

## Análisis geoespacial del COVID-19 en Honduras a los 18 meses de pandemia

*Geospatial analysis of COVID-19 in Honduras after 18 months of pandemic*

Roger Bonilla-Carrión<sup>(1)</sup>, Ester Abigail Zapata-Quintanilla<sup>(2)</sup>.

1. Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

2. Escuela de Matemáticas. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

**Autor correspondiente:** Roger Bonilla-Carrión, [roger.bonilla@ucr.ac.cr](mailto:roger.bonilla@ucr.ac.cr)

ORCID: [0000-0002-8789-4494](https://orcid.org/0000-0002-8789-4494)

**DOI:** <https://doi.org/10.36109/rmg.v160i3.448>

**Recibido:** 29 de Octubre 2021

**Aceptado:** 3 de Noviembre 2021

### Resumen

**Introducción:** la enfermedad por coronavirus COVID-19 plantea muchos retos en la salud pública. Para el apropiado diseño de políticas de prevención y control, es muy importante conocer la epidemiología de los casos de COVID-19.

**Objetivo:** detectar los conglomerados geoespaciales de morbilidad por COVID-19 en Honduras durante los 18 primeros meses de pandemia.

**Métodos:** se analizó la tasa de morbilidad por COVID-19 entre el 06 de marzo del 2020 y el 03 de septiembre del 2021 (18 meses) y fue mapeada para los 298 municipios de Honduras. Se realizó un escaneo geoespacial para detectar conglomerados de COVID-19, asumiendo la distribución de Poisson.

**Resultados:** el escaneo geoespacial identificó 14 conglomerados de altas tasas de morbilidad de COVID-19 en Honduras.

**Conclusión:** en los primeros 18 meses de pandemia de COVID-19 en Honduras, la tasa no se distribuyó de forma uniforme en el territorio porque se detectaron conglomerados de altas tasas de morbilidad por COVID-19. La heterogeneidad geoespacial de las tasas de COVID-19 debe ser una guía para el gobierno y las organizaciones de salud pública para ejecutar medidas en esas áreas geográficas y concientizar a la población para evitar la transmisión comunitaria de COVID-19.

**Palabras clave:** COVID-19, morbilidad, análisis geoespacial, SIG, Honduras.

## Abstract

**Introduction:** the coronavirus disease COVID-19 poses many challenges in public health. For the proper design of prevention and control policies, it is very important to know the epidemiology of COVID-19.

**Objective:** to detect the geospatial clusters of morbidity of COVID-19 in Honduras during the first 18 months of the pandemic.

**Methods:** The morbidity rate of COVID-19 between March 6, 2020 and September 3, 2021 (18 months) was analyzed and it was mapped for the 298 municipalities of Honduras. A space scan was performed to detect clusters of COVID-19, assuming the Poisson distribution.

**Results:** the space scan identified 14 clusters of high COVID-19 morbidity rates in Honduras.

**Conclusion:** in the first 18 months of the COVID-19 pandemic in Honduras, the rate was not evenly distributed throughout the territory because clusters of high COVID-19 morbidity rates were detected. The geospatial heterogeneity of COVID-19 rates should be a guide for the government and public health organizations to implement measures in those geographic areas and raise awareness to prevent community transmission of COVID-19.

**Keywords:** COVID-19, morbidity, geoespacial scan, SIG, Honduras.

## Introducción

La pandemia de COVID-19 plantea desafíos de salud pública y es importante conocer la epidemiología de los casos de COVID-19 para el diseño de políticas de control a nivel local. En salud pública, una de las metas más importantes es la de controlar los casos para evitar la transmisión comunitaria [1,2]. En epidemiología, se comparan las tasas entre zonas, pero estas comparaciones son limitadas porque los casos de una enfermedad pueden estar influidas por la geografía. Los límites político administrativos de un país están definidos por criterios institucionales, que producen sesgos de selección [3]. Un conglomerado es una región en donde los casos reportados es mayor a los esperados. Los agentes de salud pública deberían evaluar el estado de salud en esos conglomerados. La heterogeneidad geoespacial de las tasas de COVID-19 en Honduras no ha sido explorada y podría ser una guía para el gobierno y las organizaciones de salud pública para ejecutar medidas en municipios. El objetivo de este estudio es identificar los conglomerados geoespaciales de morbilidad por COVID-19 en Honduras durante los primeros 18 meses de pandemia. Este es el primer estudio en Honduras que analiza los conglomerados geoespaciales de morbilidad por COVID-19.

## Material y métodos

**Datos:** los casos acumulados de morbilidad por COVID-19 se extrajeron de la base de datos de la Secretaría de Salud de Honduras [4] entre el 06 de Marzo del 2020 y el 06 de Septiembre del 2021, para un total de 18 meses de pandemia. Los casos fueron agregados a nivel de municipios, que es el segundo nivel de la división política administrativa de Honduras. Se utilizó un mapa en formato shapefile, un formato de almacenamiento de datos vectoriales de ESRI para almacenar la ubicación, la forma y los atributos de los municipios y para ubicar la coordenada geográfica en un sistema de referencia lat-lon (latitud-longitud). Los datos son de tipo censal y la población de cada municipio fue estimada por el Instituto Nacional de Estadística Honduras (INE) [5].

