

Construcción de un mapa probabilístico para la optimización de la captación voluntaria de sangre



Medina, P.^{‡1}, Quituisaca-Samaniego, L.^{‡2}, Antamba, L.^{§3} y
Mayorga-Zambrano, J.^{‡4}

¹pmedinavz@gmail.com, ²lilia.quituisaca.samaniego@gmail.com,
³luis_antamba@hotmail.com, ⁴jrmayorgaz@gmail.com

[‡]Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, Ambato, Ecuador

[§]Numérica Investigación Innovación & Desarrollo, Quito, Ecuador

¹Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Sangolquí, Ecuador

Introducción

- La terapia transfusional en la prestación de los servicios asistenciales, constituye una herramienta terapéutica que permite salvar vidas humanas o recuperar la calidad de vida y el estado de salud de las personas [2].
- Existen millones de pacientes en países en desarrollo y economías en transición (PDET), que requieren de transfusiones o productos sanguíneos seguros y no tienen acceso a los mismos.
- El panorama de la prestación de este servicio esencial para la población, es crítico en algunas regiones del mundo, entre ellas Latinoamérica, que impacta no solo de manera directa los más sensibles indicadores de salud de la población, sino que afecta e impide el desarrollo de otros servicios y programas asistenciales igualmente esenciales para la población [2].

Actualmente, se colectan 81 millones de unidades de sangre total en el mundo.

De esto, menos de 30 millones (45 %) de unidades de sangre, se colectan en países en desarrollo y economías en transición (PDET), en la que vive aproximadamente el 80 % de la población mundial.

En estos países se encuentran las tasas más bajas de donación de sangre, inferiores a 10 unidades/1.000 habitantes/año, mientras que en los países desarrollados y altamente competitivos son superiores a 40-50 unidades/1.000 habitantes/año [2].

En el Ecuador, La Cruz Roja Ecuatoriana abastece el 69 % de la demanda total a nivel nacional [5]. Muchas personas necesitan sangre para:

- Suplir grandes pérdidas de sangre en los casos de cirugías, traumatismos, sangrados gastrointestinales y partos.
- Dar suministro regular de sangre segura para reemplazar la deficiencia de sangre en pacientes con cáncer y trastornos genéticos (lataleemia y la enfermedad de células falciformes).

La sangre utilizada para la transfusión debe provenir de gente sana; por lo tanto, su recolección no sólo dependerá de la voluntad o predisposición de la población, sino que la población cumpla los criterios mínimos para ser donantes efectivos.

Lo manifestado pone en evidencia la trascendencia de la donación efectiva de sangre y la utilidad para la sanidad pública del país. Bajo dicho contexto, aplicaremos lo siguiente en la fuente de datos¹:

- detectar, discriminar y analizar la población ecuatoriana que puede ser donante real,
- usar de técnicas estadísticas para establecer los lugares en los cuales exista una mayor probabilidad de encontrar donadores “efectivos” .

Con los resultados obtenidos, las entidades podrán optimizar recursos, tanto públicos como privados, para campañas de donación o, en su defecto, de información a grupos vulnerables o en riesgo.

¹La fuente de datos es la Encuesta Nacional Salud y Nutrición (ENSANUT) del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Metodología

Se desarrolla con la información generada con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT 2011 – 2013) aplicada a nivel nacional con 1,645 sectores censales y 19,949 viviendas, la misma describe la situación de la salud reproductiva materna e infantil, de las enfermedades crónicas no transmisibles, la situación nutricional, la situación del consumo alimentario, el estado de micronutrientes, el acceso a programas de complementación alimentaria y suplementación profiláctica, la actividad física, el acceso a los servicios de salud, etc.; todo esto considerando las diferencias geográficas, demográficas, étnicas, sociales y económicas.

Además, el uso del Censo de Población y Vivienda efectuado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC.

A partir de la información suministrada y con el uso de técnicas de modelamiento matemático y estadístico, en especial, procesos estocásticos, intentaremos discriminar a la población en capacidad de donar sangre, entendiéndose población entre los 17 y 65 años de edad, en donadores reales, diferidos y fallidos.

