



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE SEVERIDAD Y GRADO
DE AFECTACIÓN PULMONAR CALCULADO POR
VOLUMETRÍA EN TOMOGRAFÍA, EN PACIENTES CON
NEUMONÍA POR COVID-19 Y LA LETALIDAD DE LA
ENFERMEDAD EN UN HOSPITAL DE ALTA ESPECIALIDAD
DURANTE EL SEGUNDO TRIMESTRE DEL AÑO 2020

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO ESPECIALISTA EN IMAGENOLÓGIA
DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

P R E S E N T A:

DRA. GIANNI GISSELLE ESTRADA ROSERO

Facultad de Medicina



DIRECTORES DE TESIS

DRA. LINDA MICHELLE SILVA LIRA.
M. EN S.P. OSCAR URIEL TORRES PAEZ
DR. HUGO TORRES RODRÍGUEZ

Ixtapaluca, Estado de México. 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA NACIONAL DE MÉXICO
HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD IXTAPALUCA



FIRMAS DE AUTORIZACIÓN DE TESIS

CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE SEVERIDAD Y GRADO DE AFECTACIÓN PULMONAR CALCULADO POR VOLUMETRÍA EN TOMOGRAFÍA, EN PACIENTES CON NEUMONÍA POR COVID-19 Y LA LETALIDAD DE LA ENFERMEDAD EN UN HOSPITAL DE ALTA ESPECIALIDAD DURANTE EL SEGUNDO TRIMESTRE DEL AÑO 2020

Dr. Gustavo Acosta Altamirano
Director de Planeación, Enseñanza e Investigación

Dr. Pedro José Curi Curi
Responsable de la Unidad de Posgrado

Dr. Erick Obed Martínez Herrera
Subdirector de Investigación

M en SP Oscar Uriel Torres Paez
Director de Tesis

Dr. Hugo Torres Rodríguez
Director de Tesis

Dra. Linda Michelle Silva Lira.
Profesor Titular del Curso de Especialización Médica en Imagenología
Diagnóstica y Terapéutica
Director de Tesis

- Agradecimiento y dedicatoria.

En primer lugar, agradezco a mi familia y mi pareja quienes, en el transcurso de estos años a pesar de la distancia, siempre estuvieron para celebrar mis aciertos y apoyarme en los malos momentos, confiaron en mis capacidades desde el primer día que emprendí esta etapa de mi profesión. En segundo lugar, agradezco a este país y esta institución por abrirme las puertas para cumplir este sueño y así aprender las habilidades que necesito para ejercer mi profesión como radióloga.

Finalmente dedico esta tesis a mis padres, quienes han sido mi ejemplo a seguir y como buenos maestros me han inculcado el gusto y el placer del aprendizaje, han respetado mi amor a esta profesión y hasta hoy me han acompañado y ayudado a cumplir cada meta que me he propuesto sin esperar nada a cambio, muchas gracias.

1. Índice	IV
1.1 Resumen	1
1.2 Marco Teórico	2
1.2.1. <i>Contexto inicial y actual de la enfermedad.</i>	2
1.2.2. <i>Comportamiento de la enfermedad a nivel nacional y regional.</i>	3
1.2.3. <i>Diagnóstico de la enfermedad</i>	3
1.2.4. <i>Definición de COVID-19 grave y parámetros evaluados en su clasificación.</i>	5
1.2.5. <i>Clasificación de la enfermedad según los hallazgos de imagen.</i>	5
1.2.6. <i>Métodos para reportar el grado de afectación pulmonar.</i>	6
1.3 . Planteamiento del Problema	12
1.4 Justificación	13
1.5 Objetivo General	14
1.6. Objetivos Específicos	15
1.7 . Hipótesis	16
1.8 . Materiales y Métodos	17
1.8.1. <i>Criterios de inclusión</i>	20
1.8.2. <i>Criterios de exclusión</i>	21
1.8.3. <i>Aspectos éticos.</i>	23
1.8.4. <i>Cronograma de actividades.</i>	24
1.9 Resultados	25
1.10 . Discusión de Resultados	35
1.11 Conclusiones	39
1.12. Referencias	40
1.13 Índice de Tablas	45
1.14 Índice de Figuras	46
1.15 Índice de gráficas	47

1.1 Resumen

Se trata de un estudio retrospectivo, transversal y observacional realizado en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca en pacientes seleccionados COVID-19 positivos, durante el segundo trimestre del 2020, con el cual se busca establecer la relación existente entre la letalidad de la enfermedad con el índice de severidad y el grado de afectación pulmonar en tomografía cuantificado de manera objetiva mediante el uso de las herramientas preestablecidas de un software de General Electric; AW VolumeShare 7 con su aplicación Lung VCARSsingle, dando un valor en porcentajes de parénquima pulmonar enfermo, para obtener el índice de severidad en un rango de 0 a 20 puntos y según estos puntajes separarlos en grados de afectación pulmonar, estableciendo la tasa de letalidad no solo para la población total analizada, sino para cada grado de afectación, discriminando además en estos grupos otras variables tales como edad, sexo, comorbilidades, patrón de imagen según clasificación ACR y parámetros de compromiso respiratorio medidos al ingreso hospitalario tales como saturación de oxígeno, PaFi y frecuencia respiratoria.

1.2 Marco Teórico

1.2.1. Contexto inicial y actual de la enfermedad.

La neumonía por COVID-19 es una enfermedad altamente infecciosa, causada por un síndrome respiratorio agudo secundario a coronavirus 2 (SARS-CoV-2), el cual se ha clasificado dentro del género Betacoronavirus, perteneciente a la familia Coronaviridae, cuya característica biológica es ser un virus encapsulado con ácido ribonucleico (ARN) de cadena sencilla, cuyo genoma consta de 30 Kb (kilobase)(1). Este virus puede afectar múltiples órganos en el cuerpo, tales como intestino, vejiga, tracto digestivo, vasos sanguíneos, entre otros. Sin embargo la manifestación asociada con mayor frecuencia al COVID-19 es la afectación de las vías respiratorias con neumonías leves hasta síndromes de diestrés respiratorio severo, lo anterior secundario a la abundante expresión del receptor ACE2 en el parénquima pulmonar, específicamente en el lado acinar de las células epiteliales pulmonares (neumocitos) dentro de los espacios alveolares, lo que permite la entrada del virus(2).

En la neumonía secundaria al virus SARS-CoV-2, en la primer pico de la enfermedad, se han realizado múltiples estudios en los que se ha mostrado que hay una alta asociación entre el grado de severidad de la enfermedad y los resultados fatales de la misma, con factores demográficos tales como la edad, sexo y grupo racial, así mismo con condiciones pre existentes, principalmente la enfermedad cardíaca o pulmonar crónica, la hipertensión, asma, diabetes mellitus y la enfermedad renal crónica (3)(4), en las cuales se ha visto hospitalizaciones prolongadas, secuelas a largo plazo o incluso la muerte.

Tras el brote de un nuevo coronavirus (COVID-19) que se produjo en Wuhan, en China, se registró un incremento exponencial del número de casos y muertes a nivel mundial (5). El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) dado a la rápida propagación, la capacidad infecto contagiosa del virus y la poca contención de la enfermedad, decidió oficialmente declarar la enfermedad por SARS-CoV-2 (COVID-19) como una pandemia, para poner en marcha medidas internacionales de

distanciamiento social, de higiene de manos, establecimientos y el fortalecimiento del sistema de salud para ponerle frente a lo que vimos en los siguientes meses. (6).

1.2.2. Comportamiento de la enfermedad a nivel nacional y regional.

En cuanto al comportamiento de la primera ola de la COVID-19 a nivel local, en México se reportó el primer caso el 28 de febrero en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, en un paciente nacional, procedente de Italia. En adelante el aumento de casos fue exponencial, Al 16 de julio de 2021, las defunciones acumuladas para México fueron de 1,637,836 personas, de los cuales 960,497 fueron hombres y 677,339 mujeres, con 216,332 fallecidos en la Ciudad de México y 206, 526 fallecidos en el Estado de México (7)

Como lo referido anteriormente, el Estado de México tuvo una alta tasa de mortalidad, por lo cual muchos de los hospitales que brindan atención a la población de este mismo Estado se convirtieron en unidades de atención COVID-19, uno de ellos fue la institución en la cual se realizó este estudio: el Hospital regional de alta especialidad de Ixtapaluca (HRAEI), que forma parte de la red de hospitales de la Zona C1 en el Estado de México. El municipio de Ixtapaluca presentó para el 16 de julio de 2021, 4,852 casos acumulados y 543 defunciones. En municipios cercanos a los cuales el HRAEI también brinda atención también se reportaron números similares, tales como Chalco, en donde se reportaron 6,481 casos acumulados y 1,079 defunciones y en Valle de Chalco donde se reportaron 1,744 casos y 322 muertos (8)

1.2.3. Diagnóstico de la enfermedad

La rápida propagación del virus y su mortalidad, trajo consigo múltiples recomendaciones y esquemas con los cuales se puede brindar tanto un diagnóstico certero, como un acercamiento sobre la probabilidad diagnóstica, usando parámetros clínicos, de laboratorio y de imagen.

El Gold Estándar para el diagnóstico de una infección causada por SARS-CoV-2 se realiza mediante la reacción en cadena de la polimerasa por transcripción inversa en

tiempo real (RT-PCR)(9). Cabe recordar que al inicio de la pandemia los tiempos de respuesta para los resultados de la prueba COVID-19 eran de 6 horas a más 48 horas y no todas las instituciones y ciudades de los diferentes países podían contar con laboratorios que procesaran las muestras, requiriendo que muchas muestras fueran transportadas sin las medidas requeridas para conservar la muestra o incluso que muchos pacientes no tuvieran una prueba de laboratorio, en conclusión la capacidad de contar con estas pruebas era limitada debido a la insuficiencia de kits de recolección de muestras, suministros de prueba de laboratorio y equipo de prueba (6), y el resultado además dependen de la duración de los síntomas, la carga viral y la calidad de la muestra de prueba(10), lo cual ha llevado a que los primeros informes sobre el rendimiento de las pruebas RT-PCR mostraran reportes de sensibilidad variables entre el 37% al 71%.

Por lo anterior, los sistemas de salud a nivel mundial presentaron estrategias para reducir la incidencia, morbilidad y mortalidad de COVID-19, mejorando la capacidad diagnóstica de las instituciones de atención inicial, para así definir el aislamiento temprano de estos pacientes, disminuir los contagios y brindar un tratamiento temprano. Es aquí donde cobra importancia el uso de las imágenes diagnóstica, sobre todo en un entorno con recursos limitados. He aquí donde la tomografía computarizada (TC), se propone como una herramienta para la toma de decisiones, principalmente en pacientes con una evolución clínica desfavorable, pues a pesar no ser el Gold estándar para el diagnóstico, se han reportado valores de sensibilidades de hasta 98% para la tomografía. (11) y especificidad hasta del 53% (12).

