

Rudi, Verónica

# Oxigenoterapia y los criterios para su correcta utilización en pacientes adultos

2020

*Instituto: Ciencias de la Salud*

*Carrera: Licenciatura en Kinesiología y  
Fisiatría*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.  
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

*Cita recomendada:*

Rudi, V. (2020) Oxigenoterapia y los criterios para su correcta utilización en pacientes adultos [tesis de grado Universidad Nacional Arturo Jauretche]

Disponible en RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital UNAJ <https://biblioteca.unaj.edu.ar/rid-unaj-repositorio-institucional-digital-unaj>



**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

**- TESINA -**

**Título:**

*“Oxigenoterapia y los criterios para su correcta utilización en  
pacientes adultos”*

**Autora:**

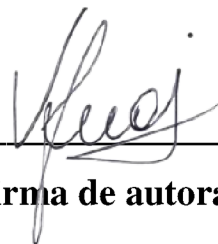
**Rudi, Verónica. N° de legajo: 14400**

**Director:**

**Lic. Benay Cristian**

**Fecha de presentación:**

**26/05/2020**



**Firma de autora**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer al Licenciado Cristian Benay, por aceptarme como tesista, por compartir su conocimiento conmigo y, por su dedicación y predisposición como guía en el proceso del desarrollo de mi tesina.

También quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional, sin ellos no podría hoy estar terminando mis estudios.

A mis amigas y amigos que me acompañaron en este maravilloso trayecto de formación.

A todos mis docentes por su notable labor a la hora de formar futuros profesionales.

A la universidad pública, a la UNAJ, mi casa de formación, en donde desde el primer momento me sentí contenida tanto por compañeros, docentes y personal de la institución. Le debo todos estos hermosos años de estudio y crecimiento para convertirme en una profesional.

Verónica Rudi

## **Lista de abreviaturas**

*AA*: Aire ambiente

*ACV*: Accidente cerebrovascular

*EPOC*: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

*FiO<sub>2</sub>*: Fracción inspirada de oxígeno

*Hb*: Hemoglobina

*IAM*: Infarto agudo de miocardio

*IRA*: Insuficiencia respiratoria aguda

*IRC*: Insuficiencia respiratoria crónica

*IRCA*: Insuficiencia respiratoria crónica agudizada

*l/min*: litros por minuto

*mmHg*: Milímetros de Mercurio

*OCD*: Oxigenoterapia crónica domiciliaria

*PaCO<sub>2</sub>*: Presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial

*PaO<sub>2</sub>*: Presión parcial de oxígeno en sangre arterial

*Relación V/Q*: Relación entre las áreas ventiladas y perfundidas

*SatO<sub>2</sub>*: Saturación de oxihemoglobina en sangre arterial

*SDRA*: Síndrome de dificultad respiratoria aguda

*SNC*: Sistema nervioso central

## Índice de contenido

|   |    |
|---|----|
| Agradecimientos .....   | 1  |
| Lista de abreviaturas .....   | 2  |
| Índice de contenido .....   | 3  |
| Índice de ilustraciones.....  | 5  |
| Índice de tablas .....  | 6  |
| I. Introducción .....   | 7  |
| II. Formulación del problema de investigación y objetivos.....                                | 9  |
| III. Marco teórico .....  | 10 |
| Capítulo 1: “ <i>Fundamentos teóricos de la oxigenoterapia</i> ” .....                        | 10 |
| 1.1. Introducción al sistema respiratorio .....   | 10 |
| 1.2. Reseña histórica de la oxigenoterapia .....  | 11 |
| 1.3. Bases fisiológicas .....   | 13 |
| 1.4. Pulsioximetría y gasometría arterial.....  | 14 |
| 1.5. Hipoxemia, hipoxia e insuficiencia respiratoria. Definición, clasificación y causas..... | 15 |
| 1.6. Indicaciones y precauciones generales .....  | 18 |
| 1.7. Complicaciones .....   | 19 |
| Capítulo 2: “ <i>Fuentes de suministro de oxígeno</i> ” .....                                 | 20 |
| 2.1. Sistemas estáticos .....   | 20 |
| 2.2. Sistemas portátiles .....  | 23 |
| 2.2.1. Fuentes con flujos continuos.....  | 24 |
| 2.2.2. Fuentes con tecnología de conservación de oxígeno .....                                | 25 |
| 2.3. Materiales necesarios.....   | 26 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Capítulo 3: “Dispositivos de suministro de oxígeno”</b> .....           | <b>30</b> |
| 3.1. Dispositivos de bajo flujo.....                                       | 31        |
| 3.2. Dispositivos de alto flujo.....                                       | 37        |
| 3.3. Otros dispositivos .....  | 40        |
| <b>Capítulo 4: “Situaciones agudas”</b> .....                              | <b>42</b> |
| 4.1. Oxigenoterapia en insuficiencia respiratoria aguda .....              | 42        |
| 4.2. Hiperoxia .....   | 48        |
| 4.3. Oxigenoterapia en COVID-19.....                                       | 49        |
| <b>Capítulo 5: “Situaciones crónicas”</b> .....                            | <b>52</b> |
| 5.1. Efectos de la oxigenoterapia.....                                     | 52        |
| 5.1.1. Pacientes con hipoxemia basal .....                                 | 52        |
| 5.1.2. Pacientes con hipoxemia durante la actividad física .....           | 54        |
| 5.1.3. Pacientes con hipoxemia nocturna.....                               | 54        |
| 5.2. Indicaciones y prescripción de la OCD .....                           | 54        |
| 5.2.1. Pacientes con EPOC .....  | 55        |
| 5.2.2. Pacientes con enfermedades respiratorias distintas de la EPOC ..... | 59        |
| 5.2.3. Pacientes con enfermedades no respiratorias.....                    | 60        |
| <b>IV. Estrategia metodológica</b> .....                                   | <b>62</b> |
| <b>V. Contexto de análisis</b> .....                                       | <b>64</b> |
| <b>VI. Resultados</b> .....  | <b>79</b> |
| <b>VII. Conclusiones</b> .....   | <b>81</b> |
| <b>VIII. Referencias Bibliográficas</b> .....                              | <b>82</b> |

## Índice de ilustraciones

|   |    |
|---|----|
| <b>Ilustración 1:</b> Sistema respiratorio.....   | 11 |
| <b>Ilustración 2:</b> Curva de disociación de la hemoglobina .....  | 14 |
| <b>Ilustración 3:</b> Sistemas estáticos.....   | 22 |
| <b>Ilustración 4:</b> Concentrador portátil y Mochila de oxígeno líquido .....  | 25 |
| <b>Ilustración 5:</b> Sistema a demanda: válvula integrada a una mochila de oxígeno y<br>válvula independiente.....                       | 26 |
| <b>Ilustración 6:</b> Manómetro y Manorreductor .....   | 27 |
| <b>Ilustración 7:</b> Flujómetro o caudalímetro .....   | 27 |
| <b>Ilustración 8:</b> Humidificación pasiva .....   | 29 |
| <b>Ilustración 9:</b> Humidificador pasivo (filtro intercambiador de calor y humedad) ....  | 29 |
| <b>Ilustración 10:</b> Dilución del oxígeno administrado usando un sistema de bajo flujo o<br>alto flujo .....                            | 31 |
| <b>Ilustración 11:</b> Cánula nasal .....   | 33 |
| <b>Ilustración 12:</b> Cánula nasal, Cánula nasal con reservorio de bigote y Cánula nasal<br>con reservorio colgante .....                | 34 |
| <b>Ilustración 13:</b> Máscara facial simple.....   | 35 |
| <b>Ilustración 14:</b> Máscara con reservorio con reinhalación y sin reinhalación .....   | 37 |
| <b>Ilustración 15:</b> Máscara con reservorio sin reinhalación.....   | 37 |
| <b>Ilustración 16:</b> Máscara Venturi .....  | 38 |
| <b>Ilustración 17:</b> Válvulas de sistema Venturi .....  | 39 |
| <b>Ilustración 18:</b> Bolsa de resucitación manual.....  | 41 |
| <b>Ilustración 19:</b> Máscara de traqueotomía .....  | 41 |
| <b>Ilustración 20:</b> Algoritmo de tratamiento con oxigenoterapia.....   | 1  |
| <b>Ilustración 21:</b> Resultados de supervivencia de los estudios NOTT y MRC .....   | 53 |
| <b>Ilustración 22:</b> Grados de comprobación.....  | 64 |
| <b>Ilustración 23:</b> Probabilidad de supervivencia para pacientes con una estrategia de<br>oxigenación conservadora y convencional..... | 68 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1:</b> Algunas etiologías de la insuficiencia respiratoria .....  | 17 |
| <b>Tabla 2:</b> Ventajas, inconvenientes e indicaciones de las fuentes de suministro de<br>OCD .....                                 | 23 |
| <b>Tabla 3:</b> Cánula nasal relación entre el flujo y $FiO_2$ .....   | 32 |
| <b>Tabla 4:</b> Máscara facial simple relación entre el flujo y $FiO_2$ .....  | 34 |
| <b>Tabla 5:</b> Máscara con reservorio relación entre el flujo y $FiO_2$ .....   | 36 |
| <b>Tabla 6:</b> Tabla orientativa de los flujos que se deben utilizar para cada $FiO_2$ posible<br>en una máscara Venturi .....      | 39 |
| <b>Tabla 7:</b> Síntesis de dispositivos de suministro de oxígeno .....  | 40 |
| <b>Tabla 8:</b> Indicaciones de oxigenoterapia en insuficiencia respiratoria aguda .....   | 43 |
| <b>Tabla 9:</b> Palabras clave .....   | 62 |
| <b>Tabla 10:</b> Estrategia de búsqueda .....  | 63 |
| <b>Tabla 11:</b> Síntesis de las estrategias de oxigenación de los artículos desarrollados en<br>relación a la hiperoxia. ....       | 76 |
| <b>Tabla 12:</b> Síntesis de las estrategias de oxigenoterapia en pacientes sin hipoxemia<br>según los artículos desarrollados ..... | 77 |



## I. Introducción

La oxigenoterapia se define como la administración de aire enriquecido en oxígeno por vía inhalatoria y se indica en situación de insuficiencia respiratoria, es decir, fracaso del intercambio de gases<sup>(1)</sup>. A su vez, es relevante aclarar que también se aplica en situaciones particulares en las cuales no existe una presencia de insuficiencia respiratoria registrada, en estas situaciones se siguen protocolos de tratamiento, como es el caso de la disnea o cefalea en racimos<sup>(2)</sup>. Existen tres mecanismos implicados en el aporte de oxígeno a los tejidos. En primer lugar, la ventilación: el aire inspirado alcanza los alvéolos con la participación del centro respiratorio, la musculatura respiratoria y la caja torácica. En segundo lugar, la difusión: el oxígeno que ha alcanzado el alvéolo difunde a través de la membrana alvéolo-capilar hasta el torrente sanguíneo. Para ello, se requiere una correcta perfusión, la integridad de la membrana alvéolo-capilar y una adecuada relación entre las áreas ventiladas y perfundidas (relación V/Q). Y en tercer lugar, el transporte: el oxígeno del torrente sanguíneo es transportado a los tejidos. En él interviene el sistema cardiovascular y la hemoglobina (Hb).<sup>(1)</sup>

Esta herramienta terapéutica tiene como objetivo fundamental evitar la hipoxia tisular. En relación a su uso, integra un amplio abanico de formas de administración en aquellos pacientes que cursen con insuficiencia respiratoria, ocasionada por una alteración en el mecanismo de ventilación y/o difusión. En esta investigación se hizo hincapié sobre la utilización del oxígeno terapéutico en situaciones agudas y crónicas en pacientes adultos.

Por un lado, en cuanto a las indicaciones de oxigenoterapia en pacientes que cursen con insuficiencia respiratoria aguda, generalmente se aplica a pacientes críticos con el propósito de estabilizarlos a nivel respiratorio favoreciendo el intercambio gaseoso. Por este motivo, la utilización del oxígeno es esencial. No obstante, en determinadas circunstancias es capaz de generar daño pulmonar y condicionar la aparición de lesiones en otros órganos. Esto sucede en situaciones de urgencia o emergencia en donde el uso del oxígeno es liberal. Dicho daño se produce cuando no se ajusta correctamente el oxígeno administrado al alcanzar una saturación de oxihemoglobina

en sangre arterial (SatO<sub>2</sub>) óptima para el paciente, lo que puede provocar hiperoxia, en donde los niveles de oxígeno en sangre están por encima del rango considerado como normal<sup>(3)</sup>. De esta manera, se puede desencadenar toxicidad pulmonar. Entonces, esta herramienta terapéutica que se utiliza para estabilizar al paciente, puede generar consecuencias que conducen a una mayor mortalidad en determinados casos que requieran de oxígeno suplementario.<sup>(4),(5)</sup>

Por otro lado, con respecto a la administración de oxigenoterapia en situaciones crónicas. Hacia mediados de los años ochenta, se hicieron investigaciones que fueron precursoras en la utilización del oxígeno en dichas circunstancias. En concreto, los estudios “*British Medical Research Council*” (MRC)<sup>(6)</sup> y “*Nocturnal Oxygen Trial Therapy*” (NOTT)<sup>(7)</sup> demostraron la mejoría en la supervivencia de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica con hipoxemia tratados con oxigenoterapia crónica domiciliaria. Los pacientes que mejoraron significativamente en términos de supervivencia, fueron los que recibieron oxígeno suplementario durante más horas al día, por lo cual el efecto es dosis-dependiente<sup>(1)</sup>. De esta manera, se considera a la oxigenoterapia como una herramienta fundamental para corregir la hipoxemia y así mejorar la supervivencia de estos pacientes. No obstante, su uso presenta severas complicaciones, tales como: retención de dióxido de carbono, atelectasias por reabsorción, toxicidad, mala adaptación del paciente con el sistema de suministro de oxígeno, entre otras. Estas consecuencias empeoran el cuadro de la enfermedad de base del paciente, afectando la calidad de vida y autonomía. Es fundamental considerar diversos aspectos al momento de indicar la oxigenoterapia, ya que existen múltiples sistemas de suministro oxígeno y ajustes del mismo, para ello, se requiere una correcta evaluación del paciente.<sup>(8)</sup>

En definitiva, la correcta administración y dosificación del oxígeno suplementario puede evitar los efectos adversos del mismo. Existen varios factores que son modificables, los cuales deben tenerse en cuenta al momento de la terapia respiratoria.

## **II. Formulación del problema de investigación y objetivos**

Como se mencionó anteriormente, la administración de oxígeno es elemental para corregir la hipoxemia tanto en situaciones agudas como crónicas pero, en ocasiones, genera múltiples consecuencias. Entonces, para el desarrollo de la investigación, se agruparon en dos grandes áreas: las situaciones agudas y las crónicas. A su vez, se determinaron dos subdivisiones: las variables propias de la administración del oxígeno y aquellas que comprenden al paciente.

En primer lugar, en el caso de las variables que incluyen en la administración del oxígeno, se tuvieron en cuenta: el flujo aéreo, el tipo de humidificación, las diferentes interfaces y fuentes de suministro de oxígeno.

En segundo lugar, en relación a las variables del paciente, se consideraron: el tipo de insuficiencia respiratoria de acuerdo a la patología, grado de hipoxemia, actividad física y social, frecuencia respiratoria y volumen corriente.

Por todo lo mencionado anteriormente, el problema de investigación es el siguiente: ¿Cuáles son los criterios a tener en cuenta para la correcta utilización de la oxigenoterapia en pacientes adultos?

Para llevar a cabo la investigación el objetivo general fue el siguiente:

- Analizar la literatura actual en relación a la correcta utilización de la oxigenoterapia en pacientes adultos.

Y los siguientes objetivos específicos:

- Revisar cual es la correcta administración del oxígeno, en relación al flujo, tipo de humidificación, interfaces y fuente de suministro.
- Distinguir cual es la correcta adaptación del oxígeno en relación a variables del paciente, tales como: tipo de insuficiencia respiratoria, grado de hipoxemia, actividad física y social, frecuencia respiratoria y volumen corriente.
- Revisar cual es la correcta administración del oxígeno en situaciones agudas y crónicas.

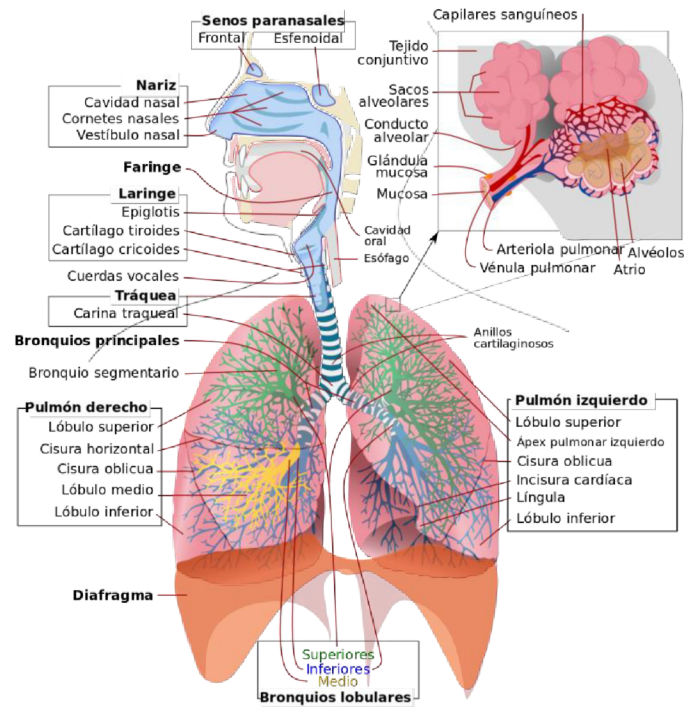
### **III. Marco teórico**

#### **Capítulo 1: “Fundamentos teóricos de la oxigenoterapia”**

##### **1.1. Introducción al sistema respiratorio**

El sistema respiratorio es el encargado del intercambio gaseoso entre la sangre y el aire ambiente (AA), favoreciendo así la respiración celular. A grandes rasgos, las estructuras anatómicas respiratorias incluyen la nariz, faringe, laringe, tráquea, pulmones (consta de bronquios, bronquiolos y alvéolos), músculos respiratorios y caja torácica (Ilustración 1). Las tres primeras, corresponden al tracto respiratorio alto y tienen la función de filtrar, calentar y humidificar el aire antes de que pase al resto de las estructuras inferiores<sup>(9)</sup>. Existen tres mecanismos implicados en el aporte de oxígeno a los tejidos. En primer lugar, la ventilación: el aire inspirado alcanza los alvéolos con la participación del centro respiratorio, la musculatura respiratoria y la caja torácica. En segundo lugar, la difusión: el oxígeno que ha alcanzado los alvéolos difunde pasivamente a través de la membrana alvéolo-capilar hasta el torrente sanguíneo, y se elimina dióxido de carbono que es un producto de desecho del metabolismo celular. Y en tercer lugar, el transporte: el oxígeno del torrente sanguíneo es transportado a los tejidos, en este mecanismo interviene el sistema cardiovascular y la Hb.<sup>(1)</sup>

Además del intercambio de gases, el aparato respiratorio presenta una función importante que es mantener el equilibrio de ácidos y bases en el cuerpo a través de la eficiente eliminación de dióxido de carbono de la sangre. Las funciones homeostáticas y conductuales del aparato respiratorio están reguladas por el sistema nervioso central (SNC), donde se origina el ritmo respiratorio básico.<sup>(9)</sup>



**Ilustración 1. Sistema respiratorio. Gulina NA, 2015.**

## 1.2. Reseña histórica de la oxigenoterapia

A modo de reseña histórica, el descubrimiento del oxígeno se atribuye a Joseph Priestley en 1772, quien al calentar óxido de mercurio al calor del sol en una vasija liberó gas, que resultó ser oxígeno. Hacia 1780, comienzan las primeras aplicaciones de oxígeno terapéutico, Chaussier lo administra en pacientes disneicos y a recién nacidos cianóticos. Posteriormente, fue utilizado bajo el efecto de la anestesia. Continuaron Beddoes y Watt quienes trataron principalmente el asma, en 1794. Luego, en 1887, Holzapple trató la neumonía. A finales del siglo XIX, Von Linde, descubre un proceso para producir aire líquido y aislar oxígeno por destilación fraccional. Durante la Primera Guerra Mundial, se inventaron dispositivos de oxígeno portátiles hacia el campo de batalla, a razón de las armas químicas en el escenario bélico.<sup>(2),(10)</sup>

Posteriormente a una primera etapa histórica, en la que el oxígeno se utilizaba prácticamente para todo, lógicamente con resultados dispares, Alvan Barach fue el

primero que lo utilizó racionalmente. De esta manera, demostró su eficacia en el cor pulmonale y la insuficiencia respiratoria tanto aguda como crónica, además inició los estudios de la oxigenoterapia deambulatoria, con el desarrollo de las primeras fuentes portátiles y los primeros mecanismos ahorradores de oxígeno. Por todo ello, a Barach se lo considera el padre de la oxigenoterapia moderna<sup>(11)</sup>. Dichos acontecimientos se llevaron a cabo alrededor del 1960, los cuales fueron determinantes en el comienzo del uso terapéutico moderno del oxígeno. En esta época, Campbell diseñó una máscara efecto Venturi.<sup>(2)</sup>

En la década de los ochenta, se publicaron varios estudios que establecieron las bases para los criterios de selección de pacientes que se beneficiarían con la utilización de oxigenoterapia crónica domiciliaria (OCD), estos conceptos siguen vigentes en la actualidad<sup>(2),(10)</sup>. En este sentido, dos ensayos clínicos importantes fueron publicados en esta época, los cuales preceden al uso de OCD, el MRC<sup>(6)</sup> y el NOTT<sup>(7)</sup>. En ambos estudios se analizaron a pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) con hipoxemia grave. En el MRC se comparó la supervivencia de un grupo de pacientes que recibieron oxígeno durante 15 horas por día frente a un grupo control sin tratamiento, mientras que en el NOTT se comparó la supervivencia de los pacientes tratados con oxígeno nocturno (media de 12 horas por día) frente a oxígeno continuo (media de 18 horas por día)<sup>(1)</sup>. Dicho esto, los criterios establecidos por estos estudios se mantuvieron invariables a lo largo de más de treinta años, esto es así debido a que se demostró que la administración de oxígeno suplementario es esencial en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria y mejora la supervivencia, no otorgarlo se lo considera antiético ya que se conduciría a la mortalidad del paciente. Los mismos se realizaron en un contexto de absoluto desconocimiento del tema, es así que se estableció que el grupo control no recibiría oxígeno suplementario. Es por esto que en la actualidad es imposible replicar un estudio de la magnitud del MRC y el NOTT, debido a cuestiones de ética.<sup>(11)</sup>

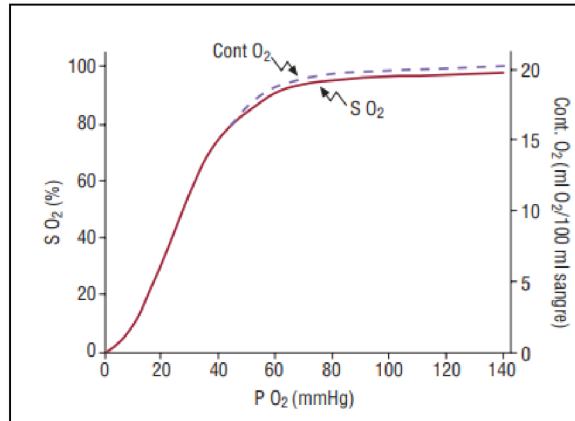
En definitiva, existen indicaciones claramente establecidas y otras situaciones en las que no hay un consenso acerca del uso de la oxigenoterapia. En esos casos, su aplicación se respalda por investigaciones con una antigüedad de más de treinta

años<sup>(2)</sup>. Los estudios nombrados anteriormente son una base fundamental para justificar la administración de oxígeno en pacientes con insuficiencia respiratoria crónica, ya que se demostró que tiene efectos beneficiosos. De todos modos, en la actualidad se continúa analizando sobre la prescripción del oxígeno con la evidencia existente, con el propósito de realizar un mejor uso y evitar efectos adversos del mismo.

