

**UNIDAD ACADÉMICA HERMOSILLO**



**“DESINFECCIÓN DE AGUAS DE ACUÍFEROS DEL POBLADO  
“MIGUEL ALEMÁN” EMPLEADAS EN EL SECTOR  
AGROPECUARIO”**

**TESIS**

**REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO  
EN SISTEMAS DE PRODUCCION BIOSUSTENTABLES**

**PRESENTA:**

**ING. DANIEL RODOLFO RIVERA YESCAS**

**HERMOSILLO, SONORA**

**OCTUBRE 2019**

**“DESINFECCIÓN DE AGUAS DE ACUÍFEROS DEL POBLADO “MIGUEL  
ALEMÁN” EMPLEADAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO”**

**PRESENTA:**

**ING. DANIEL RODOLFO RIVERA YESCAS**

**COMITÉ TUTORIAL:**



**DR. RAFAEL JORDAN HERNANDEZ**

**Director**



**DRA. CARMEN ISELA ORTEGA ROSAS**

**Sinodal**



**DR. JESUS MANUEL QUIROZ CASTILLO**

**Sinodal**



## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando más débil he estado y dentro de tristeza me ha logrado levantar. Por ello, con toda la humildad que habita en mi corazón, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma dedico, esta tesis a la memoria de mis padres, quienes formaron un hombre de bien, empeñado siempre en salir adelante y motivado por el amor incondicional que desde el cielo me envían. Siéntanse orgullosos que llevo dentro de mi corazón los buenos hábitos, sentimientos y valores que me inculcaron desde niño.

A mis hermanos quienes han estado en este camino y me han brindado de su apoyo incondicional, hacia la superación profesional y personal.

Daniel R Rivera Yescas

## AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación.

Mis más sinceros agradecimientos están dirigidos hacia mi Director de Tesis el Doc. Jordán Hernández y mis sinodales la Doc. Carmen Ortega y el Doc. Jesús Quiroz, quienes, con su ayuda desinteresada, me brindaron de información relevante para la realización de esta tesis.

A todo el cuerpo docente de la Maestría en sistemas de producción sustentable de la Universidad Estatal de Sonora (UES), quienes aportaron su conocimiento en el desarrollo de esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la continuación de mis estudios de posgrado.

A mi jefe el Ing. Alejandro Mazón, quien me permitió trabajar y estudiar, aplicando todo el conocimiento adquirido en sus empresas.

A la Empresa Norson, quien me brindo la oportunidad de comprobar en sus instalaciones la efectividad del proyecto.

Gracias infinitas a todos los involucrados en mi desarrollo profesional y personal.

¡Muchas Gracias!

Daniel R Rivera Yescas

**Contenido**

**INTRODUCCION** ..... 6

**CAPITULO 1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... 10

1.1.- Descripción del problema de estudio ..... 10

1.2.- Objetivo General..... 12

1.3.- Objetivos Específicos ..... 12

1.4. - Justificación ..... 13

**CAPITULO 2.- MARCO DE REFERENCIA**..... 14

2.1.- La Porcicultura en el Mundo ..... 14

2.2.- La Contaminación del agua en la Porcicultura ..... 16

2.3. - Sistemas de Desinfección en Porcicultura ..... 18

2.4. - Métodos de Desinfección..... 20

2.5. – Tipos de Desinfectantes ..... 23

    2.5.1. - Formaldehído..... 23

    2.5.2. - Fenoles..... 24

    2.5.3. - Amonio cuaternario ..... 24

    2.5.4. - Yodóforos ..... 25

    2.5.5. - Hipocloritos ..... 25

    2.5.6. - Peróxidos ..... 27

2.6. – El Cloro como Desinfectante ..... 28

    2.6.1. – Cloradores ..... 29

    2.6.2. – Personal..... 30

    2.6.3. – Redes de Distribución ..... 30

    2.6.4. – Estandarización de la Cloración..... 32

2.7. – Antecedentes de la Cloración en Porcicultura..... 34

    2.7.1. – Subproductos de la Desinfección (SPD) ..... 35

    2.7.2. – Aspectos Reglamentarios ..... 35

    2.7.3. – Consecuencias de la Cloración..... 37

2.8. – El Dióxido de Cloro como Desinfectante ..... 39

2.9. – La Producción porcícola en Sonora .....	41
<b>CAPITULO 3.- METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
3.1.- Diseño metodológico .....	43
3.2.- Descripción del área de estudio .....	44
3.3- Levantamiento e información en campo.....	45
3.3.1 – Infraestructura .....	46
3.3.2. – Numero de Animales.....	46
3.3.3. – Consumo Promedio de Agua .....	47
3.3.4. – Consumo Promedio de Alimento .....	48
3.3.5. – Infecciones de Granjas .....	48
3.3.6. – Mortalidad Promedio por Sitio.....	49
3.4.- Implementación de Sistema Desinfectante con Dióxido de Cloro .....	51
3.4.1.- Dióxido de Cloro .....	51
3.4.2.- Montaje del Sistema con Dióxido de Cloro.....	52
3.4.3.- Seguimiento y control del Sistema .....	56
3.4.4.- Sistema Actual con Hipoclorito de Sodio.....	58
3.5.- Características Físicoquímicas y Microbiológicas.....	59
3.6.- Análisis y Evaluación de Resultados .....	60
<b>CAPITULO 4.- RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
4.1.- Evidencia y Evaluación de Resultados .....	61
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>BIBLIOGRAFIAS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>84</b>

## CONTENIDO DE IMAGENES

Figura 1: Presión Hídrica en el Mundo.....	7
Figura 2: Toneladas de Producción de Carne de Cerdo (Febrero de Cada año) .....	8
Figura 3: Exigencias cuantitativas para la limpieza y desinfección como medidas preventivas, atendiendo a la disminución del número total de bacterias por cm <sup>2</sup> de superficie de alojamiento. ....	18
Figura 4: Metodología Experimental a Implementar .....	43
Figura 5: Geolocalización de Granjas Norson .....	44
Figura 6: Granja Destete 2.4 .....	46
Figura 7: Sistema de Desinfección Autónomo.....	51
Figura 8: Montaje de Base .....	52
Figura 9: Instalación de Canaletas y Conexiones Eléctricas .....	53
Figura 10: Instalación de Switch de Control de Flujo.....	54
Figura 11: Dosificación de Dióxido de Cloro. ....	55
Figura 12: Puesta en Marcha del Sistema .....	55
Figura 13: Mediciones de Residual.....	56
Figura 14: Medición de Residual de Dióxido de cloro. ....	57
Figura 15: Cisterna que abastece sitio Destete 2.4 con capacidad de 150,000 lts.....	58
Figura 16: Historial de Dosificación en Sitio.....	64
Figura 17: Desprendimiento de Biofilm en tuberías. ....	65
Figura 18: Concentración Residual y Tiempo Mínimo para la eliminación del 99.9% a pH y 37°F.....	66
Figura 19: Análisis de Biofilm.....	67

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Volumen de Producción en México.....	9
Tabla 2: Principales características y usos de los desinfectantes utilizados en Producción Porcina.....	20
Tabla 3: Valores de CT (mg-min-1) al 99% de Eficiencia Biocida para diferentes desinfectantes a un pH= 6.0 - 7.0.....	35
Tabla 4: Tabla de Control Interno.....	46
Tabla 5: Tabla de Control de Consumo de Agua Promedio por Lechón .....	47



## INTRODUCCION

El agua es un elemento esencial para la vida y todos son conscientes de ello, así mismo resulta imprescindible para la producción de alimentos, electricidad y mantenimiento de la salud. También es requerida en el proceso de elaboración de muchos productos industriales, medios de transporte y es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra (ONU/WWAP 2003).

El agua forma parte de todos los procesos naturales de la tierra, por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida. Debido a que cada organismo depende del agua, ésta se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Pero también el agua es un recurso limitado, muy vulnerable y escaso en los últimos años, y no existe una conciencia globalizada sobre el manejo razonable que se debe ejercer sobre el mismo (CONAGUA, 2010). Esto origina crisis por el uso del agua, que provoca enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales, por lo que es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y conocer el uso de tecnologías o factores que afectan su calidad (Mejía Clara, 2005).

Sin la seguridad de tener acceso a agua de calidad, los humanos no podríamos sobrevivir por mucho tiempo. Las enfermedades relacionadas con el agua están entre los más comunes malestares y la mayoría de los casos se presentan en los países en desarrollo (ONU/WWAP, 2003).

A partir del año 2000, más de 2 mil millones de personas fueron afectadas por la escasez del agua en unos 40 países, de estos 1.1 billón no tuvo suficiente agua para beber (CONAGUA, 2014).

En Centroamérica conforme a la clasificación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), los países de la región cuentan con recursos hídricos suficientes y no debieran afrontar problemas de abastecimiento, pues utilizan menos del 10% de los mismos (SIINV-UNACH, 2012). Sin embargo, la distribución temporal y espacial de la lluvia, evidencia un

déficit hídrico durante 5 a 7 meses en la Vertiente del Pacífico, donde vive cerca del 70 % de la población, pero escurre cerca del 30% del agua de lluvia, limitando la producción, la seguridad alimentaria y provocando conflictos entre usuarios del agua (Figura 1) (Mejía Clara, 2005).

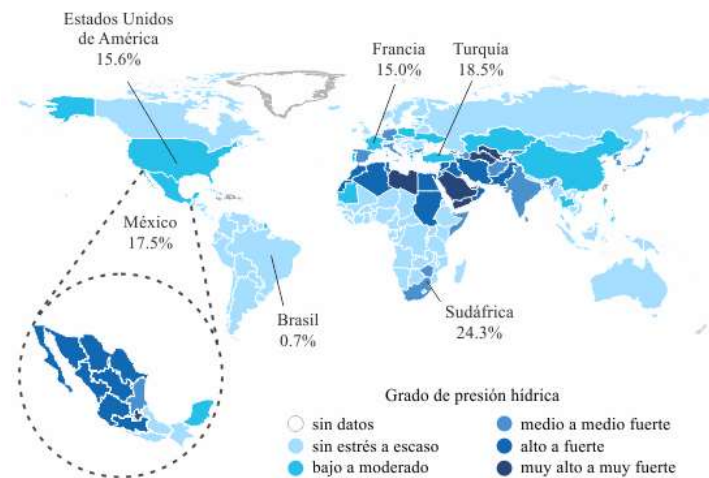


Figura 1: Presión Hídrica en el Mundo

Por otra parte, toda la región noroeste de México, tiene problemas de contaminación de aguas, con afectaciones serias a la salud animal. Se estima que sólo cerca de un 5% de las aguas residuales reciben algún tratamiento y que el 50% de los desechos sólidos producidos son dispuestos directamente en fuentes de agua. (Kelly Reynolds, 2002).

La zona pecuaria y agrícola de Sonora presenta muchos de estos problemas de contaminación. La agricultura usa un 70% de las fuentes de agua dulce. Esta cifra es tan alta por la cantidad de suelos que deben irrigarse para hacer la agricultura viable, para aumentar y mejorar las cosechas. Pero también, las actividades agrícolas contaminan grandes cantidades de agua.

La producción industrial de ganado contamina directamente las Acuíferos subterráneos, las aguas superficiales y los ríos a través del manejo de residuos ganaderos, e indirectamente a través del uso de pesticidas y agregados alimentarios (hormonas, antibióticos, etc.) para el ganado. Además, gran parte de estas tierras de la costa son malgastadas cultivando más para

generar alimento para el ganado, que comida para las personas. El agua usada en estas tierras para consumo del ganado, representa otra fuente de malgasto de este recurso. Ya que el agua utilizada en dichas tierras proviene del poblado Miguel Alemán, que cuenta con más de 30,869 habitantes; representando una pésima administración del recurso por falta de aplicación y control de los sistemas de regulación, esto como efecto de la baja capacidad local para darle un uso correcto al agua y conservar sus propiedades para consumo (SEGOB/DOG, 2013).

En este contexto, la empresa Norson que es una productora porcina cuenta con 349 granjas en el estado de Sonora, y con un inventario de 155 mil 600 vientres, genera 19 mil empleos directos, consume anualmente 600 mil toneladas de granos y 150 mil toneladas de Pastas. Se cuenta además con 9 Rastros Tipo Inspección Federal (TIF), Con una capacidad instalada mensual de 318 mil cabezas (Figura 2).



Figura 2: Toneladas de Producción de Carne de Cerdo (Febrero de Cada año)

Para 2010 Norson es primer lugar en producción porcina a nivel nacional, y en segundo lugar está Jalisco, pero en lo que no existe punto de comparación es en la calidad del producto y el volumen de exportación de productos porcinos de calidad al extranjero y mercados sumamente exigentes como Japón y Estados Unidos, toda vez que el único estado de México que a la fecha exporta al extranjero es Sonora (NORSON), siendo también el primero en obtener por parte del

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el permiso para exportar al vecino país carne de puerco. Lo que hace importante encontrar nuevas estrategias, para ser más eficientes y obtener productos cárnicos de mayor calidad, (BEGOÑA M.M, 2007).

Las divisas generadas por el subsector pecuario en el 2016 fueron del orden de los 435.3 millones de dólares y la porcicultura apporto 272.6 millones de dólares, representando 62.6%, producto de la exportación de 67 mil 420 toneladas de carne. (SAGARHPA, 2017) (Tabla 1).

Cárnicos	Volumen 2009	Volumen 2010 p/	Variación en % 2010 / 2009
Bovino	74,270	82,289	10.8
Porcino	221,863	210,844	-5.0
Aves	26,514	22,347	-15.7
Caprinos y Ovinos	789	836	6.0
Apícola (Miel)	340	377	10.9
Huevo para plato	111,638	110,466	-1.0
Subtotal (Toneladas)	835,414	427,159	-1.9
Otros Productos			
Leche de Bovino – Caprino (miles de litros)	127,251	130,123	2.3
Subtotal (Miles de litros)	127,251	130,123	2.3

Tabla 1: Volumen de Producción en México

Es por ello que el presente estudio comparativo plantea un análisis de la calidad del agua utilizando sistemas de desinfección con Dióxido de cloro y otro con hipoclorito de sodio. Este análisis es importante para identificar la calidad de agua existente, su origen y caracterizar qué tipo de sistema desinfectante es más efectivo y redituable, jerarquizar las tecnologías que contaminan menos hasta las que contaminan más, para poder recomendar medidas de mitigación, teniendo como objeto principal aumentar esta calidad en el sector pecuario de Sonora, a través de la implementación de tecnologías de bajo costo y apropiadas a las condiciones de la zona. La realización de este análisis se genera a través de una metodología participativa para satisfacer las necesidades actuales y requerimientos de la población, mejorando sus condiciones de vida y salud, a través del consumo de agua saludable, impulsando de esa forma el desarrollo de la región.

## **CAPITULO 1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.- Descripción del problema de estudio**

Para proteger la calidad del agua cada país establece su propia reglamentación y estándares de calidad; la legislación mexicana delimita las sustancias que pueden estar presentes en el agua potable y cuáles son las cantidades máximas permitidas para cada elemento (EPA, 2016). Establecidos los niveles máximos de los contaminantes presentes en el agua y según su fuente de origen, se eligen las metodologías más adecuadas para purificar el agua a lo que la ley determina como potable (Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, 2012).

En este sentido, para evitar la proliferación bacteriana en el agua se ha venido utilizando comúnmente el cloro; sin embargo, con el uso de este químico, comienzan los problemas de la potabilización, ya que se debe sobre dosificar este peligroso desinfectante para obtener en su residual, el mínimo de partes por millón (ppm) que la legislación exige, para catalogar esta agua como potable. La razón por la cual se utiliza el cloro es su capacidad desinfectante económico (UTN, 2005), especialmente por su efecto bactericida, llegando altamente a contaminar el agua. Sin embargo, las evidencias sostienen que el uso de esta sustancia en agua potable trae consecuencias severas para la salud que pueden ser igual o más graves que las que se busca neutralizar; es importante destacar que el cloro resulta peligroso tanto por la ingesta como por la absorción a través de la piel (EPA, 2016).

Dentro de la producción Porcícola, el cloro es comúnmente utilizado en los sistemas de desinfección del agua de sus sitios de engorda, agregando grandes cantidades de este químico económico a sus fuentes de agua, sin alcanzar la completa desinfección del líquido vital, trayendo graves consecuencias como la presencia de enfermedades gastrointestinales en los cerdos y aumentando el número de su mortalidad (PORCIMEX, 2016).

En ese sentido de las afectaciones a la salud porcina del consumo de agua clorada, la empresa Norson se interesa en introducir a su proceso de producción Porcícola, un sistema de desinfección de agua menos dañino para el consumo de los animales de corral, evitando con

ello, la mortalidad de los antes mencionados y ayudando de manera sustentable a generar un menor impacto ambiental (ECODENA, 2018).

Existen diferentes alternativas en sistemas de desinfección de agua de consumo, como lo son; el uso e implementación de ozono, ácidos hipoclorosos, dióxido de cloro, halógenos, metales pesados, permanganato, jabones y detergentes y sales de amonio, entre otros. En el presente proyecto se implementará, medirá y se dará seguimiento a las ventajas que ofrece el uso del Dióxido de Cloro en un sistema autónomo de desinfección, comparado con el que el Cloro ofrece hasta hoy.

Una vez establecido el planteamiento del problema de la presente investigación se pretende responder a la siguiente pregunta de investigación:

¿Es el Dióxido de cloro una alternativa sustentable para el proceso de desinfección de agua de consumo Porcícola en las granjas de producción de Norson?

## **1.2.- Objetivo General**

Analizar la calidad del agua de los pozos que abastecen las granjas Porcícolas comparando dos sistemas distintos de desinfección: hipoclorito de Sodio vs. Dióxido de Cloro obteniendo con ello el mejor proceso de desinfección Biosustentables minimizando así el impacto ambiental en el sector Porcícola.

## **1.3.- Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar cuáles son los contaminantes que afectan la calidad del agua.
- ✓ Aplicar tecnologías sustentables que puedan ser utilizadas en la zona para la desinfección de agua con fines de consumo.
- ✓ Difundir la información obtenida, a través del sistema educativo y sectores productores de la localidad.

#### 1.4. - Justificación

La zona hídrica de la costa de Hermosillo posee gran importancia para el desarrollo de todas las actividades pecuarias en el estado de Sonora; la misma ha sido por muchos años de gran valor económico para todas las poblaciones cercanas, como: consumo humano, agrícola, actividades pecuarias, turismo, y conservación de ecosistemas, entre otros. Cada vez, la calidad del agua es más baja, lo que puede contribuir a transmitir gran cantidad de enfermedades diarreicas agudas en distintas poblaciones (Aguiar et al, 2000).

Por lo anteriormente expuesto, la empresa Norson se compromete a trabajar en la obtención de un sistema de producción Porcícola más amigable con el medio ambiente. A través de la evaluación de la calidad del agua proveniente de pozos ubicados en esta localidad, "zona agrícola del poblado Miguel Alemán". Implementando un sistema de desinfección distinto al actualmente utilizado basándose en los parámetros físico-químicos del agua para cumplir con lo establecido por la Norma oficial mexicana NOM-127-ssa1-1994: *salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. Que regula los criterios de calidad y los requisitos para el agua potable y de "Higiene Comunal - Fuentes de abastecimiento de agua" para así evaluar su calidad y posible uso.

La evidencia sostiene que el uso de Dióxido de Cloro en sistemas de desinfección de agua, ofrece beneficios ambientales como: la eliminación de fuertes olores en las granjas. Al contar con un ambiente con mejor calidad de aire, ofrecemos a los trabajadores un espacio laboral con mayor calidad en el ambiente laboral. Por otro lado, se ofrece a los animales agua con mayor calidad, de esta manera se reduce la mortalidad en granjas, generando con ello mayor salud gastrointestinal y por ende evitando la deshidratación y muerte del puerco. Lo anterior descrito genera una mayor ganancia económica para la empresa. Por último, el problema de la mortalidad en el proceso Porcícola, en la cual se crea una fosa común que es llenada por carne contaminada y cal, afecta directamente a los suelos. Al reducir este rubro "Mortalidad" reducimos de manera sustentable el impacto directo de la contaminación al suelo.



## **CAPITULO 2.- MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1.- La Porcicultura en el Mundo**

La porcicultura representa la principal actividad pecuaria y fuente de proteína animal a nivel mundial, equivale al 42% de la producción total de carne en el mundo. El cerdo ocupa el Primer lugar en el mundo como productor de carne: corto periodo de gestación 114 días, alta prolificidad 24-30 lechones hembra al año y corta edad de sacrificio 4-5 meses.

Es la principal carne consumida en el mundo, se adapta a diferentes ambientes y a cualquier grado de especialización pequeña o gran escala.