La discriminación en estos tres grupos y su posible ubicación geográfica, no solo permitirá saber dónde se encuentran los potenciales donadores, sino que permitirá, de una forma implícita, saber los lugares en donde se encuentra población con enfermedades crónicas.

Para lograr el objetivo planteado, nos basaremos en la teoría de Markov y en el estudio efectuado por Antamba y Medina [1].

La proyección de la población ecuatoriana es el principal insumo para estimar las variaciones demográficas de la población entre 2010 y 2020. Mediante estas proyecciones se irán estimando las tasas de migración e inmigración interprovincial; junto con esto también se obtendrán las variaciones de las tasas de fecundidad y mortalidad, que son de vital importancia para la elaboración de dicha estimación.

Elementos del Modelo

La construcción del modelo se lo hace en varias etapas, pues intervienen una gran cantidad de factores que son indispensables para su desarrollo. Empezaremos por definir la notación básica que utilizaremos y las ecuaciones que permitirán generar el modelo.

Notación y definiciones

En vista de los requerimientos del modelo, es necesario identificar la provincia, la edad y el año, como se muestra a continuación:

- i .— Denota la provincia².
- t .— Representa el año durante el periodo de proyección,
- x .— Edad de la población de cada provincia.
- $P_{i,x}(t)$.— Población de la provincia i , de edad x , en el año t .
- $D_{i,x}(t)$.— Número de personas fallecidas de la provincia i , de edad x , en el año t .
- $m_{i,x}(t)$.— Tasa de mortalidad de la población de la provincia i , de edad x , en el año t y se calcula de la siguiente manera:

$$m_{i,x}(t) = \frac{D_{i,x}(t)}{P_{i,x}(t)} \quad (1)$$

²Si intervienen dos índices como en el caso de la probabilidad de movilizarse de una provincia a otra, se entenderá que i es la provincia de origen y j la provincia de destino.

- $q_{i,x}(t)$.— Probabilidad de fallecer para la población de la provincia i , de edad x , en el transcurso del año t .

$$q_{i,x}(t) = 1 - \exp(-m_{i,x}(t))$$

- $l_{i,x}(t)$.— Número de supervivientes de la provincia i , de edad x , en el año t .

$$l_{i,x+1}(t) = l_{i,x}(t)(1 - q_{i,x}(t))$$

- $d_{i,x}(t)$.— Número estimado de fallecidos de la provincia i , de edad x , en el transcurso del año t .

$$d_{i,x}(t) = l_{i,x}(t) - l_{i,x+1}(t)$$

- $L_{i,x}(t)$.—Población estacionaria³ de la provincia i , entre la edad x y $x + 1$, en el año t .

$$L_{i,x}(t) = l_{i,x+1}(t) + \frac{n}{2}d_{i,x}(t) = \frac{(2 - n)l_{i,x+1}(t) + nl_{i,x}(t)}{2}$$

donde $n = 1$ ya que se está trabajando con edades simples [9] por lo tanto:

$$L_{i,x}(t) = \frac{l_{i,x+1}(t) + l_{i,x}(t)}{2}$$

- $S_{i,x}(t)$.—Probabilidad que tiene la población residente en la provincia i , de alcanzar la edad x . A $S_{i,x}$ se le conoce también como la probabilidad de sobrevivir en el transcurso del año t .

$$S_{i,x}(t) = \frac{L_{i,x+1}(t)}{L_{i,x}(t)} \quad (2)$$

- $T_{i,x}(t)$.— Años persona vividos a partir de la edad x , residente en la provincia i .

$$T_{i,x}(t) = \sum_{k=0}^{99-x} L_{i,k}(t)$$

Según The World fact book [3], la esperanza de vida en Ecuador es de 76.36 años; sin embargo, se ha considerado el valor de 99 como cota superior para la proyección, con el objetivo de poder registrar eventos de menor probabilidad y posibles datos atípicos.

