

About the possible incidence of national
vaccination BCG plans in the covid infectivity.
An ecological approach.
BCG en la infectividad de la epidemia por
coronavirus Covid-19. Una aproximación
ecológica.

9 de noviembre de 2022

“If you torture the data long enough, it will confess to anything”
Ronald Coase.

Resumen

Estudiamos de un punto de vista estadístico la posible incidencia de los planes nacionales de vacunación BCG en el avance de la pandemia del covid-19 en cada país. Utilizamos bases de datos internacionales de mortalidad por covid y la presencia o ausencia de plan obligatorio de vacunación BCG en cada país, junto con otras variables que tienen incidencia comprobada en la mortalidad (como por ejemplo el porcentaje de población mayor de 65 años en cada país) y otras que podrían tenerlo. La variable que pretende explicarse estadísticamente es la tasa de mortalidad por millón de habitantes de cada país, anualizada y transformada logarítmicamente. Las variables que se consideran para explicarla por país son: proporción de población mayor que 65 años, medidas de aislamiento tomadas al inicio de la pandemia y en promedio (medidas a través del “stringency index” de la base de datos OWID), la latitud media del país (con el objetivo de introducir indirectamente la posible incidencia del clima), la cantidad de tests efectuados en cada país, cuando esta información está disponible, y por último la presencia o ausencia de plan nacional de vacunación. El análisis estadístico se realiza primero a nivel mundial, resultando una base de datos de 133 países (por ausencia de datos en diversas de las variables mencionadas, y solo 76 países en caso de incluir los tests) y luego a nivel de los 5 continentes. En este caso, únicamente Europa ofrece resultados que pueden considerarse de interés en lo relativo a la vacunación BCG, porque en Asia hay únicamente dos países sin vacunación obligatoria, en América tres y en África todos los países tienen vacunación obligatoria. Por su parte Oceanía tiene sólo dos países con

casos. En todos los casos, el plan de vacunación figura como la primer o segunda variable entre las mencionadas para explicar estadísticamente la tasa de mortalidad.

1. Antecedentes: el GACH



Figura 1: Trabajo realizado en el marco del Grupo Asesor Científico Honorario (GACH)