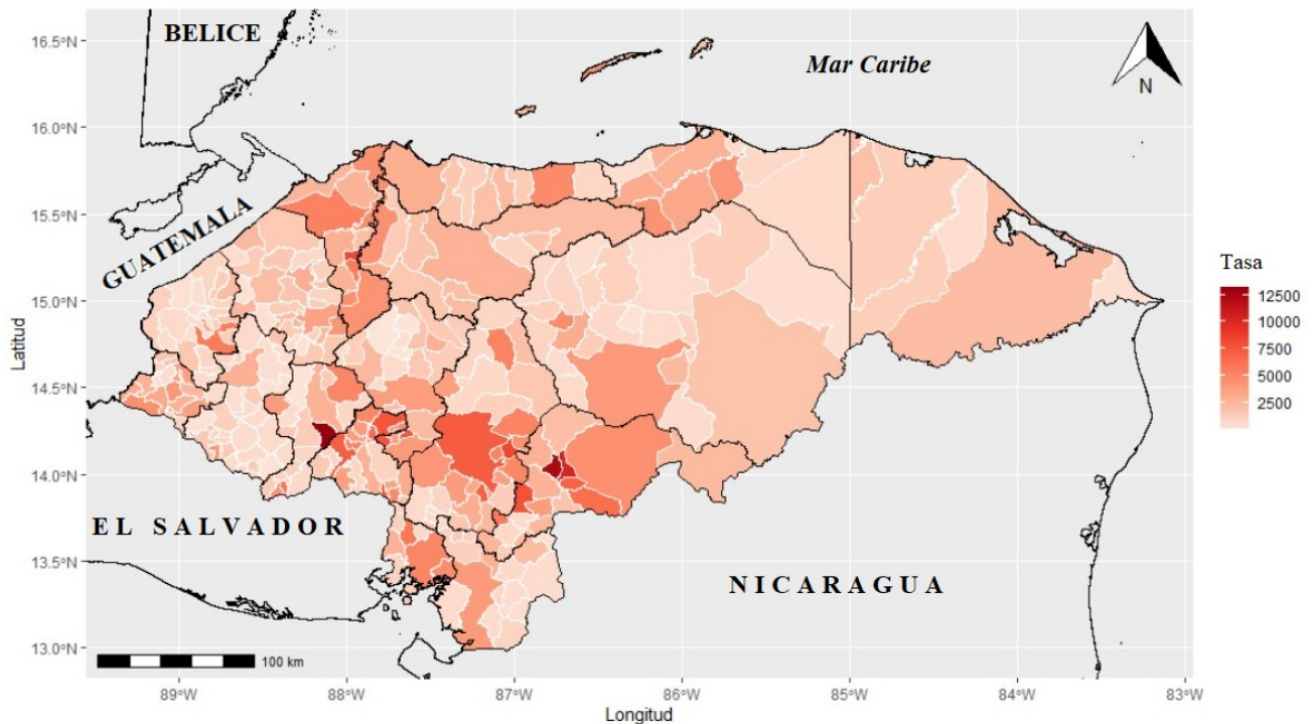
**Análisis geoespacial:** La tasa de morbilidad se calcula dividiendo los casos en el periodo de estudio entre la población a mitad del periodo y se multiplica por una constante, en el caso de este estudio fue de 100 mil habitantes y posteriormente fue mapeada para los 298 municipios de Honduras. Se realizó un escaneo geoespacial (space scan) para identificar conglomerados a nivel de municipios donde los casos por COVID-19 es significativamente mayor al número de casos esperados. El análisis realizado es de la clase puramente geográfico, que identifica conglomerados con altas tasas de morbilidad. En el análisis geoespacial se utilizó un modelo matemático discreto de Poisson con un tamaño máximo de conglomerado geoespacial de por lo menos el 25% de la población total para detectar otros posibles subconglomerados. La distribución de Poisson se ajusta más cuando el número de casos de alguna enfermedad es pequeño comparado con la población en riesgo, lo que genera probabilidades de ocurrencias bajas. La hipótesis de un riesgo constante en una zona geográfica, se contrasta con la hipótesis alternativa que el riesgo es diferente fuera de dicha área. Para cada área, los casos de COVID-19 dentro del área se reporta junto con el número de casos esperado según la distribución de Poisson, mostrando la población bajo riesgo. Después, se calcula la verosimilitud al interno de cada área y la que tenga mayor verosimilitud, es decir, la que contiene más casos observados que lo esperados se le llama conglomerado más probable. La significancia es evaluada con simulaciones de Montecarlo y el método utilizado está ampliamente documentado [3] y funciona de la siguiente forma: El algoritmo genera una ventana cilíndrica correspondiente a un área geográfica. La base de la ventana cilíndrica se mueve por todo el territorio de Honduras, el radio del centroide cambia de tamaño, por lo que para cada ventana, se incorpora un área geográfica de un tamaño específico. Entonces se generan miles de ventanas en forma de cilindro de diferentes tamaños que se cruzan entre sí y que cubren todo el territorio de Honduras. Cada ventana cilíndrica es un posible conglomerado. El análisis geoespacial fue realizado con el software SaTScan versión 9.6 64-bits [3] y se ejecutaron cinco mil iteraciones de tipo Montecarlo en una computadora personal Intel Core i5 de séptima generación y el error tipo 1 se definió en  $\alpha = 0.05$ . El mapeo se hizo por medio del paquete R+ 4.0.6, las librerías rgdal (geospatial data), sf (simple features), ggplot2 (mapeo) y ggpatial (spatial data), utilizando herramientas de los SIG (sistemas de información geográficos).

Los autores declaran haber cumplido con los requisitos éticos y legales necesarios.

