



# Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

*Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente*

Defensa del trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Geógrafa y del Medio Ambiente

## “ANÁLISIS GEOESPACIAL PARA LA DISTRIBUCIÓN DE VACUNAS CONTRA EL SARS-CoV-2 EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, MEDIANTE EL EMPLEO DE HERRAMIENTAS GEO- INFORMÁTICAS”

**AUTOR:**

OBANDO RUALES, KAROL NICOLE

**DIRECTOR DE PROYECTO:**

Ing. PADILLA ALMEIDA, OSWALDO VINICIO PhD

**OPONENTE:**

TCRN. PULLAS TAPIA, GONZALO JAVIER PhD

**DIRECTOR DE CARRERA:**

Ing. ROBAYO NIETO, ALEXANDER Msc.

**SECRETARIA ACADÉMICA:**

Abg. BENAVIDES GUZMAN, MICHELLE

Quito, Diciembre del 2021

# CONTENIDO



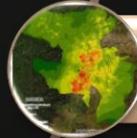
## 1. Introducción



## 2. Fundamento Teórico



## 3. Metodología



## 4. Resultados



## 5. Conclusiones y recomendaciones



## ANTECEDENTES



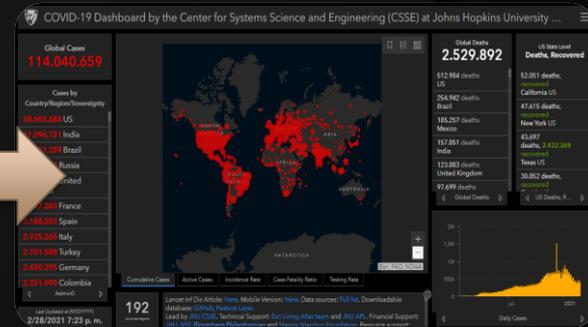
Nota. Tomado de New York Times (2020)

El **31/12/2019** la República Popular China reportó un conjunto de casos de neumonía de etiología desconocida (Organización Panamericana de la Salud, 2020).



Nota. Tomado de Ministerio del Gobierno (2020)

El **29/02/2020**, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP) anunció el primer caso confirmado de COVID-19 (Ministerio del Gobierno, 2020).



Nota. Tomado de Johns Hopkins University (2021)

Permitirá a las autoridades conocer como se extiende una enfermedad o localizar un brote epidémico (Gómez et al., 2004).

Registraron problemas por falta de dosis de  
el coronavirus

Segunda dosis de la vacuna Pfizer no lograron acceder a la inyección este

## PROBLEMA



Poca afluencia complicó la vacunación contra el COVID-19 durante el feriado en puntos de Guayaquil y Durán

Debido a la baja concurrencia, las personas esperaron más hasta completar los grupos

2 de noviembre de 2021 - 11:56h



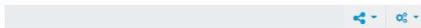
En zonas rurales hace falta mayor  
información sobre citas para  
vacunarse



Así estuvo el miércoles 30 de junio del 2021, el centro de vacunación que fuera abierto en el colegio César Dávila de Guano. Foto: Lissette Castillo / EL COMERCIO

¿Ciudadanos no acuden a vacunarse  
contra covid-19 en Ecuador?

EL COMERCIO



Vacunación contra el covid-19 en el Instituto Nacional Mejía de la ciudad de Quito. Foto: Patricio Terán / EL COMERCIO

Nota. Tomado de El Comercio (2021), El Universo (2021).

No se han realizado investigaciones con apoyo de herramientas geo-informáticas como medio de planificación para la logística de distribución de vacunas en territorio nacional.

Paneles de  
visualización  
en tiempo real

Intercambio de  
datos, análisis  
y planificación

Alcance  
geográfico de  
las poblaciones  
en riesgo



Nota. Tomado de ESRI (2021)

JUSTIFICACIÓN

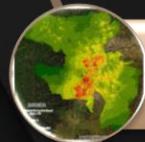
# OBJETIVO GENERAL



Generar un modelo de análisis geoespacial para la distribución de vacunas contra el SARS-CoV-2 en el Distrito Metropolitano de Quito, mediante el empleo de herramientas geo-informáticas que definan la cantidad de dosis asignadas a los centros de vacunación en beneficio de la comunidad.

- Asentamientos Humanos
- Administración Territorial
- Clima
- Disponibilidad Cultural
- Disponibilidad Comunal
- Disponibilidad Urbana
- Edificios
- Servicio Agua potable
- Servicio electricidad Gasera
- Servicio med. ambiental
- Servicio med. sanitaria
- R. Económico
- R. Socio-cultural
- Movilidad
- Redes Viales

Recopilar y estructurar las variables demográficas, infraestructura, sanitarias, socioeconómicas y de movilidad relevantes al tema de estudio.



Identificar las zonas con mayor vulnerabilidad frente al contagio de la población por SARS-CoV-2 en el Distrito Metropolitano de Quito



Analizar la ubicación de los centros de vacunación en función de la vulnerabilidad para la distribución de vacunas contra el SARS-CoV-2 dentro de la zona de estudio.



Generar un modelo cartográfico que encadene geoprocesos que permitan la construcción del modelo geoespacial de distribución de vacunas contra el SARS-CoV-2.



Diseñar un geo-formulario para el levantamiento de información de personas inmunizadas en una base de datos geoespacial que facilite el seguimiento del proceso de vacunación.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

# CONTENIDO



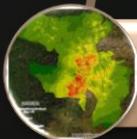
## 1. Introducción



## 2. Fundamento Teórico



## 3. Metodología



## 4. Resultados



## 5. Conclusiones y recomendaciones

## GEOEPIDEMIOLOGÍA

Estudio de los patrones espaciales de morbilidad y mortalidad, a fin de establecer hipótesis sobre la etiología de las enfermedades (Rezaeian et al., 2007).



## SIG EN SALUD PÚBLICA

En la investigación y análisis de políticas sanitarias existen tres funciones importantes de los SIG, siendo (Bindu & Janak, 2012):



## ANÁLISIS ESPACIAL

Comprende diversos métodos y procedimientos desarrollados en la geografía, estadística y otras disciplinas para analizar y relacionar información espacial (Bindu & Janak, 2012).



Nota. Tomado de ESRI (2021)

## NORMALIZACIÓN ESTADÍSTICA

$$N'_{xy} = \frac{N_{xy} - \min_y}{\max_y - \min_y}$$

Donde  $N'_{xy}$  es el valor  $x$  transformado del conjunto de datos  $y$ ;  $N_{xy}$  es el valor  $x$  original del conjunto de datos  $y$ ;  $\min_y$  corresponde al valor mínimo;  $\max_y$  al valor máximo del conjunto de datos  $y$  (Gil et al., 2014).

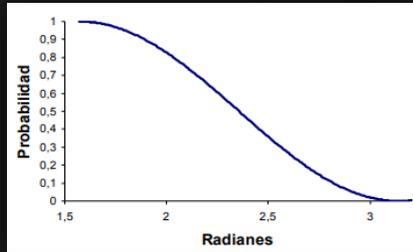
# LÓGICA DIFUSA

Provee una base matemática para comprender los problemas de decisión (Gutiérrez & Jegat, 2005).

**Primer caso:** escenarios donde la probabilidad de ocurrencia (P) es inversamente proporcional al evento analizado (N).

$$P = \cos\left(\frac{\pi}{2} * N\right)$$

$$0 \leq P \leq 1$$

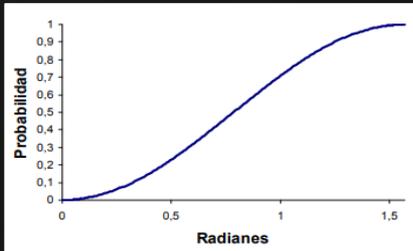


Nota. Tomado de Carranza (2008).

**Segundo caso:** escenarios donde la probabilidad de ocurrencia (P) es directamente proporcional al evento analizado (N).

$$P = \sen\left(\frac{\pi}{2} * N\right)$$

$$0 \leq P \leq 1$$



Nota. Tomado de Carranza (2008).

# EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)

Tabla 1. Escala de juicio

Escala numérica	Definición	Explicación
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	El elemento es fuertemente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.	Un elemento domina fuertemente.
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	
Incrementos 0,1	Valores intermedios entre incrementos (utilice esta escala si cree que su valoración necesita un alto grado de precisión).	
Inversos $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$	Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar.	

Nota. Tomado de Mendoza et al. (2019), Saaty & Vargas (2001).

## TOPOLOGÍA

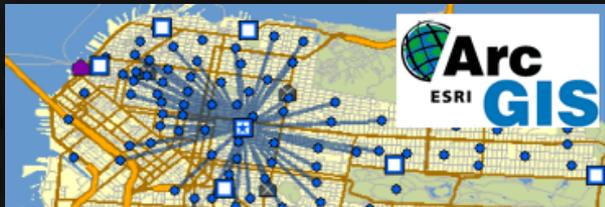
Es una rama de las matemáticas encargadas del estudio de las relaciones espaciales entre entidades (ESRI, s.f.).



Nota. Tomado de Olaya (s.f).

## ANÁLISIS DE REDES

Es uno de los campos de aplicación más importante en los SIG, debido a la información geográfica que analiza y maneja, como por ejemplo, el movimiento de personas. (Barrientos Martínez, 2007; Luaces & Naveiras, 2007).



Nota. Tomado de ESRI (s.f).

## VULNERABILIDAD

Capacidad de un individuo o grupo para anticipar, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural o provocada por el ser humano (International Federation of Red Cross, 2021).



Nota. Tomado de PAHO (2020).

## MODELO DE DISTRIBUCIÓN

Un modelo de distribución debe poder entregar vacunas inmediatamente después de la autorización o aprobación del uso de la vacuna (Department of Health & Human Services, 2021).



# CONTENIDO



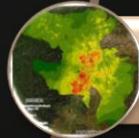
## 1. Introducción



## 2. Fundamento Teórico



## 3. Metodología



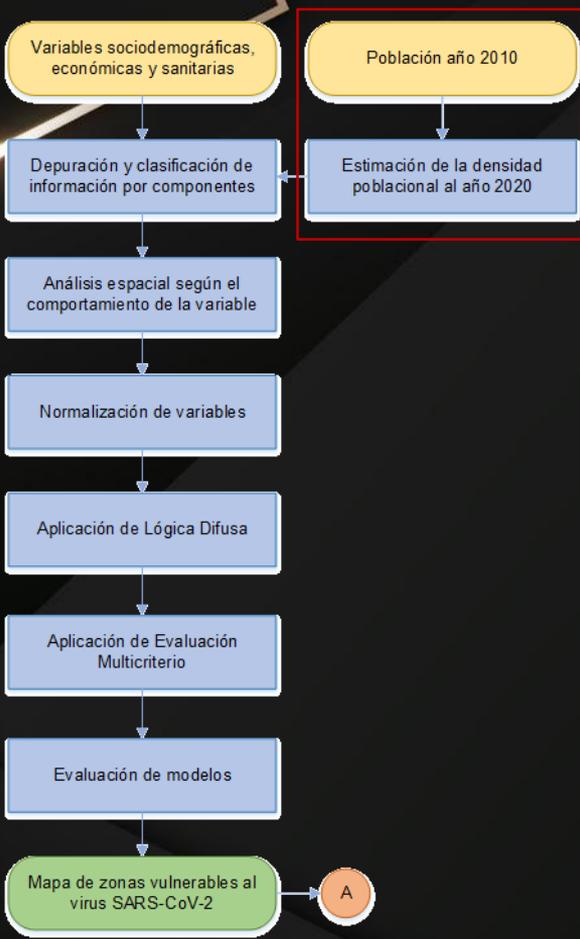
## 4. Resultados



## 5. Conclusiones y recomendaciones



## Análisis de vulnerabilidad (Sección 1)



## 1. Estimación poblacional

### MÉTODO DE AJUSTE DE LAS ESTRUCTURAS POBLACIONALES MEDIANTE NIVELES DE PROPORCIONALIDAD DE LA POBLACIÓN

Tabla 2. Ejemplo de distribución de la población a nivel parroquial del D.M.Q. según el censo del año 2010

Parroquia	Población (hab)	Proporción poblacional (hab/población D.M.Q.)
Guamaní	68.417	0.0307
Turubamba	53.490	0.0240
La Ecuatoriana	59.875	0.0268

Nota: la población total del D.M.Q. al 2010 corresponde a 2'230.076 personas (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010) (Naranjo, 2015).