Posee alta eficiencia biológica en la transformación de los alimentos en carne (Vegetales: proteína de alta calidad) consume gran diversidad y volumen de alimentos, se integra muy bien con otras especies en política de reciclaje y saneamiento ambiental, así como la característica y sabor de sus carnes que permite la elaboración de una gran cantidad de derivados ya que asegura una rápida respuesta productiva y económica (Araque 2009)

La gestión del agua es otro de los aspectos fundamentales para conseguir una producción porcina eficiente y sostenible medioambientalmente. Hay que tener en cuenta que el agua es un recurso escaso y que en la explotación porcina una parte de ella pasa finalmente a formar parte como residuos orgánicos (purines), incrementando el volumen de los mismos.

La cantidad de agua utilizada en una granja no es nada despreciable, con valores promedio próximos a los 90-100 litros por cerda y día en una explotación de ciclo cerrado.

El agua es utilizada en la granja para tres grandes grupos de actividad: utilizada de forma directa por los animales (70-80%), utilizada en la refrigeración (20-25%) y utilizada en la limpieza de instalaciones y equipos (3-5%).

En cada una de estas actividades existe una cantidad de agua que es imprescindible para poder llevarlas a término.

Pero en algunos casos la cantidad de agua utilizada es desmesurada y por tanto estaremos frente a un caso de un inadecuado uso de la misma. Entre los factores que condicionan el uso

del agua por parte de los animales están la cantidad y forma de presentación (harina, gránulo) y el nivel de dilución (seco, líquido) del alimento.

También es importante la forma de distribución del alimento y del agua de bebida, tomando especial relevancia el tipo y diseño de los bebederos o de los bebederos-comedero.

El agua de limpieza es otro de los aspectos a considerar, dado que contribuye al consumo del recurso y finalmente a la producción de desechos de origen orgánico (purines).

No existen resultados concluyentes, pero todo parece indicar que la temperatura y presión del agua pueden ser determinantes. No hay que olvidar tampoco la importancia de tipo de equipo de difusión utilizado, así como la experiencia y pericia del operario que limpia, conjuntamente con la organización del proceso de limpieza.

Finalmente, indicar que el agua de refrigeración también debe controlarse, cuantificarse y considerarse como factor de consumo. Por supuesto que en este caso las condiciones climatológicas de la zona donde se ubique la granja serán determinantes.

En todo caso hay que adquirir la conciencia de que esta fuente de consumo puede representar hasta el 25% del consumo total de agua en la granja, y que por tanto requiere una adecuada gestión con fines técnicos, económicos y medioambientales (Babot 2015).

## 2.2.- La Contaminación del agua en la Porcicultura

La industria porcina en el mundo produjo, entre 2005 y 2010, aproximadamente 1200 millones de puercos anualmente, de los cuales en 2010 China produjo aproximadamente 650 millones, Europa 260 millones y los EUA 115 millones.

En México esta industria, entre 2000 y 2010, tuvo un crecimiento de aproximadamente 15%, pasando de una producción de 14 millones a 15 millones de puercos anualmente. De acuerdo con la Confederación de porcicultores mexicanos (2012) los principales productores de carne de puerco en el país son: Sonora (19 %), Jalisco (19 %), Puebla (10 %), Guanajuato (9 %), Yucatán (8 %), Veracruz (9 %), Michoacán (3 %), Tamaulipas (1 %), Oaxaca (2 %), Chiapas (2 %) y el resto del país (18 %) (Garzón Zúñiga M.A, Buelna G., 2014)

Sin embargo, esta importante agroindustria en México presenta problemas ambientales y sociales debido a la contaminación de las aguas y del suelo que se encuentran a su alrededor que, además, son acompañados de malos olores.

Un estudio realizado hace aproximadamente dos décadas (Pérez 2001) reveló que solamente un 60% de las granjas separaba sólidos; de las cuales aproximadamente 50 % acostumbraban acumularlos adentro o afuera de la granja, ocasionando graves problemas de olores, moscas y patógenos.

En cuanto al tratamiento de los residuos líquidos 9% no contaba con ningún tratamiento, 27% con dos procesos unitarios de tratamiento y 50% con tres procesos unitarios de tratamiento. Entre los que se encontraban fosas, lagunas (excavadas en el suelo, pero sin impermeabilizar), decantadores, y algunos digestores y procesos aerobios.

Un alto porcentaje de estos sistemas no removía ni el 80% de la carga orgánica presentándose concentraciones en los efluentes ya tratados.

Un estudio más reciente (Cervantes et al. 2005) reporta que, en el estado de Sonora, México la industria porcina ha provocado efectos severos en el ambiente por la acumulación de desechos sólidos sin tratar y por la contaminación de diferentes cuerpos de agua donde son

descargadas sus aguas residuales. Otro estudio (Victorica-Almeida et al. 2008) reporta que en México 28% de las descargas de granjas porcinas no son tratadas. Las descargas de granjas porcinas deben cumplir con los límites máximos de contaminantes especificados en la *NOM-001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 1996)* si descargan en un cuerpo de agua y con la *NOM-003-SEMARNAT-1997 (SEMARNAT 1997)* si descargan al suelo para riego agrícola. Sin embargo, casi ninguna granja cumple con la normativa por lo que se hacen acreedoras a sanciones de la *Comisión Nacional del Agua* (Garzón Zúñiga y Buelna, 2014)

Aun cuando se sabe que en el país los sistemas de tratamiento aplicados en granjas porcinas presentan en general bajas eficiencias de remoción de contaminantes, no hay reportes en la literatura que aborden esta problemática. La cual, en buena parte, se debe a una combinación entre:

- a) el desconocimiento de los vendedores de sistemas de tratamiento de que las aguas residuales de esta agroindustria presentan grandes variaciones en su composición dependiendo del tamaño de la granja, el grado de tecnificación, o el tipo de proceso productivo: es decir si se trata de un sitio 1 maternidad, un sitio 2 destete, un sitio 3 engorda.
- b) al hecho de que se han aplicado sistemas de tratamiento convencionales que tienen limitaciones de orden técnico y económico. Esto ha llevado a que los sistemas sean mal diseñados, poco apropiados, mal operados, tanto por falta de personal capacitado como por los altos costos de operación y mantenimiento (aireación y/o insumos).

### 2.3. - Sistemas de Desinfección en Porcicultura

El concepto de bioseguridad en una explotación Porcícola hace referencia al mantenimiento de un medio ambiente libre de microorganismos o, al menos, con una carga mínima que no interfiera con las producciones animales. Así pues, podemos definir la bioseguridad como el conjunto de prácticas de manejo que van encaminadas a reducir la entrada y transmisión de agentes patógenos y de sus vectores en las granjas y que pudieran afectar a la sanidad, al bienestar o a los rendimientos técnicos de los animales.

La bioseguridad, es la práctica de manejo más barata y más segura para el control de las enfermedades. Ningún programa de prevención de enfermedades puede obviar un plan de bioseguridad. Sin una buena limpieza y desinfección de las instalaciones no podemos perseguir el objetivo final de todo plan de bioseguridad que es el mantenimiento de la nave libre de microorganismos (Quiles y Hevia, 2006).

Cuanto más intensiva sea la producción, más importantes han de ser las medidas higiénicas a adoptar. Mediante la limpieza y la desinfección pretendemos reducir el número de contaminantes existentes en las explotaciones porcinas (Figura 3).

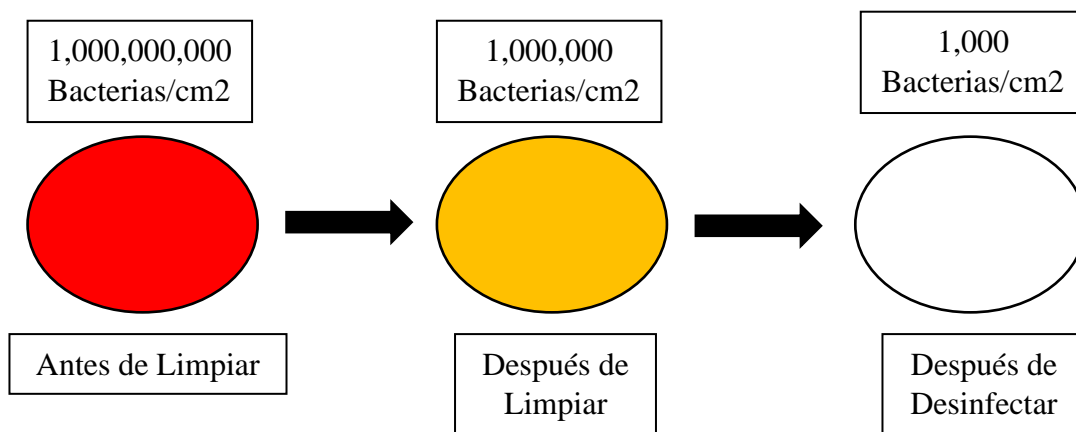


Figura 3: Exigencias cuantitativas para la limpieza y desinfección como medidas preventivas, atendiendo a la disminución del número total de bacterias por cm<sup>2</sup> de superficie de alojamiento.

Generalmente ambas acciones se aplican de manera conjunta, primero se limpian las instalaciones y el utillaje ganadero y después se desinfecta. Por tanto, limpieza y desinfección se complementan a la hora de aplicar medidas de bioseguridad en las granjas de cerdos.

Entendemos por limpieza la separación, altamente eficiente y de larga duración de, como mínimo, dos sustancias que se hayan unido físicamente entre sí. Por el contrario, la desinfección tiene como objetivo inactivar determinados microorganismos como bacterias, virus, hongos o formas parasitarias. (Quiles A, Hevia M.L, 2006).

Antes de instalar los efectivos (cerdas próximas al parto en la nave de maternidad, lechones recién destetados en la nave de transición o lechones al inicio del cebo en los cebaderos) hemos de procurar que los animales lleguen a unas instalaciones en gran medida limpias y con una carga microbiana aceptable.

El vacío sanitario tiene por objeto la eliminación de todos los agentes microbianos, parásitos, de la materia orgánica, consiste en dejar vacía una sala o departamento dentro de una nave, o incluso la nave en su totalidad, tras efectuar la correspondiente limpieza y desinfección, para lo que previamente se han sacado todos los animales al mismo tiempo. De esta manera, el cerdo entra en contacto con ambientes libres de patógenos, ya que las instalaciones han quedado libres de microorganismos, semejándose a unas instalaciones al inicio de su funcionamiento o recién estrenadas.

El objetivo es que cuando el animal tome contacto por primera vez con la instalación, lo haga en un ambiente higiénico por encima del 90% y libre de patógenos.

Este proceso debe quedar perfectamente determinado en el organigrama del ciclo productivo y en el plan de trabajo de los operarios. Asimismo, este periodo puede ser utilizado para llevar a cabo las reparaciones necesarias y otras operaciones.

Durante el periodo que dura el vacío sanitario es preciso que la sala permanezca cerrada, sin que tenga acceso a ella ni operarios ni animales, para evitar una posible inoculación.

## 2.4. - Métodos de Desinfección

Existen una gran cantidad de métodos de desinfección del agua dentro del rubro pecuario, si hablamos de una desinfección gaseosa o bien de la aplicación de desinfectantes líquidos, en cualquier caso, estamos hablando de una desinfección química, ya que los métodos de desinfección físicos: métodos térmicos (calor seco o calor húmedo), radiaciones UV, radiaciones ionizantes, ultrasonidos y los métodos de desinfección biológicos no tienen una aplicación práctica en las explotaciones porcinas.

Desinfectante	Usos	Efectividad	Ventajas	Inconvenientes
Iodóforos	Desinfección de equipos	Bacterias.  Efecto limitado frente esporas, hongos y virus.	Atóxico  No irritante	Se inactiva fácilmente en presencia de materia orgánica y bajo la radiación del sol. Se neutraliza con jabón
Hipodoritos	Desinfección del agua Limpieza de equipos	Bacterias y hongos. Efecto limitado frente esporas y virus.	Barato	Se inactiva fácilmente en presencia de materia orgánica Irritante para la piel. Bajo poder de penetración
Amonio cuaternario	Desinfección de equipos y utillaje. Desinfección de vehículos.	Bacterias. Efecto limitado frente esporas, hongos y virus.	Poco tóxico.  No corrosivo.	Se inactiva fácilmente en presencia de materia orgánica y jabón.
Formaldehído	Desinfección superficial.	Bacterias. Efecto limitado frente esporas.	Gran poder de penetración.	Irritante para los ojos y vías respiratorias. De acción lenta. Difícil eliminación.
Fenoles	Saneamiento de equipos y pediluvios. Desinfección de locales.	Bacterias. Efecto limitado frente hongos y virus. Y pobre frente a esporas.	Poco afectado por la materia orgánica.	Olor fuerte. Tóxico a nivel cutáneo.

Tabla 2: Principales características y usos de los desinfectantes utilizados en Producción Porcina

La desinfección gaseosa se lleva a cabo mediante vaporización de un desinfectante, generalmente, el formaldehído. La ventaja de este tipo de desinfección radica en que se puede tener acceso a partes que son difícilmente accesibles con los desinfectantes líquidos, como las esquinas, determinadas partes de los comederos o bebederos próximas a la pared, etc. Sin embargo, rara vez este método de desinfección se utiliza en las explotaciones porcinas, ya que no es muy comúnmente usado por el tráfico dentro de las instalaciones y al no contar con un sello hermético, como máximo se lleva a cabo la desinfección con vapor caliente con formaldehído ya que este no requiere de un sello de la granja.

En cuanto a la desinfección líquida se realiza utilizando el líquido desinfectante directamente con la ayuda de una bayeta, estropajo, esponja o cepillo limpio y frotando o fregando la superficie o utensilio a desinfectar. Sin embargo, no se cuenta con el personal en sitio para realizar este trabajo y la entrada y salida del mismo seria estropear la pirámide interna de bioseguridad. Ahora bien, podemos variar el tamaño de la gota del desinfectante para poder aumentar la dispersión espacial del desinfectante y aumentar con ello la eficacia.

En este sentido, podemos hablar de tres tipos de desinfecciones líquidas: desinfección por pulverización, desinfección por pulverización fina y desinfección por aerosol.

Actualmente dentro de la producción Porcícola, el tema principal es la importancia de tener en práctica un buen programa de bioseguridad. El concepto de bioseguridad es sujeto de muchos debates y diferencia de opinión entre técnicos y productores.

El propósito de este proceso es dar una clara y simple definición a este concepto y ver cómo integrar un efectivo programa de desinfección como parte de las prácticas de manejo involucradas en un programa efectivo de bioseguridad (Woodger, 2015).

Definimos entonces la bioseguridad operacional como el conjunto de prácticas de manejo que, cuando son seguidas correctamente, reducen el potencial para la introducción y transmisión de microorganismos patógenos y sus vectores a las granjas y dentro de las mismas.



Los procedimientos de bioseguridad deben estar en combinación con una efectiva desinfección y un programa de vacunación y medicación con el objetivo común de reducir la carga microbiana a niveles no infecciosos.

Por desinfección se entiende el proceso que reduce el número de organismos patógenos, pero no necesariamente las esporas bacterianas, a un nivel que no es dañino para la salud.

La selección de un desinfectante es el paso más importante en la preparación de un programa efectivo de bioseguridad operacional. Nos referimos a bioseguridad operacional para distinguirla de la bioseguridad conceptual (localización física de la granja) y de la bioseguridad estructural (diseño de la granja, sistema de drenaje, etc.)

## 2.5. – Tipos de Desinfectantes

### 2.5.1. - Formaldehído

Es el desinfectante por excelencia. Generalmente es utilizado mediante fumigación, para lo cual deben cerrarse bien todas las ventanas y puertas para que los gases puedan actuar. Se prefiere el método de la fumigación al del spray ya que los gases son capaces de llegar a todas las esquinas y ranuras de la nave.

Se encuentra en el mercado en solución acuosa al 35-40%, denominándose formalina. El efecto desinfectante del formaldehído depende mucho de la temperatura ya que es un gas. ya que es altamente volátil e inflamable y posee un olor penetrante por ello no se recomienda su uso en granjas porcícolas.

Para la desinfección de las granjas porcinas la formalina se emplea entre el 1 y el 3%. NIOSH (United States National Institute for Occupational Safety and Health) considera que una concentración en el aire de Formaldehído a partir de 20 ppm es peligrosa de forma inmediata para la salud humana y animal, Los casos de exposición por tiempos prolongados en concentraciones consideradas como agudas traen consigo el riesgo de muerte para cualquier individuo presente en el área de peligro.

La exposición aguda al Formaldehído se da en niveles entre 50 y 100 ppm donde se detecta principalmente por su olor; los efectos en las vías respiratorias son muy serios y por lo general se presentan en forma de quemaduras e irritación muy fuerte de nariz, tráquea, esófago, bronquios y pulmones.

En concentraciones de entre 10 y 20 ppm se presenta dificultad en la respiración debida a la inflamación de vías respiratorias, tos, y quemaduras severas de nariz y garganta.

A 10 ppm el Formaldehído provoca lagrimeo profuso, pero se puede soportar por algunos minutos. A 4 o 5 ppm se genera irritación leve da las mucosas nasales y bucales.

En 1 ppm solo se siente su olor, aunque personas muy sensibles a esta sustancia pueden desarrollar irritaciones leves.

Las exposiciones de alguna consideración provocan en las víctimas dolor de cabeza, rinitis, bronquitis, edema pulmonar o neumonía como efectos comunes por ello hemos de tener un especial cuidado con su manipulación ya que puede provocar irritación de la piel, de las mucosas y su efecto cancerígeno (Petrucci, 2003).

### **2.5.2. - Fenoles**

Los fenoles son derivados de carbón – brea -. Los fenoles y aceites esenciales han sido utilizados en colutorios y caramelos durante años, aunque no tan eficaces como la clorhexidina. Tienen una actividad anti placa avalada por una cantidad de estudios a corto y largo plazo de uso en el hogar (Lindhe, 2000).

Hunter y colaboradores (1994) declaran que se ha intentado su combinación con otras sustancias, logrando seguir estudios iniciales, resultados prometedores. Tienen un olor característico y se vuelven lechosos en el agua.

Los fenoles son muy efectivos contra los agentes bacterianos y son también efectivos contra hongos y muchos virus. Sus usos más comunes en las explotaciones porcinas incluyen: saneamiento de equipos y alfombrillas para los pies (Petrucci, 2003).

### **2.5.3. - Amonio cuaternario**

Los compuestos de amonio cuaternario son generalmente inodoros, incoloros, no irritantes, y desodorantes. También tienen alguna acción de detergente, y son buenos desinfectantes. Sin embargo, algunos compuestos de amonio cuaternario son inactivos en presencia de jabón o residuos de jabón, ya que su actividad antibacteriana se reduce con la presencia de material orgánico. Los compuestos de amonio cuaternario son efectivos contra bacterias y algo efectivos contra hongos y virus, ya que son generalmente más eficaces en un ambiente más alcalino (Petrucci, 2003).

Los amonios cuaternarios, no obstante, son ineficaces contra *Mycobacterium tuberculosis*. Cuando se usan debidamente diluidos, son insípidos, inodoros y virtualmente no tóxicos.

Sin embargo, pueden causar irritación conjuntival al ser aplicados directamente sobre los ojos. Algunas personas que están diariamente expuestas a los amonios cuaternarios por su trabajo pueden desarrollar una dermatitis que suele ser una reacción de hipersensibilidad. Por ello no es recomendable dentro del rubro Porcicola.

#### **2.5.4. - Yodóforos**

Los compuestos de yodo son una combinación de yodo elemental y una sustancia que hace al yodo soluble en el agua. Son buenos desinfectantes, pero no funcionan bien en presencia de material orgánico, debido a que al disolver un yodóforos en agua, sea ésta potable o de pozo, es importante considerar la dureza total que contiene el agua, ya que la dureza sobre ciertos niveles de concentración produce un aumento de pH de la solución de trabajo. Esto significa que se inactiva parte del yodo activo ( $I_2$ ) que contiene el producto.

Las soluciones diluidas de yodóforos exhiben máxima actividad y estabilidad en soluciones ácidas a niveles de pH de 3 a 5,5. Así, por ejemplo, el poder desinfectante de un yodóforo en solución a pH 9 (alcalino) es inferior a un 75% al poder desinfectante que tiene el mismo yodóforo en solución pH 5 (ácido). Por lo tanto, es importante que un yodóforo contenga niveles adecuados de ácidos (ya sean éstos de naturaleza orgánica o inorgánica) para neutralizar la acción negativa de la dureza del agua (Petrucci, 2003).