### **1.3. Bases fisiológicas**

El transporte del oxígeno hacia los tejidos se realiza de dos formas. Por un lado, una pequeña proporción (2%) que se disuelve en plasma y corresponde a la presión parcial de oxígeno en sangre arterial ( $PaO_2$ ). Por otro lado, la mayor proporción del oxígeno (98%) es ligado reversiblemente a la Hb que corresponde a la  $SatO_2$ . La relación entre la  $PaO_2$  y la  $SatO_2$  se determina por la curva de disociación de la Hb que se caracteriza por su forma sigmoidea, se muestra en la Ilustración 2. La misma presenta una porción casi horizontal lo que demuestra que grandes cambios en la  $PaO_2$  apenas modifican el contenido de oxígeno de la Hb, mientras que existe una zona más vertical (zona de transición) en la que pequeños cambios en la  $PaO_2$  determinan grandes cambios en el contenido de oxígeno de la Hb. Es importante tener en cuenta esta curva en la indicación de la oxigenoterapia, ya que las variaciones de la misma pueden indicar una alteración en el aporte de oxígeno a las células.<sup>(1),(12)</sup>

Al momento de administrar oxígeno suplementario a un paciente, se pretende aumentar la fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ) con el objetivo de mejorar la  $SatO_2$  y la  $PaO_2$ . De manera que se alcance una  $PaO_2$  por encima de 60 milímetros de Mercurio (mmHg) o una  $SatO_2$  superior a 90%. Estos valores no son arbitrarios sino que se justifican por la curva de disociación de la hemoglobina, marcando un punto de inflexión en la misma. Como se mencionó anteriormente, por encima de 90% de  $SatO_2$ , si aumenta la  $PaO_2$  apenas modifica el contenido arterial de oxígeno. Sin embargo, por debajo de 90% de  $SatO_2$ , pequeños cambios en la  $PaO_2$  provocan grandes descensos del contenido arterial de oxígeno, favoreciendo la aparición de hipoxia tisular.<sup>(13)</sup>



$$SO_2 = SatO_2$$

$$PO_2 = PaO_2$$

**Ilustración 2. Curva de disociación de la hemoglobina. Farrero Muñoz E, 2011.**

#### 1.4. Pulsioximetría y gasometría arterial

- La pulsioximetría es un método no invasivo que permite obtener la  $SatO_2$  y una monitorización continua. Se mide a través de un saturómetro que es un dispositivo portátil, barato y permite valorar rápidamente los cambios en la  $SatO_2$ . No brinda información acerca de la presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial ( $PaCO_2$ ) ni del pH. Se basa en el principio de Beer Lambert, según el cual es posible determinar la concentración de un soluto que absorbe selectivamente luz (roja e infrarroja) de una determinada longitud de onda cuando esa luz atraviesa la sangre. El diodo del dispositivo emite luz roja que es captada por la Hb reducida y la luz infrarroja por la oxihemoglobina. A continuación, se calcula la relación entre el nivel de luz roja y el de luz infrarroja. Además, el saturómetro muestra la frecuencia cardíaca y una onda de pulso. Este método presenta algunas limitaciones en sus resultados ante la presencia de algunos aspectos, tales como: grosor excesivo de la piel, ictericia, anemia severa, mala perfusión sanguínea periférica, esmalte de uñas o concentraciones elevadas de carboxihemoglobina.<sup>(1), (14), (15)</sup>

- La gasometría arterial es una prueba en la cual se toma una muestra de sangre arterial, es imprescindible para diagnosticar la insuficiencia respiratoria y el grado de severidad, la presencia de hipercapnia y alteraciones en el pH. En relación a este último, permite determinar si la insuficiencia respiratoria es aguda o crónica.



Además, posibilita un seguimiento y evaluación de acuerdo a los resultados de la prueba, y ajustar las acciones terapéuticas.<sup>(12), (15)</sup>

### **1.5. Hipoxemia, hipoxia e insuficiencia respiratoria. Definición, clasificación y causas.**

Es relevante diferenciar los conceptos de hipoxemia e hipoxia tisular. La hipoxemia es la disminución de la  $\text{PaO}_2$  por debajo de los límites normales para la edad del sujeto<sup>(2)</sup>, existen diferentes valores de hipoxemia de acuerdo a la severidad: el paciente se encuentra en una condición de  $\text{PaO}_2$  normal si se sitúa entre 80 y 100 mmHg, hipoxemia leve cuando presenta una  $\text{PaO}_2$  entre 60 y 79 mmHg, hipoxemia moderada cuando presenta una  $\text{PaO}_2$  entre 40 y 59 mmHg, y una hipoxemia severa cuando presenta una  $\text{PaO}_2$  menor a 40 mmHg<sup>(2), (16)</sup>. Las causas pueden ser por disminución del flujo inspiratorio, hipoventilación alveolar, limitación de la difusión de gases, desequilibrio de la relación V/Q y cortocircuito. Mientras que la hipoxia tisular es la disminución de la concentración de oxígeno en los tejidos que puede producirse por distintos mecanismos fisiopatológicos, particularmente los siguientes: hipoxemia, anemia, isquemia, toxicidad tisular y consumo excesivo de oxígeno tisular.<sup>(2)</sup>

La insuficiencia respiratoria es la incapacidad del sistema respiratorio de cumplir su función básica, que es el intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono entre el AA y la sangre circulante. Dicha función debe realizarse en forma eficaz y adecuada a las necesidades metabólicas del organismo, teniendo en cuenta la edad, los antecedentes y la altitud en que se encuentra el sujeto. En la práctica, según Campbell: la insuficiencia respiratoria se define como la presencia de una hipoxemia arterial ( $\text{PaO}_2$  menor a 60 mmHg), en reposo, a nivel del mar y respirando AA, acompañado o no de hipercapnia ( $\text{PaCO}_2$  mayor a 45 mmHg)<sup>(15), (13)</sup>. Los valores normales de  $\text{PaCO}_2$  oscilan entre 35 y 45 mmHg<sup>(15)</sup>. Según la clasificación de severidad de la hipoxemia, nombrada anteriormente, la insuficiencia respiratoria se correlaciona con un nivel de hipoxemia moderado y severo, a partir de este parámetro se indica el uso de oxigenoterapia.<sup>(13)</sup>

La insuficiencia respiratoria se puede clasificar de acuerdo a lo siguiente: según el mecanismo fisiopatológico y según la rapidez de instauración.<sup>(14), (15)</sup>

Según el mecanismo fisiopatológico:

- Insuficiencia respiratoria hipoxémica, parcial o tipo I: cuando sólo existe hipoxemia con normocapnia. Es decir, una  $PaO_2$  menor a 60 mmHg, sin elevación de la  $PaCO_2$ .
- Insuficiencia respiratoria hipercápnica, global o tipo II: en la que existe hipercapnia además de la hipoxemia. Es decir, una  $PaO_2$  menor a 60 mmHg y una  $PaCO_2$  mayor a 45 mmHg.

Y, según la rapidez de instauración:

- Insuficiencia respiratoria aguda (IRA): cuando su instauración es rápida en minutos, horas o días y se caracteriza por alteraciones en la oxigenación y en el equilibrio ácido-básico.
- Insuficiencia respiratoria crónica (IRC): se instaura de manera más lenta y habitualmente se ponen en marcha mecanismos de compensación fundamentalmente renales, para corregir las alteraciones que se producen en el equilibrio ácido-básico.
- Insuficiencia respiratoria crónica agudizada (IRCA): es aquella que se produce en pacientes que tienen una IRC, en el curso de la cual aparece un evento que la descompensa.

La insuficiencia respiratoria puede producirse por diversas causas, algunas se muestran en la Tabla 1. Donde el tratamiento con oxígeno suplementario será diferente de acuerdo a su etiología; ya sea una IRA, IRC o IRCA.

**Tabla 1. Algunas etiologías de la insuficiencia respiratoria. Vives EC et al, 2014.**

| <b>Insuficiencia respiratoria</b>   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Con hipercapnia</b>  |  | <b>Sin hipercapnia</b>   |
| <b>Pulmón sano</b>  | <b>Pulmón patológico</b>   | <b>Pulmón patológico</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfermedad neuromuscular</li> <li>• Enfermedad de la caja torácica</li> <li>• Enfermedad neurológica</li> <li>• Fármacos depresores del SNC</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EPOC</li> <li>• Bronquiectasias</li> <li>• Enfermedad pulmonar intersticial difusa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EPOC</li> <li>• Enfermedad pulmonar intersticial difusa</li> <li>• Asma grave</li> <li>• Enfermedad pulmonar vascular</li> <li>• Edema pulmonar cardiogénico</li> <li>• SDRA</li> </ul> |
| SDRA: Síndrome de dificultad respiratoria aguda   |  |  |

### **Signos y síntomas de hipoxemia e hipercapnia**

Los signos y síntomas son inespecíficos, varían en cada persona pudiendo afectar al SNC, respiratorio y cardiovascular<sup>(14)</sup>. Ante la presencia de IRC, el sistema produce mecanismos compensatorios a lo largo del tiempo para paliar los efectos de la hipoxemia. No obstante, esta respuesta que inicialmente mejora el aporte de oxígeno a los tejidos, puede ser perjudicial a largo plazo. En el caso de IRA, donde el descenso de la PaO<sub>2</sub> es rápido se producen mayores trastornos, porque los mecanismos compensatorios agudos son de capacidad limitada.<sup>(13)</sup>

En el caso de las manifestaciones clínicas de la hipoxemia, el paciente puede presentar los siguientes signos y síntomas:<sup>(13), (14)</sup>

- SNC: La hipoxemia de instauración aguda puede provocar obnubilación y estupor. Y, en los casos de instauración crónica las manifestaciones son menos notorias, puede presentar falta de concentración y apatía.

- Sistema respiratorio: disnea y respiración paradójica.
- Sistema cardiovascular: cianosis periférica, hipotermia, palpitations, taquicardia y extrasístoles.

En relación a las manifestaciones clínicas de la hipercapnia, los signos y síntomas más relevantes y característicos son alteraciones a nivel del SNC:<sup>(13), (14)</sup>

- SNC: La hipercapnia de instauración aguda se caracteriza por un cuadro de encefalopatía con desorientación, agitación motora, diaforesis facial, cefalea, obnubilación y coma. Y, en los casos de instauración crónica suele ser muy bien tolerada, presentan cambios en el ritmo sueño-vigilia, y asterixis o flapping tremor.
- Sistema cardiovascular: vasodilatación periférica, piel caliente y sudor.

Como se mencionó anteriormente, los mecanismos compensatorios de la hipoxemia producen respuestas perjudiciales a largo plazo. Por un lado, generan dilatación del lecho vascular que nutre el tejido hipóxico, provocando un aumento de la frecuencia cardíaca y gasto cardíaco. Por otro lado, causan vasoconstricción de la circulación pulmonar, lo que consigue mejorar la relación V/Q. Además, induce elevación de la secreción renal de eritropoyetina, lo que provoca una poliglobulia que aumenta la capacidad transportadora de oxígeno de la sangre. Estos mecanismos que inicialmente son beneficiosos, pueden tener consecuencias fisiopatológicas. La vasoconstricción pulmonar, el aumento del gasto cardíaco y la poliglobulia, provocan hipertrofia de la capa muscular media y fibrosis de la íntima de las arteriolas pulmonares, esto conduce a hipertensión pulmonar e insuficiencia cardíaca derecha. El incremento de la ventilación y del gasto cardíaco induce un aumento del trabajo miocárdico y un mayor consumo energético, lo que puede ocasionar un estado de desnutrición.<sup>(13)</sup>

## **1.6. Indicaciones y precauciones generales**

En primer lugar, en relación a las indicaciones generales de la oxigenoterapia, se encuentran aquellos pacientes con hipoxemia demostrada o una PaO<sub>2</sub> inferior a 60 mmHg; además, con una SatO<sub>2</sub> menor del 90% respirando a AA. En este sentido, se indica en pacientes con IRA que cumplan con el criterio anterior, algunas causas

pueden ser las siguientes: fallo respiratorio hipoxémico e hipercápnico, traumatismo severo, infarto agudo de miocardio, intervención quirúrgica (recuperación anestésica), preintubación y postextubación, intoxicación con monóxido de carbono, entre otras. También, se indica en pacientes con IRC, como es el caso de: EPOC, hipoxemia nocturna o durante el ejercicio, cuidados paliativos, entre otras.<sup>(13),(16)</sup>

En segundo lugar, la oxigenoterapia no presenta contraindicaciones, solo precauciones. A razón de que su utilización puede dar lugar a complicaciones. De esta manera, se debe valorar la necesidad de cada paciente, dejando como un parámetro base para su utilización: un mínimo de SatO<sub>2</sub> de 90%. El sistema ideal es aquel que resulte más confortable y que se adapte a las necesidades del paciente.<sup>(16)</sup>

La oxigenoterapia revierte la presencia de hipoxemia, se lleva a cabo mediante la administración de oxígeno a una concentración superior a la existente en el AA. Asimismo, el AA está constituido por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y concentraciones muy pequeñas de dióxido de carbono y otros gases<sup>(1),(16)</sup>. Al momento de la prescripción del oxígeno suplementario, se utilizan dos conceptos importantes: FiO<sub>2</sub> que es la concentración de oxígeno en la mezcla de gas administrado; y el flujo, son los litros totales de gas que recibe el paciente y se mide en litros por minuto (l/min).<sup>(16)</sup>

## **1.7. Complicaciones**

Las complicaciones potenciales frente a la oxigenoterapia son las siguientes:<sup>(16)</sup>

- Depresión ventilatoria y apnea en los pacientes que respiran espontáneamente y que muestran una PaCO<sub>2</sub> elevada y una PaO<sub>2</sub> superior a 60 mmHg.
- Atelectasias por absorción
- Toxicidad por oxígeno, depresión de la función ciliar y leucocitaria con valores de FiO<sub>2</sub> superiores a 50%.
- Riesgo de incendio por concentración de oxígeno.
- Riesgo de contaminación por bacterias de diversos sistemas de nebulización y humidificación, lo que incrementa los riesgos de infección.

## Capítulo 2: “Fuentes de suministro de oxígeno”

### 2.1. Sistemas estáticos

Existen tres equipos de sistema estático, los cuales se utilizan con mayor frecuencia en el domicilio del usuario, estas fuentes son las siguientes: las bombonas o cilindros, los concentradores y los tanques de oxígeno líquido (Ilustración 3). Al momento de indicar una fuente, se deben considerar algunos aspectos relevantes, tales como: la actividad física que realiza el paciente y el flujo de oxígeno necesario para corregir la hipoxemia<sup>(1)</sup>. En la Tabla 2, se muestran las ventajas, inconvenientes e indicaciones de las distintas fuentes. En las instituciones de salud se utiliza el sistema de oxígeno central.

- **Bombona** <sup>(1), (2), (12), (13)</sup>

Es un cilindro metálico que almacena oxígeno en estado gaseoso, presenta un tamaño grande y es difícil de manipular en el domicilio. Es por esto, que las bombonas son útiles para pacientes con movilidad reducida. Por otra parte, la cantidad de oxígeno almacenado requiere un recambio de la fuente cada tres días, o sea que dependen de una empresa suministradora. En relación al gas, brinda presiones elevadas de oxígeno, se encuentra comprimido a una presión aproximadamente de 200 bares y es entregado con una pureza del 99%. Existen bombonas de diferentes tamaños y capacidades, disponen de un caudalímetro en el que se puede seleccionar el flujo de salida del gas. Para calcular el volumen total de oxígeno que contiene una bombona se puede traducir mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Litros de capacidad} * \text{bares de presión} = \text{volumen total de oxígeno (litros)}$$

No obstante, es importante tener en cuenta que al volumen total se le debe restar una presión residual (entre 10 y 20 bares) que no se debe consumir, ya que la bombona pierde la posibilidad de rellenarse. La duración de la bombona depende del flujo de salida del gas y del tamaño de la misma, a continuación se muestra la fórmula para calcular cuánto es el tiempo de duración:<sup>(17)</sup>

$$\text{Duración} = \frac{(\text{Litros de capacidad} * \text{bares de presión}) - \text{presión residual}}{\text{Flujo (l/min)}}$$

Las desventajas del oxígeno gaseoso incluyen: la necesidad de contar con varias unidades en el domicilio, requerimiento de reemplazo frecuente, su gran tamaño y; el peligro asociado al almacenamiento de oxígeno a alta presión, con la consiguiente posibilidad de un “efecto torpedo” si la válvula se disloca secundariamente a una caída.

- **Concentrador de oxígeno** <sup>(1), (2), (12), (13)</sup>

Es un dispositivo conectado a la red eléctrica, presenta un peso entre 13 y 26 kg. Emplea la tecnología de separación del nitrógeno, dióxido de carbono y otros gases del AA, a través de un compresor que capta el aire y lo transfiere a través de un filtro molecular. Finalmente, se obtiene oxígeno que se almacena en un reservorio para garantizar un flujo constante del mismo. Si el concentrador otorga bajos flujos entre 1 y 4 l/min, garantiza una concentración de oxígeno entre 98 y 100%; y si entrega flujos elevados brinda concentraciones entre 92 y 95%. Existen modelos de concentradores que brindan hasta 10 l/min. Son útiles en pacientes que precisan bajos flujos y realicen salidas esporádicas. Presentan un costo inferior al de las bombonas, ya que requieren un menor número de desplazamientos de la empresa suministradora. No obstante, este sistema presenta varios inconvenientes, tales como: el funcionamiento del compresor genera ruido similar al de un electrodoméstico, requieren energía por lo que traslada el costo económico a la familia, no funcionan ante un corte de suministro eléctrico, son difíciles de trasladar y con el tiempo pierden efectividad.

- **Nodriza o tanque de oxígeno líquido** <sup>(1), (2), (12), (13)</sup>

El oxígeno en estado líquido puede ser almacenado, transportado y traspasado a otros dispositivos de manera más eficiente que los sistemas de gas. Se almacena en nodrizas o tanques de 40 kg, con capacidad de suministro de 5 a 7 días; y se puede transferir a pequeñas mochilas de 1 a 4 kg, con autonomía de 4 a 8 horas según el

flujo que precise el paciente, estas son portátiles. Tanto la nodriza como la mochila contienen el oxígeno en estado líquido a una temperatura de  $-180^{\circ}\text{C}$ , como consecuencia, puede generar quemaduras.

Un litro de oxígeno líquido equivale a 850 litros de oxígeno en estado gaseoso. Por ende, ocupa poco espacio lo que aumenta la autonomía del paciente mediante la utilización de la mochila. En cuanto a la nodriza que se encuentra en el domicilio es un recipiente criogénico, de gran tamaño y con ruedas. Este actúa como depósito y fuente de oxígeno en el interior del domicilio, garantizando concentraciones de oxígeno al 100% a cualquier flujo. De este depósito se pueden recargar pequeños recipientes portátiles (mochilas) con las que el paciente podrá desplazarse fuera del domicilio.

- **Oxígeno central** <sup>(13)</sup>

Este sistema no corresponde a la OCD, sino que se utiliza en instituciones de salud, por ejemplo un hospital, para el almacenamiento y suministro del gas. El oxígeno central funciona mediante un método en donde el gas se encuentra comprimido en un tanque o depósito central, y se dirige por tuberías hasta las tomas en las habitaciones que se encuentran en la pared o en la consola a una altura apropiada. Dicho depósito central se haya fuera de las dependencias hospitalarias y se comunican a través de tuberías externas.