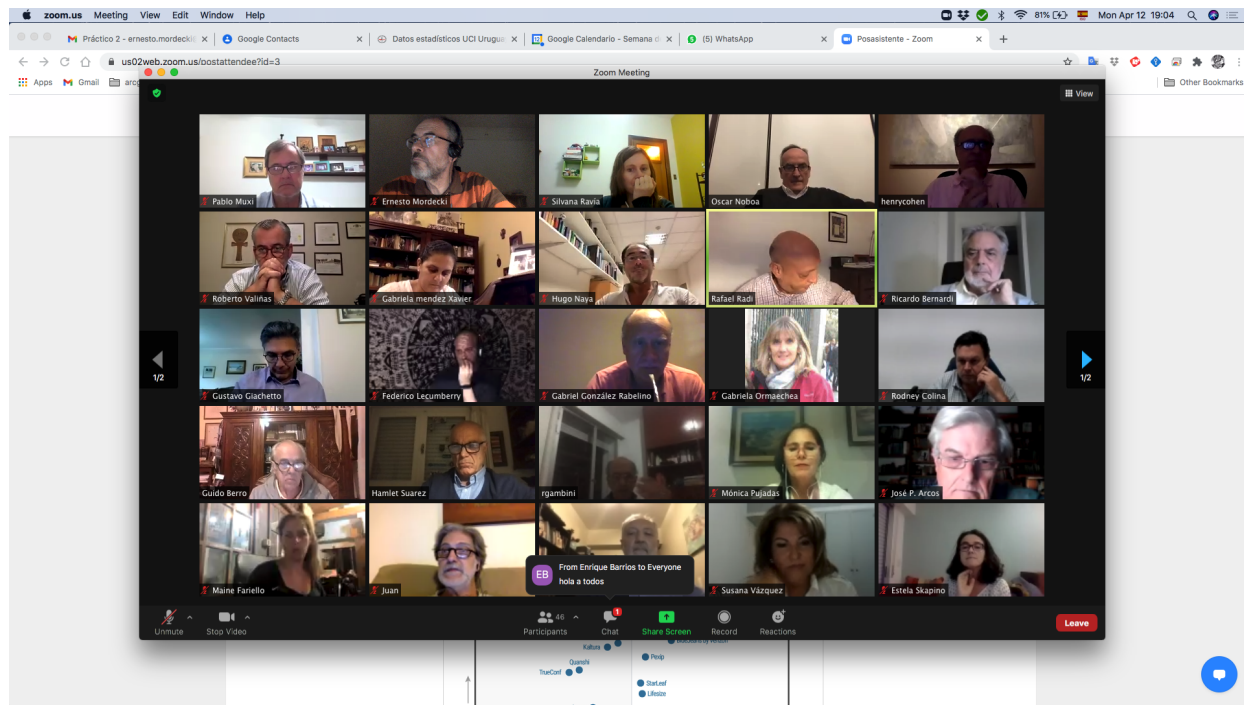


Figura 2: Una reunión del GACH

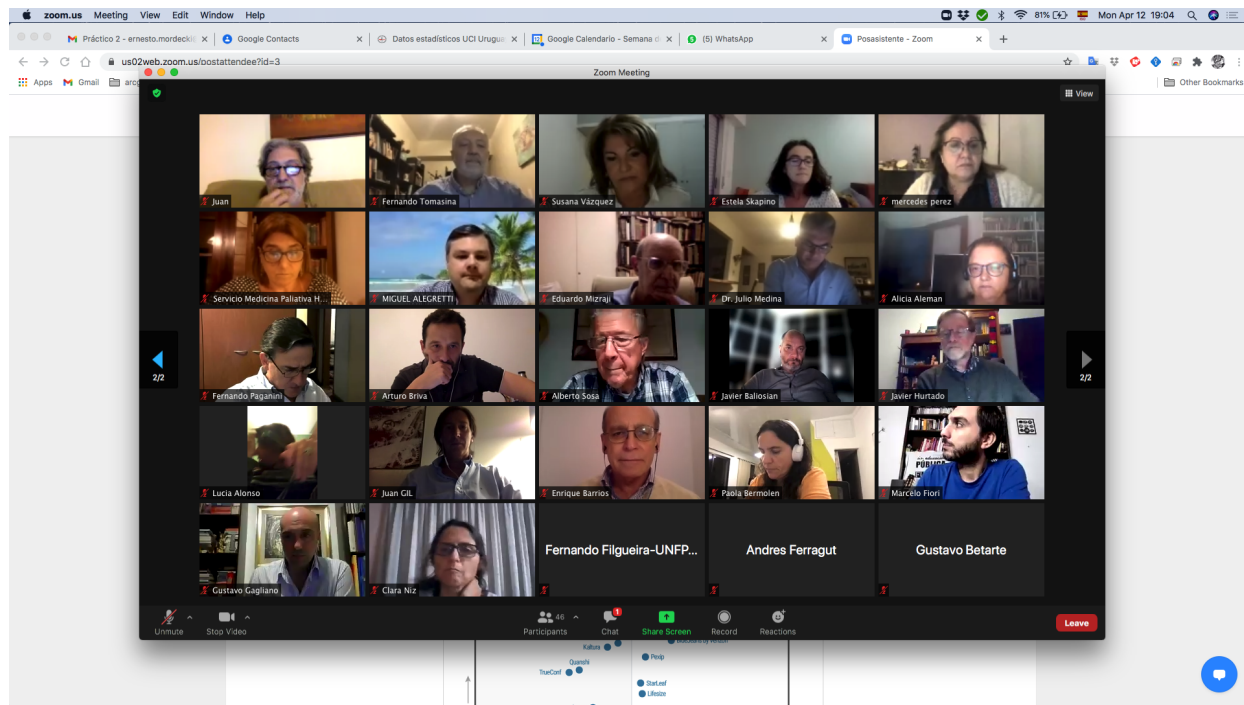


Figura 3: Una reunión del GACH

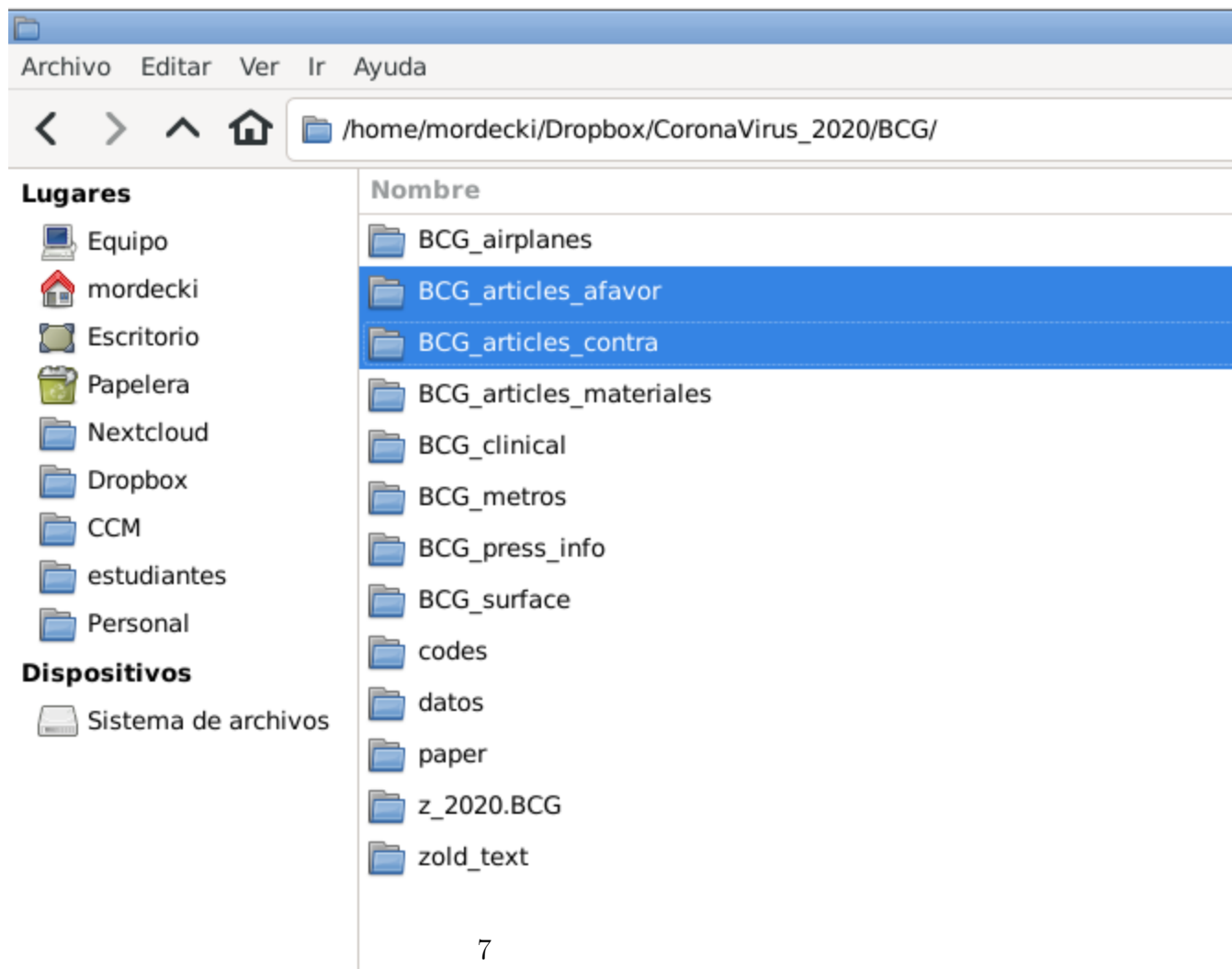


Figura 4: La carpeta BCG

BCG_articles_afavor

Archivo Editar Ver Ir Ayuda

< > ^ 🏠 /home/mordecki/Dropbox/CoronaVirus_2020/BCG/BCG_articles_afavor/

Lugares

- Equipo
- mordecki
- Escritorio
- Papelera
- Nextcloud
- Dropbox
- CCM
- estudiantes
- Personal

Dispositivos

- Sistema de archivos

Nombre

- 2020_07_11_Klinger_et_al_vaccines
- 2020_03_26_BCGvCovid.pdf
- 2020_03_28_Correlation_bcg_covid.pdf
- 2020_04_01.bcg_covid.pdf
- 2020_04_27_Allergy_Gursel.pdf
- 2020_05_06_Mariita_confounders_cepas.pdf
- 2020_07_08_cell.pdf
- 2020_07_09_Escobar_et_al_pnas_17720.full.pdf
- 2020_08_05_BERG_sciences_advances.pdf
- 2020_08_21_meta.pdf

BCG_articles_contra

Archivo Editar Ver Ir Ayuda

< > ^ 🏠 /home/mordecki/Dropbox/CoronaVirus_2020/BCG/BCG_articles_contra/

Lugares

- Equipo
- mordecki
- Escritorio
- Papelera
- Nextcloud
- Dropbox
- CCM
- estudiantes
- Personal

Dispositivos

- Sistema de archivos

Nombre

- 2020_04_08_correlation_caution.pdf
- 2020_04_12_WHO_Bacille Calmette-Guérin (BCG) vaccination and COVID-19.pdf
- 2020_04_17.bcg_japan.pdf
- 2020_06_06_Germany_The BCG vaccine does not protect against COVID-19.pdf

2. Introducción

Queremos explicar la penetración de la enfermedad en cada país o región a través de diversas variables que pudieran explicar esa penetración. Luego de un análisis visual y de los planes de vacunación en diversas partes del mundo (ver sección 7) entendemos mantener dos niveles de análisis: a nivel global y por continentes.

3. Variables that participate in the study

We divide the variables that participate in our study into two groups. The first group is conformed by fixed variables, in the sense that in the period of the study (several months) they remain (almost) fixed. They are obtained from different data bases.

The second group is related to the pandemics.