También es importante considerar que un yodóforo, por sí solo no garantiza una buena desinfección si previamente no se ha realizado un buen proceso de limpieza, utilizando un detergente adecuado, para retirar toda la suciedad visible/materia orgánica sobre las superficies a desinfectar. Siendo estos no tan efectivos o recomendables contra bacterias, hongos, y muchos virus en el rubro porcícola y sus aguas.

#### **2.5.5. - Hipocloritos**

Los compuestos de cloro son buenos desinfectantes sobre superficies limpias, pero son rápidamente inactivados por la suciedad, ya que no son activos en presencia de materia orgánica. El cloro es efectivo contra bacterias y muchos virus. Estos compuestos son también

mucho más activos en agua caliente que en agua fría. La causa principal de esto es que a temperaturas templadas el hipoclorito se descompone generando gases tóxicos, si este se utiliza en agua caliente seguro su fuerte olor a lejía resalta, esto significa que el cloro está en el ambiente y no en la solución de limpieza.

Las soluciones de cloro pueden irritar la piel ya que son corrosivas para el metal debido a que tiene una densidad relativa de 1,1 (5,5% solución acuosa). Como agente blanqueante de uso doméstico normalmente contiene 5% de hipoclorito de sodio (con un PH de alrededor de 11, es irritante). Si está a mayor concentración, contiene un 10 a 15% de hipoclorito de sodio (con un PH alrededor de 13, se quema y es corrosivo).

Por tratarse de una sustancia inorgánica no se le pueden aplicar los métodos para determinación de biodegradabilidad, A pesar de la dilución, el Hipoclorito de Sodio forma soluciones causticas con el agua. Resultando muy tóxico para los organismos acuáticos, de manera que se usa para reducir la presencia de microorganismos en los procesos de tratamiento de aguas residuales y no de consumo. Además, esta sustancia trae efectos perjudiciales a los organismos acuáticos por variación del pH.

Esto también ocurre cuando hipoclorito de sodio contacta con ácidos, luz del día, ciertos metales y venenos, así como gases corrosivos, incluyendo el gas de cloro. El hipoclorito de sodio es un oxidante fuerte y reacciona con compuestos combustibles y reductores.

El Hipoclorito de Sodio reacciona violentamente con múltiples sustancias químicas, razón por la cual se recomienda no mezclarlo con ningún otro como: amoniaco, aminos, sales de amonio, azidrina, metanol, fenilacetnitrilo, celulosa, metales oxidables, etilenimina, Ácidos, jabones, y bisulfatos. Ya que las posibles consecuencias de su mezcla serian: liberación de cloro que puede ocurrir con violencia, formación de compuestos explosivos, liberación de gases nocivos, formación de compuestos orgánicos clorados, liberación de oxígeno que generalmente no ocurre con violencia, puede producir sobrepresión o ruptura de sistemas cerrados, entre otros (Petrucci, 2003).

### 2.5.6. - Peróxidos

El peróxido de hidrógeno ( $H^2O^2$ ), también conocido como agua oxigenada, dioxigen, óxido de agua o dioxidano, es un compuesto químico con características de un líquido altamente polar, fuertemente enlazado con el hidrógeno tal como el agua, pero que en general se presenta como un líquido ligeramente más viscoso que ésta. Es conocido por ser un poderoso oxidante.

El peróxido de hidrógeno se usa comúnmente en operaciones avícolas, mezclando 30 cc en 100 litros de agua de beber, para desinfectar los bebederos. Se lo considera como un desinfectante oxidante, e incluye otros tales como ozono y permanganato de potasio.

El peróxido de hidrógeno debe experimentar una compleja reacción química, no completamente entendida, formando radicales de hidroxil altamente reactivos, los cuales atacan las membranas celulares. Existen preparados comerciales disponibles de peróxido de hidrógeno al 3 %, que son relativamente estables y efectivos cuando se usan en superficies inertes, pero el contacto debe ocurrir por un lapso de al menos 20 minutos para tener una acción fungicida.

Las indicaciones apuntan que las concentraciones deben estar en un rango entre 10 y 25 %, con un tiempo de contacto mayor para ser esporicida. Resultaría inapropiado para la desinfección en áreas de superficie grandes, las cuales no pueden ser sumergidas en la solución, por lo cual no es aplicable en el rubro porcícola.

Son activos contra bacterias, esporas bacteriológicas, virus, y hongos a concentraciones bastantes bajas, debido a que se encuentra en bajas concentraciones (del 3 al 9 %) en muchos productos domésticos para usos medicinales y como blanqueador de vestimentas y el cabello. En la industria, el peróxido de hidrógeno se usa en concentraciones más altas para blanquear telas y pasta de papel, y al 90 % como componente de combustibles para cohetes y para fabricar espuma de caucho y sustancias químicas orgánicas. En otras áreas, como en la investigación, se utiliza para medir la actividad de algunas enzimas, como la catalasa (Petrucci, 2003).

## 2.6. – El Cloro como Desinfectante

El cloro es un elemento cuyo símbolo químico es Cl. Se identifica industrialmente como  $\text{Cl}_2$ , que es la especie molecular en estado puro. Se produce y comercializa en tres formas: gas cloro, hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio.

El gas cloro es el  $\text{Cl}_2$  puro. En condiciones ambientales, es un gas de color amarillo-verde, muy tóxico, de un olor agresivo e irritante, y que se acumula en el piso ya que es 2.5 veces más denso que el aire. Se vende en cilindros a una presión suficiente para mantenerlo en estado líquido. Su toxicidad y el hecho de que se almacena a presión, hace indispensable una capacitación técnica para manejarlo de manera segura. Cuando se dosifica en agua, se disuelve en forma ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ), que es conocido como “cloro activo”.

El hipoclorito de calcio es un sólido blanco, cuya fórmula química es  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ . Se produce en forma granular, de pelets o pastillas. Al disolverse en agua, libera cloro activo ( $\text{HOCl}$ ). Aunque no es tan peligroso como el gas cloro, debe manejarse con las recomendaciones que señalan las hojas de datos de seguridad.

El hipoclorito de sodio es el  $\text{NaOCl}$ . Se comercializa en solución acuosa, por lo que ya está presente en forma de cloro activo. Se produce en concentraciones de hasta 15% en peso. El blanqueador que se usa en las casas es hipoclorito de sodio al 3-4% (Lazcano C.A, 2009).

La cloración es el método más común de desinfección de agua. El ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ) se disocia reversiblemente en ión hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ), en una proporción que depende del pH del agua. El cloro activo es el conjunto de ambas especies. Es un oxidante que reacciona con muchos otros compuestos.

Demanda de cloro. Al adicionarse al agua, primero reacciona con los compuestos inorgánicos presentes en la mayoría de los cuerpos de agua, como el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y el fierro disuelto ( $\text{Fe}^{+2}$ ). En esta etapa aún no ocurre la desinfección. Al seguirse agregando cloro, este reacciona con el amoníaco y la materia orgánica presentes, para formar compuestos organoclorados, como son las cloraminas. Los compuestos recién formados, siguen realizando una acción desinfectante, aunque lenta.

Las reacciones anteriores forman parte de lo que se conoce como “demanda de cloro” del agua en cuestión. Una vez que se satisface esta demanda inicial, al agregar mayor cantidad de cloro, se empezará a acumular un residual de cloro que llevará a cabo el proceso de desinfección. El punto en el que se satisface la demanda de cloro inicial, se conoce como “punto de ruptura” de cloro.

Las dosis aplicadas en post-cloración también deben estar por encima del punto de quiebre y deben estandarizarse de tal forma que se asegure un residual libre de cloro no menor de 0,5 mg/L en cualquier punto de la red, especialmente si las redes son muy antiguas y existe el riesgo de contaminación con desagües (Lazcano C.A, 2009).

### **2.6.1. – Cloradores**

El cloro que generalmente se utiliza para la desinfección del agua, se adquiere en la forma de gas licuado en cilindros de 907 kg o de 68 kg para plantas pequeñas o pozos, en cualquiera de los casos, éstos son instalados con sistemas de tuberías y válvulas, conectadas a cloradores de alimentación al vacío, accionados por bombas de agua, el gas cloro que ingresa al clorador, pasa por un rotámetro, que mide el flujo que ingresa; además existen dispositivos de regulación de flujo, que controlan la tasa de flujo con la cual trabaja el clorador y que generalmente operan en forma manual.

El problema surge cuando existen cambios de caudal horario, donde el operador no siempre incrementa o disminuye la cantidad de cloro que se debe aplicar en el momento del cambio, y se aplica en forma excesiva o mínima según sea el caso; así mismo, cuando los cloradores tienen un capacidad máxima muy por encima de la capacidad de la planta, con producciones bajas, la regulación del flujo de cloro no es precisa; algunas veces se aplica cloro en forma directa ya sea por falta de energía eléctrica o mantenimiento de los sistemas de cloración, en estos casos es muy difícil controlar la dosificación del cloro (Avilés Flores, 2016).

La estandarización de la cloración en las plantas y en los pozos, la automatización de la aplicación de cloro en relación al caudal horario y la demanda de cloro y control periódico



del cloro residual libre en la salida de las plantas y en los puntos estratégicos de la red permitirán solucionar los problemas mencionados.

### **2.6.2. – Personal**

El personal que interviene en la operación de los sistemas de cloración en las plantas de tratamiento constituye el factor decisivo en los resultados que se obtienen de la cloración, debido a las dificultades por el control adecuado de dosificación de cloro. Los problemas son causados principalmente por:

- Operatividad del sistema que generalmente es en forma manual.
- Capacidad de los equipos cloradores muy por encima de la demanda máxima requerida, que dificulta el afinamiento en su dosificación y lectura.
- Desfase de la aplicación en relación con el volumen y la calidad del agua a clorar
- Ausencia de registros de control en la dosificación, en la mayoría de los casos.
- Falta de capacitación del personal para un adecuado manejo del sistema de cloración.

La automatización de los procesos como solución a las fallas en la cloración debe ser tomada en consideración, sin embargo, como medidas de corto plazo se puede afinar la cloración mediante la capacitación del personal en el manejo, control, operación y mantenimiento de los equipos y la concientización sobre la importancia de su trabajo (Lazcano C.A, 2009).

### **2.6.3. – Redes de Distribución**

El cloro residual en las redes de distribución debe eliminar las bacterias que subsisten después del tratamiento, debido a la contaminación cruzada o por tuberías antiguas y en mal estado.

La contaminación cruzada se debe principalmente a las tuberías averiadas por donde penetran los contaminantes del suelo o por los desperfectos que sufren las tuberías de desagüe; normalmente las condiciones de flujo están bajo una considerable presión positiva, sin embargo puede ocurrir una succión por sifón en el sistema de distribución si la presión del

agua descende y las conexiones son defectuosas o existen roturas en las tuberías; de esta forma los organismos contaminantes son absorbidos hacia el interior de la tubería.

Los problemas ocurren frecuentemente cuando la tubería de agua potable se encuentra muy cercana al colector de desagüe. Es muy difícil predecir la cantidad de cloro necesario para neutralizar este tipo de contaminación, cuando la carga bacteriológica contaminante es muy elevada, pueden ocurrir focos infecciosos en las zonas aledañas al problema. En las granjas con conexiones de tuberías muy antiguas, y aún con las de reciente instalación, las tuberías presentan en sus paredes internas capas de limo bacteriano, tubérculos y bio-películas.

Los organismos microscópicos entre los que se encuentran bacterias y hongos, crecen libremente en el agua formando el limo en las paredes de la tubería haciendo que estos organismos sean más resistentes al cloro residual presente, debido a la naturaleza química del agua se altera debido al metabolismo microbiano y se reducen los niveles de oxígeno disuelto produciendo productos finales como nitratos y sulfuros. Los limos microbianos, son el alimento principal para el crecimiento y proliferación de organismos de mayor tamaño que se adaptan fácilmente a vivir en las paredes de las tuberías la naturaleza química del agua se altera debido al metabolismo microbiano y se reducen los niveles de oxígeno disuelto produciendo productos finales como nitratos y sulfuros (Lazcano C.A, 2009).

Estas especies son la causa de la mayoría de quejas que reclaman los usuarios. Los tubérculos que se forman en las paredes de las tuberías albergan una gran cantidad de bacterias, que incluyen aerobias y anaerobias, entre las que se encuentran las bacterias que producen bio-corrosión, que se refiere a la corrosión provocada por la presencia y / o actividades de los microorganismos en las biopelículas de la superficie del material corrosivo.

La bio-película se forma por el uso de reactivos químicos en el tratamiento del agua, especialmente del cloro, y principalmente por bacterias protegidas por una capa fina de polisacáridos, la que al igual que las capas formadas por el limo y los tubérculos, albergan bacterias; algas y organismos de vida libre, que pueden salir en los grifos de los bebederos originando reclamos a las empresas servidoras por el deterioro de la calidad organoléptica

del agua, especialmente si existen olores o sabores desagradables o enturbiamiento del agua (Lazcano C.A, 2009)..

La biopelícula origina además algunos problemas en las redes de distribución entre los que se destacan:

- aumento de la resistencia a la fricción de los fluidos produciendo una gran pérdida de presión o reducción del flujo de agua si la presión es constante.
- causa de condiciones anaeróbicas con producción de H<sub>2</sub>S cuya acumulación puede originar olores y sabores desagradables en el agua.
- incremento de la resistencia al cloro por parte de los organismos que forman la biopelícula, contribuyendo al recrecimiento de indicadores de contaminación fecal y patógenos en las tuberías.

La presencia de limo y biopelícula, además de los organismos de vida libre, incrementan la demanda de cloro y el consumo del cloro residual libre circulante; sin embargo, los organismos de vida libre son altamente resistentes al cloro (> 15 mg/L) y pueden albergar en sus intestinos bacterias patógenas que se encontrarían protegidas de la acción del cloro.

#### **2.6.4. – Estandarización de la Cloración**

La contaminación del agua potable se puede dividir en dos grandes categorías: contaminación microbiológica y contaminación química.

La contaminación microbiológica provoca efectos agudos (enfermedades infecciosas como cólera, tifus, malaria, fiebre amarilla, síntomas gastrointestinales, etc.).

La contaminación química se puede asociar a efectos crónicos como el cáncer, efectos neurológicos o efectos reproductivos.

Los contaminantes químicos se pueden clasificar en grandes grupos como metales, nitratos, pesticidas, isótopos radiactivos, flúor, asbesto y los subproductos de la cloración.

La cloración del agua supuso un avance en salud pública a principios del siglo XX al eliminar patógenos del agua reduciendo la incidencia de enfermedades infecciosas. Sin embargo, el

cloro reacciona con precursores orgánicos del agua generando una mezcla compleja de subproductos organoclorados y organobromados (compuestos químicos orgánicos, compuestos por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos de los átomos de hidrógeno unidos al carbono, han sido reemplazados por átomos de cloro o bromo, unidos por enlaces covalentes al carbono o bromo). Presenta propiedades mutagénicas y cancerígenas: trihalometanos (THM), ácidos acéticos halogenados, acetonitrilos halogenados, etc. (Villanueva, 2000).

Los THM son los subproductos de la cloración generados en mayor cantidad y se utilizan como indicadores del nivel total de subproductos de la cloración de un agua. En los últimos años diversos estudios epidemiológicos han evaluado la asociación entre la exposición a subproductos de la cloración y efectos sobre la salud humana. Básicamente hay dos efectos asociados a esta exposición: alteraciones de la reproducción y del desarrollo y diversos tipos de cáncer, siendo el de vejiga el más consistentemente asociado.

Cuando se aplica cloro sin que se realicen ensayos previos en los laboratorios de dosis-respuesta bacteriana y demanda de cloro, se usan criterios no uniformes en la dosificación, lo que trae consigo deficiencias en la desinfección del agua con el riesgo de que el agua se contamine en algunos momentos.

Estandarizar los procesos de cloración en plantas de tratamiento es una meta que deben considerar todas las empresas servidoras de agua, lo que incluye estudios previos sobre el proceso, controles en cada paso del proceso y elaboración de protocolos que deben cumplir los operadores al pie de la letra (Villanueva, 2000).

Debido a la gran variabilidad con respecto a la calidad del agua y con la finalidad de evitar mayor demanda de cloro es necesario complementar la cloración con un programa adecuado de limpieza y de mantenimiento de las unidades de tratamiento: reservorios, sedimentadores, decantadores, filtros, reservorios de agua tratada, etc., a fin de evitar la acumulación de materia orgánica, formación de costras en las paredes y la proliferación de organismos vivos, principalmente de algas que son los productores primarios, iniciadores de cadena trófica y que interfieren con la cloración.

## 2.7. – Antecedentes de la Cloración en Porcicultura

Su uso generalizado no se debe solo a su bajo costo, sino también a su capacidad oxidante, esto es; a medida que se dosifica el cloro se transforma en ácido hipocloroso (HClO), el cual libera el ión hipoclorito (ClO<sup>-</sup>), que provoca una reacción química de oxidación con los compuestos químicos inorgánicos más habituales en un agua bruta (hierro, manganeso, nitritos, amonio o sulfuro) transformándolas en otras especies químicas con un estado de oxidación más alto. Lo Anterior proporciona un nivel mínimo de cloro residual en el sistema de distribución y de esa manera lo protege contra la Recontaminación microbiana. En los países en vía de desarrollo las enfermedades propagadas por el agua se encuentran usualmente entre las cinco causas más importantes de morbilidad y mortalidad.

En América Latina la contaminación microbiana, debida al tratamiento inadecuado del agua, causó el 99% de las enfermedades ocasionadas por el consumo de agua (Reiff, 1995).

Muchos de los desinfectantes utilizados comúnmente han sido exitosos en reducir la presencia de la bacteria coliforme (un indicador de la contaminación microbiana) a niveles aceptables, lo que ha sido el principal criterio para determinar la calidad del agua potable.

Ahora se sabe que algunos patógenos pueden existir en presencia de cloro libre. La Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA) ha evaluado la eficiencia biocida de diferentes desinfectantes y estableció pautas para la desinfección (y/u otros tratamientos) del agua potable con el fin de permitir la eliminación de al menos 99; 99,9 y 99,99% de *Gyptosporidium*, *Giardia cystsy* virus, respectivamente, en adición al criterio de remoción de coliformes (EPA, 2001).

La Tabla 3 presenta valores de Ct (La exposición de desinfección (Ct) es el producto de la cantidad de desinfectante residual (C; mg·l<sup>-1</sup>) y el tiempo de contacto (t; mn). Este factor es usado para establecer parámetros en la operación de desinfección y también para comparar la eficiencia biocida de los diferentes desinfectantes) necesarios para obtener el 99% de eficiencia biocida para diferentes organismos patógenos. Un análisis más detallado sobre el factor Ct puede encontrarse en EPA (1999b).

Agente patógeno	Cloro libre	Cloramina *	Dióxido de Cl	Ozono
<i>E-coli</i>	0,034 - 0,05	95 - 180	0,4 - 0,75	0,02
<i>Poliovirus-I</i>	1,1 - 2,5	768 - 3740	0,2 - 6,7	0,1 - 0,2
<i>Rotavirus</i>	0,01 - 0,05	3806 - 6476	0,2 - 2,1	0,006 - 0,06
<i>Giardia lamblia a</i>	47 - 150	2200	26	0,5 - 0,6
<i>Cryptosporidium</i>	7200	7200	78	5 - 10

Tabla 3: Valores de CT (mg-min-1) al 99% de Eficiencia Biocida para diferentes desinfectantes a un pH= 6.0 - 7.0

### 2.7.1. – Subproductos de la Desinfección (SPD)

Hacia la mitad de los años 70, se descubrió que además de desactivar los organismos patógenos, como se espera, el cloro reacciona con la materia orgánica presente en el agua generando subproductos de desinfección (SPD), específicamente compuestos orgánicos sintéticos como los trihalometanos (THM; Rook, 1974), aunque se ha identificado a otros SPD tales como los ácidos haloacéticos (AHA; Mills et al., 1998).

Los THM son la suma de cuatro compuestos: cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ ), bromodichlorometano ( $\text{CHBrCl}_2$ ), dibromoclorometano ( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ) y bromoformo ( $\text{CHBr}_3$ ). Los AHA son la suma de varios ácidos haloacéticos; cinco de ellos (llamados en adelante AHA<sup>5</sup>) son los ácidos monocloroacético ( $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ ), dicloroacético ( $\text{CHCl}_2\text{COOH}$ ), tricloroacético ( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ), monobromoacético ( $\text{CH}_2\text{Br-COOH}$ ) y dibromoacético ( $\text{CHBr}_2\text{COOH}$ ).

