

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LAMOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA MAPIFICACIÓN Y MONITOREO
DE ZONOSIS IMPORTANTES EN SALUD PÚBLICA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

GUILLERMO ROJAS TUESTA

LIMA – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA MAPIFICACIÓN Y MONITOREO DE ZONOSIS IMPORTANTES EN SALUD PÚBLICA.docx (D164393388)
Submitted	4/19/2023 4:50:00 AM
Submitted by	Otto Angelo Zea Mendoza
Submitter email	ottozea@lamolina.edu.pe
Similarity	13%
Analysis address	ottozea.unalm@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / ROJAS TUESTA BORRADOR TSP 7 11 22.pdf Document ROJAS TUESTA BORRADOR TSP 7 11 22.pdf (D148865368) Submitted by: sggc@lamolina.edu.pe Receiver: sggc.unalm@analysis.orkund.com	 13
-----------	--	--

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

"APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA MAPIFICACIÓN Y MONITOREO DE ZONOSIS IMPORTANTES EN SALUD PÚBLICA"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA

GUILLERMO ROJAS TUESTA

LA MOLINA, PERÚ

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo de suficiencia profesional se lo dedico a Dios y a la Virgen María Auxiliadora, porque gracias a ellos he culminado una tarea que tenía pendiente en mi vida, el cual es una representación de años de dedicación y ganas de superación personal, que no hubiera sido posible sin la intervención y soporte de ellos y de las personas que comparten mi vida diaria, mi familia.

A mis padres: Guillermo Rojas Espinoza y María Elena Tuesta Dávila, porque desde niño me inculcaron el deseo de superación, por apoyarme y saberme guiar con sus sabios consejos durante mi vida estudiantil, ellos son la principal fuente de inspiración y amor que me da fuerza para enfrentarme a la vida y seguir adelante.

A mis hermanas: Magali Elena Rojas Tuesta y Guisela Mónica Rojas Tuesta, por su apoyo y aliento en el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional.

Y a mi tía abuela Balbina Dávila Celadita, a quien la llamo con cariño Mamá Lina, quien me inculco la curiosidad por la ciencia, además de enseñarme sus experiencias de vida.

Y por último a mis sobrinos: Lesandra Gabriela, Kasandra Guisel y Guilherme Joatam.

In memoriam de mi maestro de Geografía y Geopolítica del Colegio San Francisco de Sales de Breña Eloy Marchena Llontop por su enseñanza y por sobretodo la curiosidad por la cartografía.

AGRADECIMIENTOS

- Al Ph.D. Otto Zea Mendoza, asesor del presente trabajo de suficiencia profesional por su orientación, constante e invaluable apoyo en la ejecución y culminación del presente trabajo.

- A los miembros del jurado: A la Dra. Haydeé Cardenas de Jurado, al Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez y al Mg.Sc. Segundo Gamarra Carillo, a quienes agradezco eternamente, por su apoyo y asesoramiento en la culminación de mi trabajo.

- A los señores Delfín Huarcaya y Mario Jaulis (que Dios lo tenga en su gloria) personal de la Biblioteca Agrícola Nacional, por su amistad y apoyo brindado durante mis días en la biblioteca.

- A mis amigos de la 2003 – II de la facultad de Zootecnia, al equipo de Tribuna Picante y a las promociones 2019 – 2020 - 2021 de los Colegios Salesiano de Breña, María Auxiliadora de Breña, Juan XIII y La Salle de Breña que de una u otra forma contribuyeron con mi formación profesional.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LAMOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA MAPIFICACIÓN Y MONITOREO
DE ZONOSIS IMPORTANTES EN SALUD PÚBLICA”**

Presentado por:

GUILLERMO ROJAS TUESTA

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentado y aprobado ante el siguiente Jurado:

Ph. D. Javier Ñaupari Vásquez

Presidente

Mg. Sc. Segundo Gamarra Carrillo

Miembro

Haydeé Cárdenas de Jurado

Miembro

Ph. D. Otto Zea Mendoza

Asesor

DEDICATORIA

El presente trabajo de suficiencia profesional se lo dedico a *Dios*, a la *Virgen María Auxiliadora* y a *San Roque* porque gracias a ellos he culminado una tarea que tenía pendiente en mi vida, el cual es una representación de años de dedicación y ganas de superación personal.

A mis padres: *Guillermo Rojas Espinoza* y *María Elena Tuesta Dávila*, porque desde niño me inculcaron el deseo de superación, por apoyarme y saberme guiar con sus sabios consejos durante mi vida estudiantil, ellos son la principal fuente de inspiración y amor que me da fuerza para enfrentarme a la vida y seguir adelante.

A mis hermanas: *Magali Elena Rojas Tuesta* y *Guisela Mónica Rojas Tuesta*, por su apoyo y aliento en el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional.

Y a mi tía abuela *Balbina Dávila Celadita*, a quien la llamo con cariño *Mamá Lina*, quien me inculco la curiosidad por la ciencia, además de enseñarme sus experiencias de vida.

Y por último a mis sobrinos: *Lesandra Gabriela*, *Kasandra Guisel* y *Guilherme Joatam*.

In memoriam de mi maestro de Geografía y Geopolítica del Colegio San Francisco de Sales de Breña *Eloy Marchena Llontop* por su enseñanza y por sobretodo la curiosidad por la cartografía.

AGRADECIMIENTOS

- *Al Ph.D. **Otto Zea Mendoza**, asesor del presente trabajo de suficiencia profesional por su orientación, constante e invaluable apoyo en la ejecución y culminación del presente trabajo.*
- *A los miembros del jurado: A la Dra. **Haydeé Cardenas de Jurado**, al Ph.D. **Javier Ñaupari Vásquez** y al Mg.Sc. **Segundo Gamarra Carillo**, a quienes agradezco eternamente, por su apoyo y asesoramiento en la culminación de mi trabajo.*
- *A los señores **Delfín Huarcaya** y **Mario Jaulis** (que Dios lo tenga en su gloria) personal de la Biblioteca Agrícola Nacional, por su amistad y apoyo brindado durante mis días en la biblioteca.*
- *A mis amigos de la **2003 – II de la facultad de Zootecnia**, al equipo de **Tribuna Picante** y a las **promociones 2019 – 2020 - 2021** de los **Colegios Salesiano de Breña, María Auxiliadora de Breña, Juan XIII** y **La Salle de Breña** que de una u otra forma contribuyeron con mi formación profesional.*

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Zoonosis: enfermedades de transmisión entre animales y humanos	3
2.2.	Zoonosis emergentes y reemergentes.....	4
2.3.	Factores relacionados con la propagación de zoonosis	5
2.4.	Enfermedades zoonóticas en el Perú	6
2.4.1.	Virus de la rabia (rabies virus, RABV).....	6
2.4.2.	Brucelosis (<i>Brucella</i> spp.).....	7
2.4.3.	Clamidiosis (<i>Chlamydia abortus</i>)	8
2.5.	Geografía médica	10
2.5.1.	Antecedentes.....	10
2.5.2.	Definición	11
2.5.3.	Mapas mundiales de enfermedades	12
2.5.4.	Geografía médica y sistemas de información	20
2.6.	Sistemas de Información Geográfica.....	21
2.6.1.	Uso de sistemas de información geográfica.....	24
2.6.2.	Información geográfica.....	24
2.6.3.	El uso de los sistemas de información geográfica en la ciencia animal	29
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	31
3.1.	Tipo de diseño de investigación	31
3.2.	Principales herramientas de georreferenciación	31
3.3.	Métodos de interpolación empleada para el estudio de las enfermedades zoonóticas.....	31
3.4.	Operacionalización de variables definidas para estudios de enfermedades zoonóticas.....	32
3.5.	Empleo de los sistemas de georreferenciación aplicado en los estudios de zoonosis	33
3.5.1.	Rabia (agente etiológico: <i>Rabies virus</i> – RABV).....	33
3.5.2.	Brucelosis (agente: <i>Brucella abortus</i>).....	38
3.5.3.	Clamidiosis (agente: <i>Chlamydia abortus</i>)	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43

4.1. Rabia zoonótica	43
4.2. Brucelosis zoonótica.....	45
4.3. Clamidiosis zoonótica	48
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
VIII. ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especies del género Brucella.....	84
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	84
Tabla 3: Personas que dieron positivo a rabia canina en la provincia de Arequipa	85
Tabla 4: Número de Personas que dieron positivo al test de brucelosis.....	85
Tabla 5: Número de animales examinados y que dieron positivo al test de Clamidia	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zoonosis – Fuentes de transmisión	3
Figura 2: Cadena epidemiológica de la rabia	6
Figura 3: Ciclo de contagio y efectos de la Brucelosis.....	8
Figura 4: Potencial zoonótico de los patógenos animales	9
Figura 5: Mapa de Schunner.....	13
Figura 6: Planificación de la ciudad y alrededores de New York: 1742 – 1743 y 1744	15
Figura 7: Mapa original de Seaman.....	16
Figura 8: Mapa del Bajo Manhattan de 1780	16
Figura 9: Caso de muerte.....	17
Figura 10: Análisis vectorial.....	17
Figura 11: Secuencia de eventos/flujo en un esquema de definición vectorial	18
Figura 12: Sitio del brote	20
Figura 13: Software de mapeo SIG	21
Figura 14: Superposición de información en un área de estudio.....	23
Figura 15: Campos de trabajo concentrados en Sistema de Información Geográfica (SIG)	23
Figura 16: Relación biyectiva entre la superficie terrestre y las celdas de la cuadrícula	25
Figura 17: Recreación del mundo real usando formato ráster.....	26
Figura 18: Diferenciación entre modelos vectoriales y ráster	27
Figura 19: Representando el mundo real a través de vectores.....	28
Figura 20: Representación de capas ráster y vectoriales del mundo real utilizando Sistemas de Información Geográfico (SIG)	29
Figura 21: Archivo del formulario base del área de estudio – Casos de Rabia.....	33
Figura 22: Subir datos de Rabia en Arequipa en formato dbf.....	34
Figura 23: Diagrama de proceso del método de interpolación de casos de rabia por año...	35
Figura 24: Resultado de la interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) – Casos de rabia (Arequipa 2021)	35
Figura 25: Resultado de la interpolación del vecino más cercano (NN) –Casos de rabia (Arequipa 2021).....	36
Figura 26: Diagrama del proceso seguido en el caso de la rabia.....	37
Figura 27: Área de estudio de Shapefile básico – Casos de brucelosis.....	39
Figura 28: Carga de datos de incidencia de <i>Brucella</i> en el área de estudio en formato dbf (carpeta de base de datos).....	39

Figura 29: Diagrama de pasos a seguir en caso de brucelosis y clamidiosis.....	40
Figura 30: Archivo base para el área de Estudio – Casos de enfermedad por clamidia.....	41
Figura 31: Ráster de reclasificación por interpolación de la distancia inversa ponderada de casos de rabia en la provincia de Arequipa.....	43
Figura 32: Ráster de reclasificación de interpolación del vecino más cercano para casos de rabia en la provincia de Arequipa	44
Figura 33: Ráster de reclasificación por interpolación de la distancia inversa ponderada de casos de brucelosis en el área de estudio (Callao y distritos aledaños)	45
Figura 34: Ráster reclasificado por interpolación del vecino más cercano de casos de brucelosis en el área de estudio (Callao y zonas aledañas)	46
Figura 35: Mapa del método de interpolación de la distancia inversa ponderada para casos de brucelosis en formato KML (Keyhole Markup Language).....	47
Figura 36: Mapa del método de interpolación del vecino más cercano para casos de brucelosis en formato KML (Keyhole Markup Language)	48
Figura 37: Ráster de reclasificación de interpolación de la distancia inversa ponderada para casos de clamidia en el área de estudio (Chumpi, Coracora, Pullo).....	49
Figura 38: Ráster de reclasificación de interpolación del vecino más cercano para casos de clamidia en el área de estudio (Chumpi, Coracora, Pullo)	50
Figura 39: Laguna de Parinacochas y otras lagunas que se encuentran alrededor o dentro del área de estudio – Casos de clamidia	51
Figura 40: Ráster generado por interpolación de la distancia inversa ponderada	71
Figura 41: Ráster generado por interpolación del vecino más cercano	71
Figura 42: Suma ráster de los casos de rabia en Arequipa (2015 – 2021) – Método de interpolación de la distancia inversa ponderada	72
Figura 43: Suma ráster de los casos de rabia en Arequipa (2015 – 2021) - Método de interpolación del vecino más cercano.....	72
Figura 44: Resultado de la suma de ráster para interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de rabia (2015 - 2021)	73
Figura 45: Resultado de la suma de ráster para interpolación del vecino más cercano – Casos de rabia (2015 - 2021).....	73
Figura 46: Resultados de reclasificación de interpolación de distancia inversa ponderada – Casos de rabia (2015 – 2021)	74
Figura 47: Resultados de reclasificación de interpolación del vecino más cercano –Casos de rabia (2015 – 2021).....	74
Figura 48: Disponibilidad de centros de salud por categorías de incidencia de la enfermedad – Casos de rabia	75

Figura 49: Proceso de conversión de casos de rabia (2015 – 2022) a formato Keyhole Markup Language (KML).	75
Figura 50: Mapa de prevalencia de rabia por distrito en la provincia de Arequipa (2015 – 2021) en formato Keyhole Markup Language (KML)	76
Figura 51: Resultados de interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de brucelosis	76
Figura 52: Resultados de la interpolación del vecino más cercano – Casos de brucelosis..	77
Figura 53: Resultados de reclasificación de interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de brucelosis	77
Figura 54: Resultados de la reclasificación de la interpolación del vecino más cercano – Casos de brucelosis.....	78
Figura 55: Disponibilidad de centros de salud - Interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de brucelosis	78
Figura 56: Centros de salud disponibles –Interpolación del vecino más cercano – Casos de brucelosis	79
Figura 57: Mapa de prevalencia de brucelosis en formato Keyhole Markup Language (KML).....	79
Figura 58: Resultados del método de interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de clamidia	80
Figura 59: Resultados de interpolación del vecino más cercano – Casos de clamidia.....	80
Figura 60: Resultados de reclasificación para interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de clamidia	81
Figura 61: Resultados de reclasificación de la interpolación del vecino más cercano – Casos de clamidia	81
Figura 62: Número de centros de salud y centros poblados – Interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de clamidia.....	82
Figura 63: Número de centros de salud y centros poblados – Interpolación del vecino más cercano – Casos de clamidia	82
Figura 64: Mapa de transmisión de clamidia en formato Keyhole Markup Language (KML).....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Figuras de los Métodos de Interpolación.....	71
Anexo 2: Tablas informativas del presente Trabajo de Suficiencia Profesional	84

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo general aplicar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la mapeación y monitoreo de zoonosis importantes en salud pública, teniendo además como objetivos específicos la elaboración de mapas de monitoreo usando el método de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) y del vecino cercano (NN). Para el presente trabajo se analizaron tres enfermedades zoonóticas (rabia, brucelosis y clamidiosis), las cuales se ubicaron en la provincia de Arequipa (rabia), provincia Constitucional del Callao y distritos aledaños (brucelosis) y los distritos de Chumpi, Coracora y Pullo (clamidiosis), para ello se utilizó la base de datos de investigaciones pasadas y del boletín epidemiológico del Ministerio de Salud (MINSA). Es a partir de esta información que se procedió a realizar la subida de datos al programa ArcGis (programa SIG), para luego ser interpolado a los métodos de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) y del vecino más cercano (NN), el cual nos da un archivo ráster que fue superpuesto a los archivos shapefile de las zonas de estudio para las tres enfermedades zoonóticas a analizar. Con el método de interpolación de la distancia ponderada (IDW) se observó 2 centros de salud (rabia), 23 centros de salud (brucelosis) y 4 centros de salud (clamidiosis) en la zona de mayor influencia de la enfermedad, mientras que con el método de interpolación del vecino cercano (NN), se observó una reducción del 50% (rabia), 47.82% (brucelosis) y 50% (clamidiosis) de centros de salud en la zona de mayor influencia de la enfermedad.

Palabras claves: zoonosis, rabia, brucelosis, clamidiosis, SIG, interpolación, ráster, shapefile.

ABSTRACT

The present work of professional sufficiency has as a general objective to apply the Geographic Information Systems (GIS) for the mapping and monitoring of important zoonoses in public health, also having as specific objectives the elaboration of monitoring maps using the distance interpolation method. inverse distance weighted (IDW) and near neighbor (NN). For the present work, three zoonotic diseases (rabies, brucellosis and chlamydiosis) were analyzed, which were located in the province of Arequipa (rabies), the Constitutional province of Callao and neighboring districts (brucellosis) and the districts of Chumpi, Coracora and Pullo (chlamydiosis), for this purpose the database of past investigations and the epidemiological bulletin of the Ministry of Health (MINSA) were used. It is from this information that the data was uploaded to the ArcGis program (GIS program), to then be interpolated to the inverse distance weighted (IDW) and near neighbor (NN) interpolation methods, which gives us a raster file that was superimposed on the shapefile files of the study areas for the three zoonotic diseases to be analyzed. With the interpolation of the inverse distance weighted (IDW) method, 2 health centers (rabies), 23 health centers (brucellosis) and 4 health centers (chlamydiosis) were observed in the area of greatest influence of the disease, while with Using the Near Neighbor (NN) interpolation method, a reduction of 50% (rabies), 47.82% (brucellosis) and 50% (chlamydiosis) of health centers in the area of greatest influence of the disease was observed.

Keywords: zoonosis, rabies, brucellosis, chlamydiosis, GIS, interpolation, raster, shapefile.

I. INTRODUCCIÓN

La zoonosis son enfermedades infecciosas causadas por una variedad de agentes patógenos (bacterias, parásitos, hongos, virus y priones) que se transmiten de forma natural entre animales y el hombre, directamente (a través de agentes como la saliva, sangre, mucosas y heces) o indirectamente (a través del ambiente y vectores) (Asante *et al.*, 2019; Simpson *et al.*, 2018); la cual repercute en la salud, economía y seguridad alimentaria (Bhatia, 2020; Mostafavi *et al.*, 2022; Rahman *et al.*, 2020), muestra de ello es la reciente pandemia ocasionado por el corona virus 2019 (COVID- 19).

En todo el mundo, se estima que 2500 millones de casos humanos están asociados con zoonosis cada año, lo que resulta en 2.7 millones de muertes (Asante *et al.*, 2019; Grace *et al.*, 2012a); se estima que las zoonosis representan una cuarta parte de la carga de morbilidad en los países de bajos ingresos (Grace *et al.*, 2012b). Del 61% de todos los patógenos humanos conocidos (bacterias, hongos, parásitos e incluidos virus) son zoonóticos y el 73% de las infecciones nuevas y recurrentes se consideran zoonóticas (Jones *et al.*, 2008).

Los países en desarrollo son más vulnerables a las zoonosis debido a los recursos limitados y los sistemas de salud débiles, el crecimiento de la población, la expansión de la urbanización geográfica, los diferentes niveles de alfabetización, el espíritu empresarial económico, el consumo de carne de animales silvestres y la conquista humana de la naturaleza para prácticas agrícolas y otros usos. (Allen *et al.*, 2005; Allen *et al.*, 2017; Gibb *et al.*, 2020a; Karesh *et al.*, 2012; Wolfe *et al.*, 2007; Gibb, *et al.*, 2020b). Lo cual es complementado por Grace *et al.* (2017), quienes mencionaron que la pobreza aumenta el riesgo de enfermedades zoonóticas en las comunidades que viven en estrecho contacto con su ganado o con la vida silvestre.

Las enfermedades zoonóticas, como la rabia, la brucelosis, la tuberculosis bovina, las infecciones e intoxicaciones propagadas por los alimentos, continúan afectando principalmente en los países en vía de desarrollo (Meslin, 2000). De acuerdo al Naquira (2010) entre las principales zoonosis que perjudica la salud pública en el Perú tenemos a la hidatidosis, la cisticercosis, la fasciolosis y la toxocariosis.

En Perú, la detección, notificación, prevención y el control de enfermedades zoonóticas se realiza por medio de un sistema de vigilancia, a cargo principalmente del Ministerio de Salud, basado tradicionalmente en indicadores sin la aplicación de varias fuentes como lo integraría los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El empleo del SIG además de presentar la distribución geoespacial, el análisis de riesgo para la salud (sociodemográficos) y el monitoreo de zoonosis desde una perspectiva basada en el lugar, también permitiría un trabajo multisectorial entre los Ministerios de Agricultura y Riego, Ministerio de Salud y Ministerio del Ambiente, fortaleciendo el sistema de vigilancia en nuestro país.

El presente trabajo tiene como objetivo general aplicar los sistemas de información geográfica (SIG) para la mapificación y monitoreo de zoonosis importantes en salud pública, teniendo además como objetivos específicos la elaboración de mapas de monitoreo usando el método de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) y del vecino más cercano (NN).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Zoonosis: enfermedades de transmisión entre animales y humanos

Las enfermedades zoonóticas o zoonosis son causadas por una variedad de patógenos virales, bacterianos, fúngicos, parasitarios y priónicos (Basal *et al.*, 2016; M'ikanatha *et al.*, 2008), transmitiéndose de animales (generalmente vertebrados) a humanos y viceversa (Beard *et al.*, 2018; Counotte *et al.*, 2016) (Figura 1) a través de contacto directo (rabia y ántrax) o contacto indirecto (tuberculosis bovina, leptospirosis y equinococosis) (WHO y W.H.O., 2006).

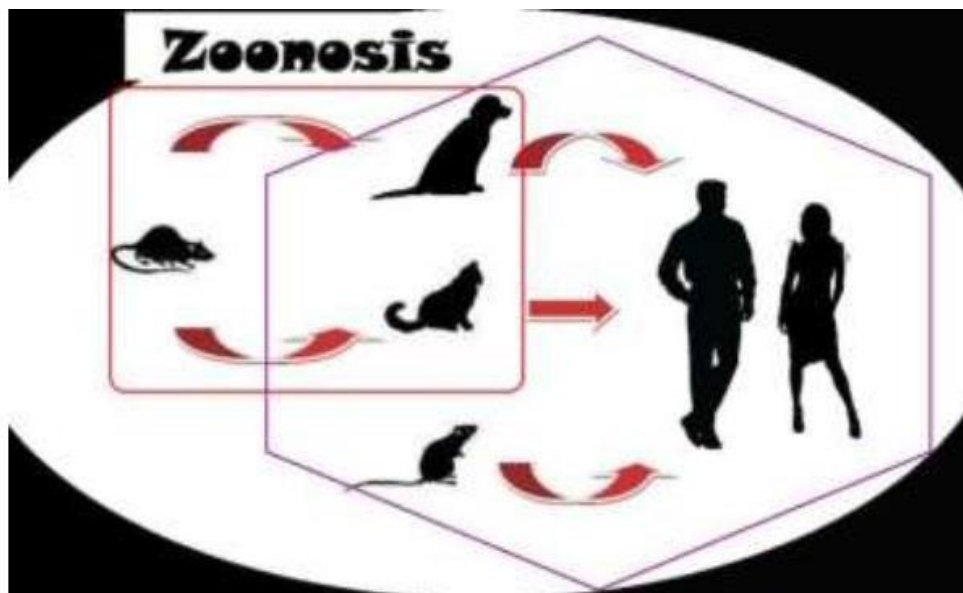


Figura 1: Zoonosis – Fuentes de transmisión

FUENTE: Beard *et al.* (2018)

Según las estadísticas, se estima que alrededor del 60% de los patógenos que dañan a los humanos provienen de animales. Además, el 70% de los nuevos patógenos se desarrollaron en ataques bioterroristas (Rahman *et al.*, 2020; Sanyaolu *et al.*, 2016). Según Taylor *et al.* (2001) de las 1415 especies registradas como patógenas para los humanos en 2001, el 61% procedían de animales o productos animales, y el 70% de estas infecciones zoonóticas

procedían de la vida silvestre. Entre 1940 y 2004, más del 60% de las enfermedades infecciosas fueron de origen animal (Jones *et al.*, 2008); esto incluye especies domésticas, silvestres, de compañía, de laboratorio y cautivas (Meurens *et al.*, 2021).

A nivel mundial, las zoonosis causan pérdida de productividad o muerte, afectando negativamente los medios de vida humanos y, a su vez, las economías nacionales (Organización Mundial de la Salud, 2019). El impacto negativo de las enfermedades zoonóticas tiende a recaer de manera desproporcionada en las comunidades más pobres de los países en desarrollo, donde a menudo la conciencia y la infraestructura son insuficientes y los recursos financieros son limitados para controlar o prevenir enfermedades animales (McDermott y Arimi, 2002). Según Rahman *et al.* (2020), en todo el mundo, 13 de las zoonosis “más comunes” afectan “desproporcionadamente” a los trabajadores ganaderos pobres en los países en desarrollo, causando menos de 3 millones de enfermedades y 2.7 millones de muertes.

2.2. Zoonosis emergentes y reemergentes

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), una enfermedad emergente es “una nueva infección que resulta de un cambio en el rango de huéspedes, vector, patogenicidad o cepa; evolución o cambio de un patógeno o parásito existente; o una infección no identificada previamente; o un brote de enfermedad”. Otros autores como Bathia (2020) y Rahman *et al.* (2020) definen una enfermedad emergente como “una enfermedad conocida que ha cambiado su entorno geográfico o ha ampliado su rango de huéspedes o ha aumentado significativamente su distribución”.

Si bien las enfermedades reemergentes, son un grupo muy importante de enfermedades que se consideran controlables (algunas enfermedades tienden a ser eliminadas), aumentado su casuística y prevalencia (Cabezas – Sánchez, 2015). El mismo autor comenta que es frecuente la recurrencia de zoonosis que son endémicas, en especial: dengue, fiebre amarilla, rabia, cólera, difteria, leptospirosis, peste y malaria.

Las zoonosis emergentes y reemergentes siguen amenazando la salud, la economía, y seguridad alimentaria mundial (Rahman *et al.*, 2020), especialmente donde pueden faltar

los recursos y la infraestructura para una gestión eficaz (Jones *et al.*, 2008). El aumento y la recurrencia de las zoonosis están asociados con el crecimiento de la población humana y animal, la invasión de hábitats de vida silvestre, el aumento de la demanda de vida silvestre y productos de la vida silvestre, los cambios en las prácticas agrícolas, el cambio climático y los viajes a nivel mundial (Daszak *et al.*, 2020).

Casi el 75% de las enfermedades infecciosas emergentes fueron zoonóticas, lo que significa que los patógenos se transfirieron de animales (generalmente vertebrados) a los humanos (Rosenthal *et al.*, 2015; Taylor y Latham, 2001), y el 71.8% fueron enfermedades zoonóticas de origen silvestre (Rosenthal *et al.*, 2015; Jones *et al.*, 2008). Según Daszak *et al.* (2000), las especies silvestres representan un reservorio grande y desconocido de enfermedades infecciosas emergentes que pueden amenazar seriamente la salud humana y la biodiversidad a nivel mundial.

2.3. Factores relacionados con la propagación de zoonosis

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2017), mencionó que el aumento de enfermedades zoonóticas se da bajo la influencia de varios factores.

Entre estos factores, Acha y Szydres (2001), señalan los siguientes:

- Crecimiento de las poblaciones humana y animal y aumento de la densidad de ambas poblaciones, mayor contacto entre animales y humanos.
- Uso intensivo de la ganadería y crecimiento demográfico.
- Además de las mejoras en los sistemas de comunicación, los animales migraban constantemente como los humanos, los movimientos internos de animales se hicieron más frecuentes, con la realización de ferias animales.
- Aumento del comercio de alimentos y subproductos animales, lo que se traduce en un aumento de las importaciones y exportaciones de estos productos.

2.4. Enfermedades zoonóticas en el Perú

2.4.1. Virus de la rabia (rabies virus, RABV)

La rabia es una enfermedad neurológica fatal que mata a aproximadamente 60000 personas en todo el mundo cada año (Acharya *et al.*, 2020). La enfermedad es causada por el virus de la rabia (RABV) y un *lyssavirus* de la familia *Rhabdoviridae* (Franco *et al.*, 2007) que infectan a los vertebrados de sangre caliente. Los perros son el principal huésped de la enfermedad.

La rabia es una enfermedad viral que causa una infección aguda del sistema nervioso central que resulta en la muerte; la infección en humanos ocurre por la saliva contaminada de mordeduras de animales o heridas abiertas (Jawetz *et al.*, 2011) (Figura 2).



Figura 2: Cadena epidemiológica de la rabia

FUENTE: Adaptado de Jawetz *et al.* (2011)

Las heridas por mordedura de perro rabioso son susceptibles a infecciones bacterianas locales y sistémicas (Abrahamian, 2000). La mala higiene y el tratamiento tardío de las áreas dañadas pueden agravar la infección y causar daños físicos permanentes (Hurtado *et al.*, 2010; Reyes *et al.*, 2013).

Según Nyasulu *et al.* (2021), el uso de la vacuna antirrábica en animales es un medio eficaz para prevenir y controlar esta enfermedad. De acuerdo a la NTS nro 131 – MINSA/2017/DGIESP establece que el 80% de la población canina debe ser vacunada contra la rabia (MINSA, 2017), sin embargo, las provincias de Arequipa, Puno y Cusco han visto un aumento en los brotes de rabia con 19, 59, 47, 46 y 17 casos en 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, respectivamente. (Recuenco, 2019).