*Ilustración 3. Sistemas estáticos. Ortega Ruiz F et al, 2014.*



**Tabla 2. Ventajas, inconvenientes e indicaciones de las fuentes de suministro de OCD. Farrero Muñoz E, 2011.**

| <b>Fuente</b>       | <b>Ventajas</b>   | <b>Inconvenientes</b>  | <b>Indicaciones</b>   |
|---------------------|---|--|---|
| <b>Bombona</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo</li> <li>• Ausencia de ruido</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente estática</li> <li>• Requieren llenado frecuente</li> <li>• “Efecto torpedo”</li> </ul>                   | Paciente con movilidad reducida que requieran flujos elevados de oxígeno. |
| <b>Concentrador</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo</li> <li>• Fácil movilidad en domicilio</li> <li>• No distribución</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruido</li> <li>• Mantenimiento</li> <li>• Estático</li> <li>• Alto costo económico por red eléctrica</li> </ul> | Paciente con poca movilidad o no aceptación de fuente portátil.           |
| <b>Nodriza</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Movilidad</li> <li>• Fácil manipulación</li> <li>• Buena autonomía</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo elevado</li> <li>• Difícil distribución</li> <li>• Quemaduras</li> </ul>                                  | Paciente con buena movilidad y aceptación de la fuente portátil.          |

## **2.2. Sistemas portátiles**

Estos dispositivos están diseñados para que el usuario tenga mayor nivel de autonomía, logre salir de su domicilio y se inserte en la sociedad en la medida de lo posible. La indicación de OCD debe ser ininterrumpida, entonces disponen de sistemas portátiles de suministro de oxígeno. A su vez, existen dos modalidades de fuentes portátiles, aquellas que administran a flujos continuos y otras que presentan tecnología de conservación de oxígeno.

### 2.2.1. Fuentes con flujos continuos

Este sistema tiene la característica de que entrega el oxígeno de manera continua, es decir, tanto en la inspiración como en la espiración del paciente (Ilustración 4). Se mide en litros por minuto<sup>(2)</sup>. Dentro de este grupo se encuentran las siguientes fuentes:

- **Concentrador con transfer a cilindro** <sup>(2), (13)</sup>

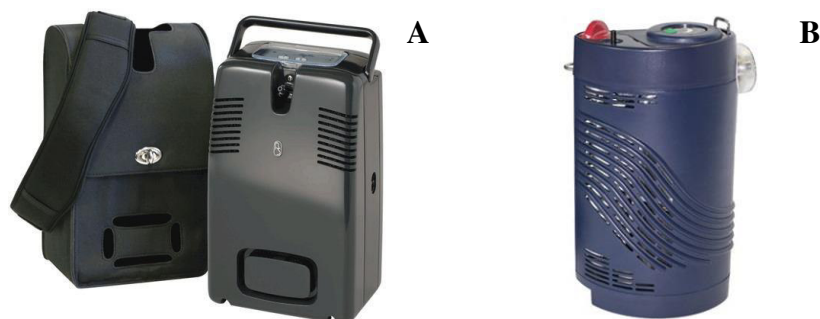
Es una adaptación del concentrador tradicional, consta de un módulo que transfiere oxígeno a un cilindro portátil (bombona). Para su utilización, dicha transferencia requiere de varias horas para su carga y recarga diaria. Es útil en pacientes con salidas esporádicas. No son muy utilizados.

- **Concentrador portátil de oxígeno** <sup>(2), (13)</sup>

Los concentradores portátiles son de tamaño pequeño y bajo peso (9 kg aproximadamente), funcionan con baterías con una autonomía de 2 a 3 horas. Al igual que el concentrador estático, este dispositivo puede adaptarse a cualquier toma de red eléctrica o a la batería de un automóvil. Requieren de revisiones cada 3 meses y no necesitan de una empresa suministradora para su funcionamiento. Son útiles en pacientes que realicen desplazamientos largos y tengan actividades frecuentes fuera del domicilio.

- **Mochila de oxígeno líquido** <sup>(2), (13)</sup>

Como se mencionó anteriormente, la mochila portátil se rellena de oxígeno líquido desde la nodriza. Su autonomía depende del tamaño de la misma y del flujo de oxígeno que utilice el paciente, aproximadamente su duración es de 4 a 8 horas. La nodriza, con la cual se rellena la mochila, requiere de una recarga periódica por la empresa suministradora. La disponibilidad del oxígeno líquido es limitada, ya que el proceso de licuación es de un costo elevado y requiere de una red de distribución compleja. Son útiles para pacientes activos que requieran salir de su domicilio y realizar desplazamientos cortos; se utiliza en aquellos que presentan una desaturación durante el esfuerzo, se administra oxígeno a un flujo igual o menor a 4 l/min.



**Ilustración 4. Concentrador portátil (A) y Mochila de oxígeno líquido (B).  
Ortega Ruiz F et al, 2014.**

### **2.2.2. Fuentes con tecnología de conservación de oxígeno**

- **Válvula a demanda** <sup>(2), (13)</sup>

Este sistema también se conoce con los nombres de: “sistemas dosis de pulso”, “flujo a demanda”, “sistemas de suministro de oxígeno a demanda” y/o “dispositivos de conservación de oxígeno” (Ilustración 5). Se caracteriza por suministrar el oxígeno de manera intermitente, es decir, durante el esfuerzo inspiratorio (demanda) generado por el paciente. El flujo de oxígeno se aplica durante el primer 60% de la inspiración, por lo tanto, no desperdicia durante el resto del ciclo respiratorio, esto genera una mayor duración de esta fuente de suministro. Ofrece un volumen preestablecido que se mide en mililitros por respiración. Es decir, que es sensible al volumen corriente, la frecuencia respiratoria y la respiración nasal del paciente.

La válvula a demanda se encuentra disponible en dos fuentes de suministro portátiles: oxígeno líquido y concentrador. En el primer caso, suministran entre 1,5 y 5 pulsos (pulsos de aproximadamente 15 ml), se recarga de la nodriza correspondiente. Y, en el segundo caso, los pulsos varían según los modelos entre 1 y 6 pulsos, estos tienen la ventaja de ser fácilmente recargables. En ambos casos, existen modelos que funcionan tanto a flujos continuos como a pulsos, entonces pueden ser utilizados en el domicilio y en desplazamientos. Estos son útiles en pacientes capaces de disparar la válvula y que no precisen altos requerimientos de

oxígeno. No obstante, disponen de alarmas que suenan cuando la  $\text{SatO}_2$  es menor a 85%. Estos sistemas garantizan flujos bajos de oxígeno, entonces debe limitarse su uso a dichos pacientes. Presenta una desventaja, ya que disminuye su eficacia cuando aumenta la frecuencia respiratoria del usuario. En relación a la pureza del oxígeno, los concentradores presentan una concentración menor (entre 95 y 97%), a diferencia del oxígeno líquido que es puro.

Para la prescripción de los sistemas portátiles se necesita evaluar al paciente durante una prueba de esfuerzo para realizar un correcto ajuste de la dosis necesaria de oxígeno. Un aspecto relevante de este dispositivo es que no se recomienda su uso en pacientes con desaturación durante el sueño, en este caso se debe usar una fuente de flujo continuo.



**Ilustración 5. Sistema a demanda: válvula integrada a una mochila de oxígeno (izq.) y válvula independiente (der.). Gulina NA, 2015.**

### **2.3. Materiales necesarios**

- **Manómetro y manorreductor**

Son dispositivos que se acoplan a las fuentes de oxígeno. El manómetro, indica la presión a la que se encuentra el gas en su fuente de almacenamiento. Y, el manorreductor, regula la presión de salida del gas. Ambos se representan en la Ilustración 6.<sup>(9)</sup>



**Ilustración 6. Manómetro (A) y Manorreductor (B). Gulina NA, 2015.**

- **Flujómetro o caudalímetro**

Esta herramienta se acopla al manorreductor y sirve para medir el flujo (l/min) de gas administrado. El flujómetro o caudalímetro puede presentar una aguja en una escala graduada o un sistema de “bola”, la cual asciende o desciende en un cilindro también graduado. Se representa en la Ilustración 7.<sup>(9)</sup>



**Ilustración 7. Flujómetro o caudalímetro. Gulina NA, 2015.**

- **Humidificador**

La humidificación fisiológica del aire inspirado se produce en la vía aérea superior, sobre todo a nivel de la nasofaringe, esta acondiciona el gas inspirado produciendo un proceso de humidificación, calentamiento y filtración. Luego de pasar por la nasofaringe el gas alcanza 100% de humedad relativa y entre 29 y 32°C de temperatura, posterior a su paso por la carina la temperatura del gas oscila entre 32 y 34°C y su humedad relativa es del 100%. Finalmente a nivel alveolar el gas se

encuentra a una temperatura de 37°C, 100% de humedad relativa y 43,9 mg/l de humedad absoluta.<sup>(18)</sup>

Con la instalación de una vía aérea artificial se omite la función de la nasofaringe de acondicionar el aire inspirado, en consecuencia la humidificación del tracto respiratorio migra hacia regiones que normalmente no están preparadas para ello. Esta situación se ve agravada por el hecho de que los gases medicinales contienen menor humedad que el AA. Una mala humidificación del gas inspirado puede generar atelectasias, incremento de la resistencia de la vía aérea, mayor incidencia de infecciones, aumento del trabajo respiratorio, secreciones espesas y daño de mucosas.<sup>(18)</sup>

La Asociación Americana de Cuidados Respiratorios sugiere que el gas entregado en una vía aérea artificial debe estar entre 31 y 35°C de temperatura, con una humedad relativa del 100% y con un mínimo de humedad absoluta de 30 mg/l.<sup>(18)</sup>

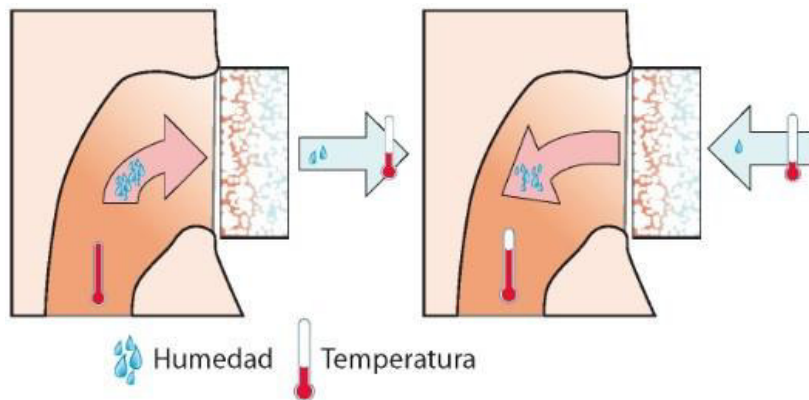
Entonces, en presencia de una vía aérea artificial el calentamiento y la humidificación se pueden lograr con sistemas activos de humidificación o con humidificadores pasivos:

- ❖ Los sistemas activos de humidificación agregan en forma activa humedad y calor al gas inspirado. Estos sistemas están recomendados en pacientes con un volumen minuto mayor a 12 l/min o en pacientes con contraindicación para el uso de humidificador pasivo. En términos de acondicionamiento del gas inspirado, la variable más importante es la humedad absoluta. En este sentido, un parámetro relevante de este dispositivo es que la humedad absoluta es directamente proporcional a la temperatura del agua del calentador del sistema activo de humidificación.<sup>(18)</sup>
  
- ❖ Los humidificadores pasivos, también llamados “nariz artificial”, reproducen la función de la vía aérea superior atrapando el calor y la humedad del gas exhalado, posteriormente utilizan la temperatura y humedad retenidas para acondicionar el gas inspirado. La eficacia de estos dispositivos depende del

volumen corriente, el tiempo inspiratorio y a la temperatura corporal<sup>(18)</sup>. Se representa en la ilustración 8 y 9.

Se debe limitar el uso de los humidificadores de inmersión o de “burbuja”, ya que no hay evidencia de un beneficio clínicamente significativo, conlleva un riesgo de infección por contaminación bacteriana.<sup>(13), (19)</sup>

En ausencia de una vía aérea artificial, la decisión de humidificar el oxígeno suplementario debe tomarse de manera individual, pero esta práctica no se basa en la evidencia.<sup>(19)</sup>



**Ilustración 8.**  
**Humidificación pasiva.**  
**Elaboración propia.**



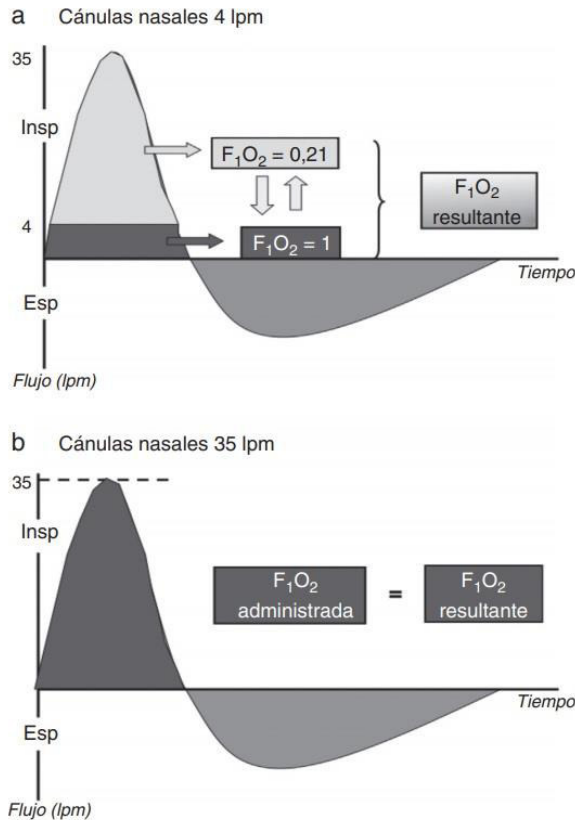
**Ilustración 9.**  
**Humidificador pasivo (filtro intercambiador de calor y humedad).**  
**Elaboración propia.**

### **Capítulo 3: “Dispositivos de suministro de oxígeno”**

La oxigenoterapia se aplica mediante diferentes dispositivos, cuya finalidad es aumentar la  $FiO_2$ . Estos se clasifican en interfaces de bajo y alto flujo. Cuando los flujos de salida del dispositivo son inferiores a 30 l/min se trata de sistemas de bajo flujo, y cuando superan esta cifra son de alto flujo (Ilustración 10). Es decir, el concepto de entrada de flujo al dispositivo son los litros que se regulan en el caudalímetro de la pared o de la bombona, y el flujo de salida del dispositivo es lo que llega delante de la cara del paciente. En el caso de los sistemas de bajo flujo, el usuario tiene que añadir AA para cubrir la demanda inspiratoria, ya que el oxígeno administrado no llega a contemplar la totalidad del pico inspiratorio máximo (entre 30 y 40 l/min). Si el sistema es hermético y no permite la entrada de aire adicional, el paciente tendrá sensación de asfixia. Por otro lado, los sistemas de alto flujo cubren la totalidad de la demanda inspiratoria, ya que proporcionan una mezcla de gas mayor al pico inspiratorio máximo del paciente.<sup>(13), (20)</sup>

Es relevante aclarar que el concepto de cánula nasal de alto flujo excede los temas abordados en esta tesina. En síntesis, es una opción de tratamiento que tiene beneficios para el paciente, no obstante, es una herramienta en continuo desarrollo en los últimos años y se necesitan más ensayos controlados grandes para confirmar los hallazgos<sup>(21)</sup>. En otras palabras, se requieren más estudios para determinar su impacto en términos de morbilidad, mortalidad y rentabilidad.<sup>(20)</sup>





**Ilustración 10. Dilución del oxígeno administrado usando un sistema de bajo flujo (a) o alto flujo (b). Masclans JR et al, 2015.**

*En gris oscuro: oxígeno; en gris claro: AA. Durante una inspiración normal, el pico inspiratorio máximo es de 30-40 l/min. Con el uso de la oxigenoterapia de alto flujo, la  $F_{iO_2}$  administrada sería igual a la real, mientras que con un sistema de bajo flujo la  $F_{iO_2}$  real sería menor a la administrada.*

### 3.1. Dispositivos de bajo flujo

Estos sistemas se caracterizan por el aporte de oxígeno mezclado con AA, debido a que suministran un flujo menor al pico inspiratorio del paciente. La  $F_{iO_2}$  es variable, ya que depende del flujo de oxígeno y del patrón ventilatorio. Por esto último, la concentración de oxígeno en el aire inspirado puede presentar variaciones según la frecuencia respiratoria, es decir: ante la presencia de taquipnea disminuye la concentración de oxígeno en el aire inspirado, y con una frecuencia respiratoria normal incrementa la concentración de oxígeno en el aire inspirado. Entonces, la utilización de terapia de bajo flujo se indica para pacientes conscientes, colaboradores, con un patrón ventilatorio estable, frecuencia respiratoria y volumen corriente en rangos normales<sup>(16)</sup>. A continuación se presentan los diferentes dispositivos de bajo flujo: cánula nasal, máscara facial simple y, máscara con reservorio con y sin reinalación.

- **Cánula nasal**

❖ Características: consta de dos pequeñas cánulas de material plástico, miden aproximadamente un centímetro de longitud, las mismas se introducen en las fosas nasales y se mantienen en su posición con un sistema de fijación por detrás de las orejas<sup>(1)</sup>, se muestra en la Ilustración 11. La cánula nasal es confortable para el paciente; ya que le permite alimentarse, beber, hablar y expectorar en simultáneo con el uso de la misma. Son de bajo costo.<sup>(17)</sup>

❖ Indicaciones: se utilizan en pacientes estables que pueden tolerar una concentración baja y no fija de oxígeno, como es el caso de: enfermedades agudas o crónicas con hipoxemia y dificultad respiratoria leve, OCD y recuperación post anestésica.<sup>(16),(17)</sup>

❖ Flujo y FiO<sub>2</sub>: este dispositivo aumenta la concentración de oxígeno inspirado entre un 3-4% por cada l/min administrado. Se deben suministrar entre 1 y 4 l/min, alcanzando niveles de FiO<sub>2</sub> del 24 al 36% en adultos, estos conceptos se describen en la Tabla 3. La concentración de oxígeno en el aire inspirado no es estable sino que depende de varios factores del paciente: la tasa de flujo de oxígeno a través de la cánula, la respiración a través de la boca, la frecuencia respiratoria, el patrón respiratorio y la altitud<sup>(1), (2), (16)</sup>. Este dispositivo oscila en una tasa de flujo de oxígeno entre 1 y 6 l/min, sin embargo, con flujos superiores a 4 l/min el paciente puede experimentar molestias y sequedad nasal. Entonces, si el paciente requiere más de 4 l/min se recomienda optar por otro dispositivo de administración de oxígeno.<sup>(16)</sup>

**Tabla 3. Cánula nasal relación entre el flujo y FiO<sub>2</sub>. Gulina NA, 2015.**

| Flujo (l/min) | FiO <sub>2</sub> (%) |
|---------------|----------------------|
| 1             | 24                   |
| 2             | 28                   |
| 3             | 32                   |
| 4             | 36                   |

Se ha determinado una fórmula para calcular la  $FiO_2$  aproximada:

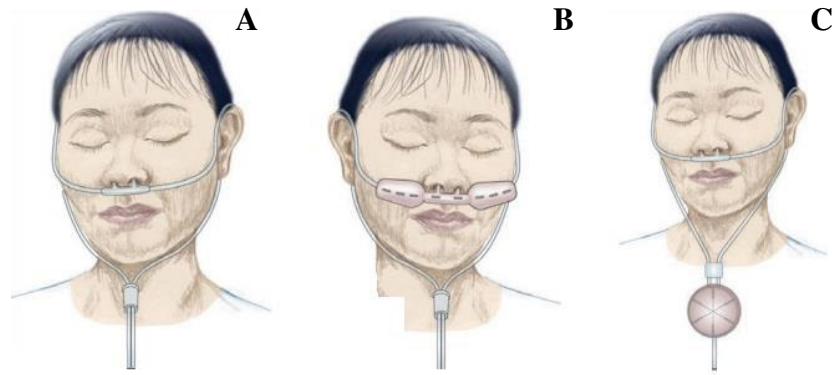
$$FiO_2 = 20 + [4 * \text{Flujo (l/min)}]$$

❖ Inconvenientes: No es posible determinar una  $FiO_2$  exacta, su eficacia disminuye en respiraciones bucales o durante el sueño y, no se recomienda su utilización con flujos mayores a 4 l/min debido a que ocasiona resequedad, epistaxis, irritación de las fosas nasales y no aumenta la concentración de oxígeno inspirado.<sup>(17)</sup>

También, existen algunas innovaciones de la cánula nasal simple, es el caso de la cánula nasal con reservorio. Se utiliza en el contexto ambulatorio, es decir en OCD. Estos dispositivos almacenan el oxígeno en un reservorio mientras el paciente realiza la espiración. Pertenecen a los sistemas de bajo flujo y aportan más concentración de oxígeno que las cánulas simples, por ejemplo, una tasa de flujo de 2 l/min con una cánula con reservorio da lugar a una  $FiO_2$  equivalente a la que se consigue mediante una cánula nasal tradicional ajustada para el aporte de 4 l/min. La cánula nasal con reservorio se comercializan en dos estilos: el denominado “de bigote” y el denominado “colgante”, se representa en la Ilustración 12. Este tipo de cánulas capturan el vapor de agua de la espiración del paciente y devuelven dicho vapor durante la inspiración, por ende, no es necesaria la humidificación.<sup>(16)</sup>



***Ilustración 11. Cánula nasal.  
Farrero Muñoz E, 2011.***



**Ilustración 12. Cánula nasal (A), Cánula nasal con reservorio de bigote (B) y Cánula nasal con reservorio colgante (C). Stich JC et al, 2010.**

- **Máscara facial simple**

- ❖ Características: La máscara es un dispositivo de material plástico que abarca la nariz, boca y mentón de paciente; presenta dos agujeros laterales para permitir la salida del aire espirado al ambiente y la entrada del AA, Ilustración 13. Se ajusta a través de la cinta trasera y pasador metálico delantero.<sup>(13), (16), (17)</sup>

- ❖ Indicaciones: pacientes con enfermedad pulmonar aguda o crónica con hipoxemia o dificultad respiratoria leve a moderada y, durante traslados de urgencia leve<sup>(17)</sup>. Puede ser de mayor utilidad en aquellos pacientes que respiran por la boca.<sup>(16)</sup>

- ❖ Flujo y FiO<sub>2</sub>: permite alcanzar una FiO<sub>2</sub> aproximada de entre 35 y 60%, con flujos de 5 a 10 l/min, como muestra la Tabla 4. Se debe mantener como mínimo un flujo de 5 l/min para evitar la reinhalación de dióxido de carbono, ya que la máscara funciona como un reservorio almacenando el mismo. Se desaconseja su utilización en flujos superiores a 10 l/min debido a que no aumenta la FiO<sub>2</sub> administrada.<sup>(17), (19)</sup>

