

# EL LIQUIDO CARREL

## Composición y Propiedades que lo Caracterizan — Su Poder Germicida y sus Virtudes Terapéuticas

Por el Prof. DOMINGO GIRIBALDO

El estudio sistemático de desinfectantes que hizo Carrel lo condujo, como es sabido, a la adopción del hipoclorito de sodio en soluciones neutralizadas. La primera solución de esta clase que utilizó la denominó **Solución Dakin**, porque se preparaba con ácido bórico, cuyo empleo fué indicado por Dakin.

Pero luego otros químicos idearon otros procedimientos para neutralizar las soluciones de hipoclorito, sin necesidad de emplear el ácido bórico.

Siguiendo el ejemplo de Carrel, habría que designar estas nuevas soluciones con los nombres de los autores de los procedimientos que se utilizan para prepararlas. Tendríamos, así, la solución Dakin, la solución Daufresne, etc.

Esta práctica no es aconsejable, porque se presta a confusiones al dar distintos nombres a un mismo producto.

El desinfectante aconsejado por Carrel es un preparado perfectamente definido que se incorpora al arsenal terapéutico, y que reclama, por lo tanto, una designación definitiva que lo caracterice y distinga de todos los demás.

Este nuevo medicamento podría denominarse, en mérito a quien lo ensayó y aconsejó por primera vez, **Solución ó Líquido Carrel**, denominación que podría usarse con el agregado, si se desea especificar al mismo tiempo el modo de obtenerlo, del nombre del autor del procedimiento de preparación. Así, por ejemplo las denominaciones de líquido Carrel-Dakin, líquido Carrel-Daufresne, etc., indicarían con toda precisión la clase de preparado de que se trata y el procedimiento que se ha de seguir para obtenerlo.

En lo que sigue, nosotros adoptaremos dicho procedimiento para nombrar los distintos preparados que responden a las indicaciones establecidas por Carrel.

### ELECCION DE UN BUEN DESINFECTANTE PARA USOS MEDICOS

En la elección de un desinfectante para usos médicos deben tenerse presentes, además de su acción bactericida, diversos factores, tales como su acción más o menos irritante sobre los tejidos, su toxicidad, su acción detergente y disolvente de los tejidos mortificados, su modo de reaccionar en presencia de las proteínas y demás componentes de los

tejidos, etc.

No menos importancia debe concederse al estudio del medio en que se disuelve o incorpora el desinfectante. Es, en efecto, necesario que las soluciones puedan ser toleradas por las mucosas y tejidos durante largo tiempo, sin perjuicio alguno de su perfecta vitalidad.

Los prejuicios creados contra el método antiséptico por algunos cirujanos, dice Carrel, son debidos en gran parte al empleo de sustancias destructoras, tales como el ácido fénico y el bicloruro de mercurio, que han llegado a producir accidentes sin esterilizar siquiera las partes a curar.

La destrucción de las bacterias por los desinfectantes se debe a la acción especial que éstos ejercen sobre las sustancias que constituyen el organismo de las bacterias.

Los microbios en suspensión en el agua son fácilmente destruidos por los desinfectantes, porque allí no existen más proteínas que las de los mismos microbios. Pero cuando éstos se hallan en un medio orgánico, como ser sangre, entonces son más difícilmente destruidos, porque en tales condiciones los desinfectantes deben actuar simultáneamente sobre los microorganismos y sobre las sustancias protéicas del medio en que se hallan. Es por este motivo que, para apreciar el valor de un desinfectante medicinal, es menester comprobar su acción germicida sobre microbios en suspensión en medios orgánicos, como ser el suero sanguíneo, el pus, etc.

Las experiencias de Dakin y Daufresne, hechas sobre suero sanguíneo, han puesto en evidencia la enorme disminución del poder germicida de los desinfectantes cuando obran en los medios orgánicos. Dichas experiencias consistían en la determinación comparativa de las concentraciones necesarias del antiséptico para matar en dos horas, a la temperatura del laboratorio, los microbios puestos en suspensión en el agua y en el suero de caballo, respectivamente. De este modo estudiaron más de doscientos desinfectantes.

La disminución del poder germicida de determinados antisépticos es en ciertos casos muy grande. Para algunos la pérdida de eficacia es tan grande, que resultan desprovistos casi por completo de acción germicida en dichos medios.