2.4.2. Brucelosis (*Brucella spp.*)

La brucelosis es una enfermedad zoonótica que aún no ha sido erradicada en el Perú, especialmente en Lima, Callao e Ica (Escobedo & Falcón, 2018); se sabe que cada año ocurren más de 500000 casos humanos en todo el mundo (Hull *et al.*, 2018; Seleem *et al.*, 2010). La enfermedad es causada por una bacteria gramnegativa del género *Brucella* (Corbel, 1997), los géneros de *Brucella* se clasifican por hospedante primario, patogenicidad, preferencia de hospedante y características fenotípicas (Franco *et al.*, 2007). Existen 12 especies de *Brucella* (Eisenberg *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2019; Waldrop & Sriranganathan, 2019), como se muestra en la tabla 1 de los anexos.

El patógeno se transmite a los humanos a través del consumo de productos lácteos crudos infectados, contacto directo con animales positivos (Bagheri Nejad *et al.*, 2020; Glowacka *et al.*, 2018; Hull *et al.*, 2018; Pappas *et al.*, 2006) (Figura 3), manipulación de cultivos (Sophie *et al.*, 2004) o vacunas (CDC, 1998), relaciones sexuales (Maurin, 2005). Según Hayoun *et al.* (2022) puede transmitirse a los humanos por raspado de la piel, inoculación conjuntival e inhalación de aerosoles infectados.

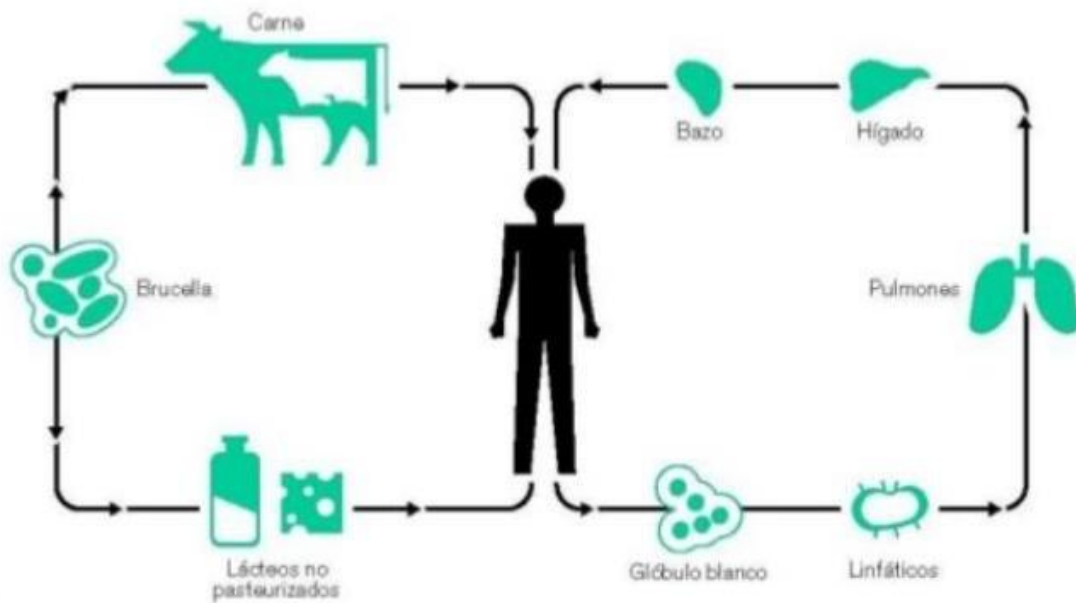


Figura 3: Ciclo de contagio y efectos de la Brucelosis

FUENTE: Badheri Nejad *et al.* (2020)

La enfermedad provoca fiebre, cefalea, mialgias, neumonía con dolor torácico y tos en humanos (Boone *et al.*, 2017) y cambios hematológicos (anemia y leucopenia) (Sari *et al.*, 2008); abortos, reducción de la producción de leche y ganado con fertilidad limitada (Mc Dermott y Arimi, 2002).

Entre las medidas de bioseguridad utilizadas para prevenir la presencia o propagación de la enfermedad incluyen la limpieza y desinfección del ambiente, el sacrificio de animales positivos, la vacunación de animales y la restricción del movimiento del huésped (Layton *et al.*, 2017).

2.4.3. Clamidiosis (*Chlamydia abortus*)

La clamidia es una enfermedad zoonótica global, esta enfermedad infecciosa es causada por bacterias intracelulares de la familia *Chlamydiaceae*, la infección está asociada principalmente a sistemas agrícolas intensivos debido a la concentración de animales, especialmente durante el parto (Karlsoon *et al.*, 2010; Bhandi *et al.*, 2019).

Actualmente hay 13 especies de *Chlamydiaceae* (Everett, 2000), *Chlamydia abortus* y *Chlamydia pecorum* son patógenas y pueden infectar a una variedad de huéspedes

mamíferos, tanto domésticos como salvajes y ocasionalmente humanos (Berri *et al.*, 2004). Las consecuencias patogénicas de *Chlamydia abortus* (anteriormente conocida como *Chlamydophila abortus*) incluyen el aborto (Aitken & Longbottom, 2007; Longbottom & Coulter, 2003) y problemas reproductivos en rumiantes que afectan económicamente la producción (Appino *et al.*, 2015; Godin *et al.*, 2008). Esta bacteria también puede infectar cerdos, caballos y venados. Cada vez hay más evidencia de que *Chlamydia abortus* puede infectar a los humanos (Figura 4) y que las hembras que viven con rebaños infectados durante el embarazo tienen resultados adversos (Baud *et al.*, 2008).

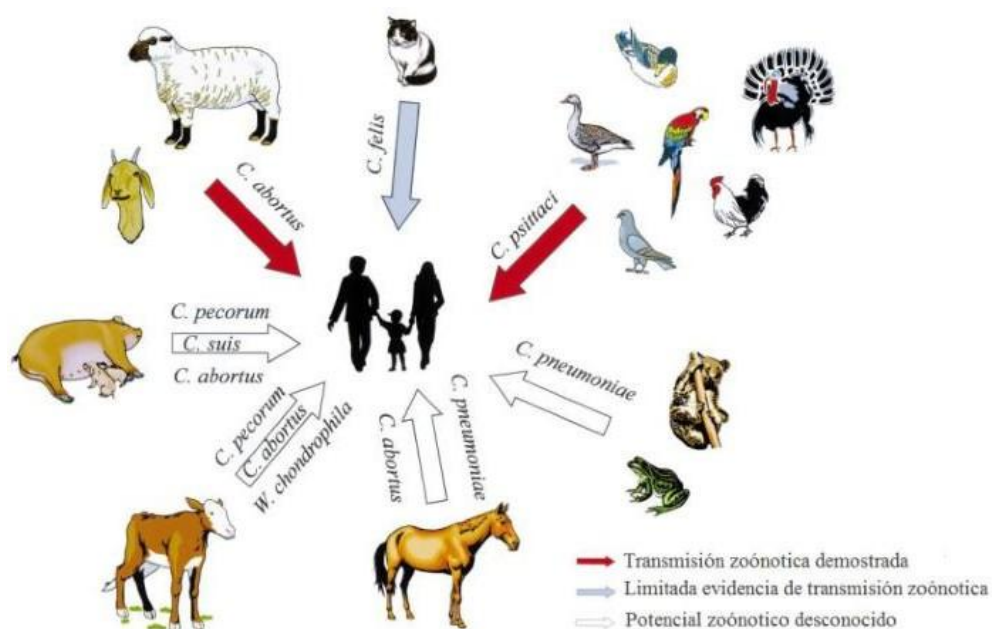


Figura 4: Potencial zoonótico de los patógenos animales

FUENTE: Longbottom & Coulter (2003)

Según Loli – Pin *et al.* (2021), reportaron una prevalencia de 4.78% y 1.42% en bovinos de Argentina y Brasil, respectivamente. En el Perú se reportó más de 20% de ovinos seropositivos provenientes de la SAIS Tupac Amaru (Silva *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2018; Rojas *et al.*, 2018).

Los signos clínicos informados incluyen neumonía, enteritis, poliartrosis, encefalomiелitis esporádica, aborto, vaginitis, endometritis, reproducción duplicada, síndrome del ternero débil, mortalidad perinatal y reducción de la fertilidad (Kaltenboeck *et al.*, 2005; Wehrend *et al.*, 2005). La transmisión se ha producido por inhalación o consumo de pastos

contaminados con fetos abortados o restos de placenta (Kauffold *et al.*, 2014) y también se ha informado de transmisión venérea en función de la carga bacteriana en el semen (Cheong *et al.*, 2019).

El personal responsable del cuidado de los animales y la manipulación de alimentos (de origen animal) debe ser consciente de la presencia de este patógeno y la posibilidad de transmisión para que pueda trabajar con cuidado y cumplir estrictamente con los requisitos de higiene y sanidad (Shewen, 1980).

2.5. Geografía médica

2.5.1. Antecedentes

La relación entre geografía y salud pública ha sido estudiada durante más de tres mil años. Según Curto de Casas (1985), los griegos en los siglos V y VI A.C. sentaron las bases de la medicina científica conocida como la escuela del pensamiento hipocrático, que propugnaba la observación cuidadosa del medio físico en el que se producía la enfermedad. Luego, según Garín (2003), la revolución industrial trajo consigo avances en el pensamiento científico y cambios demográficos que influyeron mucho en el futuro de las relaciones humano – ambientales, y como resultado de esta interacción se formuló la doctrina de la higiene; cuya base daría origen a la geografía médica.

La investigación en este sentido se conoce como topografía médica y tiene como objetivo estudiar los lugares, climas, suelos, regiones y costumbres que se cree que afectan la salud humana. Se ha argumentado que las enfermedades son causadas por el ambiente, por lo que la mayoría de los factores causales de enfermedad se buscan en la geografía física (Garín, 2003).

Olivera (1993) señaló que el análisis de regiones endémicas o epidemiológicamente extendidas de la geografía médica en realidad solo estudia enfermedades infecciosas y parasitarias, y que el ámbito de análisis es principalmente global o de países en vías de desarrollo. La geografía médica fue reconocida oficialmente en el Congreso Geográfico Internacional de Lisboa en 1949, posiblemente respaldada por la nueva definición de salud

de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que amplió el concepto para incluir la salud física, mental y social.

Capell (1999) argumentó que desde la década de 1970, la disciplina ha crecido considerablemente, gracias al aumento de la investigación, la creación de grupos de trabajo y diversos temas planteados en diferentes países, por ejemplo: hepatitis infecciosa (Brownlea, 1972), bronquitis crónica (Girt, 1972), cólera (Kwofie, 1976), pancreatitis aguda (Giggs, 1980) y enfermedades cardiovasculares (Meade, 1983) entre otras. La mayor parte de las investigaciones realizadas ya no es sobre países y enfermedades tropicales, sino sobre enfermedades infecciosas que afectan a las regiones templadas, con un enfoque en la transmisión. Además, hay un fuerte enfoque en las enfermedades no transmisibles o enfermedades crónicas como el cáncer. En conclusión, se puede decir que no sólo cambiaron las enfermedades estudiadas, sino que también los países desarrollados fueron los más estudiados durante este periodo (Olivera, 1993).

Estos nuevos avances se convirtieron en parte de la disciplina, lo que resultó en un cambio de nombre propuesto por la Comisión de Geografía Médica de la Unión Geográfica Internacional (U.G.I.), en el Congreso de Moscú (1976) a geografía de la salud. La geografía médica y la geografía de los servicios de salud deben esforzarse por el desarrollo mutuo de estas dos grandes disciplinas, ya que la salud pública debe estudiarse desde una perspectiva integrada (Olivera, 1993).

La geografía de la salud busca comprender la relación entre la salud y el entorno natural y humano, determinando la distribución espacial de la enfermedad. También busca comprender patrones de mortalidad, enfermedad y salud para predecir procesos y analizar resultados en los sistemas de salud (Olivera, 1993).

2.5.2. Definición

La geografía médica es una rama de la geografía que estudia los efectos del medio ambiente en la salud humana y la distribución geográfica de la enfermedad, incluido el estudio de los factores ambientales que influyen en la distribución de la enfermedad (Iñiguez, 2003).

Según Seguinot (2009), el concepto de geografía médica es la integración de conocimientos sistemáticos que han sido estudiados en detalle en diversas ciencias, tales como: geografía de poblaciones (estudio de los patrones de distribución humana), geografía económica (estudio de los modelos económicos), geografía cultural (estudio de la interrelación entre las personas y los paisajes), geografía urbana (estudio de los asentamientos humanos representados por las ciudades) y geografía rural (estudio de la estructura del campo y la agricultura).

2.5.3. Mapas mundiales de enfermedades

La práctica del mapeo global de enfermedades comenzó en la primera mitad del siglo XIX, cuando científicos naturales como Alexander Von Humboldt (1769 – 1859) se interesaron en estudiar el mundo físico a gran escala. Sin embargo, los mapas de enfermedades se publicaron antes de 1830, lo que a menudo se asocia a un interés generalizado por la geografía médica cuando Europa estaba amenazada por una epidemia de cólera (citado en Garzón, 2021).

a. Diagrama y nosología de Schnurrer

En 1827, el doctor Friedrich Schnurrer (1784 – 1833) elaboró lo que se cree que es el primer mapa del mundo de la distribución geográfica de enfermedades en la ciudad de Stuttgart. El mismo autor ha escrito numerosos trabajos sobre la distribución de enfermedades, entre los que destacan: “Die Abänderungen der Krankheiten in verschiedenen Climates und über Krankheiten, die gewöhnlich in verschiedenen Gegenden eigentümlich sind, in Verbindung mit physischer Geographie und Naturgeschichte des Menschen” (Los cambios de enfermedades en diferentes climas y enfermedades endémicas en ciertas regiones, así como en la geografía física y la historia natural del hombre). En 1813 publicó su libro, “Nosología geográfica o teoría de la variación de enfermedades en diferentes partes del mundo, basada en la geografía física y la historia natural de la humanidad”, la mayor parte de la cual es una colección de registros históricos de diversas enfermedades que Schnurrer había encontrado en las bibliotecas de Ploucquet, Kielmeyer y Autenrieth. Durante un tiempo, Schnurrer mantuvo correspondencia con varios colegas con el fin de recopilar material para su mejor obra, *Chronik der Seuchen* (Crónica de las epidemias) en dos volúmenes, publicada entre 1823 y 1825 (citado en Garzón, 2021).

El mapa de Schnurrer (Figura 5) fue el primer mapa en visualizar la distribución de enfermedades a escala global. Los escritos geográficos de Eberhard Zimmermann (geógrafo 1743 – 1815), Carl Ritter (naturalista y geógrafo (1779 – 1859)) y Joakim Frederik Schouw (climatólogo y geógrafo de plantas (1789 – 1852)) parecen haber inspirado el mapeo de enfermedades (citado en Garzón, 2021).



Figura 5: Mapa de Schunner

FUENTE: Brömer (2000)

Brömer (2000) señaló que Schnurrer planteó varias cuestiones metodológicas para su proyecto. Cuestionó la idea de que las enfermedades existen independientemente de sus huéspedes y estaba muy interesado en las dificultades de representar gráficamente la información topográfica, histórica y científica. Schnurrer intentó distribuir sus datos en varias series de mapas a diferentes escalas.

b. Los mapas de Seaman

Valentine Seaman (2 de abril de 1770 - 3 de julio de 1817) fue un médico estadounidense que introdujo la vacuna contra la viruela en los Estados Unidos y descubrió la fiebre amarilla en Nueva York. En ese momento, la causa de la fiebre amarilla se asociaba con frecuencia al puerto por su suciedad y hedor (citado en Garzón,2021).

El puerto estaba lleno de desechos humanos de los baños y productos de desechos de los hogares, restaurantes y mataderos locales, así como desechos de pieles de

curtiembres y fabricantes de cuero. La carne y los productos animales se descomponen, la pintura y otras sustancias químicas ingresaban al tracto respiratorio sucediendo todo lo imaginable. Cuando se introdujo la fiebre amarilla en Nueva York en 1796, Valentine Seaman creó las condiciones para observar patrones de transmisión basados en la asociación de la enfermedad con las características geográficas locales (citado en Garzón, 2021).

Seaman fue uno de los primeros en participar en estudios detallados de la propagación de epidemias entre las poblaciones urbanas. El diseño único de la región permitió a Seaman comparar documentos previamente registrados por epidemiólogos que se centraron en el clima y la topografía. El extremo inferior de la isla de Manhattan fue diseñado y utilizado para permitir la creación y el uso de mapas informativos para respaldar la teoría de que la enfermedad estaba relacionada con alguna forma de actividad humana que involucra la creación de áreas insalubres con excrementos y olores humanos que juntos creaban una mezcla maloliente necesaria para que la enfermedad se propague desde la orilla del mar hacia el continente y a las comunidades cercanas de Nueva York (citado en Garzón, 2021).

La Figura 6 destaca la historia ambiental de la parte norte de la zona urbana de Nueva York; se enumeró grandes áreas agrícolas, lo que indica que la mayor parte del agua superficial está asociada con humedales estacionales en las tierras bajas y una serie de arroyos, canales, riachuelos y curso de aguas salobres estacionales. El límite terrestre está formado principalmente por una zona mixta de agua dulce o agua salada salobre. La ecología asociada con este entorno hace que sea muy probable que sea una fuente importante de miasmas relacionados con enfermedades. Cualquiera que viva dentro de los 1000 pies de estos lugares encontrará que su hogar es muy sensible a estas fuentes naturales de calor, este entorno ecológico es un lugar único donde los mosquitos pueden transmitir enfermedades. Como resultado, en ocasiones se presentan en el ambiente problemas como la malaria, el tifus e incluso la fiebre amarilla (citado en Garzón, 2021).

A continuación, se muestra una serie de gráficos originales que Seaman compiló a partir de bases de datos médicos que revisaron la información del caso. Algunos casos se discuten en los mapas a continuación (Figuras 7, 8, 9 y 10).

Las fechas de estos casos nos dan más información sobre el desarrollo del brote. El día 1 es después del 22 de julio. Siguió un descanso, que duró hasta el 19 de agosto. En el lenguaje actual del siglo XIX, esto podría estar relacionado con el deber de producir miasma. El clima no era favorable para la descomposición de algunos cuerpos que aún no se habían descompuesto. El 20 de septiembre fue el día pico, marcando el comienzo de la segunda ola de casos. Los hábitos de reproducción de los mosquitos ocurren durante periodos altamente dependientes de las precipitaciones (citado en Garzón, 2021).

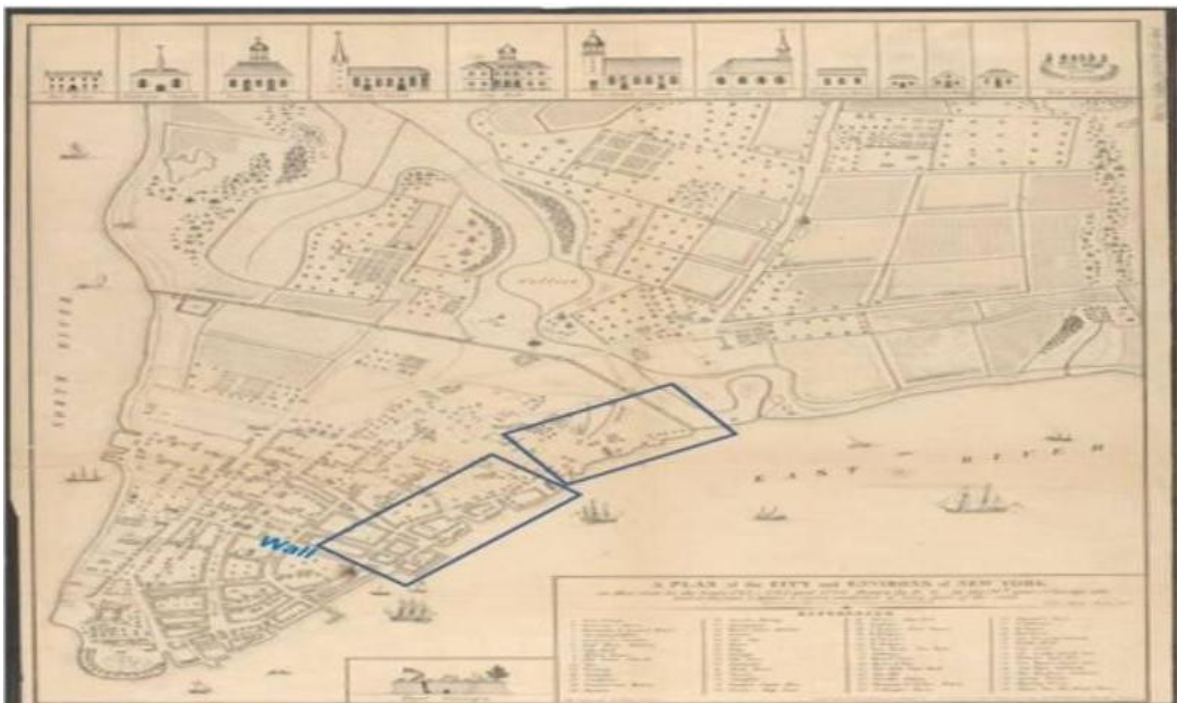


Figura 6: Planificación de la ciudad y alrededores de New York: 1742 – 1743 y 1744

FUENTE: Garzón (2021)

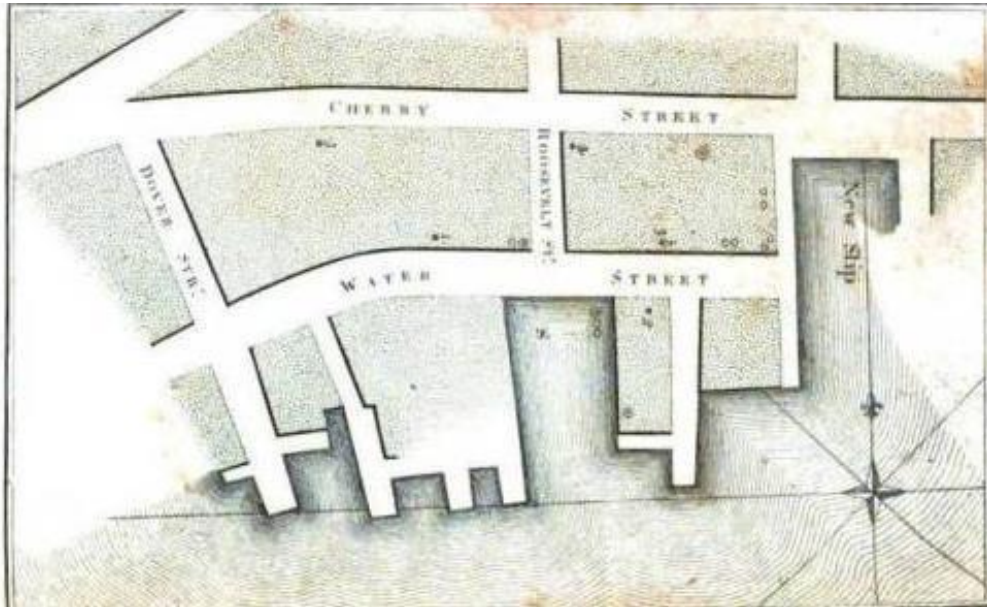


Figura 7: Mapa original de Seaman

FUENTE: Medical Repository (citado en Garzón, 2021)



Figura 8: Mapa del Bajo Manhattan de 1780

FUENTE: Medical Repository (citado en Garzón, 2021)
que contiene dos áreas de fiebre amarilla y dos fuentes de agua natural que forman miasmas revisadas por Seaman

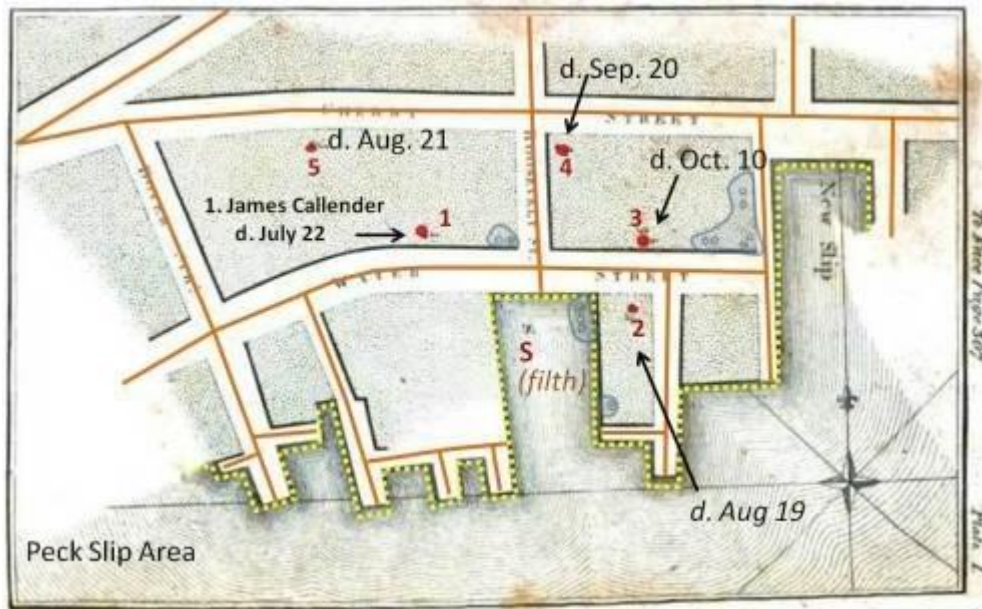


Figura 9: Caso de muerte

FUENTE: Medical Repository (citado en Garzón, 2021), en rojo casos no fatales, en gris “S” indica el sitio de infección o la fuente del miasma.

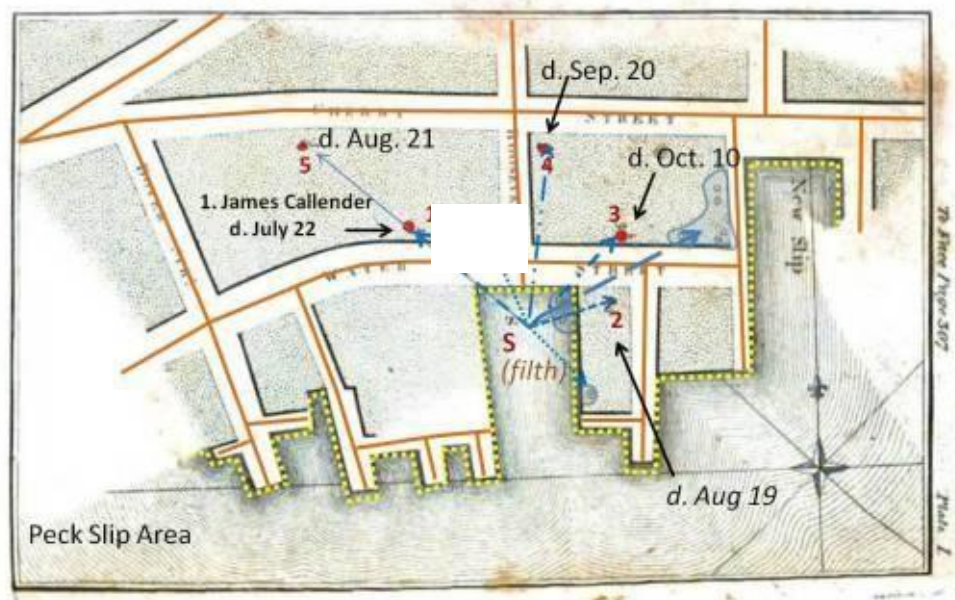


Figura 10: Análisis vectorial

FUENTE: Medical Repository (citado en Garzón, 2021), si asumimos que el punto “S” es el nido y aplicamos los vectores a los casos en forma de diagrama de araña, esto agrega otra dimensión al comportamiento del miasma. La forma de esta rueda y radios se asemeja a un diagrama de flujo de viento. Debido a los diferentes patrones de viento, los climatólogos médicos cuidadosos pueden correlacionar estas diferentes condiciones con su ubicación en el nido.

Pero entre 1795 y 1800 nunca se culpó a los mosquitos de la epidemia. Una mejor manera de capturar patrones de enfermedades es asignar vectores a cada asociación que existe. Suponiendo un modelo de difusión lineal directo entre cada caso, existe una relación espacial centrada en la distancia entre casos sucesivos. La ocurrencia de eventos es también una relación o secuencia temporal. Ambos pueden medirse como diferentes relaciones caso – enfermedad, y cada uno puede tener un vector separado (que representa la suma de los otros vectores) y anidarlos (citado en Garzón, 2021) (Ver Figura 11).

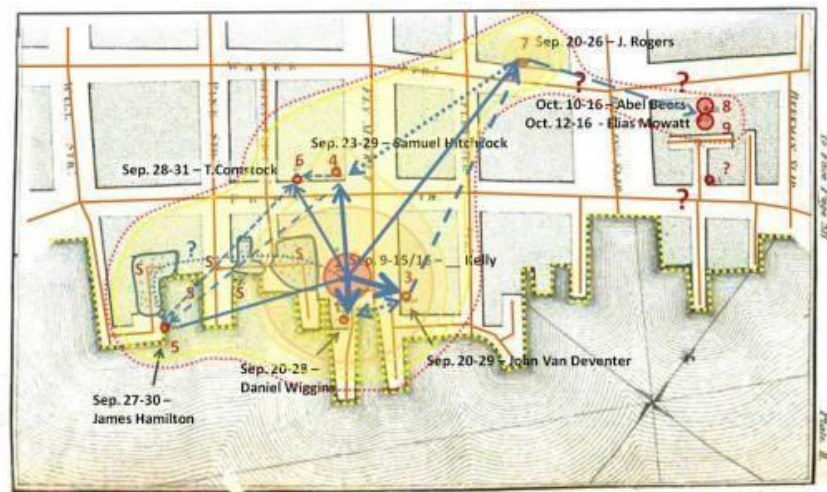


Figura 11: Secuencia de eventos/flujo en un esquema de definición vectorial

FUENTE: Medical Repository (citado en Garzón, 2021)

Seaman mapeó los casos de fiebre en un mapa de Manhattan, destacando los que fueron fatales, mientras creaba un mapa de otros vertederos locales. Combinando los dos archivos, descubrió que la mayoría de los casos de fiebre amarilla estaban en la basura. Estos mapas fueron publicados en 1798. Como resultado, el ayuntamiento de Nueva York limpió y pavimentó calles, rellenó las áreas inundadas, cubrió drenajes, mejoró el saneamiento y redujo el número de muertes (citado en Garzón, 2021).

a. El mapa de Snow

John Snow (15 de marzo de 1813 (York) –16 de junio de 1858 (Londres)) fue un médico británico, pionero de la epidemiología y conocido como el padre de la epidemiología moderna. Su contribución a la ciencia comenzó en 1853, cuando

Gran Bretaña ya había sufrido dos grandes epidemias de cólera. En ese momento, los sistemas de alcantarillado eran deficientes y la gente a menudo arrojaba su orina en terrazas, fosas sépticas o depósitos que se filtraban lentamente en el suelo cerca de estos lugares. Sin embargo, el verdadero problema era la contaminación de los pozos de agua potable con aguas negras (época en la que no había suficiente información en el campo del saneamiento) (citado en Garzón, 2021).