Tabla 3. Ejemplo de proyecciones de la población a nivel parroquial del D.M.Q.

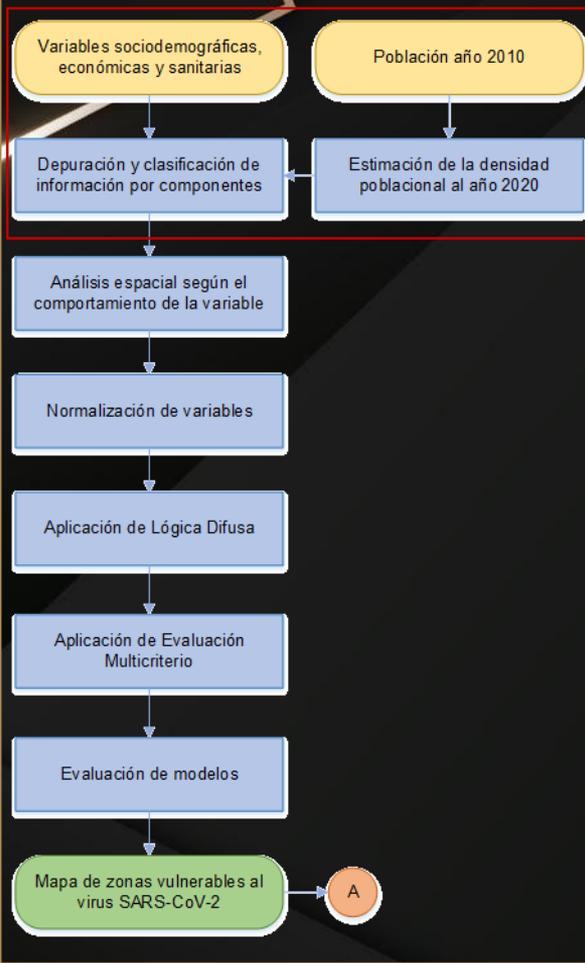
Parroquia	Proporción poblacional (hab/población D.M.Q.)	Proyección poblacional (hab)
Guamaní	0.0307	85.339
Turubamba	0.0240	66.720
La Ecuatoriana	0.0268	74.684

Nota: la proyección poblacional del D.M.Q. al 2020 corresponde a 2'781.641 personas (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, s. f.).

Tabla 4. Densidad poblacional por parroquias del D.M.Q.

Zona/Parroquia	Superficie (ha)	Población 2010 (hab)	Proporción Poblacional (hab/población D.M.Q.)	Población 2020 (hab)	Densidad Poblacional 2020 (p/ha)
<b>ZONA QUITUMBE</b>					
Guamaní	18.094	68.417	0.031	85.339	4.716
Turubamba	17.204	53.490	0.024	66.720	3.878
La Ecuatoriana	24.116	59.875	0.027	74.684	3.097
Quitumbe	13.771	78.07	0.035	98.633	7.163
Chillogallo	15.398	58.199	0.026	72.593	4.714
<b>ZONA ELOY ALFARO</b>					
La Mena	8.695	44.352	0.020	55.322	6.362
Solanda	4.457	78.279	0.035	97.640	21.908
La Argelia	7.181	57.291	0.026	71.461	9.951
San Bartolo	3.898	64.038	0.029	79.877	20.491
La Ferroviaria	6.372	65.626	0.029	81.857	12.846
Chilibulo	8.563	48.729	0.022	60.781	7.098
La Magdalena	2.916	30.818	0.014	38.440	13.185
Chimbacalle	2.417	39.82	0.018	49.669	20.562
Lloa	545.402	1.494	0.001	1.864	3.417
<b>ZONA MANUELA SAENZ</b>					
Puengasí	11.313	62.172	0.028	77.549	6.855
La Libertad	2.649	26.827	0.012	33.462	12.631
Centro Histórico	3.731	40.587	0.018	50.625	13.597
Itchimbia	11.207	34.059	0.015	42.483	3.791
San Juan	18.955	55.069	0.025	68.689	3.624
<b>ZONA EUGENIO ESPEJO</b>					
Belisario Quevedo	13.487	47.752	0.021	59.563	4.416
Mariscal Sucre	2.788	12.976	0.006	16.185	5.806
Iñaquito	15.053	42.397	0.019	52.883	3.513
Rumipamba	10.372	28.918	0.013	36.070	3.478
Jipijapa	6.241	35.475	0.016	44.249	7.089

## Análisis de vulnerabilidad (Sección 1)



## 2. Recopilación y estructuración de variables por componente de estudio

Tabla 5. Componente de Asentamientos Humanos

Variable	Criterio cartográfico				
	Cobertura	Geometría	Año de elaboración	Sistema de Referencia / Proyección	Fuente
Disponibilidad de comunicación móvil*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC
Disponibilidad de internet*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC
Disponibilidad de computadora*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC
Servicio de red pública de alcantarillado*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC
Servicio de red de empresa eléctrica*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC
Servicio de recolección de basura*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC
Servicio de red pública de agua potable*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC
Casas	Punto		2013	WGS 84 / UTM Zona 17S	IGM
Edificios	Punto		2013	WGS 84 / UTM Zona 17S	IGM
Aglomeraciones en mercados	Punto		2021	WGS 84 / UTM Zona 17S	SIS ECU 911

Tabla 6. Componente Económico

Variable	Criterio cartográfico				
	Cobertura	Geometría	Año de elaboración	Sistema de Referencia / Proyección	Fuente
Pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC

Nota: \*la información proviene del registro de “Datos de población, hogar, vivienda, emigración a nivel manzana/localidad del Censo de Población y vivienda CPV 2010”. \*\*La información proviene de registros como: “Datos de población, hogar, vivienda, emigración a nivel manzana/localidad del Censo de Población y vivienda CPV 2010; Registro Estadístico de Recursos y Actividades de Salud – RAS (2018); Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios 2019”.

Tabla 7. Componente Sociocultural

Variable	Criterio cartográfico				
	Cobertura	Geometría	Año de elaboración	Sistema de Referencia / Proyección	Fuente
Densidad poblacional*	Punto		2010	WGS 84 / UTM Zona 17S	INEC / Secretaría Técnica Planificadora Ecuador
Establecimientos de salud	Punto		2021	WGS 84 / UTM Zona 17S	Ministerio de Salud Pública de Ecuador
Casos confirmados con pruebas RT-PCR	Punto		2021	WGS 84 / UTM Zona 17S	Ministerio de Salud Pública de Ecuador

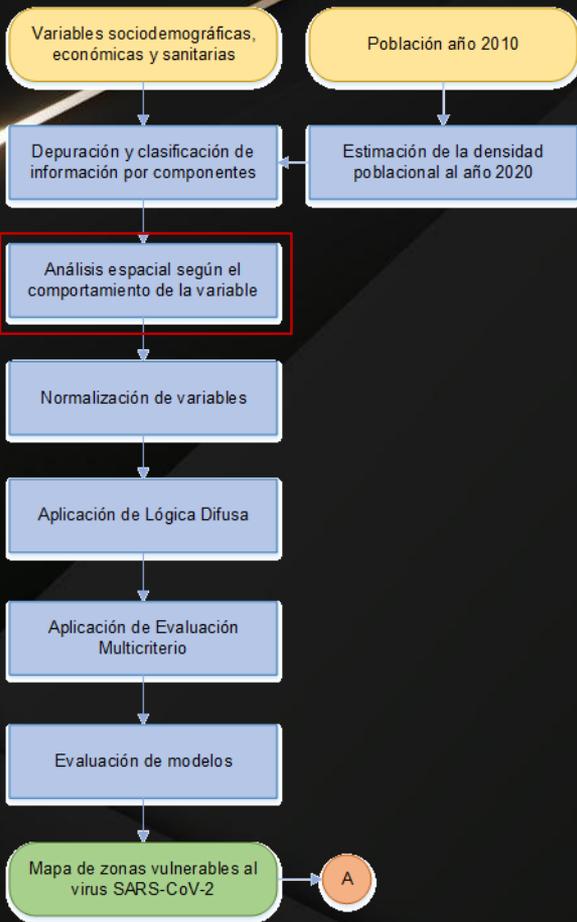
Tabla 8. Componente Movilidad

Variable	Criterio cartográfico				
	Cobertura	Geometría	Año de elaboración	Sistema de Referencia / Proyección	Fuente
Vías de primer orden	Línea		2021	WGS 84 / UTM Zona 17S	OpenStreetMap
Vías de segundo orden	Línea		2021	WGS 84 / UTM Zona 17S	OpenStreetMap
Vías de tercer orden	Línea		2021	WGS 84 / UTM Zona 17S	OpenStreetMap
Vías de cuarto orden	Línea		2021	WGS 84 / UTM Zona 17S	OpenStreetMap