### 2.7.2. – Aspectos Reglamentarios

El Safe Drinking Water Act (SDWA) obliga a la EPA a implementar nuevas disposiciones respecto al agua potable. Las regulaciones relativas a los SPD están sustentadas en la evidencia de sus efectos nocivos para la salud humana. Hasta la fecha se han publicado más de quince estudios epidemiológicos sobre los efectos nocivos de los SPD en la reproducción y desarrollo humanos (Graves et al., 2002; King et al., 2005; Porter et al., 2005; Toledano et

al., 2005; Lewis et al., 2006). Igualmente, hay abundante información disponible de estudios toxicológicos que evidencian efectos nocivos para la salud humana.

La EPA (2001) ha establecido un nivel máximo de contaminación de 0,08mg para el total de los THM (TTHM; Tabla 3), y también ha establecido metas para el máximo nivel de contaminación (MCLG) para cada uno de los THM.

La suma de los cinco AHA (ácido mono, di y tricloroacético, y mono y dibromoacético), bromatos y cloritos también están regulados. Por su parte, Canadá ha establecido para los TTHM valores provisionales de 0,10mg como concentración máxima aceptable (IMAC, 2001).

La Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA) establece los límites legales para el nivel permisible de un contaminante en el agua potable, bajo el marco de la Ley Federal del Agua Potable Limpia. Este límite se llama Nivel Máximo de Contaminante (MCL). A fin de establecer un MCL, la EPA evalúa no solo los aspectos relacionados con la seguridad, sino también con la tecnología y con los costos, con el fin de determinar el nivel al cual se le puede exigir razonablemente a un sistema de agua que tome medidas para eliminar este contaminante si éste hubiera sido detectado en el agua potable. Por lo tanto, este nivel no constituirá una protección para todas las personas en todas las situaciones y depende de algunos de los factores enumerados anteriormente.

A pesar de los grandes avances en el tratamiento del agua potable y residual, todavía se presentan enfermedades por el consumo de agua contaminada con microorganismos patógenos (Toze, 1999), por lo que se necesita de su análisis periódico, debido a que la mayoría de ellos tienen diferentes dosis de infección (el número de unidades requeridas para causar un daño a la salud).

Los microorganismos patógenos que comúnmente se encuentran en el agua potable y residual, pueden dividirse en: virus, bacterias, hongos, etc. La mayoría de estos patógenos son de origen entérico (que habitan, generalmente, en el intestino de los animales y las personas), que contamina el ambiente y tienen acceso a nuevos hospederos, por ingestión

(Toze, 1999). Las bacterias no causan infección, a menos que se ingieran más de 103 células infectivas /mL (Toze, 1999; Volk, 1992).

Uno de los métodos ideales de desinfección y también el más usado, es el ozono, pero tiene la desventaja de ser tóxico, inestable y de alto costo (Maeda y Nosé, 1999).

### **2.7.3. – Consecuencias de la Cloración**

"Una consecuencia de la cloración del agua son los efectos cancerígenos hallados en quienes consumen agua clorada, se ha establecido el cáncer de hígado, estomago, riñón, recto y colon, así como las enfermedades del corazón, arterosclerosis, anemia, alergias, pero sobre todo la predisposición a padecer enfermedades oncológicas en quienes la consumen" (Pablo de la Iglesia, 2009).

El agua clorada contiene compuestos carcinógenos que resultan de la combinación del cloro y compuestos en el agua.

Estos químicos son conocidos como órgano-clorados y se degradan con mucha dificultad, acumulándose en los tejidos adiposos del cuerpo; estas nefastas sustancias predisponen alteraciones del ADN y alteran el sistema inmunológico al punto que interfieren con los mecanismos que controlan el crecimiento de células para que no se vuelvan anormales.

En cuanto a los peligros del contacto externo con el cloro, se ha observado que cuando los niños con menos de dos años empiezan a nadar en piscinas cloradas, diez años después tienden a desarrollar lesiones irreversibles en el sistema respiratorio.

Según un estudio realizado en Bélgica, las lesiones generan permeabilidad pulmonar debido a la pérdida del 20% de sus células bronquiales, las cuales están encargadas de neutralizar la entrada en los pulmones de cualquier sustancia dañina (De la Iglesia, 2009).

Como agravante debemos decir que las lesiones producidas por el cloro son irreversibles puesto que se ven afectadas las células madre del epitelio respiratorio que cumplen la función de producir proteínas antiinflamatorias; las consecuencias son la manifestación de un



aumento del 23% de casos de asma y un 37% de bronquitis, cuando se trata de niños que fueron bebés nadadores.

Las evidencias comprometen aún más la credibilidad de quienes sostienen que el uso del cloro en el agua para uso personal es seguro.

Complicando esta situación, el cloro los destruye junto con la vitamina E, que, entre otras cosas, protege los ácidos grasos esenciales de la oxidación, otra consecuencia nociva de la cloración del agua es la posible destrucción de proteínas en el cuerpo humano, causando efectos severos en la piel y los cabellos (Sarira-Rupa, 2008).

## 2.8. – El Dióxido de Cloro como Desinfectante

El dióxido de cloro es un excelente agente bactericida, microbicida y alguicida, además de respetuoso con el medio ambiente. Se trata de un oxidante selectivo que ataca tanto las bacterias planctónicas (de libre flotación), como sésiles (bacterias de biofilm), desinfecta superficies y reduce rápidamente las biopelículas que suelen formarse en las redes de distribución, estando totalmente contrastada su efectividad contra bacterias, esporas, virus y organismos patógenos resistentes, como es el caso de la *Legionella*, quistes *améebicos*, *Giardia*, *E. Coli*, y *Cryptosporidium* y virus de la hepatitis, entre otros.

Es también un excelente producto para el control de corrosión, incrustaciones y depósitos, de tuberías y tanques de almacenamiento, aumentando así su duración. Se utiliza principalmente en la desinfección de aguas potables, residuales e industriales, para el control del crecimiento de algas en los procesos industriales y para tratar el agua de los sistemas de refrigeración (ECODENA, 2017).

El  $\text{ClO}_2$  es un fuerte oxidante, pero no clorante y, por lo tanto, produce una mínima cantidad de subproductos clorados por reacción con trazas de sustancias orgánicas (no forma trihalometanos).

Su poder desinfectante viene del oxígeno del  $\text{ClO}_2$  y no del cloro, pues el cloro está en forma de catión (+4) y en un número de oxidación inestable lo que debilita su enlace covalente con el Oxígeno, además en comparación con el hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ), su disociación aporta en primera instancia el anión hipoclorito donde solamente hay un anión  $\text{O}^{2-}$  unido a un cloro en posición de catión pero con un número de oxidación más estable (+1) que el +4 que presenta en el  $\text{ClO}_2$ .

En varios países como Estados Unidos, Alemania o Reino Unido, el dióxido de cloro es el sistema de desinfección más utilizado en aguas potables y la mayoría de los expertos reconocen que el  $\text{ClO}_2$  es actualmente el mejor desinfectante para este sector, además en el Reino Unido, el  $\text{ClO}_2$  ha sido recomendado por la Asociación de Investigación e Información

de Servicios de Construcción (siglas en Ingles BSRIA), como la mejor tecnología disponible para el control y la prevención de la *legionella* en los sistemas de agua de refrigeración.

El conocimiento de las características físico-químicas del agua también es de vital importancia en el sector porcino, ya que la presencia de determinados macrominerales (Aquellos minerales que se requieren en cantidades superiores a los 70 mg/kg de peso, los denominados macrominerales son: Calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio y azufre) y oligoelementos (Son sustancias que intervienen en las funciones respiratoria, digestiva, neurovegetativa y muscular, como reguladores y equilibrantes. Hierro, cobre, yodo, manganeso, selenio, zinc, cromo, cobalto, flúor, litio, níquel y silicio son los oligoelementos más importantes) en concentraciones elevadas, pueden causar serios problemas de salud, mermar la producción y aumentar el índice de mortandad.

Los parámetros a controlar más importantes son los sólidos disueltos totales (TDS), pH, dureza, hierro, sulfatos y nitritos/nitratos.

## **2.9. – La Producción porcícola en Sonora**

Norson es una empresa fundada en Hermosillo en 1972 en una alianza de porcicultores de la región. En un principio se dedicaba a la venta de cerdo en pie, para consumo principal del centro del país; hoy en día exporta más de 3 mil toneladas de productos al mes hacia Japón, Corea del Sur, Estados Unidos, Hong Kong y China.

En 1999, Norson hizo una alianza estratégica con Smithfield Foods, el productor de cerdo más grande del mundo. Ha realizado exportaciones a Singapur y Vietnam.

Está por iniciar mercado en Canadá y tiene proyecciones para incursionar en Rusia; es por ello que esta empresa Norte de Sonora (Norson), con los más altos estándares de calidad, es un orgullo Hecho En México.

En sus planes de expansión, se conoce que se tiene prevista una inversión de mil 100 millones de pesos, en los próximos 18 meses, para aumentar la planta laboral de 2 mil 900 trabajadores a más de 3 mil 600. Por más de 40 años Norson ha sobresalido en la producción y comercialización de la mejor carne de cerdo en México.

Durante 25 años ha sido líder en la exportación de carne de cerdo mexicana. En los últimos cinco años las exportaciones de Norson han crecido 55%, uno de cada 4 kilogramos de carne de cerdo exportada desde México proviene de Norson. Únicamente en 2016, exportó más 25 mil 800 toneladas.

La calidad de Norson es probada por sus certificados de calidad como SQF, HACCP y los establecimientos Tipo Inspección Federal no. 62, 66 y 148, así como por organismos internacionales como NSF que certifican procesos de clase mundial.

Ganadora del reconocimiento Premio Nacional de Exportación en el año 2008, Premio de calidad TIF 2016 y Premio Nacional Agroalimentario 2016. Por seis años consecutivos Norson ha obtenido el distintivo Empresa Socialmente Responsable (ESR) por su compromiso con la sociedad y el cuidado del medio ambiente.

Tiene casi 3 mil colaboradores en sus granjas, molino de alimentos, plantas de proceso y oficinas de ventas.

Con sus programas de apoyo a la comunidad Norson impactó en el año 2015 a 156 mil personas en los tres ejes principales de salud, deporte y educación.

Calidad mundial. Norson es una empresa de calidad mundial en carne de cerdo por la excelencia en los estándares porcícolas del país, con un proceso sólido que inicia con modernos laboratorios de inseminación artificial, con las razas que garantizan carne de cerdo de la mejor calidad.

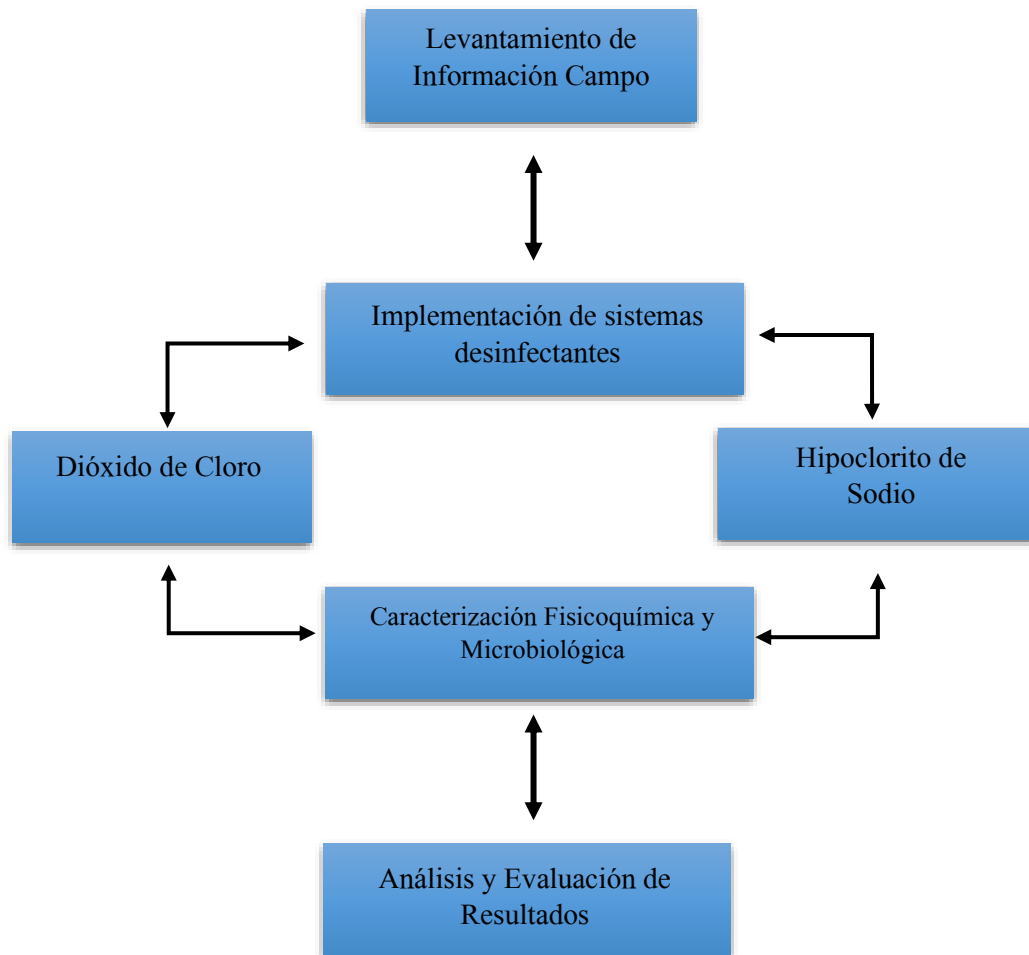
Su salud y el proceso de conversión inician en un modelo de alimento balanceado; produce 240 mil toneladas al año de dietas específicas del cerdo Norson, para conseguir crías de 120 kilogramos que se albergan en más de 70 granjas porcinas certificadas bajo los más estrictos estándares de bioseguridad alrededor del estado de Sonora.

Alcanzado el peso ideal, los cerdos se transportan a la planta de procesos donde se obtienen productos cumpliendo con todas las especificaciones marcadas por los clientes, luego se someten a inspección y detección para garantizar que el producto sea lo más inocuo y libre de cualquier defecto posible Empaca al alto vacío, en dos plantas equipadas con alta tecnología para procesar, cocer y congelar sus productos.

## CAPITULO 3.- METODOLOGIA

### 3.1.- Diseño metodológico

El trabajo de investigación incluye trabajo en campo y laboratorio. Es un estudio de tipo Experimental y cuantitativo. Todas las actividades relacionadas a la metodología experimental y actividades específicas se resumen en el diagrama (Figura 4).



*Figura 4: Metodología Experimental a Implementar*

En los siguientes apartados, se hace una descripción detallada de los aspectos más relevantes de la metodología y aquellos procedimientos que se utilizaron en el estudio.

### 3.2.- Descripción del área de estudio

La ubicación de la mayoría de las granjas porcícolas se encuentran cercanas al poblado Miguel Alemán o también llamada La Doce, una ciudad pequeña perteneciente al municipio de Hermosillo ubicada en el centro del estado mexicano de Sonora en la zona del desierto sonorense. La ciudad es la segunda localidad más poblada del municipio, sólo después de Hermosillo, la cual es la cabecera municipal y también la capital del estado (Figura 5). Todas las granjas pertenecen a la empresa Norson.

Cada una de las granjas está determinada por su tipo, ya sean Maternidad, Destete o Engorda, los sitios utilizados en este estudio fueron Destete. Los flujos de animales son procedentes de maternidades diversas, esto para llevar a cabo el control dentro de las 3 distintas pirámides de bioseguridad.

Se asignaron al proyecto 4 (cuatro) granjas Porcícolas para etapa de prueba y otras 4 (cuatro) que fungirán como testigo. Estas 8 (ocho) granjas se encuentran ubicadas en la región de la costa de Hermosillo y cuentan con el mismo número de animales peso y estancia (Figura 5).



Figura 5: Geolocalización de Granjas Norson

### 3.3- Levantamiento e información en campo

Los procesos internos de todas las granjas porcícolas están relacionados con el proceso de producción, siendo estos: Maternidad, Destete y Engorda. Los sitios que se utilizaron en este estudio fueron únicamente Sitios de Destete. El objetivo principal de este apartado es el de realizar la recopilación de información referente a estas granjas para el diagnóstico, preparación y evaluación del proyecto en cada sitio. Siendo como principales objetivos la obtención de información referente a su:

- Localización.
- Infraestructura (Cuarto de Bombas, Cisterna).
- Número de Animales (lote y caseta).
- Consumo promedio de Agua (individual y mensual).
- Consumo promedio de Alimento (individual y mensual).
- Infecciones de Granja (enfermedades, virus, bacterias).
- Mortalidad promedio de sitio.
- Estancia de Lote.
- Información de Personal de granja (control Interno).



### 3.3.1 – Infraestructura

Se realizaron vistas a campo en la cual se obtuvo información referente a: tipo de instalación, materiales utilizados, cuarto de bombas, centros de carga, capacidades de cisterna y el dimensionamiento de los cuartos de control.



Figura 6: Granja Destete 2.4

### 3.3.2. – Numero de Animales

El número de animales es variante, este no puede ser controlado ya que las instalaciones de cada una de las granjas varían.

Cada caseta de animales alberga a su 90% de capacidad 3,600 animales en destete, existiendo granjas con 2, 3 y 4 casetas respectivamente.

En la siguiente tabla de control interno se muestra esta variabilidad de animales en corral (Tabla 4).

Para efectos de este proyecto se revisaron las bitácoras de control interno de cada granja para tener una idea del número de animales por lote.

N° de Kits	%	Fecha	N° de Animales	PPM	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> Dosificados	Muestra 1	Muestra 2	Prom Dosificación	M <sup>3</sup> Totales Dosificados	CONSUMO Kits (Dias)	M <sup>3</sup> Diarios Consumidos
2	95%	27-abr-18	4,000	1.8	1,401	96	0.28	0.25	0.27	196	7	13.71
2	90%	04-may-18	3,475	1.5	1,530	129	0.27	0.22	0.25	325	7	18.43
2	80%	02-jun-18	2,287	3.0	2,213	683	0.25	0.12	0.19	1,008	28	24.39
2	80%	09-jun-18	1,657	3.0	2,396	183	0.46	0.42	0.44	1,191	7	26.14
2	40%	25-jun-18	2,980	3.0	2,698	302	0.47	0.45	0.46	1,493	16	18.88
2	30%	01-jul-18	2,900	M	2,795	97	0.35	0.35	0.35	1,590	6	16.17

Tabla 4: Tabla de Control Interno

### 3.3.3. – Consumo Promedio de Agua

Para controlar esta variable es importante conocer el número, tipo, posición y caudal de los bebederos. Normalmente el consumo de agua (por unidad de peso vivo) es mayor en animales jóvenes que adultos.

Un consumo de agua deficiente reducirá en consumo de alimento y el crecimiento de los animales, considerándose necesarios de 3 a 5 litros de agua por kg de pienso. Así mismo en épocas de calor sus requerimientos incrementan considerablemente en un 20-30%.

Como a continuación se muestran los consumos promedios por etapa del lechón (Tabla 5).

	Requerimientos diarios
Lechones postdestete	0,8-0,9 litros
Lechones final transición	2,5-3,0 litros
Cerdos inicio cebo	3,5-4,5 litros
Cerdos final cebo	5,0-6,5 litros
Cerdas gestantes	12-15 litros
Cerdas inicio lactación	10-12 litros
Cerdas final lactación	Hasta 30-40 litros

Tabla 5: Tabla de Control de Consumo de Agua Promedio por Lechón

Para analizar esta variable entonces se realizó un control de medición semanal en m<sup>3</sup> en cada vista se recopila la información de los medidores de flujo ubicados en cada cisterna de las granjas, para poder contabilizar los m<sup>3</sup> de agua desinfectada y utilizada en cada sitio.

### 3.3.4. – Consumo Promedio de Alimento

Los cerdos en sus diferentes etapas de crecimiento necesitan ir incrementando sus porcentajes de proteínas en su alimentación. A continuación, se muestra el porcentaje de proteína necesario para cada etapa:

- Desde la etapa de lactancia hasta la etapa de destete, los cerdos necesitan un mínimo de un 20% de proteínas en su alimento y un promedio de 600 a 700 gr./día.
- En la etapa de prelevante, los cerdos se comen entre 0.8 y 1 kg de alimento/día y un porcentaje de proteína del 16 al 18%.
- En la etapa de levante, los cerdos se comen entre 1 y 1.5 kg de alimento/día y un 15% de proteína.
- La etapa de ceba, se comen entre 1.5 y 2.5 kg/día y un 13% de proteína. Los cerdos reproductores se comen entre 2.5 y 3 kg de alimento.

Para analizar esta variable de consumo promedio entonces, se revisaron las bitácoras semanales en cada visita a sitio para medir el consumo de este rubro.

### 3.3.5. – Infecciones de Granjas

Las enfermedades que más se presentan en lechones son las siguientes.