A principios de septiembre de 1854, se produjo un brote de cólera inusualmente grave en el área de Golden Square de Londres, que mató a 500 personas en solo 10 días. Como residente del área, Snow sabía que la mayoría de los residentes del área obtenían su agua de una bomba pública ubicada en Broad Street. Snow señaló que el grave brote de cólera en el Golden Square se debió al uso de agua contaminada de la bomba, y se dispuso a demostrarlo utilizando mapas. Para respaldar estos hallazgos, Snow tomó muestras de agua de las bombas de Broad Street y descubrió que el agua en las bombas de Broad Street era más clara que en las otras bombas. Por otro lado, algunos vecinos de la zona le dijeron que el agua olía mal. Rápidamente confirmó que la mayoría de los residentes obtenían el agua de la bomba de Broad Street (Ver Figura 12).

Snow estimó la distancia entre la residencia de cada difunto y la bomba de agua más cercana y descubrió que 61 de los 83 fallecidos bebían agua contaminada de forma ocasional o regular. Snow informó de sus hallazgos al departamento de salud local, que decidió apagar la bomba de Broad Street quitando la varilla de la bomba y el brote descendió rápidamente. Gracias a su sencilla representación, el mapa de John Snow transmite un mensaje visual claro que vincula la incidencia con la concentración. De manera similar, Snow mapeó la ubicación geográfica del pozo y pudo ver claramente la gran cantidad de víctimas alrededor de la bomba de Broad Street. El mapa de Snow pasa a la historia como uno de los primeros prototipos en demostrar el poder explicativo del análisis espacial (citado en Garzón, 2021).



Figura 12: Sitio del brote

FUENTE: Medical Repository (citado en Garzón, 2021), Snow identifica áreas de brotes, caminos y líneas de agua, el mapa muestra los orígenes de la enfermedad

2.5.4. Geografía médica y sistemas de información

A pesar de la utilidad y los logros de la geografía médica, los sistemas de información de salud basados en el lugar aún carecen de datos útiles para comprender los procesos sociales que crean problemas de salud o de salud pública, que a menudo surgen casi exclusivamente de enfermedades específicas de prioridad internacional o regional. Los cuales se recopilan mediante trabajo de campo o encuestas a nivel de país (Barcellos, 2007).

Por esta razón, el desafío de la cartografía en la industria de la salud se ve mitigado por las capacidades ampliadas para mapear información compleja, administrar e integrar bases de datos complejas de datos espaciales y sus atributos, así como el análisis fino proporcionado por el análisis espacial, como propiedades del Sistema de Información Geográfica (SIG). (Maguirre *et al.*, 1991).

La acumulación continua de nueva información, a menudo proveniente del monitoreo de la salud (que es posible gracias al GPS) y la georreferenciación de eventos de salud, puede aclarar los procesos ambientales y sociales involucrados en el desarrollo de enfermedades, pero también complica la adquisición de información precisa y compleja a considerar en el análisis requerido (Barcellos y Ramalho, 2002).

2.6. Sistemas de Información Geográfica

De acuerdo con Espíndola y Romero (2015), un sistema de información geográfica es un sistema utilizado para describir y caracterizar un país y otras áreas geográficas para visualizar y analizar información geográfica, además de servir como una herramienta de análisis para que los gobernantes faciliten lo que pueden hacer en relación con el desarrollo regional. También nos cuentan que los SIG se caracterizan por ser una de las tecnologías más efectivas porque se enfoca en combinar información de diferentes fuentes y crea un ambiente colaborativo multidisciplinario.

Es por ello que los Sistemas de Información Geográfica permiten conocer la ubicación geográfica cartográfica a nivel nacional, utilizando en muchos casos programas gratuitos (Figura 13) que colaboran en la elaboración de mapas a partir de datos geográficos de una determinada zona (Olaya, 2014). El mismo autor señaló que si bien este tipo de aplicación técnica produce datos de entrada de alta calidad a partir de especificaciones geográficas, pero que algunos enfoques y usos requieren precisión de la información a través de datos y especificaciones geoespaciales, por lo que se requieren características técnicas para el desarrollo y uso del software.

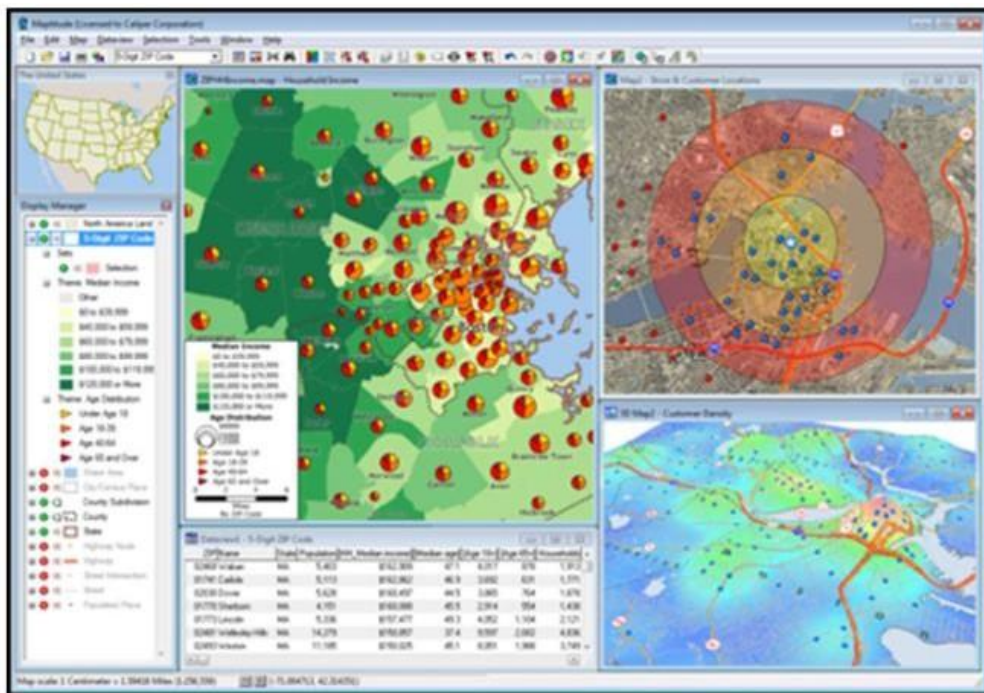


Figura 13: Software de mapeo SIG

FUENTE: Pillajo (2017)

Alonso Sarría (2006) señala que un Sistema de Información Geográfica son la combinación de información digital y herramientas informáticas para el análisis dirigido dentro de una organización. El mismo autor argumenta que un Sistema de Información Geográfica es un sistema de coordenadas estandarizado de proyecciones cartográficas, es decir, un sistema en el que la información parece estar georreferenciada utilizando un sistema de coordenadas estandarizado. El producto de los sistemas de coordenadas se utiliza para complementar esta idea diciendo que la información es un sistema que contiene posiciones en el espacio UTM. Este investigador afirma que un Sistema de Información Geográfica consta de:

- a. Bases de datos espaciales donde la realidad está organizada por un modelo de datos específico.
- b. Base de datos de expertos, donde existe un vínculo entre la base de datos y la base de datos cartográfica que permite asignar un valor temático a cada punto, línea o área de la región.
- c. Numerosos programas que pueden administrar bases de datos de diferentes maneras para diferentes propósitos.
- d. Un conjunto de ordenadores y periféricos, tanto de entrada como de salida, forman los soportes físicos que componen un Sistema de Información Geográfica. Comunidades de usuarios que solicitan información espacial.
- e. Los administradores del sistema son los responsables de resolver las solicitudes de los usuarios.

La Figura 14 muestra capas de información que representan superficies y entidades (objetos) que corresponden a la misma área. Esto demuestra que los sistemas de información geográfica (SIG) se pueden utilizar para analizar todas las áreas de interés juntas, combinando y analizando la información espacial y temática de múltiples maneras.

Por otro lado, Alonso Sarría (2006) decía que los sistemas de información incluyen varios dominios de trabajo como la cartografía, el diseño asistido por computadora, las bases de datos, el procesamiento de imágenes, la toma de decisiones y el diseño estadístico que se muestran en la Figura 15.

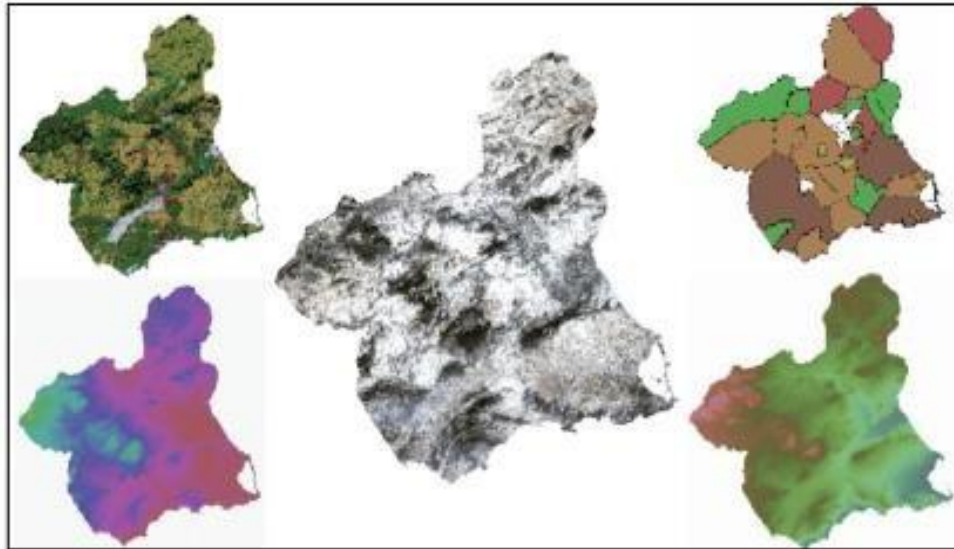


Figura 14: Superposición de información en un área de estudio

Nota: Adaptado de capas de información que representan superficies y objetos que corresponden a la misma área. De Alonso Sarria, Sistemas de Información Geográfica (p. 37) (2006).



Figura 15: Campos de trabajo concentrados en Sistema de Información Geográfica (SIG)

Nota: Se adapta a diferentes áreas de trabajo enfocadas al desarrollo de un SIG. De Alonso Sarria, Sistemas de Información Geográfica (p. 39) (2006).

Olaya (2014) señaló que un sistema SIG requiere de varios elementos, siendo los más importantes el hardware y el software. En cuanto al hardware, considerando las

especificaciones técnicas, se puede atribuir a diferentes computadoras con diferentes sistemas operativos en el mercado. Si bien el software requiere una gran cantidad de almacenamiento, la base de datos de información, las herramientas de búsqueda, análisis y procesamiento visualizan la información a través de una interfaz gráfica de los geodatos adquiridos y se conectan al sistema como fondos de pantalla en forma de mapas.

2.6.1. Uso de sistemas de información geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un instrumento que permite la integración de base de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de disección de datos (Sarria, 2006). Por esta razón, todas las actividades relacionadas con el espacio pueden beneficiarse del uso de SIG. Algunas de las aplicaciones más importantes incluyen:

- a. Ciencia:** Su uso se limita a las ciencias ambientales relacionadas con el espacio, por ejemplo: los que relacionan la temperatura con la altitud, la orientación, etc. Cuando se trata de la aplicación científica de SIG, estamos interesados en la teledetección porque nos permite observar estructuras rasterizadas e imágenes satelitales que se procesan de manera óptima en SIG.
- b. Gestión:** En esta área, los SIG pueden ser utilizados para: declaración pública (catastro), cartografía, boceto del territorio, planificación de áreas protegidas, estudios de impacto ambiental y evaluación de recursos.
- c. Negocios:** Como punto de partida, los SIG se pueden utilizar para: geolocalización en marketing (envío de anuncios que cumplen ciertos criterios), estrategia de distribución (optimización de rutas) y ubicación óptima (dependiendo de los clientes potenciales).

2.6.2. Información geográfica

Heno (2002) argumentó que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están diseñados para estudiar datos georreferenciados espacialmente a la Tierra; es decir, los datos interactúan con las coordenadas del lugar donde fueron capturados.

La información de georreferenciación SIG o los datos geográficos se pueden almacenar en información cartográfica y alfanumérica. El primero te permite saber exactamente dónde

está un objeto en el espacio y su relación con otros objetos. El segundo, en cambio, permite la adquisición de datos correspondientes a las cualidades o características de cada objeto geográfico, recogidos en tablas apropiadas denominadas “tablas de atributos” (Ochoa, 2008).

La información SIG se puede representar mediante un modelo ráster o un modelo vectorial, y existen ciertas diferencias entre los dos.

a. Información ráster

En este tipo de reproducción de información SIG, el espacio se divide en cuadrículas de igual tamaño o cuadrículas cuadradas (Ochoa, 2008), donde cada elemento se denomina celda o píxel (Sánchez *et al.*, 2013) y cuando se superpone con el territorio, nos dan información codificada en este formato espacial. De esta forma, se establece una conexión biyectiva entre la superficie terrestre y el conjunto de píxeles (Santos & Cosero, 2008) (Ver Figura 16).

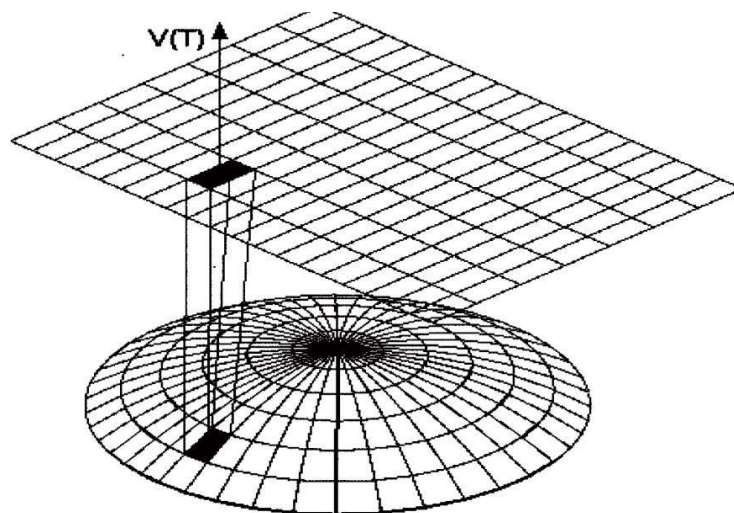


Figura 16: Relación biyectiva entre la superficie terrestre y las celdas de la cuadrícula

FUENTE: Santos & Cosero (2008)

En este formato no se registran los límites de los objetos espaciales, sino sus contenidos, los cuales delimitan indirectamente sus límites (Figura 17), donde cada celda tiene un valor fijo, lo que indica que el atributo está registrado. La

georreferenciación se basa en la ubicación de celdas a partir de un sistema de coordenadas (Ochoa, 2008; Suárez *et al.*, 2004). En este formato, la cantidad de píxeles que caben en una unidad de medida se denomina resolución de imagen.

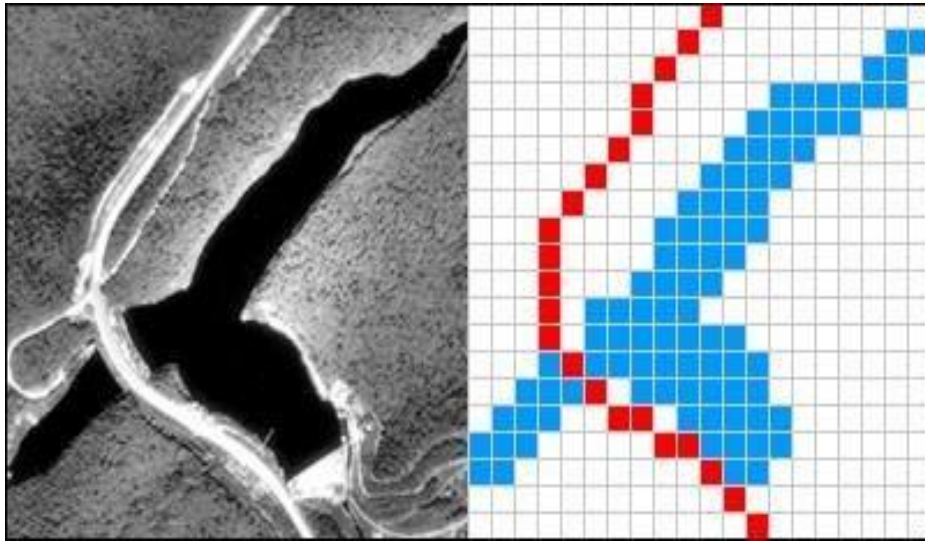


Figura 17: Recreación del mundo real usando formato ráster

FUENTE: Ochoa (2008)

b. Notificación vectorial

En este tipo de modelo de información SIG, los datos geográficos se rastrean como vectores en lugar de píxeles como en los modelos ráster (Figura 18), es decir, relaciona la información de la base de datos con la geometría vectorial (Sánchez *et al.*, 2013). Esta representación vectorial se usa a menudo para la delineación porque tiene una mayor afinidad con la cartografía tradicional, ya que se presta a gráficos y mapas precisos, lo que permite descripciones topológicas más detalladas y potencialmente completas (Ochoa, 2008) (Ver Figura 19).

Sánchez *et al.* (2013), quienes afirman que los datos en formato vectorial consisten en coordenada, punto, línea y polígono como se describe a continuación:

- **Coordenada:** Un par de números que representan una distancia horizontal a lo largo de un eje ortogonal, o tres números que miden la distancia horizontal y vertical, o n números a lo largo de un eje n que representan una ubicación

específica en el espacio n. Las coordenadas generalmente representan una ubicación en la superficie de la tierra en relación con otras ubicaciones.

- **Punto:** Una abstracción de un objeto de dimensión cero representado por un par de coordenadas. Generalmente, un punto representa un valor geográfico que es demasiado pequeño para dibujarse como una línea o una superficie.
- **Línea:** Un conjunto ordenado de coordenadas (en pares) que representan la forma de una unidad geográfica muy fina como una superficie a una escala determinada o como una unidad lineal sin área.
- **Polígono:** Valor empleado para vincular superficies. Un polígono está definido por una línea que modela su contorno y los puntos internos que lo registran, y tiene la propiedad de dibujar los elementos geográficos que simbolizan.

c. Modelo ráster y modelo vectorial

Ochoa (2008) afirmó que la principal diferencia entre los modelos vectorial y ráster es el uso de líneas o píxeles, respectivamente, para delinear áreas en el mundo real. Pero al mismo tiempo, cada uno de estos modelos tienen ventajas o desventajas que desacreditan su uso.

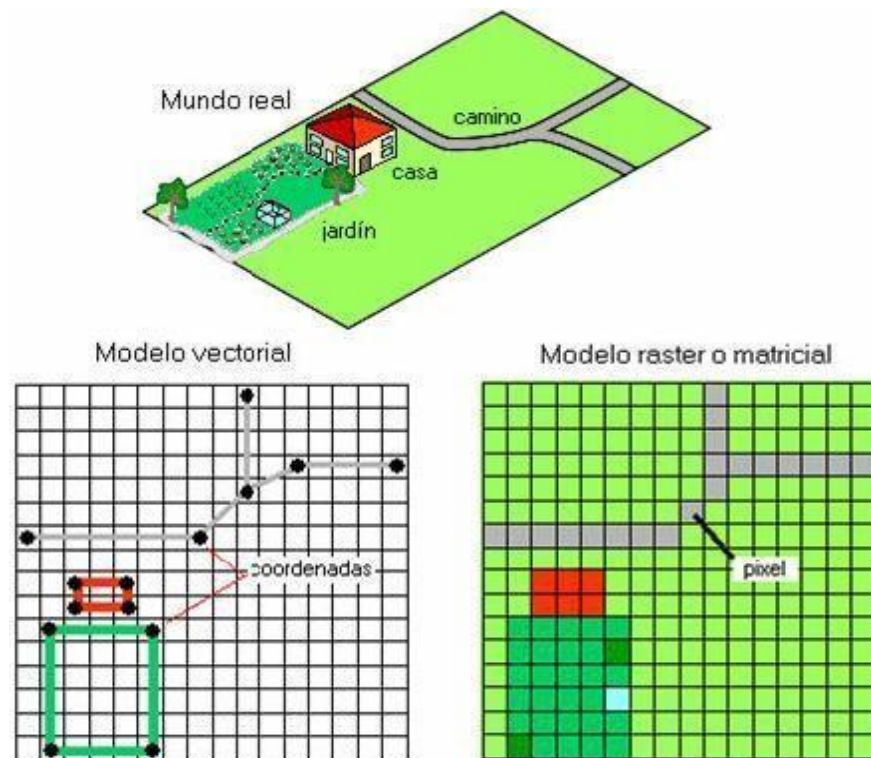


Figura 18: Diferenciación entre modelos vectoriales y ráster

Fuente: Sánchez *et al.* (2013)



Figura 19: Representando el mundo real a través de vectores

FUENTE: Ochoa (2008)

La combinación de estas dos formas de representación de la información permite estructurar la cartografía resultante como un mapa temático, donde la realidad se divide en diferentes temas, jerarquías o capas de información de las regiones correspondientes (Kakumoto *et al.*, 2016; Ochoa, 2008; Sánchez *et al.*, 2013), por ejemplo, capas del terreno, tipos de suelo, estructuras hidrológicas, estructuras viales, lotes, etc. (Figura 20). Esto permite a los usuarios o analistas de SIG trabajar con cualquiera de estas estructuras temáticas según sus necesidades.

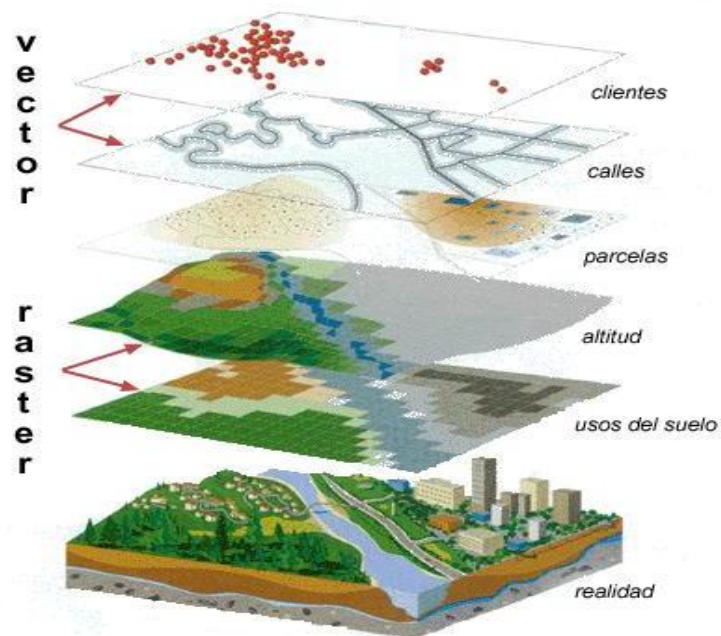


Figura 20: Representación de capas ráster y vectoriales del mundo real utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)

FUENTE: Kakumoto *et al.* (2016)

En resumen, la adaptación de estos dos modelos de información geográfica es sin duda una poderosa herramienta para la creación de cartografía (mapas) y la adición de una base de datos a través del cual se puede recopilar información como coordenadas geográficas o buscar directamente en la base de datos (Sánchez *et al.*, 2013).

2.6.3. El uso de los sistemas de información geográfica en la ciencia animal

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son ampliamente utilizados en la ciencia animal y se realizan diversos estudios a nivel mundial, como el de Rodríguez *et al.* (2016) quienes describieron el uso de SIG en la implementación de la agricultura de precisión. Parra (2010), también comentó que entre los pocos sectores de producción animal que han experimentado con SIG se encuentran los veterinarios, quienes utilizan información de sistemas remotos para estudios epidemiológicos. Kamel & Geraghty, (2020) utilizaron los sistemas de información geográfica para el caso del COVID 19 en China en tiempo real.

Los SIG se han utilizado para detectar, monitorear y controlar enfermedades como la malaria, dengue, fiebre aftosa, tuberculosis y otras enfermedades asociadas al movimiento

de los animales (Eagleason *et al.* 2006; Parra 2010). Autores como Amiri *et al.* 2012 y Petropoulos *et al.* 2015 evaluaron el uso de sistemas de información geográfica para planificar el manejo sostenible de los pastizales, teniendo en cuenta la pendiente y disponibilidad de agua, para determinar cuales tienen mayor impacto en la degradación del suelo y así evitar procesos de erosión.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Tipo de diseño de investigación

El trabajo realizado hasta el momento es del tipo no experimental de descripción transaccional donde no se modifican las variables y se logra un proceso horizontal. Las variables se enumerarán en un archivo de Excel y se procesarán en un archivo dbf (archivo de base de datos) en ArcGis.

3.2. Principales herramientas de georreferenciación

- a. Software ArcGis 10.5:** Un programa que le permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Personas de todo el mundo utilizan el programa para aplicar sus conocimientos de geografía en la educación, los negocios, la ciencia y el gobierno. Este programa es propiedad de ESRI Corporation, que es responsable de su licencia, actualizaciones y lanzamiento de nuevas versiones.
- b. Microsoft Excel:** Programa que permite registrar, organizar, compartir y distribuir información sobre diversos temas para su posterior análisis en el mismo programa o en otros programas que acepten su formato o un archivo de base de datos (carpeta de versión de base de datos). Este programa es de propiedad de MICROSOFT, que es responsable de su licenciamiento y actualizaciones.

3.3. Métodos de interpolación empleada para el estudio de las enfermedades zoonóticas

- a. Interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW):** Es un método para determinar el valor de una celda promediando los valores de los puntos de muestreo dentro de una vecindad determinada de cada celda de procesamiento. Cuanto más

cerca esté un punto del centro de la celda estimada, mayor será su influencia en el proceso de cálculo del promedio (ESRI, 2016). Por lo tanto, el método asume que a medida que aumenta la distancia, el valor de la variable entre dos puntos significa una disminución de la similitud, siempre que la variable sea continua en el espacio, lo que justifica el uso de factores de ponderación que dependen de la distancia inversa (Aragón *et al.*, 2019), los resultados de aplicar este método de interpolación se muestran en el anexo (Ver Figura 40).

- b. Interpolación del vecino más cercano (NN):** Este método se caracteriza por una interpolación estricta al encontrar el subconjunto de muestras de entrada más cercano al punto de consulta y ponderarlo de acuerdo con su área proporcional (Sibson, 1981). Una de las ventajas de este método de interpolación es que al referirse a las coordenadas de los puntos muestrales se conserva los valores originales (Amidror, 2002). Los resultados del uso este método de interpolación se muestra en el anexo (Ver Figura 41).

3.4. Operacionalización de variables definidas para estudios de enfermedades zoonóticas

Para el presente trabajo se operacionalizaron las variables de estudios epidemiológicos:

- a. Enfermedades zoonóticas:** Esta es la variable independiente de este trabajo, ya que esta variable se utilizará como eje angular para las diferentes enfermedades para los cuales se recopilaron datos de campo, convertidos de shapefile a formato ráster.
- b. Interpolación de distancias inversas ponderadas:** Esta es una de las variables dependientes de nuestro trabajo, ya que utilizaremos este método para obtener un mapa de las enfermedades zoonóticas en estudio, a partir de la ponderación de los valores a transformar en un ráster.
- c. Interpolación del vecino más cercano:** Esta es una de las variables dependientes en nuestro trabajo actual, debido a que con este método obtenemos la prevalencia y el comportamiento de la enfermedad zoonótica en estudio, el método de ponderación de este valor debe transformarse a un formato ráster.

La Tabla 2 del anexo muestra la operacionalización de las variables de investigación.