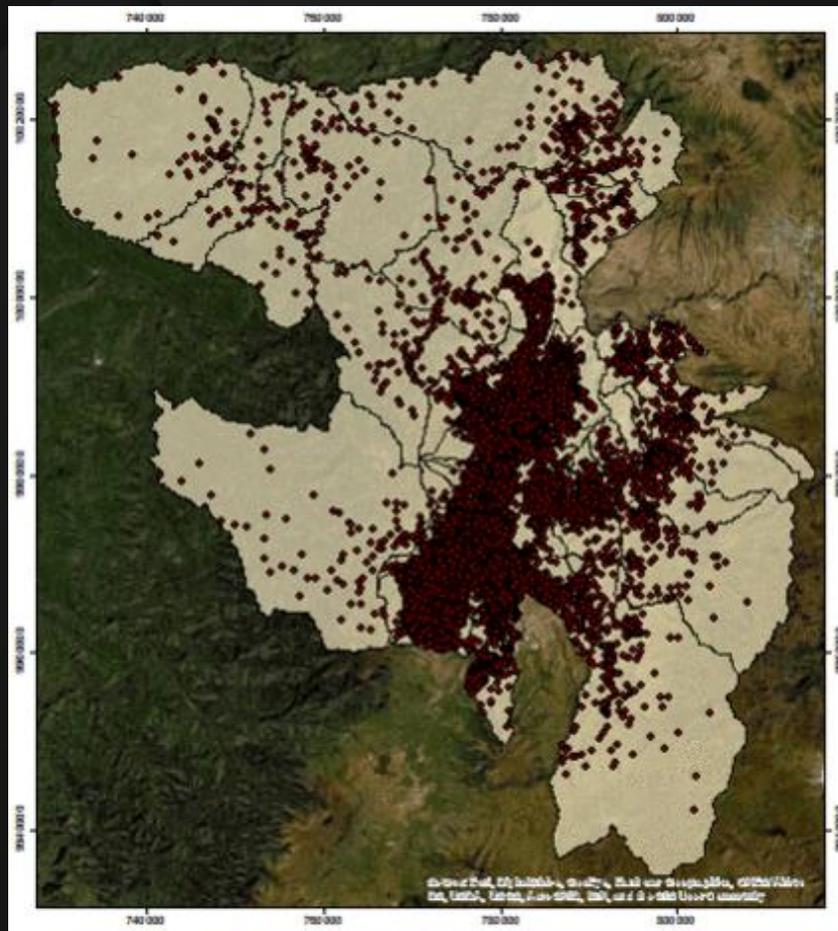
Tabla 9. Componente Político Institucional

Variable	Criterio cartográfico				
	Cobertura	Geometría	Año de elaboración	Sistema de Referencia / Proyección	Fuente
Parroquias	Área		2015	WGS 84 / UTM Zona 17S	Gobierno Abierto de Quito
Barrios	Área		2015	WGS 84 / UTM Zona 17S	Gobierno Abierto de Quito

## Análisis de vulnerabilidad (Sección 1)



## 3. Análisis espacial según el comportamiento de la variable



Spatial Analyst Tools

- Conditional
- Density
  - Kernel Density
  - Line Density
  - Point Density

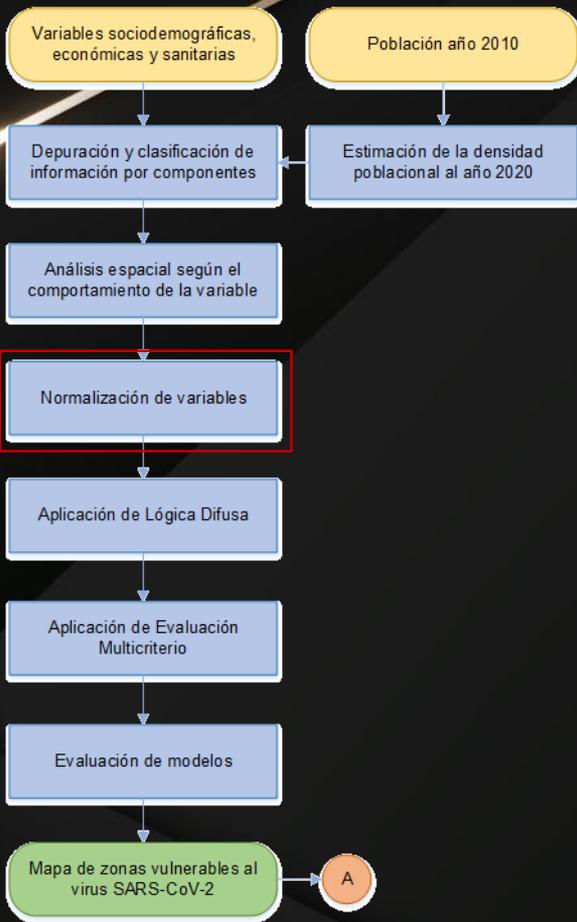
Spatial Analyst Tools

- Conditional
- Density
- Distance
  - Corridor
  - Cost Allocation
  - Cost Back Link
  - Cost Connectivity
  - Cost Distance
  - Cost Path
  - Euclidean Allocation
  - Euclidean Direction
  - Euclidean Distance
  - Path Distance
  - Path Distance Allocation
  - Path Distance Back Link

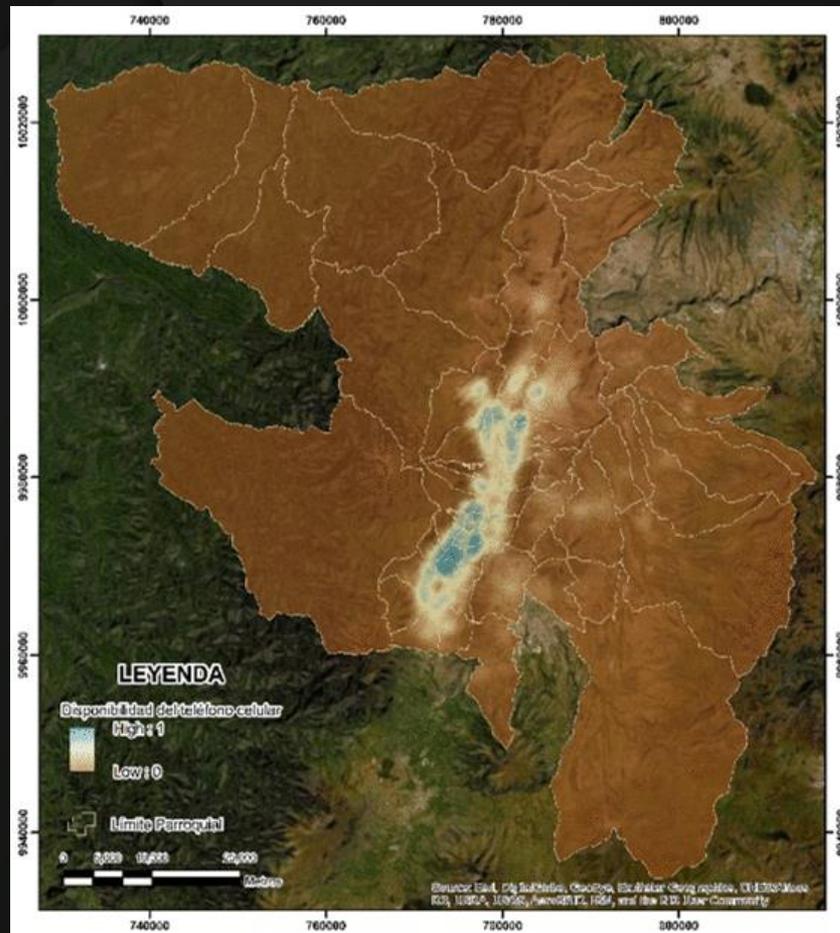
Spatial Analyst Tools

- Conditional
- Density
- Distance
- Extraction
- Generalization
- Groundwater
- Hydrology
- Interpolation
  - IDW

## Análisis de vulnerabilidad (Sección 1)



## 4. Normalización de la variable



$N'_{xy}$  es el valor  $x$  transformado del conjunto de datos  $y$

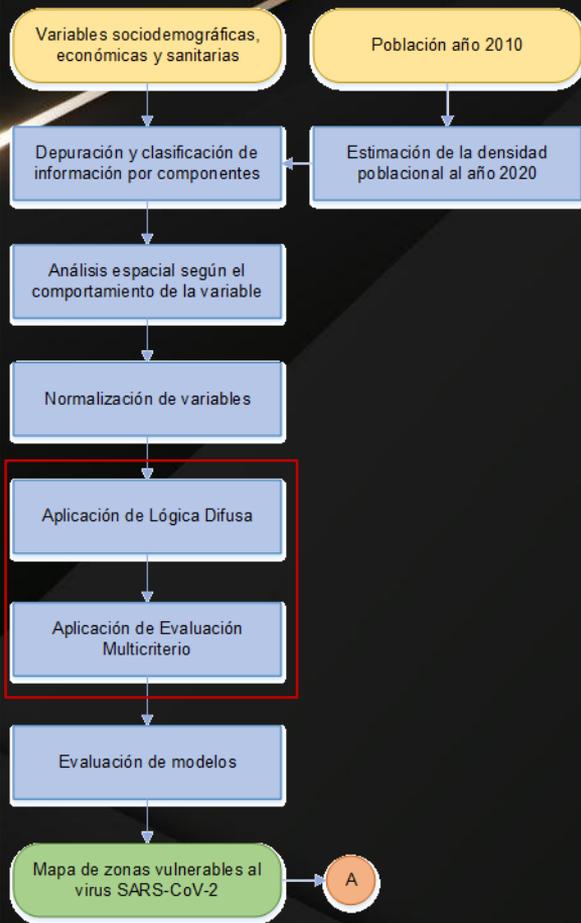
$N_{xy}$  es el valor  $x$  original del conjunto de datos  $y$

$min_y$  corresponde al valor mínimo

$max_y$  al valor máximo del conjunto de datos  $y$

$$N'_{xy} = \frac{N_{xy} - min_y}{max_y - min_y}$$

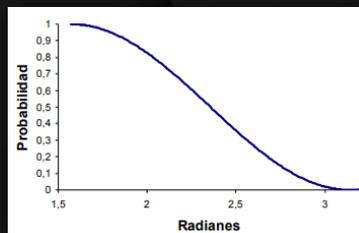
## Análisis de vulnerabilidad (Sección 1)



## 5. Aplicación de Lógica Difusa

*Primer caso:* se evaluaron escenarios donde la probabilidad de ocurrencia (P) es inversamente proporcional al evento analizado (N).

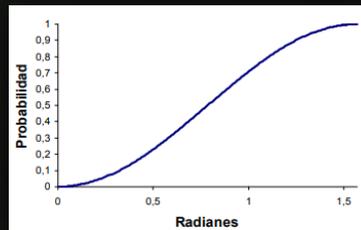
$$P = \cos\left(\frac{\pi}{2} * N\right) \quad 0 \leq P \leq 1$$



Nota. Tomado de Carranza (2008).

*Segundo caso:* se evaluaron escenarios donde la probabilidad de ocurrencia (P) es directamente proporcional al evento analizado (N).

$$P = \text{sen}\left(\frac{\pi}{2} * N\right) \quad 0 \leq P \leq 1$$

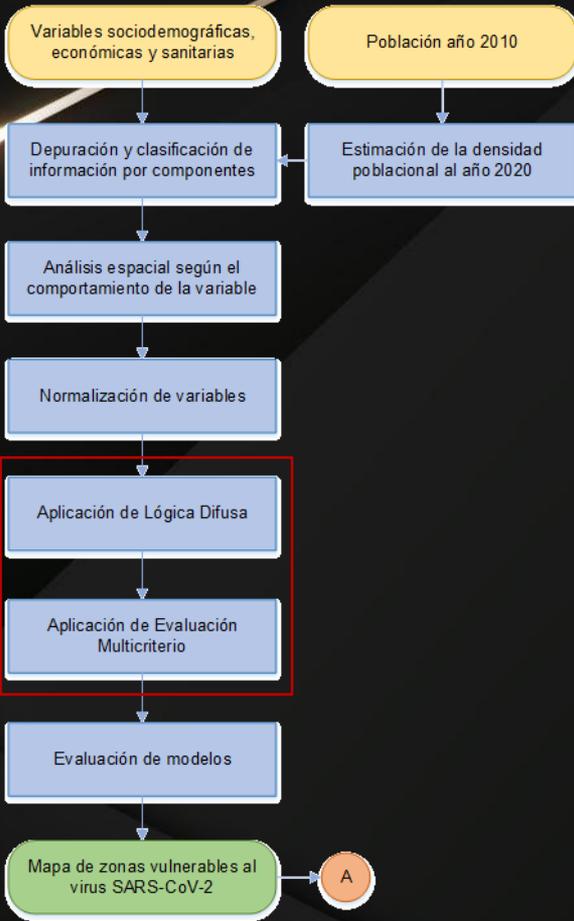


Nota. Tomado de Carranza (2008).