- $edv_{i,x}(t)$.— Esperanza de vida de la población de la provincia i , de edad x , en el año t .

$$edv_{i,x}(t) = \frac{T_{i,x}(t)}{l_{i,x}(t)}$$

- $S_{i,j,x}(t)$.– Número de personas de la provincia i que reside en la provincia j , en el año t , de edad x .
- $\widehat{S}_{i,j,x}(t)$.– Probabilidad que la población de edad x se traslade de la provincia i a la provincia j , en el transcurso del año t ; dicha probabilidad está dada por:

$$\widehat{S}_{i,j,x}(t) = \frac{S_{i,j,x}(t)}{\sum_{j=1}^n S_{i,j,x}(t)},$$

donde n es el número de provincias del Ecuador más las zonas conocidas como no delimitadas. Además, por [10], es inmediato verificar que:

$$\sum_{j=1}^n \widehat{S}_{i,j,x}(t) = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n = 25 \quad (3)$$

- $N_{i,x}(t)$.— Población migrante al exterior, donde $N_{i,x}$ es el saldo neto migratorio anual que se obtiene realizando la diferencia media anual entre los inmigrantes y los emigrantes de cada provincia.

Construcción del modelo de proyección

Si consideramos la población base⁴ $P_{i,x}$ y la probabilidad de sobrevivir $S_{i,x}$, se obtiene la población que sobrevivirá el siguiente año, es decir, al inicio del año $t + 1$. Entonces, la población para la provincia i con edad $x + 1$ en el año $t + 1$ estará dada por:

$$P_{i,x+1}(t + 1) = P_{i,x}(t)S_{i,x}(t) \quad (4)$$

⁴La población base es tomada del Censo de Población y Vivienda 2010 - Fuente INEC.

Ahora, si consideramos el factor movilidad y lo aplicamos en (4), tendremos que la población de la provincia i , en edad $x + 1$, para el año $t + 1$, puede ser estimada como:

$$P_{j,x+1}(t+1) = \sum_{i=1}^{25} P_{i,x}(t) S_{i,x}(t) \widehat{S}_{i,j,x}(t) \quad j = 1, 2, \dots, 25 \quad (5)$$

donde se consideran las 24 provincias establecidas en la división Político - Administrativa del Ecuador, más una que representará las zonas no delimitadas. Para completar el modelo es necesario incluir la migración internacional, con lo cual el modelo queda de la siguiente manera:

$$P_{j,x+1}(t+1) = \sum_{i=1}^{25} P_{i,x}(t) S_{i,x}(t) \widehat{S}_{i,j,x}(t) + N_{j,x}(t) \quad (6)$$

con $j = 1, 2, \dots, 25$.

Para garantizar que el modelo converja año tras año, es necesario introducir la propiedad de cerradura. Además, debe pertenecer al grupo de estudio el resultado de la estimación de la población de la provincia i en edad $x + 1$, en el año $t + 1$, a partir de la población en edad x , en el año t , por la probabilidad de sobrevivir que tiene la población en edad x . Específicamente, la población calculada no deberá ser mayor a la población existente. En virtud de este hecho, con el objetivo de establecer grupos mutuamente excluyentes, sólo utilizaremos la expresión establecida en (4):

$$\tilde{P}_{j,x+1}(t+1) = P_{j,x}(t)S_{j,x}(t), \quad (7)$$

considerando la población nativa (I), no nativa (nl) y la población total (T) por separado con lo que debe cumplir la siguiente condición:

$$\tilde{P}_{j,x}^T(t)S_{j,x}^T(t) = \tilde{P}_{j,x}^I(t)S_{j,x}^I(t) + \tilde{P}_{j,x}^{nl}(t)S_{j,x}^{nl}(t), \quad (8)$$

conocida como propiedad de cerradura. Utilizando la ecuación (7), podemos calcular la migración que recibe cada una de las provincias, estableciendo la siguiente expresión:

$$\hat{P}_{j,x+1}(t+1) = \sum_{i=1}^{25} \tilde{P}_{i,x+1}(t+1)\hat{S}_{i,j,x}(t). \quad (9)$$

Además, por (3) se tiene que el término $\widehat{S}_{i,j,x}(t)$ solamente distribuye a la población entre las regiones sin afectar al monto nacional. Suponemos que la incidencia de la migración internacional no difiere entre las poblaciones; en consecuencia, se reparte la población total de la provincia con la distribución obtenida en (9). Sobre la base de esta consideración, el cálculo de cada una de las poblaciones consideradas lo establecemos de la siguiente manera:

$$P_{j,x+1}^I(t+1) = P_{j,x+1}^T(t+1) \frac{\widehat{P}_{j,x+1}^I(t+1)}{\widehat{P}_{j,x+1}^I(t+1) + \widehat{P}_{j,x+1}^{nl}(t+1)}$$

$$P_{j,x+1}^{nl}(t+1) = P_{j,x+1}^T(t+1) - P_{j,x+1}^I(t+1). \quad (10)$$

Una vez obtenida la población nativa y no nativa para el año $t+1$, es indispensable obtener las nuevas generaciones que se irán incorporando a la población existente.