3.1. Fixed variables

1. ISO 3166-1 alpha-3 country code (`cc`)
2. Continent (`continent`)
3. Subregion (`subregion`)
4. Location: country or region of the world: (`country`)

5. Population of the country: (`population`)
6. Population density: (`density`)
7. Median of the age of the population: (`median`)
8. Proportion of population older than 65 years (`sixtyfive`)
9. Proportion of population older than 70 years (`seventy`)
10. Gross domestic product per capita (`gdp`)
11. Extreme poverty (`poverty`)
12. Cardiovascular death rate (`cardio`)
13. Diabetes prevalence (`diabetes`)
14. Female smokers (`f_smokers`)
15. Male smokers (`m_smokers`)
16. Hand washing facilities (`water`)
17. Hospital beds per thousand (`beds`)
18. Life expectancy (`years`)
19. Human development index (`hdi`)

20. BCG vaccination program (`bcg`)
21. Underground transportation in the country (`km`)
22. Air connectivity index (`aic`)

3.2. Covid related variables

1. Annualized covid mortality rate (`rate`)
2. ()
3. ()
4. ()
5. ()

4. Preparación de la base de datos

1. Comenzamos con una base de datos de 249 países y regiones obtenida de <https://github.com/luke/ISO-3166-Countries-with-Regional-Codes/raw/master/all/all.csv>. Utilizamos el término “país” para referirnos indistintamente a países o regiones.
2. Bajamos una base de datos de covid con 210 países, de Our World in data: <https://covid.ourworldindata.org/data/owid-covid-data.csv>

3. Cabe señalar que en la mayoría de los países que no figuran en la base de datos de covid (por no presentar aún casos positivos), la gran mayoría tiene vacunación obligatoria de BCG. Además, Para simplificar el análisis estadístico, retiramos los países y territorios que presentan 0 fallecidos por covid. La mayoría de ellos nuevamente presenta vacunación obligatoria.
4. De los 179 países restantes, 29 no presentan datos de vacunación. Queda entonces una base de datos de 150 países con datos de covid y plan de vacunación BCG.
5. Por último incluimos los datos de encierro (lockdown) de la base de datos OWID. En vista de los datos faltantes en este rubro, la base de datos final tiene 133 países.

Incluir la lista en un apéndice

5. Penetración de la enfermedad

En primer lugar, con el objetivo de utilizar la información mas fiel posible, elegimos los fallecidos totales para medir la penetración de la epidemia en cada país. Para eliminar la dependencia del momento en el que esta se inicia en cada país, la normalizamos por la **duración** en días desde el registro del primer caso. Mas específicamente, la fórmula que utilizamos es

$$\text{tasa} = \left(\frac{\text{fallecidos totales}}{\text{población}} \right) \times \left(\frac{365}{\text{duración}} \right) \times 10^6.$$

(En Uruguay esta tasa es del orden de 32). Como esta tasa es excesivamente dispersa y variable, al día de la fecha con un mínimo de 0.09 para Nepal y 3706 para Andorra, tomamos también una transformación logarítmica:

$$T = \log(1 + \mathbf{tasa}).$$

Queremos entonces explicar estadísticamente la variable T (tasa) a través de otros datos de cada país.

6. Variables que pueden explicar la penetración de covid

6.1. Población mayor de 65 años

Teniendo en cuenta la importancia de la estructura demográfica de la población de cada país en los fallecimientos por covid, para cada uno de los países incluimos en la base de datos el porcentaje P de población mayor de 65 años, al que le aplicamos una transformación logit: llamamos E al dato que representa la estructura de edades, tenemos

$$E = \log\left(\frac{P}{100 - P}\right).$$

6.2. Mediadas tomadas por el país

Para incluir las medidas tomadas por el país incluimos el “stringency index” (índice de rigor) calculado en la base de OWID, que según afirman, calcula numéricamente las medidas de control social tomadas por el país. Presenta un número s_i por día, entre 0 y 100. Luego de algunas exploraciones, con distintas construcciones de un índice por país y su correlación con M , (porque se entiende más importante este índice en los primeros días), llegamos a la conclusión de considerar dos índices: un índice de encierro inicial, en los primeros 14 días, y un índice de encierro medio, calculado en todos los datos registrados para el país. El índice inicial de encierro, es obtenemos una correlación mayor. Finalmente, tomamos la fórmula

$$I = \log \left(1 + \sum_{i=1}^{14} (14 - i) s_i \right).$$

mientras que el índice medio es el promedio transformado logit. Calculamos primero

$$x = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D s_i$$

donde D es la cantidad de días con registro para el país, para luego determinar

$$M = \log \left(\frac{x}{100 - x} \right).$$

6.3. Datos geográficos

Es necesario de alguna forma incluir datos sobre la geografía del país o la región. Utilizamos entonces la latitud media de cada país, con la idea de que esa variable puede tener información sobre la temperatura y el clima de cada región, que eventualmente puedan incidir sobre el desarrollo de la pandemia. Para que sea del orden de los datos que se manejan, se divide la latitud por 100, designando L a ese parámetro.

6.4. Tests

La cantidad de test realizados por el país está correlacionada (positivamente) con la cantidad de fallecidos. Como hay muchos datos faltantes, a nivel mundial la base de datos se reduce de 133 países a 76, los resultados son similares. Se incluyen entonces sólo a nivel Europeo, donde los resultados también son similares y solo cuatro países no registran cantidad de tests. La variable que se incluye está normalizada por la cantidad de habitantes del país y por la duración de la pandemia, en forma similar al cálculo de la tasa de mortalidad.

6.5. Vacunación obligatoria BCG

En la base de datos de países tenemos una variable V_i que toma el valor 0 o 1, mientras i indica el país. Dichos datos están tomados de Atlas de vacunación BCG [2].

7. Exploración visual

En principio hacemos una exploración visual de los datos: para eso separamos los 133 países según tengan o no vacunación BCG obligatoria y los graficamos según el valor de T (la tasa) y E (la estructura de edades). Luego lo vemos para cada continente. La exploración visual de Oceanía no se presenta, porque los únicos dos países son Australia y Nueva Zelanda, ninguno de los cuales tiene vacunación obligatoria.

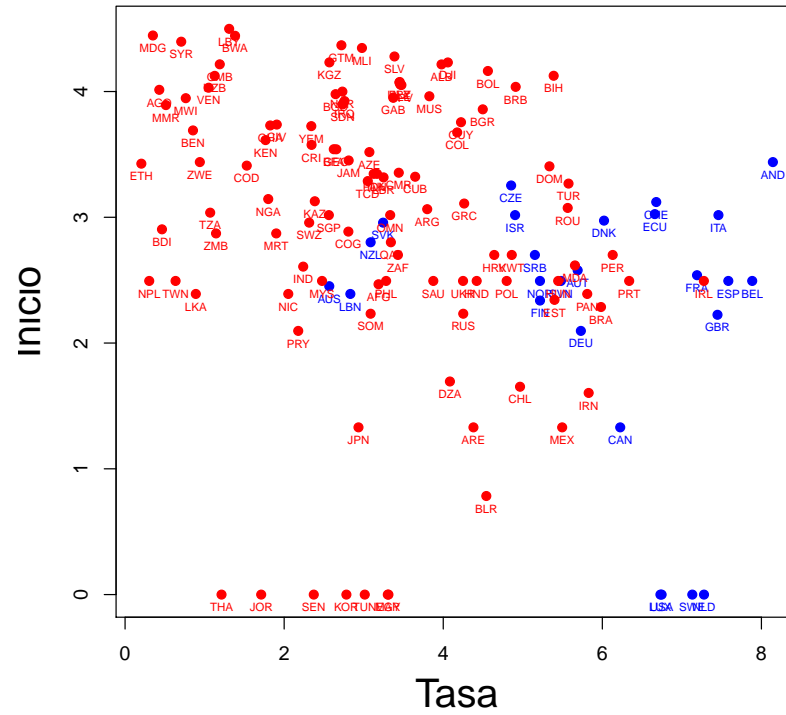


Figura 6: MUNDO: en rojo los países con vacunación obligatoria, en azul, los países sin vacunación obligatoria. Las tres letras son el código ISO de cada país.