## Resultados

Honduras tiene 298 municipios en un área de 112,492 km<sup>2</sup> y una población para el año 2020 de 9 450 711 habitantes. El número total de casos de COVID-19 durante el período fue de 335 265 casos de COVID-19 que produce una tasa de morbilidad de 3547 por cien mil personas. El Mapa 1 presenta las tasas acumuladas de morbilidad por COVID-19 por municipios en los 18 meses de pandemia.

**Mapa 1.** Casos acumulados de morbilidad por COVID-19 (tasas por cien mil habitantes) en 18 meses de pandemia por municipios. Honduras (6-Mar-2020 al 6-Sep-2021).



Fuente: Elaboración propia basado en los datos de la Secretaria de Salud De Honduras (casos de COVID-19) y el Instituto Nacional de Estadística Honduras (INE) (proyecciones de población).

**Cuadro 1.** Casos acumulados de morbilidad por COVID-19, población, tasas de morbilidad por cien mil habitantes y riesgo relativo en 18 meses de pandemia por municipios, Honduras (6-Mar-2020/6-Sep-2021).

Departamento/ Municipio	Casos	Población	Tasas <sup>1</sup>	RR <sup>2</sup>	Departamento/ Municipio	Casos	Población	Tasas <sup>1</sup>	RR <sup>2</sup>
<b>HONDURAS</b>	<b>335 265</b>	<b>9 450 711</b>	<b>3547</b>	<b>1.00</b>	Cucuyagua	169	18 733	902	0.25
<b>ATLÁNTIDA</b>	<b>16 121</b>	<b>493 490</b>	<b>3266</b>	<b>0.92</b>	Dolores	37	7 399	500	0.14
La Ceiba	10 715	225 606	4749	1.34	Dulce Nombre	212	6 913	3066	0.86
El Porvenir	803	26 934	1410	0.40	El Paraíso	54	20 288	266	0.08
Esparta	222	20 316	1092	0.31	Florida	255	30 398	838	0.24
Jutiapa	288	38 278	752	0.21	La Jigua	136	10 039	1354	0.38
La Masica	630	32 690	1927	0.54	La Unión	264	17 158	1538	0.43
San Francisco	359	16 582	2164	0.61	Nueva Arcadia	988	46 344	2131	0.60
Tela	3 106	107 505	2889	0.81	San Agustín	24	6 129	391	0.11
Arizona	421	25 579	1645	0.46	San Antonio	45	10 690	420	0.12
<b>COLÓN</b>	<b>9 973</b>	<b>350 386</b>	<b>2846</b>	<b>0.80</b>	San Jerónimo	15	5 193	288	0.08
Trujillo	1 904	68 942	2761	0.78	San José	125	7 499	1666	0.47
Balfate	54	13 501	399	0.11	San Juan De Opoa	133	9 916	1341	0.38
Iriona	128	22 695	564	0.16	San Nicolás	71	8 633	822	0.23
Limón	112	16 395	683	0.19	San Pedro	56	7 980	701	0.20
Santa Fe	142	5 313	2672	0.75	Santa Rita	200	32 896	607	0.17
Santa Rosa De Aguán	30	5 651	530	0.15	Trinidad De Copán	74	7 607	972	0.27
Sonaguera	1 440	47 067	3059	0.86	Veracruz	45	3 633	1238	0.35
Sabá	1 447	33 091	4372	1.23	<b>CORTÉS</b>	<b>77 562</b>	<b>1 818 980</b>	<b>4264</b>	1.20
Tocoa	3 483	107 514	3239	0.91	San Pedro Sula	43 071	812 689	5299	1.49
Bonito Oriental	1 233	30 217	4080	1.15	Choloma	7 319	282 684	2589	0.73
<b>COMAYAGUA</b>	<b>13 216</b>	<b>572 356</b>	<b>2309</b>	<b>0.65</b>	Omoa	1 376	55 196	2492	0.70
Comayagua	6 654	176 218	3776	1.06	Pimienta	1 894	22 533	8405	2.37
Ajuterique	232	11 969	1938	0.55	Potrillos	1 487	26 293	5655	1.59
El Rosario	194	34 001	570	0.16	Puerto Cortés	6 138	138 151	4442	1.25
Esquías	283	22 499	1257	0.35	San A De Cortés	603	23 028	2618	0.74
Humuya	56	1 478	3788	1.07	San F De Yojoa	1 134	25 166	4506	1.27
La Libertad	532	30 829	1725	0.49	San Manuel	1 412	71 058	1987	0.56
Lamaní	294	7 526	3906	1.10	Santa Cruz De Yojoa	4 113	94 404	4356	1.23
La Trinidad	3	4 987	60	0.02	Villanueva	5 086	181 792	2797	0.79
Lejamani	91	6 098	1492	0.42	La Lima	3 929	85 986	4569	1.29
Meambar	5	14 049	35	0.01	<b>CHOLUTECA</b>	<b>9 190</b>	<b>480 699</b>	<b>1911</b>	0.54
Minas De Oro	197	13 938	1413	0.40	Choluteca	6 705	171 016	3920	1.11
Ojos De Agua	40	11 389	351	0.10	Apacilagua	55	9 119	603	0.17
San Jerónimo	356	23 943	1486	0.42	Concepción De M	118	28 548	413	0.12
San J De Comayagua	42	8 014	524	0.15	Duyure	12	3 589	334	0.09
San José Del Potrero	93	7 543	1232	0.35	El Corpus	120	26 605	451	0.13
San Luis	334	12 343	2705	0.76	El Triunfo	432	49 552	871	0.25
San Sebastián	278	3 647	7622	2.15	Marcovia	272	48 761	557	0.16
Siguatepeque	2 625	112 633	2330	0.66	Morolica	107	5 030	2127	0.60
Villa De San Antonio	584	26 929	2168	0.61	Namasigue	176	34 524	509	0.14
Las Lajas	13	16 299	79	0.02	Orocuina	527	19 068	2763	0.78
Taulabé	310	26 024	1191	0.34	Pespire	256	24 184	1058	0.30
<b>COPÁN</b>	<b>7 609</b>	<b>418 890</b>	<b>1816</b>	<b>0.51</b>	San A De flores	87	5 494	1583	0.45
Santa Rosa De Copán	4 031	72 115	5589	1.58	San Isidro	39	3 903	999	0.28
Cabañas	69	16 532	417	0.12	San José	24	5 005	479	0.14
Concepción	49	9 392	521	0.15	San Marcos De Colón	134	31 051	431	0.12
Copán Ruinas	466	43 852	1062	0.30	S Ana De Yusguare	126	15 250	826	0.23
Corquín	91	19 551	465	0.13					