**Tabla 4. Máscara facial simple relación entre el flujo y FiO<sub>2</sub>. Gulina NA.,**

| Flujo (l/min) | FiO <sub>2</sub> (%) |
|---------------|----------------------|
| 5-6           | 35-40                |
| 7-8           | 45-50                |
| 9-10          | 55-60                |

❖ Inconvenientes: No es posible determinar una  $FiO_2$  estable, reseca las mucosas orales y nasales con la administración de flujos altos; interfiere en el habla, expectoración, hidratación y alimentación oral del paciente (se reemplaza por cánula nasal).<sup>(13), (16)</sup>



**Ilustración 13. Máscara facial simple. O'Driscoll et al, 2017.**

- **Máscara con reservorio con rehinalación**

❖ Características: consiste básicamente en una máscara facial simple con una bolsa reservorio en su extremo inferior de al menos un litro de capacidad, como se muestra en la Ilustración 14.<sup>(16)</sup>

❖ Indicaciones: pacientes con requerimiento de oxígeno a altas concentraciones como insuficiencia respiratoria moderada o grave. Está contraindicada en pacientes hipercápnicos.<sup>(17)</sup>

❖ Flujo y  $FiO_2$ : con tasas de flujo de 8 a 12 l/min puede aportar una  $FiO_2$  entre 60 y 80%. El flujo de oxígeno debe mantener la bolsa reservorio llena, al menos la tercera parte durante la inspiración.<sup>(16)</sup>

❖ Inconvenientes: es poco comfortable, dificulta la comunicación oral y la expectoración,  $FiO_2$  desconocida.<sup>(2), (13)</sup>

- **Máscara con reservorio sin rehinalación**

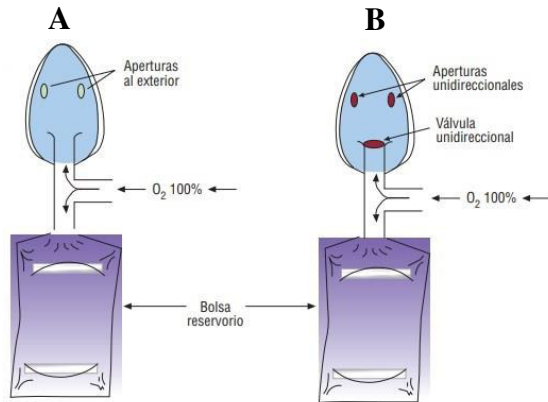
❖ Características: este sistema consta de la misma estructura que el dispositivo anterior, con la excepción de que presenta una serie de válvulas unidireccionales, las cuales impiden la recirculación del gas espirado. La primera válvula, se encuentra entre la bolsa reservorio y la máscara, permite que pase oxígeno desde el reservorio hacia la máscara durante la inspiración, pero impide que el gas espirado se mezcle con el oxígeno del reservorio durante la espiración. Las otras dos válvulas se localizan en los laterales de la máscara, permiten la salida del gas exhalado al ambiente durante la espiración, e impiden que ingrese AA durante la inspiración que podría reducir la  $FiO_2$  (Ilustración 14 y 15).<sup>(2), (16), (17)</sup>

❖ Indicaciones: pacientes con requerimiento de oxígeno a altas concentraciones como insuficiencia respiratoria moderada o grave, además se indica ante intoxicación con monóxido de carbono. Está contraindicada en pacientes con hipercapnia.<sup>(17)</sup>

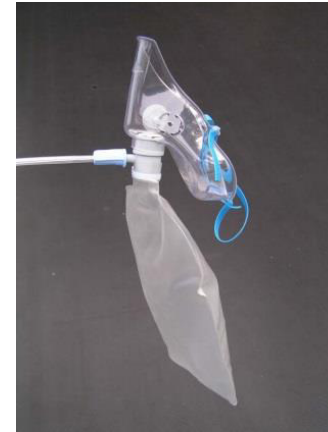
❖ Flujo y  $FiO_2$ : con flujos de oxígeno entre 10 a 15 l/min se pueden alcanzar niveles de  $FiO_2$  entre 90 y 100%, como se observa en la Tabla 5. Dicha concentración de oxígeno del aire inspirado cercano al 100%, se puede obtener si el paciente respirara únicamente el oxígeno almacenado en el reservorio. Sin embargo, en la práctica, no es totalmente acertado el concepto de que se le entrega al paciente una  $FiO_2$  al 100%, ya que la máscara no mantiene un cierre hermético en la cara del paciente, de manera que es inevitable que éste respire algo de AA. Los inconvenientes son los mismos que la máscara con reservorio con rehinalación.<sup>(2), (16), (17)</sup>

**Tabla 5. Máscara con reservorio relación entre el flujo y  $FiO_2$ . Gulina NA, 2015.**

| Flujo (l/min) | $FiO_2$ (%) |
|---------------|-------------|
| 10-15         | 90-100      |



**Ilustración 14. Máscara con reservorio con reinhalación (A) y sin reinhalación (B).**  
**Farrero Muñoz E, 2011.**



**Ilustración 15. Máscara con reservorio sin reinhalación.**  
**O'Driscoll et al, 2017.**

### 3.2. Dispositivos de alto flujo

A diferencia de lo que ocurre con los dispositivos de bajo flujo, este sistema se caracteriza por el aporte constante de la concentración de oxígeno, independiente del patrón ventilatorio del paciente. Además, brinda el total del pico inspiratorio máximo del paciente. Aporta mezclas preestablecidas de gas con  $FiO_2$  conocida.<sup>(13), (16)</sup>

- **Sistema Venturi**

- ❖ **Características:** consta de una máscara de material plástico que cubre la nariz, boca y mentón del paciente, cuenta con dos aberturas laterales para el intercambio gaseoso. Presenta un almohadillado que facilita la adaptación anatómica y mayor comodidad para el usuario. Se ajusta a través de una cinta elástica trasera, la cual se fija al pabellón auricular (Ilustración 16). La máscara Venturi se comercializa en un set que incluye entre cinco y siete válvulas intercambiables, identificadas con diferentes colores, alcanzan una  $FiO_2$  entre 24 y 60%, según las características de cada modelo (Ilustración 17)<sup>(16)</sup>. Además, existen válvulas Venturi de concentración regulable, se puede aumentar o disminuir la cantidad de AA que entra por la apertura desde una misma válvula. Su efecto se basa en el principio de Bernoulli, por el cual cuando el flujo de oxígeno pasa por un orificio estrecho aumenta su velocidad y arrastra AA a través de presión negativa. De esta manera, logra una concentración de

FiO<sub>2</sub> conocida<sup>(13), (17)</sup>. No suele ser necesaria la humidificación debido a que la máscara facilita la entrada de un flujo de AA mucho mayor, de manera que la mezcla de aire que recibe el paciente tiene un grado de humedad que se aproxima al del AA.<sup>(11)</sup>

❖ Indicaciones: pacientes con hipoxemia moderada o grave con requerimientos altos y estables de oxígeno, e hipercápnicos.<sup>(17)</sup>

❖ Flujo y FiO<sub>2</sub>: con flujos entre 2 a 15 l/min se alcanzan niveles de FiO<sub>2</sub> entre 24 y 60%, al ser un dispositivo de alto flujo garantiza la totalidad del pico inspiratorio máximo del paciente (30 a 40 l/m), ya que el flujo total de mezcla es superior a la demanda inspiratoria. La FiO<sub>2</sub> es fija y depende de las variables del flujo y apertura de la válvula. Entonces, se debe garantizar un flujo total de mezcla que sea mayor al pico inspiratorio máximo del paciente, la Tabla 6 muestra los valores de flujo y FiO<sub>2</sub> que se deben tener en cuenta para la utilización de este sistema<sup>(16), (17)</sup>. Las concentraciones al 24 y 28% son adecuadas para pacientes con riesgo de retención de dióxido de carbono.<sup>(19)</sup>

❖ Inconvenientes: es poco comfortable, dificulta la comunicación oral, alimentación, hidratación y la expectoración.



**Ilustración 16. Máscara Venturi. Vives EC et al, 2014.**





**Ilustración 17. Válvulas de sistema Venturi. O'Driscoll et al, 2017.**

**Tabla 6. Tabla orientativa de los flujos que se deben utilizar para cada FiO<sub>2</sub> posible en una máscara Venturi. O'Driscoll et al, 2017.**

| Flujo (%) | FiO <sub>2</sub> (%) |    |    |    |    |    |
|-----------|----------------------|----|----|----|----|----|
|           | 24                   | 28 | 31 | 35 | 40 | 60 |
| 20        |                      |    |    |    | 84 | 40 |
| 15        |                      |    |    | 84 | 82 | 30 |
| 12        |                      |    |    | 67 | 50 |    |
| 10        |                      |    | 78 | 56 | 41 |    |
| 8         |                      | 89 | 63 | 46 |    |    |
| 6         |                      | 67 | 47 |    |    |    |
| 4         | 102                  | 44 |    |    |    |    |
| 2         | 51                   |    |    |    |    |    |

En la Tabla 6, se muestra el flujo total de mezcla suministrada en función de la FiO<sub>2</sub> y del flujo de oxígeno seleccionado en el caudalímetro. Se puede observar que esos valores resultantes son mayores a 30, esto significa que cubre la totalidad de la demanda inspiratoria del paciente<sup>(13)</sup>. Existen indicaciones preestablecidas para la utilización del sistema Venturi, en cuanto a los valores de flujo y FiO<sub>2</sub>, ya que se debe otorgar flujos totales de mezcla mayores al pico inspiratorio máximo del paciente. Como se puede observar en la tabla, el aumento del flujo de oxígeno no aumenta la FiO<sub>2</sub>, sino que varía la mezcla de oxígeno con el AA.<sup>(19)</sup>

En la Tabla 7 se muestra una síntesis de todos los dispositivos de administración de oxígeno, con sus respectivos valores de flujo y FiO<sub>2</sub>.

**Tabla 7. Síntesis de dispositivos de suministro de oxígeno. Elaboración propia.**

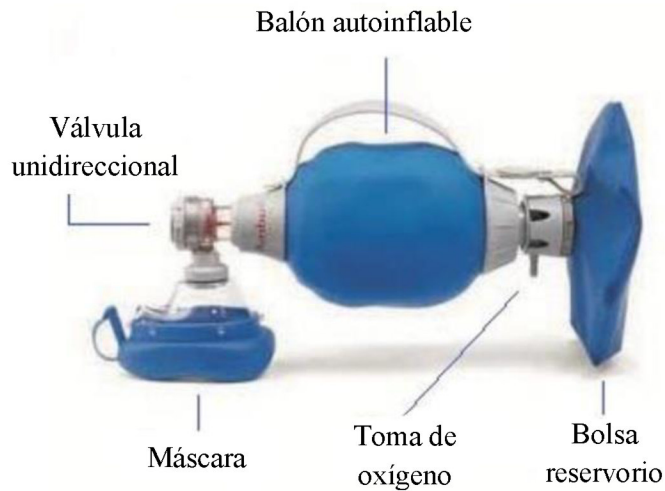
| Dispositivo                             | Flujo (l/min) | FiO <sub>2</sub> (%) |
|---|---------------|----------------------|
| <b>Sistemas de bajo flujo</b>           |               |                      |
| Cánula nasal                            | 1             | 24                   |
|   | 2             | 28                   |
|   | 3             | 32                   |
|   | 4             | 36                   |
| Máscara facial simple                   | 5-6           | 35-40                |
|   | 7-8           | 45-50                |
|   | 9-10          | 55-60                |
| Máscara con reservorio con rehinalación | 8-12          | 60-80                |
| Máscara con reservorio sin rehinalación | 10-15         | 90-100               |
| <b>Sistema de alto flujo</b>            |               |                      |
| Máscara Venturi                         | 2             | 24                   |
|   | 4             | 28                   |
|   | 6             | 31                   |
|   | 8             | 35                   |
|   | 10            | 40                   |
|   | 15            | 60                   |

### 3.3. Otros dispositivos

- **Bolsa de resucitación manual**

Es una herramienta que se utiliza en la asistencia de pacientes críticos con necesidad de apoyo ventilatorio. Consta de una bolsa o balón autoinflable que se conecta a una válvula unidireccional, ésta permite el paso del aire hacia una máscara, un tubo endotraqueal o una cánula de traqueostomía, se representa en la Ilustración 18. Dispone de una toma de conexión a una fuente de oxígeno. Se consigue una FiO<sub>2</sub> del 50% sin utilizar la bolsa reservorio y, alimentando la misma se alcanza una FiO<sub>2</sub> del 80 al 100% con una insuflación de la bolsa de 12 a 15 l/min. Es importante verificar que no existe contraindicación para la realización del procedimiento, por ejemplo:

ante la sospecha de ruptura de la vía aérea y/o la existencia de fístula traqueo-esofágica.<sup>(17)</sup>



**Ilustración 18. Bolsa de resucitación manual. Gulina NA, 2015.**

- **Máscara de traqueotomía**

Este dispositivo otorga oxígeno directamente en la tráquea a través de un pequeño catéter, el cual se introduce por vía percutánea a la altura del segundo y tercer anillo traqueal (Ilustración 19). El oxígeno administrado requiere de humidificación y calefacción. Su uso está indicado tanto en situaciones agudas como en pacientes crónicos que utilizan fuentes portátiles para la deambulación.<sup>(13), (19)</sup>



**Ilustración 19. Máscara de traqueotomía. O'Driscoll et al, 2017.**

## **Capítulo 4: “Situaciones agudas”**

En parámetros generales, la oxigenoterapia en situaciones agudas se indica con el propósito de aumentar la  $FiO_2$ , con el objetivo revertir la presencia de hipoxemia arterial, es decir, ante los valores confirmados de una  $SatO_2$  menor a 90% o una  $PaO_2$  menor a 60 mmHg respirando AA<sup>(1)</sup>. Esto se debe al punto de inflexión de la curva de disociación de la Hb, nombrada anteriormente. El oxígeno debe considerarse como un medicamento que se prescribe y administra para indicaciones específicas, con un rango objetivo de  $SatO_2$  y con un monitoreo regular de la respuesta del paciente.

### **4.1. Oxigenoterapia en insuficiencia respiratoria aguda**

La IRA se instaura en un corto período de tiempo. Es decir, al cabo de minutos, horas o días después de la infección o lesión desencadenantes, sin haber producido todavía mecanismos de compensación<sup>(13), (14)</sup>. Además, en las situaciones agudas, se pueden presentar pacientes con exacerbación de su enfermedad de base, es el caso de las IRCA. Una recomendación clave que proponen las guías, es siempre disponer de la oximetría de pulso en todas las situaciones clínicas en las que se usa oxígeno. A su vez, la insuficiencia respiratoria presenta diversas etiologías, las cuales pueden beneficiarse con la prescripción de oxígeno suplementario, algunas de estas se mencionan en la Tabla 8.

En relación a la fuente de suministro de oxígeno, en el caso de una situación aguda, se debe disponer de la misma ya sea en una institución de salud o en traslados (ambulancia). La institución de salud, por ejemplo un hospital, se encuentra equipada con un sistema de oxígeno central. Y, en el caso de los vehículos de traslados, se utilizan bombonas. Por otro lado, los concentradores se pueden utilizar en pacientes con bajos requerimientos de oxígeno (menos de 5 l/min), no obstante, no son muy utilizados en situaciones de IRA, sino que se usa mayormente en IRC.<sup>(13)</sup>

**Tabla 8. Indicaciones de oxigenoterapia en insuficiencia respiratoria aguda. Vives EC et al, 2014.**

|  |   |
|--|---|
| <b>Pacientes críticos</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trauma grave</li> <li>• Shock</li> </ul>   |
| <b>Fallo respiratorio hipoxémico</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asma grave</li> <li>• Embolia pulmonar</li> <li>• Edema agudo de pulmón</li> <li>• Neumonía</li> <li>• Enfermedad pulmonar difusa</li> </ul> |
| <b>Fallo respiratorio hipercápnico</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EPOC</li> <li>• Bronquiectasias</li> <li>• Asociado a VMNI</li> </ul>  |
| <b>Pacientes normóxicos en los que se usa oxígeno habitualmente sin evidencia sólida</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Síndrome coronario agudo</li> <li>• Infusiones de opiáceos</li> <li>• Cuidados paliativos (Cáncer)</li> </ul>                                |
| <b>Intoxicaciones</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monóxido de carbono</li> </ul>   |
| <b>Intoxicaciones en las que hay que tener precaución con el oxígeno</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paraquat</li> <li>• Toxicidad pulmonar por bleomicina</li> </ul>   |
| VMNI: Ventilación mecánica no invasiva   |   |

Los dispositivos que aplican para el tratamiento de la IRA, son los sistemas de bajo y alto flujo. Depende de las condiciones en las que se encuentre el paciente, se debe hacer una correcta evaluación del mismo antes de indicar el dispositivo.

Por un lado, se encuentran los dispositivos de bajo flujo:

- Cánula nasal: indicada para pacientes eupneicos, con buena respiración nasal, sin IRA grave ni estado crítico y en situaciones en las que no es indispensable tener una FiO<sub>2</sub> conocida. Se puede utilizar como terapia de transición, una vez el paciente

se encuentra en situación más estable. También, se emplea para sustituir una máscara facial en momentos de alimentación, hidratación o aseo del paciente; ya que permite realizar estas actividades sin interrumpir la administración de oxígeno. El flujo adecuado se determina mediante pulsioximetría, con el objetivo de mantener una SatO<sub>2</sub> mayor a 90%.<sup>(13)</sup>

- Máscara facial simple: indicada durante los traslados en ambulancia o en situaciones de urgencia. Se utiliza para aquellos pacientes que requieran un flujo de oxígeno de 5 a 10 l/min.<sup>(22)</sup>

- Máscara con reservorio: se indica en situaciones de IRA grave e intoxicación con monóxido de carbono. Este sistema está contraindicado en pacientes hipercápnicos debido al riesgo de generar acidosis respiratoria. Requiere flujos de 8 a 12 l/min para que la bolsa reservorio se mantenga llena constantemente y se garantice oxígeno próximo al 100% durante la inspiración.<sup>(13)</sup>

Por otro lado, se encuentran los dispositivos de alto flujo:

- Máscara Venturi: se indica en IRA y que sea necesario controlar la FiO<sub>2</sub>, aplica para pacientes eupneicos o taquipneicos. Además, en pacientes con exacerbaciones de EPOC o afecciones asociadas a IRC, se utiliza concentraciones al 24 y 28% debido al riesgo de retención de dióxido de carbono.<sup>(23)</sup>

La bolsa de resucitación manual con oxígeno se utiliza en situaciones de emergencia fuera de la institución de salud, como por ejemplo, en una ambulancia o durante el ingreso hospitalario. A su vez, se utiliza en determinadas situaciones dentro del hospital. Está indicado en aquellos pacientes que no respiran espontáneamente o cuando esta es ineficaz. Puede usarse con una máscara o a través de una vía aérea artificial (tubo endotraqueal).<sup>(9), (22)</sup>

En cuanto a las indicaciones de oxigenoterapia en un contexto de IRA, algunas etiologías fueron nombradas en la Tabla 8, los criterios de oxigenación según la causa se desarrollan a continuación.

Ante la presencia de un fallo respiratorio hipoxémico o IRA parcial, como es el caso de patologías, tales como: neumonía, edema agudo de pulmón, asma grave, embolia pulmonar, enfermedad pulmonar difusa, entre otras. En estos casos, el principal mecanismo fisiopatológico causante de hipoxemia arterial es el shunt intrapulmonar, este se produce por obliteración alveolar, donde los alvéolos se encuentran perfundidos pero no ventilados, por ende, no participan en el intercambio gaseoso. Luego de confirmar la hipoxemia, se debe iniciar la oxigenoterapia con sistemas de alto flujo, como una máscara Venturi, a una concentración elevada (35-40%). Si esto es suficiente para alcanzar valores de PaO<sub>2</sub> mayores a 60 mmHg, es necesario ajustar la FiO<sub>2</sub> a la cifra más baja posible. No obstante, si con estas concentraciones no es suficiente, se tiene que aumentar la FiO<sub>2</sub> con sistemas tipo Venturi (hasta un 50%) o con una máscara con reservorio sin rehinalación<sup>(19), (23), (24)</sup>. Se debe administrar el oxígeno suplementario a determinados flujos para alcanzar un rango objetivo de SatO<sub>2</sub>.