Sistema Infectado	Nombre	Tipo	Sintomas
TRACTO RESPIRATORIO	(actinobacylus pleuro pneumon	Bacteria	temperatura, hemorragias, ceguera, neumonia, muerte
	mycoplasma circovirus tipo II	Virus	espina dorsal marcada, neumonia, ulceras, heces pastosas
TRACTO DIGESTIVO	ileitis	Bacteria	piel palida, debilidad, diarrea, muerte
	salmonella	Bacteria	temperatura, depresion, perdida de apetito, neumonia, diarrea
NEUROLOGICO	Meningitis (streptococos)	Bacteria	artritis, convulsiones, cojera, septicemia, muerte

Tabla 6: Tabla de Enfermedades más comunes en Lechones

Así mismo se pueden presentar: abscesos (tumefacción ubicada inmediatamente por debajo de la superficie cutánea), artritis, onfalitis (infección en el cordón umbilical del porcino), septicemia (Infección grave y generalizada de todo el organismo debida a la existencia de un foco infeccioso en el interior del cuerpo del cual pasan gérmenes patógenos a la sangre del lechón). Hay que tener en cuenta que todas estas enfermedades se pueden prevenir con buenas prácticas de manejo porcícola, teniendo en cuenta las normas de bioseguridad, limpieza y desinfección, buena alimentación, un buen programa de vacunación.

Para analizar esta variable entonces se realizaron vistas a campo donde se asentaba la infección en la bitácora de control interno para llevar el registro de las antes descritas, notas y control que lleva el médico veterinario de cada una de las granjas.

### **3.3.6. – Mortalidad Promedio por Sitio**

En teoría, y esto casi nunca se cumple, la mortalidad en el destete normal es de un 8% al 9% o hasta un 10% se considera normal.

En transición hasta un 5% y en engorde de un 2% a 3% de bajas. Estos son los niveles de intervención en una granja, por debajo de dichos niveles se recomienda no actuar y por encima se recomienda empezar a pensar en que existe algún problema.

La presencia del biofilm en el sistema favorece el rápido crecimiento microbiano y bacteriológico, siendo un reservorio de contaminación que reduce la calidad microbiológica del agua.

La mala calidad del agua provoca constantemente en los lechones diarrea epidémica porcina (DEP). El virus daña las vellosidades del intestino y por lo tanto reduce la superficie capaz de absorber, con pérdida de fluidos y deshidratación, aumentando con ello considerablemente la mortalidad en sitio.

Los brotes agudos ocurren cuando el virus se introduce por primera vez en una población susceptible. Las cerdas afectadas presentan diarrea que varía entre moderada a muy acuosa.

En ocasiones presentan vómitos. El periodo de incubación es rápido y de aproximadamente 12-24 horas y la diarrea dura hasta 7-14 días. En lechones lactantes susceptibles la enfermedad es grave con mortalidades de hasta un 100%.

En grandes poblaciones, no todas las hembras se infectan al mismo tiempo y pueden darse nuevos brotes. Esto sólo afecta a lechones lactantes procedentes de cerdas sin anticuerpos maternos y es por lo tanto esporádico a las demás granjas de destete.

La infección puede establecerse en forma crónica especialmente en granjas grandes. La dosis para infección es muy baja, animales infectados producen una cantidad enorme de virus en cada gramo de heces, y su propagación dura de tres a cuatro semanas.

El dióxido de Cloro tiene la particularidad de penetrar en el biofilm y es capaz de llegar a los microorganismos, para destruirlos. La adición de dióxido de cloro, como parte de un programa de higiene, permite eliminar el biofilm y mantener el sistema de agua seguro, eficiente y limpio. Al realizar este tratamiento previo con dióxido aseguramos que la instalación quede limpia de biofilm de forma que los tratamientos de higienización del agua sean efectivos desde la primera dosis

Para analizar esta variable entonces, se revisó el índice de mortalidad en cada una de las visitas semanales a las granjas, esto con la ayuda de los distintos supervisores de los sitios quienes nos entregaran la información competente a cada uno de los rubros solicitados.

### 3.4.- Implementación de Sistema Desinfectante con Dióxido de Cloro

#### 3.4.1.- Dióxido de Cloro

Los diferentes arreglos de tratamientos planteados para el estudio técnico de desinfección de agua se realizaron por separado. En ambos casos se evaluó la formación THMs en el agua cruda y en el efluente; así mismo, se analizó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Con esto se establecerá el mejor esquema de tratamiento y las condiciones óptimas de cloro y TwinOxide (dosis y tiempo de contacto) y cloro residual con las cuales se logrará la disminución de compuestos orgánicos halogenados. Las pruebas experimentales plantean los aspectos más relevantes para la mejora de un tratamiento de aguas residuales para consumo.

Apoyados de la atomización se planea dejar instalaciones autónomas, para evitar la intervención de personal de mantenimiento de Norson o de personal externo, que pueda manipular el sistema interrumpiendo la dosificación pre establecida ocasionando con ello un mal desempeño de desinfección. Esto es Instalar una bomba dosificadora conectada directamente al arranque de la bomba central de la cisterna y que esta accione como interruptor iniciando la dosificación de Dióxido de cloro (Figura 7).



*Figura 7: Sistema de Desinfección Autónomo*

### 3.4.2.- Montaje del Sistema con Dióxido de Cloro

Una vez realizada toda la recopilación necesaria para la instalación de los sistemas en los sitios se inicia con el proceso de Montaje.

Esto consiste en utilizar 600lts de dióxido por sitio con una dosificación automática mediante una bomba dosificadora conectada directamente al arranque de la bomba principal de suministro de agua de la granja.

Se contratan los servicios de Clarvi Expertos en dosificación para tratamientos de agua, con los cuales en coordinación se inician los trabajos.

Primeramente, se instala una base para los equipos y su protección con un no-break por picos de voltaje y proteger de esta manera las conexiones eléctricas de estos (Figura 8).



*Figura 8: Montaje de Base*

Una vez realizado el montaje anterior se inicia con el proceso de conexiones eléctricas, dentro de cada una de las granjas la particularidad de cada instalación es propia, aunque en teoría los sitios son espejos las distancias y proyectos de instalaciones para las canaletas eléctricas varía un poco.



Se inicia colocando todas las canaletas para la protección de los cables y sus conexiones. A lo largo de cada caseta se extienden estos tubos de protección para contar con los contactos eléctricos que cada sistema requiere.

Estos son los contactos principales para la bomba dosificadora y el no-break de protección para este quipo, así como el del switch de control (Figura 9).



*Figura 9: Instalación de Canaletas y Conexiones Eléctricas*

Dentro del estudio propia para la utilización de equipos en los sitios se llegó al común acuerdo de implementar el uso de un Switch de Control de Flujo. Consiste en un pistón que



cambia de posición, empujado por el flujo circulante. El pistón puede regresar a su posición inicial por gravedad o por medio de un resorte.

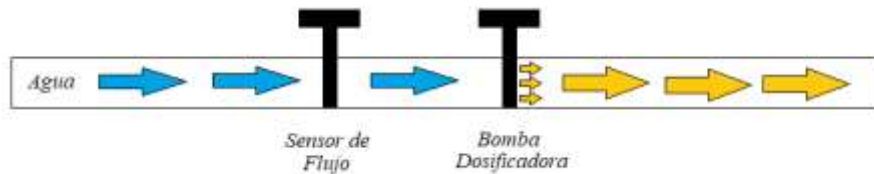
El pistón contiene en su interior un imán permanente. Cuando el pistón se mueve el imán se acerca y activa un reed switch, que cierra o abre (según sea la configuración) el circuito eléctrico. El área entre el pistón y la pared del sensor determina su sensibilidad, y por ende a qué caudal se activará el sensor.

Este se conecta directo a la bomba dosificadora para no ver interrumpida la dosificación al caudal cada vez que la granja así lo requiera (Figura 10).



*Figura 10: Instalación de Switch de Control de Flujo.*

La conexión e instalación final consiste en que cada vez que la granja solicite agua, se encenderá la bomba principal de suministro de agua de la granja, al iniciar este proceso el caudal accionara el switch de control cerrando el circuito eléctrico y enviando corriente a la bomba dosificadora mismo que comenzara de inmediato a suministrar el dióxido de cloro a la línea de agua, dosificándola de esta manera cada vez que la granja solicite agua (Figura 11).



*Figura 11: Dosificación de Dióxido de Cloro.*

Una vez finalizados todas las instalaciones se comienza la prueba antes del arranque final, este consiste en la programación de los ml de inyección de dióxido de cloro al caudal de agua para alcanzar los medibles de residual en el último chupón de cada caseta dentro de las granjas. Después de varias pruebas se finalizan todas las programaciones de los equipos y se comienza con el arranque final para los sitios y su sistema de desinfección (Figura 12).



*Figura 12: Puesta en Marcha del Sistema*

### 3.4.3.- Seguimiento y control del Sistema

Cada semana se visitaron los sitios para el control interno de todos y cada uno se realizan medibles de residual y se toman notas de todos los comentarios que se reciben en sitios.

El consumo por m<sup>3</sup> de agua de la granja es un dato particular de cada uno ya que el número de animales en cada sitio varia por ende el consumo de producto es similar más no equivalente a los otros sitios de prueba.

Se utilizó un equipo Colorímetro (Hach, Modelo Pocket II), el cual es un instrumento que permite medir la absorbancia de una disolución en una frecuencia de luz específica.

La frecuencia es determinada por el operario del colorímetro. Por eso hace posible descubrir la concentración de un soluto conocido que sea proporcional a la absorción, los sensores miden la cantidad de luz que atraviesa la disolución, comparando la cantidad entrante y la lectura de la cantidad absorbida (Figura 13).



*Figura 13: Mediciones de Residual.*

Se logra esto, utilizando agua purificada como espejo de comparación en el colorímetro para poder medir con mayor exactitud el residual de dióxido de cloro y poder así llevar un control más preciso de los avances en el sistema.

Como fase de arranque se comenzó a dosificar la primera semana a 1 ppm, como choque de arranque, una vez finalizada esta semana se fue disminuyendo la dosificación hasta conservar la dosificación de mantenimiento de 0.4 ppm como residual libre (Figura 14).



*Figura 14: Medición de Residual de Dióxido de cloro.*

### 3.4.4.- Sistema Actual con Hipoclorito de Sodio

La lejía (popularmente conocido como cloro, agua lavandina, agua Jane, entre otros), una disolución acuosa de hipoclorito de sodio, es usada frecuentemente en hogares, como oxidante en el proceso de potabilización del agua, a dosis ligeramente superiores al punto crítico (punto en que empieza a aparecer cloro residual libre).

El hipoclorito de sodio se utiliza también como desinfectante en piscinas, ya sea por aplicación directa en forma de líquido (125 ml diarios por cada 10 m<sup>3</sup> de agua), pastillas concentradas o en polvo, o a través de un aparato de electrólisis salina por el que se hace circular el agua de la piscina. Para que la electrólisis tenga lugar se debe salar ligeramente la piscina (4 g de sal por litro de agua). El aparato de electrólisis, mediante descargas eléctricas transforma la sal (NaCl) en hipoclorito de sodio consiguiendo desinfectar el agua.

En este caso, las granjas testigos, no fueron manipuladas y siguieron implementando su sistema actual de desinfección manual con hipoclorito, con ayuda de su personal de sitio este es; el de verter 2 (dos) veces al día 750m en la cisterna de 150,000 lt, que se encuentra en todas y cada una de los sitios (Figura 15).



*Figura 15: Cisterna que abastece sitio Destete 2.4 con capacidad de 150,000 lts.*

### 3.5.- Características Físicoquímicas y Microbiológicas

Se evalúa a través de parámetros físico-químicos la calidad de las aguas de los pozos ubicados en esta localidad, "zona agrícola del poblado miguel alemán", teniendo en cuenta lo establecido por la Norma oficial mexicana NOM-127-ssa1-1994, salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización que regula los criterios de calidad y los requisitos para el agua potable y de "Higiene Comunal - Fuentes de abastecimiento de agua" para así evaluar su calidad y posible uso.

En la caracterización fisicoquímica y microbiológica se midieron parámetros indicadores que comúnmente se emplean en la literatura para conocer la calidad del agua residual: sólidos disueltos totales, carbono orgánico total, carbono orgánico disuelto, nitrógeno amoniacal, conductividad, turbiedad, pH. Los análisis microbiológicos serán: *Salmonelosis*, *Escherichia coli* (*E coli*), Coliformes fecales y coliformes totales.

En todos los esquemas de tratamiento del agua residual se llevará un control de la concentración de THMs y materia orgánica (Carbono orgánico disuelto y carbono orgánico total), como parámetros de respuesta.

Todo esto utilizando el centro de control microbiológico Analítica del Noroeste, que actualmente utiliza la empresa.

### 3.6.- Análisis y Evaluación de Resultados

A estos parámetros de respuesta descritos en el apartado 3.5 que antecede y además de los resultados de la medición de cloro residual, se añadirán las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua utilizada en el estudio para su evaluación y presentación de mejor sistema de desinfección realizando la comparativa de cada uno de los sistemas de desinfección.

La evidencia del desprendimiento de la capa de biofilm en las líneas del suministro de agua hacia los chupones de los bebederos de los cerdos, así como evidencia que los técnicos de granja aporten a la etapa de prueba, como lo son; olor, supervivencia, diagnóstico de salud, casos de enfermedades, control de diarreas, tipo de diarreas y en general la evidencia que presenta cada sitio en particular.

Parte fundamental en esta evaluación de resultados es la obtención de las CA (Conversiones Alimenticias) que es el seguimiento interno de la empresa con el que se desempeña, midiendo los resultados de entrada salida ganancia de peso, costo alimento, medicación, mantenimiento entre otros.

Estas CA se emplearán para el diagnóstico y obtención de resultados dando prioridad al índice independiente con el que cierra cada estancia del ciclo de los animales en corral y su alimentación, la mortalidad o supervivencia de las especies, así como la ganancia de peso de cada una de ellas.

Estos antes descritos serán aportados por la empresa, siendo datos que no manipularemos en ningún sentido si no que estos mismos resultados internos se graficaran en referencia con los sitios que no fueron tratados o desinfectados con Dióxido de cloro. Presentando la comparativa con 4 sitios.

Se harán análisis estadísticos como Análisis de Varianza (ANOVA) para ver si hay diferencias entre tratamientos y entre lotes de las granjas.



## CAPITULO 4.- RESULTADOS

### 4.1.- Evidencia y Evaluación de Resultados

Al inicio se dosifico por 1 semana a 10 ppm de Dióxido como choque de arranque, esto para el desprendimiento de la mayor parte de Biofilm en las tuberías de las granjas, después de la semana de arranque, se monitorio esta dosificación de 0.2ppm a 0.4ppm, como dosificación de mantenimiento.

La función principal de la solución biocida de Dióxido de cloro es cambiar la vida de los microorganismos patógenos en el agua de consumo, de modo que no se presente ningún riesgo de infección.

No se trata de erradicar al 100% los microorganismos si no de una determinada reducción de los organismos vivientes patógenos y los que lo son potencialmente.

El objetivo es romper la cadena de propagación de microorganismos y el efecto biocida del Dióxido de Cloro ha de prevenir. Para describir la eficacia del biocida se introdujo el Factor de Reducción (FR) (Tabla 7).

Factores de reducción	Microorganismos que sobreviven (en %)	Reducción de microorganismos (en %)	Microorganismos eliminados (en fase exponencial - log stage)
FR 0	100	0	0 fase exponencial
FR 1	10	90	1 fase exponencial
FR 2	1	99	2 fase exponencial
FR 3	0,1	99,9	3 fase exponencial
FR 4	0,01	99,99	4 fase exponencial
FR 5	0,001	99,999	5 fase exponencial

Tabla 7: Tabla de Factores de Reducción para una concentración y tiempo de contacto definidos

En todos los casos (sitios) se llevó un control interno de las visitas realizadas para el control y medición de residual de Dióxido de Cloro (Tabla 8).



N° de Kits	%	Fecha	N° de Animales	PPM	M³	M³ Dosificados	Muestra	Muestra	Muestra Z	Prom Dosificación	M³ Totales Dosificados	CONSUMO Kits (Días)	M³ Diarios Consumidos	Lts Dióxido Prom Diario	Consumo Mensual Teórico	Costo Dióxido Promedio Diario	Costo Mensual Teórico	Consumo Kits Total Días	
																			Inicia Prueba = 19 de Febrero del 2018
1	90%	19-feb-18	2,626	1.5	650	0													
1	80%	26-feb-18	3,400	1.5	760	110	0.34	0.26		0.30	110	7	15.71	9.26	277.8	\$17.13	\$513.89	54	
1	60%	03-mar-18	2,900	1.5	858	98	0.8	0.71		0.76	208	6	16.33						
1	50%	07-mar-18	2,800	1.5	1,029	171	0.39	0.41		0.40	379	4	42.75						
1	30%	13-abr-18	1,474	1.5	1,205	176	0.26	0.26		0.26	555	37	4.76						
2		20-abr-18	2,480	1.5	1,305	100	0.29	0.2		0.25	100	7	14.29						
2	95%	27-abr-18	4,000	1.8	1,401	96	0.28	0.25		0.27	196	7	13.71						
2	90%	04-may-18	3,475	1.5	1,530	129	0.27	0.22		0.25	325	7	18.43						
2	80%	02-jun-18	2,287	3.0	2,213	683	0.25	0.12		0.19	1,008	28	24.39	5.88	176.47	\$10.88	\$326.47	85	
2	80%	09-jun-18	1,657	3.0	2,396	183	0.46	0.42		0.44	1,191	7	26.14						
2	40%	25-jun-18	2,980	3.0	2,698	302	0.47	0.45		0.46	1,493	16	18.88						
2	30%	01-jul-18	2,900	M	2,795	97	0.35	0.35		0.35	1,590	6	16.17						
2	0%	08-jul-18	2,900	M	2,922	127	0.39	0.42		0.41	1,717	7	18.14						
3	90%	14-jul-18	2,888	M	3,054	132	0.25	0.25		0.25	132	6	22.00						
3	70%	21-jul-18	0	M	3,313	259	0.46	0.46		0.46	391	7	37.00						
3	50%	28-jul-18	0	M	3,472	159	0.24	0.24		0.24	550	7	22.71	11.90	357.14	\$22.02	\$660.71	42	
3	40%	03-ago-18	1,515	M	3,540	68	0.31	0.31		0.31	618	6	11.33						
3	0%	19-ago-18	4,400	M	3,834	294	0.35	0.35		0.35	912	16	18.38						
4	85%	26-ago-18	5,700	M	4,033	199	0.47	0.47		0.47	199	7	28.43						
4	80%	31-ago-18	5,685	M	4,142	109	0.42	0.42		0.42	308	5	21.80						
4	70%	16-sep-18	5,600	M	4,770	628	0.29	0.29		0.29	936	16	39.25	12.20	365.85	\$22.56	\$676.83	41	
4	50%	22-sep-18	5,600	M	5,003	233	0.35	0.35		0.35	1,169	6	38.83						
4	0%	29-sep-18	2,880	M	5,192	189	0.27	0.27		0.27	1,358	7	27.00						

Tabla 8: Tabla de Control interno de Visitas

El número de microorganismos supervivientes y por lo tanto los factores de reducción dependes principalmente de la concentración empleada (C) y del tiempo de contacto (t).

Los factores de reducción se determinan empíricamente a partir de las funciones de supervivencia. Existen dos funciones empíricas:

- 1.- Bacterias supervivientes al cambiar la concentración aplicada (C) a un tiempo de contacto constante (t).
- 2.- Bacterias supervivientes al cambiar el tiempo de contacto (t) a una concentración constante aplicada (C)

Entonces; si se añade la sustancia biocida activa nuevamente tras el tiempo de exposición (t), entonces se reducen aún más los microorganismos supervivientes por el factor FR.

El tiempo de exposición (t) a una concentración constante biocida, la inclusión de la función de supervivencia de microorganismos patógenos atrae la atención al siguiente fenómeno: en los primeros minutos tras la dosificación del biocida, la cantidad de supervivientes disminuye con la intensidad. Después el índice de desinfección disminuye y la curva es más plana.

La concentración aplicada de biocida (C) a un tiempo constante de exposición, aquí las funciones de supervivencia registradas lo demuestran ya a niveles muy bajos de exposición al biocida, la cantidad de microorganismos supervivientes cae al 10% del valor inicial (FR1). Después la función se aplana y entonces a concentraciones más altas se consigue un índice de reducción del germen del 99.99%.

Estos dos efectos actúan en conjunción. Uno describe su interacción alternativa por el producto de la concentración (C) y el tiempo de contacto (t):  **$C * t = \text{constante}$**

Durante el proceso de estas visitas se pudo controlar de manera directa la dosificación de cada uno de los sitios, llevando un control individual de cada granja (Figura 16).

