



PERÚ

Ministerio
de Salud

Viceministerio
de Salud Pública

Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"



NOTA INFORMATIVA N° 677 -2021-CDC/MINSA

A : M.C.
AUGUSTO MAGNO TARAZONA FERNÁNDEZ
Viceministro de Salud Pública (e)
Ministerio de Salud

Asunto : Remito Informe Técnico N° 132-2021

Fecha : Lima, 29 NOV. 2021

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez remito el Informe Técnico N°132-2021, correspondiente a la proyección de escenarios de la tercera ola de COVID-19 en el Perú, el cual ha sido elaborado por el equipo técnico del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades – CDC Perú, para su conocimiento y fines pertinentes.

Sin otro particular, es propicia la oportunidad de expresar los sentimientos de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente,



MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGÍA, PREVENCIÓN
Y CONTROL DE ENFERMEDADES - CDC

JULIO M. RUIZ OLANO
Director General

JMRO/CME/MRV/hsl



BICENTENARIO
PERÚ 2021

**PERÚ****Ministerio
de Salud****Viceministerio
de Salud Pública****Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

INFORME TÉCNICO

PROYECCIÓN DE ESCENARIOS DE LA TERCERA OLA DE COVID-19 EN EL PERÚ

CODIGO: IT - CDC N°132-2021

I. ANTECEDENTES

De acuerdo con las fases de una pandemia, el Perú se encuentra en la fase post pico donde se pueden presentar eventos concurrentes como brotes no relacionados a una tercera ola, o una tercera ola de igual o mayor magnitud que la primera y la segunda (1, 2). Es importante resaltar que debido a la incertidumbre que se tiene sobre este virus es difícil hacer una predicción exacta de lo que va a suceder el próximo año o en las siguientes semanas, porque están involucradas varias variables sobre las cuales no hay certeza (3-7).

Un aspecto importante para tener en cuenta es si las personas desarrollan inmunidad duradera al virus(8), porque de esto depende si se logrará alcanzar fácilmente el umbral de la inmunidad de rebaño(4). Es decir, "la protección indirecta contra el virus que se produce cuando un porcentaje suficiente de una población se ha vuelto inmune a una infección, ya sea por vacunación o por infecciones previas, lo que reduce la probabilidad de infección para las personas que carecen de inmunidad"(4, 8, 9). Si la inmunidad contra el SARS-Cov-2 es duradera, la inmunidad de rebaño de 60 a 70% se podría alcanzar a través de campañas masivas de vacunación, con vacunas de alta efectividad(10).

Por otro lado, si las personas no desarrollan inmunidad duradera, en este escenario se presentarán brotes anuales o bianuales, dependiendo si la inmunidad dura menos de 40 o 100 semanas, respectivamente(11). Se sabe que los anticuerpos frente a otros coronavirus disminuyen con el tiempo (rango: 12 a 52 semanas desde el inicio de los síntomas) y se han demostrado casos de reinfección (12). Con respecto al SARS-Cov-2, la detección de anticuerpos contra el SARS-CoV-2 no indica una inmunidad protectora directa y aún no se han establecido correlaciones de protección para la COVID-19.

Además, algunos estudios muestran que la cantidad de anticuerpos alcanzan su punto máximo en los días posteriores a la aparición de los síntomas y luego comienzan a disminuir, hasta que los anticuerpos se hacen prácticamente indetectables en unos tres meses(13, 14). Sin embargo, muchos inmunólogos piensan que este hecho es una respuesta perfectamente normal a una infección viral(15), porque incluso si los niveles de anticuerpos descienden a niveles extremadamente bajos, las células B de memoria permanecen en la médula ósea hasta que regresa el virus, cuando adquieren una nueva identidad como células plasmáticas productoras de anticuerpos(16). Aún hay mucho por investigar en los aspectos relacionados a la inmunidad.

Otro aspecto clave, es la respuesta del gobierno y de los ciudadanos en la prevención de esta enfermedad, más aún en el escenario actual en el cual no todas las regiones del país tienen un nivel de avance similar respecto a la cobertura de vacunación. Por lo que es importante que las personas continúen con el cumplimiento del uso de mascarillas, así como el lavado de manos y el distanciamiento físico (7, 18, 19).

