**Análisis del estado mecánico de bombas de agua en Tanzania a través de un modelo mixto con una regresión logística**

**Miguel Coto-Pereira1, Natalia Díaz-Ramírez1, Andrés Flores-Cruz1-2**

1Estudiante de Estadística, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica

2Estudiante de Microbiología y Química Clínica, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica

**RESUMEN**

**Palabras clave**

Tanzania, agua, modelo mixto.

**INTRODUCCIÓN**

Los problemas con el recurso hídrico a nivel mundial se pueden clasificar en escases y mala distribución, además de la falta de potabilidad que se puede presentar en cualquiera de estos dos escenarios. Algunos de los criterios para considerar el agua como potable y adecuada para el consumo humano son: ausencia de bacterias productoras de enfermedad como algunas cepas de *E.coli*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella* o *Shigella* y trazas (mg/L) de elementos como Plomo, Cobre y Arsénico.1

Para el 2015 a nivel mundial, se reportó que un 91% de la población mundial (668 millones equivale al 9% restante) tenía acceso a fuentes de agua para consumo mejoradas (FACM), esto se define como una fuente que por la naturaleza de su construcción y cuando se usa de manera adecuada, previene de la contaminación del agua, especialmente con material fecal.2

El continente que presenta más problemas en relación a este tema es África, especialmente en los países de la región subsahariana, a la cual pertenece Tanzania. Para los 38 países de los que se tiene datos en esta región, se estima que 338 millones de personas no tienen acceso a FACM, el lavado de manos es a lo sumo del 50% entre la población, 1 de cada 5 muertes en personas menores de 5 años se asocia a problemas por el acceso a agua y se calculó que el total del tiempo que las personas de estos países invierte en recolección de agua se aproxima a 40 billones de horas por año.3-4

Tanzania está en la posición 151 según los indicadores de desarrollo humano, en comparación a Estados Unidos que está en la posición 8, Costa Rica en la posición 69, México en la 74 y Sudáfrica en la 169.5 Los problemas con el recurso hídrico en Tanzania son de distribución, acceso y saneamiento. A pesar de que el país está rodeado por tres grandes lagos, el acceso a estas fuentes es muy complejo para la mayoría de la población, dado que habita zonas centrales del país. Esto implica que la mayor fuente de agua es la que proviene de los suelos, que por lo general está contaminada y comúnmente se puede llegar a contener en pozos.6

Se estima que en este país africano un 46% de la población (equivalente a 24 217 400 personas) no tiene acceso a FACM y solo un 20% de la población se puede lavar las manos antes de ingerir alimentos.7 Este problema se da en gran medida por la distancia que existe de los poblados a un pozo de agua o a un pozo funcional. El gobierno del país, específicamente el ministerio de agua e irrigación, a través de varias de sus dependencias como lo son la compañía de construcción de represas y perforaciones, ha propuesto varios proyectos para mejorar, en general, la calidad de agua en zonas urbanas y aumentar el acceso al recurso en zonas rurales.8

Este trabajo tiene como principal meta proponer un modelo que sea útil para la clasificación de la funcionalidad de los pozos existentes. Conociendo el estado de los pozos de manera anticipada permitiría optimizar las labores de reparación, para así brindar acceso a agua de calidad, lo cual disminuiría la incidencia de cierto tipo de enfermedades e incrementaría de manera general la calidad de vida de la población de Tanzania.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Los datos utilizados se tomaron de .. Se tomó una muestra de 1000 pozos.

El diseño experimental es un modelo mixto con una regresión logística. Se consideró como unidad de análisis el pozo de agua. La variable respuesta es el estado del pozo, cuyas categorías son funcional y no funcional.

Las variables independientes son:

* Región: ubicación geográfica
* population: población alrededor del pozo
* amount\_tsh: cantidad de agua disponible (Total Static Head)
* gps\_height: altitud del pozo
* age: edad del pozo
* waterpoint\_type\_group: tipo del punto de agua
* quantity: cantidad de agua
* source: fuente del agua
* extraction\_type\_class: tipo de extracción que el punto de agua utiliza
* management: como se gestiona el punto de agua
* payment\_type: tipo de pago del agua
* funder: quien financia el pozo de agua

Sea Y: número de pozos funcionales, donde

El modelo que se utilizó es el siguiente:

Donde los factores aleatorios son waterpoint\_type\_group y funder.

Se utilizó un nivel de significancia de 0,05.

**RESULTADOS**

Para el análisis se asumió que no hay interacción entre las variables, debido a dificultades en el proceso computacional.