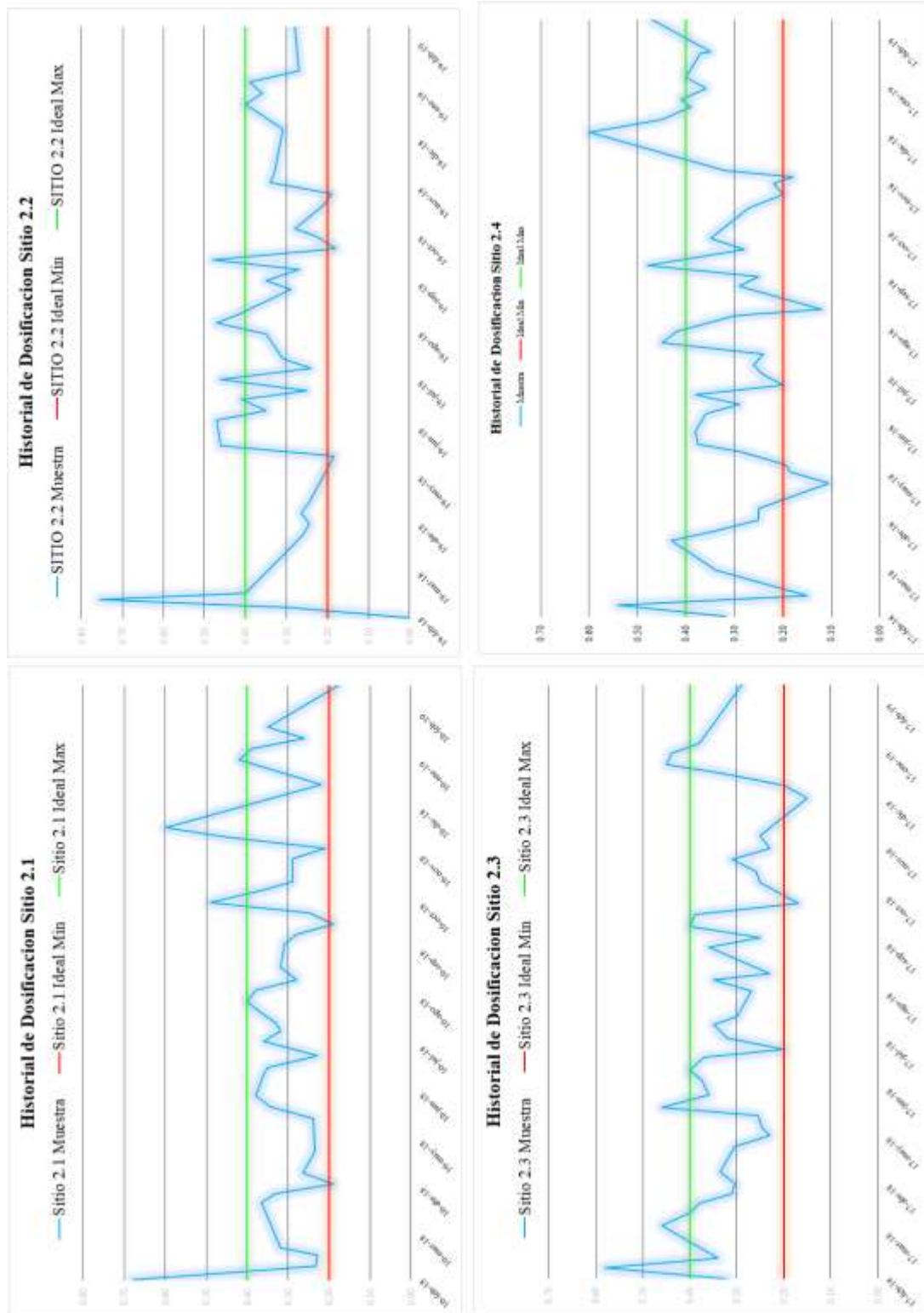


Figura 16: Historial de Dosificación en Sitio.

En estas visitas se pudo apreciar el efecto que progresivamente se presentaba con el uso constante de Dióxido de cloro. El primer indicio de la efectividad fue el del desprendimiento gradual de esta bio-película en las tuberías (Figura 17).



*Figura 17: Desprendimiento de Biofilm en tuberías.*

El sistema de distribución de agua constituye un medio idóneo para el desarrollo de microorganismos.

Este crecimiento junto a la excreción de polímeros orgánicos, provoca la formación de biofilm. La formación de la biopelícula causa un deterioro en la calidad organoléptica y microbiológica del agua ya que actúa como barrera protectora de las bacterias patógenas que hayan sobrevivido a los procesos de potabilización.

Una biopelícula se visualiza mediante técnicas microscópicas, pero en la actualidad se usan técnicas genéticas y de inmunofluorescencia.

Cuando se utiliza cloro, es necesario mantener una elevada concentración residual de este compuesto y no es efectiva al 100% para su eliminación.

TwinOxide reacciona selectivamente, reacciona rápidamente con sulfuros y fenoles mientras que biocidas como  $H_2O_2$ ,  $O_3$ , HOCL actúan indiscriminadamente y son consumidos por reacciones secundarias inútiles en la eliminación de biofilm (Figura 18).

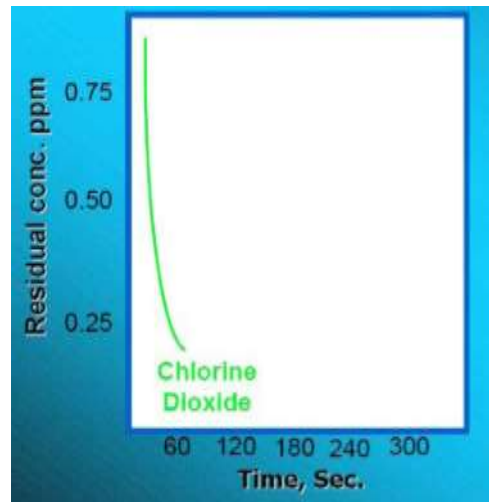


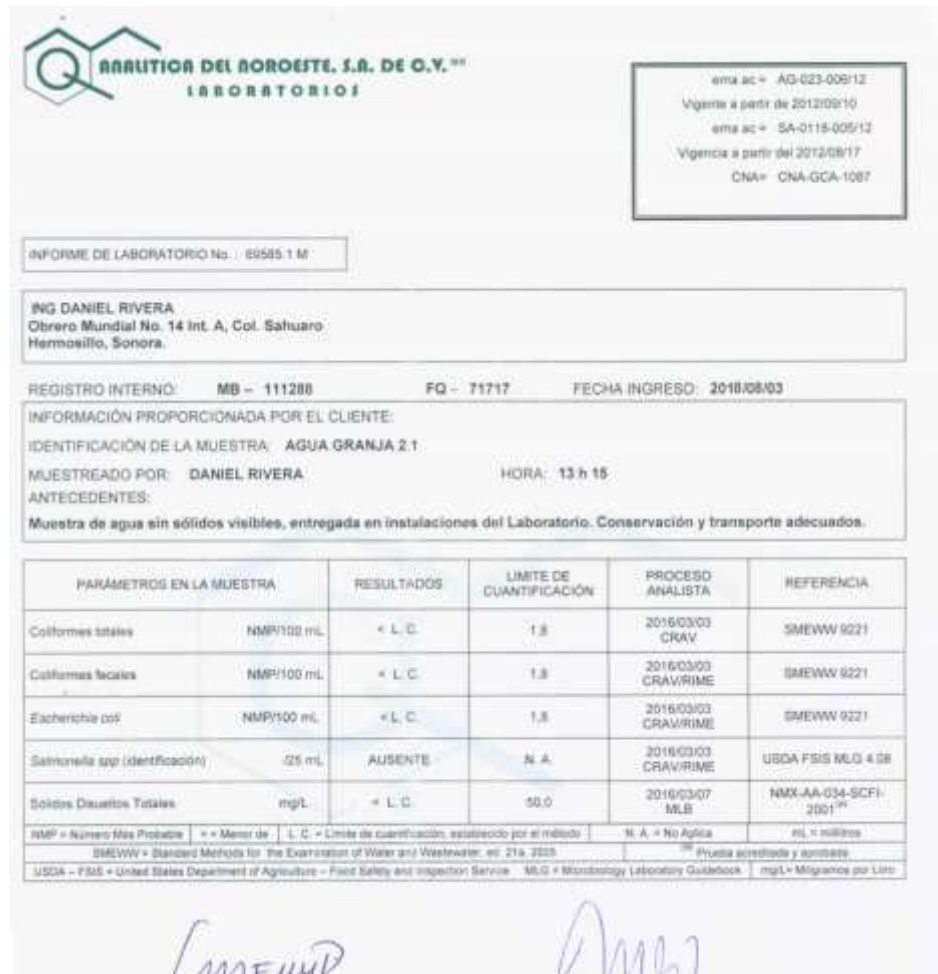
Figura 18: Concentración Residual y Tiempo Mínimo para la eliminación del 99.9% a pH y 37°F

Este proceso de desprendimiento estuvo presente durante el proceso de desinfección cada instancia en menor proporción, pero siempre actuando para su remoción. Se toma muestra de esta evidencia y se analiza en el centro microbiológico que la empresa actualmente utiliza siendo este Analítica del Noroeste (Figura 19).

Es imposible describir el efecto del biocida en todas las bacterias, virus, protozoos, hongos, algas, etc. Por ello se seleccionaron organismos que el cliente señala como prioridad para la prueba (microorganismo-test) y se postuló que, si esta biocida es efectivo contra estos organismos de prueba, entonces podemos predecir con alto grado de probabilidad, que también será eficaz contra otros microorganismos.

Los organismos de prueba que se indicaron por el cliente y se utilizaron en el informe de prueba 69585 1M para confirmar la eficacia del biocida:

- a) Coliformes Totales
- b) Coliformes Fecales
- c) E coli
- d) Salmonela
- e) Solidos disueltos



**LABORATORIOS**

ema ac = AQ-023-005/12  
Vigencia a partir de 2012/09/10  
ema ac = SA-0115-005/12  
Vigencia a partir de 2012/08/17  
CNA = CNA-GCA-1087

INFORME DE LABORATORIO No. : 69525.1 M

ING DANIEL RIVERA  
Obrero Mundial No. 14 Int. A, Col. Sahuaro  
Hermosillo, Sonora.

REGISTRO INTERNO: MB - 111280 FQ - 71717 FECHA INGRESO: 2016/08/03

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE:  
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: AGUA GRANJA 2.1  
MUESTREADO POR: DANIEL RIVERA HORA: 13 h 15  
ANTECEDENTES:  
Muestra de agua sin sólidos visibles, entregada en instalaciones del Laboratorio. Conservación y transporte adecuados.

PARÁMETROS EN LA MUESTRA	RESULTADOS	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	PROCESO ANALISTA	REFERENCIA
Coliformes totales	NMP/100 mL	< L. C.	2016/03/03 CRAV	SMEWW 9221
Coliformes fecales	NMP/100 mL	< L. C.	2016/03/03 CRAV/RIME	SMEWW 9221
Escherichia coli	NMP/100 mL	< L. C.	2016/03/03 CRAV/RIME	SMEWW 9221
Salmonella spp (identificación)	25 mL	AUSENTE	2016/03/03 CRAV/RIME	USDA FDIS MLO 4.08
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	< L. C.	2016/03/07 MLB	NMX-AA-034-SCFI-2001 <sup>1)</sup>

NMP = Número Más Probable    = = Menor de    L. C. = Límite de cuantificación, establecido por el método    N. A. = No Aplica    mL = mililitros  
SMEWW = Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, ed. 21a, 2005    <sup>1)</sup> Puesta acreditada y autorizada  
USDA - FDIS = United States Department of Agriculture - Food Safety and Inspection Service    MLO = Microbiology Laboratory Guidebook    mg/L = Miligramos por Litro

*[Handwritten signatures: DANIEL RIVERA]*

Figura 19: Análisis de Biofilm.

Los experimentos de suspensión llevados a cabo muestran que incluso si la suspensión de prueba está muy sucia el biocida es eficaz en un plazo de 5 minutos.

Como aproximación de prueba, los test con las bacterias *E. coli* y Salmonelosis, son suficientes para confirmar la eficacia del biocida bajo condiciones naturales.

Analizando parámetros de respuesta solicitados por la empresa, en el seguimiento en sitio respecto a los indicadores de mortalidad de los 4 sitios, estos resultados muestran óptimas ventajas en una gráfica comparativa de químico utilizado en el sistema de desinfección implementado (Figura 20).



Figura 20: Porcentaje de Tasa de Mortalidad

En promedio el tratamiento espejo reflejo (Cloro) un 6.7% de Mortalidad en sus granjas, esto es 312 cerdos muertos por lote, con su tratamiento de desinfección de hipoclorito.

Los lotes que utilizaron Dióxido de Cloro como desinfectante arrojó un 3.95% de promedio en Mortalidad esto es 170 cerdos muertos, definitivamente una reducción de más del 50% que representan 4,063.04 kg.



Para esta primera evaluación de parámetros (Porcentaje de Mortalidad de cerdos en granja) los resultados demuestran una mejoría en supervivencia en los lotes que utilizaron, Dióxido de Cloro vs Cloro. El tiempo de estancia de los cerdos en sitios, no se modificó.

El proceso de alimentación y bebida tampoco fue modificado, el único factor que se diferencia uno del otro es el producto desinfectante en el sistema de bebida.

Se presenta en las visitas a granja la supervivencia constante de los animales en sitio y su continuación en alimentación y ganado de peso. Los supervisores de granja comentaban en estas vistas la mejoría en salud de los cerdos en sitio y el rendimiento en supervivencia por lote que implementaba el sistema de desinfección con Dióxido de cloro.

Al contar con un agua mejor desinfectada y con un olor más agradable para el cerdo, los animales ingerían más líquido vital para su desarrollo y estancia en granja. Se presentaron al comienzo de cada lote, diarreas pastosas que en pláticas con el médico veterinario se debían a la desinfección del tracto digestivo de los cerdos al consumir agua con Dióxido de Cloro, que progresivamente desaparecía e incrementaba su desarrollo en engorda evitando así su mortalidad.

Por otro lado, los cerdos que estuvieron expuestos al sistema tradicional de desinfección con cloro del agua de bebida de granja, presentaron estas mismas diarreas pastosas, pero sin mejoría, con el transcurso de los días presentaban deshidratación y sin mejora incrementaron la mortalidad de los sitios que utilizaron en su sistema de desinfección de agua de bebida cloro.

Como podemos apreciar los resultados mostrados revelan la mortalidad promedio de 312 cerdos en sitio utilizando Cloro contra la mortalidad promedio de 170 cerdos muertos con Dióxido de cloro. Claramente la ganancia total de más del 50% de rendimiento en supervivencia por lote.

Esto viene arrojar ganancias de carne que representan más de 4,000 Kg a precio de pie en México, esto es poco más de \$117,665.64 pesos por lote. Una considerable mejora económica por granja.



Otro de los indicadores a medir fue el de conversión alimenticia, de igual modo arrojando resultados positivos al uso e implementación del Dióxido de Cloro en sitio (Figura 21).

Los sitios prueba (Cloro) cerraron esta etapa de prueba con una Conversión Alimenticia (CV) de 1.66kg y los lotes que implementaron el sistema de desinfección con Dióxido cerraron con una CV de 1.58kg.

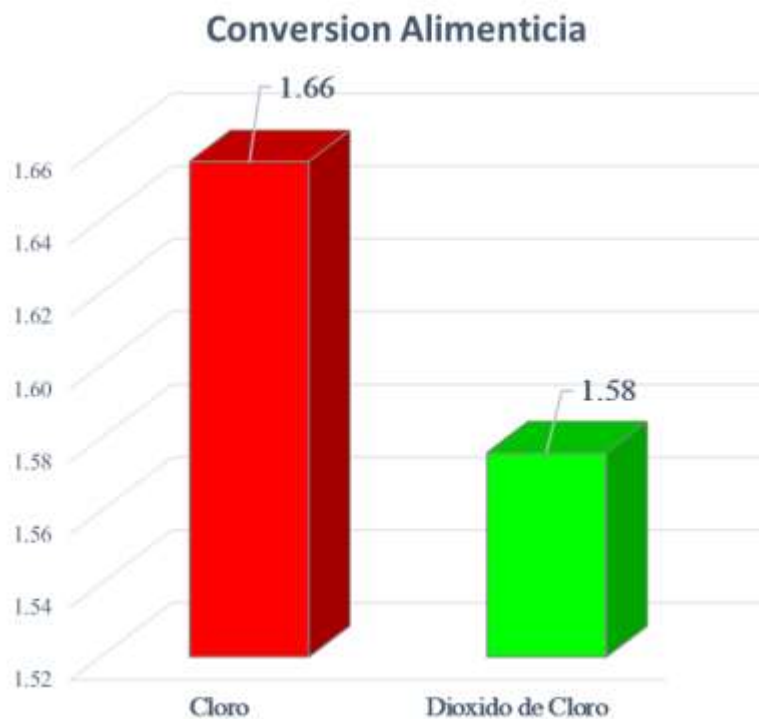


Figura 21: Porcentaje de Conversión Alimenticia.

Evidentemente una reducción de 0.08kg que se transfiere a la disminución de poco más del 5%. La evidencia de estos resultados sostiene, la clara disminución en este parámetro, esto quiere decir que el cerdo promedio genera 1 kg de peso en ganancia con menos 1 kg de alimento.

Ganancia que refiere la empresa al implementar menor costo en alimentación por mayor ganancia de peso por cerdo en granja. Eso se transfiere a cada sitio con más de 3,600 animales por corral, una clara mejora.

La idea principal de este rubro en el ramo porcícola es la de llegar a una conversión alimenticia los más cercana a 1.0

Otras variables que mostraron cambios significativos al utilizar el nuevo tratamiento de desinfección en sitios como lo son la Medicación, factor que se midió en las visitas a los sitios donde se registró una disminución de diarreas infecciosas y pastosas (Figura 22).

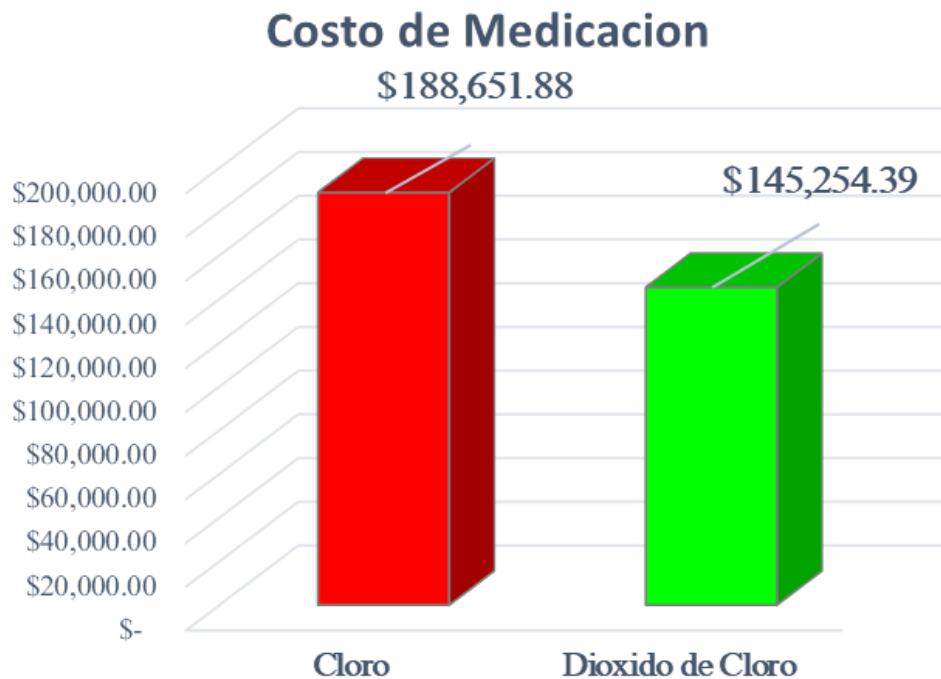


Figura 22: Costo de Medicación por Sitio.

Los resultados mostrados en la gráfica representan una disminución considerable de poco más del 23% que representa cerca de \$45,000 pesos de costo descenso por sitio.

Este rubro resulta de toda la medicación que se implementa en sitio, en las enfermedades infecciosas y no infecciosas de los cerdos.

Las distintas diarreas que presentan estos animales ya sean pastosas o infecciosas representan una inversión en medicación para su mejoría y de esta manera anular su mortalidad, dando pie al desarrollo y ganancia de salud de los animales por sitio.