El cambio de comportamiento de la población es esencial y puede ayudar a prevenir nuevas infecciones (20, 21), pero este debe ser acompañado por el soporte del gobierno, implementando estrategias de cambio de comportamiento apoyadas en las ciencias sociales y del comportamiento (6, 21, 22). Por lo que la respuesta actual debe priorizar el fortalecimiento de la comunicación efectiva, el marketing social, y las intervenciones que lleven a que la población adopte las medidas preventivas para reducir el riesgo de infección y por ende de complicarse y morir.

Finalmente, el futuro de la pandemia de SARS-Cov-2, se encuentra en manos de cada uno de los ciudadanos que cumplan responsablemente las medidas preventivas y en la acción del gobierno que brinde las facilidades para que estas medidas se cumplan. En este contexto de gran incertidumbre, es necesario contar con estimaciones de algunos escenarios que orienten las





PERÚ

Ministerio
de Salud

Viceministerio
de Salud Pública

Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

acciones futuras sobre esta pandemia. Pero es necesario señalar que estos escenarios que a continuación se describirán, no son proyecciones exactas de lo que sucederá, sino solo una aproximación a lo que podría suceder teniendo cuenta algunos supuestos claves.

II. SITUACIÓN

Como se observa en la figura 01, la curva epidémica nacional de COVID-19 mantiene una tendencia estacionaria, con un ligero incremento que inicia en la semana 43 (sin considerar las dos últimas semanas). En las últimas semanas, el R_t ha fluctuado por debajo y encima de 1. El valor actual del R_t es de 0.94 (IC 95% 0.92 a 0.96) a nivel nacional, el R_t en las regiones del país está por debajo de 1, a excepción de Moquegua, Cajamarca, Apurímac, Amazonas, Lima provincias, Madre de Dios, Junín, Loreto, Pasco y Piura (Ver Figura 2). Además, la mortalidad por COVID-19 y el exceso de mortalidad también presenta un descenso sostenido. Finalmente, las hospitalizaciones de pacientes COVID-19, así como las hospitalizaciones en UCI con tendencia al descenso.

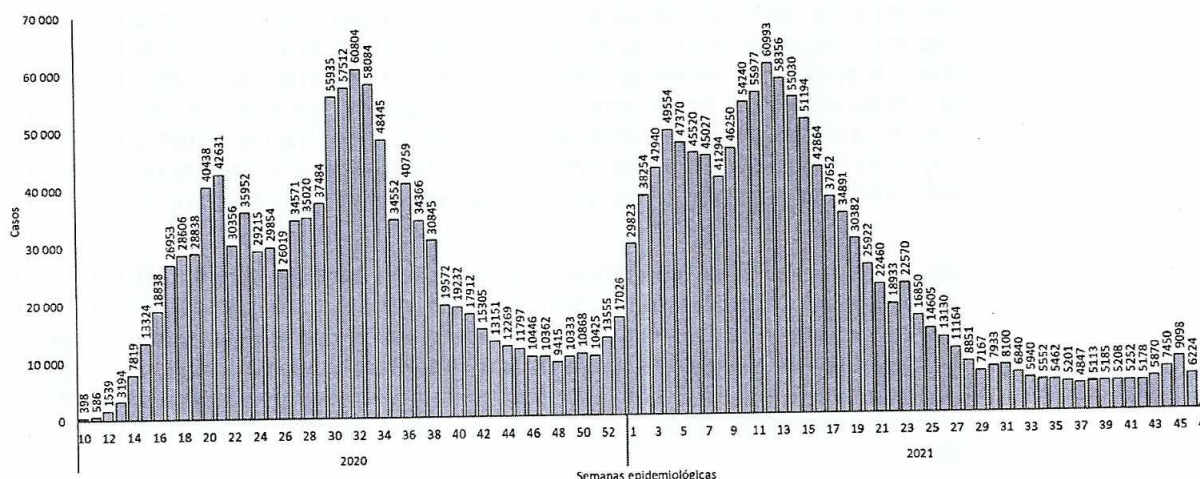


Figura 01. Tendencia de casos confirmados de COVID-19, por fecha de inicio de síntomas, Perú 2020 – 2021

Elaborado por: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades-MINSA
Fuente: Netlab INS/SISCOVID.