El ácido fénico, por ejemplo, posee un poder

bactericida sumamente débil cuando obra en presencia del suero sanguíneo. Si en un medio de esta clase se desease emplearlo a la concentración necesaria para que fuese eficaz, se convertiría en un destructor de las mucosas y tejidos sanos.

El agua oxigenada da buenos resultados, según los autores precitados, cuando se determina su acción germicida en un medio acuoso. Pero en presencia de los líquidos del organismo su acción se debilita grandemente. Según parece, el cambio debe atribuirse a que se descompone con gran facilidad bajo la influencia de acciones catilíticas, debidas a elementos que siempre existen en los líquidos del organismo.

El bicloruro de mercurio pierde gran parte de su eficacia en presencia del pus y demás líquidos orgánicos. Es, además, muy irritante, aun a débiles concentraciones. El nitrato de plata es mejor que el bicloruro de mercurio desde este punto de vista; pero a grandes concentraciones es también irritante.

El yodo, tan empleado para esterilizar la piel, da resultados poco satisfactorios en la desinfección de las heridas profundas. Coagula las proteínas e irrita los tejidos. Su poder de penetración es muy débil. Las heridas desinfectadas con yodo continúan supurando y tardan mucho en cicatrizar.

El hipoclorito de sodio tiene un poder germicida elevado y posee, a más, otras buenas cualidades. Pero hasta ahora había dado resultados muy inconstantes, porque las soluciones que se empleaban eran de composición sumamente variable. Además, muchas veces resultaba irritante, porque sus soluciones contenían sosa cáustica libre.

Para determinar la acción de los desinfectantes sobre las mucosas y tejidos, se realizaron las experiencias siguientes: Se colocaba bajo la pared abdominal de cobayas, mediante una pequeña incisión, que luego se cerraba con un punto de sutura, unos pedacitos de esponja, todos de igual peso. Después se inyectaba en la esponja, mediante una jeringa de Pravaz, un centímetro cúbico del desinfectante objeto del examen. En otra parte del animal, y también sobre esponja, se inyectaba un centímetro cúbico de suero fisiológico. El examen de las regiones inyectadas, efectuado al cabo de cuarenta y ocho horas, mostraba que los tejidos que rodeaban las esponjas impregnadas de antisépticos habían sufrido un aumento de volumen más o menos grande. La comparación del aumento de volumen producido por cada desinfectante permitía apreciar el valor de su acción nociva sobre los tejidos.

De este modo se comprobó que el ácido fénico, el bicloruro de mercurio y el yodo producían una tumefacción considerable. A más, también se observó que los animales a los cuales se les había in-

yectado bicloruro de mercurio, morían, por lo general, rápidamente, y que a los que se les había inyectado ácido fénico se les esfacelaba parte de la pared abdominal.

El hipoclorito de sodio fué el desinfectante que, en igualdad de poder germicida, se mostró menos perjudicial, cuando se le inyectaba en soluciones neutralizadas e isotónicas con el suero sanguíneo.

#### PODER GERMICIDA Y PROPIEDADES TERAPEUTICAS DEL HIPOCLORITO DE SODIO

El hipoclorito de sodio es un poderoso germicida. El único que se le puede comparar, desde este punto de vista, es el bicloruro de mercurio. Pero tiene sobre éste, entre otras, la importante ventaja de no ser tóxico y de no coagular las materias albuminoideas.

Es mucho más eficaz, como desinfectante, que los ácidos fénicos y cresílicos. Tiene, en efecto, en igualdad de concentración, contada en cloro activo en lo que se refiere al hipoclorito, un valor germicida (coeficiente Rideal-Walker) doscientas veces y cincuenta veces mayor, respectivamente, que dichos ácidos. Es, por lo tanto, incomparablemente más activo que todos los preparados a base de los ácidos nombrados, como ser creolinas, lisoles, etc.

El hipoclorito de sodio posee marcadas propiedades deterativas y disolventes de los tejidos lacerados. Esta acción aumenta su valor como desinfectante medicinal. Gracias a ella, el hipoclorito de sodio limpia las partes a curar y las libra de tejidos muertos, con lo que facilita luego la esterilización de las mucosas y tejidos vivos. Es sabido que la eficacia de un desinfectante depende en gran parte de su facultad de limpiar rápidamente las partes a curar. El hipoclorito de magnesio, aconsejado por algunos como desinfectante, es, desde el punto de vista de sus aplicaciones médicas, inferior al hipoclorito de sodio, a pesar de poseer un poder germicida aproximadamente igual, precisamente porque no es tan buen disolvente de los tejidos necrosados.