Al analizar el efecto de las variables aleatorias con una prueba de razón de verosimilitud (LRT) se obtuvo que para la variable quien financió el pozo de agua (funder) el estadístico correspondiente a una ji-cuadrado es de 3.10 y la probabilidad asociada fue de 0.078 por lo que no se rechaza la hipótesis nula de que la variancia de quien financia el pozo es igual a cero, con un nivel de significancia de 0,05. Se puede asumir que no hay un efecto de quien financia el pozo en el estado del pozo.

Al realizar la prueba LRT para la variable tipo del punto de agua (waterpoint\_type\_group) se obtuvo un estadístico de 10.602 y una probabilidad asociada de 0.001 por lo que se rechaza la hipótesis nula de que la variancia del tipo del punto de agua es igual a cero, con un nivel de significancia de 0,05. Entonces se puede asumir que si hay un efecto del tipo del punto de agua en el estado del pozo.

Además, al realizar la prueba LRT se obtuvo que no hay un efecto en el estado del pozo de las siguientes variables: región (estadístico=20.66 y valor p=0.19), población alrededor del pozo (estadístico=0 y valor p=1), altura del pozo (estadístico=0.997 y valor p=0.32).

Al analizar el efecto de la cantidad de agua disponible (amount\_tsh) con la prueba LRT se obtuvo una probabilidad asociada de 0.0267 por lo que se rechaza la hipótesis nula de que el efecto de cantidad de agua es igual a cero, con un nivel de significancia de 0,05. Entonces se puede asumir que hay un efecto de la cantidad de agua disponible en el estado del pozo. Además, se obtuvo el OR y el intervalo de confianza:

> OR\_amount

[1] 1.023676

> ic\_OR\_amount

[1] 1.013394 1.034062

Al aumentar la cantidad en 100unidades (continua)