* Hasta el 28 de noviembre del 2021

De acuerdo con las simulaciones de los modelos matemáticos que se vienen realizando en este Centro Nacional, se estima que en los próximos meses continuará la actividad epidémica, si es que se mantiene el contexto actual. En este contexto, un punto clave para tener una idea de que ocurrirá en la tercera ola pandémica, es determinar el impacto de la pandemia de COVID-19 sobre las regiones del país, mediante la seroprevalencia de COVID-19 y la cobertura de vacunación, para estimar cuan cerca estamos frente a la inmunidad de rebaño.



PERÚ

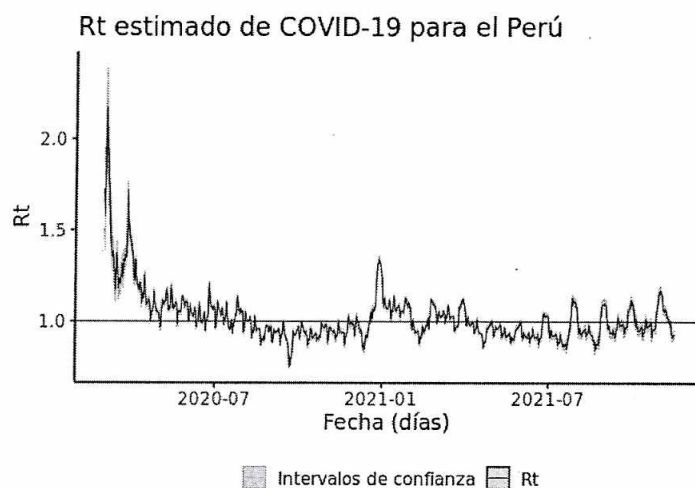
Ministerio
de Salud

Viceministerio
de Salud Pública

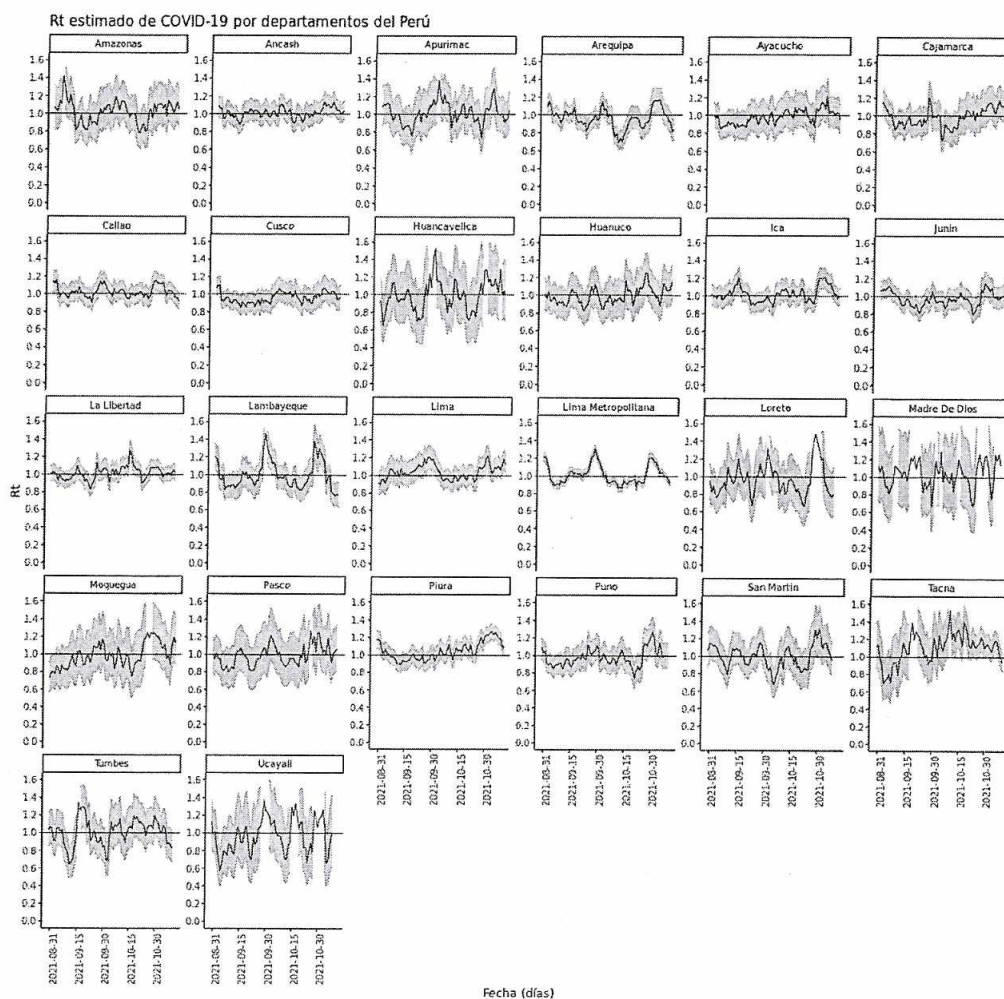
Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Figura 02. Rt estimado de COVID-19, para el Perú y departamentos 2020 – 2021