El hipoclorito de sodio posee también una suave acción hemostática, lo que representa una gran ventaja en la curación de toda clase de heridas, sobre todo de las producidas por desgarramientos.

El hipoclorito tiene, a más, la propiedad de descomponer las toxinas. Por la acción moderada del hipoclorito, Dean preparó una vacuna disintérica no tóxica. Por otra parte, Lumière comprobó que el hipoclorito de sodio descompone las toxinas contenidas en el pus. Esta propiedad del hipoclorito explica la desaparición rápida de los síntomas de infección general que presentan los enfermos afectados de vastas supuraciones, cuando éstas son tratadas

con el hipoclorito, síntomas que reaparecen cuando se interrumpe el tratamiento. Por último, esta acción antitoxínica del hipoclorito desempeña un papel muy importante en la curación de llagas y heridas infectadas, activando la fagocitosis y evitando que el organismo absorba las toxinas del pus.

El hipoclorito posee, a más, una enérgica acción antipútrida y desodorante, debida, no sólo a su acción germicida, sino también a la propiedad que tiene de destruir los gases que originan el mal olor. Gracias a esta propiedad, que se agrega a las ya citadas, el hipoclorito es irremplazable para el tratamiento de llagas y tumores con secreciones fétidas.

El hipoclorito de sodio no es tóxico. Carrel ha inyectado bajo la piel de la pared abdominal de cobayas, cantidades relativamente considerables de hipoclorito de sodio, sin consecuencias desfavorables.

El hipoclorito, inofensivo en inyecciones subcutáneas, es, empero, peligroso si se le introduce directamente en el torrente circulatorio. Una inyección de diez centímetros cúbicos de líquido Carrel en la vena marginal de la oreja de un conejo, produce rápidamente la muerte. Es que el hipoclorito posee un fuerte poder hemolítico. Sus soluciones no deben ser, por lo tanto, inyectadas en el interior de las venas.

### MECANISMO DE LA ACCION GERMICIDA DEL HIPOCLORITO

Se ha atribuido la acción germicida del hipoclorito al oxígeno oxidante que contiene. Según esta hipótesis, la causa única de su actividad como germicida, sería el oxígeno al estado nascente que desprende al hallarse en presencia de las materias orgánicas y demás sustancias oxidables. En esta hipótesis, el modo de obrar del hipoclorito, sería en un todo semejante al del agua oxigenada.

Pero la observación ha puesto en evidencia diferencias esenciales entre los efectos desinfectantes del hipoclorito y los del agua oxigenada, lo que demuestra que en ellos deben intervenir otros factores fuera del oxígeno nascente.

En efecto; el hipoclorito tiene, en primer lugar, bajo igual riqueza en oxígeno oxidante, un poder germicida muy superior al del agua oxigenada. Y posee, en segundo lugar, una cierta acción especial, que le es propia, no observada en el agua oxigenada.

Algunos atribuyen la acción especial del hipoclorito al cloro nascente, el cual se combinaría con las proteínas para dar derivados clorados, que serían potentes germicidas.

Dakin atribuye la acción germicida del hipoclorito a una reacción química semejante a la que se

produce entre el amoníaco y el hipoclorito. Según Dakin, la destrucción de los microbios por los antisépticos se debe probablemente a modificaciones químicas de la estructura de su protoplasma, producida, sea por la acción directa del antiséptico, sea por la acción de los productos resultantes de la combinación del antiséptico con las sustancias orgánicas del medio en que se encuentran los microbios.

Entre las sustancias capaces de reaccionar con el hipoclorito, contenidas en el interior de las células vivas, las más importantes son las proteínas. La acción del hipoclorito sobre las proteínas consiste en la substracción del hidrógeno por el cloro en el grupo aminógeno, es decir, en la formación de sustancias pertenecientes al grupo de las cloraminas.

Dakin cree que la propiedad que posee el hipoclorito de atacar las materias proteicas para formar sustancias cuyo halógeno es fijado por el nitrógeno, está estrechamente ligada con su acción bactericida.