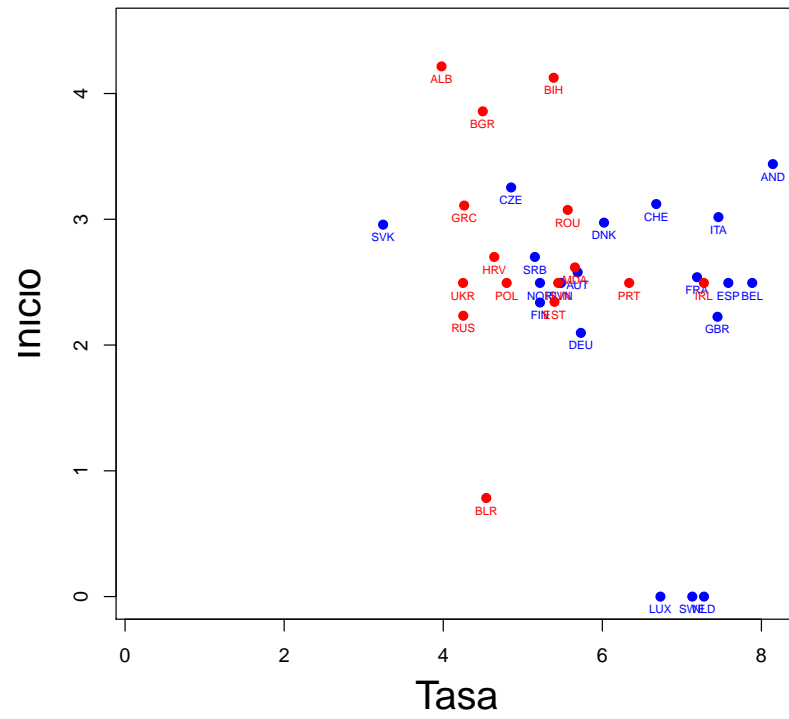


Figura 7: EUROPA

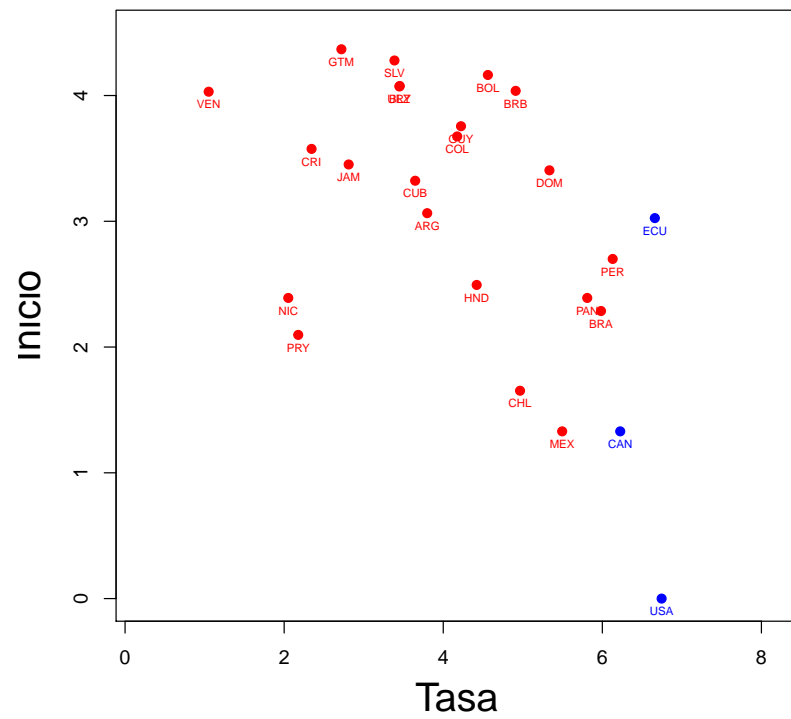


Figura 8: AMERICA

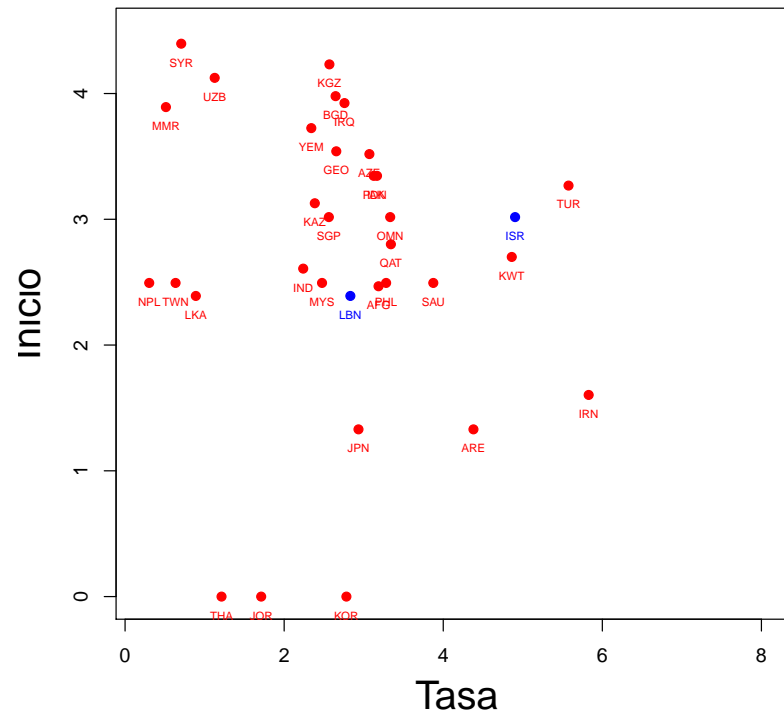


Figura 9: ASIA

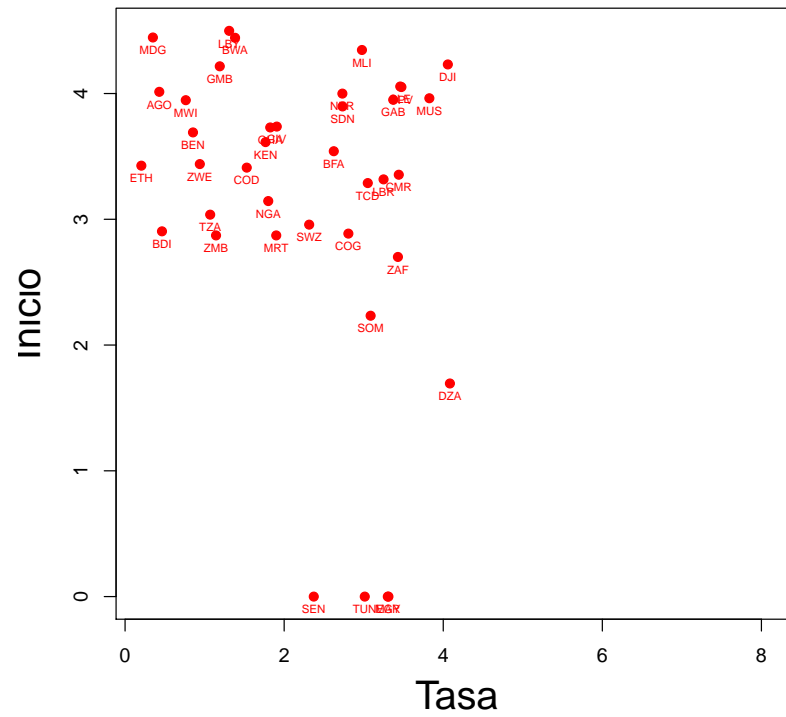


Figura 10: **Africa**: todos los países tienen vacunación BCG

8. Análisis estadístico

Comenzamos calculando las correlaciones entre la tasa, la proporción de mayores de 65 años (edad), las medidas de lockdown (encierro), la latitud del país (latitud) y la la vacunación BCG (vacuna). Luego ajustamos un modelo lineal. Lo hacemos primero a nivel mundial y luego por continente.

8.1. Modelo lineal

Para analizar si hay relación estadística entre la vacunación y prevalencia del covid ajustamos un modelo lineal de la forma

$$T_i = a_0 + a_1E_i + a_2I_i + a_3M_i + a_4L_i + a_5S_i + a_6V_i + \sigma Z_i, \quad (i \in \text{Países}).$$

Aquí i indica el país, T_i su tasa, E_i su parámetro de edad, I_i las medidas iniciales de encierro, M_i las medidas de encierro medias, L_i la latitud, S_i la cantidad de tests normalizada y V_i toma el valor 1 si hay plan obligatorio de vacunación, y cero en otro caso.

Primero utilizamos el paquete `leaps` a través del comando `regsubsets` que nos dice, para cada cantidad de variables explicativas cuales son las más relevantes. Este programa realiza todos los ajustes posibles, e indica el de mejor ajuste estadístico. Luego indicamos los valores estimados de los parámetros.

8.2. Mundo

8.2.1. Correlaciones

| | tasa | edad | inicio | medio | latitud | vacuna |
|---------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|
| tasa | 1.00 | 0.62 | -0.31 | -0.08 | 0.50 | -0.57 |
| edad | 0.62 | 1.00 | -0.29 | -0.19 | 0.49 | -0.55 |
| inicio | -0.31 | -0.29 | 1.00 | 0.44 | -0.31 | 0.26 |
| medio | -0.08 | -0.19 | 0.44 | 1.00 | -0.18 | 0.21 |
| latitud | 0.50 | 0.49 | -0.31 | -0.18 | 1.00 | -0.39 |
| vacuna | -0.57 | -0.55 | 0.26 | 0.21 | -0.39 | 1.00 |

Cuadro 1: Las correlaciones lineales de los datos transformados a nivel mundial en una base de 133 países. Tasa es la tasa de mortalidad, edad es la proporción de población mayor a 65 años, inicio es el promedio ponderado de las medidas de encierro en los primeros 14 días desde el primer caso informado, medio es el promedio de la medida de encierro en todos los días con registro, y vacuna indica si el país tiene o no plan nacional de vacunación

| | tasa | edad | inicio | medio | latitud | tests | vacuna |
|---------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|
| tasa | 1.00 | 0.58 | -0.21 | -0.11 | 0.46 | 0.47 | -0.57 |
| edad | 0.58 | 1.00 | -0.18 | -0.33 | 0.50 | 0.39 | -0.53 |
| inicio | -0.21 | -0.18 | 1.00 | 0.47 | -0.28 | -0.13 | 0.16 |