3.5. Empleo de los sistemas de georreferenciación aplicado en los estudios de zoonosis

3.5.1. Rabia (agente etiológico: *Rabies virus* – RABV)

En este caso, el área seleccionada es la provincia de Arequipa (conformada por 30 distritos), cuyo shapefile es el siguiente (Ver Figura 21):

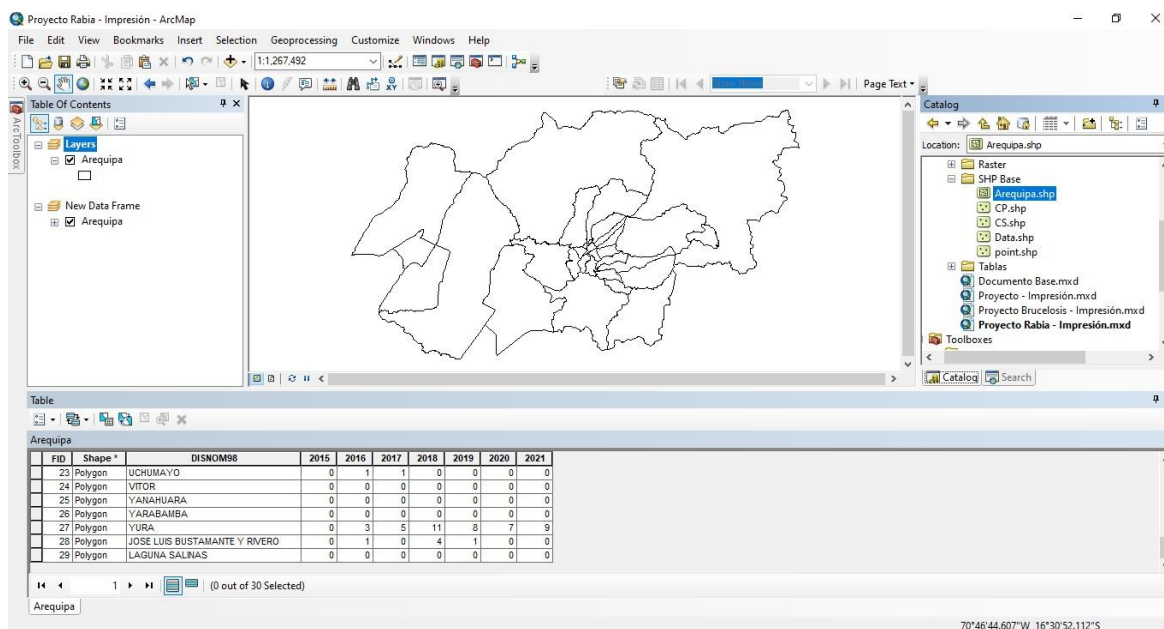


Figura 21: Archivo del formulario base del área de estudio – Casos de Rabia

Se elaboró una hoja Excel con las coordenadas de las capitales de los distritos que conforman la provincia de Arequipa y datos de prevalencia de rabia canina del 2015 al 2021, proporcionados por el Boletín Epidemiológico del Ministerio de Salud (MINSA) (Tabla 3), tal como se conserva en formato de libro de Excel 97 – 2003 y luego convertido a formato de archivo de base de datos (dbf) usando ArcGis 10.5 (Ver Figura 22).

Usando esta información, se realizó el método de interpolación bajo investigación (Figura 23), los resultados preliminares se muestran en la Figura 24 (interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW)) y la Figura 25 (interpolación del vecino más cercano (NN)). La Figura 26 describe el geoprocesamiento realizado en los rásteres obtenidos mediante los dos métodos de interpolación que se explican a continuación.

La herramienta de calculadora ráster documenta la siguiente fórmula matemática: “2015” + “2016” + “2017” + “2018” + “2019” + “2020” + “2021”, para ambos métodos de interpolación; en las figuras 42 y 43. Usando esta fórmula de la herramienta anterior, obtuvimos una cuadrícula (ráster) donde se observó el comportamiento de la rabia entre 2015 y 2021 (figuras 44 y 45).

FID	Shape	DISNOM98	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	POINT_X	POINT_Y
0	Point	AREQUIPA	2	0	0	0	0	0	1	-71.538419	-16.40747
1	Point	ALTO SELVA ALEGRE	2	1	4	0	1	0	0	-71.405142	-16.3305
2	Point	CAYMA	0	3	3	1	5	3	2	-71.457085	-16.2523
3	Point	CERRO COLORADO	0	31	23	23	19	7	43	-71.576849	-16.30427
4	Point	CHARACATO	0	0	0	0	0	0	0	-71.382101	-16.4573
5	Point	CHIGUATA	0	0	0	0	0	0	0	-71.284442	-16.3542
6	Point	JACOBO HUNTER	0	0	1	0	0	0	0	-71.561294	-16.4582
7	Point	LA JOYA	0	0	0	0	1	0	0	-71.794964	-16.5833
8	Point	MARIANO MELGAR	11	8	7	5	1	1	1	-71.481335	-16.3740
9	Point	MIRAFLORES	2	7	1	2	4	0	0	-71.471588	-16.3569
10	Point	MOLLEBAYA	0	0	0	0	0	0	0	-71.473691	-16.50304
11	Point	PAUCARPATA	1	2	1	2	1	2	1	-71.478026	-16.4199
12	Point	POCSI	0	0	0	0	0	0	0	-71.332421	-16.4988
13	Point	POLOBAYA	0	0	0	0	0	0	0	-71.357634	-16.6419
14	Point	QUEQUE	0	0	0	0	0	0	0	-71.44291	-16.54334
15	Point	SABANDIA	0	0	0	0	0	0	0	-71.459729	-16.44827
16	Point	SACHACA	0	1	0	0	0	0	0	-71.574064	-16.415
17	Point	SAN JUAN DE SIGUAS	0	0	0	0	0	0	0	-72.157094	-16.41632
18	Point	SAN JUAN DE TARUCANI	0	0	0	0	0	0	0	-71.084754	-16.1809
19	Point	SANTA ISABEL DE SIGUAS	0	0	0	0	0	0	0	-72.149677	-16.2460
20	Point	SANTA RITA DE SIGUAS	0	0	0	0	0	0	0	-72.14545	-16.5379

Figura 22: Subir datos de Rabia en Arequipa en formato dbf

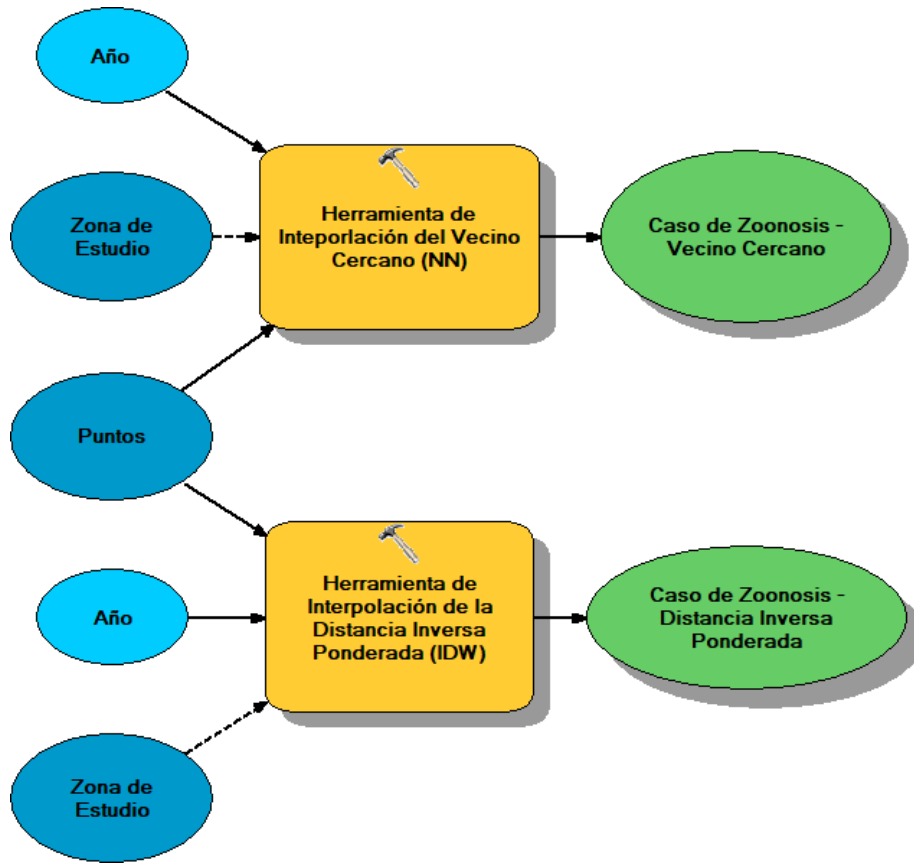


Figura 23: Diagrama de proceso del método de interpolación de casos de rabia por año

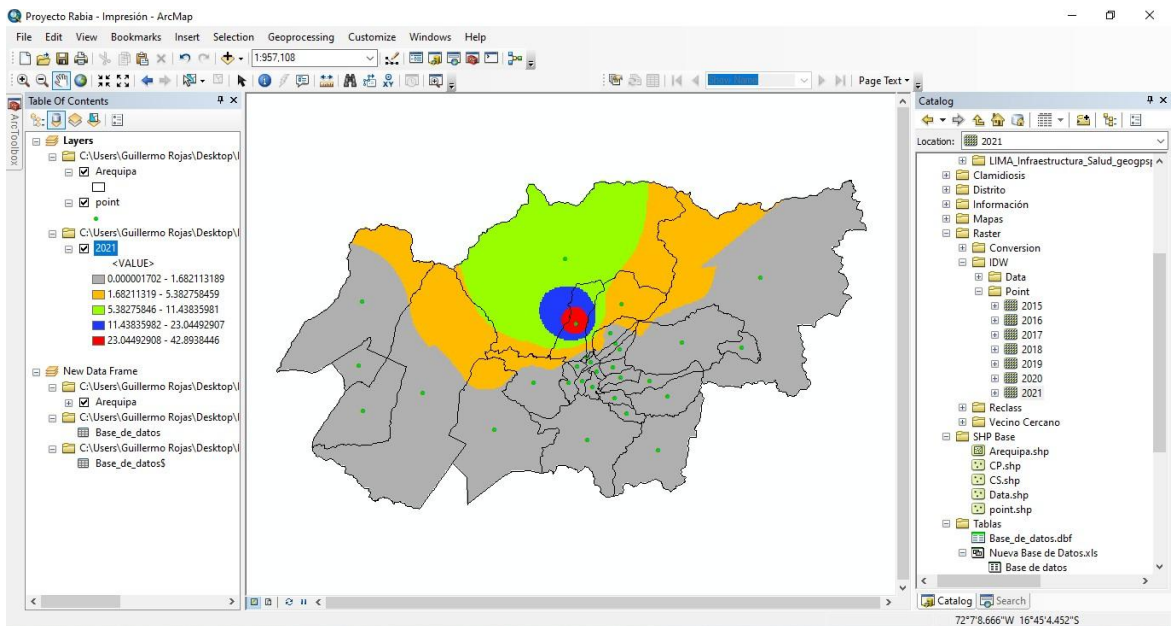


Figura 24: Resultado de la interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) – Casos de rabia (Arequipa 2021)

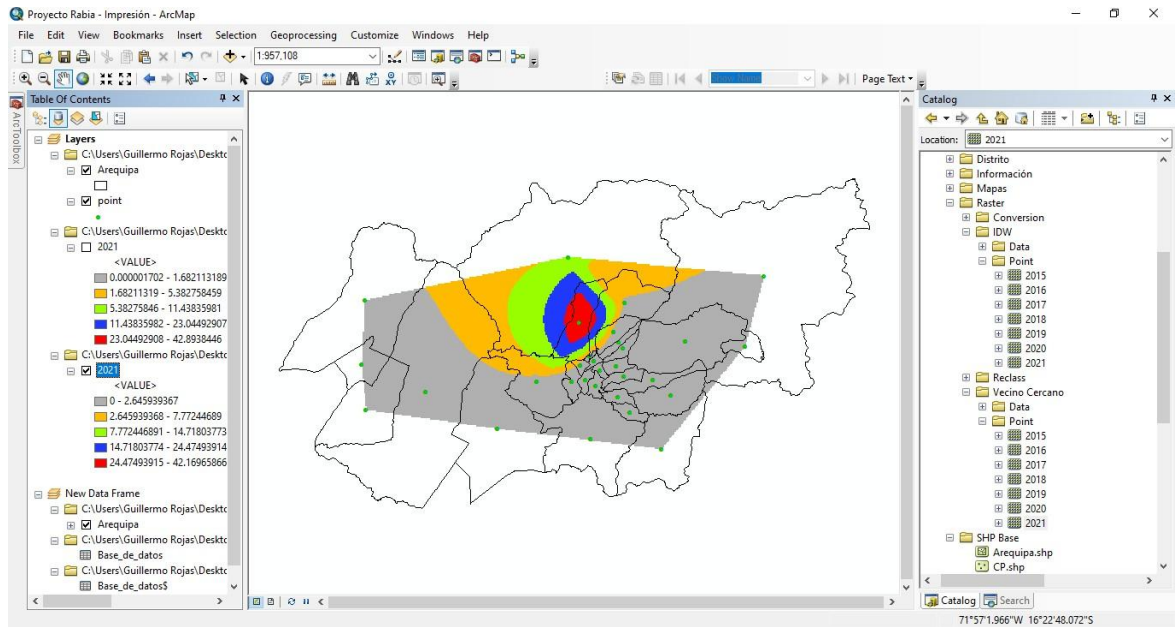


Figura 25: Resultado de la interpolación del vecino más cercano (NN) – Casos de rabia (Arequipa 2021)

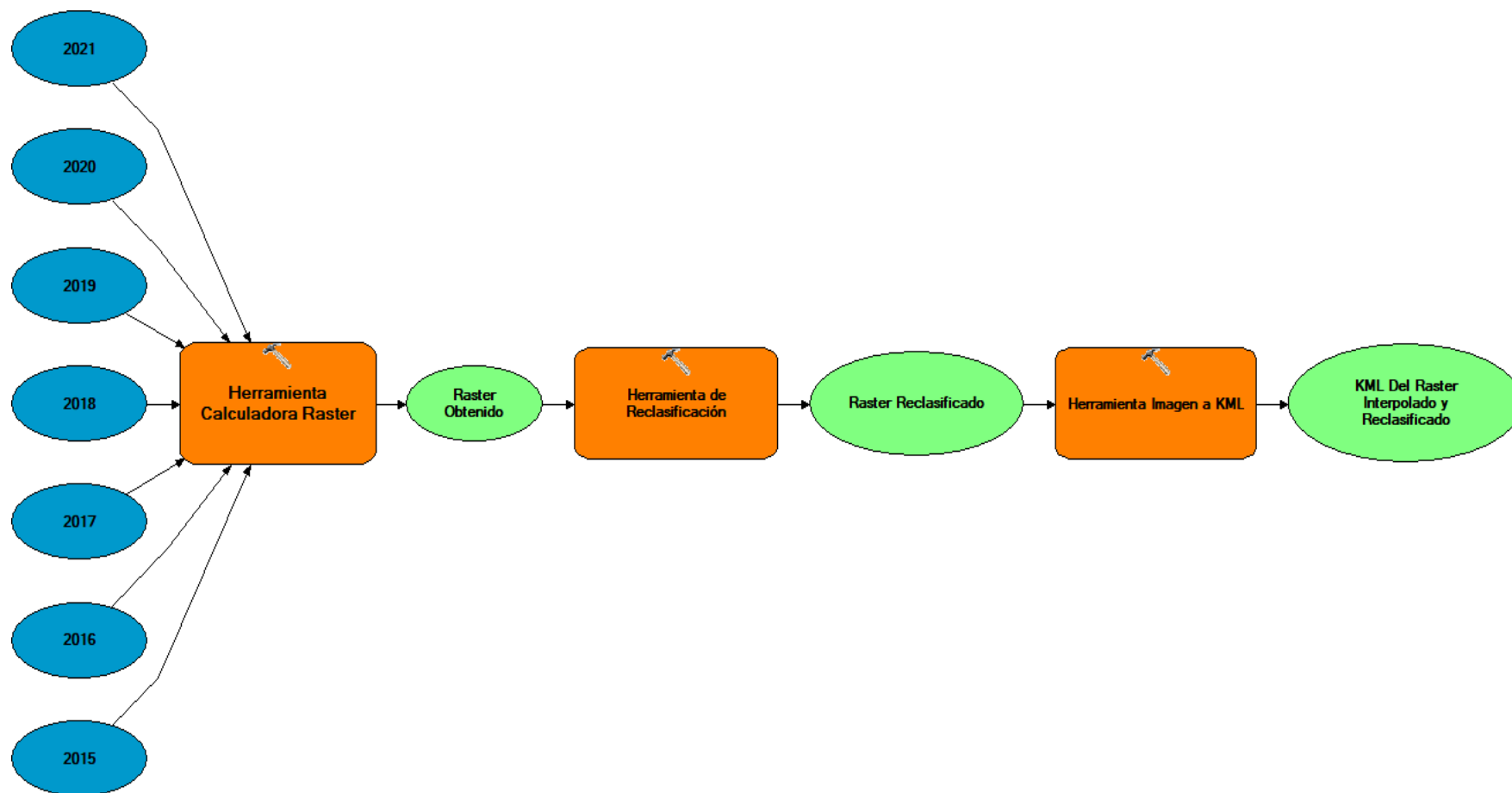


Figura 26: Diagrama del proceso seguido en el caso de la rabia

En cuanto al proceso de reclasificación, se reclasificó la enfermedad mediante la herramienta Reclassify (Reclasificar) en 8 categorías (según sus criterios), donde: 1 es extremadamente bajo, 2 es muy bajo, 3 es bajo, 4 es intermedio bajo, 5 es intermedio alto, 6 es alto, 7 es muy alto y 8 es extremadamente alto y se aplica a cada método de interpolación (figuras 46 y 47). Además de estas reclasificaciones, a las áreas identificadas en la provincia de Arequipa (30 distritos) se sumarán los centros poblados y centros de atención primaria (postas médicas) (Figura 48).

Los archivos ráster y shapefile generados en el área de estudio se convertirán al formato de Keyhole Markup Language (KML). Para este proceso utilizamos la herramienta Map to Kml (Figura 49), la cual genera un archivo que permite su visualización en la aplicación de Google Earth Pro (Figura 50).

3.5.2. Brucelosis (agente: *Brucella abortus*)

El área de estudio fue la provincia constitucional del Callao, los distritos de San Miguel, Puente Piedra y La Victoria (este distrito es el único distrito que no se encuentra alrededor de la provincia del Callao y ha sido eliminado a criterio del autor, ya que esta información es desfavorable para nuestro estudio), que fue adaptado de Escobedo (2017) (Ver Figura 27).

Luego procedemos a extraer los puntos del área de estudio, aquí agregamos la información a analizar (Tabla 4), cuando completamos la información (Figura 28), ejecutamos los dos métodos de interpolación a estudiar, la cual se presenta a detalle en la Figura 29, estos pasos se utilizarán en los casos de brucelosis y clamidia, cuyos resultados se pueden ver en las figuras 51 y 52.

Después de realizar estos métodos de interpolación, se reclasifica la intensidad de la enfermedad mediante la herramienta de reclasificación (Reclassify), en este caso se utilizan 7 categorías (según criterios individuales), donde: 1 es extremadamente bajo, 2 es muy bajo, 3 es bajo, 4 es intermedio bajo, 5 es intermedio alto, 6 es alto y 7 es muy alto, esto se aplica a cada método de interpolación, cuyos resultados se muestran en las figuras 53 y 54. Después de reclasificar cada método de interpolación, se agregaron centros

médicos de primera línea (puestos de salud) al área de estudio (figuras 55 y 56).

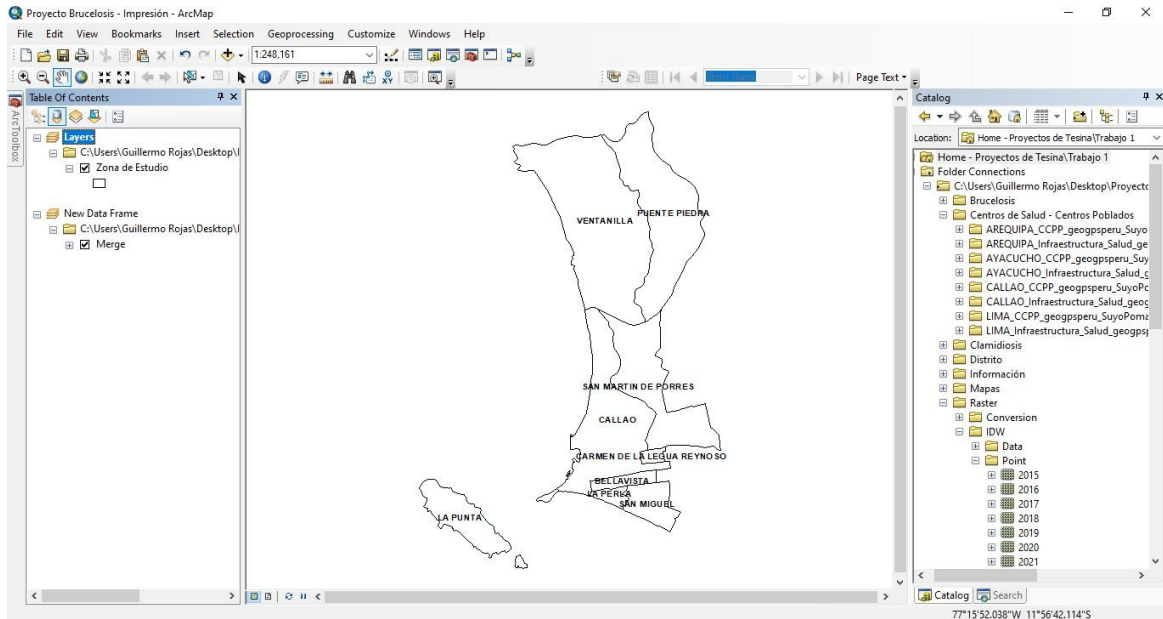


Figura 27: Área de estudio de Shapefile básico – Casos de brucelosis

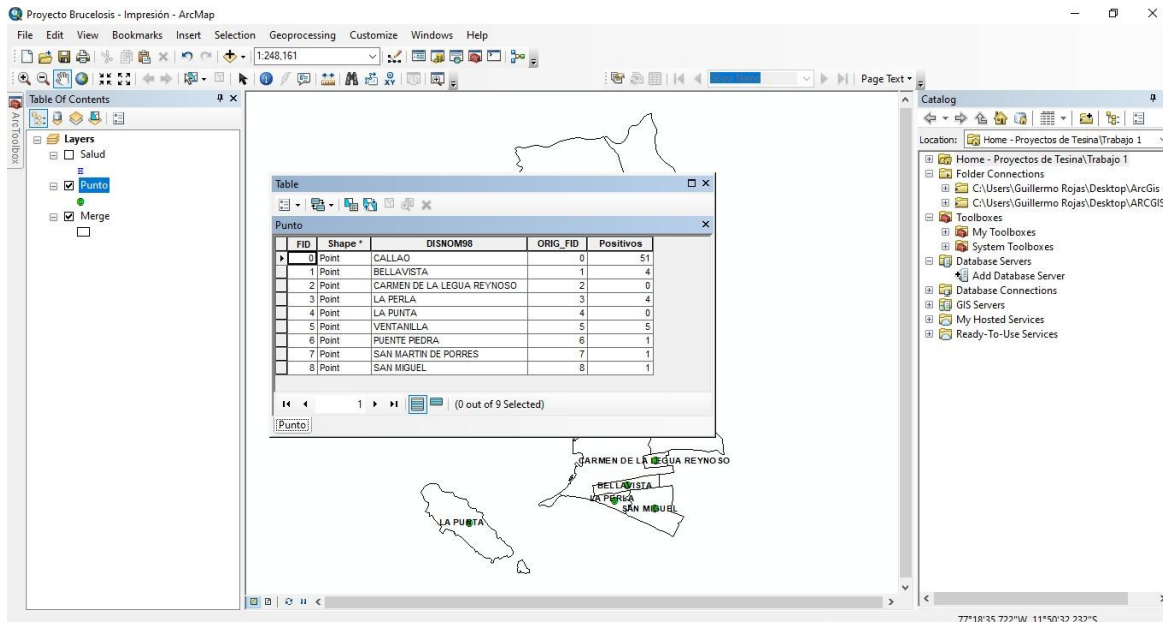


Figura 28: Carga de datos de incidencia de *Brucella* en el área de estudio en formato dbf (carpeta de base de datos)

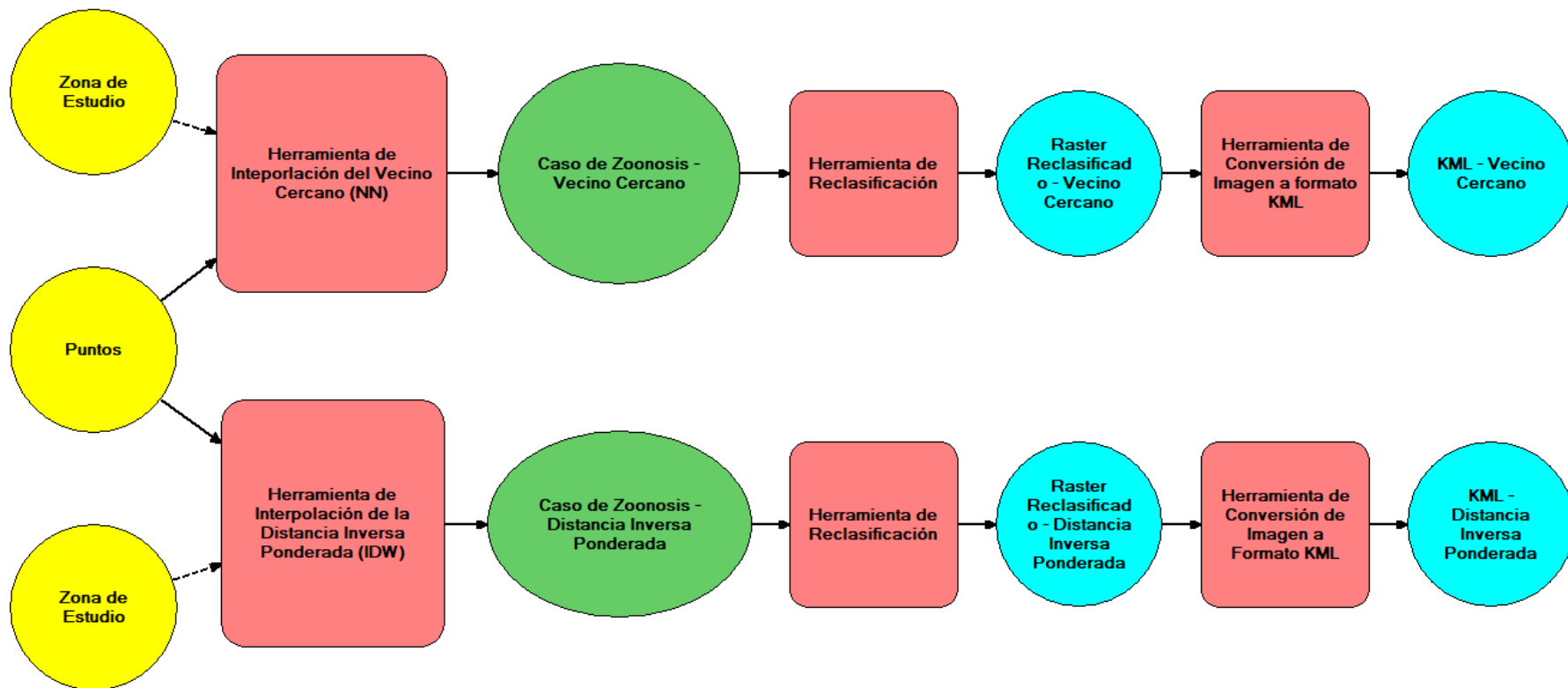


Figura 29: Diagrama de pasos a seguir en caso de brucelosis y clamidiosis

Seguidamente, realizamos una exportación ráster con el shapefile base del área de estudio en formato KML (Keyhole Markup Language) usando la herramienta Map to Kml, el documento resultante nos permite observar los detalles y de manera muy sencilla en el App Google Earth Pro (Figura 57).

3.5.3. Clamidiosis (agente: *Chlamydia abortus*)

Este caso es una adaptación de un estudio realizado por Loli *et al.* (2020) en los distritos de Chumpi, Coracora y Pullo en la provincia de Parinacochas. Estos distritos fueron seleccionados para su posterior fusión (utilizando la herramienta Merge) y se dividieron en sectores para un análisis más detallado (Ver Figura 30).

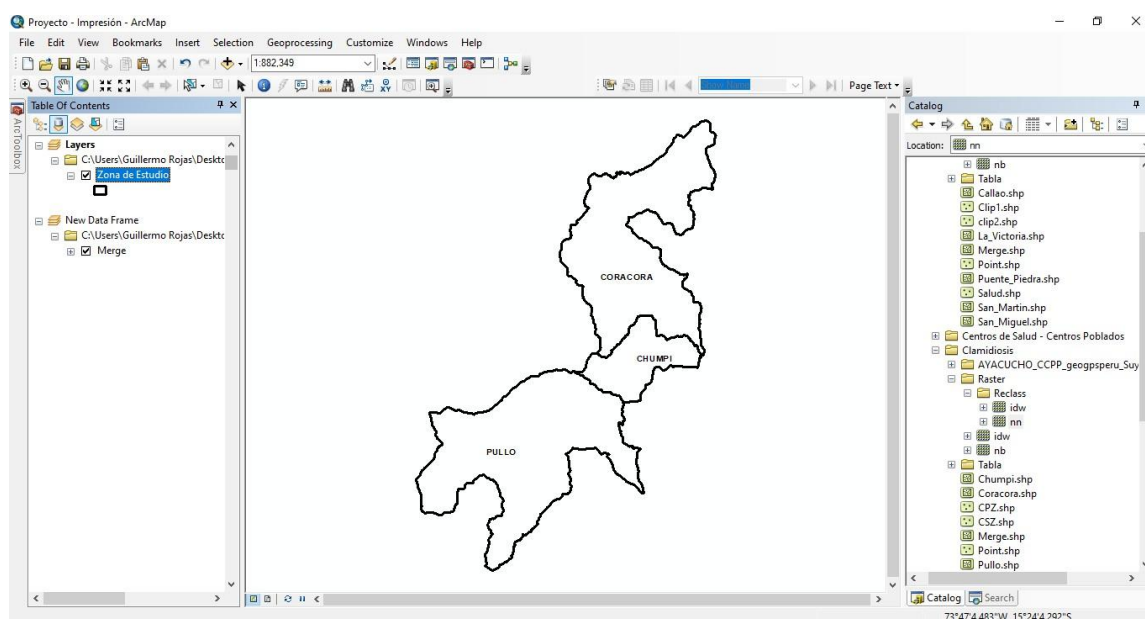


Figura 30: Archivo base para el área de Estudio – Casos de enfermedad por clamidia

Seguimos anotando los distritos que conforman el área de estudio. Desde estos puntos, se cargaron los datos todos los bovinos examinados y se agregó información sobre los animales con enfermedad positiva en formato dbf (archivo de base de datos presentado en la Tabla 5). Con base en la información proporcionada en el resumen, se realizaron los siguientes procedimientos para los dos métodos de interpolación analizados y detallados en la Figura 29, cuyos resultados se muestran en las figuras 58 y 59 del anexo.