Tabla 10. Análisis de cada variable según casos Fuzzy

Variable	Descripción	Función
Disponibilidad de comunicación móvil	El celular es un medio de comunicación masivo, por lo que a mayor disponibilidad del mismo, menor será la vulnerabilidad.	Coseno
Disponibilidad de internet	Actualmente, el internet se ha convertido en una herramienta que facilita el teletrabajo y la teleeducación, por lo que una mayor disponibilidad del servicio representa una menor vulnerabilidad.	Coseno
Disponibilidad de computadora	Existe una relación inversamente proporcional, puesto que el uso de la computadora como medio de comunicación durante la pandemia ha disminuido la vulnerabilidad en el sector educativo.	Coseno
Servicio de red pública de alcantarillado	El sistema de alcantarillado evita que se originen problemas de tipo sanitario o inundaciones, por tanto, a mayor disponibilidad de este servicio, menor será la vulnerabilidad.	Coseno
Servicio de red de empresa eléctrica	La electricidad es importante para la economía mundial ya que permite el uso de maquinarias, por ende, a mayor disponibilidad del mismo, menor será la vulnerabilidad.	Coseno
Servicio de recolección de basura	La acumulación de determinados materiales representa un problema, tanto ambiental como para la salud de quienes se encuentran cerca, por tanto, la disponibilidad de este servicio disminuye la vulnerabilidad en la población.	Coseno
Servicio de red pública de agua potable	El abastecimiento de agua es esencial para el desarrollo de la población, tanto en salud como en las actividades desarrolladas en otros sectores, por lo que a una mayor disponibilidad del mismo, habrá menor vulnerabilidad poblacional.	Coseno
Casas	Representan un punto de aglomeración comercial o residencial, por lo que existe una relación directamente proporcional respecto a la vulnerabilidad poblacional.	Seno
Edificios	Representan un punto de aglomeración comercial o residencial, por lo que existe una relación directamente proporcional respecto a la vulnerabilidad poblacional.	Seno
Agglomeraciones en mercados	La continua aglomeración de personas en mercados supone un mayor riesgo de contagio, es decir, hay mayor vulnerabilidad poblacional.	Seno
Pobreza por necesidades básicas	La población con un alto índice de pobreza resulta ser la más afectada, por tanto, existe una relación directamente proporcional respecto a la vulnerabilidad poblacional.	Seno
Densidad poblacional	El tamaño de la población influye notablemente en la rapidez de la propagación del virus, por lo que a mayor densidad poblacional existe mayor vulnerabilidad.	Seno

## Análisis de vulnerabilidad (Sección 1)



## 6. Aplicación de Evaluación Multicriterio

Tabla 11. Valor de importancia asignado (Asentamientos H.)

Variable	Valor
Comunicación móvil	1
Internet	3
Computador	2
Alcantarillado	4
Electricidad	6
Recolección de basura	5
Agua potable	7
Casas	8
Edificios	9
Aglomeración en mercados	10

Tabla 12. Matriz de comparaciones pareadas (Asentamientos H.)

Comparación de variables	Comunicación móvil	Internet	Computador	Alcantarillado	Electricidad	Recolección de basura	Agua potable	Casas	Edificios	Aglomeración en mercados
Comunicación móvil	1.000	0.333	0.500	0.250	0.167	0.200	0.143	0.125	0.111	0.100
Internet	3.000	1.000	1.500	0.750	0.500	0.600	0.429	0.375	0.333	0.300
Computador	2.000	0.667	1.000	0.500	0.333	0.400	0.286	0.250	0.222	0.200
Alcantarillado	4.000	1.333	2.000	1.000	0.667	0.800	0.571	0.500	0.444	0.400
Electricidad	6.000	2.000	3.000	1.500	1.000	1.200	0.857	0.750	0.667	0.600
Recolección de basura	5.000	1.667	2.500	1.250	0.833	1.000	0.714	0.625	0.556	0.500
Agua potable	7.000	2.333	3.500	1.750	1.167	1.400	1.000	0.875	0.778	0.700
Casas	8.000	2.667	4.000	2.000	1.333	1.600	1.143	1.000	0.889	0.800
Edificios	9.000	3.000	4.500	2.250	1.500	1.800	1.286	1.125	1.000	0.900
Aglomeración en mercados	10.000	3.333	5.000	2.500	1.667	2.000	1.429	1.250	1.111	1.000
Sumatoria	55.000	18.333	27.500	13.750	9.167	11.000	7.857	6.875	6.111	5.500

Tabla 13. Pesos de Saaty (Asentamientos H.)

Variable	Pesos (Wi)
Comunicación móvil	0.018
Internet	0.055
Computador	0.036
Alcantarillado	0.073
Electricidad	0.109
Recolección de basura	0.091
Agua potable	0.127
Casas	0.145
Edificios	0.164
Aglomeración en mercados	0.182
Sumatoria	1.000

Tabla 14. Valor de importancia asignado (Sociocultural)

Variable	Valor
Densidad poblacional	20
Establecimientos de salud	15
Casos confirmados	18
Fallecidos confirmados	3
Camas hospitalarias	11
Camas U.C.I.	10
Camas C.I.	9
Médicos	13
Enfermeros	12
Auxiliares	4
Laboratorios clínicos	7
Farmacias	6
Mortalidad	2
Morbilidad	17

Tabla 15. Matriz de comparaciones pareadas (Sociocultural)

Comparación de variables	Densidad poblacional	Estab. de salud	Casos confirmados	Fallecidos confirmados	Camas hospitalarias	Camas U.C.I.	Camas C.I.	Médicos	Enfermeros	Auxiliares	Laboratorios clínicos	Farmacias	Mortalidad	Morbilidad
Densidad poblacional	1.0	1.3	1.1	6.7	1.8	2.0	2.2	1.5	1.7	5.0	2.9	3.3	10.0	1.2
Estab. de salud	0.8	1.0	0.8	5.0	1.4	1.5	1.7	1.2	1.3	3.8	2.1	2.5	7.5	0.9
Casos confirmados	0.9	1.2	1.0	6.0	1.6	1.8	2.0	1.4	1.5	4.5	2.6	3.0	9.0	1.1
Fallecidos confirmados	0.2	0.2	0.2	1.0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.8	0.4	0.5	1.5	0.2
Camas hospitalarias	0.6	0.7	0.6	3.7	1.0	1.1	1.2	0.8	0.9	2.8	1.6	1.8	5.5	0.6
Camas U.C.I.	0.5	0.7	0.6	3.3	0.9	1.0	1.1	0.8	0.8	2.5	1.4	1.7	5.0	0.6
Camas C.I.	0.5	0.6	0.5	3.0	0.8	0.9	1.0	0.7	0.8	2.3	1.3	1.5	4.5	0.5
Médicos	0.7	0.9	0.7	4.3	1.2	1.3	1.4	1.0	1.1	3.3	1.9	2.2	6.5	0.8
Enfermeros	0.6	0.8	0.7	4.0	1.1	1.2	1.3	0.9	1.0	3.0	1.7	2.0	6.0	0.7
Auxiliares	0.2	0.3	0.2	1.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	1.0	0.6	0.7	2.0	0.2
Laboratorios clínicos	0.4	0.5	0.4	2.3	0.6	0.7	0.8	0.5	0.6	1.8	1.0	1.2	3.5	0.4
Farmacias	0.3	0.4	0.3	2.0	0.5	0.6	0.7	0.5	0.5	1.5	0.9	1.0	3.0	0.4
Mortalidad	0.1	0.1	0.1	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.3	0.3	1.0	0.1
Morbilidad	0.9	1.1	0.9	5.7	1.5	1.7	1.9	1.3	1.4	4.3	2.4	2.8	8.5	1.0
Sumatoria	7.4	9.8	9.8	49.0	13.4	14.7	16.3	11.3	12.3	36.8	21.0	24.5	73.5	8.6

Tabla 16. Pesos de Saaty (Sociocultural)

Variable	Pesos (Wi)
Densidad poblacional	0.136
Establecimientos de salud	0.102
Casos confirmados	0.122
Fallecidos confirmados	0.020
Camas hospitalarias	0.068
Camas U.C.I.	0.061
Camas C.I.	0.058
Médicos	0.082
Enfermeros	0.077
Auxiliares	0.027
Laboratorios clínicos	0.048
Farmacias	0.041
Mortalidad	0.014
Morbilidad	0.116
Sumatoria	1.000

Tabla 17. Valor de importancia asignado (Movilidad)

Variable	Valor
Vías de orden 1	10
Vías de orden 2	9
Vías de orden 3	8
Vías de orden 4	6

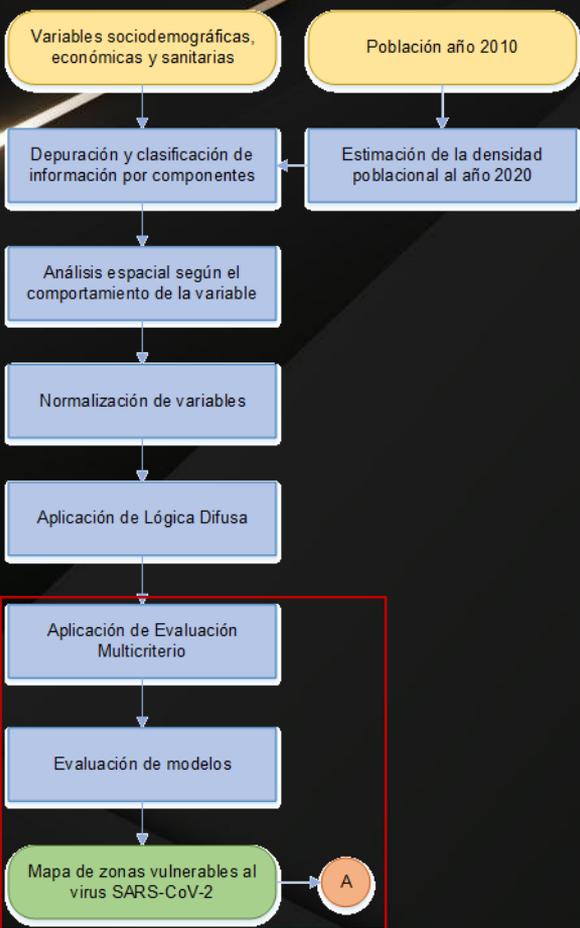
Tabla 18. Matriz de comparaciones pareadas (Movilidad)

Comparación de variables	Vías de orden 1	Vías de orden 2	Vías de orden 3	Vías de orden 4
Vías de orden 1	1.000	1.111	1.250	1.667
Vías de orden 2	0.900	1.000	1.125	1.500
Vías de orden 3	0.800	0.889	1.000	1.333
Vías de orden 4	0.600	0.667	0.750	1.000
Sumatoria	3.300	3.667	4.125	5.500