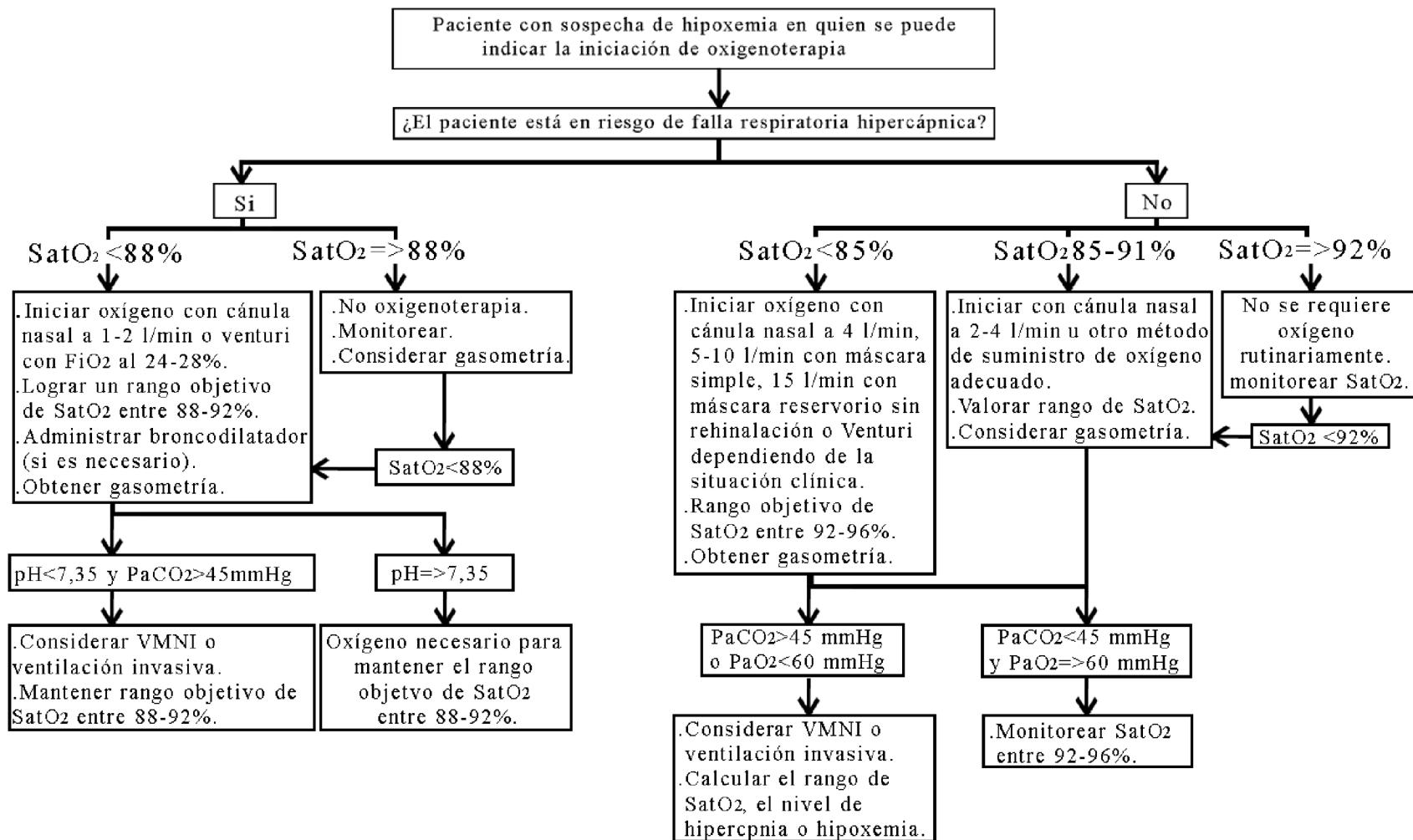
En relación al fallo respiratorio hipercápnico o IRA global, como es el caso de reagudizaciones de la EPOC. En este caso hay que iniciar la oxigenoterapia con un sistema de alto flujo tipo Venturi a la concentración más baja posible (24-28%). Este sistema tiene la finalidad de evitar el efecto depresor del centro respiratorio que se asocia a la administración de concentraciones elevadas de oxígeno en estos pacientes (cuando hay una excesiva corrección hipoxémica). Si con este sistema no se consigue mantener la PaO<sub>2</sub> por encima de 60 mmHg, se puede incrementar la FiO<sub>2</sub> controlando la posible aparición de hipercapnia exagerada. Además, hay que tratar los factores desencadenantes o agravantes de la agudización, si están presentes<sup>(25)</sup>. Si la situación clínica se complica y la oxigenoterapia puede ser insuficiente como medida de tratamiento de la IRA, ya sea porque no se alcanzan niveles aceptables de PaO<sub>2</sub> o por desarrollo de acidosis respiratoria (pH menor a 7,34). En estos casos, se debe considerar otra medida de soporte ventilatorio<sup>(19), (23)</sup>. En relación a la SatO<sub>2</sub> que se toma como objetivo en exacerbaciones de la EPOC y afecciones asociadas a IRC, se recomienda mantener un rango de SatO<sub>2</sub> entre 88 y 92%.<sup>(23), (26)</sup>

Con respecto a la intoxicación con monóxido de carbono, es un problema frecuente que puede conducir a la muerte de la persona intoxicada con este gas; debido a que la inhalación en grandes cantidades es potencialmente nocivo y la persona no tiene la capacidad de detectarlo, ya que es incoloro, inodoro, insípido y no irritable<sup>(27)</sup>. Existen fuentes naturales y humanas de este gas, algunas de ellas son: emisión por tubos de escape de automóviles; artefactos domésticos que queman gas, carbón, leña, alcohol o cualquier otro combustible en ambientes mal ventilados; humo de tabaco, inhalación de humo en el transcurso de incendios, entre otras. Una vez que el monóxido de carbono es inhalado se une rápidamente a la Hb (presenta mayor afinidad que el oxígeno) y otras proteínas, esto da lugar a la carboxihemoglobina. Esta última, provoca la incapacidad de transportar oxígeno, causando hipoxia celular o anémica<sup>(28)</sup>. La única forma de depuración del monóxido de carbono del organismo es mediante la expulsión fisiológica de la espiración. Por ende, el tratamiento consiste en la aplicación de oxígeno suplementario de forma normobárica o hiperbárica, el objetivo del oxígeno es desplazar el monóxido de carbono de la carboxihemoglobina. Entonces, se debe tratar inmediatamente con oxígeno con una  $FiO_2$  lo más próxima al 100% para acelerar la eliminación del gas tóxico, se administra con una máscara con reservorio sin rehinalación. Es de suma importancia identificar la probable fuente de intoxicación para evitar exposiciones posteriores<sup>(27)</sup>. La oxigenoterapia se mantiene hasta obtener valores de carboxihemoglobina menores a 5%, el tratamiento se debe sostener durante al menos 6 horas hasta que el paciente se encuentre asintomático, luego se continúa con niveles más bajos de  $FiO_2$ <sup>(28), (29)</sup>. Si el paciente se halla en estado comatoso o con depresión respiratoria es preciso optar por otro tratamiento, como intubarlo e iniciar ventilación mecánica.<sup>(29)</sup>

A modo de síntesis, a continuación en la Ilustración 20 se muestra un algoritmo de tratamiento con oxígeno suplementario para pacientes con fallo respiratorio hipercápnico e hipoxémico. En este esquema se considera un rango objetivo de  $SatO_2$  para los casos sin hipercapnia (92-96%), estos valores varían según las guías. No obstante, siempre debe ser mayor a 90% para revertir la presencia de hipoxemia.<sup>(23)</sup>



**Ilustración 20. Algoritmo de tratamiento con oxigenoterapia. Beasley et al, 2015.**



## 4.2. Hiperoxia

Desde hace tiempo, se considera a la oxigenoterapia como una herramienta esencial en el tratamiento de la IRA para revertir la presencia de hipoxemia. A razón de esto, existe un uso generalizado y liberal del oxígeno suplementario, que ocasiona un exceso de oxígeno o niveles más altos de lo normal en la  $PaO_2$ , a esto se lo denomina hiperoxia. En los últimos tiempos se realizaron investigaciones que dieron a conocer ciertos efectos nocivos a causa de la hiperoxia, tales como: atelectasia por absorción, lesión pulmonar aguda, producción de citoquinas inflamatorias, toxicidad, formación de radicales libres y, vasoconstricción cerebral y coronaria. Es por esto que la oxigenoterapia puede ocasionar daños en el sistema nervioso, cardiovascular, pulmonar, entre otros.<sup>(30), (31)</sup>

Según la evidencia, la oxigenoterapia liberal en adultos con IRA parcial, genera múltiples consecuencias sin mejorar las condiciones de base de la enfermedad<sup>(32)</sup>. Incluso en situaciones de emergencia, en donde se sostienen una  $SatO_2$  elevada hasta el ingreso a la unidad de cuidados intensivos en donde se estabilizan dichos valores<sup>(33)</sup>. Entonces, el oxígeno suplementario puede ser tóxico por encima de una determinada  $SatO_2$ , existe una serie de diferencias entre la bibliografía con respecto al rango de seguridad de  $SatO_2$ . Algunas fuentes sostienen que se debe mantener una  $SatO_2$  entre 92 y 96%<sup>(23), (34)</sup>, en cambio, otras proponen que debe mantenerse entre 94 y 98%<sup>(19)</sup>. No obstante, siempre se debe asegurar una  $SatO_2$  mayor a 90%. Por lo tanto, el límite superior se establece para evitar los efectos nocivos de la hiperoxia y, el límite inferior de  $SatO_2$  para tratar la hipoxemia y prevenir fenómenos hipóxicos. De esta manera, los estudios analizan sobre los efectos de terapias conservadoras de administración de oxígeno frente a terapias liberales<sup>(35)</sup>. Las causas que llevan a la IRA son variadas pero siempre se debe garantizar un adecuado aporte de oxígeno a los tejidos.<sup>(36)</sup>

Se demostró que los pacientes que sufrían un infarto agudo de miocardio sin hipoxemia, a los cuales se los trató con oxígeno suplementario, tenían un aumento del infarto de miocardio, arritmia y un mayor tamaño del infarto de miocardio a los seis meses<sup>(37), (38)</sup>. La hiperoxia arterial se asoció con una mayor mortalidad de pacientes

con lesión cerebral aguda en algunos estudios más antiguos<sup>(39), (40)</sup>, no obstante, en estudios más recientes no llegó a dichos resultados<sup>(41), (42)</sup>. La hiperoxia se asoció con peores resultados en pacientes con accidente cerebrovascular (ACV)<sup>(5), (36), (43)</sup>. En pacientes resucitados después de un paro cardíaco, la hiperoxia se asoció con daños<sup>(44), (45)</sup>, sin embargo, un estudio más reciente no confirmó este hallazgo<sup>(46)</sup>. Un estudio demostró los efectos nocivos de la hiperoxia en términos de mortalidad<sup>(47)</sup>, mientras que estudios recientes no demostraron efectos negativos de la oxigenoterapia conservadora en pacientes críticos<sup>(48), (49)</sup>. Se planteó la posibilidad de daño clínicamente importante con la oxigenoterapia conservadora en pacientes con sepsis<sup>(50)</sup>. Los resultados de los estudios son variados en términos de mortalidad y efectos nocivos a causa de la hiperoxia<sup>(51)</sup>. Algunos estudios analizan el impacto de la oxigenoterapia en alteraciones cardíacas con secundario compromiso pulmonar.<sup>(38), (52)</sup>

En la IRA global, se recomienda mantener una SatO<sub>2</sub> entre 88 y 92% (a pesar de un bajo nivel de evidencia)<sup>(53)</sup>, como es el caso de pacientes obesos, enfermedades neuromusculares, alteraciones de la caja torácica y otras enfermedades respiratorias crónicas como la EPOC.<sup>(13), (23)</sup>

### **4.3. Oxigenoterapia en COVID-19**

A razón de la pandemia por la que se transita actualmente, se tiene en cuenta y se profundiza particularmente sobre tratamiento con oxigenoterapia para esta patología. Como se mencionó anteriormente, la insuficiencia respiratoria tiene varias causas, no obstante, la IRA secundaria a infección por la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) se desarrolla con mayor profundidad debido al impacto actual que tiene en nuestra sociedad argentina y el mundo.

El COVID-19 es una patología infecciosa emergente, transmitida por el virus SARS-CoV-2. Se informó su detección por primera vez en Wuhan, China, y posteriormente se ha extendió por todo el mundo. Esta enfermedad genera IRA grave sin hipercapnia (es decir, IRA parcial) en casos críticos de la misma<sup>(54)</sup>. Las manifestaciones clínicas, según la gravedad se pueden clasificar en<sup>(55)</sup>:

Casos graves de la enfermedad:

- Disnea con frecuencia respiratoria mayor o igual a 30 respiraciones por minuto.
- SatO<sub>2</sub> menor o igual a 93%.
- PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> menor o igual a 300 mmHg.

Casos críticos de la enfermedad:

- Falla respiratoria que requiere ventilación mecánica (no invasiva o invasiva).
- Shock
- Disfunción o fallo multiorgánico

Se realizaron guías para el manejo ventilatorio de pacientes graves. Proponen ciertas indicaciones para la oxigenoterapia. En primer lugar, se establecieron criterios de SatO<sub>2</sub> mínima en adultos, es decir: si el paciente tiene una SatO<sub>2</sub> menor a 92% sugieren comenzar con tratamiento de oxígeno suplementario (evidencia de baja calidad) y, si presenta una SatO<sub>2</sub> menor a 90% recomiendan comenzar con tratamiento de oxígeno suplementario (evidencia de alta calidad). En segundo lugar, establecieron un límite de SatO<sub>2</sub> máxima, recomiendan mantener una SatO<sub>2</sub> menor o igual a 96%.<sup>(54), (56)</sup>

Entonces, se recomienda mantener una SatO<sub>2</sub> entre 92 y 96%, se determina este límite inferior para evitar fenómenos isquémicos y el límite superior para evitar toxicidad por oxígeno<sup>(54), (34)</sup>. Estos valores se pueden obtener directamente con el pulsioxímetro, el tratamiento en cuanto a los dispositivos de administración de oxígeno es el mismo que se utiliza en la IRA por otras causas, como se señala anteriormente.<sup>(54)</sup>

Es relevante remarcar que los dispositivos de oxigenoterapia pueden generar riesgos de diseminación y aerosolización de partículas infectando al personal de salud. En el caso de la cánula nasal, el riesgo de dispersión de partículas aumenta en relación al incremento del flujo de oxígeno administrado. Con respecto a la máscara Venturi, el riesgo de dispersión aumenta de acuerdo a niveles altos de FiO<sub>2</sub> y caudales de flujos

bajos. Por lo tanto, se recomienda la utilización de máscaras con reservorio sin rehalación (por sus válvulas laterales), ya que presentan menor riesgo de contaminación. Es relevante mencionar que se recomienda utilizar un barbijo quirúrgico sobre los dispositivos de oxigenoterapia utilizados en pacientes con COVID-19, para evitar la dispersión de las partículas.<sup>(57)</sup>

## Capítulo 5: “Situaciones crónicas”

Como se mencionó anteriormente en las situaciones agudas, la OCD se indica con el mismo propósito, aumentar la  $FiO_2$  y revertir la presencia de hipoxemia e hipercapnia si es que está presente.

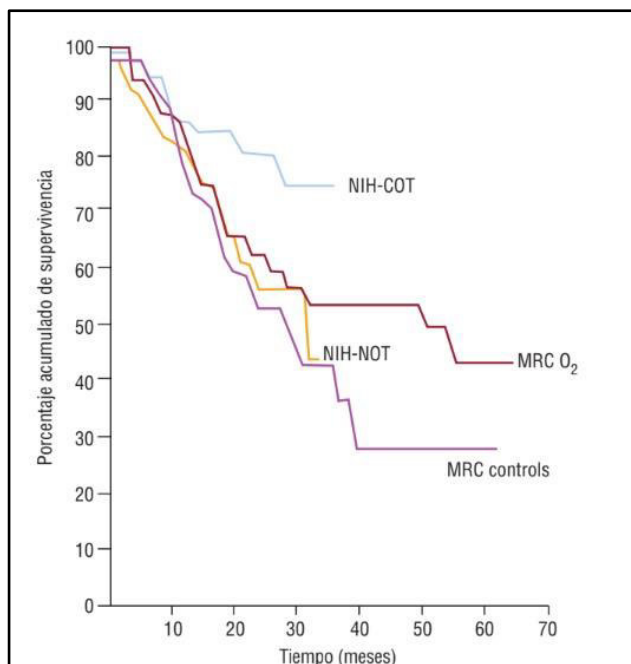
### 5.1. Efectos de la oxigenoterapia

A continuación se desarrollan los efectos de la oxigenoterapia en pacientes con hipoxemia basal, durante la actividad física y durante el sueño. Se tienen en cuenta distintos aspectos entre cada una de dichas situaciones, en cuanto al impacto del oxígeno suplementario en la calidad de vida de los pacientes.

#### 5.1.1. Pacientes con hipoxemia basal

##### Supervivencia

- Hipoxemia grave: La prescripción de OCD en pacientes con EPOC con hipoxemia grave, procede de dos ensayos clínicos publicados en la década de los ochenta: el estudio “*British Medical Research Council*” (MRC)<sup>(6)</sup> y el “*Nocturnal Oxygen Trial Therapy*” (NOTT)<sup>(7)</sup>. En el MRC se comparó la supervivencia de los pacientes que recibieron oxígeno durante 15 horas por día frente a un grupo control sin tratamiento, mientras que en el NOTT se comparó la supervivencia de los pacientes tratados con oxígeno nocturno (media de 12 horas por día) frente a oxígeno continuo (media de 18 horas por día). Si se analizan en conjunto ambos estudios, se observa que la supervivencia mejora significativamente en los pacientes que reciben oxígeno durante más horas al día, por lo cual el efecto es dosis-dependiente, se representa en la Ilustración 21.<sup>(1),(13)</sup>



NIH-COT: oxígeno continuo

NIH-NOT: oxígeno nocturno

MRC O<sub>2</sub>: oxígeno 15 h/día

MRC controls: sin oxígeno

**Ilustración 21. Resultados de supervivencia de los estudios NOTT y MRC.**

**Farrero Muñoz E, 2011.**

- Hipoxemia moderada: En relación a la prescripción de OCD en pacientes con EPOC con hipoxemia moderada, no se demostró ser efectiva en términos de supervivencia de los pacientes<sup>(2)</sup>. Se llega a esta conclusión por diferentes estudios<sup>(58), (59)</sup>, en los cuales a un grupo de pacientes se los subdividió en dos: a uno se le administró oxígeno suplementario y otro funcionó como grupo control (sin administración de oxígeno). En términos de mortalidad, fue similar en ambos grupos.<sup>(2)</sup>

**Hemodinámica pulmonar**

La administración de oxígeno genera, en los pacientes con EPOC, una disminución a corto plazo de la presión media de la arteria pulmonar. De manera que puede disminuir los síntomas de la hipertensión pulmonar y el trabajo cardíaco.<sup>(2)</sup>

### **5.1.2. Pacientes con hipoxemia durante la actividad física**

#### **Supervivencia**

No existe evidencia de que la oxigenoterapia tenga efecto sobre la supervivencia en pacientes con hipoxemia durante la actividad física.<sup>(2)</sup>

#### **Capacidad de esfuerzo**

El oxígeno suplementario mejora la capacidad de esfuerzo a corto plazo de pacientes con EPOC, fibrosis quística y enfermedades intersticiales que solo presentan hipoxemia durante ejercicio. Se debe a sus efectos sobre el patrón ventilatorio, ya que logra aumentar la tolerancia al esfuerzo de resistencia, reduce la frecuencia respiratoria y la hiperinsuflación durante el ejercicio.<sup>(2), (60)</sup>

Pocos estudios analizaron el efecto a largo plazo de la oxigenoterapia sobre la capacidad de esfuerzo en pacientes que desaturan durante el ejercicio. Se encontró que el oxígeno tenía un efecto agudo sobre la distancia recorrida en 6 minutos, pero no tuvo beneficio a largo plazo en la capacidad de esfuerzo, la disnea o la calidad de vida. Por lo tanto, hay poca información y contradictoria sobre los beneficios a largo plazo de la administración de oxígeno en la capacidad de esfuerzo.<sup>(2)</sup>

### **5.1.3. Pacientes con hipoxemia nocturna**

#### **Supervivencia**

En relación a la supervivencia, se demostró que en pacientes con hipoxemia leve o moderada durante el día ( $\text{PaO}_2$  entre 56 y 69 mmHg) y desaturación nocturna, no se observó mayor supervivencia con oxigenoterapia nocturna. Y, con respecto a la calidad del sueño, los estudios realizados son limitados y contradictorios, por lo que no se establece nada sólido.<sup>(2), (61)</sup>

## **5.2. Indicaciones y prescripción de la OCD**

A continuación se detallan algunas patologías crónicas, respiratorias o no, que pueden requerir de oxígeno suplementario de manera continua o intermitente:



### 5.2.1. Pacientes con EPOC

#### Oxigenoterapia continua en IRC

Existen dos criterios para la indicación de OCD en pacientes con EPOC:

El primero, incluye a pacientes que presentan una PaO<sub>2</sub> menor o igual a 55 mmHg durante un mínimo de 15 horas, estando en reposo, respirando AA y a nivel del mar. El segundo, incluye a pacientes que presentan una PaO<sub>2</sub> entre 55 y 59 mmHg, con una o más de las siguientes manifestaciones: insuficiencia cardíaca derecha, arritmias o alteraciones isquémicas, hipertensión pulmonar y poliglobulia (hematocrito igual o superior a 55%).<sup>(2), (13), (17)</sup>

La administración de oxígeno corrige la hipoxemia durante su aplicación, sin generar efecto residual. De esta manera, cuando no se administra el aporte de oxígeno reaparece la hipoxemia, por lo que para obtener un efecto sostenido es necesario prolongar el tiempo de administración, idealmente 24 horas al día<sup>(62)</sup>. En general, las guías recomiendan el uso del oxígeno más de 16 horas al día<sup>(2), (13), (17)</sup>. Con la utilización de los dispositivos portátiles de oxígeno, se puede proveer del mismo durante todo el día. Con el objetivo de prolongar su uso y eliminar las limitaciones a aquellos pacientes que desean desarrollar sus actividades fuera del domicilio.<sup>(13), (60)</sup>

- Ajuste del flujo de oxígeno: El flujo de oxígeno debería ajustarse cuando el paciente se encuentra en una situación clínica estable (tres meses sin agudización), abandono del tabaco, despierto, en reposo y recibiendo tratamiento farmacológico óptimo<sup>(2)</sup>. En el caso de una IRC global, se debe realizar una gasometría arterial duplicada (en un período de tres semanas), mientras que el paciente prueba la fuente que se indicará para su posterior uso en el domicilio. Se debe comprobar un aumento de la PaO<sub>2</sub>, evitando un aumento de la PaCO<sub>2</sub> y acidosis. Además, se ajusta el flujo de oxígeno óptimo verificando con un pulsioxímetro la SatO<sub>2</sub>, se debe garantizar que sea igual o mayor a 90%.<sup>(13), (63)</sup>

En los pacientes con IRC parcial podría realizarse el ajuste del oxígeno sólo con el pulsioxímetro sin necesidad de hacer una prueba de gases arteriales. Y repetir la

evaluación en 60 a 90 días para evaluar si continúa la indicación de oxigenoterapia y/o si resulta efectiva la prescripción.<sup>(64)</sup>

- Fuentes de suministro de oxígeno: depende de la movilidad del paciente.