Posteriormente, la enfermedad fue reclasificada en 8 categorías (según criterio propio), en

las que: 1 es extremadamente bajo, 2 es muy bajo, 3 es bajo, 4 es intermedio bajo, 5 es intermedio alto, 6 es alto, 7 es muy alto y 8 es extremadamente alto, por lo que se utilizó la herramienta de reclasificación (Reclassify) para observar la evolución y distribución de la enfermedad en el área de estudio; esto se aplica a cada método de interpolación (figuras 60 y 61).

Después de completar el proceso de reclasificación, se agregaron al mapa del área de estudio los centros poblados y los centros de atención primaria (postas médicas), como se muestra en las figuras 62 y 63. Luego exportamos el ráster con los shapefiles del área de estudio en formato KML (Keyhole Markup Language) usando la herramienta Map to Kml, el documento resultante se puede visualizar en la aplicación de Google Earth Pro (Figura 64).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rabia zoonótica

En el método de interpolación IDW (Figura 31), se observó que en las regiones de Cerro Colorado y Yura, la incidencia alta se clasificó en extremadamente alto, muy alto, alto e intermedio alto. También se ha observado que la enfermedad no se limita a las áreas mencionadas, sino que también afecta a los distritos vecinos, donde la enfermedad afecta más al distrito de Cayma. Además, sólo se observaron 2 centros de atención primaria (puestos médicos) en el distrito de Yura, lo que indica que en estos centros se llevó a cabo poca o ninguna vigilancia epidemiológica de la enfermedad debido a la gran demanda de otras enfermedades. Por lo tanto, la vigilancia epidemiológica de la enfermedad en la zona de Cerro Colorado, a pesar de la presencia de muchos centros de salud, pudo haber sido insuficiente o inexistente debido a la prioridad de otras enfermedades.

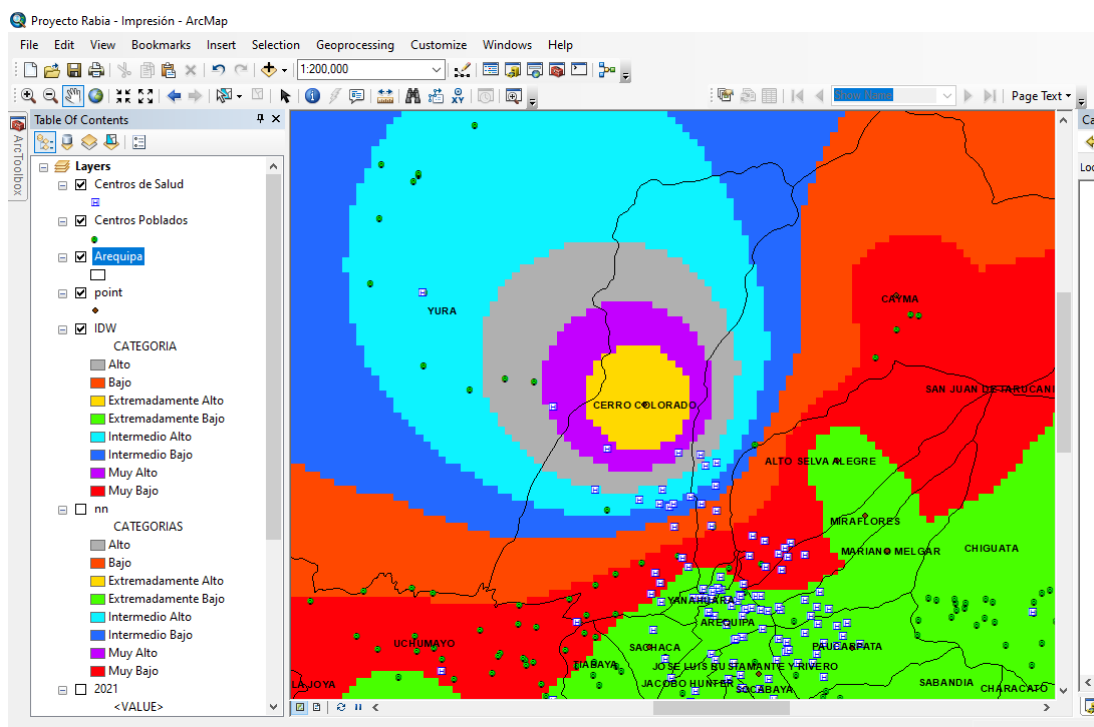


Figura 31: Ráster de reclasificación por interpolación de la distancia inversa ponderada de casos de rabia en la provincia de Arequipa

FUENTE: Adaptado del boletín epidemiológico del MINSA

Los distritos de Cerro Colorado y Yura se observaron en la interpolación de vecinos más cercanos (Figura 32) como áreas de la provincia de Arequipa donde se concentró la rabia, lo que confirma lo observado durante la interpolación de IDW. Por separado, los distritos de Cayma y Uchumayo fueron señalados como las regiones fronterizas más afectadas por la enfermedad. Mediante este método de interpolación se observa que existe centro de salud en la región crítica de la enfermedad (categoría extremadamente alta), lo que nos muestra una reducción del 50%.

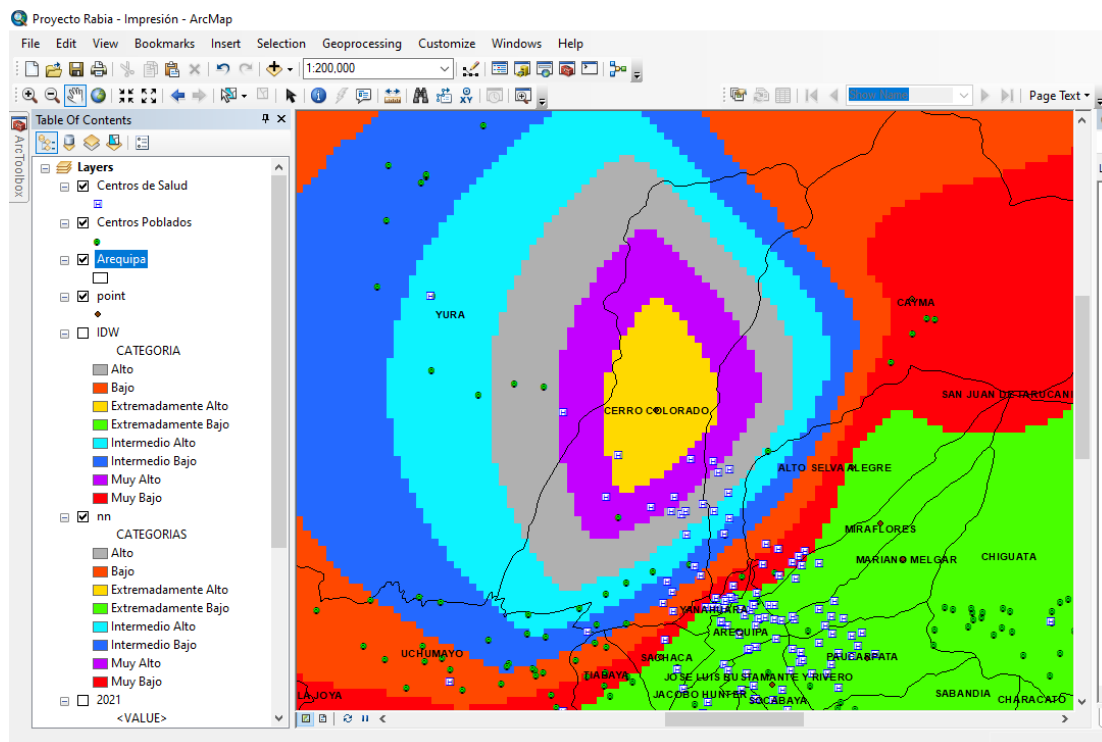


Figura 32: Ráster de reclasificación de interpolación del vecino más cercano para casos de rabia en la provincia de Arequipa

FUENTE: Adaptado del boletín epidemiológico del MINSA (s.f.)

También señalo que el distrito de Miraflores está en la categoría muy baja en ambos métodos de interpolación, lo que indica que la enfermedad está bajo control, ya que Velásquez (2017) y Urday (2019) observaron que en Miraflores la mordedura de perro rabioso es muy común, lo cual nos brinda un mensaje que los pobladores del distrito participan en el programa vacunación del Ministerio de Salud (MINSA) o los centros veterinarios brindan servicios de vacunación contra la rabia. Cabe señalar que en Perú no se encontraron estudios con estos métodos de interpolación, pero Iglesias (2011) desarrollo un modelo epidemiológico para la distribución de la influenza aviar altamente patógena

(IAAP) en España utilizando datos censales y datos meteorológicos, el autor delineó el uso de métodos de distancia inversa ponderada para el modelado e interpolación según el clima para las estaciones (verano, otoño, invierno y primavera), lo que da una idea de cómo utilizar estos métodos de interpolación en este estudio de caso de referencia.

4.2. Brucelosis zoonótica

En el método de interpolación IDW (Figura 33), que permite observar la distribución de la enfermedad, se observa una alta concentración de enfermedades en el distrito del Callao, que incluye las siguientes categorías: muy alto, alto e intermedio alto; además, se observó que la enfermedad no sólo se concentró en el distrito del Callao, sino que también se propagó a las zonas aledañas, siendo el distrito de San Martín de Porres la más afectado con una categoría intermedio alto.

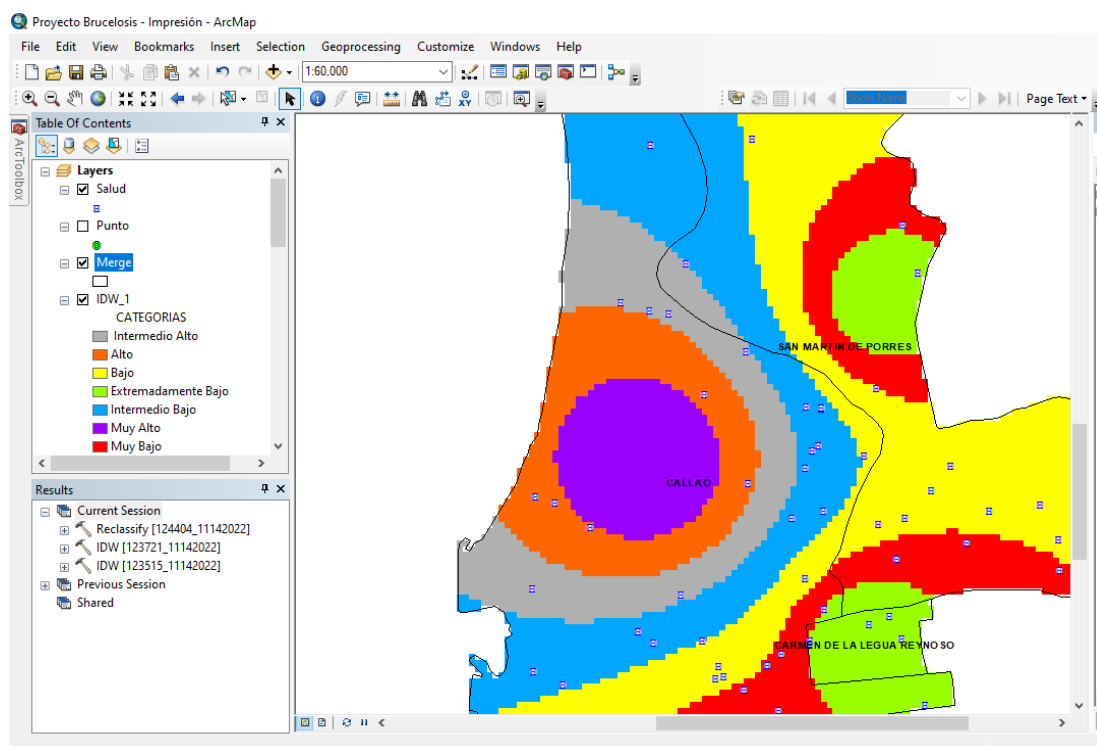


Figura 33: Ráster de reclasificación por interpolación de la distancia inversa ponderada de casos de brucelosis en el área de estudio (Callao y distritos aledaños)

FUENTE: Adaptado de Escobedo (2017)

En esta interpolación se destaca la importante cantidad de centros de salud en el distrito del Callao que, a pesar de ser los más afectados por la enfermedad, cuentan con 23 centros de

atención primaria (postas médicas), lo que lleva a concluir que tienen un gran número registrado de personas con brucelosis o en el mejor de los casos no son monitoreados porque priorizan otra enfermedad. Cabe señalar que en esta zona se encuentra el camal de Colonial y otros mataderos clandestinos, lo que podría haber sido un foco de infección, como describen Yoo *et al.* (2009).

En el método de interpolación del vecino más cercano (Figura 34), que permite determinar las áreas de concentración de la enfermedad, se observa una alta concentración de la enfermedad en el distrito del Callao, lo que confirma lo observado con el método de interpolación IDW. Además, según la interpolación del vecino más cercano, el distrito de San Martín de Porres es la zona fronteriza más afectada por la enfermedad, se clasifica en seis categorías (alto, intermedio alto, intermedio bajo, bajo, muy bajo, extremadamente bajo).

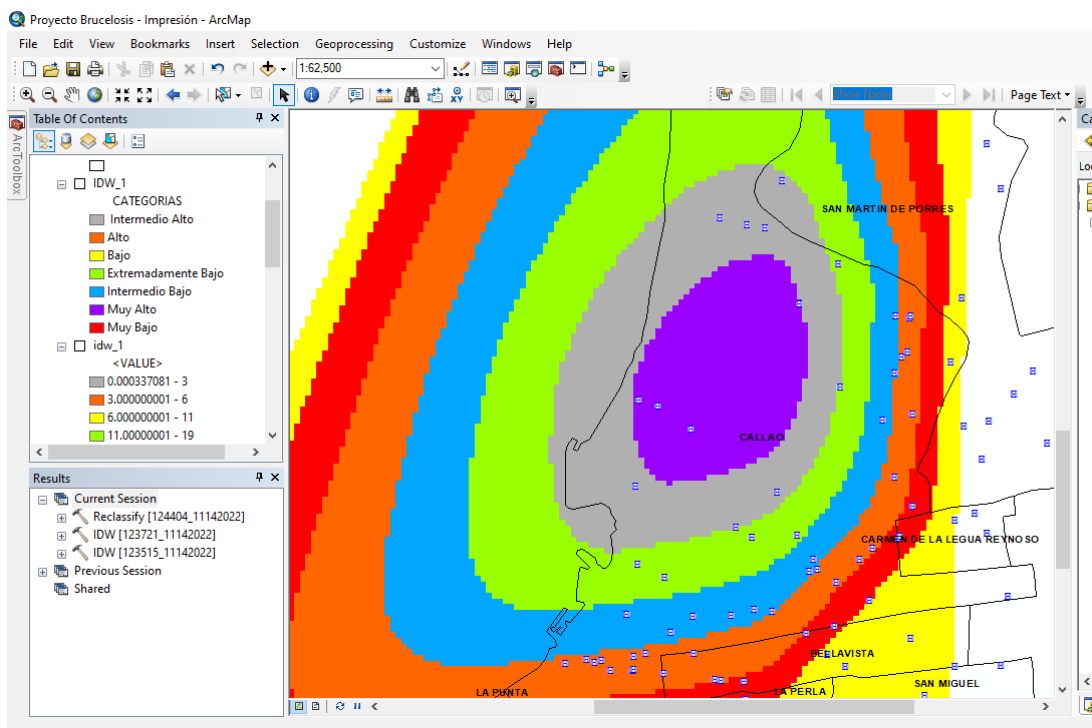


Figura 34: Ráster reclasificado por interpolación del vecino más cercano de casos de brucelosis en el área de estudio (Callao y zonas aledañas)

FUENTE: Elaboración propia

En cuanto a los centros de salud, se observó que, en el distrito del Callao, donde se concentra la enfermedad, sólo existen 11 puestos médicos dentro de las categorías de muy

alto y alto, y el número de centros de atención primaria (postas médicas) ha disminuido en 47.82% con respecto a los establecimientos de salud presentes en el método de interpolación IDW. Ambos métodos de interpolación confirman los resultados de Escobedo (2017) de que el distrito del Callao es una zona con alta incidencia de brucelosis; sin embargo, el mismo autor no destaca la presencia de redes de salud en las áreas afectadas para confirmar la prevalencia de la enfermedad en 41.1%. Con estos dos métodos de interpolación, podemos confirmar la presencia o ausencia de la enfermedad en el medio ambiente.

Del Keyhole Markup Language (KML) derivado de este trabajo (que, como se mencionó anteriormente, es un programa de superposición de imágenes), se puede ver que para la interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) (Figura 35) y del vecino más cercano (NN) (Figura 36); los casos de brucelosis no solo se concentran en el distrito del Callao, sino que también se diseminaron alrededor del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, la zona industrial del Callao y las áreas urbanas aledañas a las zonas antes mencionadas, por lo que podemos inferir que los casos de brucelosis en estas zonas se transmiten a través de personas que trabajan y viven en los territorios antes mencionados.

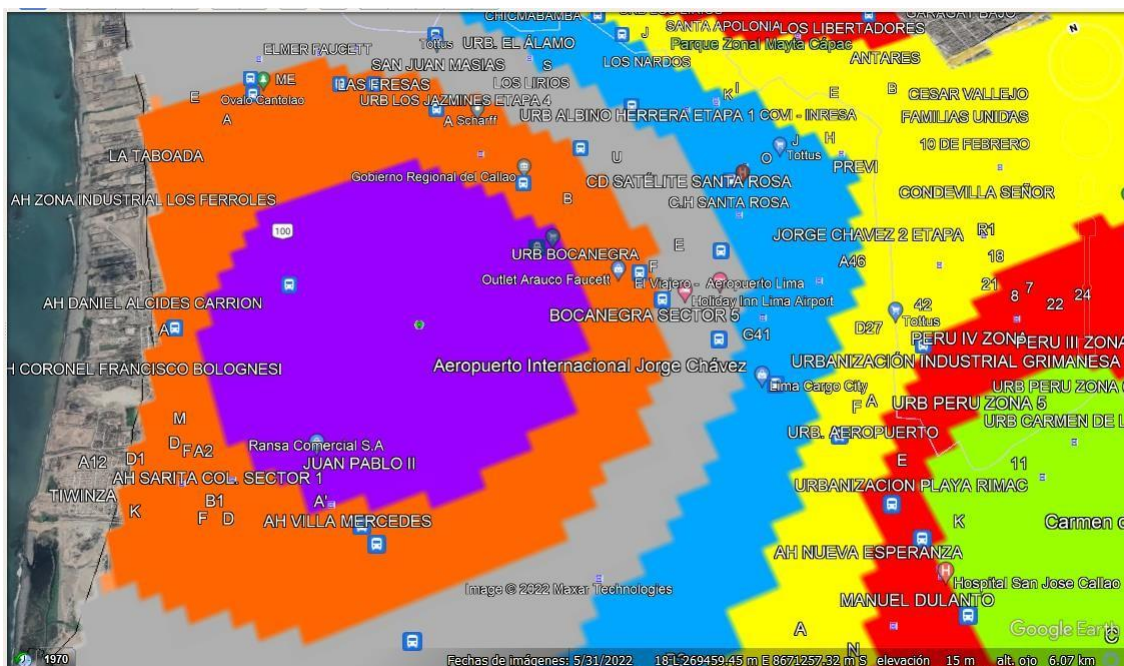


Figura 35: Mapa del método de interpolación de la distancia inversa ponderada para casos de brucelosis en formato KML (Keyhole Markup Language)

FUENTE: Adaptado de Google Earth Pro

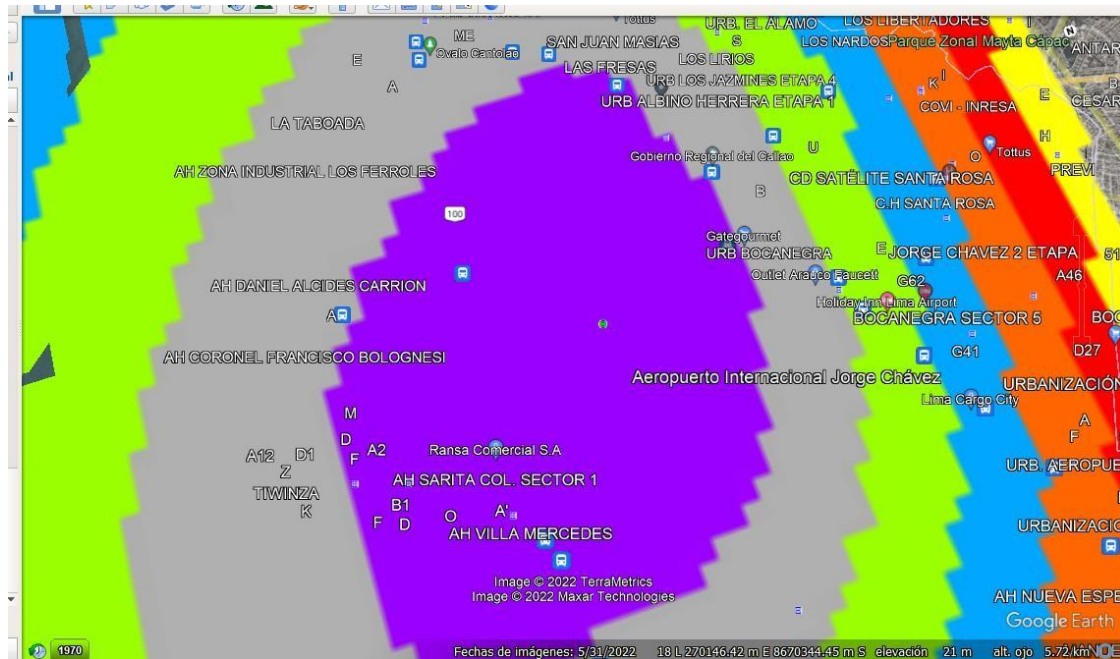


Figura 36: Mapa del método de interpolación del vecino más cercano para casos de brucelosis en formato KML (Keyhole Markup Language)

FUENTE: Adaptado de Google Earth Pro

En cuanto al factor humano en la transmisión o propagación de enfermedades, es importante señalar que los programas de salud pública deben buscar aumentar la conciencia sobre estas enfermedades. Sin embargo, en lo que se refiere a la educación en el Callao, cabe señalar que algunos autores, como Giraldo (2012), indica que los estudiantes y padres de familia tienen malos hábitos de lectura que pueden llevar al desconocimiento y la indiferencia ante esta y otras enfermedades.

Cabe recordar que la brucelosis se puede contraer no solo por la ingestión de productos lácteos no pasteurizados, sino también por la manipulación del cuero (industria del curtido), la manipulación de fluidos (sangre u orina) o el consumo de carne cruda (mataderos). La prevalencia fue revisada por Dávila *et al.* (2022), al igual que los autores, quien manipula estos productos sin utilizar equipos de protección personal como guantes, gafas y mascarillas, se convierte en vector de la enfermedad.

4.3. Clamidiosis zoonótica

En el método de interpolación IDW (Figura 37), se observó una alta concentración de la enfermedad en el distrito de Chumpi, que afectó con el mismo nivel de morbilidad a los distritos de Coracora y Pullo, de lo cual podemos inferir que los animales infectados son

los responsables de la propagación de la enfermedad por su proximidad a los centros poblados afectados por la enfermedad.

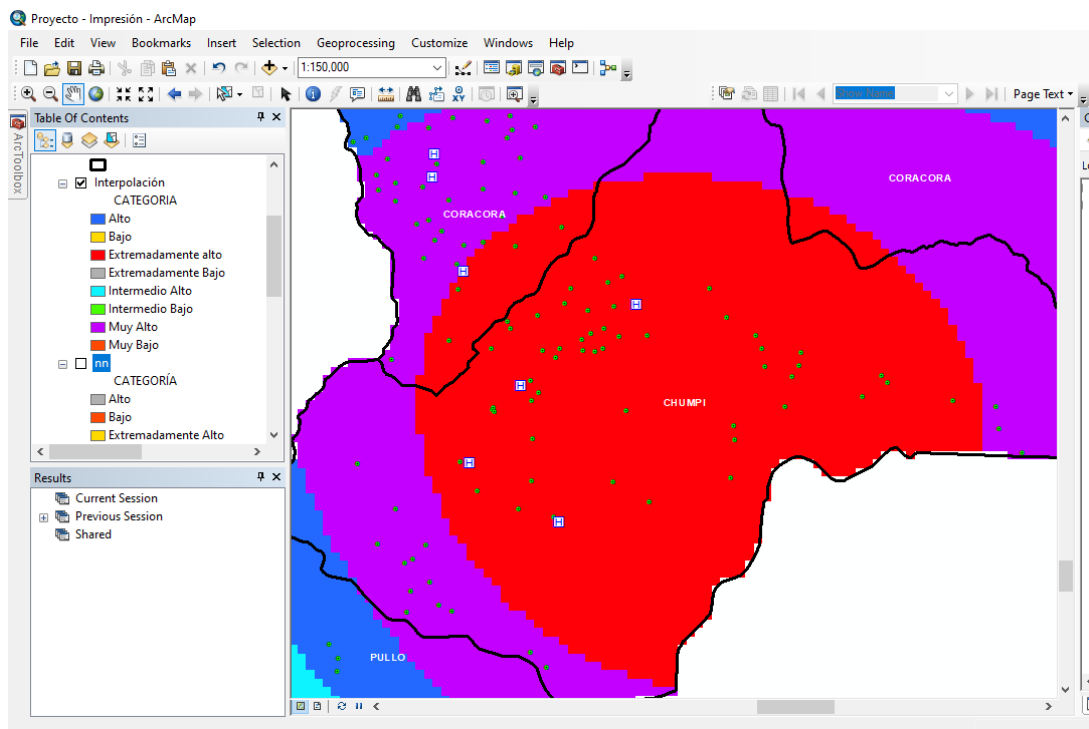


Figura 37: Ráster de reclasificación de interpolación de la distancia inversa ponderada para casos de clamidia en el área de estudio (Chumpi, Coracora, Pullo)

FUENTE: Adaptado de Loli *et al.* (2020)

Cabe señalar que existen 4 centros de atención primaria (postas médicas) en el distrito de Chumpi, el número de los cuales es demasiado pequeño para atender a la gran población afectada por la enfermedad, por lo que se concluye que no se ha realizado el seguimiento epidemiológico debido a la falta de personal o prioridad de tratamiento de enfermedades significativas en estos centros de salud.

En el método de interpolación del vecino más cercano (Figura 38), se observó un mayor impacto de la enfermedad en el distrito de Chumpi, así como en los distritos de Coracora y Pullo, lo que podría estar relacionado con la distancia relativamente cercana entre los centros poblados y el movimiento o venta de ganado en zonas afectadas por la enfermedad. También vale la pena señalar que hay 6 centros de salud en el área infectada, un 50% más

de centros de salud que los que encuentra el método de interpolación IDW. Cabe señalar que la interpolación del vecino más cercano confirma la teoría de Loli *et al.* (2020) que la prevalencia de la enfermedad en tres distritos de la provincia de Parinacochas fue de 40.34 +/- 7.06% lo cual se puede confirmar por este método de interpolación.