Cuadro 1. (Continuación).

Departamento/ Municipio	Casos	Población	Tasas	RR	Departamento/ Municipio	Casos	Población	Tasas	RR
<b>EL PARAÍSO</b>	<b>19 738</b>	<b>502 943</b>	<b>3924</b>	1.11	<b>GRACIAS A DIOS</b>	<b>1 683</b>	<b>106 251</b>	<b>1583</b>	0.45
Yuscarán	439	16 489	2662	0.75	Puerto Lempira	1 230	58 795	2092	0.59
Alauca	168	9 721	1728	0.49	Brus Laguna	180	15 072	1194	0.34
Danlí	10 158	226 042	4493	1.27	Juan Francisco Bulnes	123	6 483	1897	0.53
El Paraíso	2 960	47 009	6296	1.77	Ahuas	38	9 331	407	0.11
Guinope	760	9 752	7793	2.20	Wampusirpi	72	6 123	1175	0.33
Jacaleapa	455	4 441	10245	2.89	Villeda Morales	40	10 447	382	0.11
Liure	139	10 993	1264	0.36	<b>INTIBUCÁ</b>	<b>7 701</b>	<b>269 674</b>	<b>2855</b>	0.80
Morocelí	524	18 990	2759	0.78	La Esperanza	2 008	15 286	13136	3.70
Oropolí	238	6 221	3825	1.08	Camasca	80	7 197	1111	0.31
Potrerrillos	627	5 113	12262	3.46	Colomoncagua	117	19 174	610	0.17
San Antonio De Flores	147	5 981	2457	0.69	Concepción	119	11 322	1051	0.30
San Lucas	44	8 458	520	0.15	Dolores	88	5 946	1479	0.42
San Matías	385	5 597	6878	1.94	Intibucá	1 779	67 313	2642	0.74
Soledad	232	9 355	2479	0.70	Jesús De Otoro	1 654	32 943	5020	1.42
Teupasenti	1 008	49 378	2041	0.58	Magdalena	275	4 631	5938	1.67
Texiguat	60	8 907	673	0.19	Masaguara	135	17 675	763	0.22
Vado Ancho	84	4 140	2028	0.57	San Antonio	77	5 839	1318	0.37
Yauyupe	84	1 458	5761	1.62	San Isidro	77	5 265	1462	0.41
Trojes	1 226	54 898	2233	0.63	San Juan	594	15 411	3854	1.09
<b>FRANC. MORAZÁN</b>	<b>105 372</b>	<b>1 699 753</b>	<b>6199</b>	1.75	S Marcos De La Sierra	87	9 928	876	0.25
Distrito Central	94 023	1 293 611	7268	2.05	San Miguelito	44	9 189	478	0.13
Alubarén	20	5 630	355	0.10	Santa Lucía	247	5 643	4377	1.23
Cedros	191	28 148	678	0.19	Yamaranguila	309	23 480	1316	0.37
Curarén	119	21 584	551	0.16	San F De Opalaca	11	13 432	81	0.02
El Porvenir	238	28 970	821	0.23	<b>ISLAS DE LA BAHÍA</b>	<b>2 881</b>	<b>76 777</b>	<b>3752</b>	1.06
Guaimaca	515	31 944	1612	0.45	Roatán	2 287	53 459	4278	1.21
La Libertad	38	3 042	1249	0.35	Guanaja	112	6 014	1862	0.52
La Venta	109	6 736	1618	0.46	José Santos G	365	12 377	2949	0.83
Lepaterique	978	24 022	4071	1.15	Útila	117	4 927	2374	0.67
Maraita	95	7 192	1320	0.37	<b>LA PAZ</b>	<b>10 826</b>	<b>228 213</b>	<b>4743</b>	1.34
Marale	77	9 279	829	0.23	La Paz	4 059	53 387	7602	2.14
Nueva Armenia	99	4 306	2299	0.65	Aguanterique	151	5 073	2976	0.84
Ojojona	442	11 629	3800	1.07	Cabañas	146	3 935	3710	1.05
Orica	304	15 484	1963	0.55	Cane	220	4 767	4615	1.30
Reitoca	92	10 893	844	0.24	Chinacla	457	8 882	5145	1.45
Sabanagrande	678	23 217	2920	0.82	Guajiquiro	151	16 017	942	0.27
San Antonio De Oriente	806	16 233	4965	1.40	Lauterique	65	3 149	2064	0.58
San Buenaventura	234	3 316	7056	1.99	Marcala	2 405	33 696	7137	2.01
San Ignacio	496	9 468	5238	1.48	Mercedes De Oriente	88	1 193	7376	2.08
San Juan De Flores	952	18 570	5126	1.45	Opatoro	221	8 132	2717	0.77
San Miguelito	11	2 031	541	0.15	San Antonio Del Norte	147	2 989	4918	1.39
Santa Ana	591	17 848	3311	0.93	San José	350	9 239	3788	1.07
Santa Lucía	879	16 831	5222	1.47	San Juan	91	2 696	3375	0.95
Talanga	424	38 547	1099	0.31	San Pedro De Tutule	521	7 983	6526	1.84
Tatumbula	338	8 984	3762	1.06	Santa Ana	110	13 212	832	0.23
Valle De Ángeles	1 756	21 175	8292	2.34	Santa Elena	202	13 987	1444	0.41
Villa De San Francisco	521	11 817	4408	1.24	Santa María	472	12 042	3919	1.10
Vallecillo	346	9 246	3742	1.05	Santiago De Puringla	876	17 699	4949	1.40
					Yarula	94	10 135	927	0.26