Los cambios en la fecundidad y la mortalidad, principalmente, traen como consecuencias:

- El descenso del ritmo de crecimiento medio anual de la población y una estructura por edades cada vez más envejecida.
- La migración (interna y externa) puede influir tanto a nivel nacional como subnacional en el envejecimiento de la población, puesto que este proceso social se da principalmente entre los jóvenes y adultos jóvenes; recordemos que éstos son quienes tienen un mayor probabilidad de migrar por motivos fundamentalmente económicos, laborales o de estudios [4].

En este escenario, se estimarán la movilidad y evolución demográfica que se dan en cada una de las provincias del país; para ello, se empieza por proyectar las tasas de fecundidad y mortalidad.

Proyección de la Fecundidad

La estimación de la *Tasa de Fecundidad global (TFG)* para cada año que dure la proyección:

$$TFG(t) = k_1 + \frac{k_2}{1 + \exp(\alpha + \beta t)}, \quad (11)$$

donde k_1 y k_2 es el número de hijos mínimo y máximo por mujer, respectivamente, y los valores α y β son constantes⁵ calculadas en base a los valores establecidos en [7].

⁵Los coeficientes α y β se obtienen resolviendo las siguientes ecuaciones
 $\alpha = \ln \left(\frac{k_1 + TGF(0)}{TGF(0) - k_1} \right)$ y $\beta = \frac{1}{T} \left[\ln \left(\frac{k_1 + k_2 - TGF(T)}{TGF(T) - k_1} \right) - \alpha \right]$.

La tasa de fecundidad para cada provincia, está dada por:

$$F_{i,x}(t) = TGF(t) * g_{i,x}(t) \quad \text{con} \quad \sum_{x=15}^{49} g_{i,x}(t) = 1$$

Para calcular el número de personas que se irán integrando a la proyección, es necesario obtener el total de nacimientos ocurridos en el año, que se estima de la siguiente manera:

$$B_i(t) = \sum_{x=15}^{49} \bar{P}_{i,x}^f(t) F_{i,x}(t). \quad (12)$$

Proyección de la Mortalidad

La mortalidad es el factor que influye en el envejecimiento de la población; similar a la proyección de fecundidad; es necesario separar la población total por población nativa y población no nativa para cada edad en las distintas provincias, año a año, durante el periodo de proyección, como se muestra a continuación:

$$D_{i,x}^T(t) = D_{i,x}^l(t) + D_{i,x}^{nl}(t).$$

La tasa de mortalidad esta dada por:

$$m_{i,x}(t) = \frac{D_{i,x}(t)}{P_{i,x}(t)};$$

a partir de esto, se tiene que:

$$P_{i,x}^T(t)m_{i,x}^T(t) = P_{i,x}^l(t)m_{i,x}^l(t) + P_{i,x}^{nl}(t)m_{i,x}^{nl}(t).$$

Si dividimos la ecuación anterior para $P_{i,x}^T$, tenemos la tasa de mortalidad total:

$$m_{i,x}^T(t) = w_{i,x}(t)m_{i,x}^l(t) + (1 - w_{i,x}(t))m_{i,x}^{nl}(t)$$

$$\text{con } w_{i,x}(t) = \frac{P_{i,x}^l(t)}{P_{i,x}^T(t)}.$$

Ahora, se obtienen las tasas de mortalidad relativas para cada una de las poblaciones de las distintas provincias considerando cada una de las edades, de la siguiente manera:

$$1 = w_{i,x}(t) \frac{m_{i,x}^l(t)}{m_{i,x}^T(t)} + (1 - w_{i,x}(t)) \frac{m_{i,x}^{nl}(t)}{m_{i,x}^T(t)} \quad (13)$$

$$= w_{i,x}(t)\delta_x^l(t) + (1 - w_{i,x}(t))\delta_{i,x}^{nl}(t),$$

donde δ es la tasa de mortalidad relativa para cada una de las poblaciones - nativa y no nativa - de las diferentes provincias.