| medio | -0.11 | -0.33 | 0.47 | 1.00 | -0.31 | -0.10 | 0.21 |
| latitud | 0.46 | 0.50 | -0.28 | -0.31 | 1.00 | 0.41 | -0.37 |
| tests | 0.47 | 0.39 | -0.13 | -0.10 | 0.41 | 1.00 | -0.48 |
| vacuna | -0.57 | -0.53 | 0.16 | 0.21 | -0.37 | -0.48 | 1.00 |

Cuadro 2: Las correlaciones lineales de los datos transformados a nivel mundial en una base de 76 países incluyendo la cantidad de tests normalizados.

| cant. variables | edad | inicio | medio | latitud | vacuna |
|-----------------|------|--------|-------|---------|--------|
| 1 | * | | | | |
| 2 | * | | | | * |
| 3 | * | | | * | * |
| 4 | * | | * | * | * |
| 5 | * | * | * | * | * |

Cuadro 3: El programa ordena las variables según su relevancia estadística para explicar las tasas de mortalidad, eligiendo las mas significativas según la cantidad de variables indicadas en cada caso. Estas son 1) Edad, 2) Vacuna, 3) Latitud, 4) promedio de encierro, 5) inicio del encierro. En el caso de incluir los tests, las primeras dos variables son las mismas, y los test entran en tercer lugar.

Los coeficientes de la regresión son:

| a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6.89 | 0.80 | -0.22 | 0.31 | 1.53 | -1.46 |

8.3. Europa

En Europa, luego de retirar los 4 países sin registro de tests, figuran 18 países con plan de vacunación obligatoria y 12 que no lo tienen.

8.3.1. Correlaciones

| Cant. de variables | edad | inicio | medio | latitud | tests | vacuna |
|--------------------|------|--------|-------|---------|-------|--------|
| 1 | | | | | | * |
| 2 | | * | | | | * |
| 3 | * | * | | | | * |
| 4 | * | * | | | * | * |
| 5 | * | * | | * | * | * |
| 6 | * | * | * | * | * | * |

Cuadro 5: En este caso las variables ordenadas según relevancia estadística son: 1) Vacuna, 2) inicio de encierro, 3) edad, 4) tests, 5) latitud, 6) encierro medio.

Los coeficientes de la regresión son:

| | tasa | edad | inicio | medio | latitud | tests | vacuna |
|---------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|
| tasa | 1.00 | 0.25 | -0.32 | -0.21 | -0.02 | 0.23 | -0.45 |
| edad | 0.25 | 1.00 | 0.28 | -0.00 | -0.27 | -0.32 | -0.22 |
| inicio | -0.32 | 0.28 | 1.00 | 0.46 | -0.40 | -0.26 | 0.18 |
| medio | -0.21 | -0.00 | 0.46 | 1.00 | -0.45 | 0.00 | 0.10 |
| latitud | -0.02 | -0.27 | -0.40 | -0.45 | 1.00 | 0.10 | -0.14 |
| tests | 0.23 | -0.32 | -0.26 | 0.00 | 0.10 | 1.00 | -0.13 |
| vacuna | -0.45 | -0.22 | 0.18 | 0.10 | -0.14 | -0.13 | 1.00 |

Cuadro 4: Correlaciones en Europa. La correlación entre la tasa y la edad es baja, probablemente debido a que la estructura de edades es más homogénea. El desvío estándar de la (variable transformada de) edad es 0,205, mientras que a nivel mundial es de 0,837.