Cuadro 1. (Continuación).

Departamento\ Municipio	Casos	Población	Tasas	RR	Departamento\ Municipio	Casos	Población	Tasas <sup>1</sup>	RR <sup>2</sup>
<b>LEMPIRA</b>	<b>3 827</b>	<b>369 965</b>	<b>1034</b>	0.29	Manguilile	61	9 512	641	0.18
Gracias	1 654	58 579	2823	0.8	Manto	76	11 898	638	0.18
Belén	23	8 736	263	0.07	Salamá	245	8 181	2994	0.84
Candelaria	89	7 042	1263	0.36	San Esteban	328	27 839	1178	0.33
Cololaca	19	11 028	172	0.05	San F. De Becerra	256	11 241	2277	0.64
Erandique	80	16 708	478	0.13	San F De La Paz	99	21 148	468	0.13
Gualcinco	70	12 303	568	0.16	Santa M Del Real	115	11 040	1041	0.29
Guarita	127	8 929	1422	0.4	Silca	105	8 290	1266	0.36
La Campa	112	8 398	1333	0.38	Yocón	149	13 299	1120	0.32
La Iguala	121	31 105	389	0.11	Patuca	137	28 496	480	0.14
Las Flores	112	10 817	1035	0.29	<b>SANTA BÁRBARA</b>	<b>8 747</b>	<b>476 367</b>	<b>1836</b>	0.52
La Unión	259	15 137	1711	0.48	Santa Bárbara	1 708	48 184	3544	1
La Virtud	35	6 730	520	0.15	Arada	154	11 300	1362	0.38
Lepaera	218	41 140	529	0.15	Atima	63	20 625	305	0.09
Mapulaca	39	4 430	880	0.25	Azacualpa	546	24 611	2218	0.63
Piraera	18	15 156	118	0.03	Ceguaca	59	5 760	1024	0.29
San Andrés	66	14 879	443	0.13	San J De Colinas	339	19 875	1705	0.48
San Francisco	49	9 440	519	0.15	Conc. Del Norte	109	9 775	1115	0.31
San Juan Guarita	116	2 788	4160	1.17	Conc. Del Sur	124	5 502	2253	0.64
San M Colohete	61	16 179	377	0.11	Chinda	88	5 173	1701	0.48
San Rafael	67	14 748	454	0.13	El Nispero	39	9 409	414	0.12
San Sebastián	128	12 110	1056	0.3	Gualala	72	5 613	1282	0.36
Santa Cruz	45	8 115	554	0.16	Ilama	89	9 242	962	0.27
Talgua	110	11 695	940	0.27	Macuelizo	530	38 703	1369	0.39
Tambla	37	3 638	1017	0.29	Naranjito	324	13 391	2419	0.68
Tomalá	51	6 940	734	0.21	Nuevo Celilac	111	8 227	1349	0.38
Valladolid	56	3 920	1428	0.4	Petoa	85	13 027	652	0.18
Virginia	28	2 680	1044	0.29	Protección	48	17 983	266	0.08
San M De Caiquín	37	6 595	561	0.16	Quimistán	904	61 902	1460	0.41
<b>OCOTEPEQUE</b>	<b>4 423</b>	<b>168 351</b>	<b>2627</b>	0.74	San F De Ojuera	118	8 199	1439	0.41
Ocotepeque	1 183	26 537	4457	1.26	San Luis	525	25 628	2048	0.58
Belén Gualcho	92	17 732	518	0.15	San Marcos	250	16 378	1526	0.43
Concepción	155	5 827	2660	0.75	San Nicolas	374	16 309	2293	0.65
Dolores Merendón	25	4 921	508	0.14	San Pedro Zacapa	166	11 130	1491	0.42
Fraternidad	33	7 667	430	0.12	Santa Rita	7	4 101	170	0.05
La Escarnación	114	5 732	1988	0.56	San V Centenario	86	3 835	2242	0.63
La Labor	441	10 906	4043	1.14	Trinidad	623	21 458	2903	0.82
Lucerna	226	6 437	3510	0.99	Las Vegas	1 143	27 109	4216	1.19
Mercedes	67	7 751	864	0.24	Nueva Frontera	63	13 918	452	0.13
San Fernando	127	7 399	1716	0.48	<b>VALLE</b>	<b>7 505</b>	<b>191 924</b>	<b>3910</b>	1.1
San F Del valle	287	10 448	2746	0.77	Nacaome	3 141	62 657	5013	1.41
San Jorge	52	5 646	921	0.26	Alianza	74	7 624	970	0.27
San Marcos	836	22 982	3637	1.03	Amapala	171	14 459	1182	0.33
Santa Fe	171	5 516	3100	0.87	Aramecina	84	7 759	1082	0.31
Sensenti	283	12 277	2305	0.65	Caridad	45	4 072	1105	0.31
Sinupa	331	10 573	3130	0.88	Goascorán	385	14 710	2617	0.74

