'utilizzo della funzione REGR.LOG. Abbiamo notato infatti che dai grafici riportanti l'andamento di fertilità e mortalità tra gli anni 1950 e 1980 era pressoché costante, mentre tra gli anni 80 e il 2010 si poteva evincere come la curva fosse approssimabile ad una curva di tipo esponenziale decrescente. Notato questo andamento, abbiamo utilizzato la funzione REGR.LOG che a partire da dati su una curva di crescita esponenziale (abbiamo considerato come intervallo di dati i valori dal 1980 al 2010) calcola i vari parametri relativi alla curva di crescita ideale. Ottenuti questi parametri, abbiamo calcolato poi, attraverso i seguenti passaggi, una previsione dei valori di mortalità e fertilità negli anni futuri fino al 2100.

Tramite la funzione REGR.LOG vengono restituiti in output due coefficienti che chiameremo A e B tramite i quali è stato possibile calcolare i valori stimati per gli anni futuri.

$$REGR.LOG(anni; valori\ noti; cost; stat); \quad y = B(A^t).$$

In questo caso l'esponente "t" indica l'anno di cui vogliamo stimare i dati di mortalità e fertilità. Tramite i dati stimati e i grafici costruiti è stato possibile notare come gli andamenti di fertilità e mortalità seguono una curva esponenziale decrescente che col passare del tempo si assesta lungo un asintoto e, ovviamente, senza mai raggiungere valori negativi. Inoltre, per semplicità, abbiamo scelto di riportare in questo documento solamente quattro classi d'età che potessero rappresentare al meglio l'andamento del resto della popolazione. La stima dei valori futuri è stata eseguita trascurando i dati fino al 1970 dato che gli andamenti di fertilità e mortalità in quegli anni seguivano decrescite molto veloci e lontane dalla realtà dagli anni 80 in poi. Quindi osservando i grafici abbiamo ipotizzato che col passare del tempo la mortalità possa diminuire sempre di più grazie al progresso scientifico-tecnologico, garantendo alle classi d'età della popolazione una vita più longeva. Anche la fertilità segue lo stesso trend, perciò è possibile concludere che avremo meno prole, quindi meno giovani, e

una popolazione più anziana, la quale provoca l'innalzamento dell'età media nella regione dell'America centrale.