Elaborado por: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades-MINSA
* Hasta el 28 de noviembre del 2021



Elaborado por: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades-MINSA
* Hasta el 28 de noviembre del 2021

**PERÚ****Ministerio
de Salud****Viceministerio
de Salud Pública****Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Como se comentó previamente, si bien el umbral de la inmunidad de rebaño es discutible, al menos el 50% de la población debe generar inmunidad duradera o parcial (5) ya sea por infección natural o por vacunación para que la epidemia se interrumpa. Si la población infectada desarrolla inmunidad duradera entonces la epidemia se podría erradicar o eliminar, pero si no es así, esta pandemia tendrá un comportamiento estacional o bianual dependiendo de cuanto duren los anticuerpos neutralizantes o la inmunidad celular protectora.

En este contexto, si ocurriera una tercera ola, con la información actual no se puede determinar con certeza cuántos casos de COVID-19 se presentarán exactamente. Pero, podemos estimar escenarios en función a cuanto nos falta para llegar al umbral de la inmunidad de rebaño (50% o más en cada región) en base al número reproductivo básico (R_0) o al R_t estimado para cada región, la prevalencia de SARS-Cov-2 estimada por los estudios de prevalencia en algunas regiones o la positividad acumulada como un proxy de esta prevalencia y la cantidad de vacunados con segunda dosis. A partir del porcentaje de la población que falta para llegar al umbral de la inmunidad de rebaño podríamos estimar los casos, los hospitalizados, los pacientes en UCI y los fallecidos. Obviamente bajo el supuesto de que la inmunidad de las personas que se han infectado en la primera y segunda ola se mantiene al menos hasta el otro año. Las estimaciones se realizarán en función a los datos disponibles de cada región con que cuenta este Centro Nacional a través de la vigilancia epidemiológica hasta la fecha. Es importante tener en cuenta que esta información tiene cierto grado de incertidumbre porque estos datos no son exactos, pero suficientes para aproximarnos a lo que podría suceder.

III. METODOLOGÍA

Se han realizado los cálculos de probables escenarios que se espera para una posible tercera ola de la COVID-19, a continuación, se detalla la metodología:

- Seroprevalencia estimada (calculada entre el primer y segundo estudio de seroprevalencia realizada por las regiones, en su defecto se multiplicó por 2 porque en el tercer estudio realizado en Lima se ha observado una duplicación de la seroprevalencia)
- Infectados (la multiplicación entre prevalencia estimada y la población)
- Susceptibles (población menos infectados)
- Vacunados protegidos (dato proporcionado por inmunizaciones)
- Susceptibles finales (susceptibles menos vacunados protegidos)
- Reinfecciones, considerar el 1% de los infectados en un escenario conservador y 5% en el peor de los escenarios.
- Casos (susceptibles finales multiplicado por la tasa de ataque)
- Casos totales (suma de las reinfecciones y casos)
- Casos sintomáticos 80% (casos totales se multiplica por la constante 0,8%)
- Hospitalizados (se calculará el 20 %; casos sintomáticos multiplicado por 0,2)
- Hospitalizados en UCI (se calculará el 5%; casos hospitalizados multiplicado por 0,05)
- Fallecidos (se considera los casos sintomáticos multiplicado con el resultado de los parámetros (casos, hospitalizados, proporción de hospitalizados, hospitalizados UCI, proporción de hospitalizados en UCI y la letalidad) obtenidos de la vigilancia epidemiológica.

Se anexan los resultados por regiones según cada escenario.





PERÚ
Ministerio
de Salud

Viceministerio
de Salud Pública

Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Tabla 1: Escenario más conservador

Departamento	Población	Prevalencia estimada	infectados	Susceptibles	Vacunados protegidos	Susceptibles finales	*Reinfecciones (1%)	Casos	Casos totales	Casos sintomáticos (80% del total de casos)	Hospitalizados (20%)	hospitalización en UCI (5%)	Fallecidos
Amazonas	426 806	0,33	140 846	285 960	189 196	96 764	1 408	24 191	25 599	20 480	4 096	205	200
Ancash	1 180 638	0,38	448 642	731 996	727 684	4 312	4 486	1 078	5 564	4 451	890	45	97
Apurímac	430 736	0,35	150 758	279 978	241 176	38 802	1 508	9 701	11 208	8 967	1 793	90	128
Arequipa	1 497 438	0,36	539 078	958 360	944 309	14 051	5 391	3 513	8 904	7 123	1 425	71	151
Avacucho	668 213	0,37	247 239	420 974	283 098	137 876	2 472	34 469	36 941	29 553	5 911	296	469
Cajamarca	1 453 711	0,48	697 781	755 930	716 591	39 339	6 978	9 835	16 812	13 450	2 690	134	210
Callao	1 129 854	0,25	282 464	847 391	840 509	6 882	2 825	1 720	4 545	3 636	727	36	91
Cusco	1 357 075	0,30	407 123	949 953	703 991	245 962	4 071	61 490	65 562	52 449	10 490	524	853
Huancavelica	365 317	0,34	124 208	241 109	171 418	69 691	1 242	17 423	18 665	14 932	2 986	149	268
Huánuco	760 267	0,35	266 093	494 174	326 849	167 325	2 661	41 831	44 492	35 594	7 119	356	676
Ica	975 182	0,34	331 562	643 620	612 350	31 270	3 316	7 818	11 133	8 907	1 781	89	320
Junín	1 361 467	0,39	524 165	837 302	767 556	69 746	5 242	17 437	22 678	18 143	3 629	181	378
La Libertad	2 016 771	0,46	923 681	1 093 090	1 091 211	1 879	9 237	470	9 707	7 765	1 553	78	227
Lambayeque	1 310 785	0,47	613 447	697 338	696 919	419	6 134	105	6 239	4 991	998	50	177
Lima Metropolitana	9 612 705	0,35	3 345 221	6 267 484	6 259 104	8 380	33 452	2 095	35 547	28 438	5 688	284	1 235
Lima provincias	1 015 765	0,31	314 887	700 878	636 002	64 876	3 149	16 219	19 368	15 494	3 099	155	1 157
Loreto	1 027 559	0,66	681 272	346 287	345 689	598	6 813	150	6 962	5 570	1 114	56	129
Madre de Dios	173 811	0,67	115 758	58 053	57 995	58	1 158	14	1 172	938	188	9	13
Moquegua	192 740	0,36	68 615	124 125	124 116	9	686	2	688	551	110	6	7
Pasco	271 904	0,30	81 571	190 333	143 185	47 148	816	11 787	12 603	10 082	2 016	101	168
Piura	2 047 954	0,49	1 001 450	1 046 504	1 044 790	1 714	10 014	429	10 443	8 354	1 671	84	288
Puno	1 237 997	0,55	674 708	563 289	400 708	162 581	6 747	40 645	47 392	37 914	7 583	379	982
San Martín	899 648	0,52	463 319	436 329	435 705	624	4 633	156	4 789	3 831	766	38	58
Tacna	370 974	0,37	137 260	233 714	222 427	11 287	1 373	2 822	4 194	3 355	671	34	55
Tumbes	251 521	0,44	111 172	140 349	140 126	223	1 112	56	1 167	934	187	9	20
Ucayali	589 110	0,62	366 426	222 684	222 547	137	3 664	34	3 698	2 959	592	30	70
TOTAL	32 625 948		13 058 747	19 567 201	18 345 251	1 221 950	130 587	305 488	436 075	348 860	69 772	3 489	8 426