| a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11.72 | 2.17 | -0.39 | -0.20 | -3.54 | 0.003 | -0.80 |

8.4. América

En América tres países no cuentan con plan obligatorio de vacunación (USA, Canadá y Ecuador), contando con planes obligatorios los 22 países restantes.

| | tasa | edad | inicio | medio | latitud | vacuna |
|---------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|
| tasa | 1.00 | 0.30 | -0.53 | -0.11 | 0.18 | -0.55 |
| edad | 0.30 | 1.00 | -0.30 | -0.35 | 0.09 | -0.38 |
| inicio | -0.53 | -0.30 | 1.00 | 0.48 | -0.25 | 0.52 |
| medio | -0.11 | -0.35 | 0.48 | 1.00 | -0.27 | 0.32 |
| latitud | 0.18 | 0.09 | -0.25 | -0.27 | 1.00 | -0.45 |
| vacuna | -0.55 | -0.38 | 0.52 | 0.32 | -0.45 | 1.00 |

8.4.1. Correlaciones

| Cant. de variables | edad | inicio | medio | latitud | vacuna |
|--------------------|------|--------|-------|---------|--------|
| 1 | | | | | * |
| 2 | | * | | | * |
| 3 | | * | * | | * |
| 4 | * | * | * | | * |
| 5 | * | * | * | * | * |

Cuadro 6: En este caso las variables ordenadas según relevancia estadística son: 1) Vacuna, 2) inicio de encierro, 3) encierro medio, 4) edad, 5) latitud.

Los coeficientes de la regresión son:

| a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8.19 | 0.40 | -0.59 | 0.33 | -0.32 | -1.81 |

8.5. Asia

En Asia hay solo dos países que no cuentan con vacunación obligatoria: Israel y Líbano.

8.5.1. Correlaciones

| | tasa | edad | inicio | medio | latitud | vacuna |
|---------|-------|-------|--------|-------|---------|--------|
| tasa | 1.00 | -0.20 | -0.08 | 0.05 | 0.14 | -0.21 |
| edad | -0.20 | 1.00 | -0.21 | -0.37 | 0.04 | -0.22 |
| inicio | -0.08 | -0.21 | 1.00 | 0.48 | 0.10 | 0.00 |
| medio | 0.05 | -0.37 | 0.48 | 1.00 | 0.45 | -0.07 |
| latitud | 0.14 | 0.04 | 0.10 | 0.45 | 1.00 | -0.13 |
| vacuna | -0.21 | -0.22 | 0.00 | -0.07 | -0.13 | 1.00 |

| Cant. de variables | edad | inicio | medio | latitud | vacuna |
|--------------------|------|--------|-------|---------|--------|
| 1 | | | | | * |
| 2 | * | | | | * |
| 3 | * | * | | | * |
| 4 | * | | * | * | * |
| 5 | * | * | * | * | * |

Cuadro 7: En este caso las variables no resultan ordenadas: Sin embargo primero está la vacuna y luego la edad.

Los coeficientes de la regresión son:

| a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.40 | -0.62 | -0.12 | -0.23 | 2.06 | -1.54 |

8.6. Africa

En Africa no hay países sin vacunación obligatoria. Por completitud del estudio, presentamos la incidencia estadística de las otras cuatro variables.

8.6.1. Correlaciones

| | tasa | edad | inicio | medio | latitud |
|---------|-------|-------|--------|-------|---------|
| tasa | 1.00 | 0.49 | -0.28 | 0.22 | 0.36 |
| edad | 0.49 | 1.00 | -0.39 | 0.29 | 0.15 |
| inicio | -0.28 | -0.39 | 1.00 | 0.28 | -0.41 |
| medio | 0.22 | 0.29 | 0.28 | 1.00 | 0.01 |
| latitud | 0.36 | 0.15 | -0.41 | 0.01 | 1.00 |

9. Discusión

Antes de presentar las conclusiones, se hacen imprescindibles algunos comentarios.

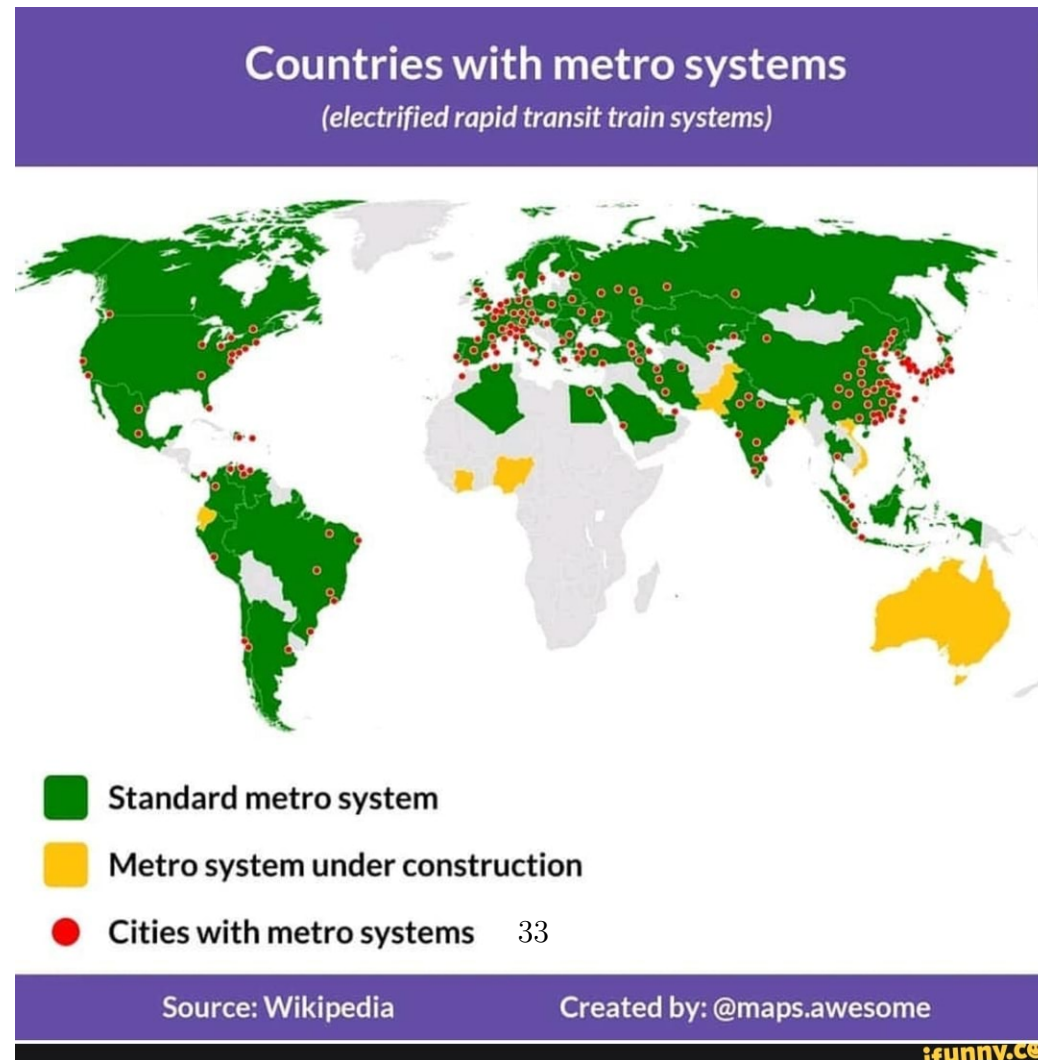
- En primer lugar, los estudios ecológicos tienen limitaciones claras, como se explica en [1].
- El registro de fallecimientos es diferente en los distintos países. Quizá la cantidad de test por país brinde información sobre el sub-reporte de fallecidos por Covid, pero la base de datos de tests es incompleta.
- El clima: la epidemia comenzó en el hemisferio norte, en invierno, y se propagó a todo el mundo. Que ocurrirá en el invierno del hemisferio sur es una incógnita. Se pretendió con la variable “latitud” de alguna forma incluir el parámetro climático indirectamente.
- La administración obligatoria de la BCG en general se suministra con otras vacunas, y éstas podrían ser las que dan protección.
- Por último, podría ser que las distintas cepas de BCG tengan diferente incidencia, y tal extremo no se incluye en el análisis.