### RESISTENCIA DE LOS TEJIDOS VIVOS A LA ACCION DEL HIPOCLORITO

El hipoclorito de sodio, que destruye y disuelve los tejidos muertos, respeta los tejidos provistos de circulación. No se conocen bien aún las causas de tan notable diferencia en este modo de obrar del hipoclorito.

Sea cual fuere la razón de la resistencia de los tejidos vivos respecto del hipoclorito, lo cierto es que este fenómeno permite realizar la cura de las llagas y heridas, a pesar de la acción destructora del hipoclorito sobre las proteínas.

Para apreciar la acción del hipoclorito sobre los tejidos vivos, estudió Carrel la marcha de la cicatrización de las heridas infectadas tratadas con soluciones neutras de dicho desinfectante. Para esto utilizó una técnica especial, y representó gráficamente la marcha de la cicatrización de la herida mediante una curva, expresando el tiempo en abscisas y la superficie aún abierta de la herida en ordenadas. Carrel comprobó que la marcha de la cicatrización, expresada como queda dicho, obedece a una ley precisa, cuya expresión algébrica halló Lecomte du Nouy. En las fórmulas halladas por éste interviene un coeficiente especial, propio de cada herida, llamado **índice de cicatrización**, cuyo valor en función de la edad del herido y de la superficie de la herida. Este índice es tanto mayor cuanto más pequeña es la herida y cuanto más joven es el enfermo.

### CARACTERISTICAS DEL LIQUIDO CARREL INCONVENIENTES DE LAS SOLUCIONES

## ORDINARIAS DE HIPOCLORITO DE SODIO

A pesar de conocerse desde hace mucho tiempo las excelentes cualidades del hipoclorito de sodio como desinfectante, no se le había hecho objeto de un empleo general antes de ahora, por la imposibilidad de usarlo a la debida concentración.

En los ensayos sistemáticos de desinfectantes que hicieron Carrel y Dakin durante la última guerra europea, el que les dió mejor resultado fué el hipoclorito de sodio. Pero observaron que el aplicarlo a las debidas concentraciones resultaba irritante y mortificaba las mucosas y tejidos sanos. Buscando la causa de esta acción desfavorable, comprobaron que era debida al álcali cáustico libre que contenían las soluciones de hipoclorito que empleaban. La sosa cáustica libre aparecía en las soluciones como consecuencia del procedimiento que se ponía en práctica para prepararlas. Esta comprobación los llevó a la preparación de soluciones neutralizadas de hipoclorito, con las cuales obtuvieron excelentes resultados, como veremos luego.

La lectura de las comunicaciones hechas a las sociedades científicas de París, y especialmente a la Academia de Medicina, dice Carrel, demuestra que nadie se había preocupado antes de la necesidad de emplear un antiséptico que no fuese cáustico ni irritante. Los cirujanos no habían querido darse cuenta de que las soluciones de hipoclorito de sodio neutralizadas se pueden emplear, por no contener sosa cáustica libre, en casos en que es imposible usar el licor de Labarraque y el agua de Javel.

Según Carrel, estos dos últimos productos pueden llegar hasta producir hemorragias secundarias, provocadas por la sosa cáustica libre que contienen.

El sencillo experimento que sigue, hecho por Daufresne en los Laboratorios de Compiègne, y relatado por Carrel en la obra antes citada, demuestra la diferencia esencial que existe entre el modo de obrar del agua de Javel y del licor de Labarraque, por una parte, y la solución de hipoclorito de sodio neutralizada, propuesta por Carrel, por otra.

En tres tubos diferentes colocó una cantidad determinada de las tres soluciones, con la misma riqueza de cinco por mil de cloro activo. En cada uno de los tubos introdujo un fragmento de piel de un niño muerto al nacer.

Al cabo de dos horas la acción del agua de Javel y del licor de Labarraque sobre el trozo de piel era ya manifiesta. la dermis estaba fuertemente hinchada y el menor frotamiento separaba la epidermis, que formaba una película frágil. Algunas horas después se acentuaba el resquebrajamiento y el fragmento de piel era transparente. A las doce horas en el agua de Javel y a las catorce en el

licor de Labarraque, el trozo de piel estaba completamente dissociado. Los tubos solo contenían un polvillo orgánico.