**Cuadro 1. (Continuación).**

Departamento/ Municipio	Casos	Población	Tasas	RR	Departamento/ Municipio	Casos	Población	Tasas <sup>1</sup>	RR <sup>2</sup>
<b>OLANCHO</b>	<b>10 813</b>	<b>586 918</b>	<b>1842</b>	0.52	Langue	1 269	21 788	5824	1.64
Juticalpa	5 772	145 213	3974	1.12	S F de Coray	79	10 141	779	0.22
Campamento	152	24 043	632	0.18	San Lorenzo	2 257	48 714	4633	1.31
Catacamas	2 406	136 129	1767	0.5	<b>YORO</b>	<b>18 078</b>	<b>638 774</b>	<b>2830</b>	0.8
Concordia	42	8 810	476	0.13	Yoro	2 645	100 208	2639	0.74
Dulce N De Culmí	115	32 117	358	0.1	Arenal	106	6 050	1752	0.49
El Rosario	202	4 342	4652	1.31	El Negrito	694	49 662	1397	0.39
Esquipulas Del Norte	52	12 998	400	0.11	El Progreso	9 132	201 508	4531	1.28
Gualaco	106	23 531	450	0.13	Jocón	77	9 753	789	0.22
Guarizama	14	8 136	172	0.05	Morazán	847	48 570	1743	0.49
Guata	134	12 931	1036	0.29	Olanchito	2 473	120 357	2054	0.58
Guayape	128	13 665	936	0.26	Santa Rita	625	21 320	2931	0.83
Jano	47	5 657	830	0.23	Sulaco	438	20 235	2164	0.61
La Unión	72	8 402	856	0.24	Victoria	585	37 904	1543	0.44
					Yorito	456	23 207	1964	0.55

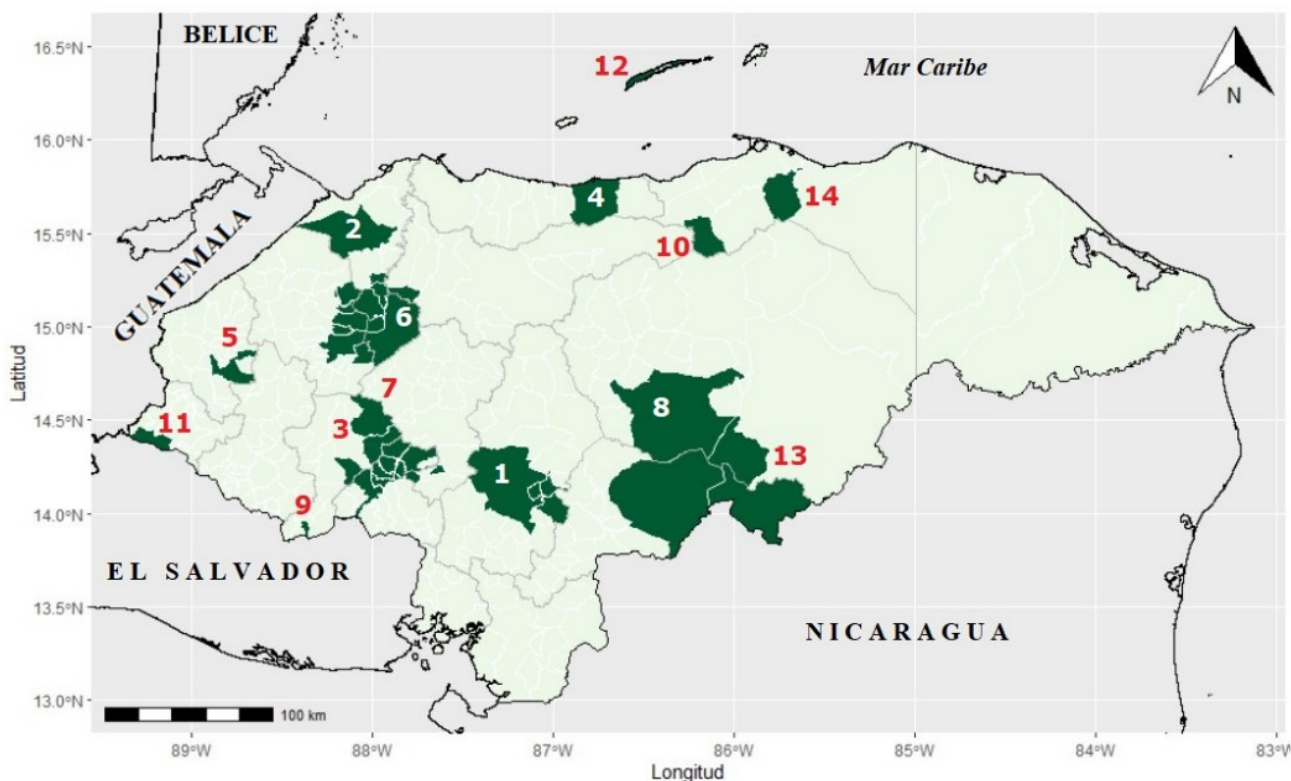
<sup>1</sup> Tasas de morbilidad por mil habitantes, <sup>2</sup> Riesgo relativo con respecto a la tasa nacional. Fuente: Elaboración propia basado en los datos de la Secretaria de Salud De Honduras (casos de COVID-19) y el Instituto Nacional de Estadística Honduras (INE) (proyecciones de población).