En relación a los hallazgos de imagen tanto radiografía de tórax, como en tomografía las características más sospechosas para la COVID-19 en los pulmones incluyen: patrón en vidrio despulido de localización periférica, bilateral, multifocal, con o sin consolidaciones focales, en regiones pulmonares cercanas a las superficies pleurales, incluidas las fisuras(2), Otros hallazgos también referidos con alta frecuencia son el engrosamiento de los septos interlobulillares, bronquiectasias, engrosamiento pleural, afectación subpleural y otros hallazgos menos frecuentes o raros como el derrame

pleural, el derrame pericárdico, la linfadenopatía, la cavitación, el signo del halo en la TC y el neumotórax (13).

1.2.4. Definición de COVID-19 grave y parámetros evaluados en su clasificación.

Al ingreso a los servicios de urgencias, de un paciente sospechoso y luego confirmado de COVID -19, los servicios de urgencias requieren catalogar la gravedad del paciente para así determinar las conductas y pronóstico. Algunas de las variables iniciales en el triage de estos pacientes son los niveles de SO₂, la Frecuencia respiratoria, el requerimiento de oxígeno suplementario, la PaFi y de ser posible los hallazgos descritos en el reporte de imagen, de los cuales hablaremos más adelante.

Los pacientes adultos catalogados con Covid-19 leve, se refiere clínicamente a pacientes con neumonía leve o que tienen enfermedad confirmada y se encuentra asintomáticos. (14)

Los pacientes con COVID–19 grave son aquellos que presentan disnea, frecuencia respiratoria ≥ 30 / min, saturación de oxígeno en sangre $\leq 93\%$, presión parcial de oxígeno arterial a fracción de proporción de oxígeno inspirado < 300 y / o infiltrados pulmonares $> 50\%$ dentro de 24 a 48 horas desde su inicio de síntomas. (14)

Los pacientes adultos catalogados con COVID-19 críticos son aquellos que presentan datos de insuficiencia respiratoria, choque séptico y/o disfunción o insuficiencia de múltiples órganos(14).

1.2.5. Clasificación de la enfermedad según los hallazgos de imagen.

Como se ha referido, las características de imagen en la neumonía por SARS-CoV 2, son múltiples, y aunque están bien descritas, muchos pacientes tendrán algunas, pero no todas, las manifestaciones (15) y Aunque la TC de tórax ha demostrado una alta sensibilidad en relación con las pruebas de RT-PCR para el diagnóstico de COVID-19, los múltiples hallazgos y sobre todo los cambios con respecto a las fases de la enfermedad, pueden hacer más difícil la distinción de COVID-19 de otras causas de

neumonía principalmente de etiología viral(16). Esto llevó a múltiples estudios y propuestas para dar una clasificación en relación a la probabilidad de presentar la enfermedad para disminuir la variabilidad en los reportes, usando un lenguaje común y estandarizado que mejore el diagnóstico. En el servicio de imagen se usan dos de las más conocidas: la primera de ellas es el Sistema de Informes y datos de COVID-19 (CO-RADS: COVID-19 Reporting and Data System), el cual proporciona un nivel de sospecha de afectación pulmonar de COVID-19 según las características observadas en la TC de tórax sin contraste. El nivel de sospecha aumenta de muy bajo (CO-RADS categoría 1) a muy alto (CO-RADS categoría 5). También existe un examen técnicamente insuficiente (CO-RADS categoría 0), uno con hallazgos indeterminados (CO-RADS categoría 3) y finalmente una infección por coronavirus 2 (SARS-CoV-2) comprobado por RT-PCR en el momento del examen (CO-RADS categoría 6)(10). La segunda clasificación que usamos para el reporte radiológico en la institución donde se desarrolló este estudio propone cuatro categorías, cada una con un lenguaje estandarizado sugerido para describir los hallazgos de imagen en el parénquima pulmonar en categorías como típicas, indeterminadas, atípica y negativas, lo anterior basado en las especificaciones de la Sociedad de Radiología de América del Norte, respaldado por la Sociedad de Radiología Torácica, el Colegio Americano de Radiología y la RSNA (12) en relación a la neumonía viral secundaria a SARS COV 2.

Las clasificaciones anteriores son ampliamente conocidas y utilizadas no solo por los radiólogos sino también por el personal médico encargado de manejar pacientes COVID -19, por esto el uso de las mismas permite una mejor comunicación clínico-radiólogo.

1.2.6. Métodos para reportar el grado de afectación pulmonar.

Al realizar la tomografía y valorar los patrones de imagen previamente descritos, no solo podemos dar una acercamiento diagnóstico, sino también podemos evaluar la extensión de la enfermedad en el parénquima pulmonar como grado de afectación pulmonar, al inicio de la enfermedad, que dada la alta sensibilidad demostrada por la tomografía y los estudios realizados sobre este tema, es una herramienta útil para

determinar el pronóstico de los pacientes, evaluar la evolución en controles a corto plazo en caso de evolución tórpida del paciente o a largo plazo para evaluar las secuelas de la enfermedad (17). Se he propuesto medir el grado de afectación teniendo en cuenta las zonas con ocupación alveolar, las cuales incrementan la densidad pulmonar y permiten diferenciar claramente un pulmón sano de uno enfermo, permitiendo guiar las decisiones clínicas relacionadas con la necesidad de ingreso hospitalario, el momento de la intubación, la evolución y pronóstico, la eficacia terapéutica y la letalidad de la enfermedad (18).

Varios estudios han mostrado correlaciones entre el grado de afectación parenquimatosa en la TC y la evaluación clínica de la gravedad de la enfermedad COVID-19 según se define por parámetros como la gravedad de los síntomas, el estado de oxigenación y ciertas medidas de laboratorio de infección e inflamación.(15).

Para lo anterior se han usado métodos cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos: los dos últimos métodos han mostrado puntuaciones de severidad en tomografía para pacientes con enfermedad grave y crítica que son significativamente más altas que las de los pacientes con enfermedad menos grave(15), demostrando la importancia de estos métodos para los clínicos.

1.2.6.1. *Métodos cualitativos*

Estos métodos califican la afectación en leve, moderada o grave según la extensión de la enfermedad determinada y visualizada por el radiólogo, sin agregar ningún valor numérico al compromiso de parénquima pulmonar.

1.2.6.2. *Métodos semicuantitativos*

Se realizan agregando un valor numérico para dar un grado de afectación pulmonar considerada por el radiólogo. Se han propuesto métodos teniendo en cuenta los segmentos, lóbulos o el pulmón total. Algunos son:

Un estudio retrospectivo de Pan y colaboradores, estudiaron la evolución de la afectación pulmonar y las características de la imagen en un grupo de 21 pacientes confirmados para COVID-19, aquí proponen Evaluar cada uno de los cinco lóbulos pulmonares, dando una puntuación visual en una escala de 0 a 5, donde 0; indica que no hay afectación, 1; afectación menor al 5%, 2, afectación del 5% -25%, 3; afectación del 26%-49%, 4; afectación del 50% -75% y 5; más del 75% de afectación. La puntuación total de la TC es la suma de las puntuaciones lobares individuales y varia de 0 (sin afectación) a 25 (afectación máxima)(19).

En el estudio de Yang R y colaboradores, se estudió un total de 102 pacientes con COVID-19 para dar el valor de la puntuación de gravedad de la TC de tórax, donde usan un método para puntuar la afectación de los segmentos pulmonares, según la estructura anatómica, los 18 segmentos de ambos pulmones se dividieron en 20 regiones, en las que el segmento apical posterior del lóbulo superior izquierdo se subdividió en regiones apical y segmentaria posterior, mientras que el segmento basal anteromedial del lóbulo inferior izquierdo se subdividió en regiones segmentarias anterior y basal. Las opacidades pulmonares en las 20 regiones pulmonares se evalúan subjetivamente en imágenes de TC de tórax utilizando un sistema que atribuía puntuaciones de 0, 1 y 2 si la opacificación parenquimatosa implicaba 0%, menos del 50% o igual o más del 50% de cada región, respectivamente.(20).

En otro estudio de Yuan M y colaboradores, asocian los hallazgos radiológicos con la mortalidad de pacientes infectados por SARS COV 2, Los hallazgos de la TC se clasificaron en una escala de 3 puntos: 1 como atenuación normal, 2 como atenuación en vidrio deslustrado y 3 como consolidación. A cada zona pulmonar, con un total de seis zonas pulmonares en cada paciente, se le asignó una escala siguiente según la distribución del parénquima pulmonar afectado: 0 como normal, 1 como <25% de anomalía, 2 como 25-50% de anomalía, 3 como 50 a 75% de anomalía y 4 como > 75% de anomalía. La escala de cuatro puntos de la distribución del parénquima pulmonar se multiplicó luego por la escala radiológica descrita anteriormente. Se

agregaron puntos de todas las zonas para obtener una puntuación acumulada total final, con un valor que varía de 0 a 72(21).

Otra escala menos compleja, usada en el estudio de Chung M y colaboradores, se basa en la calificación del grado de afectación de cada uno de los cinco lóbulos pulmonares, se clasificó como ninguna (0%), mínimo (1% -25%), leve (26% -50%), moderado (51% -75%) o grave (76% -100%). Ninguna afectación correspondió a una puntuación de lóbulo de 0, afectación mínima a una puntuación de lóbulo de 1, afectación leve a una puntuación de lóbulo de 2, afectación moderada a una puntuación de lóbulo de 3 y afectación grave a una puntuación de lóbulo de 4. En un pulmón general La "puntuación de gravedad total" se alcanzó sumando las puntuaciones de los cinco lóbulos (rango de puntuaciones posibles, 0-20)(22). Este método también se utilizó en un estudio de 78 pacientes, realizado por Li K y colaboradores(23), en el cual reportan una sensibilidad del 82,6% y una especificidad del 100% para determinar un paciente crítico con valores más altos de puntuación de gravedad total. Dado a la simplicidad del rango de puntuación y al ser fácilmente reproducible se decidió usar esta escala de valores para puntuar el índice de severidad y grado de afectación pulmonar dado por el análisis cuantitativo de software en el presente estudio de tesis.

1.2.6.3. *Métodos cuantitativos*

Estos métodos permiten obtener una medida automática, reproducible y cuantificable del pulmón sano y enfermo, los cuales no son métodos exclusivos de neumonía por COVID-19 y no son de reciente aparición, ya que se han utilizado para evaluar la progresión de otro tipo de enfermedades tales como neumonías intersticiales, asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, entre otras (24). Estos métodos están basados en el uso de softwares de aprendizaje profundo, los cuales que pueden calcular la participación total del pulmón, así como el porcentaje de vidrio despulido y consolidación, todo esto basado en la medición de densidad para cada tipo de tejido según el valor de un histograma de Voxel, teniendo en cuenta que estos rangos varían según los valores normales del lo que se considera un parénquima pulmonar sano, es

decir son valores negativos altos entre -250 y -600 HU, los cuales se comparan y restan de las zonas afectadas, que son las de mayor densidad, en ocasiones esto también puede combinarse con diversas formas de aprendizaje automático supervisado o no supervisado y con esto permitir una mayor precisión que las estimaciones semicuantitativas realizadas por un radiólogo con pocos años de entrenamiento o poca experiencia en los hallazgos asociados a esta enfermedad(15).