En primer lugar, pacientes sin o escasa movilidad: se utilizan sistemas estáticos, principalmente el concentrador, este presenta una alargadera de hasta 15 metros lo cual facilita la movilidad dentro del domicilio. Es aconsejable facilitar una bombona portátil para los desplazamientos ocasionales fuera del domicilio, también se puede prescribir un concentrador con transfer a cilindro.<sup>(13), (65)</sup>

En segundo lugar, pacientes con movilidad y salidas cortas: se utilizan sistemas portátiles, ya sea un concentrador portátil o una mochila de oxígeno líquido. Por un lado, el concentrador portátil tiene una duración de 1 a 3 horas dependiendo del modelo, y se puede añadir un batería externa. Por otro lado, la mochila de oxígeno líquido tiene una duración de 2 a 6 horas, depende del flujo necesario durante el esfuerzo y si contiene un sistema de válvula a demanda.<sup>(13), (65)</sup>

Y, en tercer lugar; pacientes con mayor movilidad, estancia en centros de día, actividad laboral y más de una vivienda: se utilizan sistemas portátiles, puede ser un concentrador portátil o una mochila de oxígeno líquido. El concentrador portátil se puede conectar a la red eléctrica o al encendedor del vehículo, también se puede añadir una batería externa pero incrementará el peso del sistema.<sup>(13), (65)</sup>

Se debe destacar dos puntos indispensables acerca de las fuentes de entrega de oxígeno: Por un lado, el uso del concentrador portátil debe estar restringido a los pacientes que precisan flujos bajos de oxígeno (menos de 3 l/min o 6 pulsos/min), y se debe comprobar su eficacia con una prueba de esfuerzo (manteniendo una SatO<sub>2</sub> mayor o igual a 90%)<sup>(65)</sup>. Por otro lado, el sistema de válvula a demanda, tanto para concentrador portátil como oxígeno líquido, se debe comprobar su eficacia con una prueba de esfuerzo y no se debe prescribir en pacientes que son portadores de “Continuous Positive Airway Pressure” (CPAP) o ventilación mecánica.<sup>(13)</sup>

- Dispositivos de suministro de oxígeno: en el domicilio, se utilizan sistemas de bajo flujo, salvo las máscaras con reservorios en pacientes con hipercapnia. El sistema más conocido para utilizar en el domicilio es la cánula nasal con reservorio de bajo flujo.<sup>(13)</sup>

## **Oxigenoterapia intermitente en IRC**

### **Desaturación durante el esfuerzo**

En general se considera desaturación ante el ejercicio, a la presencia de una SatO<sub>2</sub> media menor o igual a 86% durante una prueba de esfuerzo, como la prueba de marcha de 6 minutos u otras (“shuttle test” o prueba ergométrica submáxima, son pruebas de caminata de carga progresiva). La corrección de la desaturación al esfuerzo mostró efectos beneficiosos a corto plazo, tales como: mejora el aporte periférico de oxígeno, reduce la demanda ventilatoria, atenúa la hiperinsuflación dinámica y mejora la función cardíaca derecha. Estos beneficios generan un incremento en la tolerancia al ejercicio y una disminución de la disnea<sup>(13)</sup>. La oxigenoterapia debe indicarse en pacientes que desaturen ante el esfuerzo, verificado por una evaluación formal y que manifiesten mejoría con la administración de oxígeno suplementario.<sup>(17)</sup>

- Ajuste del flujo de oxígeno: Se recomienda ajustar el flujo de oxígeno durante la misma prueba de esfuerzo realizada para detectar la desaturación (prueba de marcha de 6 minutos, Shuttle test o ergometría submáxima) hasta alcanzar una SatO<sub>2</sub> media mayor o igual a 90%. Es por esto, que se deben hacer varias pruebas ajustando el flujo de oxígeno hasta alcanzar el valor óptimo de la SatO<sub>2</sub>, con descansos entre las mismas. Las fuentes que se suelen usar en estos casos son concentradores portátiles o mochilas de oxígeno líquido, se considera la utilización de válvulas a demanda según la capacidad del paciente.<sup>(2),(60)</sup>

### **Desaturación nocturna**

Existen dos definiciones de desaturación nocturna: En primer lugar, la de Fletcher, se define como la presencia de un episodio de desaturación de al menos cinco minutos

de duración con una SatO<sub>2</sub> menor o igual a 85%, como mínimo una vez durante la noche, preferentemente en el sueño REM. Y en segundo lugar, la definición de Levi-Valensi (más utilizada), donde se considera desaturación nocturna a la presencia de una SatO<sub>2</sub> media menor a 90% durante un porcentaje de tiempo mayor al 30% del registro<sup>(2), (13)</sup>. Para la indicación de oxigenoterapia nocturna se debe cumplir con la definición anterior.

Se comprobó que los pacientes con EPOC e hipoxemia moderada en vigilia y desaturación nocturna, presentan menor supervivencia a los 3 años<sup>(66)</sup>. Existen pocos estudios que analicen los beneficios de la oxigenoterapia nocturna en estos pacientes. No obstante, recomiendan el uso de oxígeno durante el sueño en pacientes con EPOC y desaturación nocturna que presenten poliglobulia, alteraciones del ritmo cardíaco o signos de insuficiencia cardíaca derecha<sup>(13)</sup>. Se debe considerar otros dispositivos, como los de ventilación mecánica no invasiva, ya que pueden sustituir o complementar la oxigenoterapia nocturna.<sup>(2), (62)</sup>

- Ajuste del flujo de oxígeno: Existen varios métodos para ajustar el flujo de oxígeno durante el sueño:

En primer lugar, mantener el mismo flujo de reposo. No obstante, diversos estudios muestran que con el flujo de oxígeno ajustado durante el día, no se genera una corrección de la SatO<sub>2</sub> durante el sueño en un importante número de pacientes.<sup>(2), (13)</sup>

En segundo lugar, incrementar el flujo de oxígeno en reposo en 1 o 2 l/min, para evitar la caída de la SatO<sub>2</sub> nocturna. Sin embargo, la administración de oxígeno puede potencialmente generar hipercapnia o incrementar la existente.<sup>(2), (13), (60)</sup>

Y, en tercer lugar, ajustar el flujo de oxígeno según una monitorización continua de la SatO<sub>2</sub> durante el sueño, manteniéndola igual o mayor a 90%. En el caso de que el paciente tenga hipercapnia, sería importante realizar unos gases matinales para confirmar que el flujo prescrito no eleva la PaCO<sub>2</sub>.<sup>(2), (13)</sup>

## **Desaturación durante viajes en avión**

Con respecto a la indicación de oxigenoterapia ambulatoria durante viajes de avión, se prescribe a aquellos pacientes que presenten una  $\text{SatO}_2$  entre 92 y 95% a nivel de mar sumado a un factor de riesgo, se debería hacer un test de simulación de hipoxemia<sup>(62)</sup>. En los viajes en avión, el concentrador es el único sistema aceptado, ya que los asientos adaptados tienen una toma de corriente para cargar la batería. En viajes largos en barco, se puede utilizar el concentrador portátil o el oxígeno líquido. En ambos casos es importante informarse con la agencia de viajes de las posibilidades y la aceptación de la fuente.<sup>(12), (65)</sup>

## **5.2.2. Pacientes con enfermedades respiratorias distintas de la EPOC**

### **Enfermedad pulmonar intersticial difusa**

No existen estudios concluyentes sobre el beneficio de la OCD en esta enfermedad. Sin embargo, parece que el oxígeno tanto en reposo como durante el esfuerzo podría reducir la hipertensión pulmonar, mejorar la disnea, la tolerancia al esfuerzo y la calidad de vida. En general, se recomienda administrar la OCD ante una  $\text{PaO}_2$  menor a 60 mmHg en reposo o desaturación durante el ejercicio.<sup>(2), (13)</sup>

### **Fibrosis quística**

La oxigenoterapia no muestra efecto sobre la supervivencia de estos pacientes. Sin embargo, la administración de oxígeno durante el ejercicio parece mejorar el trabajo ventilatorio y cardiovascular. Es así que permite aumentar la duración y capacidad de ejercicio. Según las pautas de indicación de oxigenoterapia en estos casos, se recomienda ante la existencia de una  $\text{PaO}_2$  basal de 55 mmHg. Además, ante la presencia de una  $\text{PaO}_2$  menor a 60 mmHg en presencia de edema periférico, policitemia (hematocrito mayor o igual a 55%) o evidencia de hipertensión pulmonar<sup>(60)</sup>. Se debe tener en cuenta los requerimientos de flujo de oxígeno para cada paciente.<sup>(2), (13)</sup>

## **Hipertensión pulmonar**

No hay datos suficientes para establecer la indicación de OCD en pacientes con hipertensión pulmonar. Los resultados son muy controvertidos, algunos estudios han demostrado reducción de la misma o mejoría de la supervivencia con la prescripción de OCD de bajo flujo, pero otros no aportan ningún beneficio. En general en estos pacientes, se indica la OCD cuando la PaO<sub>2</sub> es menor a 60 mmHg, y se ajusta el flujo tratando de mantener una SatO<sub>2</sub> mayor a 90%. Además, se debe considerar la oxigenoterapia durante el ejercicio cuando se evidencia una mejoría de los síntomas (disnea) y/o una corrección de la desaturación en ejercicio.<sup>(2), (13)</sup>

### **5.2.3. Pacientes con enfermedades no respiratorias**

#### **Cefalea en racimos**

Es un tipo de dolor de cabeza considerado como uno de los dolores más insoportables que puede experimentar un ser humano<sup>(2)</sup>. En este cuadro no hay presencia de hipoxemia. Algunos estudios demostraron que la administración de oxígeno con una FiO<sub>2</sub> al 100% durante 15 minutos al inicio del dolor es un tratamiento seguro y efectivo para resolver las crisis. Las guías de actuación terapéutica contemplan la administración de oxígeno como una buena alternativa al tratamiento farmacológico o como complemento del mismo.<sup>(13)</sup>

#### **Tratamiento paliativo para la disnea**

Se realizaron varios estudios a lo largo del tiempo en relación a la oxigenoterapia paliativa, se puede concluir que la administración de oxígeno es menos eficaz en el tratamiento de la disnea secundaria a cáncer u otras enfermedades que se manifiestan con disnea, en comparación con estudios realizados con opiáceos.<sup>(2), (9), (13)</sup>

Asimismo, existen varias patologías no respiratorias en las que se utiliza oxígeno suplementario como medida de tratamiento, tales como: insuficiencia cardíaca congestiva, síndrome hepatopulmonar, entre otras.

En definitiva, por lo que se refiere a la prescripción de OCD en patologías crónicas, las pautas de tratamiento que se utilizan en la actualidad provienen de diversa bibliografía, como guías, libros y consensos nacionales e internacionales. Las mismas se fundamentan por ensayos clínicos realizados hace muchos años, en los que se obtuvieron resultados que se siguen aplicando en la actualidad. Un punto de relevante importancia en la OCD, fue el descubrimiento de que el uso de oxigenoterapia en pacientes con hipoxemia basal crónica mejoró la supervivencia. Sin embargo, no se realizaron investigaciones sustanciales en los últimos años que brinden evidencia sólida acerca del manejo de la OCD en situaciones más específicas, en la actualidad es imposible replicar un estudio de la magnitud del MRC y el NOTT. En materia de investigación, es difícil llevar a cabo este tipo de estudios por considerarse antiético. Por ende, no se incluyeron artículos con un diseño analítico acerca de la administración de oxigenoterapia en IRC, en la sección de contexto de análisis de la presente tesina.

#### IV. Estrategia metodológica

Para cumplir con los objetivos propuestos se realizó una investigación de tipo revisión bibliográfica, se hizo una recopilación de artículos con un período de publicación de no más de diez años de antigüedad. Se llevó a cabo mediante un análisis de la literatura disponible en bases de datos, tales como: PubMed, Biblioteca Virtual en Salud y, Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del MinCyT.

A continuación, en la Tabla 9, se detalla las palabras clave que se utilizaron en la investigación:

**Tabla 9. Palabras clave**

|           | <b>Término</b>             | <b>MeSH</b>                        | <b>DeCS</b>                       |
|-----------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>#1</b> | Oxigenoterapia             | “Oxygen Inhalation Therapy” [MeSH] | Terapia por inhalación de oxígeno |
| <b>#2</b> | Adulto                     | “Adult” [MeSH]                     | Adulto                            |
| <b>#3</b> | Casos agudos               | “Acute Disease” [MeSH]             | Enfermedad aguda                  |
| <b>#4</b> | Casos crónicos             | “Chronic Disease” [MeSH]           | Enfermedad crónica                |
| <b>#5</b> | Hiperoxia                  | “Hyperoxia” [MeSH]                 | Hiperoxia                         |
| <b>#6</b> | Insuficiencia respiratoria | “Respiratory Insufficiency” [MeSH] | Insuficiencia respiratoria        |
| <b>#7</b> | Enfermedad crítica         | “Critical illness” [MeSH]          | Enfermedad crítica                |
| <b>#8</b> | Mortalidad                 | “Mortality” [MeSH]                 | Mortalidad                        |



En la Tabla 10 figura la estrategia de búsqueda, en donde muestra como se combinaron los términos anteriores para reproducir la investigación.

**Tabla 10. Estrategia de búsqueda**

| <b>Combinaciones</b> |
|----------------------|
| #1 AND #2 (#3 OR #4) |
| #5 AND #8            |
| #1 AND #2 AND #6     |
| #1 AND #7            |

Los criterios de inclusión utilizados en esta investigación consisten en:

- Estudios que incluyan una población mayor de 18 años.
- Artículos con un período de publicación comprendido entre los años 2011 y 2020.
- Ensayos clínicos aleatorizados y estudios de cohortes.
- Artículos que incluyan a la oxigenoterapia como medida de tratamiento ante una insuficiencia respiratoria.

Los criterios de exclusión tomados en consideración son:

- Revisiones sistemáticas y/o metaanálisis.
- Artículos que utilicen otra medida de tratamiento que no sea la oxigenoterapia.
- Estudios realizados en animales y en personas menores de 18 años.

## V. Contexto de análisis

Luego de presentar las bases teóricas de la oxigenoterapia en situaciones agudas y crónicas, se procede a la selección y relación de artículos académicos. Por consiguiente se realiza un análisis de los estudios para evidenciar lo que propone la bibliografía actualizada acerca de estos conceptos. En dicha selección de artículos, se consideraron estudios de cohortes y ensayos clínicos aleatorizados, es decir, que la información recopilada se clasifica con un alto grado de comprobación científica. En la pirámide de la siguiente ilustración se indican los distintos grados de comprobación (Ilustración 22).<sup>(67)</sup>

**Ilustración 22. Grados de comprobación. EUPATI.**



A continuación se desarrollan once artículos pertinentes a este trabajo de investigación que cumplieron con los criterios de inclusión. Los mismos se disponen según su año de publicación. Se tienen en cuenta todas las medidas utilizadas de evaluación y resultados, pero se hace hincapié en el desarrollo de aquellas relacionadas con los criterios de oxigenación en pacientes adultos con insuficiencia

respiratoria, debido a que el objetivo de este trabajo de investigación se focaliza en esa variable.

**1. “Asociación entre hiperoxia y mortalidad después de un accidente cerebrovascular: un estudio de cohorte multicéntrico.” (*“Association between hyperoxia and mortality after stroke: a multicenter cohort study.”*)<sup>(5)</sup>**

Autores: Rincon F, Kang J, Maltenfort M, Vibbert M, Urtecho J, Arthar MK, Jallo J, Pineda CC, Tzeng D, McBride W, Bell R. Crit Care Med. 2014; 42(2):387-96.

Es un estudio de cohorte multicéntrico retrospectivo, tiene por objetivo probar la hipótesis de que la hiperoxia se asocia con mayor mortalidad hospitalaria en pacientes con ACV ingresados en la unidad de cuidados intensivos. Para este análisis, se seleccionaron pacientes ventilados con un diagnóstico primario de ACV isquémico agudo, hemorragia subaracnoidea aneurismática y hemorragia intracerebral en mayores de 18 años. Se realizó en Estados Unidos, en el período desde el año 2003 a 2008.

Se analizó un total de 2894 pacientes. Los cuales se dividieron en tres grupos: el grupo de hiperoxia, se definió con una PaO<sub>2</sub> mayor o igual a 300 mmHg; el grupo de hipoxemia, se estableció con una PaO<sub>2</sub> menor de 60 mmHg o relación entre PaO<sub>2</sub> y FiO<sub>2</sub> menor o igual a 300; y el grupo de normoxia, clasificado con una PaO<sub>2</sub> mayor a 60 mmHg y menor a 300 mmHg. En la unidad de cuidados intensivos se presentaron 450 pacientes hiperóxicos, 1804 normóxicos y 1316 hipoxémicos.

Durante un período de cinco años, se identificaron 554 pacientes ventilados con diagnóstico de ACV isquémico agudo (19%), 936 pacientes con hemorragia subaracnoidea (32%) y 1404 pacientes con hemorragia intracerebral (49%).

La medida de resultado primaria fue la mortalidad hospitalaria, de manera que fue mayor en el grupo de hiperoxia seguido por el grupo de hipoxemia y el grupo de normoxia.

Este estudio tiene como conclusión que la hiperoxia arterial se asoció independientemente con mayor mortalidad en el hospital, en comparación con la normoxia o la hipoxemia en los pacientes con AVC ingresados en la unidad de cuidados intensivos.

**2. “Aire versus oxígeno en el infarto de miocardio con elevación del segmento ST.” (*“Air Versus Oxygen in ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction.”*)<sup>(37)</sup>**

Autores: Stub D, Smith K, Bernard S, Nehme Z, Stephenson M, Bray JE, Cameron P, Barger B, Ellims AH, Taylor AJ, Meredith IT, Kaye, DM.  
Circulation. 2015; 131(24):2143-50.

Este estudio es un ensayo clínico aleatorizado y controlado, multicéntrico y prospectivo. Se desarrolló en Australia, en un período de tiempo desde Octubre de 2011 hasta Julio de 2014. Comparó dos tratamientos, con oxígeno suplementario (8 l/min) y con aire ambiental en pacientes con infarto agudo de miocardio (IAM) con elevación del segmento ST sin hipoxemia.

Se tuvieron en cuenta un total de 638 pacientes. El pico medio de troponina fue similar en ambos grupos. Hubo un aumento significativo en el pico medio de creatina quinasa en el grupo de oxígeno en comparación con el grupo sin oxígeno. Se registró un aumento en la tasa de infarto de miocardio recurrente en el grupo de oxígeno en comparación con el grupo sin oxígeno y un aumento en la frecuencia de arritmia cardíaca. A los seis meses, el grupo de oxígeno tuvo un aumento en el tamaño del infarto de miocardio en la resonancia magnética cardíaca y un aumento en la frecuencia de arritmia cardíaca.

Este estudio llegó a la conclusión de que la oxigenoterapia suplementaria en pacientes con infarto de miocardio con elevación del segmento ST sin hipoxemia, puede aumentar la lesión miocárdica temprana, además se asoció con un mayor tamaño del infarto de miocardio evaluado a los seis meses.

**3. “Efecto de la oxigenoterapia conservadora versus convencional sobre la mortalidad entre pacientes en una unidad de cuidados intensivos: el ensayo clínico aleatorizado de oxígeno-UCI.” (*“Effect of Conservative vs Conventional***

***Oxygen Therapy on Mortality Among Patients in an Intensive Care Unit: The Oxygen-ICU Randomized Clinical Trial.*** <sup>(47)</sup>

Autores: Girardis M, Busani S, Damiani E, Donati A, Rinaldi L, Marudi A, Morelli A, Antonelli M, Singer M. JAMA. 2016; 316(15):1583-1589.

Este ensayo clínico aleatorizado tuvo como objetivo determinar si la aplicación de un protocolo conservador estricto en cuanto a la administración de oxígeno, utilizando una PaO<sub>2</sub> dentro de límites fisiológicos podría mejorar los resultados en pacientes críticos en la unidad de cuidados intensivos.

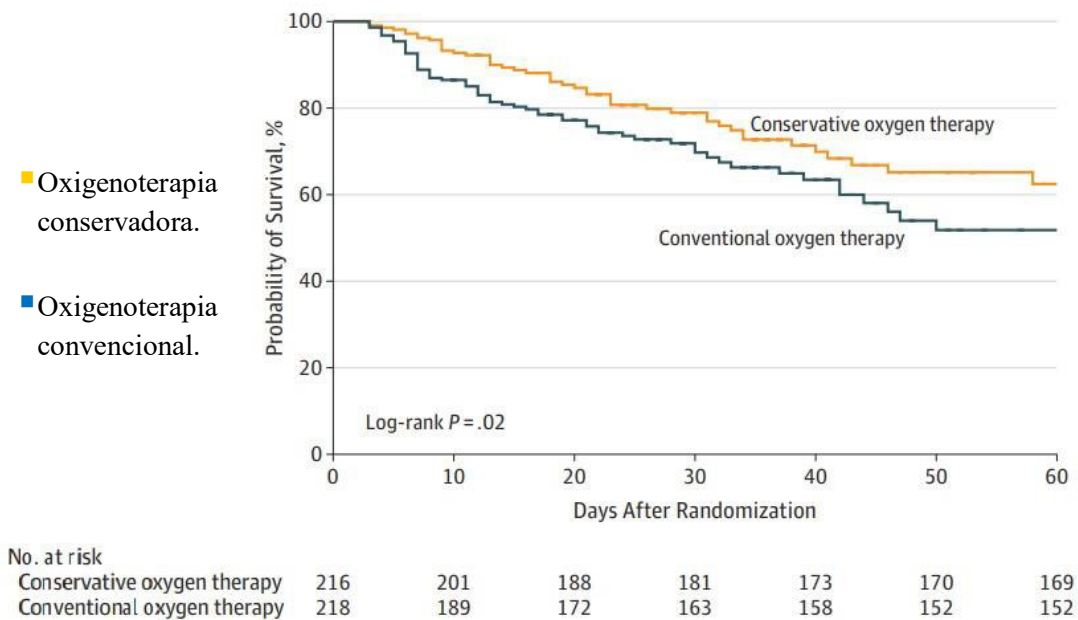
El estudio se realizó en una unidad de cuidados intensivos, en Italia. Los criterios de inclusión fueron pacientes admitidos en la misma durante el período desde el 1 de Marzo del 2010 hasta el 30 de Octubre del 2012, mayores de 18 años de edad y con una duración de estadía esperada de 72 horas o más.