* Vitale J, Mumoli N, Clerici P, De Paschale M, Evangelista I, Cei M, et al. Assessment of SARS-CoV-2 Reinfection 1 Year After Primary Infection in a Population in Lombardy, Italy. JAMA Intern Med. 2021.

* Qureshi AI, Baskett WI, Huang W, Lobanova I, Hasan Naqvi S, Shyu C-R. Reinfection With Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in Patients Undergoing Serial Laboratory Testing. Clinical Infectious Diseases. 2021.

* Reporte CDC: INFORME N° 06- 2021- UIEIS-CDC: Informe probable reinfección por COVID-19 en el Perú





PERÚ

Ministerio
de Salud

Viceministerio
de Salud Pública

Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Tabla 2: Peor escenario

Departamento	Población	Prevalencia estimada	infectados	Susceptibles	Vacunados protegidos	Susceptibles finales	*Reinfecciones (5%)	Casos	Casos totales	Casos sintomáticos (80% del total de casos)	Hospitalizados (20%)	hospitalización en UCI (%)	Fallecidos
Amazonas	426 806	0,33	140 846	285 960	189 196	96 764	7 042	33 867	40 910	32 728	6 546	327	319
Ancaash	1 180 638	0,38	448 642	731 996	727 684	4 312	22 432	1 509	23 941	19 153	3 831	192	417
Apurímac	430 736	0,35	150 758	279 978	241 176	38 802	7 538	13 581	21 119	16 895	3 379	169	242
Arequipa	1 497 438	0,36	539 078	958 360	944 309	14 051	26 954	4 918	31 872	25 497	5 099	255	542
Ayacucho	668 213	0,37	247 239	420 974	283 098	137 876	12 362	48 257	60 619	48 495	9 699	485	770
Cajamarca	1 453 711	0,48	697 781	755 930	716 591	39 339	34 889	13 769	48 658	38 926	7 785	389	607
Callao	1 129 854	0,25	282 464	847 391	840 509	6 882	14 123	2 409	16 532	13 225	2 645	132	329
Cusco	1 357 075	0,3	407 123	949 953	703 991	245 962	20 356	86 087	106 443	85 154	17 031	852	1 385
Huancavelica	365 317	0,34	124 208	241 109	171 418	69 691	6 210	24 392	30 602	24 482	4 896	245	440
Huánuco	760 267	0,35	266 093	494 174	326 849	167 325	13 305	58 564	71 868	57 495	11 499	575	1 091
Ica	975 182	0,34	331 562	643 620	612 350	31 270	16 578	10 945	27 523	22 018	4 404	220	791
Junín	1 361 467	0,385	524 165	837 302	767 556	69 746	26 208	24 411	50 619	40 496	8 099	405	844
La Libertad	2 016 771	0,46	923 681	1 093 090	1 091 211	1 879	46 184	658	46 842	37 473	7 495	375	1 094
Lambayeque	1 310 785	0,468	613 447	697 338	696 919	419	30 672	147	30 819	24 655	4 931	247	876
Lima Metropolitana	9 612 705	0,35	3 345 221	6 267 484	6 259 104	8 380	167 261	2 933	170 194	136 155	27 231	1 362	5 912
Lima provincias	1 015 765	0,31	314 887	700 878	636 002	64 876	15 744	22 707	38 451	30 761	6 152	308	1 836
Loreto	1 027 559	0,66	681 272	346 287	345 689	598	34 064	209	34 273	27 418	5 484	274	636
Madre de Dios	173 811	0,666	115 758	58 053	57 995	58	5 788	20	5 808	4 647	929	46	63
Moquegua	192 740	0,36	68 615	124 125	124 116	9	3 431	3	3 434	2 747	549	27	35
Pasco	271 904	0,3	81 571	190 333	143 185	47 148	4 079	16 502	20 580	16 464	3 293	165	274
Piura	2 047 954	0,49	1 001 450	1 046 504	1 044 790	1 714	50 072	600	50 673	40 538	8 108	405	1 398
Puno	1 237 997	0,545	674 708	563 289	400 708	162 581	33 735	56 903	90 639	72 511	14 502	725	1 878
San Martín	899 648	0,52	463 319	436 329	435 705	624	23 166	218	23 384	18 708	3 742	187	285
Tacna	370 974	0,37	137 260	233 714	222 427	11 287	6 863	3 950	10 813	8 651	1 730	87	142
Tumbes	251 521	0,44	111 172	140 349	140 126	223	5 559	78	5 637	4 509	902	45	97
Ucayali	589 110	0,622	366 426	222 684	222 547	137	18 321	48	18 369	14 695	2 939	147	350
TOTAL	32 625 948		13 058 747	16 171 555	18 345 251	1 221 950	652 937	427 683	1 080 620	864 496	172 899	8 645	22 652