La proyección de la esperanza de vida se realiza mediante la siguiente suposición: la esperanza de vida tiene un máximo de 83.4 y 77.53 años para hombres y mujeres[3], respectivamente, y un mínimo de 30 años para ambos géneros. A partir de los registros de la esperanza de vida al nacer correspondiente a años anteriores, aplicamos la siguiente función[6]:

$$\text{Logit}(edv_{i,x}(t)) = \frac{edv_{i,x}(max) - edv_{i,x}(t)}{edv_{i,x}(t) - edv_{i,x}(min)},$$

donde $edv_{i,x}(max)$ y $edv_{i,x}(min)$ son los valores de 83.4 y 30, respectivamente, para cada provincia y población tratadas. Con los datos obtenidos, se construye un modelo de regresión lineal de la siguiente manera:

$$\text{Logit}(t) = \beta_0 + \beta_1 t.$$

A partir de esta ecuación, pueden obtenerse los valores estimados para cada año de la proyección. Ahora es necesario transformar los dichos valores en esperanzas de vida de la siguiente manera:

$$edv_{i,x}(t) = edv_{i,x}(min) + \frac{edv_{i,x}(max) - edv_{i,x}(min)}{1 + \exp(\text{Logit}(t))}.$$

De esta forma se obtienen las esperanzas de vida al nacer para cada año de proyección.

La proyección de la movilidad interna se realiza tomando como referencias la provincia de origen y la provincia de residencia habitual. Entonces, la probabilidad de trasladarse de una provincia a otra y en ausencia de mortalidad, está dada por:

$$\widehat{S}_{i,j,x} = \frac{S_{i,j,x}}{S_{i,\bullet,x}} \quad \text{con} \quad S_{i,\bullet,x} = \sum_{j=1}^{25} S_{i,j,x}, \quad (14)$$

donde la matriz de transición para cada edad se expresa como:

$$\widehat{S}_x = \begin{bmatrix} \widehat{S}_{1,1,x} & \widehat{S}_{2,1,x} & \dots & \widehat{S}_{25,1,x} \\ \widehat{S}_{1,2,x} & \widehat{S}_{2,2,x} & \dots & \widehat{S}_{25,2,x} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \widehat{S}_{1,25,x} & \widehat{S}_{2,25,x} & \dots & \widehat{S}_{25,25,x} \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Calculamos la migración interprovincial, y las tasas de migración a partir de las probabilidades de transición, de la siguiente manera:

$$\hat{S}_x = e^{\hat{M}_x}, \quad (16)$$

donde

$$\hat{M}_x = \begin{bmatrix} -\sum_{j \neq 1} M_{1,j,x} & M_{2,1,x} & \dots & M_{25,1,x} \\ M_{1,2,x} & -\sum_{j \neq 2} M_{2,1,x} & \dots & M_{25,2,x} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ M_{1,25,x} & M_{25,2,x} & \dots & -\sum_{j \neq 25} M_{25,25,x} \end{bmatrix} \quad (17)$$

\hat{M}_x es la matriz de tasas de movilidad y $M_{i,j,x}$ es la tasa de migración de la provincia i a la provincia j . La matriz \hat{M}_x se consigue aplicando el logaritmo natural a (16).

$$\hat{M}_x = \ln\{\hat{S}_x\} \quad (18)$$

El total de migrantes de la provincia i a la provincia j está dado por

$$S_{i,j}(t) = \sum_{x=0}^{99} \bar{P}_{i,x}(t) M_{i,j,x},$$

donde $\bar{P}_{i,x}(t)$ es la población residente en la región i a mitad del año t ; los totales de migrantes e inmigrantes están dados de la siguiente manera:

$$I_j(t) = \sum_{i=1}^{25} S_{i,j}(t) \quad y \quad E_i(t) = \sum_{j=1}^{25} S_{i,j}(t).$$

Finalmente, si dividimos I_j y E_i por la población media total se obtienen las tasas brutas de migración interprovincial.