10. Conclusiones

En general hay una fuerte correlación estadística negativa entre los países con planes de vacunación y la tasa de mortalidad por covid. Como muestra la selección de variables aplicada, dicha correlación no disminuye integrando al análisis ni el porcentaje de población mayor de 65 años, ni las medidas de confinamiento iniciales o promedio, ni la latitud del país o la región, ni la

cantidad de test realizados. Vistos los estudios que no encuentran diferencias significativas en adultos [3] y el hecho de que la vacunación BCG reporta protección para el fin que se suministra durante 20 años, si la evidencia estadística correspondiera a algún tipo de protección inmune al avance de la epidemia, podría pensarse que esto materializara a través de una disminución gradual de la incidencia con la disminución de la edad. Este hecho debería verse en patrones de contagio por edad en diversos países con y sin vacunación.

11. A la búsqueda de CONFOUNDERS:



| | A | B | C | F | G |
|----|----------------|------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | City | Country | Name | Stations | System length |
| 2 | Algiers | Algeria | Algiers Metro | 19[14] | 18.5--km (11.5--mi)[15] |
| 3 | Buenos Aires | Argentina | Buenos Aires Underground | 90[17] | 56.7--km (35.2--mi)[17] |
| 4 | Yerevan | Armenia | Yerevan Metro | 10[18] | 13.4--km (8.3--mi)[18] |
| 5 | Sydney | Australia | Sydney Metro | 13[20] | 36--km (22--mi)[20][21] |
| 6 | Vienna | Austria | Vienna U-Bahn | 98[24] | 83.3--km (51.8--mi)[22] |
| 7 | Baku | Azerbaijan | Baku Metro | 25[25] | 36.6--km (22.7--mi)[25] |
| 8 | Minsk | Belarus | Minsk Metro | 29[27] | 37.3--km (23.2--mi)[27] |
| 9 | Brussels | Belgium | Brussels Metro | 59[28][Nb 4] | 39.9--km (24.8--mi)[29] |
| 10 | São Paulo | Brazil | São Paulo Metro | 89[48] | 101.1--km (62.8--mi)[48] |
| 11 | Salvador | Brazil | Salvador Metro | 19[45] | 32.5--km (20.2--mi)[44][46] |
| 12 | Rio de Janeiro | Brazil | Rio de Janeiro Metro | 41[41] | 58--km (36--mi)[42] |
| 13 | Recife | Brazil | Recife Metro[Nb 5] | 28[40] | 39.5--km (24.5--mi)[40] |
| 14 | Porto Alegre | Brazil | Porto Alegre Metro | 22[38] | 43.8--km (27.2--mi)[38] |
| 15 | Brasília | Brazil | Brasília Metro | 25[35] | 42.4--km (26.3--mi)[35][36] |
| 16 | Belo Horizonte | Brazil | Belo Horizonte Metro | 19[31] | 28.1--km (17.5--mi)[32] |
| 17 | Sofia | Bulgaria | Sofia Metro | 34[50] | 40--km (25--mi)[50] |
| 18 | Vancouver | Canada | SkyTrain | 53[58] | 79.6--km (49.5--mi)[58] |
| 19 | Toronto | Canada | Toronto subway[53] | 75[55] | 76.5--km (47.5--mi)[56] |
| 20 | Montreal | Canada | Montreal Metro | 69[52] | 71--km (44--mi)[52] |

12. Conectividad aérea

ViaSat urges commercial airlines to do the math on satellite connectivity

by Peter B. de Selding — August 11, 2016



Broadband connectivity provider ViaSat wants airlines to focus on the solid-green areas of highest aircraft density to determine which service provider can deliver acceptable bandwidth even in crowded skies. In the United States, ViaSat says, it has sufficient bandwidth, especially when its ViaSat-2 satellite launches in 2017. Credit: Wikipedia

4.2.2 Final Definition and Properties

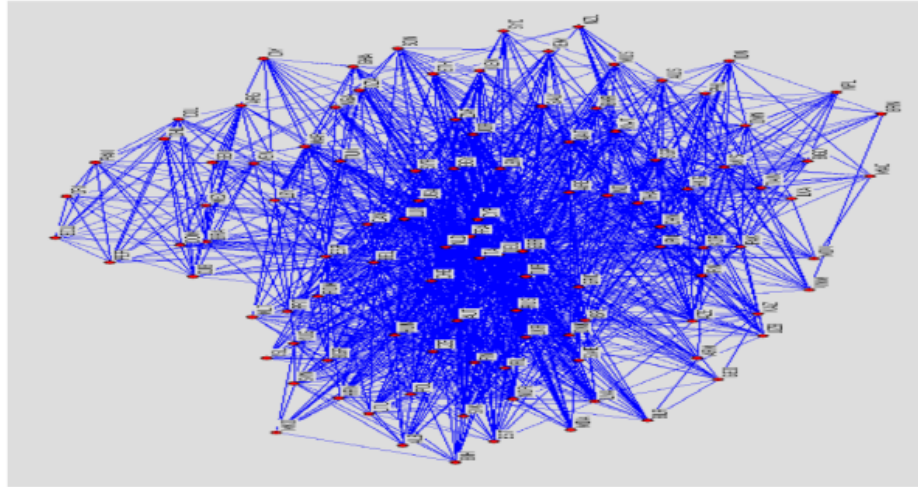
For a symmetric definition of connectivity, we can take the geometric average of the connectivities of i as origin and destination. (The rationale for the geometric average becomes apparent below, when we interpret the log of connectivity in terms of entropy and trade costs.) This approach gives:

$$(7) \bar{C}_i = \sqrt{\frac{X_i/A_i + B_i}{\sum_j B_j}} \times \sqrt{\frac{X_i/B_i + A_i}{\sum_j A_j}}$$

The above construction produces a consistent definition of connectivity with the desirable properties outlined earlier. It is rooted not only in the topology of the network, but also in a fundamental understanding of spatial interactions among the nodes. It can also be seen to be closely related to the idea of multilateral resistance that underlies the recent gravity literature in international trade.

Figura 11: De: The Air Connectivity Index Measuring Integration in the Global Air Transport Network Jean-François Arvis Ben Shepherd. The World Bank, 2011

Figure 3: Graphical representation of the global air transport network, based on unweighted closeness centrality (nodes with less than 20 connections excluded).