Otra de las ventajas de poder analizar la afectación pulmonar y cuantificarla objetivamente mediante este tipo de software es dar puntos de corte para la gravedad de la enfermedad y permitir un acercamiento para predecir el riesgo de ingreso en la unidad de cuidados intensivos o la mortalidad hospitalaria (25).

Estos métodos han sido usados en múltiples estudios, en los que solo se usa el valor de afectación pulmonar dado por el software en unidades de porcentaje o litros o también puede combinarse con algunas escalas de valoración semicuantitativas para no solo dar un índice y un grado de afectación pulmonar, brindando una escala numérica (índice) y nominal (grado). Un estudio para cuantificación de carga de afectación pulmonar basado en sistemas con software de aprendizaje profundo de Huang y colaboradores (26), evaluó tomografías de 126 pacientes y demostró que el porcentaje de afectación pulmonar aumentó significativamente desde el grupo clínico de menor gravedad, hasta el de mayor gravedad, así como en el seguimiento topográfico en relación a la progresión de la enfermedad y resaltó la utilidad de estas herramientas para eliminar la subjetividad del observador para comparar la afectación inicial con los controles.

Otro ejemplo de cómo se han usado estos métodos sistematizados, se muestra en el estudio realizado por Wan S y colaboradores, el cual propuso un sistema de puntuación semicuantitativo modificado, usó el método referido previamente en el que se tiene en cuenta el número de segmentos pulmonares (20 para cada pulmón) y a este le agregó una puntuación adicional dada según la distribución de las zonas de ocupación alveolar, pero las puntuaciones de cada segmento fueron obtenidas

mediante un software de aprendizaje profundo. Le confiere un punto por cada segmento y la relación de estos la define como índice de inflamación pulmonar, PII = (puntuación de distribución de lesiones + puntuación de volumen) / puntuación total (40) × 100% y Esta evaluación cuantitativa se puede utilizar para cuantificar la carga de lesiones inflamatorias. (27). Otro estudio con una escala similar, semicuantitativo modificado, de LI k y colaboradores, usa la escala de puntaje para cada lóbulo, a una afectación de 0, 0% de participación; puntuación 1, menos del 5% de participación; puntuación 2, participación del 5% al 25%; puntuación 3, participación del 26% al 49%; puntuación 4, participación del 50% al 75%; y puntuación 5, más del 75% de participación, con una puntuación total posible de 0 a 25 y los valores obtenidos para cada lóbulo se realizaron mediante la cuantificación con el software del Pulmonary Infection Assistant Diagnosis (V1.7.0.1, Dexin Medical Imaging Technology Co, Ltd, Xian City, Shaanxi Province , China) (28)

1.3. Planteamiento del Problema

¿Existe relación entre el índice de severidad y grado de afectación del volumen pulmonar cuantificado por volumetría en tomografía en la COVID-19, con la letalidad de la enfermedad?

1.4 Justificación

Dado el alto número de contagios y muertes por COVID-19 en el estado de México, Ixtapaluca y municipios aledaños a los cuales el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca (HRAEI) le brinda atención, y teniendo en cuenta que el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca, desde que recibió su primer paciente COVID-19 el 17 de marzo de 2020, hasta septiembre del mismo año, atendió 1553 pacientes, de los cuales reportan una tasa de defunciones del 52 % en las primeras 72 horas (29) es importante demostrar la utilidad de las herramientas diagnósticas que tiene el hospital y específicamente el servicio de imagen, en tomografía de tórax para contribuir en la aproximación diagnóstica y pronóstico de resultados fatales de la enfermedad, la cuantificación de la severidad y grado de afectación pulmonar permite un acercamiento a la sospecha de grupos de pacientes con mayor letalidad por COVID-19. Estos datos obtenidos mediante un método objetivo le dará a los clínicos una herramienta adicional para la toma de decisiones.

1.5 Objetivo General

Describir la relación entre el índice de severidad y grado de afectación pulmonar medido por volumetría en tomografía de tórax simple y la letalidad de la enfermedad en pacientes con COVID -19 atendidos en el Hospital regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca en el segundo trimestre del 2020.

1.6. Objetivos Específicos

- Determinar el índice de severidad y grado de afectación pulmonar por tomografía usando el Software AW VolumeShare 7 y aplicando las escalas de cuantificación referidas en las tablas 2 y 3, en rangos tales como: ninguno (0 puntos), mínimo (0-4 puntos), leve (5-9 puntos), moderado (10-14 puntos) y severo (15-20 puntos).
- Determinar la tasa de letalidad en la población total y posteriormente para cada grado de afectación pulmonar
- Identificar en cada grado de afectación pulmonar, la letalidad y factores asociados a estos grupos tales como: edad, sexo, comorbilidades, parámetros ventilatorios medidos al ingreso hospitalario.
- Identificar en cada grado de afectación pulmonar el patrón de imagen según la ACR reportado a su ingreso y determinar el patrón más reportado en los grupos de mayor letalidad.

1.7. Hipótesis

La medición del índice de severidad y grado de afectación pulmonar mediante un software aplicado a las tomografías de tórax simple de pacientes con neumonía por COVID -19, muestran que a mayor grado de afectación pulmonar existe mayor tasa de letalidad de la enfermedad.

1.8. Materiales y Métodos

Se trata de un estudio retrospectivo, transversal y observacional realizado en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca con 303 pacientes entre abril y junio del 2020, en quienes se evaluó el índice de severidad y grado de afectación pulmonar cuantificado en tomografías de tórax simple de ingreso, usando un método cuantitativo aplicando un software perteneciente a la estación de trabajo de tomografía AW VolumeShare 7 de General Electric (ilustración 1), usando la aplicación Lung VCAR para la segmentación pulmonar y posterior cuantificación automática sobre parámetros preestablecidos para la selección automática de pulmón sano que fueron densidades pulmonares entre -646 a -1024 UH y de pulmón afectado con densidades entre -646 a 2494 UH, La segmentación automática arrojó como resultado un valor en porcentaje de volumen afectado para cada lóbulo y la sumatoria total en cada pulmón.

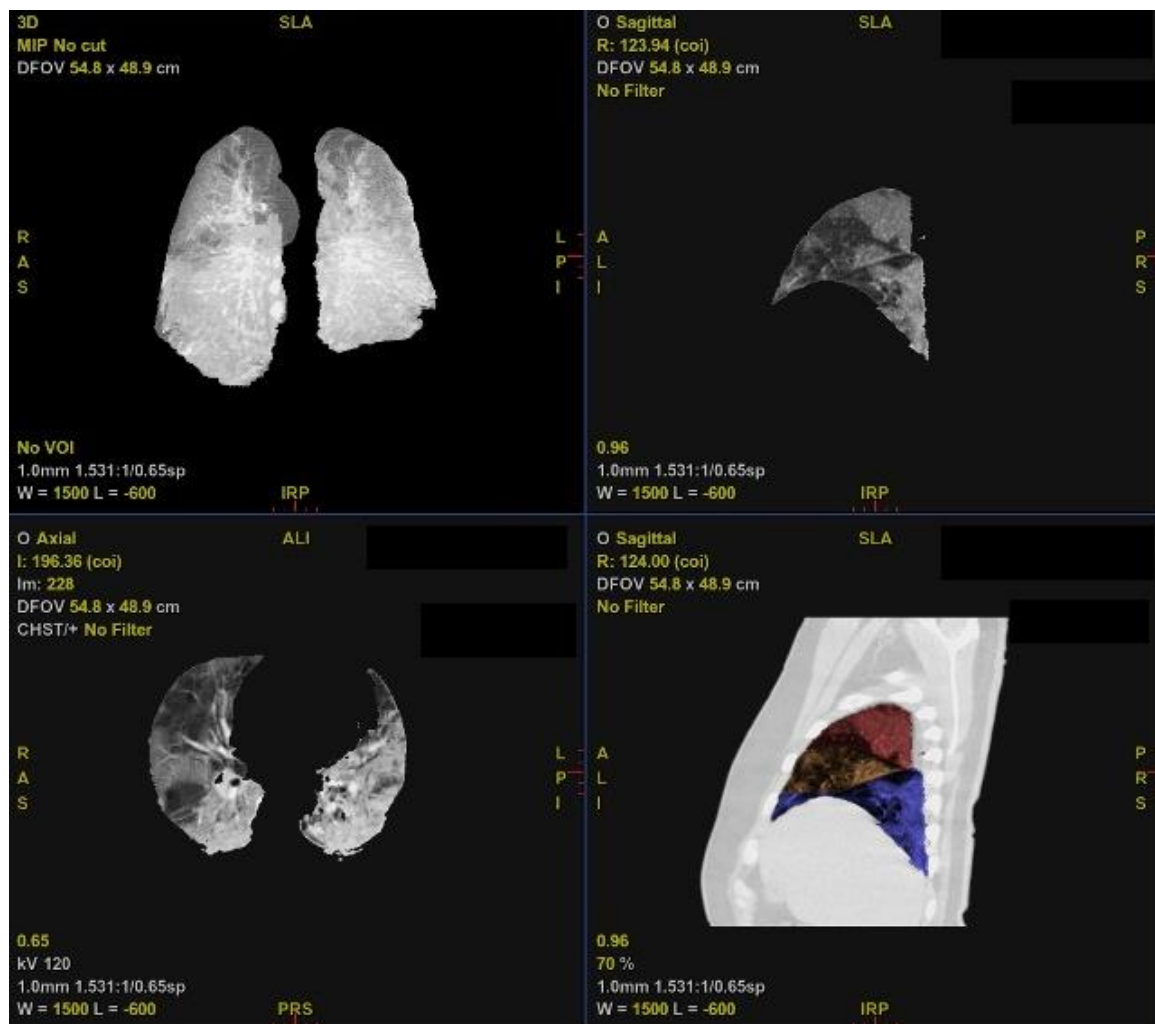
Las tomografías de cada paciente se realizaron en un equipo de última generación, General Electric Revolution, de 128 cortes, con adquisición helicoidal, en cortes finos y con los parámetros que permitían una adquisición rápida de baja dosis, referidos en la tabla 2.

Tabla 1. Parámetros de adquisición de tomografía de tórax simple de baja dosis.

PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN TC SIMPLE	INDICACIONES
configuración del detector (número x mm)	128x 0.625
FOV	Ancho
tiempo de rotación	0.4
Pitch	1.5
kVp	120
modulación de corriente del tubo	mAs
mA	300 - 500
Noise index	61
reconstrucción	helicoidal
dosis aproximada efectiva a 30 cm para un adulto	2.27 mSv

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

Figura 1. Formato de presentación de imágenes segmentadas y con reconstrucción 3D en AW VolumeShare 7: estación de trabajo de procesamiento, comparación y revisión de imágenes multimodal. Aplicación lung VCAR single, al igual que el cuadro de resultados de análisis de volumen pulmonar afectado.