Tabla 19. Pesos de Saaty (Movilidad)

Variable	Pesos (Wi)
Vías de orden 1	0.3030
Vías de orden 2	0.2727
Vías de orden 3	0.2424
Vías de orden 4	0.1818
Sumatoria	1.000

## Análisis de vulnerabilidad (Sección 1)



## 6. Aplicación de Evaluación Multicriterio

Tabla 20. Pesos de las variables de estudio

Componente	Variable	Pesos (Variable)	Pesos (Componente)
Asentamientos Humanos	Disponibilidad de comunicación móvil	0.018182	0.259259
	Disponibilidad de internet	0.054545	
	Disponibilidad de computadora	0.036364	
	Servicio de red pública de alcantarillado	0.072727	
	Servicio de red de empresa eléctrica	0.109091	
	Servicio de recolección de basura	0.090909	
	Servicio de red pública de agua potable	0.127273	
	Casas	0.145455	
	Edificios	0.163636	
Económico	Pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)	-	0.222222
Sociocultural	Densidad poblacional	0.136054	0.370370
	Establecimientos de salud	0.102041	
	Casos confirmados con pruebas RT-PCR	0.122449	
	Fallecidos confirmados con pruebas RT-PCR	0.020408	
	Camas hospitalarias	0.074830	
	Camas de unidad de cuidados intensivos	0.068027	
	Camas cuidados intermedios	0.061224	
	Médicos	0.088435	
	Enfermeros	0.081633	
	Auxiliares	0.027211	
	Laboratorios clínicos	0.047619	
	Farmacias	0.040816	
	Mortalidad	0.013605	
Movilidad	Morbilidad	0.115648	0.148148
	Vías de primer orden	0.303030	
	Vías de segundo orden	0.272727	
	Vías de tercer orden	0.242424	
	Vías de cuarto orden	0.181818	

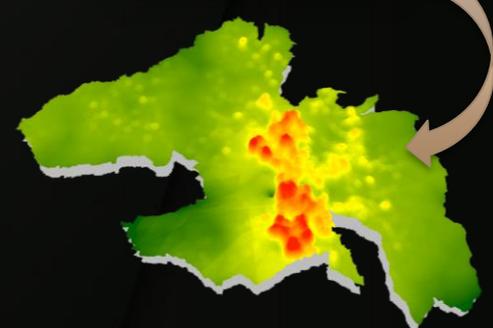
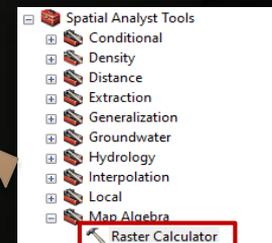
$$f(x) = 0.259259 X_1 + 0.222222 X_2 + 0.370370 X_3 + 0.148148 X_4$$

$X_1$  = Componente de asentamientos humanos.

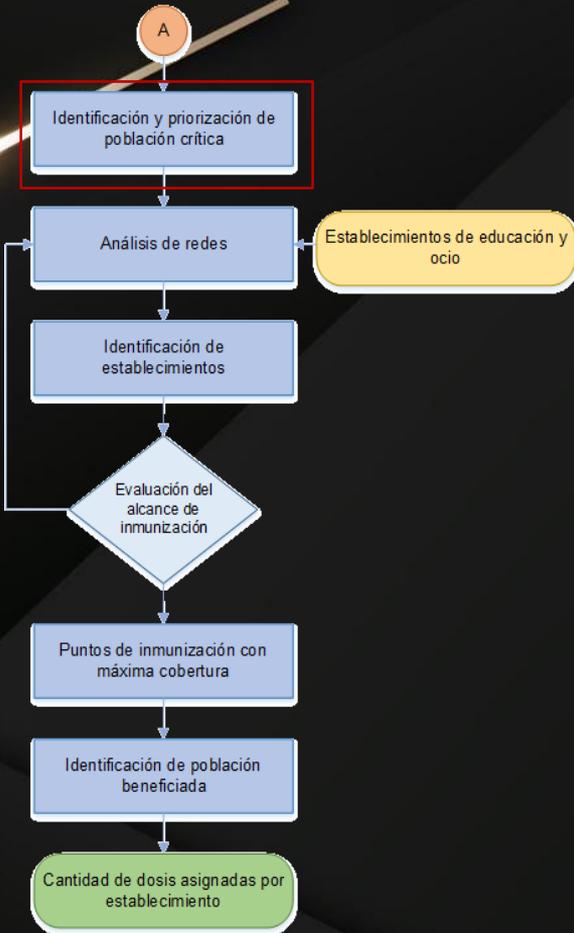
$X_2$  = Componente económico.

$X_3$  = Componente sociocultural.

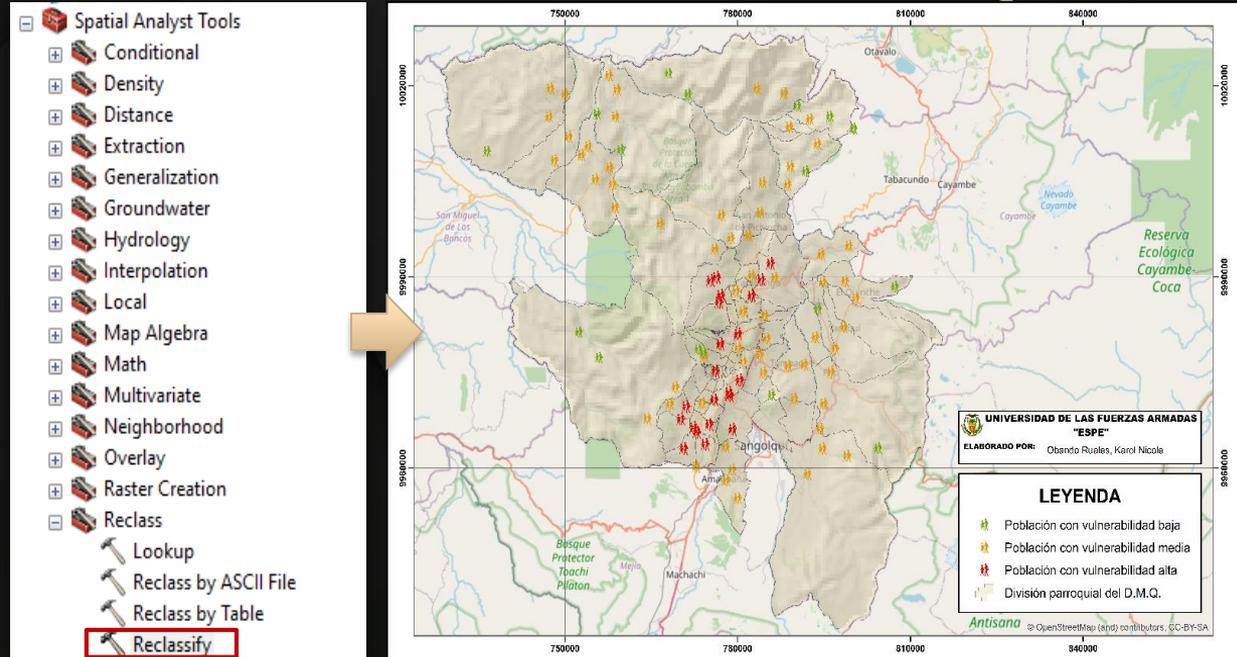
$X_4$  = Componente de movilidad.



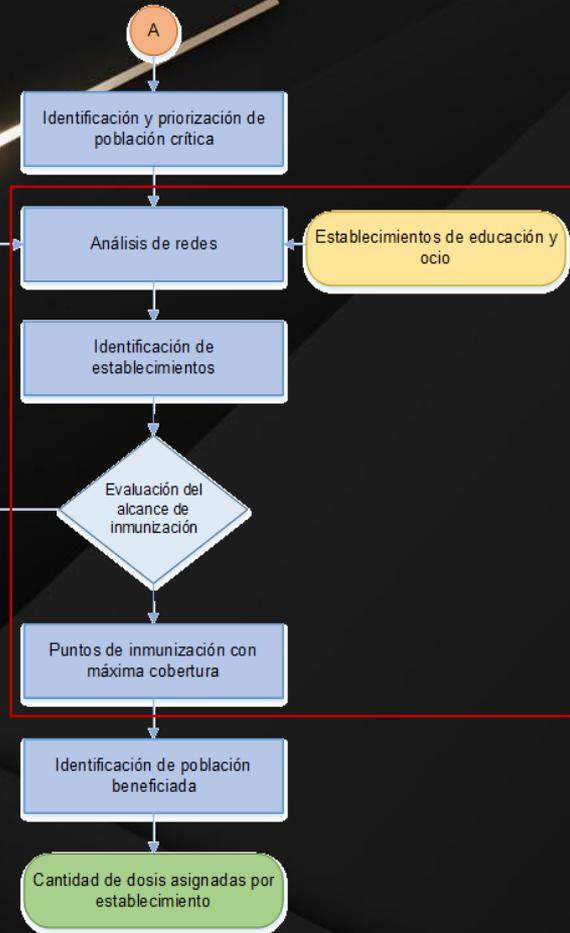
## Modelo de distribución (Sección 2)



## 7. Identificación y priorización de población crítica

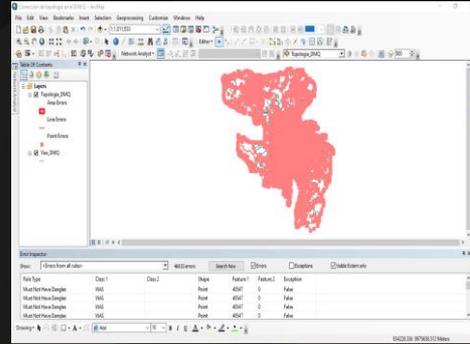


## Modelo de distribución (Sección 2)



## 8. Análisis de redes

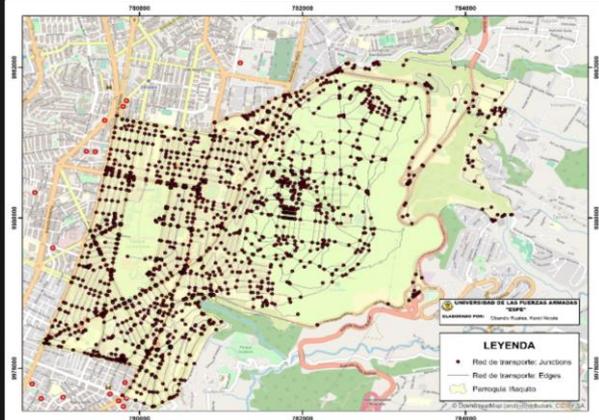
### 8.1. Topología



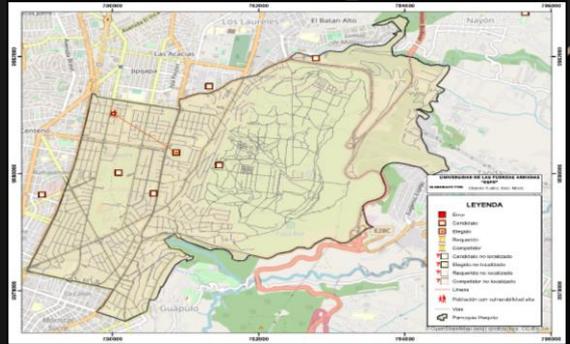
- Must Be Single-Part.
- Must Not Self-Intersect.
- Must Not Self-Overlap.
- Must Not Have Dangles.