La proyección de la población de donantes, diferidos y fallidos, se la realiza con el modelo logístico o ecuación logística de Verhulst, que se presenta a continuación (ver [8])

$$\begin{cases} P_i'(t) = r_i P_i(t) \left(1 - \frac{1}{K_i} P_i(t)\right) \\ P_i(t_0) = P_i(0) \end{cases}$$

donde:

- **Capacidad de carga (K_i).** - Representa el número máximo de individuos que la población admite. En este caso, la proyección realizada es hasta el año 2020; por lo tanto, K es el valor de la población en ese año.

- **Tasa de crecimiento (r)**. - Describe crecimiento de la población en relación a la población media. Esta tasa está dada por:

$$r_i(t, t + n) = \frac{\frac{P_i(t, t+n) - P_i(t)}{n}}{\frac{P_i(t, t+n) + P_i(t)}{2}}$$

donde $n = 1$, pues la tasa de crecimiento se la está calculando año tras año.

- **Condición inicial ($P_i(t_0)$)**. - La condición (población) inicial es el punto de partida del modelo, esta corresponde al año 2012, una para cada provincia. Aquí se consideran donantes reales diferidos y fallidos, considerando únicamente personas de entre 17 y 65 años de edad. Finalmente,

Con los términos señalados, la solución de la ecuación es:

$$P_i(t) = \frac{P_i(t_0)K_i}{P_i(t_0) + (K_i - P_i(t_0))e^{-r_i t}}$$

La proyección realizada toma como punto de partida la población de donantes reales, diferidos y fallidos del año 2012 que provienen de la ENSANUT, es decir, $P(2012) = P(0) = P_0$.

Debido a la escasez de información, en ciertos cantones, se tiene que la población de la ENSANUT varía en un 3,75 % en relación a la proyección tomada al año 2012 y, realizando la proyección con estos datos se llega a tener una diferencia del 8,46 %, con respecto a las proyecciones oficiales. Así, para tener una mejor aproximación se utilizó la tasa de crecimiento anual más no la intercensal⁶ ya que la variación en población al año 2020 era del 10,42 % y del 10,41 %. En este segundo caso se consideró la tasa de crecimiento intercensal, una por cada provincia a diferencia del primero valor que fue el mismo para todas las provincias, durante todos los años de proyección.

⁶Se denomina tasa de de crecimiento intercensal ya que el censo de población y vivienda CPV se lo hace dentro en un determinado periodo, para Ecuador cada 10 años, por lo que se espera que el valor estimado en la proyección de la población sea similar al valor del próximo censo a realizarse.

Con las consideración efectuadas, la proyección se realizó de la siguiente manera:

$$P(t_0) = P(0) = P(2012) \quad \text{entonces} \quad P(t_1) = P(1) = P(2013).$$

Efectuada la primera proyección, se usa el nuevo valor estimado como condición inicial para la proyección del siguiente año, de forma que:

$$P(t_0) = P(0) = P(2013) \quad \text{entonces} \quad P(t_1) = P(1) = P(2014)$$

⋮

$$P(t_0) = P(0) = P(2019) \quad \text{entonces} \quad P(t_1) = P(1) = P(2020)$$

Análisis de resultados

Una vez que el conjunto de potenciales donadores ha sido dividido bajo las condiciones respectivas, se han obtenido los resultados que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Población estimada de donadores (2012, 2015, 2020). Fuente: elaboración propia.

Año	Real	Real (%)	Diferido	Diferido (%)	Fallido	Fallido (%)
2012	4.676.859	55,49	3.456.010	41,01	295.001	3,50
2015	4.758.543	55,33	3.534.912	41,10	306.415	3,56
2020	4.910.135	55,09	3.676.252	41,25	326.367	3,66