Edad – la prueba dio

estadistico=19.318 y p-value=1.106e-05 -- se rechaza , var continua

> OR\_age

[1] 1.205025

> ic\_OR\_age

[1] 1.162703 1.248886

Al aumentar en 5 años

**Categóricas**

5 extraction\_type\_class

Se obtuvo: estadistico=11.249 y p-value=0.04665 -- se rechaza

> mat\_or\_extract

OR Lim inf Lim sup

1-2 3.2674178 1.42914268 7.4702261

1-3 0.6120141 0.25132277 1.4903593

1-4 0.7254233 0.33064659 1.5915449

1-5 0.8033217 0.26776614 2.4100351

2-3 0.1873082 0.07557098 0.4642570

2-4 0.2220173 0.09942309 0.4957770

2-5 0.2458583 0.08051538 0.7507422

3-4 1.1853049 0.49834489 2.8192274

3-5 1.3125870 0.40357255 4.2690828

4-5 1.1073835 0.37791463 3.2449079

7management

Se obtuvo: estadistico=33.303 y p-value=0.00024 -- se rechaza

DA RARO

> mat\_or

OR Lim inf Lim sup

1-2 3.175300e+01 0 Inf

1-3 0.000000e+00 0 Inf

1-4 2.510300e+01 0 Inf

1-5 3.580200e+01 0 Inf

1-6 2.467781e+08 0 Inf

1-7 9.545000e+00 0 Inf

1-8 6.814000e+00 0 Inf

1-9 1.477600e+01 0 Inf

1-10 2.387900e+01 0 Inf

2-3 0.000000e+00 0 Inf

2-4 7.910000e-01 0 Inf

2-5 1.127000e+00 0 Inf

2-6 7.771704e+06 0 Inf

2-7 3.010000e-01 0 Inf

2-8 2.150000e-01 0 Inf

2-9 4.650000e-01 0 Inf

2-10 7.520000e-01 0 Inf

3-4 1.374815e+08 0 Inf

3-5 1.960735e+08 0 Inf

3-6 1.351512e+15 0 Inf

3-7 5.227349e+07 0 Inf

3-8 3.731851e+07 0 Inf

3-9 8.092230e+07 0 Inf

3-10 1.307765e+08 0 Inf

4-5 1.426000e+00 0 Inf

4-6 9.830497e+06 0 Inf

4-7 3.800000e-01 0 Inf

4-8 2.710000e-01 0 Inf

4-9 5.890000e-01 0 Inf

4-10 9.510000e-01 0 Inf

5-6 6.892883e+06 0 Inf

5-7 2.670000e-01 0 Inf

5-8 1.900000e-01 0 Inf

5-9 4.130000e-01 0 Inf

5-10 6.670000e-01 0 Inf

6-7 0.000000e+00 0 Inf

6-8 0.000000e+00 0 Inf

6-9 0.000000e+00 0 Inf

6-10 0.000000e+00 0 Inf

7-8 7.140000e-01 0 Inf

7-9 1.548000e+00 0 Inf

7-10 2.502000e+00 0 Inf

8-9 2.168000e+00 0 Inf

8-10 3.504000e+00 0 Inf

9-10 1.616000e+00 0 Inf

8source

Se obtuvo: estadistico=17.08 y p-value=0.02929 -- se rechaza

> mat\_or

OR Lim inf Lim sup

1-2 0.583 0.19608877 1.7325387

1-3 0.098 0.02287759 0.4181134

1-4 1.129 0.52369835 2.4332783

1-5 0.766 0.18004470 3.2574677

1-6 5.110 1.61536585 16.1648404

1-7 2.711 1.24313420 5.9106998

1-8 0.678 0.29649490 1.5497990

2-3 0.168 0.03382029 0.8325138

2-4 1.937 0.77419116 4.8449477

2-5 1.314 0.26616280 6.4860074

2-6 8.767 2.38801970 32.1861281

2-7 4.651 1.83774403 11.7689093

2-8 1.163 0.43831288 3.0858350

3-4 11.542 3.20801983 41.5270960

3-5 7.830 1.10290011 55.5929738

3-6 52.248 9.89524923 275.8742742

3-7 27.716 7.61506919 100.8738703

3-8 6.931 1.81623930 26.4493599

4-5 0.678 0.18951279 2.4285607

4-6 4.527 1.70031379 12.0514765

4-7 2.401 1.30850743 4.4066417

4-8 0.600 0.31208680 1.1554315

5-6 6.673 1.27010824 35.0542856

5-7 3.540 0.97743492 12.8176557

5-8 0.885 0.23312404 3.3608187

6-7 0.530 0.19696840 1.4286243

6-8 0.133 0.04697813 0.3745886

7-8 0.250 0.12847786 0.4867516

9payment\_type

Se obtuvo: estadistico=27.137 y p-value=5.363e-05 -- se rechaza

> mat\_or

OR Lim inf Lim sup

1-2 1.701 0.96303180 3.0031713

1-3 0.499 0.29172181 0.8538110

1-4 0.992 0.52091184 1.8881065

1-5 0.181 0.06825628 0.4802184

2-3 0.293 0.18782015 0.4585300

2-4 0.583 0.33538026 1.0139872

2-5 0.106 0.04394565 0.2578961

3-4 1.987 1.17965726 3.3473737

3-5 0.363 0.15457322 0.8513665

4-5 0.183 0.06989877 0.4767835

10quantity

Se obtuvo: estadistico=147.02 y p-value=2.2e-16 -- se rechaza

Da raro

> mat\_or

OR Lim inf Lim sup

1-2 5.415793e+08 0.000000e+00 Inf

1-3 3.317858e+08 0.000000e+00 Inf

2-3 6.130000e-01 1.952401e-185 1.922306e+184

**DISCUSIÓN**

Determinar si lo obtenido con el modelo implica alguna condición específica para el país en términos de inversión o salubridad

Explicaciones del análisis

No meter figuras

**CONCLUSIONES**

Aportes del modelo, estado general del país con base en el modelo y sugerencias para generar un mejor modelo.

**REFERENCIAS**

1. New Hampshire Department of Environmental Services (2016). “Guidance to Refine the Potable Water Definition in New Hampshire Municipal Building Codes.”. Recuperado de: <http://des.nh.gov/organization/commissioner/pip/publications/wd/documents/wd-15-1.pdf>
2. OMS y UNICEF (2015). “Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 update and MDG assessment.”. Recuperado de: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177752/1/9789241509145_eng.pdf?ua=1>
3. OMS y UNICEF (2009). "Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done.”. Recuperado de: <http://www.unicef.org/health/index_51412.html>.
4. OMS (2015)."Key Facts from 2015 JMP Report.". Recuperado de: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/JMP-2015-keyfacts-en-rev.pdf?ua=1>
5. ONU (2015). Recuperdo de: <http://hdr.undp.org/en/countries>
6. The Water Project (2016). “Water in Crisis-Tanzania”. Recuperado de: https://thewaterproject.org/water-crisis/water-in-crisis-tanzania
7. UNICEF (2015). “Water, Sanitation and Hygiene”. Recuperado de : <https://www.unicef.org/tanzania/WASH_factsheet.pdf>
8. Ministerio de agua e irrigación de Tanzania (2016). Recuperado de: <http://maji.go.tz/?q=en/drilling-and-dam-construction-agency>

**ANEXOS**

Para figuras extra