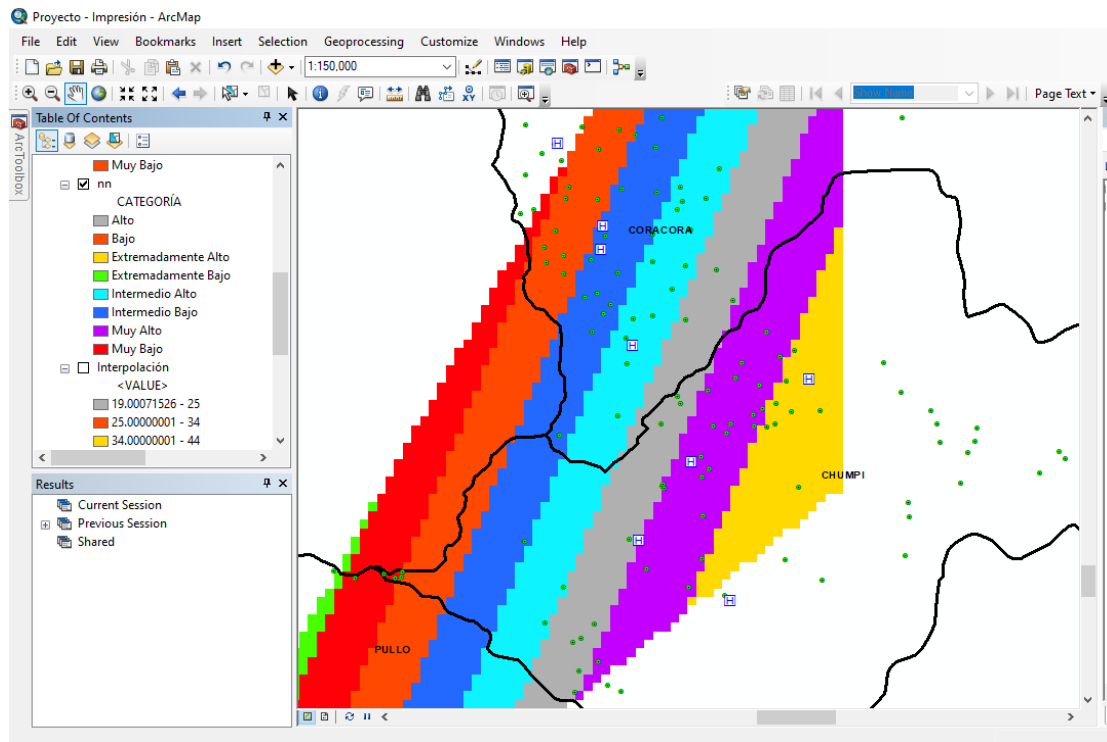


Figura 38: Ráster de reclasificación de interpolación del vecino más cercano para casos de clamidia en el área de estudio (Chumpi, Coracora, Pullo)

FUENTE: Adaptado de Loli *et al.* (2020)

Usando Keyhole Markup Language (KML) para ambos métodos, observamos que la laguna de Parinacochas y una serie de lagunas, se encuentran adyacentes al área de estudio, con base en esta anotación, continuamos extrayendo los archivos shapefile del lago y las lagunas para obtener información muy detallada en el mapa (Figura 39). De esto infiero que las aves que habitan en la laguna Parinacochas y otras lagunas adyacentes al área de estudio son hospederas de *Chlamydophila psittaci*, ya que esta bacteria no afecta a las aves silvestres, pero es muy virulencia en aves domésticas y humanos, como lo describieron Pinto *et al.* (2018), también cabe recordar que las personas del campo de nuestro país tienen la costumbre de criar aves silvestres, y esta actividad provocaría la propagación de la enfermedad en la zona de estudio.

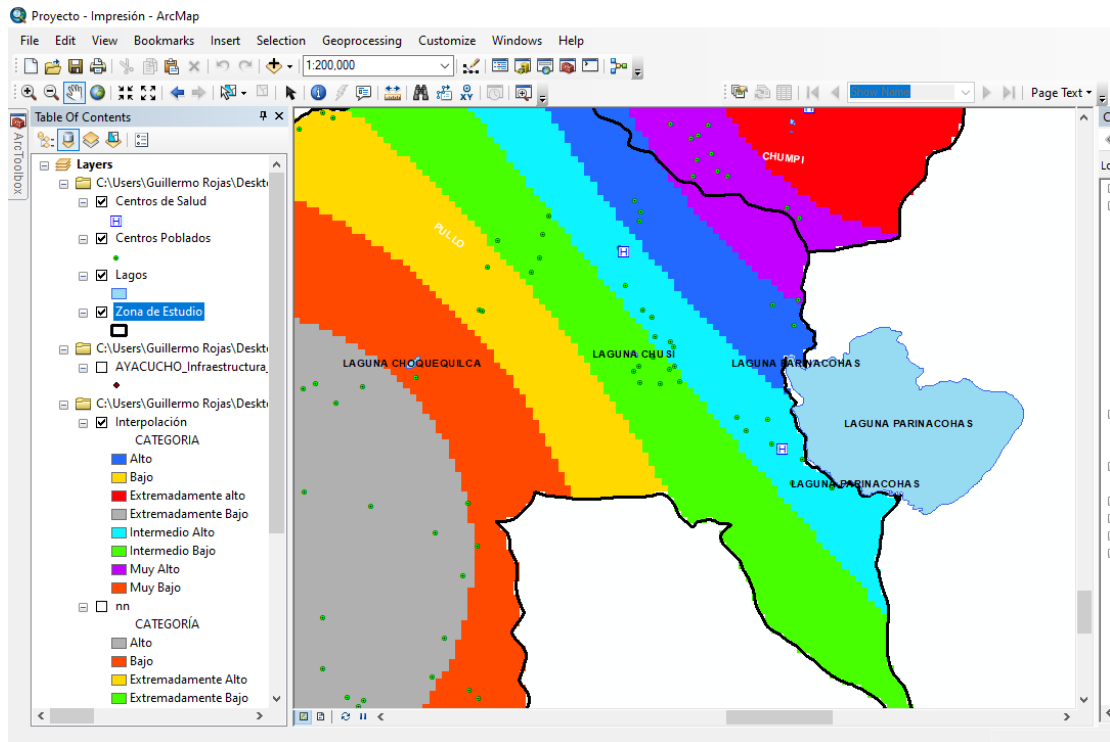


Figura 39: Laguna de Parinacochas y otras lagunas que se encuentran alrededor o dentro del área de estudio – Casos de clamidia

FUENTE: Adaptado de Loli *et al.* (2020)

V. CONCLUSIONES

1. La representatividad de los casos estudiados en este trabajo confirma que los sistemas de información geográfica (SIG) pueden ser utilizados para el seguimiento epidemiológico de diversas enfermedades zoonóticas en el país.
2. Utilizando el método de interpolación de la distancia ponderada (IDW), se observaron 2 centros de salud de rabia, 23 de brucelosis y 4 de clamidia en áreas afectadas por la enfermedad.
3. Usando el método de interpolación del vecino más cercano (NN), la prevalencia de los centros de salud de control de rabia y brucelosis disminuyó en un 50% y 47.82% respectivamente, mientras que la prevalencia de los centros de salud de control de clamidia aumentó en un 50%.

VI. RECOMENDACIONES

- Cuando existan datos sensibles, se recomienda hacer copias de seguridad de los datos una vez al año para evitar pérdidas, y la información se pueda restaurar después de la pérdida. Los datos deben actualizarse de manera oportuna, lo que nos ayudará a monitorear mejor las zoonosis utilizando el sistema de información geográfica (SIG).
- Se requiere capacitación para comprender el uso de los sistemas de información geográfica, principalmente cómo cargar datos en formato dbf (archivo de base de datos) a archivo shapefile, para luego convertirlos a formatos ráster y familiarizarse con las herramientas utilizadas en ArcGis.
- Los SIG deben enfocarse en el control y manejo de enfermedades zoonóticas y tomar decisiones informadas basadas en la jurisdicción de cada posta médica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamian, F.M. (2000). Dog bites: bacteriology, management, and prevention. *Current Infectious Disease Reports*, 2(5), 446–453.
- Acha. P. y Syzdes, B. (2001). Zoonosis y Enfermedades Trasmisibles comunes al hombre y a los animales. *Publicación Científica y Técnica* (580), 395. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2017/Acha-Zoonosis-Spa.pdf>
- Acharya, K.P., Acharya, N., Phuyal, S., Upadhyaya, M. & Lasee, S. (2020). One – health approach: A best possible way to control rabies. *One Health*, 10, 100161.
- Adeyibi, A. & Oluwayelu, D. (2018). Zoonotic fungal diseases and animal ownership in Nigeria. *Alexandria Journal of Medicine*, 54 (4), 397-402. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209050681730249X>
- Aitken, I.D. & Longbottom, D. (2007). *Chlamydial abortion. Diseases of Sheep*, 4(16), 105–112.
- Allen N.D., Daszak, P., Kilpatrick, A.M., & Burke, D.S. (2005). Bushmeat hunting, deforestation, and prediction of zoonotic disease. *Emerging Infectious Diseases*, 11(12), 18–22.
- Allen, T., Murray, K.A., Zambrana-Torrel, C., Morse, S.S., Rondinini, C., Di Marco, M. & Daszak, P. (2017). Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*, 8(1), 11–24.
- Alonso Sarría, F. (2006). Sistema de información geográfica. Recuperado de <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

- Amidror, I. (2002). Scattered data interpolation methods for electronic imaging systems: a survey. *Journal of Electronic Imaging* 11(2), (1 April 2002). <https://doi.org/10.1117/1.1455013>
- Amiri, F., Mohamed Shariff, A.R.B. & Tabatabaie, T. (2012). Monitoring land suitability for mixed livestock grazing using geographic information system (GIS). In *Application of geographic information systems*. <https://www.intechopen.com/chapters/40531>
- Appino, S., Vincenti, L., Rota, A., Pellegrini, S., Chieppa, M.N., Cadoni, V. & Pregel, P. (2015). *Chlamydia abortus* in cows oviducts, occasional event or causal connection. *Reproduction in Domestic Animals*, 50(3), 526–528. <https://doi.org/10.1111/rda.12505>
- Aragón, J., Aguilar, G., Velázquez, U., Jiménez, M. y Maya, A. (2019). Distribución espacial de variables hidrológicas. Implementación y evaluación de métodos de interpolación. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(2), 1-15. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.023>
- Asante, J., Noreddin, A. & El Zowalaty, M. (2019). Systematic review of important bacterial zoonoses in Africa the last decade in light of the “one health” concept. *Pathogens*, 8(2), 50: 1–29. <https://www.mdpi.com/journal/pathogens>
- Bagheri Nejad, R., Krecek, R.C., Khalaf, O.H., Hailat, N. & Arenas–Gamboa, A.M. (2020). Brucellosis in the Middle East: Current situation and a pathway forward. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 14(5): e0008071. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008071>
- Barcellos, C. (2007). Detección de conglomerados espaciales de casos: La geografía frente a una nube de puntos. En: Gustavo Buzai. (Org.). *Métodos cuantitativos en geografía de la salud*. Buenos Aires, Lujan. Universidad Nacional de Lujan. p. 19–25.

- Barcellos C. y Ramalho W.M. (2002). Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. *Revista de Informática Pública*, 4(2): 221-230. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/768>
- Bansal, S., Chowell, G., Simonsen, L., Vespignani, A. & Viboud, C. (2016). Big data for infectious disease surveillance and modeling. *The Journal of infectious diseases*, 214(suppl_4), S375–S379.
- Baud, D., Regan, L. & Greub, G. (2008). Emerging role of *Chlamydia* and *Chlamydia* – like organisms in adverse pregnancy outcome. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 21 (1), 70–76. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18192789/>
- Bhatia, R. (2020). Need for integrated surveillance at human-animal interface for rapid detection & response to emerging coronavirus infections using One Health approach. *The Indian Journal of Medical Research*, 151 (2-3), 1-32. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32202259/>
- Beard, R., Wentz, E. & Scotch, M. (2018). A systematic review of spatial decision support systems in public health informatics supporting the identification of high risk areas for zoonotic disease outbreaks. *International Journal of Health Geographics*, 17(1), 38. DOI:10.1186/s12942-018-0157-5
- Berri, M., Bernard, F., Lecu, A., Ollivet–Courtois, F. & Rodolakis, A. (2004). Molecular characterisation and ovine live vaccine 1B evaluation toward a *Chlamydia abortus* strain isolated from springbok antelope abortion. *Veterinary Microbiology*, 103(3-4), 321-240. doi: 10.1016/j.vetmic.2004.08.009.
- Bhandi, S., Pfukenyi, D. M., Matope, G., Murondoti, A., Tivapasi, M., Ndengu, M. & Scacchia, M. (2009). Brucellosis and chlamydiosis seroprevalence in goats at livestock – wildlife interface areas of Zimbabwe. Onderstepoort. *Journal of Veterinary Research*, 86(1), 1670. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6739518/>

- Boone, I., Henning, K., Hilbert, A., Neubauer, H., Von Kalckreuth, V., Dekker, D.M. & Al Dahouk, S. (2017). Are brucellosis, fever and melioidosis potential causes of febrile illness in Madagascar? *Acta Tropica*, 172, 255–262. doi: 10.1016/j.acta tropica.2017.05.013.
- Brömer, R. (2000). The first global map of the distribution of human diseases: Friedrich Schnurrer's 'Charte über die geographische Ausbreitung der Krankheiten' (1827). *Medical History Supplement*, 44(20), 176–185. https://www.researchgate.net/publication/11587773_The_first_global_map_of_the_distribution_of_human_diseases_Friedrich_Schnurrer%27s_%27Charte_uber_die_geographische_Ausbreitung_der_Krankheiten%27_1827
- Browlea, A. (1972). Modelos de epidemiología geográfica de la hepatitis infecciosa. geografía médica: técnicas y estudios en el campo, N. D. Mac Glashan, Londres, 279–300.
- Cabezas–Sánchez, C. (2015). Enfermedades infecciosas emergentes – reemergentes y sus determinantes. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32(1), 7-8. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v32n1/a01v32n1.pdf>
- Capell, H. (1999). Estudio geográfico de una población de esquizofrénicos y de sus necesidades en un área de Granada. *Biblio 3W: revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, 4, 242. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Biblio3w/article/view/65577>
- CDC, A. (1998). Human exposure to *Brucella abortus* strain RB51 – Kansas, 1997. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 47, 172 - 175.
- Cheong, H.C., Lee, C.Y.Q., Cheok, Y.Y., Tan, G.M.Y., Looi, C.Y. & Wong, W.F. (2019). Chlamydiaceae: diseases in primary hosts and zoonosis. *Microorganisms*, 7(5), 146. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6560403/>
- Corbel, M.J. (1997). Brucellosis: an overview. *Emerging infectious diseases*, 3(2), 213. Recuperado de https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/3/2/97-0219_article

- Counotte, M.J., Minbaeva, G., Usubalieva, J., Abdykerimov, K. & Torgerson, P.R. (2016). The burden of Zoonoses in Kyrgyzstan: a systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(7), e0004831. doi: 10.1371/journal.pntd.0004831
- Curto de Casas, S. (1985). Geografía de la salud humana. Asociación para la promoción de sistemas educativos no convencionales.
- Darchenkova, N. (1988). Fundamentos teóricos de la geografía médica. Conferencia dictada en abril de 1988 en el Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí. La Habana. Cuba (inédito).
- Daszak, P., das Neves, C., Amuasi, J., Haymen, D., Kuiken, T., Roche, B. & Ngo, H. T. (2020). Workshop report on biodiversity and pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://www.ipbes.net/pandemics>
- Dávila, M.R., Velarde, D.L., Ruiz, N.J., Zuta, A.N., Guanilo, P.C., Tinoco, P.C. y Agüero, C.E. (2022). Prevalencia de Brucelosis en trabajadores de la industria cárnica en el Perú. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 62(2), 183–189. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2022/07/1379269/457-1507-1-pb.pdf>
- Eagleson, S., Veenendaal, B., Watkins, R., Wright, G. & Plant, A. (2006). Spatial algorithm for detecting disease outbreaks in Australia. *Serie Geográfica*, 12, 39–55. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/1180>
- Eisenberg, T., Schlez, K., Fawzy, A., Völker, I., Hechinger, S., Curić, M. & Scholz, H. C. (2020). Expanding the host range: infection of a reptilian host (*Furcifer pardalis*) by an atypical *Brucella* strain. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 113, 1531–1537. doi: 10.1007/s10482-020-01448-9
- Escobedo, L. (2017). Características epidemiológicas y clínicas de infecciones por *Brucella melitensis* en pacientes del Hospital Daniel A. Carrión, Callao, Perú (2007–2014). *Revista de Investigación Veterinaria Perú*, 29(3), 1018-1024. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1609-

- Espíndola Ramírez, D.F. y Romero Charry, G.J. (2015). Diseño e implementación de un sistema de información geográfica en línea como soporte para el esquema de ordenamiento territorial del Municipio de Anolaima en sus componentes urbano y rural. <http://hdl.handle.net/11349/2552>
- ESRI. (2016). Comparar métodos de interpolación. En: *ArcMap, Conceptos del conjunto de herramientas de Interpolación*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/comparing-interpolation-methods.htm>
- Everett, K.D. (2000). Chlamydia and Chlamydiales: more than meets the eye. *Veterinary microbiology*, 75(2), 109-126. doi: 10.1016/s0378-1135(00)00213-3.
- Franco, M.P., Mulder, M., Gilman, R.H. & Smits, H.L. (2007). Human brucellosis. *The Lancet infectious diseases*, 7(12), 775–786. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70286-4.
- Garín, A. (2003). Distribución espacial de las enfermedades infantiles y sus efectos socioambientales en el sector amanecer de la ciudad de Temuco. *Biblio3W: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 8, 242. <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-472.htm>
- Garzón Paz, J.E. (2021). *La actual geografía de la salud, los sistemas de información geográfica y su aplicación teórico-práctica en el manejo de la pandemia a causa de la COVID – 19*. [Trabajo de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Institucional de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/3960/Monograf%c3%ada%2>
- Gibb, R., Franklinos, L.H., Redding, D.W., & Jones, K.E. (2020a). Ecosystem perspectives are needed to manage zoonotic risks in a changing climate. *BMJ*, 13, 371. m3389. DOI: 10.1136/bmj.m3389.

- Gibb, R., Redding, D.W., Chin, K.Q., Donnelly, C.A., Blackburn, T.M., Newbold, T. & Jones, K.E. (2020b). Zoonotic host diversity increases in human- dominated ecosystems. *Nature*, 584(7821), 398–402. doi: 10.1038/s41586-020-2562-8.
- Giggs, J.A. (1980). La epidemiología en la pancreatitis aguda primaria en el área de la población de Nottingham. *Instituto Británico*, 229–242.
- Giraldo Ramírez, J.R. (2012). Comprensión lectora según género, en estudiantes del tercer y cuarto grados de educación primaria del Callao. [Archivo de datos]. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/001a7f0d-6f05-4dcc-9dee-fa9f0b75c481>
- Girt, J.L. (1972). Simple chronic bronchitis and urban ecological structure. *Geografía Médica: Técnicas y estudios en el campo*, N. D. MacGlashan, Londres, 250–259.
- Głowacka, P., Żakowska, D., Naylor, K., Niemcewicz, M. & Bielawska–Drozd, A. (2018). Virulence factors, pathogenesis and treatment. *Polish journal of microbiology*, 67(2), 151–161. doi: 10.21307/pjm-2018-029
- Godin, A.C., Björkman, C., Englund, S., Johansson, K.E., Niskanen, R. & Alenius, S. (2008). Investigation of *Chlamydophila* spp. in dairy cows with reproductive disorders. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50, 1–6. <https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/1751-0147-50-39>
- Grace, D., Gilbert, J., Randolph, T. & Kang’ethe, E. (2012a). The multiple burdens of zoonotic disease and an ecohealth approach to their assessment. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 67–73. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-012-0209-y>
- Grace, D., Mutua, F., Ochungo, P., Kruska, R., Jones, K., Brierley, L., Lapar, M., Said, M., Herrero, M. & Phuc, P. (2012). Mapping of poverty and likely zoonoses hotspots. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/21161>

- Grace, D., Lindahl, J., Wanyoike, F., Bett, B., Randolph, T. & Rich, K.M. (2017). Poor livestock keepers: Ecosystem – poverty – health interactions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 372, 20160166. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2016.0166>
- Hayoun, M.A., Muco, E. & Shorman, M. (2022). Brucellosis. [Updated 2022 May 9]. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441831/>
- Henao, G. (2002). *Introducción a la geoestadística, teoría y aplicación*. Universidad Nacional de Colombia. https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2021/08/LIBRO_-DE-_GEOESTADISTICA-R-Giraldo.pdf
- Hull, N.C. & Schumaker, B.A. (2018). Comparisons of brucellosis between human and veterinary medicine. *Infection ecology & epidemiology*, 8(1), 1500846. doi: 10.1080/20008686.2018.1500846.
- Hurtado, R., López–García, P., Manuel–Ramos, J. y Gutiérrez, F. (2010). Meningitis following a dog bite. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 28 (9), 646–648. doi: 10.1016/j.eimc.2009.08.004.
- Iglesias, I. (2011). Modelo epidemiológico de difusión de la influenza aviar altamente patógena (IAAP) [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España]. <https://www.visavet.es/data/tesis/modelo-epidemiologico-difusion-influenza-aviar-altamente-patogena-IAAP.pdf>
- Iñiguez, L. (2003). Geografía de la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 29 (4), 330–343. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v29n4/spu07403.pdf>
- Jawetz, E., Melnik, J.L. y Adelberg, E.A. (2011). *Microbiología médica* (25a ed).
- Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L. & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990–993. <https://www.nature.com/articles/nature06536>

- Kakumoto, Y., Koyamatsu, Y., Shiota, A., Qudaih, Y. & Mitani, Y. (2016). Application of Geographic Information System to Power Distribution System Analysis. *Energy Procedia*, 100, 360–365. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021631150X/pdf?md5=8d643381eae315a7278c5d1956dd1e9e&pid=1-s2.0-S187661021631150X-main.pdf>
- Kaltenboeck, B., Hehnen, H.R., Vaglenov, A. (2005). Bovine *Chlamydophila* spp. infection: do we underestimate the impact on fertility. *Veterinary research communications*, 29(1-15), 1–6. doi: 10.1007/s11259-005-0832-4.
- Kamel Boulos, M.N. & Geraghty, E.M. (2020). Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. *International journal of health geographics*, 19(1), 1-12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7065369/>
- Karesh, W.B., Dobson, A., Lloyd-Smith, J.O., Lubroth, J., Dixon, M.A., Bennett, M. & Heymann, D.L. (2012). Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *The Lancet*, 380(9857), 1936–1945. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7138068/>
- Karlsson, A., Alenius, S., Bjorkman, C. (2010). Investigation of Chlamydiaceae in semen and cauda epididymidis and seroprevalence of *Chlamydophila abortus* in breeding bulls. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 52 (1), 2. 67. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2820431/>
- Kauffold, J., Henning, K., Bachmann, R., Hotzel, H. & Melzer, F. (2007). The prevalence of chlamydiae of bulls from six bull studs in Germany. *Animal Reproduction Science*, 102(1-2), 111–121. doi: 10.1016/j.anireprosci.2006.10.013.
- Kwofie, M. (1976). Un análisis espacio – temporal de la difusión del cólera en África Occidental. *Geografía Económica* (52), 127–135.

- Layton, D.S., Choudhary, A. & Bean, A.G. (2017). Breaking the chain of zoonoses through biosecurity in livestock. *Vaccine*, 35(44), 5967–5973. doi: 10.1016/j.vaccine.2017.07.110.
- Li, X.M., Kang, Y.X., Lin, L., Jia, E.H., Piao, D.R., Jiang, H. & Zhu, Y. (2019). Genomic characterization provides new insights for detailed phage-resistant mechanism for *Brucella abortus*. *Frontiers in Microbiology*, 10, 917. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31130926/>
- Loli–Pin, J.P., Villacaqui–Ayllón, E., Morales–Cauti, S. (2021). Prevalencia de anticuerpos contra *Chlamydophila abortus* en bovinos de crianza extensiva de tres distritos de Ayacucho, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2), e20011. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20011>
- Loli, J.P., Villacanqui, E. y Morales, S. (2020). Prevalencia de anticuerpos contra *Chlamydophila abortus* en bovinos de crianza extensiva de los distritos de Coracora, Chumpi y Pullo de la provincia de Parinacochas, Ayacucho 2018. *Revista de Investigación Veterinaria Perú* 2021; 32 (2), e20011. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172021000200008&script=sci_abstract
- Longbottom, D. & Coulter, J. (2003). Animal chlamydioses and zoonotic implications. *Journal of Comparative Pathology*, 128(4), 217–244. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021997502906298>
- Maguirre, D.J. (1991). An overview and definition of GIS. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W., Eds. *An overview and definition of GIS geographical information systems: principles and applications*, Wiley, Hoboken, 1, 9-20. <http://lidecc.cs.uns.edu.ar/~nbb/ccm/downloads/Literatura/OVERVIEW%20AND%20DEFINITION%20OF%20GIS.pdf>
- Maurin, M. (2005). La brucellose à l'aube du 21e siècle. *Médecine et maladies infectieuses*, 35(1), 6–16. <https://pdf.sciencedirectassets.com/272288/1-s2.0-S0399077X00X00583/1-s2.0-S0399077X04002574/main.pdf?X-Amz-Security->

- McDermott, J.J. & Arimi, S.M. (2002). Brucellosis in sub-Saharan Africa: epidemiology, control and impact, *Veterinary Microbiology*, 90 (1–4), 111–134. DOI: 10.1016/s0378-1135(02)00249-3
- Meade, M. (1983). Cardiovascular disease in Savannah Georgia. Geographical aspects of health: Essays in honour of Andrew Learmonth., N.D. Mc Glashan and J.R. Blunder, 178–196.
- Meslin, F. X., Stöhr, K., Heymann, D. (2000). Public health implications of emerging zoonoses. *Revue scientifique et technique* (International Office of Epizootics), 19(1), 310–317.
<https://doc.woah.org/dyn/portal/index.xhtml?page=alo&aloId=29623>
- Meurens, F., Dunoyer, C., Fourichon, C., Gerdt, V., Haddad, N., Kortekaas, J. & Zhu, J. (2021). Animal board invited review: Risks of zoonotic disease emergence at the interface of wildlife and livestock systems. *Animal*, 15(6), 100241.
- M'ikanatha, N.M., Lynfield, R., Julian, K.G., Van Beneden, C.A., & de Valk, H. (2013). Infectious disease surveillance: A cornerstone for prevention and control. In *Infectious Disease Surveillance: Second Edition* (pp. 1-20). John Wiley and Sons.
<https://doi.org/10.1002/9781118543504.ch1>
- Ministerio de Salud del Perú. (2017). Norma técnica de salud para la vigilancia, prevención y control de rabia humana en el Perú. NTSN°131.MINSA/DGIESP.V01, RM024-217/MINSA. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4193.pdf>
- Ministerio de Salud del Perú. (2023). Viceministerio de Salud Pública. Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades.
<https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/vigilancia-epidemiologica/vigilancia-de-enfermedades-zoonoticas/>
- Mostafavi, E., Ghasemian, A., Abdinasir, A., Nematollahi Mahani, S.A., Rawaf, S., Salehi Vaziri, M., ... & Swaka, A. (2022). Emerging and re-emerging infectious diseases in the WHO Eastern Mediterranean region, 2001 – 2018. *International*

journal of health policy and management, 11(8), 1286 – 1300.

Náquira, C. (2010). Las zoonosis parasitarias: problema de salud pública en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 27(4), 494-497. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000400001

Nyasulu, P.S., Weyer, J., Tschopp, R., Mihret, A., Aseffa, A., Nuvor, S.V. & Drosten, C. (2021). Rabies mortality and morbidity associated with animal bites in Africa: a case for integrated rabies disease surveillance, prevention and control: a scoping review. *BMJ Open*, 11(12), e048551. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8640643/>

Ochoa, P. (2008). *Tutorial de prácticas ArcGis Versión 9.2*. Universidad del Azuay. https://gis.uazuay.edu.ec/descargas/geomatica_v3/tutorial/tutorial_arcgis_ver.pdf

Olaya, V. (2014). *Sistemas de información geográfica*. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25452>

Olivera, A. (1994). Geografía de la salud. *Documents d'anàlisi geogràfica*, (25), 206-208. <https://ddd.uab.cat/record/16981>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *FAO, OIE, and WHO launch a guide for countries on taking a One Health approach to addressing zoonotic diseases* (7 March 2019). <https://www.woah.org/en/fao-oie-and-who-launch-a-guide-for-countries-on-taking-a-one-health-approach-to-addressing-zoonotic-diseases/>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2017). Salud en las Américas. Resumen: Panorama regional y perfiles de país. *Publicación Científica y Técnica*, (642), 248. <https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/wp-content/uploads/2017/09/Print-Version-Spanish.pdf>

Pappas, G., Papadimitriou, P., Akritidis, N., Christou, L. & Tsianos, E.V. (2006). The new global map of human brucellosis. *The Lancet Infectious Diseases*, 6(2), 91–99.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1473309906703826?via%3Dihub>

Parra, G. (2010). Sistemas de información geográfica y sensores remotos. Aplicaciones en enfermedades transmitidas por vectores. *Revista CES Medicina*, 24(2), 75–89. <https://www.redalyc.org/pdf/2611/261119512006.pdf>

Petropoulos, G.P., Kalivas, D.P., Griffiths, H.M. & Dimou, P.P. (2015). Remote sensing and GIS analysis for mapping spatiotemporal changes of erosion and deposition of two Mediterranean river deltas: The case of the Axios and Aliakmonas rivers, Greece. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35(12), 217–228. https://www.researchgate.net/publication/267047909_Remote_sensing_and_GIS_analysis_for_mapping_spatio-temporal_changes_of_erosion_and_deposition_of_two_Mediterranean_river_deltas_The_case_of_the_Axios_and_Aliakmonas_rivers_Greece

Pillajo Romero, L.G. (2017). *Uso de los Sistemas GIS como herramienta de apoyo para las operaciones de búsqueda y rescate. Salinas, Ecuador* [Tesis de Licenciatura, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15325>

Pinto, K., Villalobos, F., Fischer, C., Barrientos, C., González, D. y Troncoso, I. (2018). Detección serológica de *Chlamydomyces psittaci* en psitácidos en cautiverio de la Región del Biobío, Chile. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(3), julio/setiembre. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v29n3/a26v29n3.pdf>.