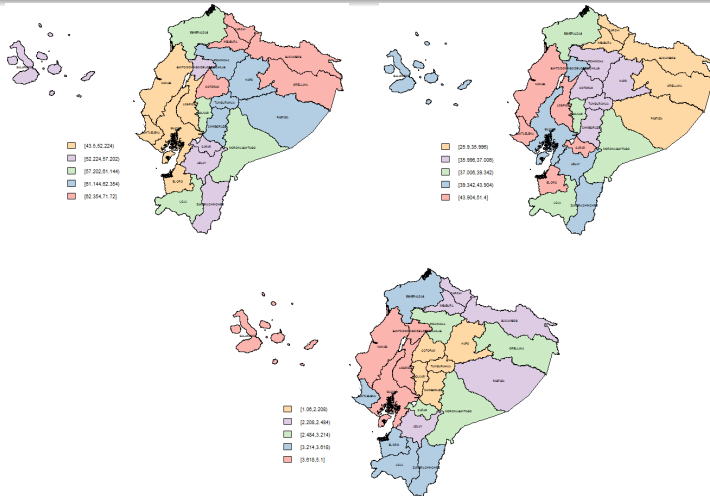


Figura 1: Concentración de la población ecuatoriana, considerando su condición de potencial donante de sangre - 2012. En la figura, de izquierda a derecha y de superior a inferior se muestran los potenciales donadores “reales”, “diferidos” y “fallidos”.

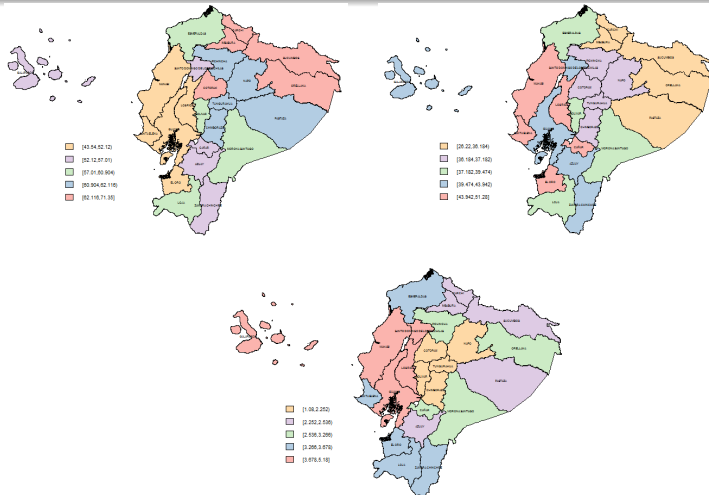


Figura 2: Concentración de la población ecuatoriana, considerando su condición de potencial donante de sangre - 2015. En la figura, de izquierda a derecha y de superior a inferior se muestran los potenciales donadores “reales”, “diferidos” y “fallidos”.

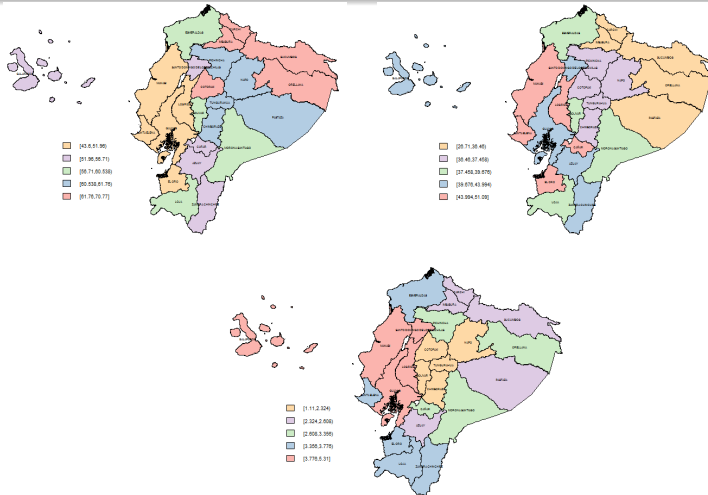


Figura 3: Concentración de la población ecuatoriana, considerando su condición de potencial donante de sangre - 2020. En la figura, de izquierda a derecha y de superior a inferior se muestran los potenciales donadores "reales", "diferidos" y "fallidos".