En cambio la piel contenida en el tubo con la solución neutralizada de Carrel, se comportó de muy distinta manera. Después de dos horas de contacto, la epidermis estaba aún adherida a la dermis, y el aspecto de la piel era normal. A las veinticuatro horas la alteración de los tejidos era parecida a la observada al cabo de dos horas en los tubos con agua de Javel y licor de Labarraque.

Este experimento demuestra de manera evidente la profunda diferencia que existe, desde el punto de vista de la acción sobre los tejidos, entre la solución neutralizada aconsejada por Carrel y el licor de Labarraque y demás soluciones de hipoclorito no neutralizadas.

## LIQUIDO CARREL - DAKIN

El químico norteamericano Dakin propuso el empleo del ácido bórico para neutralizar la sosa cáustica libre de las soluciones de hipoclorito de sodio. Las soluciones neutralizadas con ácido bórico dieron excelentes resultados, desde el punto de vista de su reacción. Con ellas se pudo emplear el hipoclorito a la concentración necesaria, sin los efectos perjudiciales de la sosa cáustica libre. Pero el ácido bórico es un veneno y su presencia perjudica la inocuidad del liquido desinfectante.

## LIQUIDO CARREL - DAUFRESNE

El químico francés Daufresne obtiene el mismo resultado que Dakin, en lo que se refiere a la eliminación de la sosa cáustica libre, sin necesidad de emplear el ácido bórico. Adiciona a la solución de hipoclorito de sodio una cantidad conveniente, variable para cada caso, de bicarbonato de sodio, con lo que carbonata la sosa cáustica libre. El perfeccionamiento introducido por Daufresne es de la mayor importancia, por cuanto elimina la sosa cáustica libre sin introducir substancia nociva alguna. Pero tiene el grave inconveniente de exigir en cada caso el análisis previo del cloruro de cal que se emplea para preparar la solución de hipoclorito, lo que dificulta su aplicación.

## LIQUIDO CARREL - ELECTRON

Yo he subsanado los inconvenientes del procedimiento de Daufresne, preparando, por vía electrolítica, una solución concentrada madre de hipoclorito de sodio, de composición perfectamente conocida, con la que se obtiene muy sencillamente el líquido

Carrel por simple dilución en agua y adición de una solución ácido-salina complementaria. Las dos soluciones que se emplean tienen todos los elementos necesarios para dar origen, por dilución en el agua de volúmenes iguales de cada una de ellas, a un **líquido Carrel perfecto**, que llena absolutamente todas las condiciones que se pueden exigir de este desinfectante, y que son, a saber:

a) Contiene, como lo exige Carrel, alrededor de cinco por mil de cloro activo, bajo forma de hipoclorito de sodio.

b) No contiene sosa cáustica libre.

c) Tiene, aproximadamente, la misma reacción actual y a misma concentración salina que el suero sanguíneo, vale decir, es hemoisohídrico y hemoisotónico.

d) No contiene sustancia alguna extraña al organismo, fuera del hipoclorito de sodio y de la pequeña cantidad de permanganato de potasio que le da color.

e) El líquido que resta después de haber obrado el hipoclorito constituye, por su composición y por sus propiedades físico-químicas, un excelente suero fisiológico.

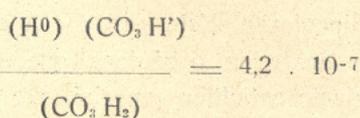
Este líquido solo contiene, en efecto, cloruro,

$$(\text{H}^+) = 1,4 \times 10^{-7} - 0,3 \times 10^{-7} = 1,1 \times 10^{-7}$$

fosfatos, carbonato y bicarbonato de sodio, en las proporciones justamente necesarias para hacerlo isotónico e isohídrico con el suero sanguíneo, y para darle la propiedad, que la sangre posee en alto grado, de las soluciones amortiguadoras o topes.

Estas soluciones se caracterizan, como es sabido, por su poca sensibilidad a la acción de los ácidos y bases fuertes. La adición de cantidades moderadas de estos compuestos a una solución tope, no provoca cambio apreciable alguno en su reacción actual, caracterizada por la concentración de los hidrogeniones. Esta propiedad reguladora, debida a la presencia de ciertas sales, ha recibido el nombre de **acción tope**, por la asimilación que de ella se ha hecho a la propiedad que tienen los topes de los vagones de ferrocarril para amortiguar los choques.