* Vitale J, Mumoli N, Clerici P, De Paschale M, Evangelista I, Cei M, et al. Assessment of SARS-CoV-2 Reinfection 1 Year After Primary Infection in a Population in Lombardy, Italy. JAMA Intern Med. 2021.

* Qureshi AI, Baskett WI, Huang W, Lobanova I, Hasan Naqvi S, Shyu C-R. Reinfection With Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in Patients Undergoing Serial Laboratory Testing. Clinical Infectious Diseases. 2021.

* Reporte CDC: INFORME N° 06- 2021- UJEEIS-CDC: Informe probable reinfección por COVID-19 en el Perú

**PERÚ****Ministerio
de Salud****Viceministerio
de Salud Pública****Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades**

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Tabla 3. Resumen de los escenarios de una probable tercera ola

Escenarios	Casos totales	Casos sintomáticos (80% del total de casos)	Hospitalizados (20%)	Hospitalización en UCI (5%)	Fallecidos
Escenario probable	436 075	348 860	69 772	3 489	8 426
Peor escenario	1 080 620	864 496	172 899	8 645	22 652

Fuente: Elaborado por Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades-MINSA

IV. CONCLUSIONES

- Las aproximaciones generadas se realizaron en dos escenarios con base al conocimiento actual y a los datos disponibles de la pandemia en el país.
- De acuerdo con los escenarios, el modelo predice que habría al final de la tercera ola aproximadamente 436 075 casos de COVID-19 en un escenario conservador, con un peor escenario de 1 080 620 casos de COVID-19. Además, podría extenderse en un periodo de nueve meses.
- La probabilidad de presentarse una tercera ola en los próximos meses no se puede afirmar, desconocemos la magnitud de esta, debido a la alta incertidumbre que existe sobre el comportamiento de esta pandemia.
- El impacto de las intervenciones tiene relación con el grado del cumplimiento de las medidas preventivas y del confinamiento.
- Estos escenarios no son predicciones de lo que va a ocurrir sino aproximaciones de lo que podría suceder, así que estos resultados se deben tomar con cautela. El CDC Perú no se responsabiliza por el uso incorrecto que se hagan de estos escenarios.