El número de muestra fue 660 pacientes. De los cuales se los dividió en dos grupos: por un lado, el grupo conservador que se tomó como parámetro mantener una SatO<sub>2</sub> entre 94 y 98% con una PaO<sub>2</sub> entre 70 y 100 mmHg y, por otro lado, un grupo convencional (grupo control) en donde se sostuvo una SatO<sub>2</sub> entre 97 y 100% con una PaO<sub>2</sub> hasta 150 mmHg recibiendo una FiO<sub>2</sub> de al menos 40%.

Las medidas de resultado relacionadas con los diferentes enfoques de tratamiento fueron:

- En la población del grupo conservador murieron 25 pacientes durante su estadía en la unidad de cuidados intensivos, en comparación con 44 que murieron en el grupo convencional.
- No se observaron diferencias significativas entre los dos grupos de estudio con respecto a la aparición de una nueva insuficiencia respiratoria o renal, aunque el número de pacientes con un nuevo episodio de shock e insuficiencia hepática fue menor en el grupo conservador.
- La estrategia conservadora de oxígeno redujo el riesgo de mortalidad en pacientes con insuficiencia respiratoria.

La Ilustración 23 muestra la diferencia en términos de probabilidad de supervivencia en pacientes que recibieron un protocolo de tratamiento conservador frente a un tratamiento convencional. El grupo conservador demostró mayor supervivencia (línea amarilla) en comparación con el grupo convencional (línea azul).



**Ilustración 23. Probabilidad de supervivencia para pacientes con una estrategia de oxigenación conservadora y convencional. Girardis et al, 2016.**

Se concluye en que un protocolo conservador mostró menor mortalidad en comparación con el tratamiento convencional. Sin embargo, estos hallazgos preliminares se basaron en la terminación temprana no planificada del ensayo, propone que se necesita un ensayo multicéntrico más grande para evaluar el beneficio potencial de este enfoque.

4. “Efecto de oxígeno suplementario de rutina de baja dosis en la muerte y la discapacidad en adultos con accidente cerebrovascular agudo: el estudio clínico aleatorizado de oxígeno en el accidente cerebrovascular.” (*Effect of Routine Low-Dose Oxygen Supplementation on Death and Disability in Adults With Acute Stroke: The Stroke Oxygen Study Randomized Clinical Trial.*)<sup>(43)</sup>

Autores: Roffe C, Nevatte T, Sim J, Bishop J, Ives N, Ferdinand P, Gray R. JAMA. 2017; 318(12):1125-1135.

En este ensayo clínico aleatorizado se incluyó a 8003 pacientes con ACV agudo y su ingreso a los centros de atención fue dentro de las 24 horas posteriores a la lesión. Se realizó en el Reino Unido en 136 centros de atención, durante el período desde Abril de 2008 hasta Enero de 2015.

El número de muestra fue un total de 8003 pacientes. Los participantes fueron asignados al azar a la administración de oxígeno continuo durante 72 horas (2668 pacientes), oxígeno nocturno durante 10 horas por 6 noches (2667 pacientes), y un grupo control (2668 pacientes). El oxígeno se administró a través de cánulas nasales a 3 l/min si la SatO<sub>2</sub> basal fue menor o igual 93% y, a 2 l/min si la SatO<sub>2</sub> fue superior al 93%.

Este estudio concluyó que el uso profiláctico de oxígeno suplementario en dosis bajas no redujo la muerte o la discapacidad a los tres meses en los pacientes sin hipoxemia con ACV agudo. Estos hallazgos no admiten dosis bajas de oxígeno en este entorno.

##### **5. “Oxigenoterapia en sospecha de infarto agudo de miocardio.” (“*Oxygen Therapy in Suspected Acute Myocardial Infarction.*”)<sup>(38)</sup>**

Autores: Hofmann R, James SK, Jernberg T, Lindahl B, Erlinge D, Witt N, Arefalk G, Frick M, Alfredsson J, Nilsson L, Ravn-Fischer A, Omerovic E, Kellerth T, Sparv D, Ekelund U, Linder R, Ekström M, Lauer mann J, Haaga U, Pernow J, Östlund O, Herlitz J, Svensson L. New England Journal of Medicine. 2017; 377(13):1240-1249.

Este ensayo clínico aleatorizado se realizó en Suecia. Tuvo por objetivo evaluar el efecto de la oxigenoterapia en la mortalidad de pacientes con sospecha de infarto de miocardio que no presentaban hipoxemia al inicio del estudio.

Se analizó un total de 6629 pacientes con sospecha de infarto de miocardio con una SatO<sub>2</sub> mayor a igual a 90%, fueron asignados aleatoriamente para recibir oxígeno

suplementario (6 l/min) durante 6 a 12 horas, administrado a través de una máscara facial simple. Y otro grupo que no recibió oxígeno suplementario.

La mediana de la duración de la oxigenoterapia fue de 11,6 horas, la mediana de SatO<sub>2</sub> al final del período de tratamiento con oxígeno fue del 99% y el 97% entre los pacientes asignados al aire ambiente (sin oxígeno suplementario). La hipoxemia se desarrolló en 62 pacientes (1,9%) en el grupo de oxígeno, en comparación con 254 pacientes (7,7%) en el grupo de aire ambiente. Los resultados fueron consistentes en todos los subgrupos predefinidos.

Este estudio concluyó que el uso rutinario de oxígeno suplementario en pacientes con sospecha de infarto de miocardio sin hipoxemia, no reduce la mortalidad.

**6. “La hiperoxia en el departamento de emergencias se asocia con una mayor mortalidad en pacientes con ventilación mecánica: un estudio de cohorte.”**  
*(“Emergency department hyperoxia is associated with increased mortality in mechanically ventilated patients: a cohort study.”)* <sup>(33)</sup>

Autores: Page D, Ablordeppey E, Wessman BT, Mohr NM, Trzeciak S, Kollef MH, Roberts BW, Fuller BM. Critical Care. 2018; 22(1):9.

Este es un estudio observacional de cohorte realizado en el servicio de urgencias y la unidad de cuidados intensivos de una institución de salud en los Estados Unidos, desde Septiembre de 2009 hasta Marzo de 2016. Tuvo por objetivo evaluar el impacto de la exposición temprana a la hiperoxia y posterior normoxia en pacientes sometidos a oxigenoterapia.

La cohorte se clasificó en tres grupos de exposición de oxígeno en función de los valores de PaO<sub>2</sub> obtenidos después de la intubación: grupo de hipoxemia (PaO<sub>2</sub> menor a 60 mmHg), grupo de normoxia (PaO<sub>2</sub> entre 60 y 120 mmHg) y el grupo de hiperoxia (PaO<sub>2</sub> mayor a 120 mmHg). Se incluyeron un total de 668 pacientes, mayores de 18 años de edad. La normoxia ocurrió en 350 pacientes (50,9%), 300 (43,6%) estuvieron expuestos a la hiperoxia y 38 (13,2) con hipoxemia. Los pacientes con hiperoxia en el departamento de emergencia tuvieron mayor mortalidad en comparación con los que tuvieron normoxia e hipoxia.



Se concluye en que la exposición a la hiperoxia en el departamento de urgencias es común y se asocia con una mayor mortalidad, incluso si logran normoxia después del ingreso. Esto sugiere que la hiperoxia en el período inmediato posterior a la intubación podría ser particularmente perjudicial, y atacar la normoxia desde el inicio puede mejorar el resultado.

**7. “Impacto de la hiperoxia en pacientes hospitalizados en una unidad de cuidados intensivos por insuficiencia cardíaca aguda.” (*“Impact of hyperoxia on patients hospitalized in an intensive care unit for acute heart failure.”*)<sup>(52)</sup>**

Autores: Nael J, Ruggiu M, Bailleul C, Ortuno S, Diehl JL, Vimpère D, Augy JL, Guerot E, Danchin N, Puymirat E, Aissaoui N. Archives of Cardiovascular Diseases. 2019; 112(12):748-753.

Este es un estudio de cohorte observacional retrospectivo, realizado en Francia durante un período de dos años. El objetivo primario fue evaluar las causas de mortalidad a los 30 días del ingreso de pacientes con edema agudo de pulmón secundario a insuficiencia cardíaca aguda. Se evaluaron pacientes adultos ingresados en la unidad de cuidados intensivos entre en Enero de 2015 y Diciembre de 2016, con motivo de ingreso de insuficiencia cardíaca aguda con congestión pulmonar.

Se evaluaron un total de 75 pacientes, la edad media fue 76 años. Los cuales se dividieron en dos grupos: por un lado, el grupo de hiperoxia quienes presentaban una PaO<sub>2</sub> mayor a 100 mmHg durante las primeras 24 horas y; por otro lado, el grupo control incluidos los pacientes con una PaO<sub>2</sub> menor o igual a 100 mmHg.

A los 30 días, la tasa de mortalidad no difirió entre los dos grupos, 6 pacientes murieron en el grupo de hiperoxia en comparación con 6 en el grupo control. La tasa de reingresos hospitalarios de 30 días no tuvo una gran diferencia entre los grupos. El tiempo en la unidad de cuidados intensivos, la duración de la estancia hospitalaria y las tasas de infección no fueron significativamente diferentes entre los dos grupos. La incidencia de eventos hipóxicos fue mayor en el grupo control en comparación con el grupo de hiperoxia.

Se concluye en que este estudio preliminar que evaluó a los pacientes remitidos a una unidad de cuidados intensivos por edema agudo de pulmón, no tuvo una diferencia importante en los resultados entre pacientes con protocolo de tratamiento de hiperoxia y sin hiperoxia.

**8. “Asociación de niveles de oxigenación temprana con mortalidad en el accidente cerebrovascular isquémico agudo: un estudio de cohorte retrospectivo.” (*“Association of Early Oxygenation Levels with Mortality in Acute Ischemic Stroke - A Retrospective Cohort Study.”*)<sup>(36)</sup>**

Autores: Akca O, Nichols J, Stewart B, Elliott C, Rimmel K, Lenhardt R. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2019; 29(2):104556.

Este es un estudio de cohorte retrospectivo que tuvo por objetivo evaluar los efectos de los niveles de oxigenación temprana con la mortalidad de los pacientes con ACV isquémico agudo. Especialmente, probaron la hipótesis de que los niveles más altos de oxigenación dentro de las primeras seis horas de ingreso, se asocian con una menor mortalidad hospitalaria. Se realizó entre los años 2013 y 2018.

Se consideraron un total de 1479 pacientes. Se evaluó la relación entre el estado de oxigenación de las primeras seis horas y la mortalidad interna. La relación  $\text{SatO}_2/\text{FiO}_2$  se utilizó como parámetro de resultado de oxigenación. Se excluyeron los pacientes intubados al ingreso. La edad media de los pacientes fue de 64 con una desviación estándar de 15 años. La  $\text{SatO}_2$  basal en promedio fue del 97%, y el 47% de los pacientes requirió tratamiento de oxígeno suplementario según las pautas de la AHA/ASA (Asociación Estadounidense del Corazón / Asociación Estadounidense de Accidentes Cerebrovasculares), la cual recomienda sostener una  $\text{SatO}_2$  superior a 94%. El oxígeno suplementario fue administrado mediante cánulas nasales con flujos de 2 a 4 l/min, en los casos en que aumentaron los requerimientos de oxígeno se optó con máscaras simples o con reservorio. En el hospital, la tasa de mortalidad de esta cohorte fue del 5,7%. Los niveles medios más bajos de  $\text{SatO}_2/\text{FiO}_2$  se correlacionaron con el aumento de las tasas de mortalidad.

Este estudio concluyó que la oxigenación basal varía dentro de la población de pacientes con accidente cerebrovascular isquémico agudo. Se encontró una fuerte asociación entre los niveles bajos de  $\text{SatO}_2/\text{FiO}_2$  en las primeras horas de la admisión y la mortalidad. Por ende, la hipótesis fue confirmada.

**9. “Terapia de oxígeno conservadora durante la ventilación mecánica en la UCI.” (*“Conservative Oxygen Therapy during Mechanical Ventilation in the ICU.”*)<sup>(48)</sup>**

Autores: Mackle D, Bellomo R, Bailey M, Beasley R, Deane A, Eastwood G, Finfer S, Freebairn R, King V, Linke N, Litton E, McArthur C, McGuinness S, Panwar R, Young P. *New England Journal of Medicine*. 2020; 382(11):989-998.

Este es un ensayo clínico aleatorizado, realizado en Australia. Se incluyó a pacientes críticos mayores de 18 años.

En el mismo se administró oxigenoterapia a un total de 1000 pacientes de forma conservadora y convencional. En el grupo conservador de oxígeno, el límite superior de  $\text{SatO}_2$  fue del 97%, y la  $\text{FiO}_2$  se redujo a 21% si la  $\text{SatO}_2$  estaba por encima del límite superior aceptable. En el grupo de oxígeno convencional, no hubo medidas específicas que limiten la  $\text{FiO}_2$  o la  $\text{SatO}_2$ . En ambos grupos el límite inferior de  $\text{SatO}_2$  fue de 90%, medido por pulsioximetría. El grupo de oxígeno conservador pasó menos tiempo con un  $\text{SatO}_2$  superior a 96%. A los 180 días, la mortalidad fue del 35,7% en el grupo de oxígeno conservador y del 34,5% en el grupo de oxígeno habitual.

Este estudio concluyó que los pacientes adultos sometidos oxigenoterapia conservadora, en comparación con la oxigenoterapia habitual, no hubo diferencias significativas en términos de mortalidad y en el número de días sin ventilador.

**10. “Oxigenoterapia liberal o conservadora para el síndrome de dificultad respiratoria aguda.” (*“Liberal or Conservative Oxygen Therapy for Acute Respiratory Distress Syndrome.”*)<sup>(49)</sup>**

Autores: Barrot L, Asfar P, Mauny F, Winiszewski H, Montini F, Badie J, Quenot JP, Pili-Floury S, Bouhemad B, Louis G, Souweine B, Collange O, Pottecher J, Levy B, Puyraveau M, Vettoretti L, Constantin JM, Capellier G. *New England Journal of Medicine*. 2020; 382(11):999-1008.

Este estudio aleatorizado se realizó en Francia desde Junio de 2016 hasta Septiembre de 2018. Tiene por objetivo determinar si la oxigenación conservadora en comparación con la estrategia habitual de administración de oxígeno, reduciría la mortalidad en 28 días en los pacientes que recibieron estas terapias en el transcurso del síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA).

Se analizan 205 pacientes con SDRA. Se aplicó un tratamiento conservador a 103 pacientes manteniendo una SatO<sub>2</sub> entre 88 y 92%, frente a un grupo de tratamiento liberal (grupo control) compuesto por 102 pacientes con una SatO<sub>2</sub> mayor o igual a 96%.

Tuvo que ser suspendido tempranamente por posible daño. En términos de mortalidad, a los 28 días de tratamiento en el protocolo conservador murieron 34 pacientes y en el liberal 27 pacientes. A los 90 días de tratamiento, la mortalidad en la rama conservadora fue del 44% y en la rama liberal fue del 30%.

**11. “Hiperoxemia y uso excesivo temprano de oxígeno en el síndrome de dificultad respiratoria aguda: ideas del estudio LUNG SAFE.” (*“Hyperoxemia and excess oxygen use in early acute respiratory distress syndrome: insights from the LUNG SAFE study.”*)<sup>(32)</sup>**

Autores: Madotto F, Rezoagli E, Pham T, Schmidt M, McNicholas B, Protti A, Panwar R, Bellani G, Fan E, van Haren F, Brochard L, Laffey JG. *Critical Care*. 2020; 24(1):125.

Este estudio de cohorte prospectivo es secundario al análisis de estudio “*LUNG SAFE*”. El objetivo principal fue determinar la prevalencia y los resultados asociados con la hiperoxia en el día 1, la hiperoxia sostenida y el uso excesivo de oxígeno en pacientes con SDRA precoz. Los pacientes que cumplieron los criterios de SDRA

con hipoxemia demostrada, en el día 1 y 2 de estadía en el hospital se los asignó al grupo de hiperoxia ( $\text{PaO}_2$  mayor a 100 mmHg). La hiperoxia se sostuvo durante el día 1 y 2, con un uso excesivo de oxígeno suplementario ( $\text{FiO}_2$  mayor o igual a 60%).

Se analizó un total de 2005 pacientes, 131 (6.5%) eran hipoxémicos ( $\text{PaO}_2$  menor a 55 mmHg), 607 (30%) tenían hiperoxia el día 1 y 250 (12%) tenían hiperoxia sostenida.

El uso excesivo de  $\text{FiO}_2$  se produjo en 400 (66%) de 607 pacientes con hiperoxia. La misma se redujo el día 2, la mayoría de los pacientes en el día 2 recibieron una  $\text{FiO}_2$  relativamente baja. No se encontró una relación independiente entre la hiperoxia del día 1, la hiperoxia sostenida o el uso excesivo de  $\text{FiO}_2$  y los resultados clínicos adversos. La mortalidad fue del 42% en pacientes con un uso excesivo de  $\text{FiO}_2$ , en comparación con el 39% en una muestra de normoxia ( $\text{PaO}_2$  55-100 mmHg).

Este estudio presenta como conclusión que la hiperoxia temprana y el uso excesivo de oxígeno son frecuentes en el SDRA, pero con mayor frecuencia no son sostenidos. No se encontró relación entre la hiperoxia o el uso excesivo de oxígeno con la mortalidad de los pacientes en esta cohorte.

En este punto, se da por finalizado la presentación de los artículos académicos seleccionados. A continuación, se procede a relacionar y analizar conceptos recolectados de dichos estudios. En la Tabla 11, se muestra una síntesis de la información recopilada de los estudios desarrollados anteriormente, en relación a las estrategias de tratamiento con oxígeno suplementario en cuanto a la hiperoxia. En dicha tabla, se incluyeron siete de once artículos que aplican para el análisis de la hiperoxia.

**Tabla 11. Síntesis de las estrategias de oxigenación de los artículos desarrollados en relación a la hiperoxia.**

| Referencia                                | Tamaño de muestra | Condición                                       | Tratamiento conservador                                  | Tratamiento liberal  | Conclusión  |
|---|-------------------|---|--|--|---|
| Rincon et al <sup>(5)</sup> 2014          | 2894              | ACV   | PaO <sub>2</sub> entre 60 y 300 mmHg                     | PaO <sub>2</sub> => 300 mmHg                                 | La hiperoxia se asoció independientemente con mayor mortalidad, en comparación con la normoxia o la hipoxemia.    |
| Gerardis et al <sup>(47)</sup> 2016       | 660               | pacientes críticos                              | PaO <sub>2</sub> 70-100 mmHg<br>SatO <sub>2</sub> 94-98% | PaO <sub>2</sub> hasta 150 mmHg<br>SatO <sub>2</sub> 97-100% | El protocolo conservador mostró menor mortalidad que el convencional.   |
| Page et al <sup>(33)</sup> 2018           | 688               | pacientes críticos                              | PaO <sub>2</sub> 60-120 mmHg                             | PaO <sub>2</sub> >120 mmHg                                   | Los pacientes sometidos a hiperoxia en urgencia tuvieron mayor mortalidad hospitalaria.                           |
| Nael et al <sup>(52)</sup> 2019           | 75                | Insuficiencia cardíaca aguda con edema pulmonar | PaO <sub>2</sub> <=100 mmHg                              | PaO <sub>2</sub> >100 mmHg                                   | La hiperoxia no se asoció con una mayor mortalidad a los 30 días.   |
| Mackle et al <sup>(48)</sup> 2020 ICU-ROX | 1000              | pacientes críticos                              | SatO <sub>2</sub> 90-97%                                 | SatO <sub>2</sub> => 90%                                     | Sin diferencia significativa entre protocolo conservador y convencional en términos de mortalidad a los 180 días. |

|  |      |      |  |  |   |
|--|------|------|--|--|---|
| Barrot et al <sup>(49)</sup> 2020<br>LOCO2 | 205  | SDRA | SatO <sub>2</sub> 88-92%               | SatO <sub>2</sub> =>96%                    | Suspendido tempranamente por posible daño.  |
| Madotto et <sup>(32)</sup> al 2020         | 2005 | SDRA | PaO <sub>2</sub> >100 mmHg en el día 1 | PaO <sub>2</sub> >100 mmHg en el día 1 y 2 | La hiperoxia es frecuente en el SDRA temprano, pero con mayor frecuencia no son sostenidos. No se encontraron diferencias significativas. |

En la Tabla 12, se indica una síntesis de datos recopilados de cuatro de once artículos, acerca del tratamiento con oxígeno suplementario en pacientes sin hipoxemia registrada. Los mismos incluyen a pacientes con lesiones agudas, particularmente ACV e IAM.

**Tabla 12. Síntesis de las estrategias de oxigenoterapia en pacientes sin hipoxemia según los artículos desarrollados.**

| Referencia                      | Tamaño de muestra | Condición         | Grupo control | Tratamiento con oxígeno         | Conclusión   |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------------------------|--|
| Stub et al <sup>(37)</sup> 2015 | 638               | IAM sin hipoxemia | Aire ambiente | Oxígeno suplementario a 8 l/min | La oxigenoterapia puede aumentar la lesión miocárdica a corto y a largo plazo. |

|                                    |      |                             |   |   |   |
|------------------------------------|------|-----------------------------|---|---|---|
| Roffe et al <sup>(43)</sup> 2017   | 8003 | ACV isquémico sin hipoxemia | Aire ambiente. Oxígeno sólo si está clínicamente indicado | Oxígeno continuo durante 72 hs. Y oxígeno nocturno (10 hs durante 3 noches) | El uso de oxígeno a dosis bajas no redujo la muerte o la discapacidad a los 3 meses. Estos hallazgos no admiten dosis bajas de oxígeno. |
| Hofmann et al <sup>(38)</sup> 2017 | 6629 | IAM sin hipoxemia           | Aire ambiente   | Oxígeno a 6 l/min   | No se encontró que el uso rutinario de oxígeno suplementario redujera la mortalidad.  |
| Akca et al <sup>(36)</sup> 2020    | 1479 | ACV isquémico sin hipoxemia | Aire ambiente en pacientes con SatO <sub>2</sub> >94%     | Ante una SatO <sub>2</sub> <94%, se administró oxígeno suplementario        | La relación entre SatO <sub>2</sub> y FiO <sub>2</sub> bajas, se relacionó con aumento de mortalidad.                                   |

En relación a las situaciones crónicas en las cuales se prescribe OCD, es relevante aclarar que la bibliografía existente con mayor valor se corresponde a guías y consensos nacionales e internacionales. Las mismas se fundamentan por ensayos clínicos realizados hace muchos años, en los que se obtuvieron resultados que se siguen aplicando en la actualidad. Se descubrió que el uso de oxigenoterapia en pacientes con hipoxemia basal crónica mejoró la supervivencia. Sin embargo, no se realizaron investigaciones en los últimos años que brinden una evidencia sólida acerca del manejo de la OCD en situaciones más específicas. Como es el caso pacientes con hipoxemia nocturna o durante el esfuerzo, calidad de vida, adherencia al tratamiento, entre otras. En materia de investigación, es difícil llevar a cabo este tipo de estudios por considerarse antiético. Por ende, no se incluyeron artículos con un diseño analítico en esta sección en relación a la administración de oxigenoterapia en IRC.