Rahman, M.T., Sobur, M.A., Islam, M.S., Levy, S., Hossain, M.J., El Zowalaty, M.E. & Ashour, H.M. (2020). Zoonotic diseases: etiology, impact, and control. *Microorganisms*, 8(9), 1405. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7563794/>

- Recuenco Cabrera, S. (2019). Persistencia de la reemergencia de la rabia canina en el sur del Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*, 80(3), 379–382. <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v80n3/a19v80n3.pdf>
- Reyes, V.R.V., Ávila, M.G.F. y Balandrano, A.G.P. (2013). Tratamiento de heridas por mordeduras de perro en región craneofacial. *Revista odontológica mexicana*, 17(4), 247–255. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2013000400008
- Rodríguez, H., Bastidas, A. y Naranjo, J.E. (2016). Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) para la implementación de ganadería de precisión. *Livestock Research for Rural Development*, 28(8). https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/indice_verde/41-Aplicacion.pdf
- Rojas, M., Fort, M. y Bettermann, S. (2018). Detección de *Chlamydia abortus* en pérdidas reproductivas de bovinos en la provincia de La Pampa, Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(3), 269-274. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v50n3/v50n3a07.pdf>
- Rosenthal, J.S.R., Ostfeld, R.S., McGarvey, S.T., Lurie, M.N. & Smith, K.F. (2015). Redefining disease emergence to improve prioritization and macro-ecological analyses, *One Health* 1, 17–23. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5441331/>
- Sánchez, M., Teruel, J., Soto, L. & Socorro, M. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24 (C), 544–556. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032113001780>
- Sánchez, L., Pantoja, C., Villacaqui, E. y Morales–Cauti, S. (2018). Seroprevalencia de anticuerpos contra *Chlamydia abortus* en ovinos de SAIS Túpac Amaru del departamento de Junín, Perú. *REDVET*. 19(6). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060618/061823.pdf>

- Santos, M. y Cosero, D. (2008). Los Sig Raster : herramienta de análisis medio ambiental y territorial. <https://canal.uned.es/uploads/materials/resources/pdf/3/6/1259093906763.pdf>
- Sanyaolu, A., Okorie, C., Mehraban, N., Ayodele, O., Tshitenge, S. & Knox, R. (2016). Epidemiology of zoonotic diseases in the United States: a comprehensive review. *Journal of Infectious Diseases and Epidemiology*, 2(3), 1–8. <http://clinmedjournals.org/articles/jide/journal-of-infectious-diseases-and-epidemiology-jide-2-021.php?jid=jide>
- Sari, I., Altuntas, F., Hacıoglu, S., Kocyigit, I., Sevinc, A., Sacar, S. & Cetin, M. (2008). A multicenter retrospective study defining the clinical and hematological manifestations of brucellosis and pancytopenia in a large series: Hematological malignancies, the unusual cause of pancytopenia in patients with brucellosis. *American journal of hematology*, 83(4), 334 – 339. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajh.21098>
- Seleem, M.N. & Boyle, S.M., Sriranganathan, N. (2010). Brucellosis: a re-emerging zoonosis. *Veterinary microbiology*, 140(3-4), 392–398. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378113509003058?via%3>
Dihub
- Seguinot, J. (2009). *Geografía médica y de la salud: “El caso de Puerto Rico en el Contexto del Cambio Climático”*. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal15/Geografiasocioeconomicas/Geografiamedica/03.pdf>
- Shewen, P.E. (1980). Chlamydial infection in animals. *The Canadian Veterinary Journal*, 21(1), 2–11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1789659/>
- Sibson, R. (1981) A Brief description of natural neighbor interpolation. In: Barnett, V., Ed., *Interpreting Multivariate Data*, John Wiley & Sons, New York. pp. 21-36.

- Silva, Z., Spohr, A., Lima, B., Dias, A., Muller, E., Neto, J. y Turilli, C. (2009). Prevalência de anticorpos anti-*Chlamydomphila* spp em propriedades rurais com histórico de aborto bovino no estado do Paraná. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 29(3), 215-219. doi: 10.1590/S0100-736X200900-0300005
- Simpson, G.J., Quan, V., Frean, J., Knobel, D.L., Rossouw, J., Weyer, J., Marcotty, T., Godfroid, J. & Blumberg, L. H. (2018). Prevalence of selected zoonotic diseases and risk factors at a human wildlife livestock interface in Mpumalanga Province, South Africa. *Vector Borne and Zoonotic Disease*, 18(6), 303-310. doi: 10.1089/vbz.2017. 2158.
- Sophie, R., Michael, L., Marcel, B. & Earl, R. (2004). Prevention of laboratory-acquired brucellosis. *Clinical Infectious Diseases*, 38(12), e119–e122. <https://doi.org/10.1086/421024>
- Suarez, A., Suárez, A., Vásquez, M. y López, A. (2004). *Sistemas de Información Geográfica*. https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- Taylor, L.H., Latham, S.M. & Woolhouse, M.E. (2001). Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 356(1411), 983–989. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1088493/>
- Urday, I. (2019). Características epidemiológicas y clínicas asociadas a la mordedura de perro y adherencia al tratamiento antirrábico, C.S. Mariano Melgar, Arequipa 2019. p. 1 – 119.
- Velásquez, F. (2017). Frecuencia de perros y evaluación de conocimientos sobre la rabia, en pobladores de una localidad de Arequipa 2017.
- Waldrop, S.G., Sriranganathan, N. (2019). Intracellular invasion and survival of *Brucella neotomae*, another possible zoonotic *Brucella* species. *PLoS One*, 14(4), e0213601.
- Wehrend, A., Failing, K., Hauser, B., Jäger, C. & Bostedt, H. (2005). Production, reproductive, and metabolic factors associated with chlamydial seropositivity and

reproductive tract antigens in dairy herds with fertility disorders. *Theriogenology*, 63(3), 923–930. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15629808/>

WHO/DFID-AHP. (2006). The control of neglected zoonotic diseases: a route to poverty alleviation. In: *Report of a joint WHO/DFID-AHP meeting, 20 and 21 September 2005*, WHO Headquarters, Geneva, with the participation of FAO and OIE. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241594301>

Wolfe, N.D., Dunavan, C.P., & Diamond, J. (2007). Origins of major human infectious diseases. *Nature*, 447(7142), 279–283. <https://www.nature.com/articles/nature05775>

Yoo, S.J., Choi, Y.S., Lim, H.S., Lee, K., Park, M.Y., Chu, C.S., & Kang, Y.A. (2009). Seroprevalence and risk factors of brucellosis among slaughterhouse workers in Korea. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 42(4), 237-242. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19675400/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Figuras de los Métodos de Interpolación

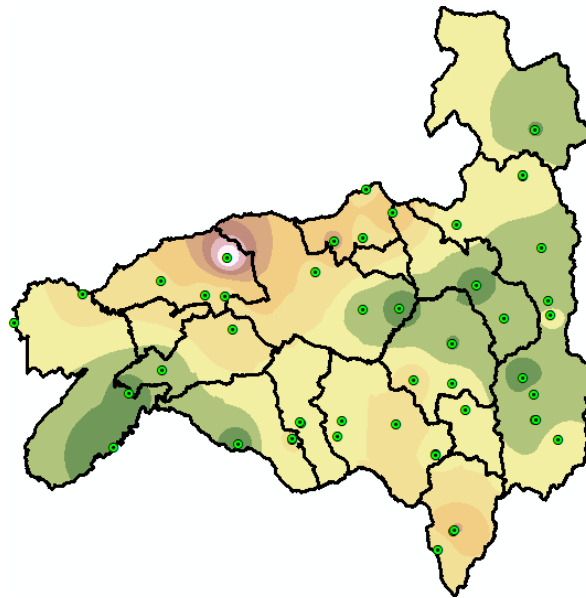


Figura 40: Ráster generado por interpolación de la distancia inversa ponderada

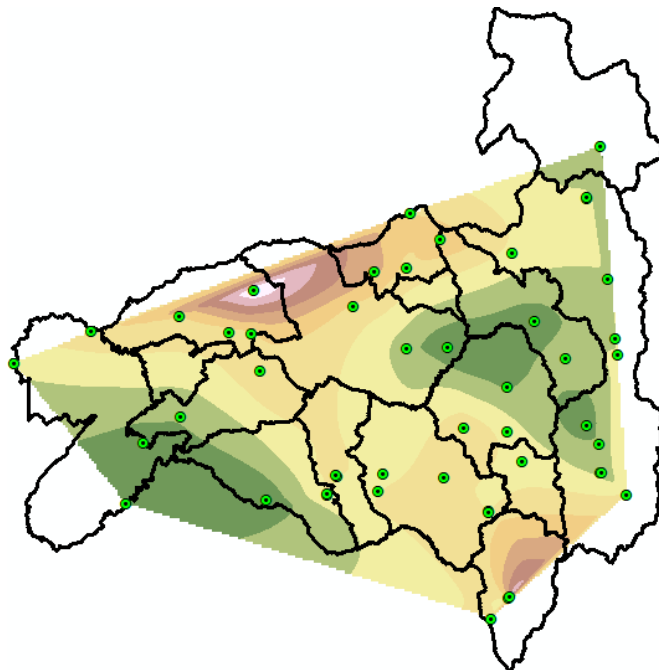


Figura 41: Ráster generado por interpolación del vecino más cercano

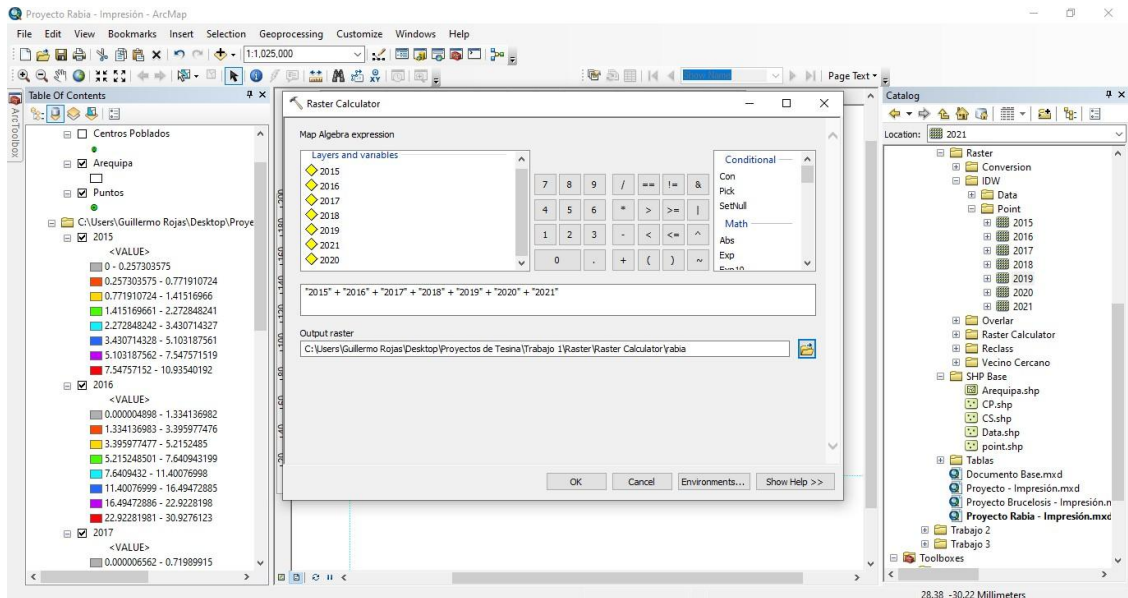


Figura 42: Suma ráster de los casos de rabia en Arequipa (2015 – 2021) – Método de interpolación de la distancia inversa ponderada

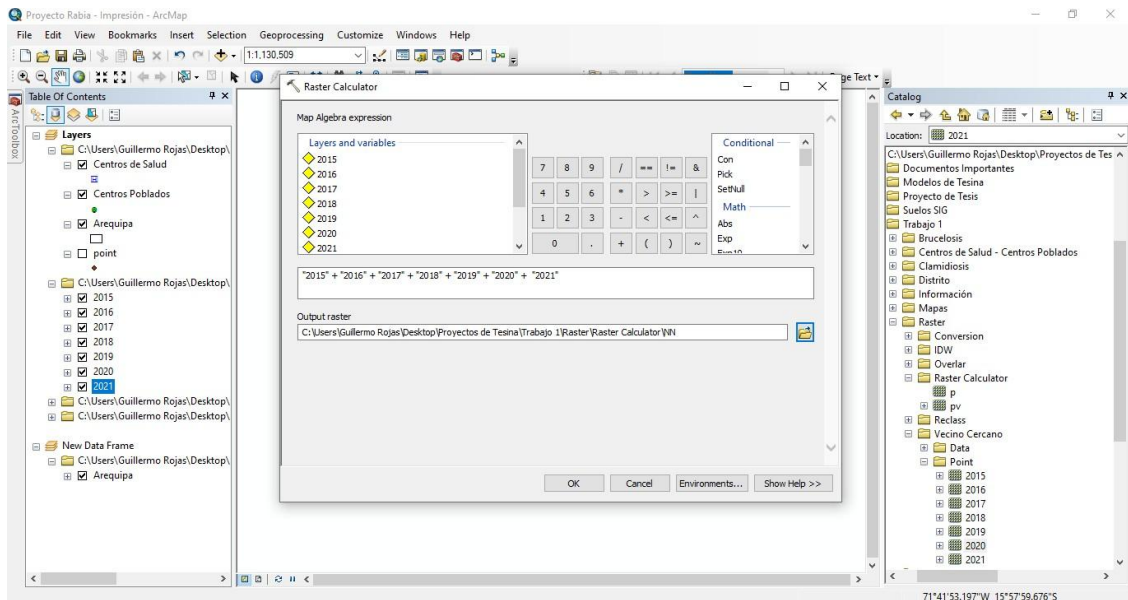


Figura 43: Suma ráster de los casos de rabia en Arequipa (2015 – 2021) - Método de interpolación del vecino más cercano

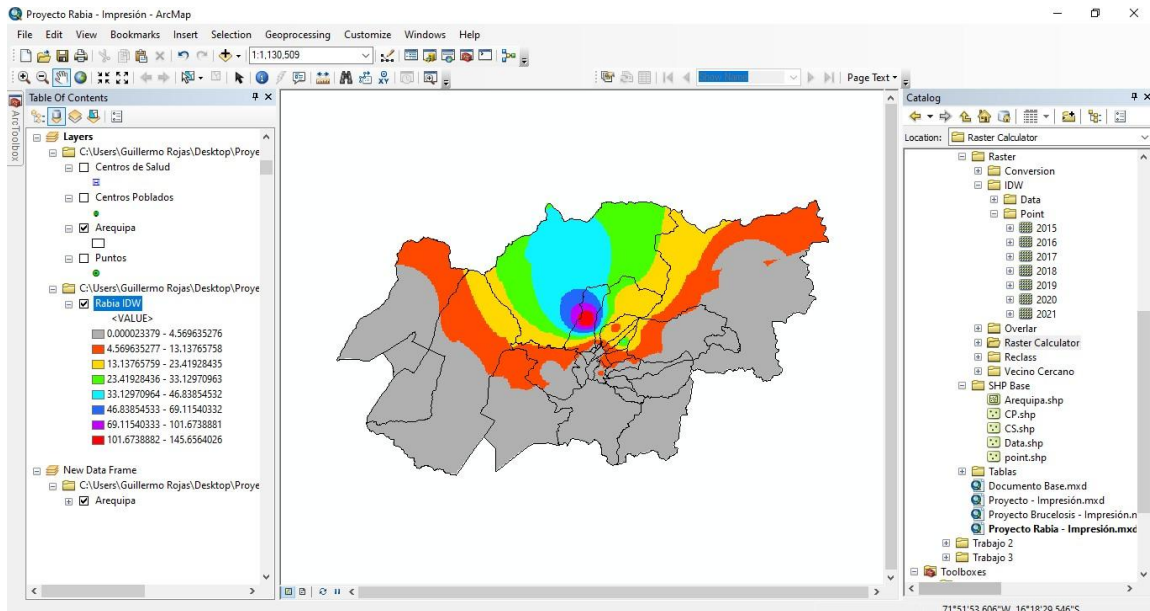


Figura 44: Resultado de la suma de ráster para interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de rabia (2015 - 2021)

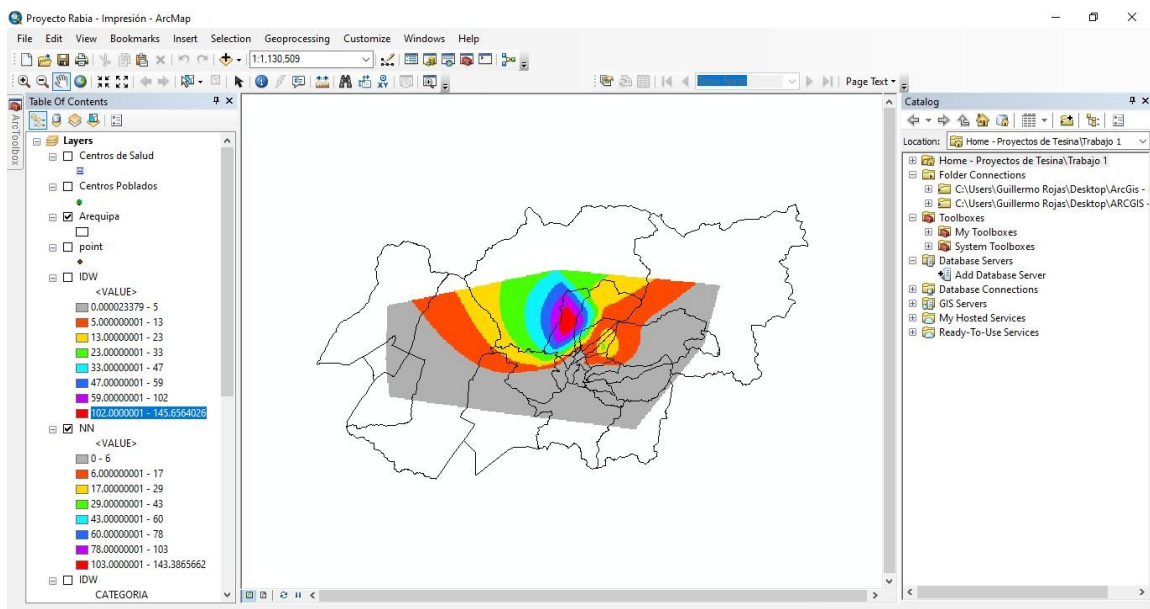


Figura 45: Resultado de la suma de ráster para interpolación del vecino más cercano – Casos de rabia (2015 - 2021)

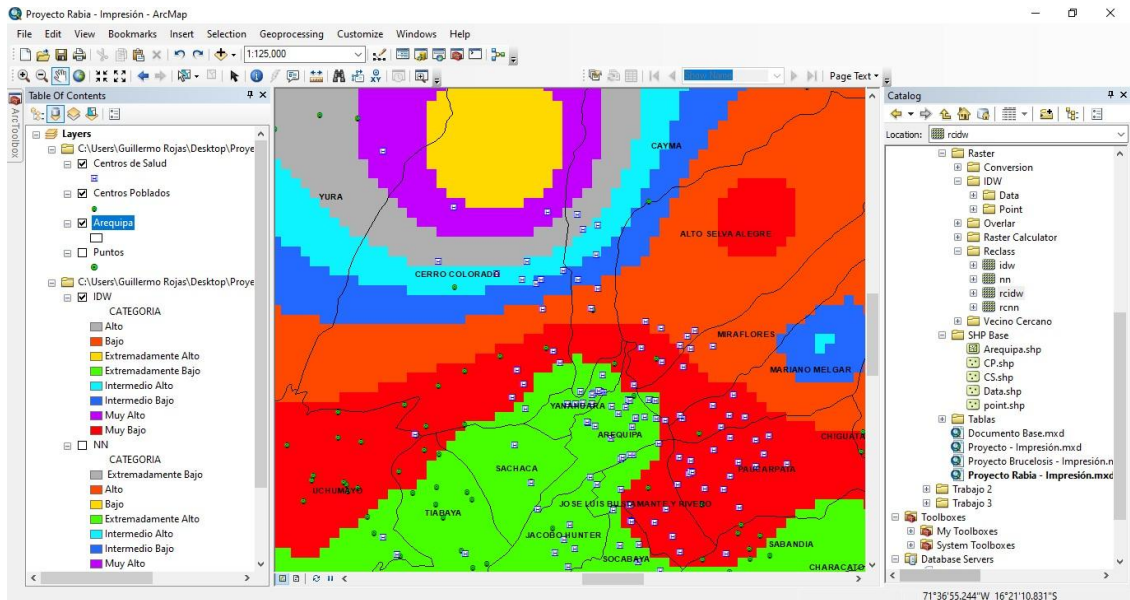


Figura 48: Disponibilidad de centros de salud por categorías de incidencia de la enfermedad – Casos de rabia

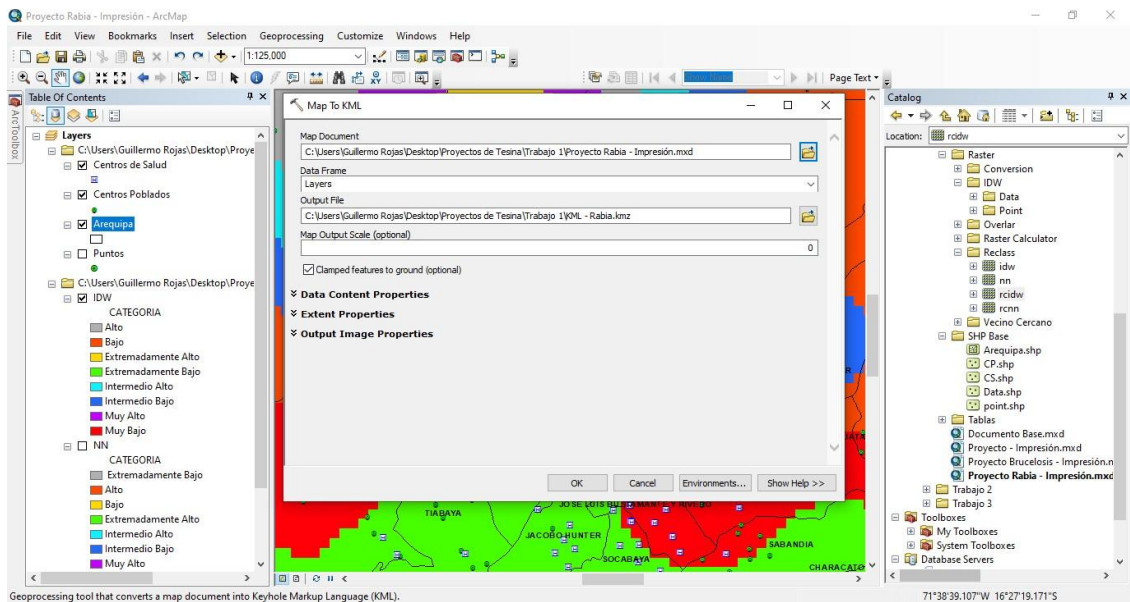


Figura 49: Proceso de conversión de casos de rabia (2015 – 2022) a formato Keyhole Markup Language (KML).

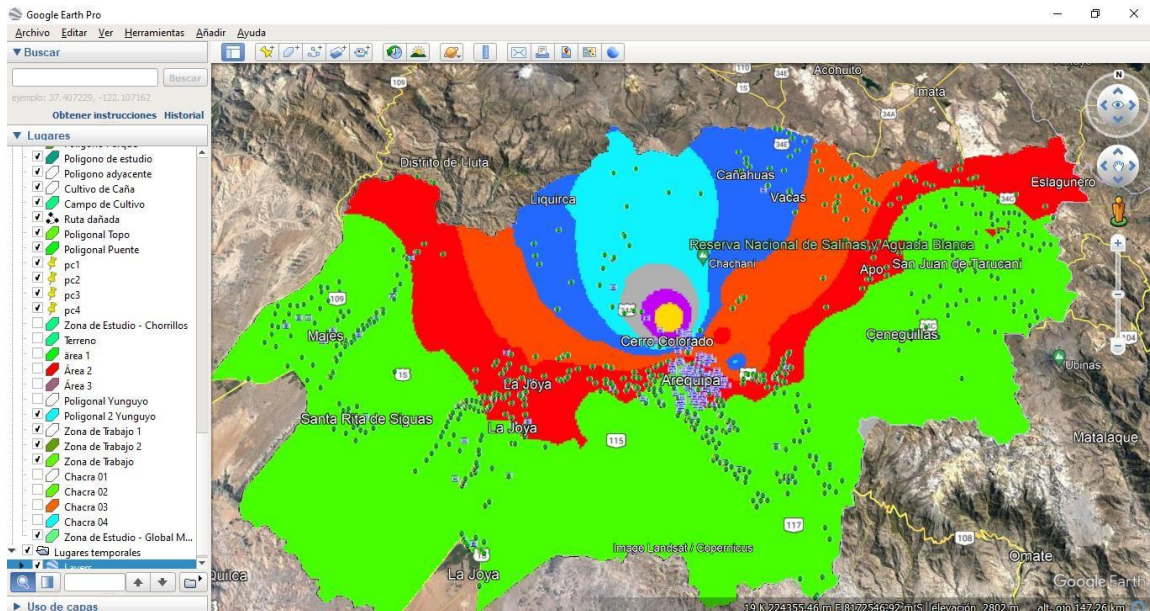


Figura 50: Mapa de prevalencia de rabia por distrito en la provincia de Arequipa (2015 – 2021) en formato Keyhole Markup Language (KML)

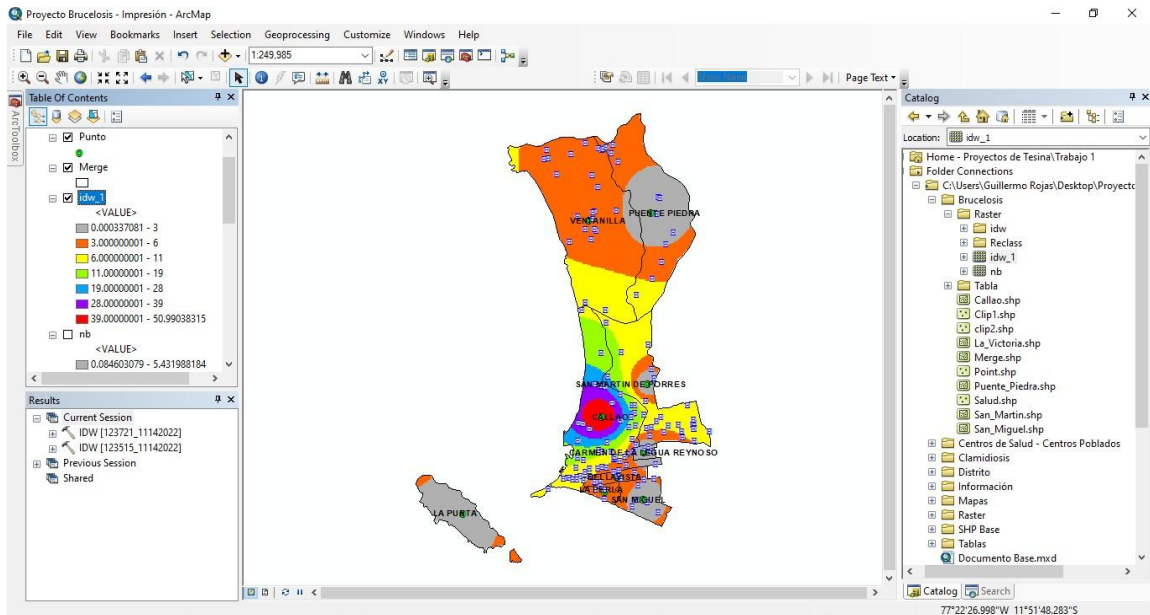


Figura 51: Resultados de interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de brucelosis

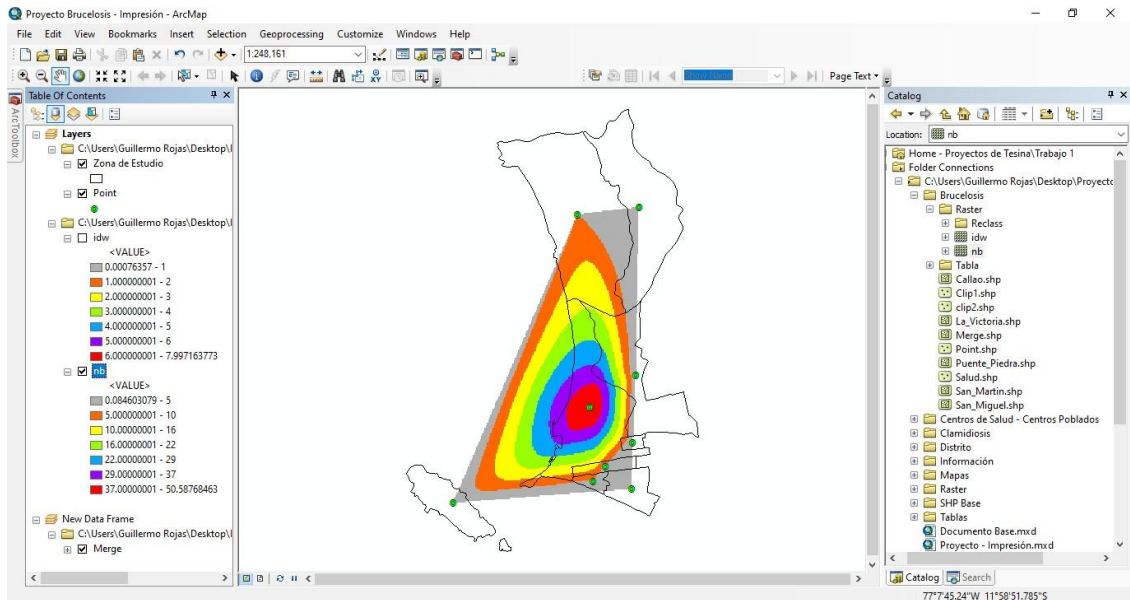


Figura 52: Resultados de la interpolación del vecino más cercano – Casos de brucelosis