Valores del intervalo	Pulmón derecho				Pulmón izquierdo			Volumen pulmonar total Pulmones combinados
	Pulmón derecho	Lóbulo superior	Lóbulo intermedio	Lóbulo inferior	Pulmón izquierdo	Lóbulo superior	Lóbulo inferior	
[-1024 / -646]	48,6363 %	62,9939 %	67,5407 %	22,7198 %	42,0445 %	65,2689 %	10,6212 %	45,8778 % / 1,3397 L
[-646 / 2494]	51,3637 %	37,0061 %	32,4593 %	77,2802 %	57,9555 %	34,7311 %	89,3788 %	54,1222 % / 1,5805 L
[2494 / 2494]	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 % / 0,0 L
Total	1,6982 L	0,7362 L	0,3204 L	0,6416 L	1,2221 L	0,7027 L	0,5194 L	2,9203 L

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca

Para la cuantificación del índice de severidad por tomografía y grado de afectación pulmonar se tomó como referencia el modelo propuesto en el estudio de Chung M et al. Publicado en febrero 4 de 2020 (22); el índice de severidad se obtiene dándole un puntaje a los rangos de porcentajes de afectación pulmonar por cada lóbulo (ver tabla 3), con un puntaje mínimo de 0 y un máximo para todo el pulmón de 20 puntos. El grado de afectación pulmonar se obtuvo estableciendo una característica cualitativa a los rangos de valores obtenidos en el índice de severidad, los cuales se dividen desde ninguna afectación (0 puntos) a afectación severa (15 a 20 puntos). (ver tabla 4)

Tabla 2. Parámetros para el puntaje de índice de severidad, según el volumen

PORCENTAJE DE AFECTACIÓN PULMONAR POR LÓBULO	PUNTAJE
0%	0
1-25%	1
25-50%	2
51-75%	3
76-100%	4
PUNTAJE MÁXIMO: índice de severidad	20/20 puntos

Basado en el Modelo propuesto en el estudio de Chung M et al (22)

Tabla 3. Grado de afectación pulmonar determinado mediante la sumatoria de los puntajes de cada lóbulo, con un máximo de 20 puntos posibles

RANGOS ÍNDICE DE SEVERIDAD	GRADO DE AFECTACIÓN PULMONAR
0 puntos	0
1-4 puntos	mínimo
5 - 9 puntos	leve
10-14 puntos	moderado
15-20 puntos	severo

Basado en el Modelo propuesto en el estudio de Chung M et al (22)

La información sobre los hallazgos de imagen de tomografía de tórax simple, referidos por el radiólogo y catalogados según la clasificación de la ACR, se obtienen de los archivos registrados en el sistema RIS/PACS Y Las imágenes representativas para cada grupo se obtienen de sistema de archivo PACS.

En cada uno de los grupos de afectación pulmonar se valoró la edad de presentación, sexo, frecuencia de presentación de comorbilidades y la media y la mediana de los parámetros ventilatorios de ingreso hospitalario tales como: FiO₂, FR y PaFi, esta información adicional referida en las variables (tabla 1) se obtiene del expediente clínico de cada paciente en el sistema Saludness del hospital.

Para la base de datos se usó una plantilla en Microsoft Office Excel 2016, con fórmulas programadas para cada variable; cuantitativa y nominal (ver tabla 1). De los datos consignados se discriminaron según los filtros establecidos en tabla de Excel de tal forma que la letalidad se pueda evaluar en la población total, según el género, la edad, el índice de severidad, el grado de afectación pulmonar y el tipo de clasificación radiológica según la ACR.

La muestra fue a conveniencia con pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión de este estudio

1.8.1. *Criterios de inclusión*

- Pacientes de género masculino o femenino, mayores de 18 años, con COVID -19 confirmado por RT-PCR y que tengan una tomografía de tórax simple de ingreso que cumplan con los parámetros técnicos de adquisición (ver tabla 5) y sin artefacto de movimiento que limite la segmentación automática pulmonar y cuantificación del volumen afectado.
- pacientes que en su expediente clínico cuenten con datos tales como: genero, edad, índice de masa corporal, información sobre antecedentes patológicos tales como: diabetes, enfermedad cardiovascular, enfermedad renal crónica, enfermedad pulmonar, oncológica, hepática, embarazo o inmunosupresión.
- Pacientes que tengan consignado en su expediente clínico datos de ingreso tales como saturación de oxígeno y PaFi

- Pacientes con reporte radiológico de las tomografías elegibles que concluyan los hallazgos de imagen según la clasificación de la ACR en hallazgos típicos, atípicos, indeterminados y negativos.

1.8.2. *Criterios de exclusión*

- pacientes menores de 18 años, con enfermedad respiratoria secundaria a covid -19 confirmada por RT – PCR
- Pacientes con sospecha de neumonía secundaria a covid – 19, sin reporte de prueba RT-PCR.
- Pacientes con neumonía secundaria a covid-19 en quienes se sospeche o confirme infección bacteriana o micótica agregada.
- Pacientes con tomografía de ingreso que tengan artefacto de movimiento que no permita la realización de la segmentación pulmonar automática mediante el software.
- Pacientes covid -19 positivos, que tengan tomografías de tórax cuya adquisición no cumpla con los parámetros establecidos para la aplicación de volumetría del software AW VolumeShare 7 de General Electric, usando la aplicación Lung VCAR (ver tabla 5).
- Pacientes con información clínica incompleta en su expediente.

Tabla 4.Operacionalización de variables referidas en este estudio.

VARIABLE	TIPO	ESCALA	UNIDAD DE MEDICIÓN
Edad	cuantitativa discreta	de razón	• unidad de años
sexo	cualitativa nominal	nominal	• 1: mujer • 2: hombre
comorbilidad	cualitativa nominal	nominal	• 1: si • 2 no
hallazgos de TC según ACR	cualitativa nominal	nominal	• 1: negativo • 2: indeterminado • 3: típico • 4: atípico.
SO2 de ingreso	cuantitativa discreta	de razón	• numérico.
PAFI al ingreso	cuantitativa discreta	de razón	• numérico
volumen total del parénquima pulmonar afectado	cuantitativa continua	de razón	• porcentaje
Grado de volumen pulmonar afectado de cada lóbulo	cualitativa nominal.	nominal	• 0%: ninguno • 1-25%: mínimo • 25-50%: leve • 51-75%: moderado • 76-100%: severo
Puntaje de severidad para la gravedad de volumen pulmonar afectado para cada lóbulo	cualitativa nominal.	nominal	• Ninguno: 0 puntos • Mínimo: 1 punto • Leve: 2 puntos • Moderado: 3 puntos • Severo: 4 puntos
Índice de severidad por volumen pulmonar afectado para todo el pulmón	Cuantitativa discreta	De razón	• Numérico • Rango de 1-20
Grado de volumen pulmonar afectado para todo el pulmón	cualitativa nominal	nominal	• Ninguno: 0 puntos • Mínimo: 1-4 puntos • Leve: 5 - 9 punto • Moderado: 10-14 puntos • Severo: 15-20 puntos
Estado actual del paciente	Cualitativa nominal	Nominal	• 1: alta vivo • 2: fallecido
Índice de masa corporal	Cualitativa nominal	Nominal	• 1. Normal • 2. Sobrepeso • 3. Obesidad
Hipoxemia	Cualitativa nominal	Nominal	• Leve: 200-300 • Moderado: 100-200 • Severo: < 100

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

1.8.3. Aspectos éticos.

Para la realización de la presente tesis, se respetaron cabalmente los principios contenidos en el Código de Núremberg, la Declaración de Helsinki y sus enmiendas, el Informe Belmont, el Código de Reglamentos Federales de Estados Unidos, y en el reglamento de la Ley General de Salud, tanto en materia de investigación para la salud en su Título Segundo. De los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos. Capítulo I. Artículo 14, 20, 21, 22, 23 y 26. Por otra parte el protocolo no califica para subordinarse a otras normas oficiales mexicanas específicas, ya que no utiliza compuestos radioactivos, compuestos químicos marcados, animales de laboratorio, partículas o materiales susceptibles de transmitir enfermedades infecciosas, ingeniería genética, terapia celular, ni sustancias químicas reactivas o tóxicas.

Dado que en esta investigación solo se consideró, como estudio retrospectivo, esta investigación se clasifica sin riesgo, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación antes citado.

Todos los pacientes que ingresaron al estudio fueron tratados con apego estricto de confidencialidad, quedando prohibido la divulgación de sus datos personales y médicos.

Toda la información obtenida, será mantenida en resguardo por el investigador principal y únicamente serán utilizadas con propósitos de la investigación en curso. Una vez transcrita la información se sustituirán los nombres de los informantes por claves, resguardando los textos de las transcripciones, así pues, los reportes de la investigación, como los artículos publicados o presentaciones en congresos y foros académicos, no llevarán ningún dato personal de los participantes.

1.9 Resultados

En la muestra de pacientes de un total de 303 pacientes (n), el 64% fueron hombres y el 35 % fueron mujeres. De la totalidad fallecieron 169 pacientes, lo que corresponde a una tasa de letalidad global para la muestra de 56 % (Gráfica 1).

Gráfica 1. Tasa de letalidad global de la COVID-19 en el universo del presente estudio



Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

Tabla 5. Relación global de datos según grado de afectación pulmonar (GAP) y el número de pacientes en relación a los datos de letalidad y comorbilidades.

GAP	LETALIDAD		DEMOGRAFÍA				COMORBILIDAD							
	TOTAL	MTO	M	F	SP	OB	DM	CV	PUL	ONCO	IRC	HEP	GESTA	INMC
<i>mínimo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>leve</i>	62	18	41	21	30	23	16	11	1	2	0	0	0	0
<i>moderado</i>	97	40	59	38	35	47	34	24	1	0	1	0	1	0
<i>severo</i>	144	111	95	49	39	87	45	45	6	0	6	0	1	2
total	303	169	195	108	95	157	95	80	8	2	7	0	2	2

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca. HEP; Hepático, INC; Inmunocomprometido, IRC; insuficiencia renal crónica, ONCO; oncológico, PUL; enfermedad pulmonar, CV; cardiovascular, DM; Diabetes mellitus, SP; sobrepeso, OB; Obesidad, AP; afectación pulmonar, M; hombre, F; mujer. MTO; muerto.