Los municipios con las tasas más elevadas de morbilidad están en los departamentos de Francisco Morazán (6 199, RR=1.75), La Paz (4 743, RR=1.34), Cortés (4 264, RR=1.20), El Paraíso (3 924, RR=1.11), Valle (3 910, RR=1.10) e Islas de la Bahía (3 752, RR=1.06). El Cuadro 1 presenta el detalle de las tasas acumuladas de morbilidad por COVID-19 por municipios.

**Análisis geoespacial:** El escaneo geoespacial (space scan) identificó 14 conglomerados de altas tasas de morbilidad de COVID-19 en Honduras: En primer lugar, se identificó un conglomerado en la zona sur del departamento de Francisco Morazán (RR=2.46,  $p=0.00$ ) formado por cuatro municipios. En segundo lugar, se encontró un conglomerado en San Pedro Sula (RR=1.57,  $p=0.00$ ) formado por un municipio. Posteriormente, se identificó un conglomerado de 10 municipios en los departamentos de La Paz, Intibucá, Comayagua (RR=1.84,  $p=0.00$ ), La Ceiba (RR=1.35,  $p=0.00$ , un municipio), Santa Rosa de Copán (RR=1.58,  $p=0.00$ , un municipio), Cortés, Santa Bárbara, Yoro (RR=1.17,  $p=0.00$ , 12 municipios), Jesús de Otoro (RR=1.42,  $p=0.00$ , un municipio), Juticalpa (RR=1.12,  $p=0.00$ , un municipio), Magdalena (RR=1.67,  $p=0.00$ , un municipio), Sabá (RR=1.23,  $p=0.00$ , un municipio), Ocotepeque (RR=1.26,  $p=0.00$ , un municipio), Islas de la Bahía (RR=1.14,  $p=0.00$ , dos municipios) y Olancho y Paraíso (frontera Nicaragua) (RR=1.05,  $p=0.00$ , tres municipios). Finalmente, se ubicó un conglomerado en Bonito Oriental (RR=1.15,  $p=0.00$ ) formado por un municipio (Mapa 2, Cuadro 2).



**Mapa 2.** Casos acumulados de morbilidad por COVID-19 (tasas por cien mil habitantes) en 18 meses de pandemia por municipios. Honduras (6-Mar-2020 al 6-Sep-2021).



### Conglomerados, riesgo relativo y significancia

- |  |  |
|--|--|
| 1. Zona sur Francisco Morazán (2.46*)  | 8. Juticalpa (1.12*)                               |
| 2. San Pedro Sula (1.57*)              | 9. Magdalena (1.67*)                               |
| 3. La Paz, Intibucá, Comayagua (1.84*) | 10. Sabá (1.23*)                                   |
| 4. La Ceiba (1.35*)                    | 11. Ocotepeque (1.26*)                             |
| 5. Santa Rosa de Copán (1.58*)         | 12. Islas de la Bahía (1.14*)                      |
| 6. Cortés, Santa Bárbara, Yoro (1.17*) | 13. Olancho y Paraíso (frontera Nicaragua) (1.05*) |
| 7. Jesús de Otoro (1.42*)              | 14. Bonito Oriental (1.15*)                        |

**Fuente:** Elaboración propia basado en los datos de la Secretaria de Salud De Honduras (casos de COVID-19) y el Instituto Nacional de Estadística Honduras (INE) (proyecciones de población).

## Discusión

El análisis geoespacial encontró 14 conglomerados de altas tasas de morbilidad de COVID-19 en Honduras durante los primeros 18 meses. Los resultados de este trabajo son consistentes con la información encontrada con respecto a los conglomerados. En el caso de Zona sur Francisco Morazán, es el conglomerado de mayor significancia y las siguientes zonas forman parte de dicho conglomerado: el Distrito Central, Santa Lucía, Valle de Ángeles y San Antonio de Oriente. Todas esas zonas son de afluencia turística y el conglomerado presenta alta densidad poblacional y tránsito masivo de personas y esto puede explicar las altas tasas de morbilidad por COVID-19 <sup>[11]</sup>. En el conglomerado de San Pedro Sula se encuentran las sedes de empresas industriales más importantes del país, desarrollo de comercio, densidad poblacional, tránsito de personas (aéreo, marítimo y terrestre) y una de las zonas que fue afectada por el paso de los huracanes Eta y Iota. El conglomerado que se conforma por los departamentos de La Paz, Intibucá y Comayagua son zonas que producen y comercializan el café <sup>[12]</sup>. El conglomerado de La Ceiba es un lugar de alta densidad poblacional, turismo, comercio y tránsito de personas. El conglomerado de Santa Rosa de Copán sirve a las zonas aledañas para trámites administrativos por el cultivo de café y tabaco, siendo lugar de comercio y se ha convertido en lugar de turismo por empresarios locales y extranjeros. El conglomerado de Cortés, Santa Bárbara y Yoro son una zona donde se encuentra el Lago de Yojoa, El Parque Nacional Montaña de Santa Bárbara y el Parque Nacional de Meámbar son lugares de afluencia turística y realización de comercio son factores que favorecen al incremento de casos de COVID-19 <sup>[13]</sup>. El conglomerado de Jesús de Otoro es un lugar que forma parte del corredor seco, sede de algunos proyectos para mayor desarrollo. El conglomerado de Juticalpa dado que es la cabecera del departamento de Olancho es lugar de comercio y densidad poblacional. El conglomerado de Magdalena lugar fronterizo con El Salvador que implica tránsito de personas y comercio, son también factores que favorecen el incremento de casos de COVID-19. El conglomerado de Saba es una zona en desarrollo y tránsito de personas ya que su ubicación estratégica une los departamentos de Colón, Olancho, Atlántida y Yoro. El conglomerado de Ocotepeque lugar de tránsito de personas por ser un lugar fronterizo con Guatemala y El Salvador <sup>[14]</sup>. El conglomerado de Islas de la Bahía lugar de gran afluencia turística <sup>[15]</sup>. El conglomerado de Olancho, Paraíso y frontera Nicaragua zona de tránsito de persona, migración por trabajo y al pasar los huracanes de Eta y Iota dejaron secuelas las cuales es posible que hayan incrementado la morbilidad por COVID-19. El conglomerado de Bonito Oriental que pertenece al corredor agrícola, zona activamente económica, estos factores en cada uno de los conglomerados favorecen al incremento de casos por COVID-19.