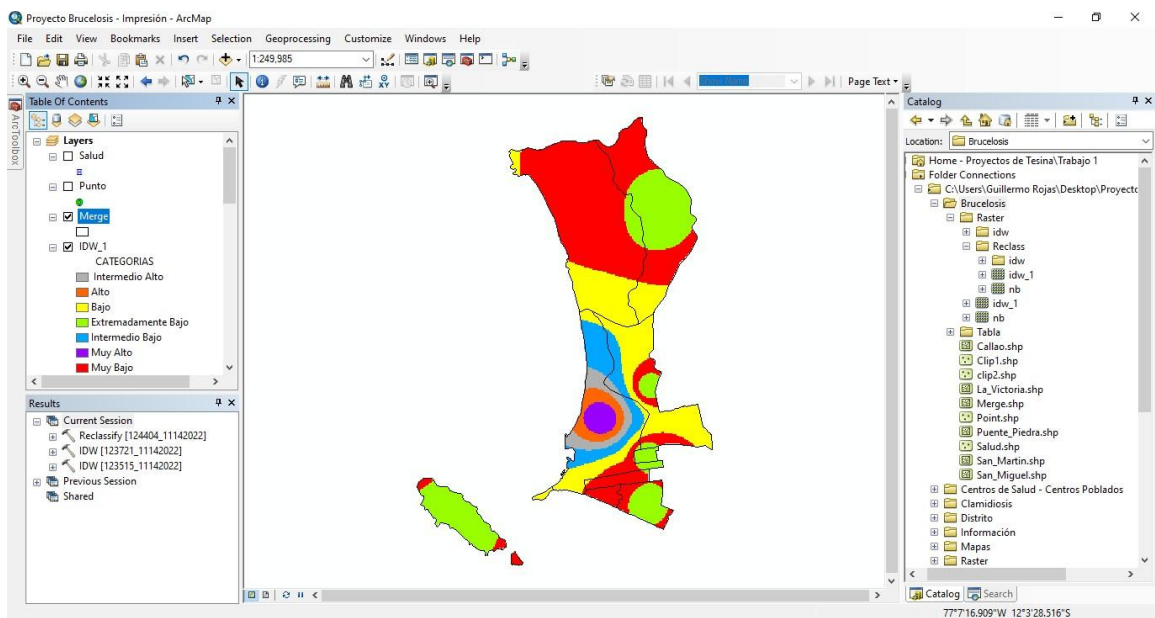


Figura 53: Resultados de reclasificación de interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de brucelosis

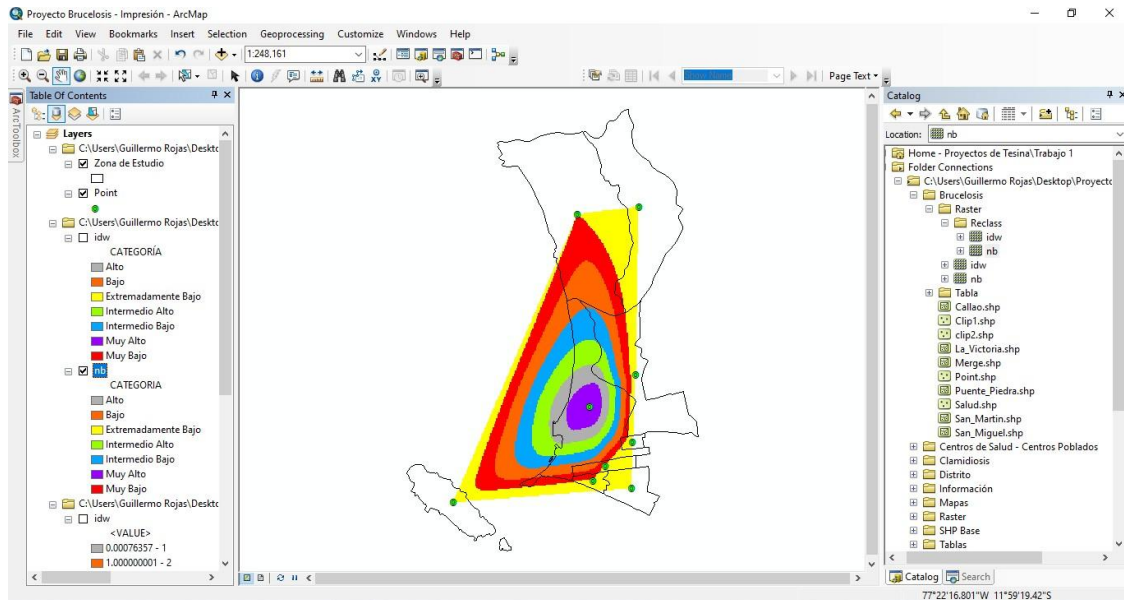


Figura 54: Resultados de la reclasificación de la interpolación del vecino más cercano – Casos de brucelosis

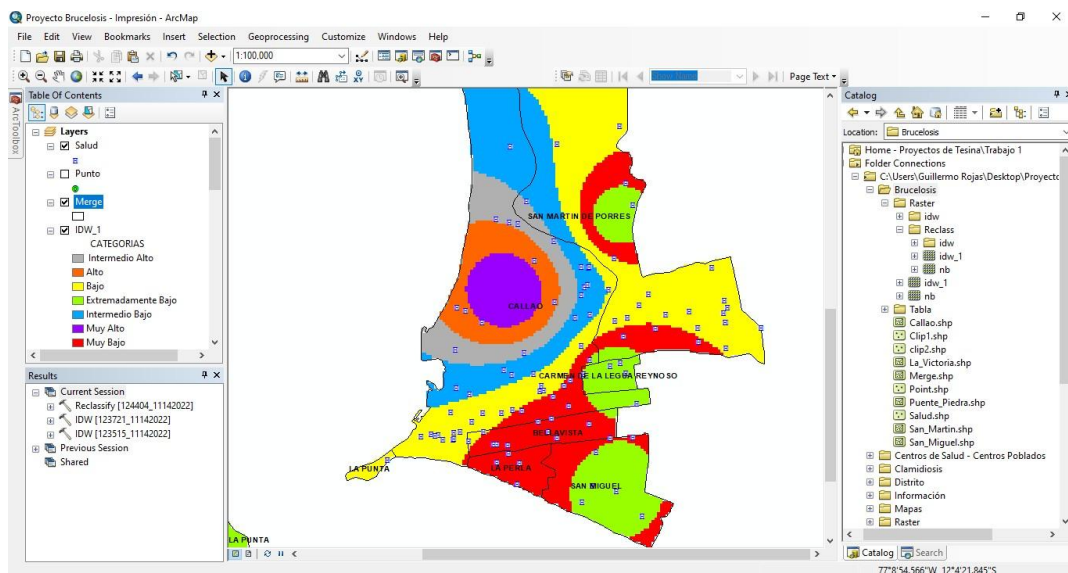


Figura 55: Disponibilidad de centros de salud - Interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de brucelosis

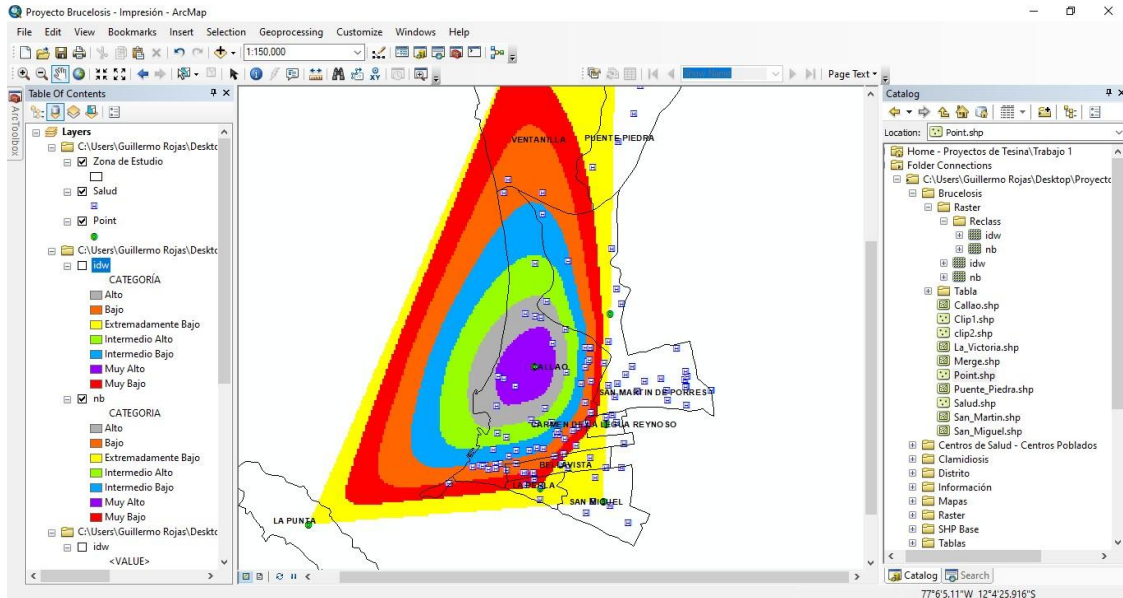


Figura 56: Centros de salud disponibles –Interpolación del vecino más cercano – Casos de brucelosis

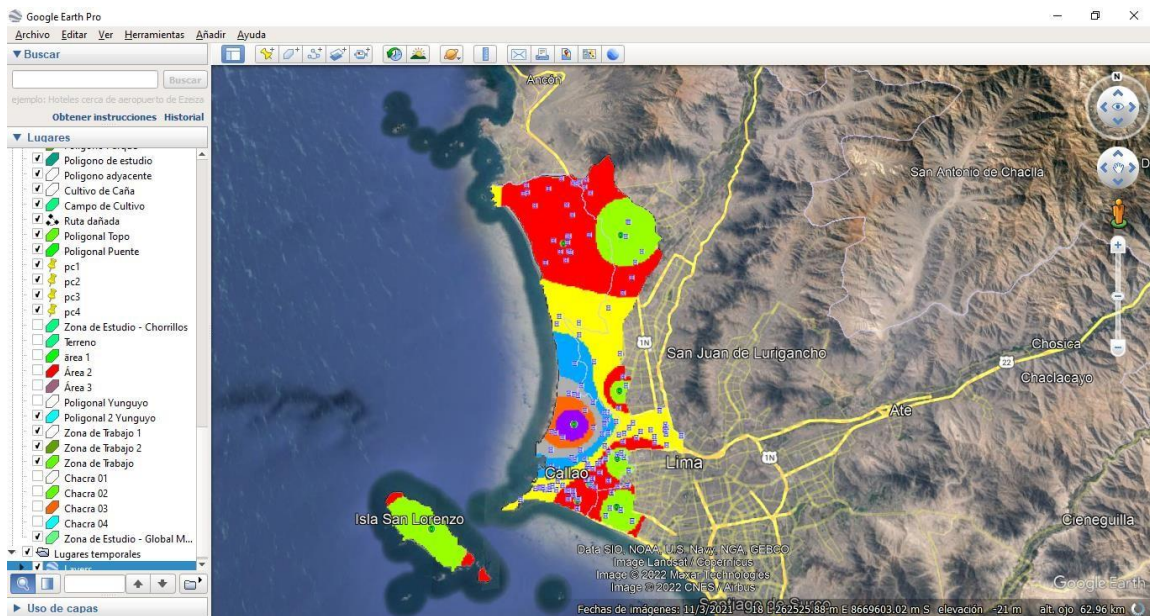


Figura 57: Mapa de prevalencia de brucelosis en formato Keyhole Markup Language (KML)

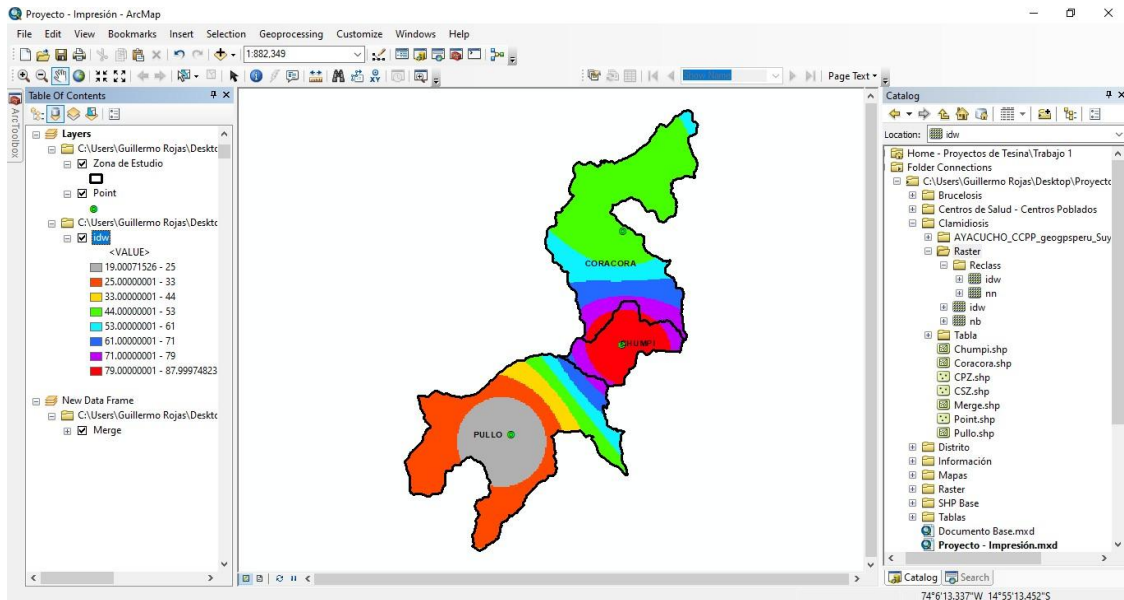


Figura 58: Resultados del método de interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de clamidia

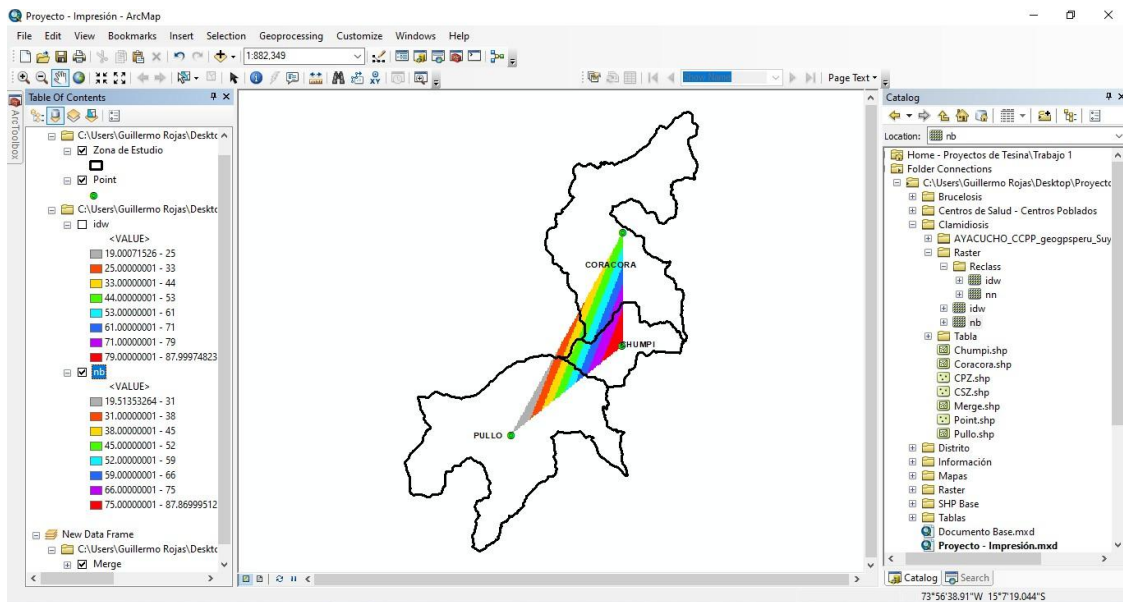


Figura 59: Resultados de interpolación del vecino más cercano – Casos de clamidia

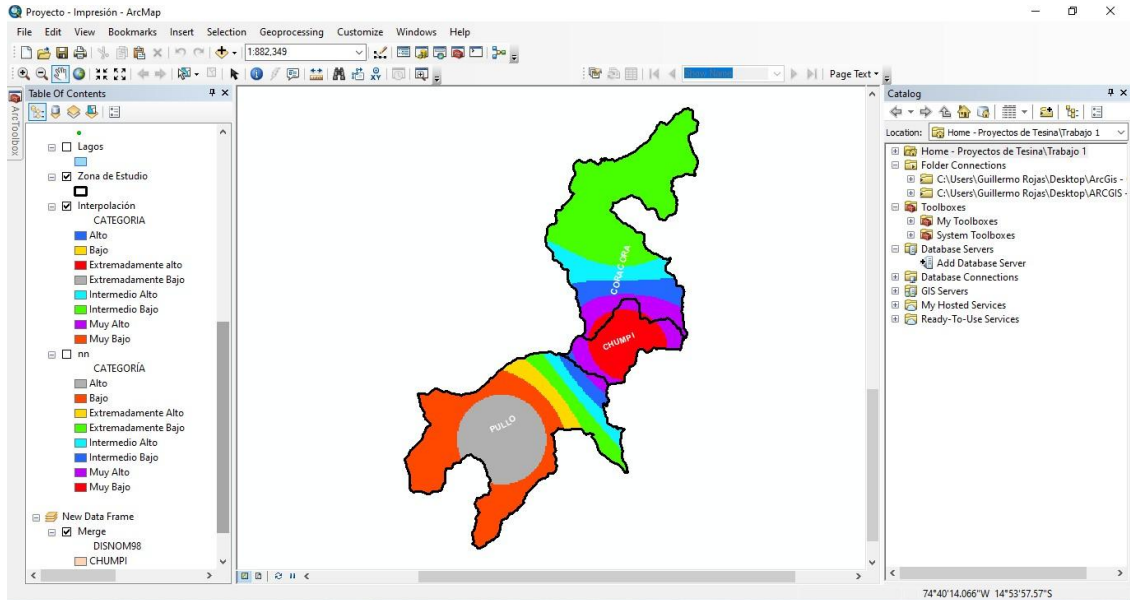


Figura 60: Resultados de reclasificación para interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de clamidia

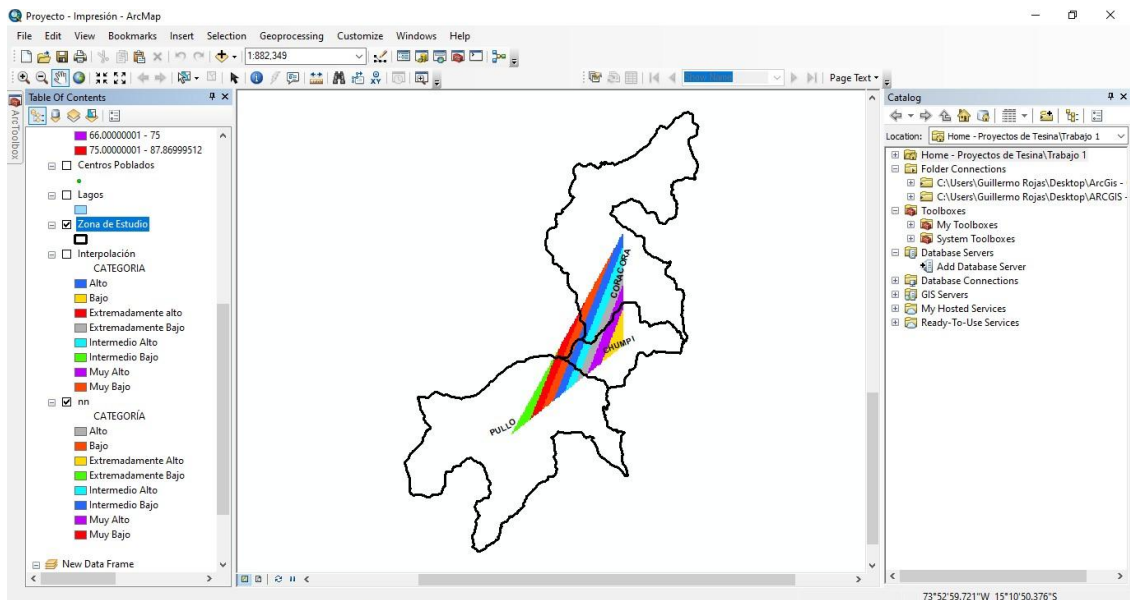


Figura 61: Resultados de reclasificación de la interpolación del vecino más cercano – Casos de clamidia

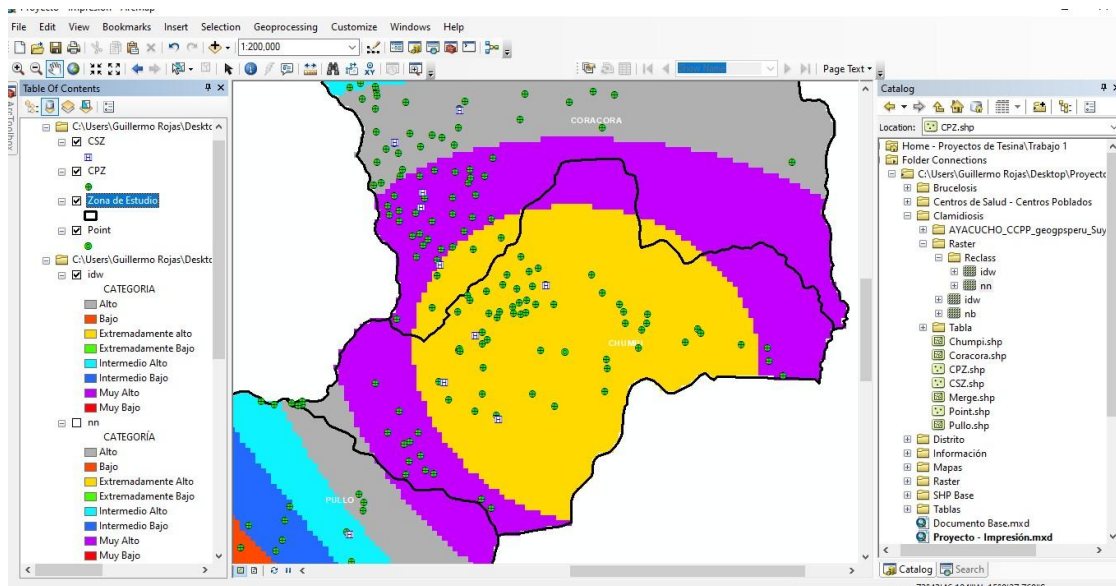


Figura 62: Número de centros de salud y centros poblados – Interpolación de la distancia inversa ponderada – Casos de clamidia

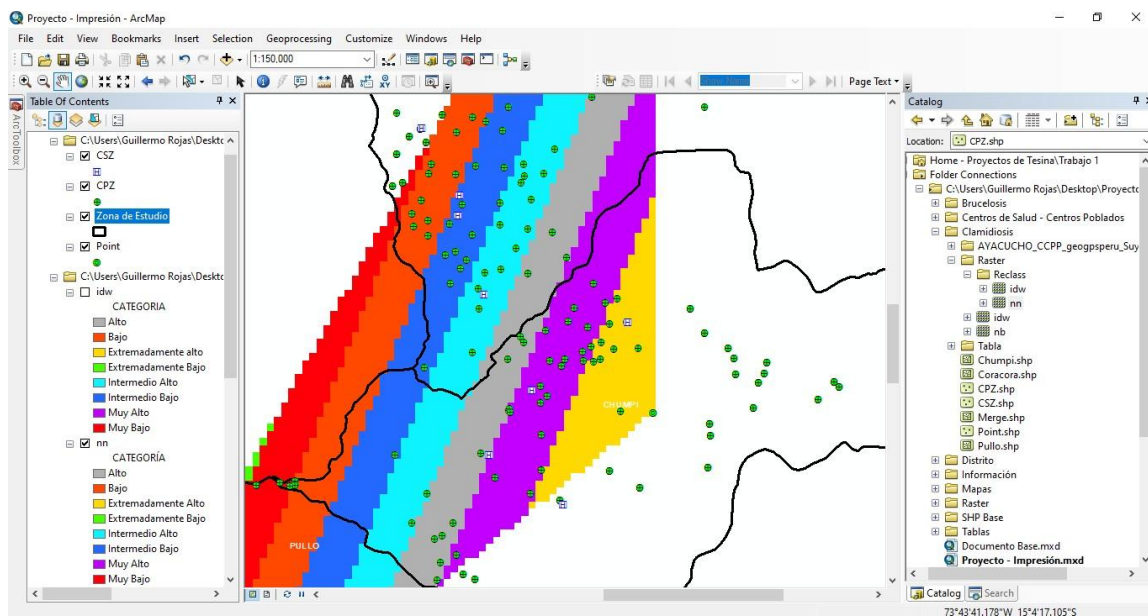


Figura 63: Número de centros de salud y centros poblados – Interpolación del vecino más cercano – Casos de clamidia

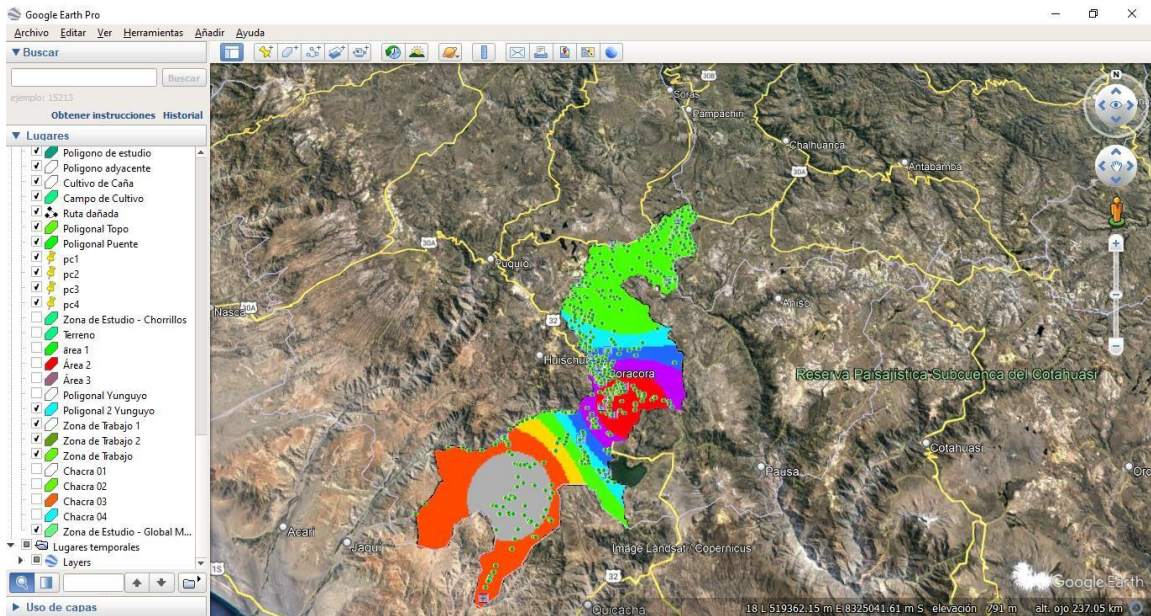


Figura 64: Mapa de transmisión de clamidia en formato Keyhole Markup Language (KML)

Anexo 2: Tablas informativas del presente Trabajo de Suficiencia Profesional

Tabla 1: Especies del género Brucella

Especie	Huésped Natural
<i>Brucella melitensis</i>	Caprino y Ovino
<i>Brucella abortus</i>	Bovino
<i>Brucella suis</i>	Porcino
<i>Brucella canis</i>	Canino
<i>Brucella ovis</i>	Ovino
<i>Brucella neotomae</i>	Ratas
<i>Brucella microti</i>	<i>Microtus arvalis</i> (roedor)
<i>Brucella pinnipidialis</i>	Pinnípedos marinos
<i>Brucella ceti</i>	Cetáceos
<i>Brucella inopinata</i>	Implante mamario
<i>Brucella papionis</i>	Babuinos
<i>Brucella vulpis</i>	Zorros

FUENTE: Adaptado Rojas (2023)

Tabla 2: Operacionalización de variables

Variables Independiente	Expresión	Técnicas
Enfermedades zoonóticas	Animales	Conversión de los datos de un campo de la base de datos del shapefile a formato raster
Variables Dependiente	Expresión	Técnicas
Interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW)	Pixel	Ponderación de los valores de un campo de la base de datos del shapefile a formato raster
Interpolación del Vecino Cercano (NN)	Pixel	Ponderación de los valores de un campo de la base de datos del shapefile a formato raster

Tabla 3: Personas que dieron positivo a rabia canina en la provincia de Arequipa

Distritos	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Arequipa	2	0	0	0	0	0	1
Alto Selva Alegre	2	1	4	0	1	0	0
Cayma	0	3	3	1	5	3	2
Cerro Colorado	0	31	23	23	19	7	43
Jacobo Hunter	0	0	1	0	0	0	0
La Joya	0	0	0	0	1	0	0
Mariano Melgar	11	8	7	5	1	1	1
Miraflores	2	7	1	2	4	0	0
Paucarpata	1	2	1	2	1	2	1
Sachaca	0	1	0	0	0	0	0
Socabaya	1	0	1	2	0	0	1
Uchumayo	0	1	1	0	0	0	0
Yura	0	3	5	11	8	7	9
José Luis Bustamante yRivero	0	1	0	4	1	0	0

Tabla 4: Número de Personas que dieron positivo al test de brucelosis

Distritos	Positivos
Callao	51.00
Bellavista	4.00
Carmen de la Legua y Reynoso	0.00
La Perla	4.00
La Punta	0.00
Ventanilla	5.00
Puente Piedra	1.00
San Martín de Porres	1.00
San Miguel	1.00

Tabla 5: Número de animales examinados y que dieron positivo al test de Clamidia

Distrito	Ganado	Positivo
Pullo	34.00	19.00
Coracora	117.00	47.00
Chumpi	33.00	88.00