- Must Not Overlap.
- Must Not Intersect.
- Must Not Have Pseudo Nodes.

### 8.2. Construcción del Network Dataset

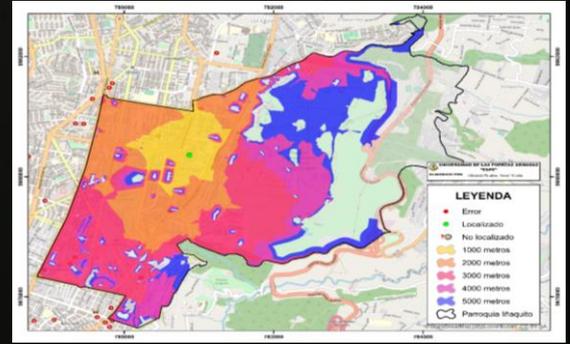


### 8.3. Herramienta Ubicación-asignación



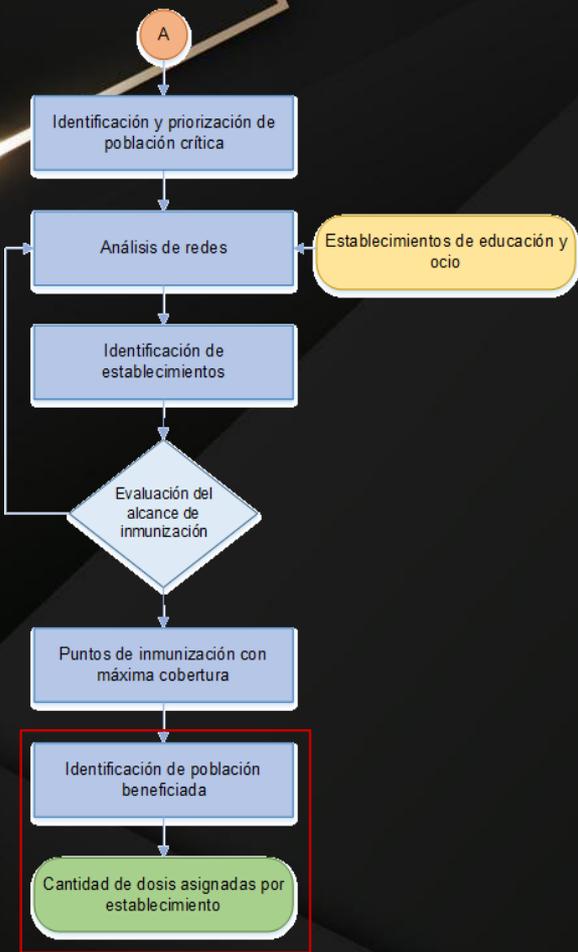
- Facilities: establecimientos candidatos.
- Demand Points: población crítica.
- Modelo: Minimizar la impedancia.

### 8.4. Herramienta Área de Servicio



- Campo Impedancia: Longitud (Km).
- Cortes del polígono: 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 metros.

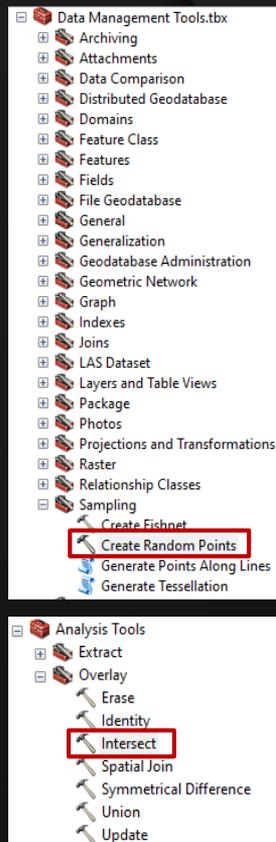
## Modelo de distribución (Sección 2)



## 8. Cantidad de personas beneficiadas por establecimiento

Tabla 21. Número de personas beneficiadas por establecimiento

Establecimiento	Personas beneficiadas
<i>Población con vulnerabilidad alta</i>	
Unidad Educativa Arturo Borja	53702
Unidad Educativa Municipal Bicentenario	79922
Unidad Educativa Particular Pedro Travesari	117085
Colegio San Vicente de Paúl	43941
Coliseo de la Universidad Central del Ecuador	78152
Centro Comercial Portal Shopping	82376
Coliseo Bello Horizonte II	
Estadio Olímpico Atahualpa	
<i>Población con vulnerabilidad media</i>	
Unidad Educativa Nicolás Guillen	72335
Unidad Educativa Liceo del Sur	67592
Unidad Educativa Dr. Miguel Ángel	72327
Unidad Educativa Lucila Santos	540
Unidad Educativa Técnico Tenie	1175
Unidad Educativa Luis Felipe Bo	15494
Unidad Educativa Abdón Calder	
Unidad Educativa Jan Komensky	
Unidad Educativa Pisulo	
<i>Población con vulnerabilidad baja</i>	
Colegio Sebastián de Benalcázar	
Escuela de Educación Básica Luis Napoleón Dillón	717
Escuela de Educación Básica Luis Na	306
Escuela Lineal Equinoccial	3597
Institución Educativa Guayllabamba	217460
Paseo San Francisco	3223
Coliseo de Tumbaco	337
Coliseo de Yaruquí "Libre como el có	9947
Coliseo Municipal Puenbo	6360
Coliseo Parroquial de Atahualpa Hab	40
Unidad Educativa Nanegal	27
Unidad Educativa Luis Sodiro	98
Unidad Educativa Teniente Hugo Ortiz	37
Unidad Educativa San José de Minas	383



La segunda columna corresponde a la cantidad de población que se beneficiará al instalar una brigada de vacunación en el establecimiento propuesto. Corte de la información al 13/06/2021.

# CONTENIDO



1. Introducción



2. Fundamento Teórico



3. Metodología



4. Resultados



5. Conclusiones y recomendaciones



# GEODATABASE DE VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS, ECONÓMICAS Y SANITARIAS

Se diseñó y estructuró la base de datos en función de los componentes de Ordenamiento Territorial.

- Cartografia\_DMQ.gdb
  - A\_Asentamientos\_Humanos
  - B\_Económico
  - C\_Sociocultural
  - D\_Movilidad
  - E\_Politico\_Institucional

## Componente "Asentamientos Humanos"

- Cartografia\_DMQ.gdb
  - A\_Asentamientos\_Humanos
    - Aglomeración\_mercados
    - Casas
    - Disponibilidad\_computadora
    - Disponibilidad\_internet
    - Disponibilidad\_móvil
    - Edificios
    - Servicio\_agua\_potable
    - Servicio\_recolección\_basura
    - Servicio\_red\_alcantarillado
    - Servicio\_red\_electrica
  - B\_Económico
  - C\_Sociocultural
  - D\_Movilidad
  - E\_Politico\_Institucional

## Componente "Sociocultural"

- Cartografia\_DMQ.gdb
  - A\_Asentamientos\_Humanos
  - B\_Económico
  - C\_Sociocultural
    - Auxiliares
    - Camas\_cuidados\_intensivos
    - Camas\_cuidados\_intermedios
    - Camas\_hospitalarias
    - Casos\_confirmados
    - Centros\_salud
    - Densidad\_poblacional
    - Enfermeros
    - Fallecidos\_confirmados
    - Farmacias
    - Laboratorios\_clínicos
    - Médicos
    - Tasa\_morbilidad
    - Tasa\_mortalidad
  - D\_Movilidad
  - E\_Politico\_Institucional

## Componente "Económico"

- Cartografia\_DMQ.gdb
  - A\_Asentamientos\_Humanos
  - B\_Económico
    - Pobreza\_NBI
  - C\_Sociocultural
  - D\_Movilidad
  - E\_Politico\_Institucional

## Componente "Movilidad"

- Cartografia\_DMQ.gdb
  - A\_Asentamientos\_Humanos
  - B\_Económico
  - C\_Sociocultural
  - D\_Movilidad
    - Vias\_cuarto\_orden
    - Vias\_primer\_orden
    - Vias\_segundo\_orden
    - Vias\_tercer\_orden
  - E\_Politico\_Institucional

## Componente "Político Institucional"

- Cartografia\_DMQ.gdb
  - A\_Asentamientos\_Humanos
  - B\_Económico
  - C\_Sociocultural
  - D\_Movilidad
  - E\_Politico\_Institucional
    - Barrios
    - Parroquias

31 coberturas

Sector público o bases de datos de libre acceso

Disponibilidad, vigencia y relación



Instituto Geográfico Militar

Gobierno ABIERTO



OpenStreetMap

ECU

SERVICIO INTEGRADO DE SEGURIDAD

911

# VULNERABILIDAD POBLACIONAL

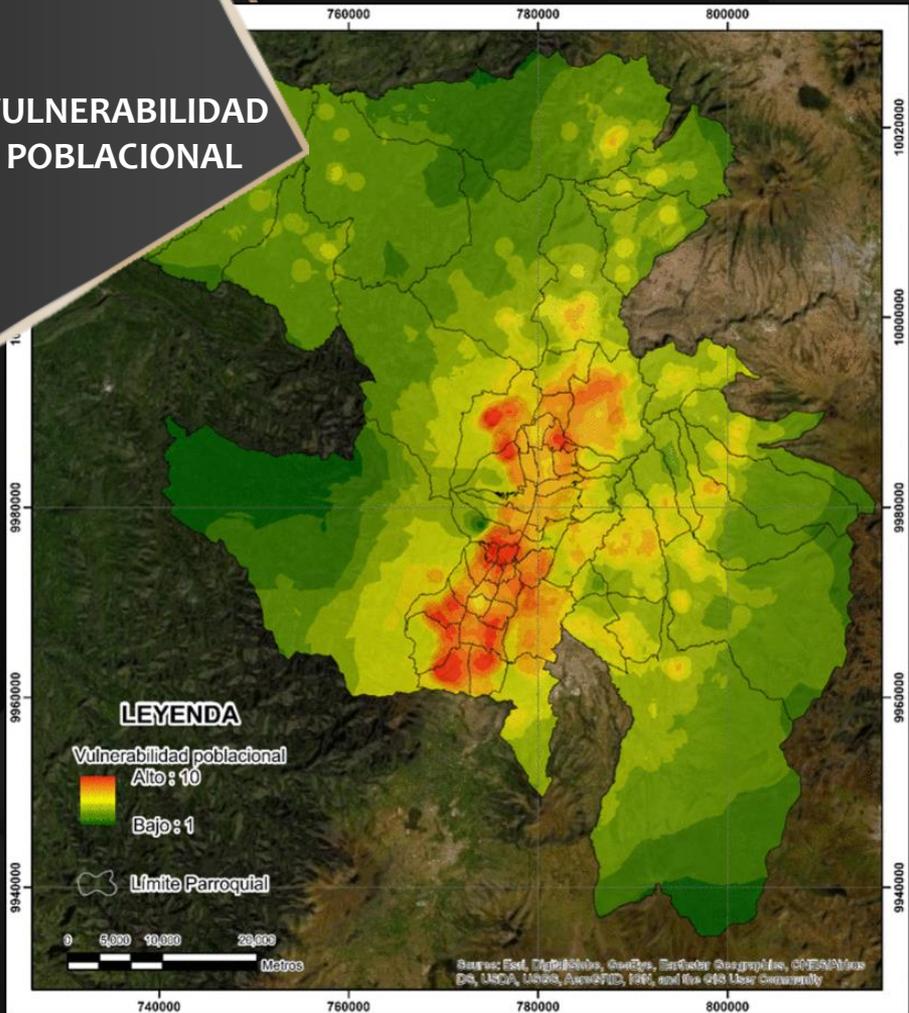


Tabla 22. Barrios con altos niveles de vulnerabilidad, total de casos confirmados de COVID-19