12

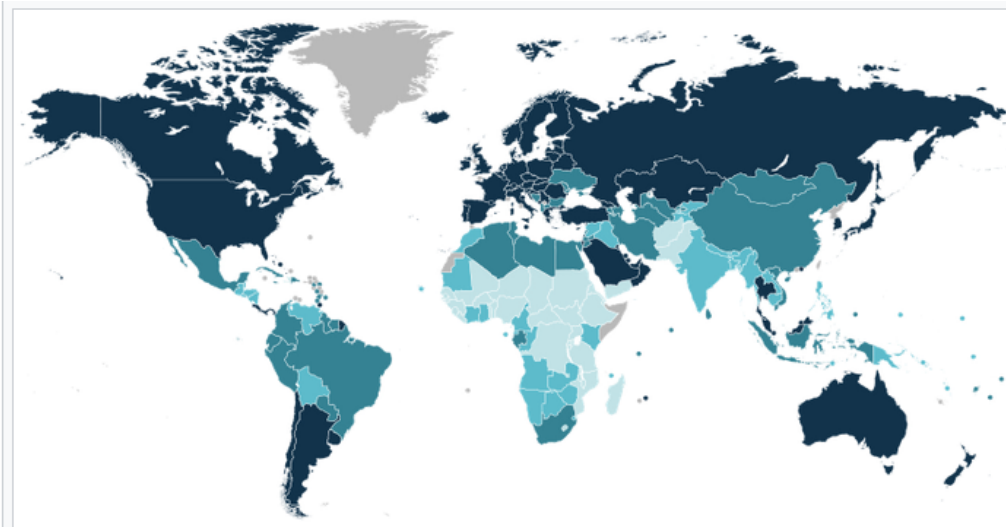
Figura 12: Grafo ponderado de conectividad entre países

Appendix 1: The Air Connectivity Index (ACI) 2007

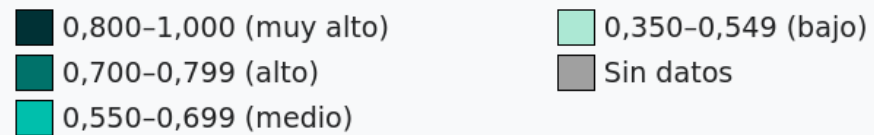
| Country | ACI | Rank | Country | ACI | Rank |
|--------------------------|--------|------|----------------------------|--------|------|
| Afghanistan | 3.08% | 115 | Chile | 1.79% | 162 |
| Albania | 7.28% | 25 | China | 5.70% | 46 |
| Algeria | 6.64% | 33 | Christmas Island | 1.99% | 145 |
| Angola | 1.42% | 189 | Cocos (Keeling) Islands | 1.48% | 187 |
| Anguilla | 4.11% | 73 | Colombia | 3.02% | 117 |
| Antigua and Barbuda | 3.95% | 82 | Comoros | 1.43% | 188 |
| Argentina | 2.41% | 133 | Congo | 1.57% | 184 |
| Armenia | 3.99% | 79 | Cook Islands | 0.54% | 211 |
| Aruba | 3.88% | 84 | Costa Rica | 3.24% | 110 |
| Australia | 5.90% | 44 | Cote d'Ivoire | 1.84% | 158 |
| Austria | 9.40% | 11 | Croatia | 9.06% | 15 |
| Azerbaijan | 3.63% | 98 | Cuba | 4.92% | 52 |
| Bahamas | 5.87% | 45 | Cyprus | 4.84% | 54 |
| Bahrain | 4.42% | 66 | Czech Republic | 9.87% | 10 |
| Bangladesh | 2.79% | 121 | Dem. Republic of the Congo | 1.64% | 178 |
| Barbados | 3.37% | 106 | Denmark | 9.11% | 14 |
| Belarus | 6.67% | 32 | Djibouti | 2.32% | 135 |
| Belgium | 12.03% | 4 | Dominica | 3.77% | 91 |
| Belize | 3.78% | 90 | Dominican Republic | 4.50% | 62 |
| Benin | 1.93% | 150 | East Timor | 1.30% | 192 |
| Bermuda | 7.47% | 23 | Ecuador | 2.39% | 134 |
| Bhutan | 2.74% | 123 | Egypt | 4.29% | 69 |
| Bolivia | 1.56% | 185 | El Salvador | 3.44% | 105 |
| Bosnia and Herzegovina | 8.13% | 21 | Equatorial Guinea | 1.73% | 169 |
| Botswana | 1.84% | 159 | Eritrea | 2.52% | 130 |
| Brazil | 2.67% | 125 | Estonia | 6.35% | 37 |
| British Virgin Islands | 4.24% | 71 | Ethiopia | 2.22% | 136 |
| Brunei Darussalam | 2.57% | 129 | Falkland Islands | 0.72% | 203 |
| Bulgaria | 7.02% | 28 | Fiji | 0.97% | 199 |
| Burkina Faso | 2.02% | 143 | Finland | 6.16% | 39 |
| Burundi | 1.71% | 170 | France | 11.64% | 7 |
| Cambodia | 3.67% | 95 | French Polynesia | 0.54% | 210 |
| Cameroon | 1.73% | 168 | French Guiana | 1.92% | 151 |
| Canada | 13.44% | 2 | Gabon | 1.61% | 179 |
| Cape Verde | 1.77% | 163 | Gambia | 1.91% | 152 |
| Cayman Islands | 4.33% | 68 | Georgia | 3.96% | 80 |
| Central African Republic | 1.68% | 173 | Germany | 12.11% | 3 |
| Chad | 1.98% | 147 | Ghana | 1.86% | 156 |

Índice de desarrollo humano

El **índice de desarrollo humano (IDH)** es un indicador, elaborado por el [Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo](#) (PNUD), que se utiliza para clasificar a los países en tres niveles de [desarrollo humano](#). El índice está compuesto por la [esperanza de vida](#), la [educación](#) (tasa de [alfabetización](#), tasa bruta de matriculación en diferentes niveles y asistencia neta) e indicadores de [ingreso per cápita](#). Un país obtiene un IDH más alto cuando [la esperanza de vida](#) es mayor, el nivel de [educación](#) es mayor y el ingreso nacional bruto INB (PPA) per cápita es mayor. Fue desarrollado por el economista pakistaní [Mahbub ul Haq](#).¹



Mapa del **índice de desarrollo humano** de los diferentes países según la **PNUD** (basado en datos del 2021, publicado en 2022). 🗪



Referencias

- [1] BCG Against Coronavirus: Less Hype And More Evidence, Please Madhukar Pai <https://www.forbes.com/sites/madhukarpai/2020/04/12/bcg-against-coronavirus-less-hype-and-more-evidence-please/> (accessed May 18, 2020).
- [2] Zwerling A, Behr MA, Verma A, Brewer TF, Menzies D, et al. (2011) The BCG World Atlas: A Database of Global BCG Vaccination Policies and Practices. *PLoS Med* 8(3): e1001012. doi:10.1371/journal.pmed.1001012
- [3] Uri Hamiel, Eran Kozer, Ilan Youngster. SARS-CoV-2 Rates in BCG-Vaccinated and Unvaccinated Young Adults. RESEARCH LETTER. *JAMA* Published online May 13, 2020.