Al implementar nuestro sistema de desinfección basado en Dióxido de cloro, los animales que presentaban infecciones y/o diarreas mostraban una mejoría a estas enfermedades y como consecuencia menos gasto en medicación debido a su pronta recuperación.

Sin embargo, los animales que estuvieron expuestos a beber agua desinfectada con cloro, no mostraban mejoría, incrementaban los gastos en medicación para su recuperación y al no obtener una ganancia absoluta al virus o bacteria, entonces morían. Incrementando de manera notable en los resultados el alza de los indicadores de este factor por sitio.

Tomando como referencia la disminución del 0.08 Kg en Conversión Alimenticia que refiere a poco más del 5% y a la reducción de poco más del 50% de mortalidad promedio, tenemos que se genera una ganancia anual de \$1,087,677.89 Usd por la implementación de este sistema de desinfección (Figura 23).

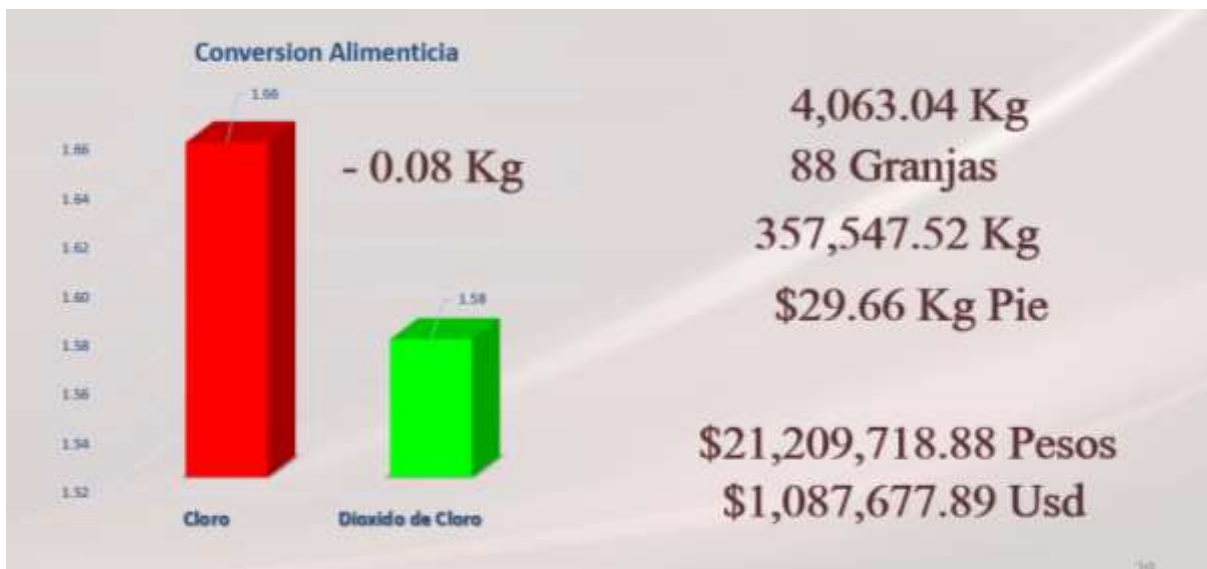


Figura 23: Ganancia por perdida de Carne.

Los indicadores principales de mortalidad y conversión alimenticia indican las mejoras en derrama económica que deja la implementación de este sistema de desinfección para el agua de bebida en el sector pecuario.

Los indicadores que utilizaron el sistema tradicional de desinfección con cloro, no demuestran cambios significativos en el desarrollo y supervivencia de los cerdos por sitio.

La reducción de la mortalidad de los animales por más del 50% genera ganancia de carne para la venta y/o comercialización de la antes descrita.

La reducción en la Conversión Alimenticia implementando el sistema de desinfección con Dióxido, refleja la ganancia de carne en engorda del puerco, con menos alimento implementado por sitio, esto es; los sitios cerdos en sitios engordan 1kg por cada 1kg de alimento que la empresa gasta.

Aplicando un diseño factorial para obtener el tratamiento que nos arroje mayor conversión alimenticia, tomando como variables de respuesta la conversión alimenticia vs sitio y tratamiento (cloro y dióxido de Cloro) representando este modelo factorial obtenemos para conversión alimenticia en una gráfica de efectos principales.

### **Conversión Alimenticia**

Donde se puede observar que los sitios de destete 1,3 y 4 reflejan menor Conversión Alimenticia y el tratamiento de mejor conversión (Figura 24).

Para la evaluación de esta gráfica, que nos arroja los mejores resultados de conversión alimenticia por sistema de desinfección implementado, nos dice; que los sitios Destetes 1,3 y 4 cuentan con los mejores resultados en conversión alimenticia. Y que el tratamiento con mejor conversión es en el que se implementó el Dióxido de Cloro.

En el caso del sitio Destete 2 presento la conversión alimenticia más alta implementando el sistema con Cloro, debido a una entrada de un lote de animales con infección y no se logró recuperar el lote aumentando la mortalidad del mismo.

Es importante señalar que los lotes infectados se estuvieron recibiendo en todos los sitios, ya que los cerdos que se trasladaban de maternidad ha destete así llegaban. Los tratamientos de cada sitio Destete se caracterizaba principalmente en la supervivencia de los animales.

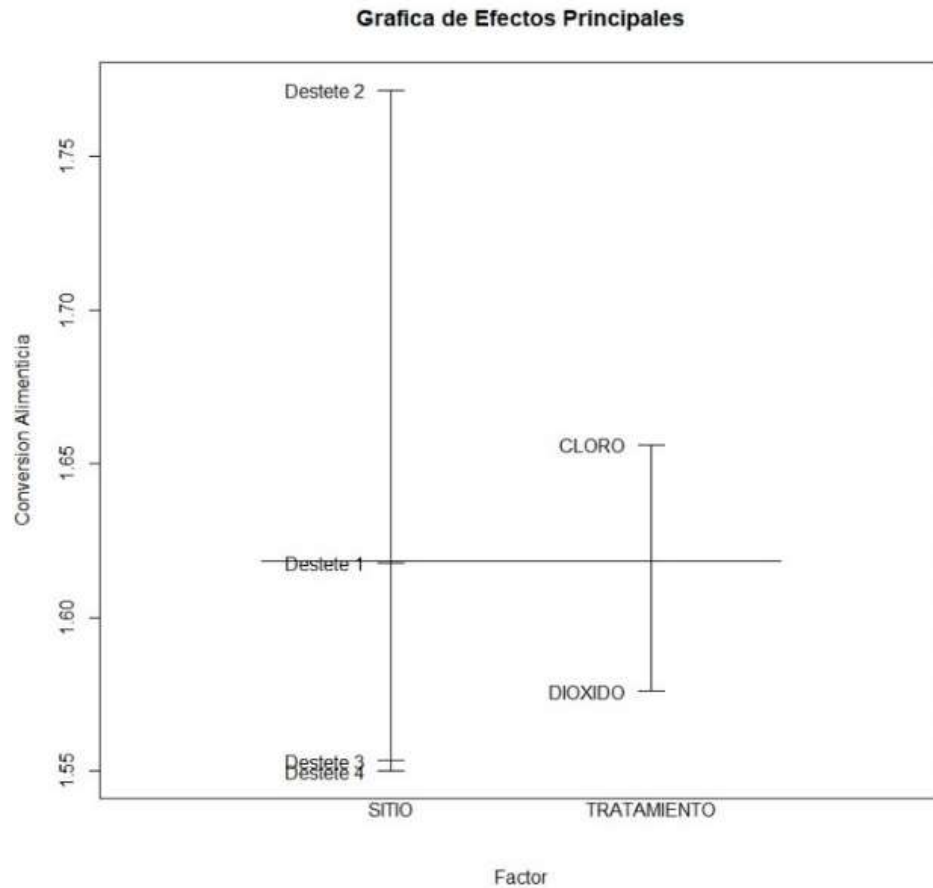


Figura 24: Grafica de Efectos Principales Conversión Alimenticia.

## Mortalidad

Evaluando del mismo modo y representado por la gráfica de efectos principales la mortalidad en sitio como variable de respuesta vs sitio y tratamiento (cloro y dióxido de cloro) se observa que los sitios destete 3 y 4 tuvieron menor mortalidad con el tratamiento de desinfección con Dióxido y los sitios destete 1 y 2 arrojan los resultados más altos en mortalidad utilizando el método de desinfección con Cloro (Figura 25)

Para esta evaluación de parámetros, la gráfica refiere los índices de mortalidad más bajo implementado el sistema de desinfección basado en Dióxido, y los indicadores más altos de mortalidad se presentaron utilizando el sistema tradicional con Cloro para su desinfección.

Los conocimientos de los supervisores de granja son uniformes, sin embargo, los lotes que llegaban infectados de maternidad en destete, utilizando el sistema tradicional de cloro, no se lograban recuperar, por lo que aumentaban en este rubro.

Los comentarios de los supervisores de granja fueron de igual manera constantes al mencionar la mejoría que los animales presentan físicamente al beber agua desinfectada con Dióxido de cloro.

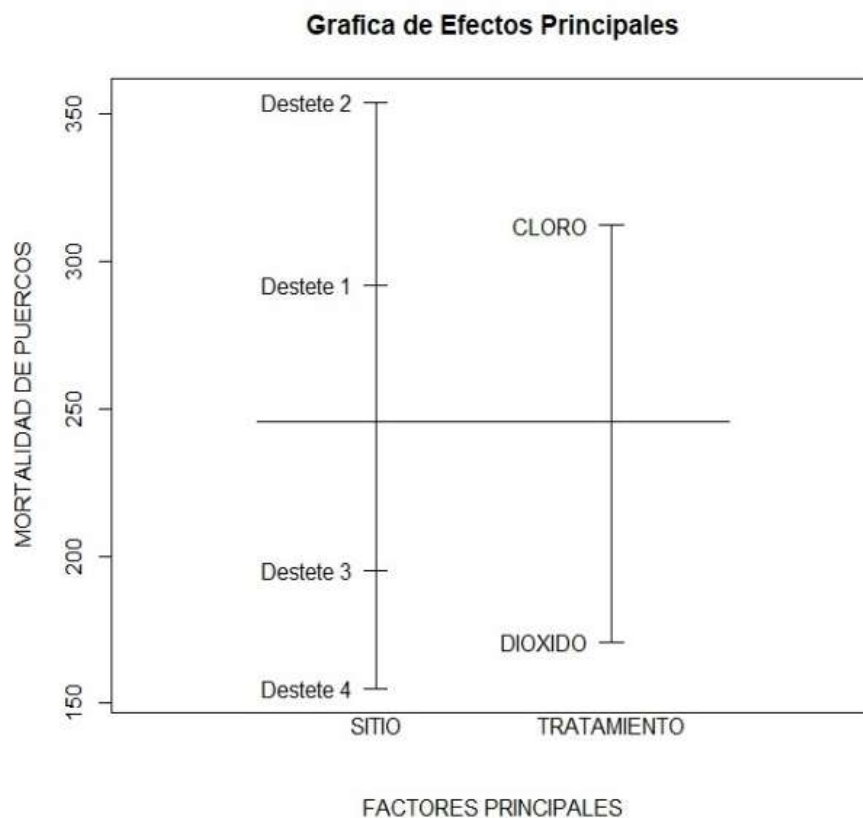
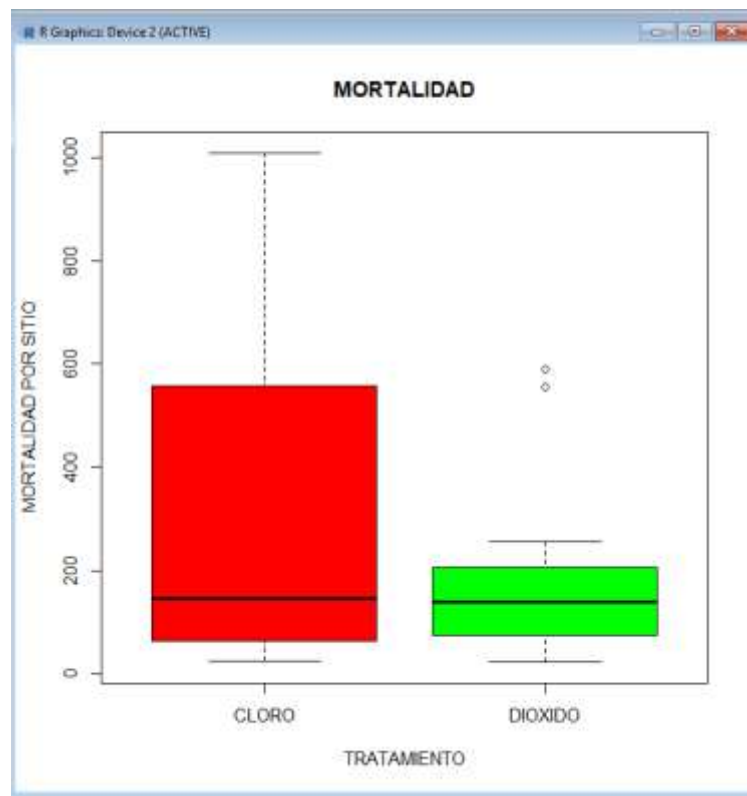


Figura 25: Grafica de Efectos Principales Mortalidad.

Utilizando un Boxplot de los valores numéricos referenciados en mortalidad obtenidos de las Conversiones alimenticias como variable de respuesta, a partir de una categorización por tratamiento (Cloro vs Dióxido de cloro), y diferenciamos cada categoría (tratamiento) por color. Se realiza un análisis de varianza con estos valores y sus características del análisis, y para poder observar el valor de probabilidad o valores de resumen se realiza una prueba Tukey (Figura 26).



```
> TukeyHSD(ANOVA1)
```

```
Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level
```

```
Fit: aov(formula = MORTALIDAD ~ TRATAMIENTO)
```

```
$TRATAMIENTO
```

	diff	lwr	upr	p adj
DIOXIDO-CLORO	-141.5251	-291.2777	8.227542	0.063415

Figura 26: Análisis de Varianza y Prueba Tukey.

### **Verificación de la Hipótesis**

Se busca desde un inicio una mejora en la producción porcina, esto es; la menor mortalidad y menor conversión alimenticia (kg de alimento por kg de ganancia por puerco), resultados que arrojó el tratamiento en el cual se utilizó el Dióxido de cloro en su sistema de desinfección de agua, ya que los resultados del tratamiento donde se implementó el Cloro los valores numéricos en mortalidad como en conversión alimenticia por sitio son mayores que los que arrojó el Dióxido de cloro.

Con los resultados obtenidos mediante las pruebas físicas, de laboratorio y la tabulación de datos estadísticos de todo el proyecto:

Acepta la Hipótesis

Por conclusión se asume que la hipótesis nula no se puede rechazar ya que existen diferencias en los valores numéricos que se incluyeron por tratamientos. Es decir, existe diferencia significativa entre tratamientos con respecto a la mortalidad y conversión.

La Utilización del Dióxido de cloro como sistema de desinfección para agua en el sector pecuario del poblado Miguel Alemán, disminuye la mortalidad de puercos en corral y mejora la conversión alimenticia del mismo.



## CONCLUSIONES

- Los resultados mostrados en los análisis realizados a las muestras de agua en granja demuestran que los parámetros microbiológicos cumplen con lo establecido en la Norma oficial mexicana NOM-127-ssa1-1994: salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización para su consumo, ya que estos se encuentran nulos o por debajo de los límites deseables, dejando en claro que las distintas líneas de suministro de agua hacia las granjas porcinas no presentan problemas con dichos parámetros.
- Los resultados demuestran que es posible purificar y mejorar la calidad de las aguas en sitios con dosificaciones constantes de Dióxido de Cloro, ya que el desprendimiento de Biofilm mejoró considerablemente este proceso (prácticamente desaparece).
- El decremento en la mortalidad de los sitios en que se usa de Dióxido de Cloro es considerable, generando ganancias económicas anuales para la empresa de \$1,087,677.89 Millones de Dólares.
- Como alternativa para el proceso de Desinfección de agua para el consumo humano, se puede diseñar e implementar a menor escala el sistema de Desinfección con Dióxido de Cloro sin presentar problemas para las personas, ya que dentro de las instalaciones el agua desinfectada para sitios también abastecía el suministro de agua a las casetas de los empleados en granja, siendo estos de 2 a 4 personas, sin presentar problema alguno en su salud.
- Se demostró que la implementación de sistemas de Desinfección a base de Dióxido de Cloro, es eficiente al momento de remover microbiología y patología, intervenir directamente en la mortalidad y mejoramiento de la conversión alimenticia en sitios con indicadores a favor del 50% en decremento de mortalidad y ganancia de carne.

- Se presentan los resultados ante el comité directivo de la empresa Porcicola, avalando la mejoría en sus procesos de producción, así como la difusión de los mismos antes descritos en la presente tesis de posgrado y de su comité educativo.
- Este trabajo de investigación es inédito en la producción porcícola y se llega a esta conclusión después de una exhaustiva revisión bibliográfica en el rubro pecuario.

## **RECOMENDACIONES**

- Es recomendable evitar el ingreso a cuartos de bomba para la manipulación del sistema de Desinfección ya que este es autónomo y solo se supervisa por personal capacitado.
- No se recomiendan abastecer de nuevo las cisternas con agua sin previamente preparar la solución de Dióxido de Cloro al 3%, esto con personal capacitado ya dentro de la empresa.
- La medición de residual de cloro se hace siempre del último chupón de la caseta más lejana, para así controlar la presencia de dióxido en toda la tubería a una concentración de 0.8ppm en cada caseta.
- Por seguridad del personal no se recomienda ingerir agua directa de las cisternas de Desinfección, ya que la solución se encuentra a concentraciones más altas y podrían presentar problemas a su salud.
- Como es de su conocimiento existen viviendas alrededor de algunas granjas las cuales no se encuentran dentro de la red de suministro y proceso de desinfección con Dióxido, se recomienda que tomen agua directamente de las líneas de sitio y no de la cisterna.

## BIBLIOGRAFIAS

Aparicio Mijares, F. J (1992). Fundamentos de hidrología de superficie, Grupo Noriega eds, Editorial LIMUSA, 303pp.

Acosta, R. (2008). Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos, Environmental sanitation and food hygiene. (G. M. Ferrero, Ed.) Editorial Brujas.

Aguiar et al. (2000), La calidad del agua de consumo y las enfermedades diarreicas en Cuba, Recuperado de: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/8823/2363.pdf?sequence=1>

Álvarez, L. A., & Nadal, H. (21 de marzo de 2012). Eco salud el agua como sustento de la vida. Recuperado de <http://ecosalud.info/uncategorized/el-agua-como-sustento-de-la-vida/>

Araque, H., (2009) Sistemas de producción de Cerdos, Universidad Central de Venezuela.

AVILES FLORES M., MONTELLANO PLACIOS, L., (2016), Serie Autodidactica de la Calidad del Agua, Cesar g Calderón Molgora eds, 212 pp

BABOT, D., (2015) Gestión Medioambiental en Producción Porcina, Revista Computadorizada de Producción Porcina, Volumen 14, Numero 3, 198 pp.

Báez, M. C., Granados, Y. P., & Ronco, A. (2004). Secretaría del medio ambiente y recursos naturales. Ensayos para agua dulce. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/573/cap24.pdf>

Barrenechea, A. (2000). Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua. En Manual I: Teoría. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>

BEGOÑA M.M, (2007), Mejora de la seguridad alimentaria en productos cárnicos listos para el consumo mediante la aplicación combinada de tecnologías de conservación emergentes, Universidad de Girona.

Cervantes D., R., G. Verdugo-Díaz., y J.E. Váldez-Holguín. 2005. Modelo estacional de producción primaria estimada mediante fluorescencia natural en una región costera del Golfo de California, México. Hidrobiológica 15 (1): 79-87.

CONAGUA, (2004), Estadísticas del agua en México, Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua eds, 242 pp.

CONAGUA, (2007) Manual de agua potable Alcantarillado y Saneamiento, Secretaria de Medio Ambiente eds, 163 pp.

CONAGUA, (2010), El Agua en México: Cauces y encauces, Academia Mexicana de Ciencias eds, 702 pp.

CONAGUA, (2012), Ley de Aguas Nacionales y sus Reglamentos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales eds, 211 pp.

ECODENA, (2017), Dióxido de Cloro, Especialistas en tratamientos de Aguas residuales, Ecología y Depuración natural eds, Vol. 4, 115 pp

ECODENA, (2018) Ventajas del Dióxido de cloro respecto al Hipoclorito de sodio en tratamientos de agua, recuperado de: [www.ecodena.com.mx](http://www.ecodena.com.mx)

EPA, (2001), Estándares nacionales de agua potable primaria, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA 816-F-01-007.