Parroquia	Barrios	Total casos confirmados
<i>Población con vulnerabilidad alta (Nivel 10)</i>		
Centro Histórico	La Merced, San Marcos, La Tola, San Diego, Gonzales Suarez, La Victoria, San Roque, San Blas, La Sena, San Sebastián, Panecillo	3734
Chillogallo	Nueva Vida, Venceremos, Santa Martha Alta, San Antonio, Santa Rosa, Camilo Ponce, La Estancia, Buenaventura, San Luis, La Libertad	12210
Cochapamba	Ruperto Alarcón, Pablo Arturo Suarez, El Bosque, Atucucho	1564
Comité del Pueblo	Comité del Pueblo, La Bota	2308
El Condado	Santa Anita Alta, Pisuli	2548
Guamaní	S. Tospamba, Los Pedestales, Esperanza de Guamal	7164
La Ecuatoriana	La Merced, Manuela Saenz, 2 de Febrero	2533
La Libertad	La Libertad Bajo, Josefina Enríquez, La Libertad Alto, Dos Puentes, La Cantera, Santa Lucía Baja, Colmena Alta	1042
Quitumbe	San Martín Porras, Pueblo Unido, Tréboles del Sur	3949
Turubamba	Músculos y Rieles, Caupicho I, San Blas I, Caupicho III	1350

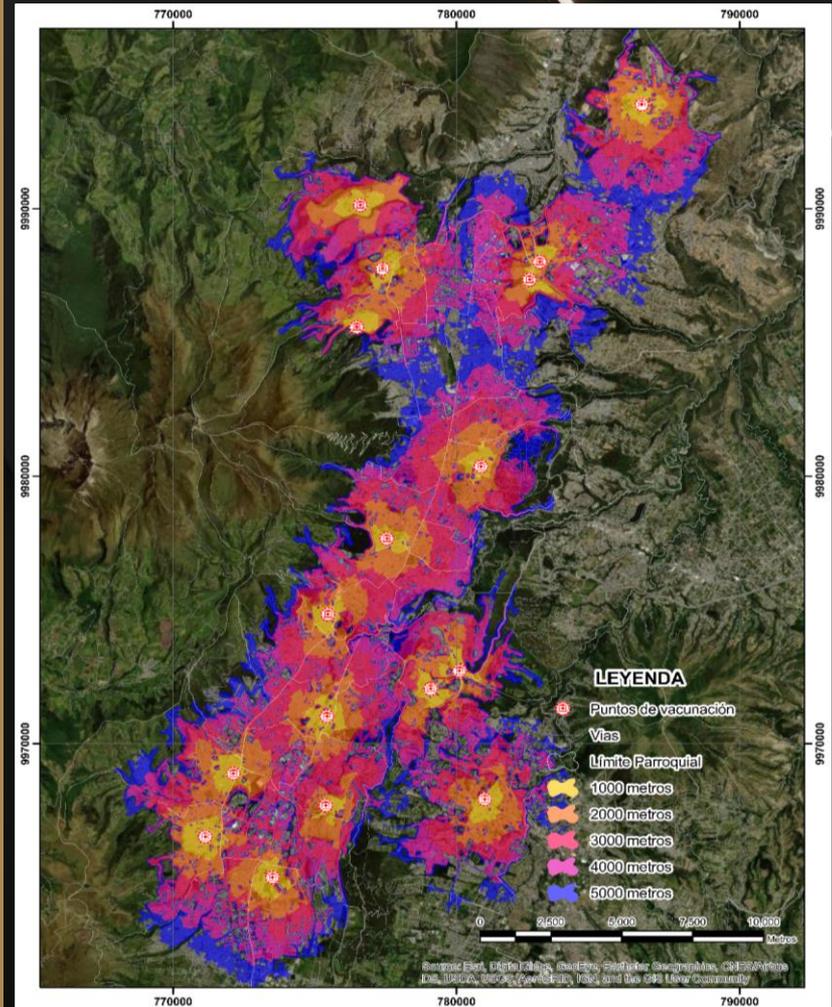
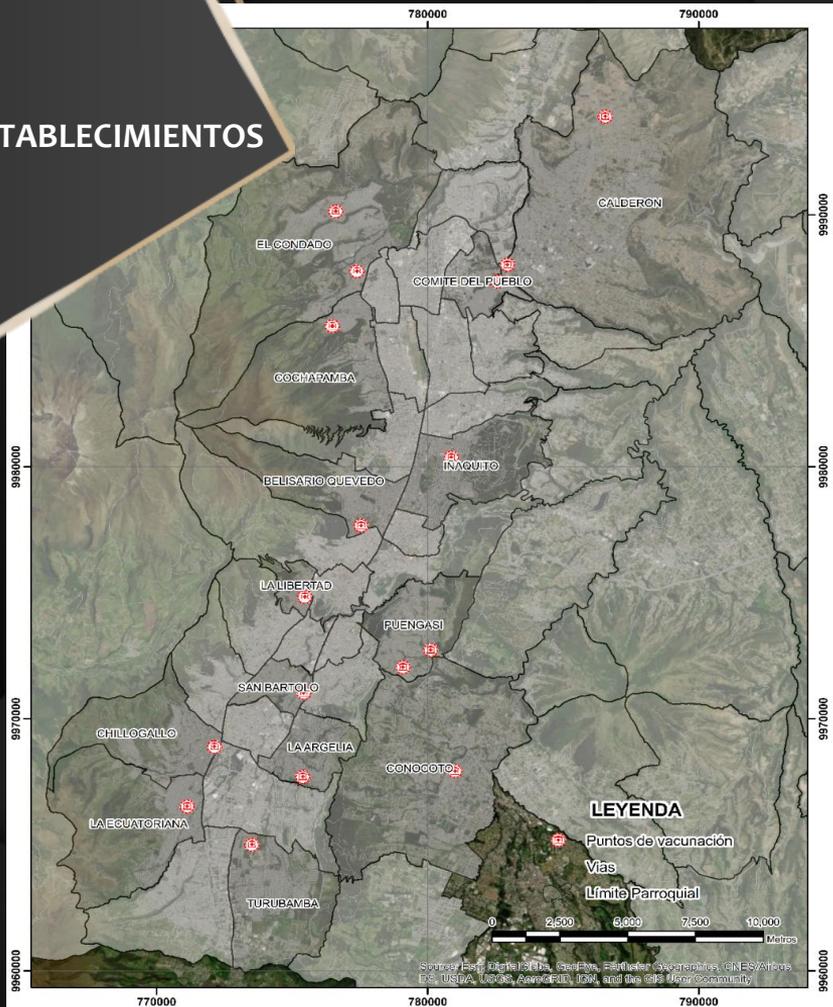
## Parroquias con vulnerabilidad baja (Nivel 9)

\*Carcelén. \*Chimbacalle. \*La Ferroviaria. \*Puengasí. \*Calderón. \*Llano Chico.  
 \*Chilibulo. \*La Argelia. \*La Magdalena. \*San Isidro del Inca. \*Conocoto.

## Parroquias con vulnerabilidad baja (Nivel 8)

\*Belisario Quevedo. \*Iñaquito. \*Jipijapa. \*La Concepción. \*Mariscal Sucre. \*Ponceanó. \*San Bartolo.  
 \*Cotacollao. \*Itchimbia. \*Kennedy. \*La Mena. \*Pomasquí. \*Rumipamba. \*Solanda.

# ESTABLECIMIENTOS



# ESTABLECIMIENTOS

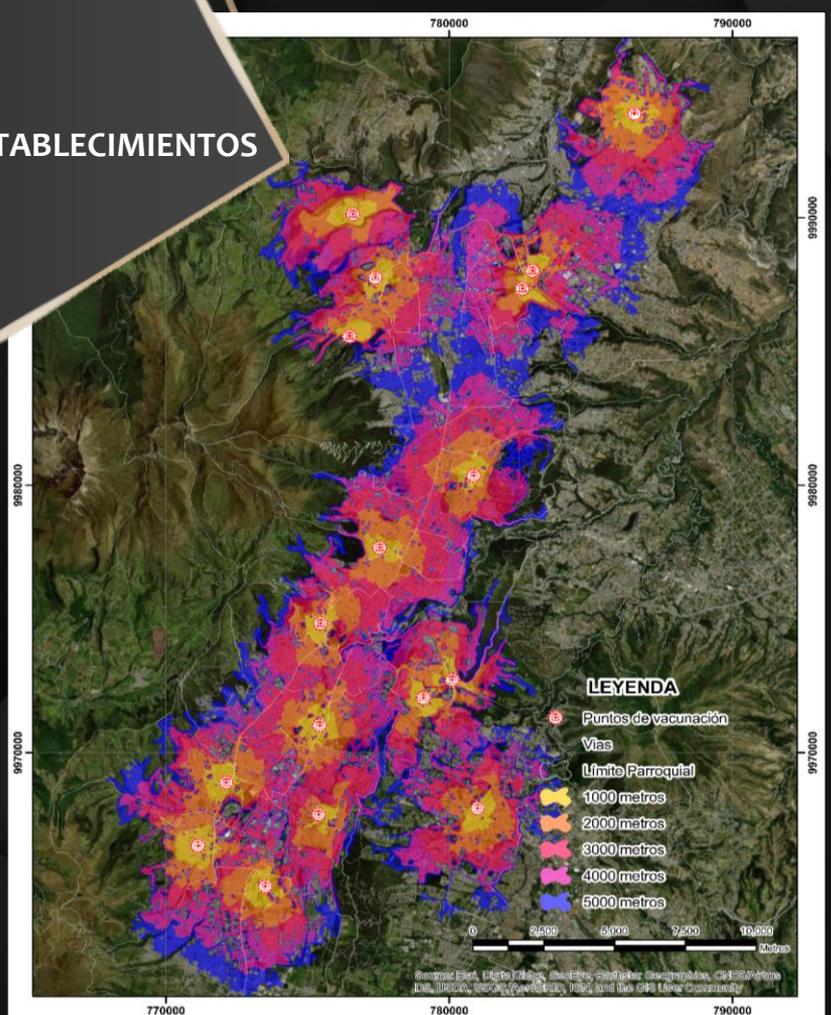


Tabla 23. Cantidad total de dosis necesarias por establecimiento

Parroquia	Establecimientos	Dosis asignadas	Total dosis
<i>Población con vulnerabilidad alta</i>			
Belisario	Coliseo de la Universidad Central del Ecuador	78152	156304
Calderón	Coliseo Bello Horizonte II	44540	89080
	Centro Comercial Portal Shopping	82376	164752
Chillogallo	Unidad Educativa Particular Pedro Travesari	117085	234170
Cochapamba	Unidad Educativa Luis Felipe Borja	13834	27668
Comité del Pueblo	Unidad Educativa Abdón Calderón	99869	199738
Conocoto	Colegio San Vicente de Paúl	43941	87882
El Condado	Unidad Educativa Pisulo	25173	50346
	Unidad Educativa Jan Komensky	112196	224392
Iñaquito	Estadio Olímpico Atahualpa	143410	286820
La Argelia	Unidad Educativa Nicolás Guillen	82379	164758
La Ecuatoriana	Unidad Educativa Arturo Borja	53702	107404
La Libertad	Unidad Educativa Técnico Teniente Hugo Ortiz	138215	276430
Puengasi	Unidad Educativa Lucila Santos de Arosemena	48730	97460
	Unidad Educativa Dr. Miguel Ángel Zambrano	46702	93404
San Bartolo	Unidad Educativa Liceo del Sur	248374	496748
Turubamba	Unidad Educativa Municipal Bicentenario	79922	159844