¿Hasta dónde los resultados de este trabajo son válidos? Un factor que podría reducir la validez de estos resultados es la gran cantidad de casos de COVID-19 encontradas en los dos conglomerados más importantes: Zona sur del departamento Francisco Morazán y el de San Pedro Sula, el número de casos en ambos conglomerados es de casi 141 mil. La problemática surge debido a que la información utilizada fue a nivel de municipios y no por otras unidades más pequeñas (aldeas, por ejemplo). Eso hace que exista una probabilidad muy alta que los conglomerados significativos sean grandes, generando un sesgo de selección. En este trabajo no se consideró desagregar la información a niveles más bajos que el de municipios.

Concluyendo, en los primeros 18 meses de pandemia de COVID-19 en Honduras, la tasa no se distribuyó de forma uniforme en el territorio porque se detectaron conglomerados de altas tasas de morbilidad por COVID-19. La heterogeneidad geoespacial de las tasas de COVID-19 debe ser una guía para el gobierno y las organizaciones de salud pública para ejecutar medidas en esas áreas geográficas y concientizar a la población para evitar la transmisión comunitaria del COVID-19.

## *Agradecimientos*

A la Escuela de Matemáticas de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, a los profesores Ramón Enamorado, Cristian Cruz y Leandro Galo por facilitar los recursos administrativos para la realización de este trabajo. A la Universidad de Costa Rica y al profesor Martin Kulldorff de la Universidad de Harvard por facilitar la logística y la tecnología utilizadas. A la Secretaria de Salud de Honduras por suministrar los datos de los casos de COVID-19 y al Instituto Nacional de Estadística Honduras (INE) por suministrar los datos de población.

## Referencias bibliográficas / References

1. González, M. Características iniciales de las políticas de control de la pandemia de Covid-19 en América Latina. *Gac Méd Caracas*, 2020, 128(2), pp. 207-216.
2. Rodríguez-Morales AJ, Sánchez-Duque JA, Hernández Botero S, Pérez-Díaz CE, Villamil-Gómez WE, Méndez CA, et al. Preparación y control de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) en América Latina. *Acta Médica Perú*. 2020;37(1):3-7. DOI <https://doi.org/10.35663/amp.2020.371.909>
3. Kulldorff M. & Information Management Services Inc. SaTScan v. 3.0.5: Software for the Spatial and Space-Time Scan Statistics. Bethesda, Maryland: National Cancer Institute. USA; 2002.
4. Secretaria De Salud de Honduras & Data Intelligence. DATACOVID-19. [Consultado el 15/Sep/2021]. URL <http://dataintelligence.azurewebsites.net/Datacovidhn>
5. Instituto Nacional de Estadística. Proyecciones 2014-2030. [Consultado el 15/Sep/2021]. URL <https://www.ine.gob.hn/V3/proyecciones-por-departamento-2014-2030/>
6. Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria; 2021. URL <https://www.R-project.org/>
7. Hernández Umanzor, NJ. Guía sobre la oferta turística de la ciudad de Tegucigalpa y la contribución del turismo al desarrollo socioeconómico de la zona. Tegucigalpa, Francisco Morazán. Tesis de Maestría, 2008. Universidad Nacional Autónoma de Honduras,
8. Fortín, MT. Diversificación e innovación de productos de café en la finca Los Catadores. Casos exitosos de aprovechamiento de la bioeconomía en la agricultura. 2021. San José, Costa Rica: IICA.
9. Andino, J. Manejo de recursos naturales a partir de servicios ambientales prioritarios en la cuenca del lago de Yojoa, Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente* 2005, 48, 1-
10. Cúcalo, R. EcuRed. [Consultado el 15/Oct/2021].  
URL [https://www.ecured.cu/Departamento\\_de\\_Ocotepeque\\_\(Honduras\)](https://www.ecured.cu/Departamento_de_Ocotepeque_(Honduras))
11. Canales-Aguilar, S. Determinación del potencial ecoturístico en Guanaja, Islas de la Bahía, Honduras Centroamérica. 2003.