V. REFERENCIAS

1. European Centre for Disease Prevention and Control. Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: increased transmission in the EU/EEA and the UK – sixth update – 12 March 2020. Stockholm: ECDC; 2020.
2. Eurosurveillance Editorial T. Note from the editors: novel coronavirus (2019-nCoV). Euro Surveill. 2020;25(3).
3. Callaway E. The coronavirus is mutating - does it matter? Nature. 2020;585(7824):174-7.
4. Randolph HE, Barreiro LB. Herd Immunity: Understanding COVID-19. Immunity. 2020;52(5):737-41.
5. Fontanet A, Cauchemez S. COVID-19 herd immunity: where are we? Nature Reviews Immunology. 2020;20(10):583-4.
6. Cialdini RB, Goldstein NJ. Social influence: compliance and conformity. Annu Rev Psychol. 2004;55:591-621.
7. Wood W. Attitude change: persuasion and social influence. Annu Rev Psychol. 2000;51:539-70.



PERÚ

Ministerio
de Salud

Viceministerio
de Salud Pública

Centro Nacional de
Epidemiología, Prevención
y Control de Enfermedades

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

8. Clemente-Suárez VJ, Hormeño-Holgado A, Jiménez M, Benítez-Agudelo JC, Navarro-Jiménez E, Perez-Palencia N, et al. Dynamics of Population Immunity Due to the Herd Effect in the COVID-19 Pandemic. *Vaccines* (Basel). 2020;8(2).
9. Fine P, Eames K, Heymann DL. "Herd immunity": a rough guide. *Clin Infect Dis*. 2011;52(7):911-6.
10. Chen WH, Strych U, Hotez PJ, Bottazzi ME. The SARS-CoV-2 Vaccine Pipeline: an Overview. *Curr Trop Med Rep*. 2020:1-4.
11. Scudellari M. How the pandemic might play out in 2021 and beyond. *Nature*. 2020;584(7819):22-5.
12. Kellam P, Barclay W. The dynamics of humoral immune responses following SARS-CoV-2 infection and the potential for reinfection. *Journal of General Virology*. 2020;101(8):791-7.
13. Seow J, Graham C, Merrick B, Acors S, Steel KJA, Hemmings O, et al. Longitudinal evaluation and decline of antibody responses in SARS-CoV-2 infection. *medRxiv*. 2020:2020.07.09.20148429.
14. Long QX, Tang XJ, Shi QL, Li Q, Deng HJ, Yuan J, et al. Clinical and immunological assessment of asymptomatic SARS-CoV-2 infections. *Nat Med*. 2020;26(8):1200-4.
15. Ledford H. What the immune response to the coronavirus says about the prospects for a vaccine. *Nature*. 2020;585(7823):20-1.
16. Rodda LB, Netland J, Shehata L, Pruner KB, Morawski PM, Thouvenel C, et al. Functional SARS-CoV-2-specific immune memory persists after mild COVID-19. *medRxiv*. 2020:2020.08.11.20171843.
17. Frederiksen LSF, Zhang Y, Foged C, Thakur A. The Long Road Toward COVID-19 Herd Immunity: Vaccine Platform Technologies and Mass Immunization Strategies. *Frontiers in Immunology*. 2020;11(1817).
18. Balkhi F, Nasir A, Zehra A, Riaz R. Psychological and Behavioral Response to the Coronavirus (COVID-19) Pandemic. *Cureus*. 2020;12(5):e7923-e.
19. Barber SJ, Kim H. COVID-19 Worries and Behavior Changes in Older and Younger Men and Women. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 2020:gbaa068.
20. Acuña-Zegarra MA, Santana-Cibrian M, Velasco-Hernandez JX. Modeling behavioral change and COVID-19 containment in Mexico: A trade-off between lockdown and compliance. *Mathematical biosciences*. 2020;325:108370-.
21. Bavel JJV, Baicker K, Boggio PS, Capraro V, Cichocka A, Cikara M, et al. Using social and behavioural science to support COVID-19 pandemic response. *Nature Human Behaviour*. 2020;4(5):460-71.
22. Aromatario O, Van Hoya A, Vuillemin A, Foucaut AM, Pommier J, Cambon L. Using theory of change to develop an intervention theory for designing and evaluating behavior change SDApps for healthy eating and physical exercise: the OCAPREV theory. *BMC Public Health*. 2019;19(1):1435.