Las soluciones topes son siempre muy debilmente ácidas o alcalinas. Las más sencillas contienen un ácido débil en presencia de una de sus sales



Ahora bien, para que se vea la eficacia de la acción tope de la sangre, bastará recordar la experiencia siguiente: Para hacer pasar la reacción del

suero sanguíneo de  $\text{pH} = 7,4$  a  $\text{pH}$  igual  $7,0$ , es decir, para hacer **tres veces mayor** su concentración en hidrogenión, fué necesario agregar, por litro de suero, cien centímetros cúbicos de una solución normal-décima de un ácido. Esta cantidad de ácido formada con una base fuerte, en el primer caso, y una base débil en presencia de una de sus sales formada con un ácido fuerte, en el segundo.

La sangre y demás humores del organismo, los caldos de cultura, etc., son soluciones topes.

La sangre constituye un sistema muy complejo, y en su acción tope intervienen diversas sustancias minerales y orgánicas. Pero fuera de la parte que en esta acción tope toman las proteínas, las cuales, dado su carácter de electrólitos anfóteros, pueden actuar como ácidos y como bases, el papel más importante lo desempeña el sistema constituido por los fos-fatos, carbonato y bicarbonato de sodio.

Henderson estudió el equilibrio de un sistema constituido por dichas sales minerales, y llegó a la conclusión de que en el suero sanguíneo es el bicarbonato el que actúa principalmente como amortiguador o tope. De aquí se deduce que dicha acción se rige por la relación correspondiente al equilibrio de disociación electrolítica del bicarbonato de sodio.

La reacción actual de la sangre normal, expresada en moles de hidrogenión por litro, está representada por una cifra cuyo valor oscila dentro de muy estrechos límites. El organismo no puede soportar, sin sufrir graves trastornos, variaciones de su reacción actual. La acidosis es un estado patológico originado por un aumento en la concentración del hidrogenión de la sangre. Benedick halló en el coma diabético del hombre, como valor máximo, una acidez actual representada por la concentración en hidrogenión de  $\text{pH} = 6,82$ . Por otra parte, Szili, inyectando ácido clorhídrico intravenosamente en conejos y perros, observó que la muerte se producía cuando la sangre adquiría una concentración en hidrogenión de  $\text{pH} = 6,05$ .

Siendo la concentración media normal de la sangre del hombre igual a  $\text{pH} = 7,5$  aproximadamente, la del coma diabético representa un aumento en la concentración del hidrogenión igual a habría llevado la concentración del hidrogenión en un medio no amortiguador, al valor  $\text{pH} = 2$ . La cantidad adicionada de hidrogenión es, pues, **cien mil veces mayor, aproximadamente**, que el cambio de concentración originado en el suero.

Así se ve cómo, gracias a su notable propiedad amortiguadora, la sangre puede conservar su reacción actual invariable, a pesar de la gran cantidad

de sustancias ácidas y alcalinas que el proceso de la vida incorpora continuamente al torrente circulatorio.

En el líquido Carrel preparado por mi procedimiento, he tratado de constituir un sistema mineral disuelto lo más semejante posible al que existe en el suero sanguíneo, a fin de darle las eficaces propiedades amortiguadoras que caracterizan a éste.

Los sueros fisiológicos son soluciones salinas de concentración aproximadamente igual a la del suero sanguíneo. Al establecer la composición de estos sueros sólo se ha tenido en vista la isotonia con el suero sanguíneo. Son de reacción neutra como la sangre, pero no poseen la acción tópe de ésta. Es una neutralidad rígida, como la del agua pura. La más pequeña adición de una sustancia ácida o alcalina basta para modificar profundamente su reacción, dándole una concentración en hidrogenión nociva al organismo.

Un suero fisiológico racional debe llenar, en primer lugar, la condición de isotonia e isohidria con la sangre. Pero debe, a más, estar constituido, a ser posible, por un sistema semejante al del suero sanguíneo.

Es imposible preparar artificialmente un suero fisiológico que contenga todos los componentes, minerales y orgánicos, que integran el suero sanguíneo. No hay modo de reproducir, tales como allí se hallan, las proteínas disueltas ni las demás sustancias orgánicas complejas que las acompañan. Pero, en cambio, es posible reproducir, al menos en lo que tiene de más esencial por su composición y por las funciones que desempeña, el sistema salino mineral del mismo. Todo sistema mineral de esta clase constituye un suero fisiológico racional.