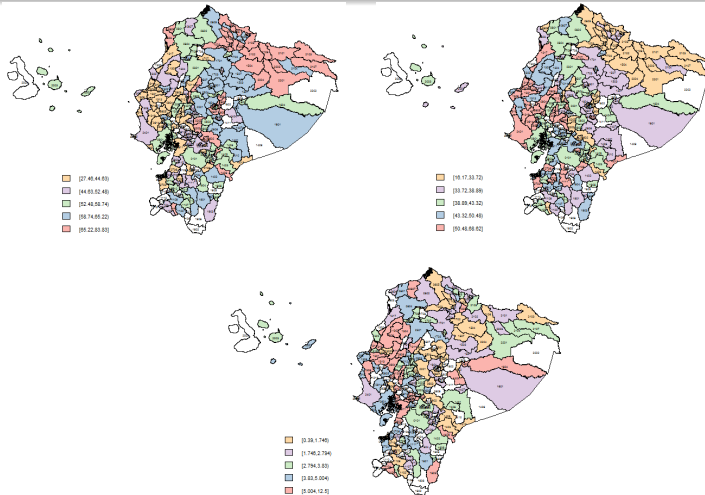


Figura 4: Concentración de la población ecuatoriana, considerando su condición de potencial donante de sangre. En la figura, de izquierda a derecha y de superior a inferior se muestran los potenciales donadores “reales”, “diferidos” y “fallidos”.

Las mapas que se muestran en la Figura 4, representan la distribución cantonal de los potenciales donadores.

Tanto para el año 2015 como para el año 2020 se ha mantenido el mismo mapa de distribución para los dos años, puesto que la variación global no es superior al 1% y; por tanto, las pequeñas variaciones no se pueden reflejar de manera explícita.

Conclusiones






A nivel provincial tenemos:






- En las provincias que la población de donantes de sangre **reales** sobrepasa el 65 % son: Imbabura, Sucumbíos, Orellana, Carchi, Tungurahua.
- En las provincias que la población de donantes de sangre **diferidos** sobrepasa el 48 % son: Manabí, Guayas, Santa Elena, El Oro, Cañar.
- En las provincias que la población de donantes de sangre **fallidos** sobrepasa el 3,9 % son: Guayas, Manabí, Los Ríos, Galápagos, Loja, Morona Santiago.

A nivel cantonal tenemos:

- En los cantones que la población de donantes de sangre **reales** sobrepasa el 75 % son: Chunchi, Patate, Cotacachi, Penipe, Chordeleg, La Maná, Alausí.
- En los cantones que la población de donantes de sangre **diferidos** que sobrepasa el 60 % son: Pedro Carbo, Chilla, Jaramijó, Sígsig, Colimes, El Tambo, Isidro Ayora.
- En los cantones que la población de donantes de sangre **fallidos** que sobrepasa el 8 % son: Samborondón, El Triunfo, Celica, San Juan Bosco, Palora, Flavio Alfaro, Rioverde, Santa Ana, Sucre.

Referencias

-  L. ANTAMBA AND P. MEDINA, *Movilidad endógena y variaciones demográficas: Una aplicación para Ecuador*, Analitika, 7 (2014), pp. 51–71.
-  R. CAMACHO, *Situación de la medicina transfusional en latinoamérica. Retos y Desafíos. Resúmenes orales Medina Transfusional*, Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter, 25 (2009), pp. 47–88.
-  CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY, *Life expectancy of birth - The World Factbook*.
-  CEPAL, *Demografía del envejecimiento*, Manual sobre indicadores de calidad de vida en la vejez, (2010), pp. 19 – 27.
-  CRUZ ROJA ECUATORIANA, *¿por qué es importante donar sangre?*

-  C. HERRERO, A. SOLER, AND A. VILLAR, *Capital humano y desarrollo humano en españa, sus comunidades autónomas y provincias 1980-2000*, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, (2004).
-  C. LACHIMBA AND P. MEDINA, *Fecundidad en el ecuador y su relación con el entorno social y evolutivo*, Revista Analítica, 1 (2011).
-  J. L. LÓPEZ-FERNÁNDEZ, *La ecuación logística*, 2011.
-  N. KEYFIT AND H. CASWELL, *Applies mathematical demography*, Springer, (2005), pp. 29 –47.
-  L. RINCON, *Introducción a los procesos estocásticos*, UNAM, (2012), pp. 23 – 80.