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca

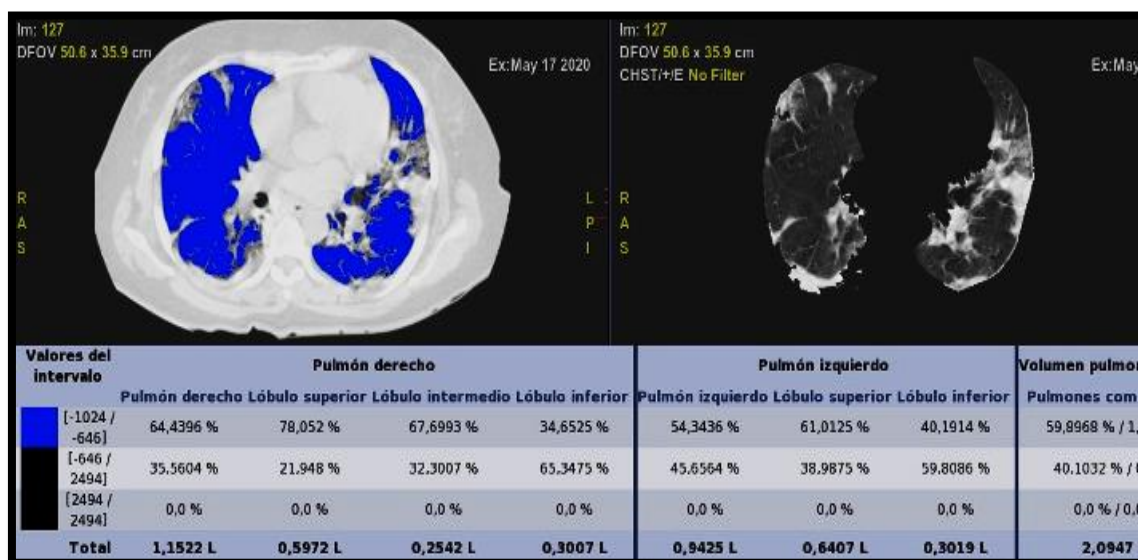
En la tabla se puede observar que no se tuvo ningún paciente con grado de afectación mínimo (1-4 puntos), así mismo, podemos ver que en los pacientes predominó el grado de afectación pulmonar severo con 144 pacientes, es decir el 47% de la muestra analizada.

La tasa de letalidad para el grado de afectación severo, fue del 77 %. En este grupo la mayoría fueron pacientes de género masculino. ()

Entre las condiciones pre existentes en los pacientes con COVID-19, las más frecuentes fueron en orden descendente: obesidad, sobrepeso, diabetes mellitus, seguidas de cardiovasculares, pulmonares, insuficiencia renal crónica y oncológica, donde la obesidad se presentó en el 51 % de la población y se presentó con mayor frecuencia en pacientes con grado de afectación moderado y severo. Las comorbilidades hepáticas no se presentaron en la población.

Para el cálculo del volumen pulmonar afectado, se realizaron las respectivas tomografías, segmentación pulmonar y análisis automático del estudio obteniendo la información según lo mostrado en la ilustración 2.

Figura2. formato de reporte de resultados de pulmón sano y afectad en estación de trabajo AW VolumeShare 7, según la segmentación pulmonar

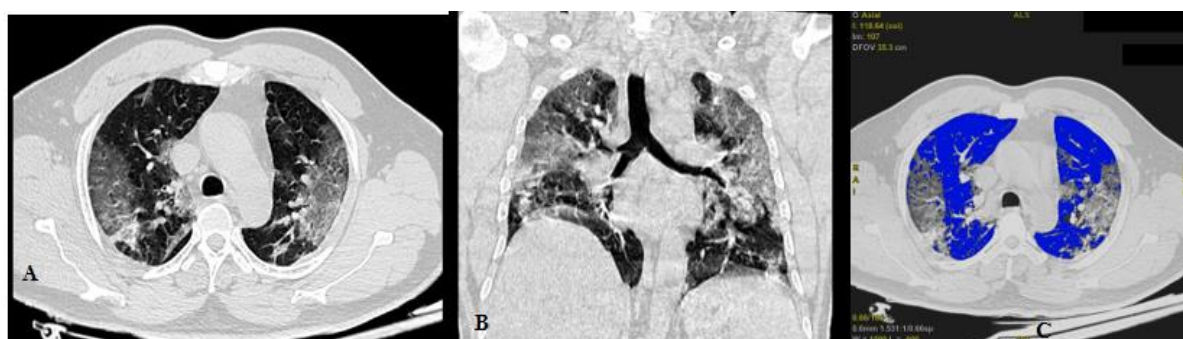


Femenino de 56 años, COVID - 19 positivo, con grado de afectación moderado. Se demarca con color el pulmón sano (Azul) cuantificado con unidades Hounsfield en el rango de -1024 a -646 UH y el pulmón enfermo (sin color) cuantificado con unidades Hounsfield entre -646 a 2494. En la parte inferior de la imagen se muestran Los valores en términos de porcentaje y Litros.

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca

El software permite una segmentación pulmonar automática, se obtienen los porcentajes de afectación para cada lóbulo como se muestra en las ilustraciones 3 y 4, donde el software detecta el parénquima pulmonar sano, así como el parénquima con zonas de ocupación alveolar que incrementan la densidad pulmonar e interpreta el parénquima pulmonar con mayor densidad (rangos entre -646 a 3071 UH), como parénquima enfermo, demarcado en las imágenes de color, resaltado en color azul el parénquima sano y el resto es parénquima afectado y finalmente da una tabla discriminando la totalidad de la enfermedad en porcentaje (%) para cada segmento en cada lóbulo.

Figura3. Tomografía simple en adquisición axial de un paciente con covid -19 positivo, con un grado de afectación moderado.

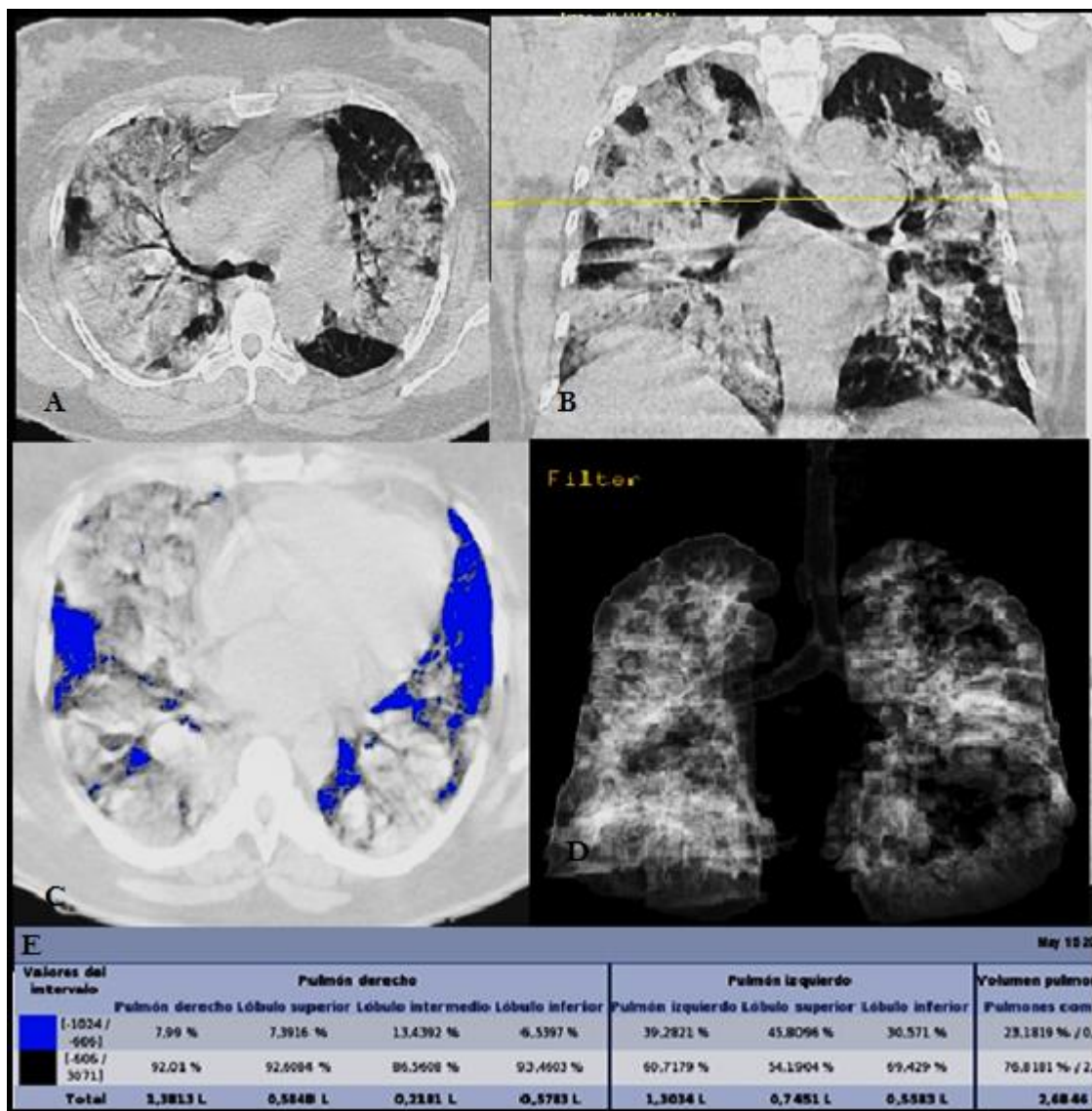


Valores del intervalo	Pulmón derecho				Pulmón izquierdo			Volumen pulmon
	Pulmón derecho	Lóbulo superior	Lóbulo intermedio	Lóbulo inferior	Pulmón izquierdo	Lóbulo superior	Lóbulo inferior	
[-1024 / -646]	42,4324 %	39,3354 %	55,348 %	39,0749 %	39,2984 %	39,1559 %	39,4731 %	40,9708 % / 1,5
[-646 / 3071]	57,5676 %	60,6646 %	44,652 %	60,9251 %	60,7016 %	60,8441 %	60,5269 %	59,0292 % / 1,5
Total	1,3819 L	0,4756 L	0,2775 L	0,6288 L	1,2077 L	0,6651 L	0,5426 L	2,5896 L

La imagen A y B, en reconstrucción axial y coronal respectivamente se identifica vidrio despolido de predominio subpleural, con engrosamiento peribroncovascular. En imagen C, imagen axial de la selección automática del software de pulmón sano y enfermo. En la imagen D, la tabla que muestra el software, con de pulmón sano (color azul en imagen C) y enfermo representado en porcentaje y Litros.

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca

Figura 4. Cuantificación del volumen pulmonar afectado en paciente femenino de 56 años, positivo para covid -19.

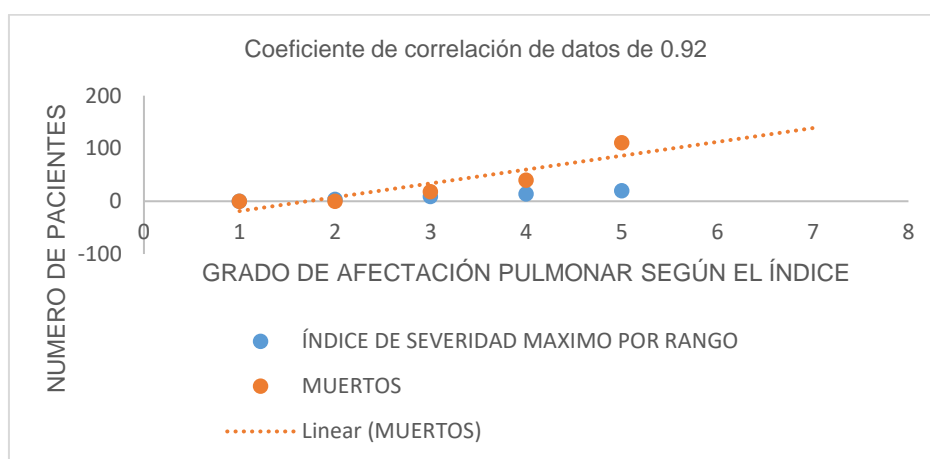


Podemos observar que en la tomografía de tórax simple en paciente COVID -19 positivo, con grado de afectación severo. En las imagen A y B se visualiza adquisición axial y reconstrucción coronal respectivamente en ventana para pulmón donde se identifica parénquima heterogéneo secundario zonas de ocupación alveolar donde predomina la consolidación de distribución difusa y multilobar. En la discriminación por color del parénquima pulmonar afectado (C) y la representación en 3D (D), es posible inferir cualitativamente la gravedad de la afectación, la cual se representa en forma numérica en la tabla de la parte inferior de la imagen (E).

Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca

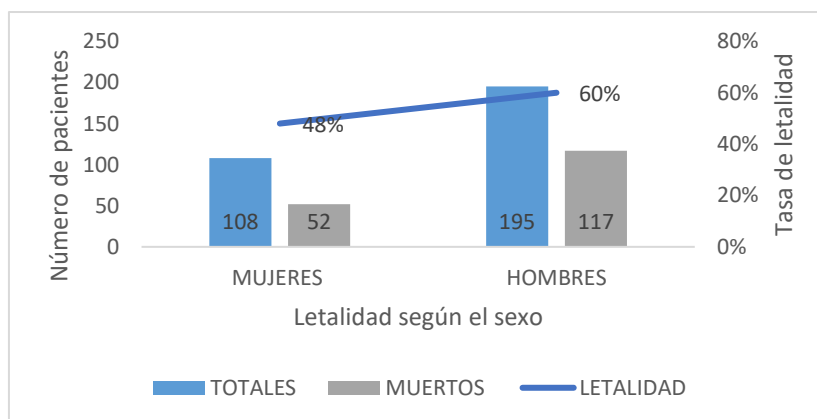
Con los valores obtenidos por el software se dieron puntajes a cada pulmón dando el índice de severidad por tomografía que va de 0 a 20 puntos, se calcula el coeficiente de correlación del índice de severidad, con el número de muertos por cada grupo de afectación según este índice. El valor obtenido es de 0,924, es decir es más cercana a uno, lo que significa que existe una relación lineal entre las dos variables, lo cual se puede ver en la siguiente gráfica de dispersión de datos.

Gráfica 2. dispersión de datos según el grado de afectación pulmonar y el número de pacientes fallecidos por cada grupo de afectación que da el índice de severidad.



Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca

Gráfica 3. tasa de letalidad para cada sexo.

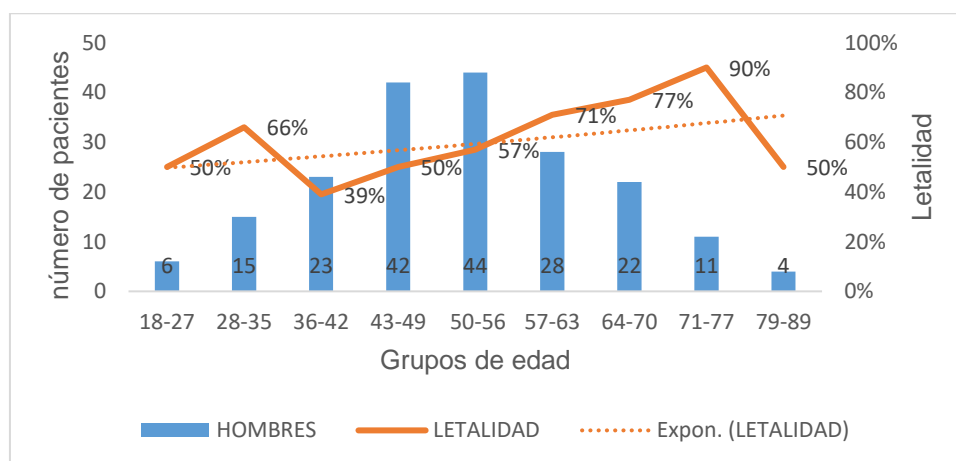


Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

En la muestra predominó el género masculino con 195 pacientes y la letalidad discriminada por sexo fue menor para las mujeres, con una tasa de letalidad de 48 %, comparada con la de los hombres, que fue del 60 %.

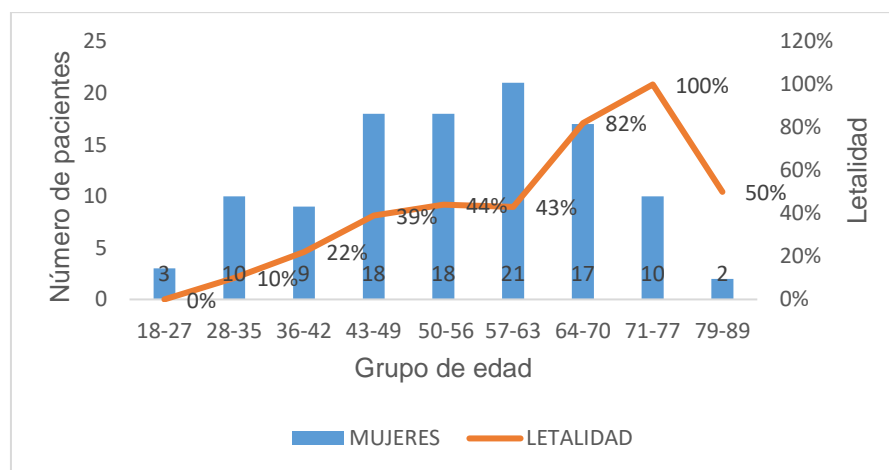
Se discriminó también la población total por rango de edad, para un total de nueve grupos de edad. La mayor cantidad de pacientes se encontraban en el rango de los 50 a 56 años (62 pacientes), seguidos por los de 43 a 49 años (60 pacientes) (Gráfica 3).

Gráfica 4. Letalidad para hombres en cada grupo de edad de la población estudiada



Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

Gráfica 5. Letalidad por mujeres en cada grupo de edad de la población estudiada



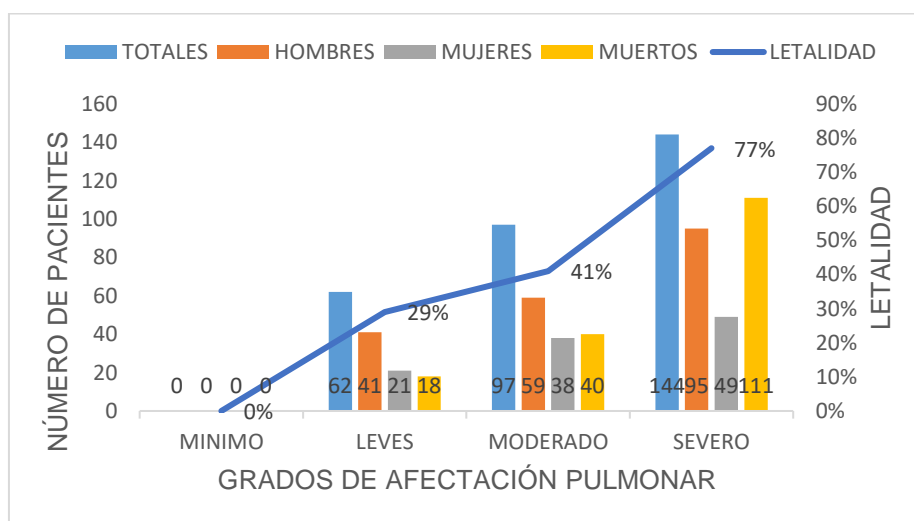
Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

Las tasas de letalidad por rango de edad más altas se presentaron en pacientes entre la séptima a la novena década de la vida, la más alta de ellas en el rango de edad de 71 a 77 años, con una tasa de letalidad para mujeres del 100% y para hombres del 90%- (Gráfica 3 y 4)

En cuanto a las medidas de tendencia central obtenida de los valores del índice de severidad se puede referir que el promedio del índice de severidad por tomografía en los pacientes estudiados (n: 303) es de 13 puntos, lo que corresponde a un grado de afectación moderado.

En la relación de datos se obtiene que el 50% de los pacientes tiene un índice de severidad mayor o igual a 14 puntos: grado de afectación moderada y de predominio severa. El índice de severidad con más frecuencia en la población es de 15: grado de afectación severo (Gráfica 5).

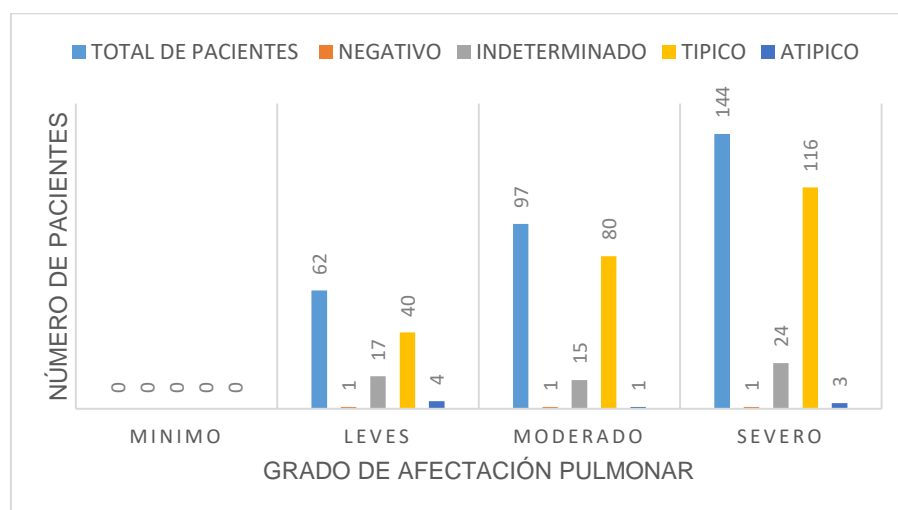
Gráfica 6. Relación de datos entre el número total de pacientes para cada grado de afectación pulmonar por COVID-19, su letalidad y el género en cada grupo.



Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

En los grados de afectación pulmonar leves, moderado y severo muestra una tasa de letalidad ascendente como se puede ver en la curva de la gráfica 5, con una letalidad por grupo de 29 % para el grupo de afectación leve, de 41 % para el grado de afectación moderado y del 77 % para el grado de afectación severo.