Un suero fisiológico de esta clase es el que resta en el líquido Carrel obtenido por mi procedimiento, una vez que el hipoclorito se ha transformado, después de obrar, en cloruro de sodio.

En general, los sueros fisiológicos tienen propiedades estimulantes y tónicas. Algunos de ellos son, a más, antiséptico. El suero artificial de Hayen, por ejemplo, se ha usado con éxito para lavar y desinfectar llagas y heridas.

Hasta ahora no se había dado mayor importancia al medio en que se incorporaban los desinfectantes para usos médicos. Generalmente se les empleaba, siempre que era posible, en solución acuosa, pues se consideraba que el agua era el vehículo más apropiado y conveniente. Pero es indudable que un suero fisiológico tiene que constituir un vehículo mucho más favorable para un desinfectante que el agua pura. Con él se evita, en primer lugar, la acción perjudicial que el agua pura ejerce sobre las células, al hidratarlas y substraerles elementos salinos

con perjuicio de la perfecta vitalidad de las mucosas y los tejidos. En segundo lugar, el suero fisiológico agrega a la acción germicida del desinfectante que tenga incorporado, la suya propia, y, sobre todo, agrega su acción tónica y estimulante sobre las células, lo que se traduce por una mayor vitalidad de las mucosas y los tejidos.

Es, probablemente, a una acción de esta clase que el líquido Carrel debe sus notables propiedades citofilácticas y cicatrizantes. Todos los que han usado el líquido Carrel han podido observar cómo bajo su acción aumenta la vitalidad de los tejidos que quedan al descubierto en las llagas y heridas, después de la eliminación del pus y de los tejidos necrosados.

#### NORMAS PARA EL EMPLEO DEL LIQUIDO CARREL

En un medio acuoso exento de materias orgánicas y de otros productos capaces de destruir el hipoclorito, bastaría una parte de cloro activo para esterilizar cinco millones de partes del medio: 1 litro de líquido Carrel esterilizaría, pues, veinticinco mil litros de agua en las condiciones expresadas.

Pero las materias orgánicas, animales o vegetales, destruyen el hipoclorito. Por lo tanto, para esterilizar un medio cualquiera, será necesario emplear tanto más hipoclorito cuanto mayor sea la cantidad de materias orgánicas en él contenidas.

En la esterilización de las aguas potables para los servicios públicos, por ejemplo, se aconseja emplear una parte de cloro activo por cada cuatro millones de partes de agua, cuando ésta es muy pura. Pero cuando se trata de aguas potables que contienen cantidades apreciables de materias orgánicas (de 1 a 3 mg. por litro), entonces se aconseja emplear una parte de cloro activo por cada dos millones o cada millón de partes de agua.

La sangre y demás líquidos del organismo, que contienen gran cantidad de materias orgánicas, destruyen con mucha rapidez el hipoclorito de sodio. En consecuencia, para desinfectar y esterilizar un medio en presencia de líquidos del organismo, será necesario emplear el hipoclorito a una concentración muchísimo mayor que la usada para la esterilización del agua.

De todos los líquidos normales y patológicos del organismo, el pus es el que destruye con mayor rapidez el hipoclorito. Esto se debe a que a la acción de las materias orgánicas que contiene, se agrega un efecto catalítico especial, que le es propio.

Al ponerse en contacto con los tejidos y líquidos del organismo, el hipoclorito pierde, pues, más o menos rápidamente, según las circunstancias, todo su cloro activo.

De las observaciones que preceden se infieren fácilmente las normas que han de servir de guía para el empleo del líquido Carrel como desinfectante.

**Primero:** Deberá emplearse en cada caso a una concentración tal que reste siempre hipoclorito sin descomponer en el líquido que llega a ponerse en contacto con la carne viva o parte a curar.

**Segundo:** Como el hipoclorito se destruye, al cabo de cierto tiempo, por simple contacto con los tejidos, será necesario renovar a menudo las aplicaciones, a fin de mantener siempre hipoclorito sin descomponer en contacto con los tejidos o partes a curar.

Así, por ejemplo, si se trata de desinfectar y esterilizar una parte lisa exterior del cuerpo, será perfectamente eficaz un líquido Carrel diluído al décimo. Pero para el tratamiento de mucosas con secreciones anormales y de regiones impregnadas de pus o de sangre, será menester usarlo a una concentración mucho mayor. Si las secreciones son muy abundantes, y, sobre todo, si hay mucho pus, se usará el líquido Carrel puro. También se le usará puro cuando se aplique localmente, mediante gasas o tapones de algodón.