## VI. Resultados

La búsqueda bibliográfica realizada culminó en el análisis de once artículos que tuvieron como objetivo determinar los criterios para la correcta utilización de oxigenoterapia en pacientes adultos.

Los artículos analizados se corresponden a la utilización de oxigenoterapia en situaciones agudas, en donde se pretende estudiar un rango objetivo de  $\text{SatO}_2$  para evitar los efectos nocivos tanto de la hiperoxia como de la hipoxemia. Además, el efecto que tiene la oxigenoterapia en pacientes sin hipoxemia registrada.

Las medidas de resultado en parámetros de mortalidad tuvieron relación directa con la  $\text{SatO}_2$  o  $\text{PaO}_2$  alcanzada en los participantes de los estudios que fueron ingresados en la unidad de cuidados intensivos.

De los once artículos analizados, siete se dedicaron exclusivamente al análisis de la hiperoxia. Y, otros cuatro, estudiaron los efectos de la oxigenoterapia en pacientes sin hipoxemia.

Por un lado, en relación a los artículos que analizaron el impacto de la hiperoxia en IRA, tres artículos llegaron a la conclusión de que la hiperoxia se asoció con mayor mortalidad, es por esto que recomiendan un tratamiento con un protocolo conservador. Asimismo, dos artículos no encontraron diferencias significativas entre un protocolo de tratamiento conservador frente a un convencional. El punto de importancia es la  $\text{SatO}_2$  o  $\text{PaO}_2$  que utilizaron para determinar un grupo de estrategia conservadora y otro convencional.

De los siete que analizaron la hiperoxia, especialmente dos estudios tuvieron algunas particularidades. El estudio de Barrot et al, fue suspendido tempranamente por posible daño, ya que el límite de  $\text{SatO}_2$  inferior era demasiado bajo (88-92%) y posiblemente los pacientes presentaban daño ya que estaban en un estado de hipoxemia, incluso algunos tuvieron isquemias mesentéricas. Y el límite superior de  $\text{SatO}_2$  (más de 96%), se indujo a toxicidad por oxígeno a los pacientes de este ensayo clínico. El estudio de Madotto et al, analizó los efectos de la hiperoxia sostenida en

términos de mortalidad, el cual no encontró diferencias entre el grupo de pacientes con hiperoxia en el día uno de ingreso hospitalario frente a otro grupo con hiperoxia sostenida hasta el segundo día.

Un artículo, concluye en que la exposición a la hiperoxia en el departamento de urgencias es común y se asocia con una mayor mortalidad, incluso si logran normoxia después del ingreso. Sugiere apuntar hacia un rango objetivo de SatO<sub>2</sub> desde el inicio de la asistencia, de esta manera, se pueden lograr mejores resultados.

El tratamiento con oxigenoterapia en los pacientes de los estudios, en la gran mayoría se apuntó a conseguir una SatO<sub>2</sub> mayor 90% para corregir la hipoxemia, salvo el ensayo clínico que fue suspendido.

Por otro lado, en relación a los artículos que analizaron los efectos de la oxigenoterapia en pacientes sin hipoxemia demostrada, se incluyeron ensayos clínicos donde se estudiaron pacientes con IAM y ACV, no se encontró que el uso rutinario de oxígeno suplementario redujera la mortalidad, incluso en los casos de IAM aumentó la lesión. Es relevante destacar que en situaciones de emergencia se indica la oxigenoterapia por seguimiento de protocolos establecidos, así se garantiza la ventilación que es uno de los parámetros fundamentales que se tiene en cuenta para asegurar la vida del paciente. Entonces, en ocasiones se puede indicar oxigenoterapia en un paciente sin hipoxemia (por un período de tiempo relativamente corto), aunque una vez que se lo estabiliza se procede a hacer un estudio minucioso de la situación y se retira el oxígeno si no es necesario.

Los resultados arrojados en los artículos refieren que la oxigenoterapia es un tratamiento esencial para revertir la presencia de hipoxemia arterial, sin embargo, se debe considerar un rango objetivo de SatO<sub>2</sub>, estableciendo un límite inferior y superior de la misma para evitar fenómenos hipóxicos o toxicidad por hiperoxia. Aunque se proponen estudios con mayor muestra poblacional y de seguimiento más amplio.

## VII. Conclusiones

La presente tesina de grado tuvo como objetivo analizar los criterios para la correcta utilización de oxigenoterapia en pacientes adultos. El oxígeno debe considerarse como un medicamento que se prescribe para indicaciones específicas, con un rango objetivo de SatO<sub>2</sub> y con un monitoreo regular de la respuesta del paciente.

La oxigenoterapia en situaciones agudas, es esencial para tratar la hipoxemia, pero se tiene que tener en cuenta un protocolo de tratamiento conservador con un rango objetivo de SatO<sub>2</sub>. En el cual exista un límite inferior que evite fenómenos isquémicos y un límite superior que prevenga la toxicidad por hiperoxia. A pesar de la disparidad de información acerca de la SatO<sub>2</sub>, en una IRA siempre debe ajustarse a un valor mayor a 90%. La administración del oxígeno suplementario se debe realizar con el dispositivo que se mejor adecue a los requerimientos del paciente. En el caso de pacientes sin hipoxemia registrada, no se evidenció que el uso rutinario de oxígeno suplementario redujera la mortalidad. En cuanto a exacerbaciones de enfermedades crónicas hipercápnicas, también se debe considerar un rango objetivo de SatO<sub>2</sub>, según las guías se recomienda mantener entre 88 y 92%.

En relación a las situaciones crónicas en las cuales se prescribe OCD, es relevante aclarar que la bibliografía existente con mayor valor se corresponde a guías y consensos nacionales e internacionales. Las mismas se fundamentan por ensayos clínicos realizados hace muchos años, en los que se obtuvieron resultados que se siguen aplicando en la actualidad. Un punto de relevante importancia en la OCD, fue el descubrimiento de que el uso de oxigenoterapia en pacientes con hipoxemia basal crónica mejoró la supervivencia. Sin embargo, no se realizaron investigaciones sustanciales en los últimos años que brinden evidencia sólida acerca del manejo de la OCD en situaciones más específicas. En materia de investigación, es difícil llevar a cabo este tipo de estudios por considerarse antiético. De todas maneras, para la prescripción de OCD, los pacientes deben cumplir con ciertos criterios para luego indicar la fuente y dispositivo de administración de oxígeno que mejor se adapte a sus requerimientos. A modo de observación, son necesarios estudios que impliquen a la OCD para mejorar la calidad de vida de los pacientes con enfermedades crónicas.

## VIII. Referencias Bibliográficas

1. Farrero Muñoz E. Principios básicos de oxigenoterapia en situación aguda y crónica para médicos de atención primaria. FMC - Form Médica Contin En Aten Primaria. abril de 2011;18(4):230-6.
2. Ortega Ruiz F, Díaz Lobato S, Galdiz Iturri JB, García Rio F, Güell Rous R, Morante Velez F, et al. Oxigenoterapia continua domiciliaria. Arch Bronconeumol. 1 de mayo de 2014;50(5):185-200.
3. Dobbe ASM, Stolmeijer R, Ter Maaten JC, Ligtenberg JJM. Titration of oxygen therapy in critically ill emergency department patients: a feasibility study. BMC Emerg Med. 26 de 2018;18(1):17.
4. Damiani E, Adrario E, Girardis M, Romano R, Pelaia P, Singer M, et al. Arterial hyperoxia and mortality in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. Crit Care. diciembre de 2014;18(6):711.
5. Rincon F, Kang J, Maltenfort M, Vibbert M, Urtecho J, Athar MK, et al. Association between hyperoxia and mortality after stroke: a multicenter cohort study. Crit Care Med. febrero de 2014;42(2):387-96.
6. Long term domiciliary oxygen therapy in chronic hypoxic cor pulmonale complicating chronic bronchitis and emphysema. Report of the Medical Research Council Working Party. Lancet Lond Engl. 28 de marzo de 1981;1(8222):681-6.
7. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease: a clinical trial. Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group. Ann Intern Med. septiembre de 1980;93(3):391-8.
8. Díaz Lobato S, García González JL, Mayoralas Alises S. The debate on continuous home oxygen therapy. Arch Bronconeumol. enero de 2015;51(1):31-7.

9. Gulina NA. Guía rápida y póster de dispositivos de oxigenoterapia para enfermería. 2015.
10. Heffner JE. The Story of Oxygen. *Respir Care*. 1 de enero de 2013;58(1):18-31.
11. Díaz Lobato S, García González JL, Mayoralas Alises S. Controversias en oxigenoterapia continua domiciliaria. *Arch Bronconeumol Engl Ed*. 1 de enero de 2015;51(1):31-7.
12. Giubergia V. Guías para el manejo de la oxigenoterapia domiciliaria en pediatría. Parte 2: Sistemas de administración, suspensión del O<sub>2</sub>. Oxigenoterapia en situaciones especiales. *Arch Argent Pediatr*. 1 de diciembre de 2013;111(6):549-55.
13. Vives EC, Donaire JG. Manual Separ de Procedimientos. Novartis. Vol. 29. Barcelona: Respira; 2014. 142 p.
14. Muñoz FRG. Acute respiratory failure. *Acta Med Per*. 2010;12.
15. Muñoz AA, Polo CG, Jiménez JDG. Valoración del paciente con insuficiencia respiratoria aguda y crónica. En 2009. p. 8.
16. Stich JC, Cassella DM. Dispositivos para la administración de oxígeno. *Nurs Ed Esp*. marzo de 2010;28(3):39-42.
17. Jiménez MSC. Fundamentos básicos de anestesia y reanimación en Medicina de Urgencias, Emergencias y catástrofes. Arán Ediciones; 2005. 578 p.
18. Roux NG, Feld V, Gogniat E, Villalba D, Plotnikow G, Vairo NR, et al. EL FRASCO HUMIDIFICADOR COMO SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN DEL GAS INSPIRADO NO CUMPLE CON LAS RECOMENDACIONES. EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE TRES SISTEMAS DE HUMIDIFICACIÓN. ESTUDIO DE LABORATORIO. *Rev Argent Ter Intensiva*. 24 de noviembre de 2010;27(3).

19. O'Driscoll B, Howard L, Earis J, Mark V. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *Thorax Int J Respir Med.* 2017;72(1):90.
20. Masclans JR, Pérez-Terán P, Roca O. The role of high-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. *Med Intensiva Engl Ed.* 1 de noviembre de 2015;39(8):505-15.
21. Cheng L-C, Chang S-P, Wang J-J, Hsiao S-Y, Lai C-C, Chao C-M. The Impact of High-Flow Nasal Cannula on the Outcome of Immunocompromised Patients with Acute Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina (Mex).* 16 de octubre de 2019;55(10).
22. Alonso García LA. Ventilación y oxigenación en situaciones de urgencia. *Act Pediatric Aten Prim.* 2011;4(2):194-202.
23. Beasley R, Chien J, Douglas J, Eastlake L, Farah C, King G, et al. Thoracic Society of Australia and New Zealand oxygen guidelines for acute oxygen use in adults: 'Swimming between the flags'. *Respirol Carlton Vic.* 2015;20(8):1182-91.
24. Zamarrón E, Galera R, Falcone A, Martínez C. Protocolo diagnóstico y terapéutico de la insuficiencia respiratoria en urgencias. *Med - Programa Form Médica Contin Acreditado.* 1 de noviembre de 2018;12(66):3903-7.
25. Ferrer M. Tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda. *Med Integral.* 15 de septiembre de 2001;38(5):200-7.
26. Austin MA, Wills KE, Blizzard L, Walters EH, Wood-Baker R. Effect of high flow oxygen on mortality in chronic obstructive pulmonary disease patients in prehospital setting: randomised controlled trial. *BMJ.* 18 de octubre de 2010;341:c5462.
27. Bolaños Morera P, Chacón Araya C, Bolaños Morera P, Chacón Araya C. Intoxicación por monóxido de carbono. *Med Leg Costa Rica.* marzo de 2017;34(1):137-46.

28. García SI. Guía de Prevención, Diagnóstico, Tratamiento y Vigilancia Epidemiológica de las Intoxicaciones por Monóxido de Carbono. Minist Salud Pres Nación. 2016;67.
29. Yurtseven S, Arslan A, Eryigit U, Gunaydin M, Tatli O, Ozsahin F, et al. Analysis of patients presenting to the emergency department with carbon monoxide intoxication. Turk J Emerg Med. 8 de marzo de 2016;15(4):159-62.
30. Martin J, Mazer-Amirshahi M, Pourmand A. The Impact of Hyperoxia in the Critically Ill Patient: A Review of the Literature. Respir Care. 11 de febrero de 2020;07310.
31. Siela D, Kidd M. Oxygen Requirements for Acutely and Critically Ill Patients. Crit Care Nurse. agosto de 2017;37(4):58-70.
32. Madotto F, Rezoagli E, Pham T, Schmidt M, McNicholas B, Protti A, et al. Hyperoxemia and excess oxygen use in early acute respiratory distress syndrome: insights from the LUNG SAFE study. Crit Care Lond Engl. 31 de 2020;24(1):125.
33. Page D, Ablordeppey E, Wessman BT, Mohr NM, Trzeciak S, Kollef MH, et al. Emergency department hyperoxia is associated with increased mortality in mechanically ventilated patients: a cohort study. Crit Care Lond Engl. 18 de 2018;22(1):9.
34. Chu DK, Kim LH-Y, Young PJ, Zamiri N, Almenawer SA, Jaeschke R, et al. Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. Lancet Lond Engl. 28 de 2018;391(10131):1693-705.
35. Damiani E, Donati A, Girardis M. Oxygen in the critically ill: friend or foe? Curr Opin Anaesthesiol. abril de 2018;31(2):129-35.

36. Akca O, Nichols J, Stewart B, Elliott C, Rimmel K, Lenhardt R. Association of Early Oxygenation Levels with Mortality in Acute Ischemic Stroke - A Retrospective Cohort Study. *J Stroke Cerebrovasc Dis Off J Natl Stroke Assoc.* febrero de 2020;29(2):104556.
37. Stub D, Smith K, Bernard S, Nehme Z, Stephenson M, Bray JE, et al. Air Versus Oxygen in ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction. *Circulation.* 16 de junio de 2015;131(24):2143-50.
38. Hofmann R, James SK, Jernberg T, Lindahl B, Erlinge D, Witt N, et al. Oxygen Therapy in Suspected Acute Myocardial Infarction. *N Engl J Med.* 28 de 2017;377(13):1240-9.
39. Brenner M, Stein D, Hu P, Kufera J, Wooford M, Scalea T. Association between early hyperoxia and worse outcomes after traumatic brain injury. *Arch Surg Chic Ill 1960.* noviembre de 2012;147(11):1042-6.
40. Davis DP, Meade W, Sise MJ, Kennedy F, Simon F, Tominaga G, et al. Both hypoxemia and extreme hyperoxemia may be detrimental in patients with severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma.* diciembre de 2009;26(12):2217-23.
41. Alali AS, Temkin N, Vavilala MS, Lele AV, Barber J, Dikmen S, et al. Matching early arterial oxygenation to long-term outcome in severe traumatic brain injury: target values. *J Neurosurg.* 08 de 2019;132(2):537-44.
42. Ó Briain D, Nickson C, Pilcher DV, Udy AA. Early Hyperoxia in Patients with Traumatic Brain Injury Admitted to Intensive Care in Australia and New Zealand: A Retrospective Multicenter Cohort Study. *Neurocrit Care.* 2018;29(3):443-51.
43. Roffe C, Nevatte T, Sim J, Bishop J, Ives N, Ferdinand P, et al. Effect of Routine Low-Dose Oxygen Supplementation on Death and Disability in Adults With Acute Stroke: The Stroke Oxygen Study Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 26 de 2017;318(12):1125-35.



44. Kilgannon JH, Jones AE, Shapiro NI, Angelos MG, Milcarek B, Hunter K, et al. Association between arterial hyperoxia following resuscitation from cardiac arrest and in-hospital mortality. *JAMA*. 2 de junio de 2010;303(21):2165-71.
45. Roberts BW, Kilgannon JH, Hunter BR, Puskarich MA, Pierce L, Donnino M, et al. Association Between Early Hyperoxia Exposure After Resuscitation From Cardiac Arrest and Neurological Disability: Prospective Multicenter Protocol-Directed Cohort Study. *Circulation*. 15 de 2018;137(20):2114-24.
46. Ebner F, Ullén S, Åneman A, Cronberg T, Mattsson N, Friberg H, et al. Associations between partial pressure of oxygen and neurological outcome in out-of-hospital cardiac arrest patients: an explorative analysis of a randomized trial. *Crit Care Lond Engl*. 28 de 2019;23(1):30.
47. Girardis M, Busani S, Damiani E, Donati A, Rinaldi L, Marudi A, et al. Effect of Conservative vs Conventional Oxygen Therapy on Mortality Among Patients in an Intensive Care Unit: The Oxygen-ICU Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 18 de octubre de 2016;316(15):1583-9.
48. ICU-ROX Investigators and the Australian and New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group, Mackle D, Bellomo R, Bailey M, Beasley R, Deane A, et al. Conservative Oxygen Therapy during Mechanical Ventilation in the ICU. *N Engl J Med*. 12 de 2020;382(11):989-98.
49. Barrot L, Asfar P, Mauny F, Winiszewski H, Montini F, Badie J, et al. Liberal or Conservative Oxygen Therapy for Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med*. 12 de 2020;382(11):999-1008.
50. Young P, Mackle D, Bellomo R, Bailey M, Beasley R, Deane A, et al. Conservative oxygen therapy for mechanically ventilated adults with sepsis: a post hoc analysis of data from the intensive care unit randomized trial comparing two approaches to oxygen therapy (ICU-ROX). *Intensive Care Med*. 2020;46(1):17-26.

51. Ni Y-N, Wang Y-M, Liang B-M, Liang Z-A. The effect of hyperoxia on mortality in critically ill patients: a systematic review and meta analysis. *BMC Pulm Med.* 26 de febrero de 2019;19(1):53.
52. Nael J, Ruggiu M, Bailleul C, Ortuno S, Diehl J-L, Vimpère D, et al. Impact of hyperoxia on patients hospitalized in an intensive care unit for acute heart failure. *Arch Cardiovasc Dis.* diciembre de 2019;112(12):748-53.
53. Panwar R, Hardie M, Bellomo R, Barrot L, Eastwood GM, Young PJ, et al. Conservative versus Liberal Oxygenation Targets for Mechanically Ventilated Patients. A Pilot Multicenter Randomized Controlled Trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 1 de enero de 2016;193(1):43-51.
54. Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet Lond Engl.* 11 de marzo de 2020;395(10229):1054-1062.
55. Guan W-J, Zhong N-S. Clinical Characteristics of Covid-19 in China. Reply. *N Engl J Med.* 27 de marzo de 2020;382(19):1861-1862.
56. Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S, et al. Risk Factors Associated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients With Coronavirus Disease 2019 Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern Med.* 13 de marzo de 2020;200994.
57. Alhazzani W, Møller MH, Arabi YM, Loeb M, Gong MN, Fan E, et al. Surviving Sepsis Campaign: guidelines on the management of critically ill adults with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Intensive Care Med.* 28 de marzo de 2020;46(5):854-887.
58. Gorecka D, Gorzelak K, Sliwinski P, Tobiasz M, Zielinski J. Effect of long-term oxygen therapy on survival in patients with chronic obstructive pulmonary disease with moderate hypoxaemia. *Thorax.* 1 de agosto de 1997;52(8):674-9.

59. Haidl P, Clement C, Wiese C, Dellweg D, Köhler D. Long-Term Oxygen Therapy Stops the Natural Decline of Endurance in COPD Patients with Reversible Hypercapnia. *Respiration*. 2004;71(4):342-7.
60. Hardinge M, Annandale J, Bourne S, Cooper B, Evans A, Freeman D, et al. British Thoracic Society guidelines for home oxygen use in adults. *Thorax*. 2015;43.
61. Magnet FS, Schwarz SB, Callegari J, Criée CP, Storre JH, Wolfram W. Long-Term Oxygen Therapy: Comparison of the German and British Guidelines. *Respiration*. 2017;11.
62. Codinardo CA, Cánova JO, Gil B, Uribe Echeverría ME, Lisanti R, Larrateguy L. Recomendaciones sobre el uso de oxigenoterapia ambulatoria. *Rev Am Med Respir*. 2018;18(1):13.
63. Rhodius E, Caneva J, Sivori M. CONSENSO ARGENTINO DE OXIGENO TERAPIA CRONICA DOMICILIARIA. 1998;10.
64. Agusti A, Decramer M, Celli B, Chen R, Criner G, Frith P, et al. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. 2017. 46 p.
65. Díaz Lobato S, Mayoralas Alises S. Perfiles de movilidad de los pacientes con oxigenoterapia crónica domiciliaria. *Arch Bronconeumol*. febrero de 2012;48(2):55-60.
66. Pérez FLM, García MCG, Lara JAG, Vizcaíno MTG. Valoración de pacientes con necesidad de oxigenoterapia domiciliaria. 2009;8.
67. European Patients' Academy on Therapeutic Innovation. Medicina basada en la evidencia. EUPATI [Internet]. 2015 [citado 25 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.printfriendly.com/p/g/TqA2vs>