Gráfica 7. Grados de afectación pulmonar y calificación según la clasificación de la ACR

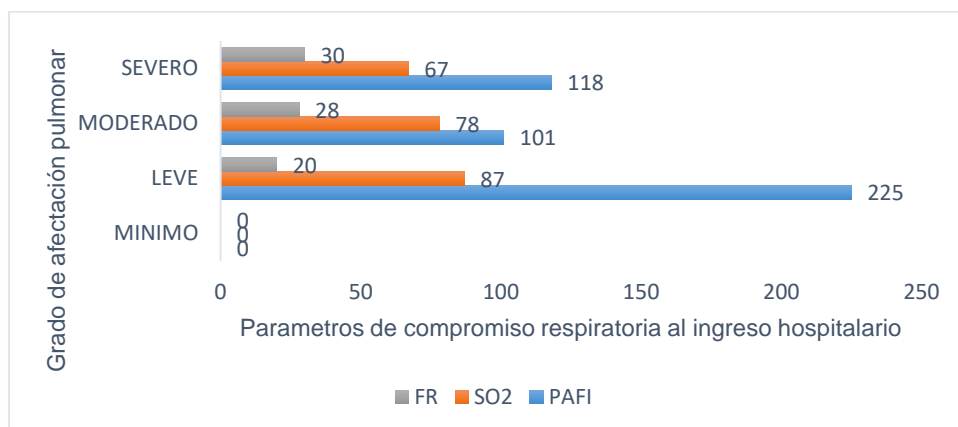


Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

En todos los pacientes estudiados, en cada uno de los grados de afectación predominó en patrón radiológico descrito en la ACR como típico. El patrón atípico se reportó en 8 pacientes de los 303 admitidos en la muestra, y se presentó principalmente en pacientes clasificados en grado leve y severo (gráfica 5)

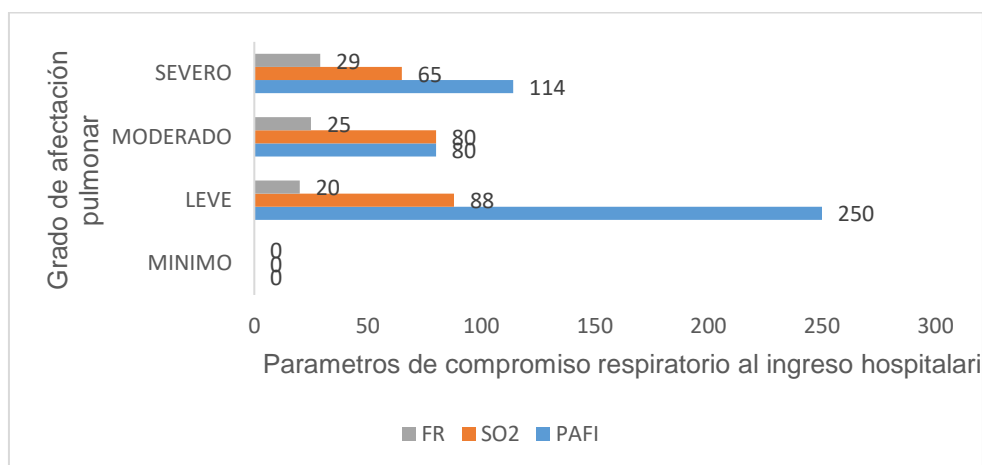
La tasa de letalidad fue mayor en el grado de afectación severo, de los cuales el 95 % fue clasificado como patrón de imagen típico según la clasificación de la ACR.

Gráfica 8. Relación entre la media de los parámetros respiratorios con el grado de afectación pulmonar



Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

Gráfica 9. Relación entre la mediana de los parámetros respiratorios con el grado de afectación pulmonar



Fuente propia Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca.

En relación a los parámetros de compromiso ventilatorio tomados al ingreso hospitalario, se encontró que, en los pacientes con grado de afectación leve, el promedio de estos parámetros muestra desaturación e hipoxemia leve sin taquipnea.

Más de la mitad de los pacientes con grado de afectación moderado s tuvieron una saturación de ingreso de 80%, una PaFi de 80 y un Fr de 25 respiraciones por minuto.

Es decir, desaturación moderada, con hipoxemia severa y taquipnea, hallazgos similares a los encontrados en el grado de afectación severo, sin embargo, en este último grupo el promedio de saturación de ingreso fue de 66%, es decir desaturación severa.

1.10 . Discusión de Resultados

A partir de los hallazgos comentados en la sección de resultados se acepta que el índice de severidad y grado de afectación pulmonar obtenido mediante un método cuantitativo por software, en pacientes con neumonía por COVID -19 atendidos en el hospital HRAEI durante el segundo trimestre del año 2020 tienen una correlación lineal con el número de muertos entre cada grado de afectación y por ende con la tasa de letalidad, evidenciando que en los pacientes que obtuvieron índices de severidad más altos con grados tales como moderado y severo, fueron quienes tuvieron mayor número de muerte. estos hallazgos concuerdan con los datos obtenidos en otros estudios de afectación pulmonar mediante métodos cuantitativos, semicuantitativos o combinados, como lo son el estudio de Ruch (30), en el que se analizaron tomografías de 572 pacientes, y como hallazgos similares a lo referido en el estudio actual, concluyen que la grados altos de afectación pulmonar se asocia con muerte temprana o ingreso en UCI, especialmente en pacientes con afectación pulmonar > 50%, demostrando que la TC de tórax podría predecir una neumonía COVID-19 grave, ya que la cuantificación visual de la afectación parece estar asociada a un pronóstico precoz.

Tal como se vio en el estudio de Yuan y colaboradores (21), en el cual asocian los hallazgos radiológicos con la mortalidad de pacientes infectados por SARS CoV 2, encontraron que La puntuación mediana de la TC del grupo de mortalidad fue mayor en comparación con los grupos de supervivencia, lo mismo visualizado en el presente estudio, donde fueron 144 pacientes con índice de severidad mayor de 15 puntos es decir grado de afectación severo, de los cuales 111 fallecieron y además mostrando una relación lineal ascendente entre los grados de afectación pulmonar desde ninguna afectación hasta el severo.

En relación a las características demográficas de la población estudiada, los hombres tuvieron una letalidad del 60 % siendo los pacientes entre la séptima y octava década

de la vida los más afectados. A diferencia de lo mostrado por las mujeres quienes tuvieron una letalidad de 48 % siendo las mujeres de la sexta y séptima década de la vida las más afectadas. Lo anterior acorde en lo visto en estudios como el de Ghufraan y colaboradores(31), en un cohorte de 902 pacientes, donde la enfermedad grave se observó principalmente en hombres (93,4%) aunque la media de la edad fue pacientes de la quinta década de la vida. Estos hallazgos también se repiten en el reporte de OpenSAFELY:(4) una plataforma de análisis de salud segura que cubre el 40% de todos los pacientes en Inglaterra, donde la muerte relacionada con COVID-19 se asoció con: ser hombre y tener mayor edad, pues los ≥ 80 años tenían un riesgo más de 20 veces mayor que los de 50 a 59 años.

En cuanto a las enfermedades preexistentes para cada grupo de afectación pulmonar, similar a lo reportado en el estudio de Yuan M (21), donde la tasa de comorbilidad en el grupo de mortalidad fue significativamente mayor que en el grupo de supervivencia (80% vs 29%, $P = 0,018$), especialmente hipertensión, diabetes y enfermedad cardíaca, en nuestro estudio las comorbilidades también se presentaron más en los grupos de mayor letalidad, pero en nuestro caso las más frecuentes fueron obesidad, sobrepeso, diabetes mellitus, seguidas de cardiovasculares.

Se puede inferir que el grado de afectación del parénquima pulmonar también se asocia a cambios en los parámetros que sugieren compromiso ventilatorio medidos al ingreso hospitalario en cada paciente, tales como frecuencia respiratoria, SO_2 y PaFi, ya que los pacientes con mayor letalidad quienes tenían grado de afectación moderada y severa reportaron parámetros que concordaban con los catalogados clínicamente como covid grave y crítico según lo referido en el informe de 72314 casos del centro Chino para el Control y la prevención de enfermedades de Zunyou Wu(14), en este informe las tasas de letalidad para estos pacientes fue hasta del 49 %; valores altos al igual que lo obtenido en el presente estudio, en los grupos de mayor afectación pulmonar, tales como el grado moderado con tasa de letalidad del 47 % y con un promedio de parámetros de SO_2 de 78%, PaFi de 101 y FR de 28 respiraciones por

minuto y aun mayor para el grado severo, con tasa de letalidad del 77%, con un valor promedio de parámetros de SO₂ de 67 %, PaFi de 118 y FR de 30 respiraciones por minuto. Es decir los pacientes con mayor grado de afectación pulmonar y tasas de letalidad presentaron desaturación, hipoxemia y taquipnea, Tal como en el estudio de Huang y colaboradores (26), donde evaluó tomografías de 126 pacientes y demostró que los pacientes con mayor porcentaje de opacificación pulmonar evaluado mediante la herramienta de aprendizaje profundo, tenían saturación menor del 90% y estaban catalogados como pacientes graves o críticos.

Tal como en el estudio de Li K(23), en el que se incluyó 78 pacientes para realizar una Evaluación cuantitativa visual de imágenes de TC y clasificación clínica de la enfermedad por coronavirus (COVID-19), en el presente estudio también existió una importante asociación entre pacientes que se que concuerdan con parámetros de covid grave y crítico, los cuales tuvieron mayor índice de severidad, mayor grado de afectación pulmonar y mayor letalidad, por tanto existe una gran consistencia y una gran capacidad de diagnóstico, de la cuantificación de afectación de volumen pulmonar para reflejar lo esperado en la clasificación clínica.

En cuanto a los parámetros de informe usados para el reporte radiológico de la enfermedad en este estudio el recomendado por el consenso de la Sociedad de Radiología de Norteamérica (RSNA), en conjunto con la Sociedad de Radiología Torácica (STR) y Colegio Americano de Radiología (ACR), conociendo que todos los pacientes fueron RT PCR positivos, todos los grupos de afectación tuvieron reportes informados con un patrón típico, sin ser afectados por el incremento en el grado de afectación pulmonar, puesto que en el grado de afectación moderado y severo el 82 y 80% de los pacientes respectivamente fueron clasificados como un hallazgo típico, confirmando que el uso de un lenguaje estandarizado por parte de los pacientes permite un mayor acercamiento diagnóstico.

La limitación más importante de este estudio, es que aunque el software utilizado es fácil de manejar y presenta múltiples herramientas, realizar la evaluación cuantitativa mediante este método requiere un mayor tiempo puesto que necesita la supervisión de radiólogos entrenados, por ello sería de utilidad nuevos estudios con versiones actualizadas que permitan reducir el tiempo en la adquisición de la información y que no estén limitadas por la experiencia del radiólogo. Otra limitación de este estudio es el reducido número de pacientes para los pacientes entre los 18-29 años y entre los 78 a 89 años, por lo cual no es posible una representación completa de su comportamiento frente a las variables analizadas. Ya que en el presente estudio solo se incluyó a pacientes con Rt-PCR positiva, la comparación en la utilidad de la cuantificación de índice de severidad y grado de afectación pulmonar no se pudo valorar la utilidad de estos métodos procesos infecciosos respiratorios de otra etiología.

1.11 Conclusiones

Se demostró que de la población analizada entre el periodo de abril a junio de 2020 en el Hospital regional de Alta especialidad de Ixtapaluca la tasa de letalidad fue más alta para los índices de severidad más elevados y con mayor grado de afectación pulmonar, confirmando una relación lineal entre estas dos variables.

Los grados de mayor afectación pulmonar con mayor letalidad, se presentan en pacientes hombres, con comorbilidades principalmente tales como obesidad, sobrepeso, cardiovasculares y diabetes y en rangos de edad entre la quinta y séptima década de la vida.

El uso de herramientas sistematizadas tales con el Software de AW VolumeShare 7, utilizado en este estudio, permite cuantificar objetivamente la gravedad de afectación parenquimatosa pulmonar y al establecer con él un índice y grado de afectación pulmonar se puede utilizar como un parámetro de pronóstico.