Conviene evitar el empleo innecesario del líquido Carrel puro en las curaciones, sobre todo si se le renueva a menudo. El contacto prolongado del hipoclorito a tan alta concentración con las mucosas y carnes vivas limpias libres de pus, sangre, secreciones y demás líquidos destructores del hipoclorito, resulta irritante. Pero si aun en tales casos se desee usarlo puro, a fin de no perder la isotonía del líquido, entonces habría que renovarlo con menos frecuencia.

Cuando se le emplea ajustándose a las normas referidas, el líquido Carrel da siempre los mejores resultados.

Es a la no observancia de dichas normas que hay que atribuir los fracasos y los malos resultados obtenidos por algunos antes de ahora en el empleo del hipoclorito de sodio como desinfectante.

#### SUPERIORIDAD DEL LIQUIDO CARREL SOBRE EL LICOR DE LABARRAQUE, LAS SALMUERAS ELECTROLIZADAS Y DEMAS PREPARADOS A BASE DE HIPOCLORITO DE SODIO

Desde el punto de vista terapéutico, las salmueras electrolizadas, el licor de Labarraque, el agua de Javel, el cloruro de cal, etc., son todos muy inferiores al líquido Carrel.

Sólo por rutina se puede aconsejar todavía hoy el empleo del licor de Labarraque para los usos médicos.

Según la fórmula oficial del Codex, el licor de Labarraque debe contener alrededor de **seis por mil**

de cloro activo (dos grados clorométricos franceses), bajo forma de hipoclorito de sodio, y el líquido Carrel debe contener alrededor de **cinco por mil** de cloro activo (un grado y medio clorométricos). Los dos preparados son, como se ve, aproximadamente equivalentes en lo que se refiere a su riqueza en cloro activo. Pero el licor de Labarraque tiene respecto del líquido Carrel la gravísima desventaja de contener **sosa cáustica libre**, originada **inevitablemente** por la cal libre contenida en el cloruro de cal que se emplea para prepararlo. Es a esta sosa cáustica libre que el licor de Labarraque debe su acción cáustica e irritante.

Carrel ha demostrado que en las aplicaciones del hipoclorito de sodio se puede llegar, sin perjuicio alguno para las mucosas y tejidos sanos, hasta la concentración de cinco por mil de cloro activo. Puso, a más, en evidencia que es absolutamente indispensable aplicarlo a esta concentración en la curación de regiones muy cargadas de pus, porque de otro modo no se consigue que el líquido conserve aún hipoclorito sin descomponer cuando llega a ponerse en contacto con la carne viva.

Sería imposible emplear directamente el licor de Labarraque con tal concentración en cloro activo, a causa de lo irritante que resultaría por la sosa libre que contiene. En cambio, el líquido Carrel, por ser una solución neutra, permite emplear el hipoclorito a tan alta concentración, sin efectos secundarios desfavorables.

Generalmente se aconseja emplear el licor de Labarraque a la dilución de dos cucharadas de sopa por litro de agua. Esta dilución corresponde a una riqueza en cloro activo de **dos décigramos por litro**, aproximadamente. Usado a tan extrema dilución, el hipoclorito tiene que resultar absolutamente ineficaz en la gran mayoría de los casos, por cuanto todo el cloro activo es absorbido y descompuesto inmediatamente, antes de que pueda ejercer efecto alguno, por las sustancias orgánicas.

En resumen, el líquido Carrel debe emplearse hoy en todos los casos, en las aplicaciones médicas, en lugar del licor de Labarraque, por las razones siguientes:

**Primero:** Porque los dos son aproximadamente equivalentes en lo que se refiere a su riqueza en cloro activo.

**Segundo:** Porque el líquido Carrel permite emplear, sin perjuicio alguno, el hipoclorito a la alta concentración de cinco por mil de cloro activo, gracias a su condición de isotónico e isohídrico con el suero sanguíneo; mientras que el licor de Labarraque sólo se puede emplear muy diluído, a fin de evitar la acción irritante de la sosa cáustica libre que contiene.

**Tercero:** Porque, empleado puro, el líquido