# GEOFORMULARIO

**FICHA DE INMUNIZACIÓN CONTRA EL SARS-CoV-2**

El objetivo principal de este ficha es apoyar en el registro de información del Plan de Vacunación - Ecuador a fin de cuantificar el número de personas inoculadas en el país; además de contar con una base de datos necesaria para posteriores agendamientos de vacunación. La ficha comprende dos secciones, las cuales son descritas a continuación:

**Sección A. Datos personales**

**1. Tipo de identificación\***

-Seleccione-

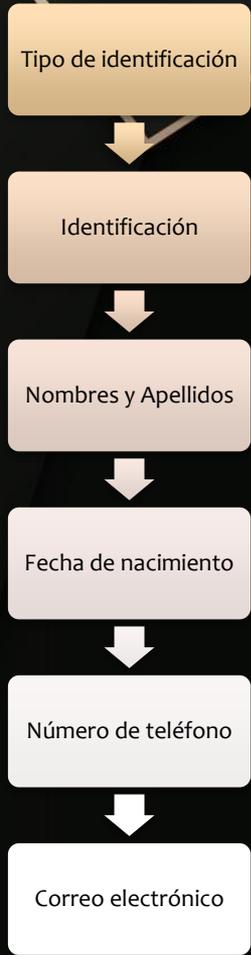
**2. Identificación\***

Ingrese el número de identificación

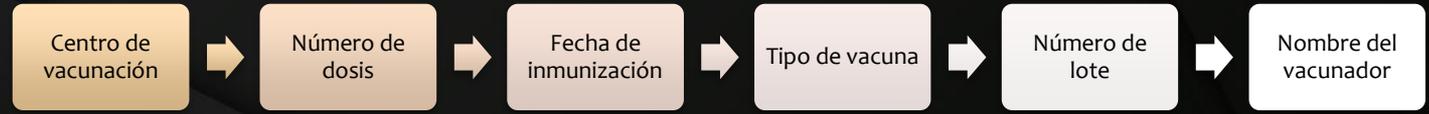
**3. Nombres y Apellidos\***

Apellido Apellido, Nombre Nombre

## SECCIÓN A



## SECCIÓN B



DASHBOARD DE OPERACIONES

Dashboard interface showing two maps of the Quito Metropolitan District (DMQ) related to population vulnerability.

**URL:** <https://www.arcgis.com/apps/dashboard/content?appid=583639dc71cc4e0d0bb66548a4f96d64>

**Page Title:** DASHBOARD DE VARIABLES ASOCIADAS A LA VULNERABILIDAD POBLACIONAL DEL D.M.Q. FRENT...

**Left Panel (Navigation):**

- PERUCHO
- ZAMBIZA
- NANEGAL
- BELISARIO QUEVEDO
- LA LIBERTAD
- CHAVEZPAMBA
- PARROQUIAS
- DISPONIBILIDAD DE INTERNET
- GRIDCODE
- Legend:
  - > 0,7
  - < 0,10

**Map 1: VARIABLES ASOCIADAS A LA VULNERABILIDAD EN EL DMQ**

This map displays the DMQ with a color gradient from dark blue to light yellow, representing different levels of vulnerability. The central urban area is highlighted in light yellow, indicating higher vulnerability, while surrounding areas are in darker shades of blue.

**Map 2: MAPA DE DE ZONAS VULNERABLES IDENTIFICADAS EN EL DMQ**

This map displays the DMQ with a color gradient from dark red to bright red, representing different levels of vulnerability. The central urban area is highlighted in bright red, indicating the highest vulnerability, while surrounding areas are in darker shades of red.

**Footer:** Esri, HERE, Garmin, FAO, METVNASIA, USGS. Powered by Esri.

# CONTENIDO



## 1. Introducción



## 2. Fundamento Teórico



## 3. Metodología



## 4. Resultados



## 5. Conclusiones y recomendaciones



# CONCLUSIONES



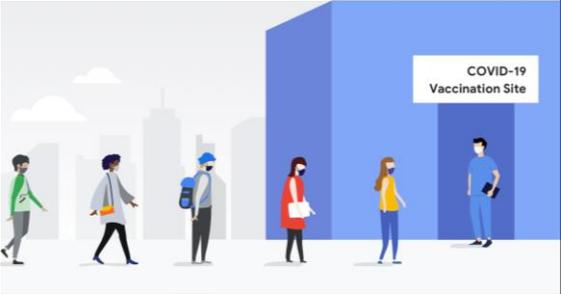
El análisis geoespacial permitió identificar patrones relacionados a la influencia directa e inversa de cada variable en el modelo.

Priorizar y controlar zonas que resultan ser un foco de contagio, disminuyendo así, los riesgos epidemiológicos actuales.



Demostrando, la potencialidad de los sistemas de información geográfica en el campo de la salud.

La metodología empleada debe ser adaptada a las condiciones espacio-temporales a las que se enfrenta la población objetivo.



Unificar la información de los pacientes en una única base de datos automatizada para la edición y continua actualización.



## RECOMENDACIONES



Es fundamental trabajar con datos actualizados para obtener un mejor resultado.

Sería importante contar con el apoyo de un equipo multidisciplinario para establecer valoraciones fiables.



Es posible realizar el análisis geoespacial al tomar como protagonista a los centros de salud.

La estructura establecida en el geo-formulario no es rígida, por tanto, puede contemplar más información que beneficie a la comunidad y a los tomadores de decisiones.



Difundir los resultados del proyecto de investigación, para que puedan servir de base o herramienta de apoyo para los tomadores de decisiones.

# BIBLIOGRAFÍA

- Barrientos Martínez, M. (2007). *Network Analyst El Análisis de redes desde ArcGIS 9.2*. 6–7. <http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Network-Analyst-El-Análisis-de-Redes-desde-ArcGIS-9.2.pdf>
- Bindu, B., & Janak, J. (2012). GIS in Epidemiology: Applications and Services. *National Journal of Community Medicine*, 3.
- Carranza, D. (2008). APLICACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA PARA LA UBICACIÓN DE ESPECIES FAUNÍSTICAS Y FLORÍSTICAS, Y SU COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS GEOESTADÍSTICOS [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/791/T-ESPE-017763.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Department of Health & Human Services. (2021). *The Operation Warp Speed Strategy for Distributing a COVID-19 Vaccine*. <https://www.hhs.gov/sites/default/files/strategy-for-distributing-covid-19-vaccine.pdf>
- El Comercio (2021). *En zonas rurales hace falta mayor información sobre citas para vacunarse*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/vacunacion-covid19-falta-informacion-ruralidad.html>
- El Universo (2021). *En Quito se registraron problemas por falta de dosis de la vacuna contra el coronavirus*. <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/vacuna-filas-espera-dosis-pfizer-ciudadanos-descontento-espera-aglomeracion-puntos-vacunacion-quito-nota/>
- Esri (2021). *Getting to know the Coronavirus Response Solution Dashboards*. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-solutions/local-government/getting-to-know-the-coronavirus-response-solution-dashboards/>
- Gil, W. J., Mora, J. J., & Pérez, S. M. (2014). Análisis del procesamiento de los datos de entrada para un localizador de fallas en sistemas de distribución (Vol. 64, Número 41). <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v18n41/v18n41a06.pdf>
- Gómez, V., López, A., & Verdejo, F. (2004). AEGIS: Herramienta de análisis epidemiológico en un Sistema de Información Geográfica. [https://www.uv.es/gudo/GUDO2/resumen\\_Gomez2.pdf](https://www.uv.es/gudo/GUDO2/resumen_Gomez2.pdf)
- Gutiérrez, J., & Jegat, H. (2005). USO DE LA TEORÍA DE LÓGICA DIFUSA EN LA CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES CON COBERTURAS MIXTAS: EL CASO URBANO DE MÉRIDA, VENEZUELA. *Interciencia*, 30, 261–266. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=So378-18442005000500005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So378-18442005000500005)
- Johns Hopkins University (2021). *COVID-19 Dashboard*. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- International Federation of Red Cross. (2021). *¿What is vulnerability?* <https://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/what-is-vulnerability/>
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare*, 27(3), 348–360. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>
- Ministerio del Gobierno. (2020). *Monitoreo de Seguridad Ciudadana en la Emergencia Sanitaria por COVID-19*. [https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/wp-content/uploads/2020/04/Informe\\_Emergencia\\_Sanitaria-ECU-911\\_.pdf](https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/wp-content/uploads/2020/04/Informe_Emergencia_Sanitaria-ECU-911_.pdf)
- New York Times (2020). *Dr. Robert Gallo: The Case for a Stopgap Vaccine*. <https://www.nytimes.com/2020/06/25/opinion/letters/coronavirus-vaccine-gallo.html>
- Organización Panamericana de la Salud (2020). *Actualización Epidemiológica: Nuevo Coronavirus (2019-nCov) (5 febrero 2020)*. <https://covid19-evidence.paho.org/handle/20.500.12663/419>
- Rezaeian, M., Dunn, G., St. Leger, S., & Appleby, L. (2007). Geographical epidemiology, spatial analysis and geographical information systems: a multidisciplinary glossary. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 61(2), 98. <https://doi.org/10.1136/JECH.2005.043117>



# Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”



Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción

*Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente*

Defensa del trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Geógrafa y del Medio Ambiente

## “ANÁLISIS GEOESPACIAL PARA LA DISTRIBUCIÓN DE VACUNAS CONTRA EL SARS-CoV-2 EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, MEDIANTE EL EMPLEO DE HERRAMIENTAS GEO- INFORMÁTICAS”

**AUTOR:**

OBANDO RUALES, KAROL NICOLE

**DIRECTOR DE PROYECTO:**

Ing. PADILLA ALMEIDA, OSWALDO VINICIO PhD

**OPONENTE:**

TCRN. PULLAS TAPIA, GONZALO JAVIER PhD

**DIRECTOR DE CARRERA:**

Ing. ROBAYO NIETO, ALEXANDER Msc.

**SECRETARIA ACADÉMICA:**

Abg. BENAVIDES GUZMAN, MICHELLE

Quito, Diciembre del 2021