El grado de afectación parenquimatosa en COVID-19, también tiene una correlación con la evaluación clínica de la gravedad de la enfermedad, por lo cual los pacientes que tienen mayor grado de afectación pulmonar son quienes muestran mayor hipoxemia, desaturación y taquipnea, datos que justifican las altas tasas de letalidad en estos grupos.

El uso de métodos cuantitativos de imagen mediante software, sumado a los criterios de imagen recomendados por la ACR permite dar un reporte radiológico más completo y reproducible,

1.12. Referencias.

1. Secuenciación del genoma del SARS-CoV-2 con fines de salud pública Orientaciones provisionales 8 de enero de 2021.
2. Revzin M V., Raza S, Warshawsky R, D'Agostino C, Srivastava NC, Bader AS, et al. Multisystem Imaging Manifestations of COVID-19, Part 1: Viral Pathogenesis and Pulmonary and Vascular System Complications. <https://doi.org/10.1148/rg.2020200149> [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2021 Aug 7];40(6):1574–99. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rg.2020200149>
3. Guan W, Ni Z, Hu Y, Liang W, Ou C, He J, et al. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med*. 2020;382(18):1708–20.
4. Williamson EJ, Walker AJ, Bhaskaran K, Bacon S, Bates C, Morton CE, et al. OpenSAFELY: factors associated with COVID-19 death in 17 million patients. *Nature* [Internet]. 2020 Aug 20 [cited 2021 Aug 18];584(7821):430. Available from: </pmc/articles/PMC7611074/>
5. Informes de situación de la COVID-19 | OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. [cited 2021 Aug 5]. Available from: <https://www.paho.org/es/informes-situacion-covid-19>
6. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB, Sverzellati N, Kanne JP, Raouf S, et al. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201365> [Internet]. 2020 Apr 7 [cited 2021 Aug 5];296(1):172–80. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2020201365>
7. Exceso de Mortalidad en México – Coronavirus [Internet]. [cited 2021 Aug 7]. Available from: <https://coronavirus.gob.mx/exceso-de-mortalidad-en-mexico/>
8. Casos positivos y defunciones a COVID-19 por municipio | Secretaría de Salud

- [Internet]. [cited 2021 Aug 5]. Available from: https://salud.edomex.gob.mx/salud/covid19_municipio
9. Salud OM de la. Pruebas diagnósticas para el SARS-CoV-2 Información general sobre el SARS-CoV-2. Orientaciones provisionales. 2020;1:1–26.
 10. Prokop M, Everdingen W van, Vellinga T van R, Ufford HQ van, Stöger L, Beenen L, et al. CO-RADS: A Categorical CT Assessment Scheme for Patients Suspected of Having COVID-19—Definition and Evaluation. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201473> [Internet]. 2020 Apr 27 [cited 2021 Aug 7];296(2):E97–104. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2020201473>
 11. Fang Y, Pang P. Senivity of Chest CT for COVID.19: Comparasion to RT.PCR. Radiology [Internet]. 2020;296:15–7. Available from: <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200432>
 12. Simpson S, Kay FU, Abbara S, Bhalla S, Chung JH, Chung M, et al. Radiological Society of North America Expert Consensus Document on Reporting Chest CT Findings Related to COVID-19: Endorsed by the Society of Thoracic Radiology, the American College of Radiology, and RSNA. <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200152> [Internet]. 2020 Mar 25 [cited 2021 Aug 7];2(2):e200152. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/ryct.2020200152>
 13. Salehi S, Abedi A, Balakrishnan S, Gholamrezanezhad A. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Systematic Review of Imaging Findings in 919 Patients. <https://doi.org/10.2214/AJR.2023034> [Internet]. 2020 Mar 14 [cited 2021 Aug 7];215(1):87–93. Available from: www.ajronline.org
 14. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention. JAMA [Internet]. 2020 Apr 7 [cited 2021 Aug 18];323(13):1239–42. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762130>

15. Kanne JP, Bai H, Bernheim A, Chung M, Haramati LB, Kallmes DF, et al. COVID-19 Imaging: What We Know Now and What Remains Unknown. <https://doi.org/10.1148/radiol.2021204522> [Internet]. 2021 Feb 9 [cited 2021 Aug 4];299(3):E262–79. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2021204522>
16. Bai HX, Hsieh B, Xiong Z, Halsey K, Choi JW, Tran TML, et al. Performance of Radiologists in Differentiating COVID-19 from Non-COVID-19 Viral Pneumonia at Chest CT. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200823> [Internet]. 2020 Mar 10 [cited 2021 Aug 7];296(2):E46–54. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2020200823>
17. Wasilewski PG, Mruk B, Mazur S, Półtorak-Szymczak G, Sklinda K, Walecki J. COVID-19 severity scoring systems in radiological imaging – a review. *Polish J Radiol* [Internet]. 2020 [cited 2021 Aug 18];85(1):e361. Available from: </pmc/articles/PMC7425223/>
18. Ruch Y, Kaeuffer C, Ohana M, Labani A, Fabacher T, Bilbault P, et al. CT lung lesions as predictors of early death or ICU admission in COVID-19 patients. *Clin Microbiol Infect* [Internet]. 2020 [cited 2021 Aug 7];26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.030>
19. Pan F, Ye T, Sun P, Gui S, Liang B, Li L, et al. Time Course of Lung Changes at Chest CT during Recovery from Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200370> [Internet]. 2020 Feb 13 [cited 2021 Aug 7];295(3):715–21. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2020200370>
20. Yang R, Li X, Liu H, Zhen Y, Zhang X, Xiong Q, et al. Chest CT Severity Score: An Imaging Tool for Assessing Severe COVID-19. <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200047> [Internet]. 2020 Mar 30 [cited 2021 Aug 7];2(2):e200047. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/ryct.2020200047>
21. Yuan M, Yin W, Tao Z, Tan W, Hu Y. Association of radiologic findings with mortality

- of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. 2020 [cited 2021 Aug 7]; Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230548>
22. Chung M, Bernheim A, Mei X, Zhang N, Huang M, Zeng X, et al. CT Imaging Features of 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV). <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200230> [Internet]. 2020 Feb 4 [cited 2021 Aug 7];295(1):202–7. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2020200230>
 23. Li K, Fang Y, Li W, Pan C, Qin P, Zhong Y, et al. CT image visual quantitative evaluation and clinical classification of coronavirus disease (COVID-19). *Eur Radiol* [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2021 Aug 18];30(8):1. Available from: </pmc/articles/PMC7095246/>
 24. Nagpal P, Guo J, Shin KM, Lim J-K, Kim KB, Comellas AP, et al. Quantitative CT imaging and advanced visualization methods: potential application in novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia. *BJR Open* [Internet]. 2021 Jan [cited 2021 Aug 15];3(1):20200043. Available from: </pmc/articles/PMC7931412/>
 25. Grodecki K, Lin A, Cadet S, McElhinney PA, Razipour A, Chan C, et al. Quantitative Burden of COVID-19 Pneumonia at Chest CT Predicts Adverse Outcomes: A Post Hoc Analysis of a Prospective International Registry. <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200389> [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2021 Aug 4];2(5):e200389. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/ryct.2020200389>
 26. Huang L, Han R, Ai T, Yu P, Kang H, Tao Q, et al. Serial Quantitative Chest CT Assessment of COVID-19: Deep-Learning Approach. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2020;2(2):e200075.
 27. Wan S, Yi Q, Fan S, Lv J, Zhang X, Guo L, et al. Relationships among lymphocyte subsets, cytokines, and the pulmonary inflammation index in coronavirus (COVID-19) infected patients. *Br J Haematol* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2021 Aug 17];189(3):428. Available from: </pmc/articles/PMC7262036/>

28. Li K, Wu J, Wu F, Guo D, Chen L, Fang Z, et al. The Clinical and Chest CT Features Associated with Severe and Critical COVID-19 Pneumonia. *Invest Radiol* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2021 Aug 18];55(6):327–31. Available from: https://journals.lww.com/investigativeradiology/Fulltext/2020/06000/The_Clinical_and_Chest_CT_Features_Associated_With.1.aspx
29. Estrategias del HRAEI ante el reto de COVID-19 by Liderazgo y Experiencia Médica - issuu [Internet]. [cited 2021 Aug 5]. Available from: https://issuu.com/liderazgoexperienciamedica/docs/libro_hraei_al_22_oct_2020__issu
30. Ruch Y, Kaeuffer C, Ohana M, Labani A, Fabacher T, Bilbault P, et al. CT lung lesions as predictors of early death or ICU admission in COVID-19 patients. *Clin Microbiol Infect* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2021 Aug 7];26(10):1417.e5-1417.e8. Available from: <http://www.clinicalmicrobiologyandinfection.com/article/S1198743X20304389/fulltext>
31. Saeed GA, Gaba W, Shah A, Al Helali AA, Raidullah E, Bader A, et al. Correlation between Chest CT Severity Scores and the Clinical Parameters of Adult Patients with COVID-19 Pneumonia. 2021; Available from: <https://doi.org/10.1155/2021/6697677>

1.13 Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros de adquisición de tomografía de tórax simple de baja dosis.

Tabla 2. Parámetros para el puntaje de índice de severidad, según el volumen

Tabla 3. Grado de afectación pulmonar determinado mediante la sumatoria de los puntajes de cada lóbulo.

Tabla 4. Operacionalización de variables referidas en este estudio.

Tabla 5. Relación global de datos según grado de afectación pulmonar (GAP) y el número de pacientes en relación a los datos de letalidad y comorbilidades.

1.14 Índice de Figuras

- **Figura 1.** Formato de presentación de imágenes segmentadas y con reconstrucción 3D en AW VolumeShare 7
- **Figura 2.** formato de reporte de resultados de pulmón sano y afectad en AW VolumeShare 7,
- **Figura 3.** Tomografía simple en adquisición axial de un paciente con COVID -19 positivo, con un grado de afectación moderado.
- **Figura 4.** Cuantificación del volumen pulmonar afectado en paciente femenino de 56 años, positivo para covid -19.

1.15 Índice de gráficas

- **Gráfica 2.** Tasa de letalidad global de la COVID-19
- **Gráfica 2.** dispersión de datos según el grado de afectación pulmonar y el número de pacientes fallecidos por cada grupo de afectación
- **Gráfica 3.** tasa de letalidad para cada sexo.
- **Gráfica 4.** Letalidad para hombres en cada grupo de edad de la población estudiada
- **Gráfica 5.** Letalidad por mujeres en cada grupo de edad de la población estudiada
- **Gráfica 6.** Relación de datos entre el número total de pacientes para cada grado de afectación pulmonar por COVID-19, su letalidad y el género en cada grupo.
- **Gráfica 7.** Grados de afectación pulmonar y calificación según la clasificación de la ACR
- **Gráfica 8.** Relación entre la media de los parámetros respiratorios con el grado de afectación pulmonar
- **Gráfica 9.** Relación entre la mediana de los parámetros respiratorios con el grado de afectación pulmonar