EPA, (2012), Introducción a la Ley de Agua Limpia, Recuperado de: [https://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Introduccion a la Ley de Aqua Limpia.pdf](https://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Introduccion%20a%20la%20Ley%20de%20Aqua%20Limpia.pdf)

GARZON ZUÑIGA, M.A., BUELNA, G., (2014), Revista internacional de Contaminación Ambiental, Atmosfera eds, Volumen 30, Número 1.

Graves CG, Matanoski GM, Tardiff RG (2002) Peso de la evidencia de una asociación entre efectos reproductivos y de desarrollo mental adversos y exposiciones a subproductos de desinfección: una revisión crítica. Regtox Toxicol. Pharmacol. 34: 103-124.

Herring; Harwood; Petrucci, (2003), Química General, PRENTICE HALL 8° edición, 2003 54 PET qui

INEGI, (1993) Estudio Hidrológico del estado de Sonora, Recuperado de: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221294/702825221294\\_1.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221294/702825221294_1.pdf)

Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D, (2002), Tratamiento de Aguas Residuales en América, Recuperado de: [http://cidta.usal.es/residuales/libros/documentos\\_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/documentos_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf)

KJ Briñez, JC Guarnizo, SA Arias, (2012) Facultad Nacional de Salud Recuperado de: <http://rccp.udea.edu.com>

LAZCANO, C.A., (2008), Fallas y Problemas de la Desinfección, Lima PERU.

Lenntech, (2018) Historia de la desinfección del agua, recuperado de: [www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-desinfeccion-agua.htm#ixzz4wjNwoWFss](http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-desinfeccion-agua.htm#ixzz4wjNwoWFss)

Lenntech, (2018) Historia del Tratamiento de agua potable recuperado de: [www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm#ixzz4wjPo5AsU](http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm#ixzz4wjPo5AsU)

Luis M.G (2004), El cloro y el Agua, recuperado de: <http://www.cronica.com.mx/notas/2009/461210.html>

Maeda, T., Y Nosé., (1999), Un Nuevo Agente antibacteriano: antibacteriano Zeolita Órganos artificiales. 23 (2): 129- 130.

Mapa de Agua, (2011), Agua tratada con Cloro riesgos y beneficios, recuperada de: <http://www.mapadelagua.com/2011/08/22/agua-tratada-con-cloro>

Mejía Clara, M. R, (2005), Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras, CATIE, Universidad de Costa Rica.

MILES, R.D., R. H. HARMS y S. M. LOURENT. 1986. Influencia de la zeolita sódica. sobre el rendimiento de las gallinas ponedoras. Nutrition-Reports International, 34: 1097-1103.

Nathali, E.A.T & Fanny Lucia, A.E (2008) Evaluación de los Desinfectantes en su proceso de limpieza y desinfección del área de Fitoterapéuticos en los laboratorios pronabell ltda, Universidad de Bogotá.

National Research Council, Academia de la Investigación Científica. National Academy Press. Washington, DC. (1995) El suministro de Agua de la Ciudad de México, Capítulo 5: Calidad del Agua y Problemas de Salud.

P.h José Luis, J.L (2009) Los riesgos del agua Clorada, Recuperado de: <http://salud-integral-para-todos.blogspot.com/2009/11/los-riesgos-del-agua-clorada.html>

Ph. de la Iglesia D.P., (2009), Los Riesgos Del Agua Clorada, Por Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

QUILES A, HEVIA M.L., (2006), Revista Producción Animal, *Limpieza y Desinfección: Tecnología Todo Dentro/Todo Fuera*, Numero 222, Universidad de Murcia

Reiff, F.M., (1995), Balanceo de los riesgos químicos y microbianos en la desinfección de los suministros de agua potable en los países en desarrollo, Evaluación y gestión de los riesgos para la salud derivados de la contaminación del agua potable: enfoques y aplicaciones. Publicación IAHS N.º 233, Simposio de Roma, 343 pp

Rook, J.J., (1974), Formación de haloformas durante la cloración de aguas naturales. Tratamiento de agua, Examen. 23: 234-243.

SAGARHPA, (2017), Situación Actual de la Porcicultura en Sonora, Recuperado de:  
<http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/notas/sitactporci20170419.pdf>

SAGARHPA, (2018) Recursos Hídricos, Recuperado de  
[http://sagarhpa.sonora.gob.mx/portal\\_sagarhpa/sub-secretarias/programas-rh.html](http://sagarhpa.sonora.gob.mx/portal_sagarhpa/sub-secretarias/programas-rh.html)

Sarira Rupa, P., (2008), El Agua Clorada, Por Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

SEGOB/DOF, (2013), Plan Nacional de Desarrollo, Recuperado de:  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013)

Toze, S., (1999), PCR y la detección de patógenos microbianos en el agua y aguas residuales, Investigación del Agua. 33 (17): 3545-3556.

UNESCO, (2003) Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, Ministerio de medio ambiente eds, 664 pp

UTN, (2005), Ingeniería Sanitaria, Cap. 4 Tratamientos de las Aguas, Facultad Regional del Rosario eds, 123 pp.

Villanueva, C.M., Kogevinas, M. y Grimalt, J.O., (2000), Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga, Gac Sanit 2001; 15 (1): 48-53

Volk, W. A., (1992), Microbiología Básica. Harla. 7ª. Ed. México 819 pp

WOODGER G.J, (2015), La Bioseguridad y La Desinfeccion en el control de Enfermedades, bioseguridad integral Avanzada, CDMX

# ANEXOS

## ANEXO I – Aplicación del Lenguaje de Programación Estadístico en R

> Datos

	SITIO TRATAMIENTO	CA MORTALIDAD
1	Destete 1	COLORO 1.48 479
2	Destete 1	COLORO 1.46 243
3	Destete 1	COLORO 2.12 797
4	Destete 1	DIOXIDO 1.81 591
5	Destete 1	DIOXIDO 1.61 556
6	Destete 1	DIOXIDO 1.43 22
7	Destete 1	DIOXIDO 1.59 31
8	Destete 1	DIOXIDO 1.58 124
9	Destete 1	DIOXIDO 1.81 230
10	Destete 1	DIOXIDO 1.54 219
11	Destete 1	DIOXIDO 1.48 68
12	Destete 1	DIOXIDO 1.57 180
13	Destete 1	DIOXIDO 1.55 256
14	Destete 2	COLORO 1.41 735
15	Destete 2	COLORO 1.16 41
16	Destete 2	COLORO 1.29 283
17	Destete 2	COLORO 3.94 1010
18	Destete 2	COLORO 1.89 911
19	Destete 2	COLORO 1.61 35
20	Destete 2	COLORO 1.52 53
21	Destete 2	COLORO 1.61 268
22	Destete 2	DIOXIDO 1.68 233
23	Destete 2	DIOXIDO 1.99 186
24	Destete 2	DIOXIDO 1.39 140



25 Destete 3	COLORO 2.02	880
26 Destete 3	COLORO 1.36	99
27 Destete 3	COLORO 1.45	57
28 Destete 3	COLORO 1.82	557
29 Destete 3	COLORO 1.49	64
30 Destete 3	COLORO 1.49	72
31 Destete 3	COLORO 1.49	65
32 Destete 3	DIOXIDO 1.44	101
33 Destete 3	DIOXIDO 1.49	105
34 Destete 3	DIOXIDO 1.67	195
35 Destete 3	DIOXIDO 1.49	72
36 Destete 3	DIOXIDO 1.43	75
37 Destete 4	COLORO 1.37	211
38 Destete 4	COLORO 1.61	752
39 Destete 4	COLORO 2.13	176
40 Destete 4	COLORO 1.52	115
41 Destete 4	COLORO 1.40	53
42 Destete 4	COLORO 1.46	74
43 Destete 4	COLORO 1.49	25
44 Destete 4	COLORO 1.47	65
45 Destete 4	DIOXIDO 1.49	90
46 Destete 4	DIOXIDO 1.68	175
47 Destete 4	DIOXIDO 1.46	37
48 Destete 4	DIOXIDO 1.60	186
49 Destete 4	DIOXIDO 1.47	56

```
> attach(Datos)

> names(Datos)

[1] "SITIO"      "TRATAMIENTO" "CA"          "MORTALIDAD"

> str(Datos)

'data.frame':  49 obs. of  4 variables:
 $ SITIO      : Factor w/ 4 levels "Destete 1","Destete 2",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ TRATAMIENTO: Factor w/ 2 levels "CLORO","DIOXIDO": 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 ...
 $ CA         : num  1.48 1.46 2.12 1.81 1.61 1.43 1.59 1.58 1.81 1.54 ...
 $ MORTALIDAD : int  479 243 797 591 556 22 31 124 230 219 ...

> class(CA)

[1] "numeric"

> class(MORTALIDAD)

[1] "integer"

> boxplot(CA~SITIO)

> boxplot(MORTALIDAD~SITIO)

>      boxplot(MORTALIDAD~TRATAMIENTO,          main="MORTALIDAD",
ylab="MORTALIDAD POR SITIO", xlab="TRATAMIENTO", col=c("red","green"))

> boxplot(CA~TRATAMIENTO, main="MORTALIDAD", ylab="MORTALIDAD POR
SITIO", xlab="TRATAMIENTO", col=c("red","green"))
```

```
> t.test(CA)
```

### One Sample t-test

```
data: CA
```

```
t = 28.798, df = 48, p-value < 2.2e-16
```

```
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
```

```
95 percent confidence interval:
```

```
1.505563 1.731579
```

```
sample estimates:
```

```
mean of x
```

```
1.618571
```

```
> boxplot(MORTALIDAD~TRATAMIENTO)
```

```
> aov(MORTALIDAD~TRATAMIENTO)
```

```
Call:
```

```
aov(formula = MORTALIDAD ~ TRATAMIENTO)
```

```
Terms:
```

```
TRATAMIENTO Residuals
```

```
Sum of Squares    244440  3178395
```

```
Deg. of Freedom      1    47
```

Residual standard error: 260.0489

Estimated effects may be unbalanced

```
> ANOVA1 = aov(MORTALIDAD~TRATAMIENTO)
```

```
> summary(ANOVA1)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRATAMIENTO	1	244440	244440	3.615	0.0634 .
Residuals	47	3178395	67625		

---

Signif. codes: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

```
> TukeyHSD(ANOVA1)
```

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

```
Fit: aov(formula = MORTALIDAD ~ TRATAMIENTO)
```

```
$TRATAMIENTO
```

	diff	lwr	upr	p adj
DIOXIDO-CLORO	-141.5251	-291.2777	8.227542	0.063415

## ANEXO II – Evidencia de Aplicación de Desinfección en Campo Avícola



### Algunas Aplicaciones en la de Industria Avícola con TwinOxide

#### Sistema de Distribución de Agua en Granja Avícola

Mezclar TwinOxide® de acuerdo a las instrucciones de preparación para crear una solución de 3000 ppm. Usando una bomba dosificadora para inyectar la solución diluida en el sistema de agua.

Etapa 1: Dependiendo de la edad y mantenimiento de la red de distribución esta etapa requiere una dosificación mayor para eliminar el biofilm en toda la infraestructura de la red. Aplicar 30 ppm (shock) por 24 horas y después enjuagar.

Etapa 2: Después del tratamiento de shock, dosificar 0.5 ppm continuamente en la red. Detener la dosificación 24 horas antes de la vacunación y retomar el tratamiento 24 horas después de la vacunación. En los puntos de toma de agua un residual <0.1 ppm de TwinOxide es aceptable

#### Manejo de Huevo

Fumigación de huevo para incubación: Preparar solución de TwinOxide® de acuerdo a instrucciones de preparación con agua de la red municipal. Llenar nebulizador basado en instrucciones del fabricante. Nebulizar hasta tener una cobertura total sin remojar los huevos. Las dosificación variaran entre 0.1 y 0.5 ppm. Para esterilizar huevos para consumo humano la temperatura del sanitizante no deberá exceder 55 grados Celsius. Esprear TwinOxide a 0.1 ppm para humedecer los huevos. Secar completamente los huevos antes del empaque, no es necesario aplicar un enjuague de agua potable.

- 5 -

#### Para uso en Sistemas de Humidificación en Incubadoras

Preparar solución de TwinOxide® de acuerdo a instrucciones de preparación con agua de la red municipal. Para dilución manual a 1.0 ppm añadir 1 parte de TwinOxide a 2999 partes de agua. Para dilución automática, arreglar la bomba dosificadora para humidificar la línea de distribución de agua y colocarlo en 1.0%.

#### Lavado de Cajas

Preparar solución de TwinOxide® de acuerdo a instrucciones de preparación con agua de la red municipal. Posterior a un enjuague de agua, esprear a las cajas una solución de 50 ppm de TwinOxide.



#### **Sistema de Distribución de Agua en plantas Incubadoras**

Preparar solución de TwinOxide® de acuerdo a instrucciones de preparación con agua de la red municipal. Dosificar 0.5 ppm después del proceso de suavizar el agua directamente en la línea de distribución.

#### **Sanitización para Superficies Duras, No porosas en contacto con Alimentos**

TwinOxide es un sanitizante efectivo para superficies en contacto con alimentos entre 0.1 y 5.0 ppm dependiendo del nivel de desinfección requerida, contra E. Coli y E. Coli O157:H7, Salmonella Typhimurium (MDRS) y Estafilococos Aureus con tiempo de exposición de 1 minuto. El producto puede ser utilizado en superficies de preparación de alimentos, dispensadores de bebidas, cristalería, platos y utensilios para comer, equipo para procesar alimentos incluyendo líneas y equipo de proceso para cerveza previamente limpias.

#### **Sanitizante para Superficies Duras, No porosas, Sin Contacto con Alimentos.**

TwinOxide es un sanitizante muy efectivo para superficies que no estén en contacto con alimentos entre 2 y 20 ppm dependiendo del grado de desinfección requerido contra Estafilococos Aureus y Klebsiella Pneumonia con un tiempo de exposición de 5 minutos. El producto puede utilizarse en superficies como pisos, paredes y mobiliario en general.

- 6 -

#### **Desinfectante o Virucida para Superficies Duras, No porosas.**

TwinOxide puede ser utilizado entre 20 a 100 ppm con un tiempo de exposición de 10 minutos para desinfectar superficies duras en hoteles, oficinas, naves, hospitales, escuelas, fabricas, enfermerías, lavanderías, establecimientos de comida o cualquier otro lugar que pudiera estar contaminado con Estafilococos Aureus, Salmonella Colorieseis, Pseudomona Aeruginosa, estafilococos aerus resistente a metilicina, enterococcus faecalis resistentes a vancomicina, micobacterium bovis (TB) y tricofton mentagrifitos (pie de atleta), virus corona, calicivirus feline, hepatitis A, VIH tipo 1, polivirus-1 y rotavirus.



### Caso de Estudio

#### Granjas de Pollos: Resultados Promedio de Nueve pruebas en Tres Diferentes Granjas.

Se muestran a continuación los resultados de una prueba donde se incluyó el uso de TwinOxide en los sistemas de distribución de agua potable para las aves y otras aplicaciones como las antes mencionadas. Los valores monetarios se encuentran en dólares australianos.



	LWT Promedio (kg)	Edad Promedio	Aumento de Peso p/día (gramos)	Mortalidad (%)	FCR (kg)	
TwinOxide	3.011	44.4	67.7	5.45	1.809	
Control	3.062	45.0	68.1	5.30	1.871	
Por Día			-0.4			
Total			-16.5	-0.15	0.062	
Valor por punto			\$ 0.0455	\$ 0.0183	\$ 0.0129	
						<b>TOTAL</b>
Ingresos Extra			-\$ 0.0075	-\$ 0.0027	\$ 0.0800	\$ 0.0697

Tabla 1.1





**Resultados Financieros Basados en las Pruebas**

Ingreso Total Extra por Cobertizo por Año.

Ingreso extra total por cobertizo por año por productor.	
- Parvadas por año	6
- Número de aves por año	150000
- Mejora en dólares australianos por ave	\$ 0.0697
<b>Total</b>	<b>\$ 10,459.13</b>

Tabla 1.2



- 8 -

**Ganancia Total Extra por Cobertizo por Año**

Descripción	Por Cobertizo	Por 20 millones de pollos
- Ingreso extra total	\$ 10,459.13	\$ 1,394,550.00
- Costo Total	\$ 3,609.50	\$ 481,266.21
<b>Total</b>	<b>\$ 6,849.63</b>	<b>\$ 913,283.79</b>
<b>Retorno de la Inversión</b>	<b>290%</b>	<b>290%</b>

Tabla 1.3



**ANEXO III – Informe de Prueba sobre la estabilidad de la Solución de Dióxido de Cloro destinada a usarse como Desinfectante.**

<p><b>Hygiene-Institut des Ruhrgebiets</b></p> <p>Institut für Umwelthygiene und Umweltmedizin Direktor: Prof. Dr. rer. nat. L. Dunemann</p> <p><small>Hygiene-Institut · Postfach 10 12 59 · 45812 Gelsenkirchen</small></p>			
		<p>Rocthauser Str. 19 45879 Gelsenkirchen</p> <p>Phone: (0209) 8242-0 Extension line: (0209) 8242-280 Fax: (0209) 8242-299 E-Mail: p.brocking@hyg.de Internet: www.hyg.de</p> <p>Reference: C-168575k-08-Br Responsible: Mrs. Bröcking</p> <p>Gelsenkirchen, 21.11.2008</p>	
<p><b>TEST REPORT</b> <b>on the stability of a chlorine dioxide solution</b> <b>intended for use as a disinfectant</b></p> <p><small>(English version of test report C-168158-08-Br, date: 06/10/2008)</small></p>			
<b>Applicant:</b>	TwinOxide International B.V. De Maas 28 5684 PL Best NETHERLANDS		
<b>Order from:</b>	06/05/2008		
<b>Test material:</b>	TwinOxide (chlorine dioxide solution)		
<b>Date of receipt of test items:</b>	07/05/2008		
<b>Date of preparation:</b>	30/05/2008		
<b>Start of the test:</b>	30/05/2008		
<b>End of the test:</b>	02/10/2008		
<p>This test report contains 4 pages</p> <p><small>The results and conclusions exclusively refer to the investigated samples and the relevant laws. The validity of this document expires in case of modifications in the composition of the product or the processing conditions. This document must not be reproduced except in full, without our written approval.</small></p>			
			 <p><small>Deutscher Akademischer Verband DAR DAP-PL-2548.DD</small></p>
<p><small>Träger des Hygiene-Instituts: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V., Gelsenkirchen</small></p>			

**Introduction:**

The test specimen „TwinOxide“ is a chlorine dioxide solution designed for the disinfection of drinking water. Production of the aqueous chlorine dioxide solution was carried out in our laboratory in exact accordance with the manufacturer’s instruction for use of the materials supplied. In accordance with the manufacturer’s information the base materials referred to us are cited in DIN EN 12671 (A.1.2) as base materials which can be used for the production of chlorine dioxide.

**Conducted tests:**

The assignment was to test the stability of the chlorine dioxide solution. The chlorine dioxide concentration was determined weekly in accordance with DIN 38408 T 5. In addition, the concentration of the minor constituents chlorite and chlorate were determined by means of ion chromatography as specified in DIN EN 12671.

The chlorine dioxide solution was stored at 5° centigrade in a light-resistant brown glass bottle.

**Test results and assessment:**

The results can be found in the table on page 4.

Throughout the testing period the chlorine dioxide test solution has shown a chlorine dioxide content of 2.0 g/l to 3.3 g/l. From the sixth week however, measured value levels were significantly lower with a maximum of 2.5 g/l.

Chlorate was not detectable in any of the test solutions where limits of determination were set at 2.5 mg/l. Chlorite content was detected at levels ranging from 0.5 mg/l to 7.3 mg/l.

In accordance with the list of water conditioning chemicals and disinfection methods pursuant to § 11 of the Trinkwasserverordnung (drinking water regulation) from 2001 issued by the Federal Environmental Agency chlorine dioxide may be used for disinfecting drinking water. The DIN EN 12671 requirements must be observed and the permitted maximum supplement of 0.4 mg/l ClO<sub>2</sub> must not be exceeded.

Due to the previously determined content level results and in order to comply with the permitted maximum supplement, the tested chlorine dioxide solution must be diluted at a minimum ratio factor of 1:5000. This factor will lead to dilution of the determined maximum chlorite level (7.3mg/l). So a maximum of 0.0015mg/l chlorite is introduced in drinking water treated with this disinfection solution.

Hygiene-Institut des Ruhrgebiets  
Institut für Umwelthygiene und Umweltmedizin

C-168575k-08-Br  
page 3 of 4

During the chlorine dioxide disinfection process, chlorite emerges as a disinfection by-product. At completion of the preparation process the chlorite level must be monitored (stipulated maximum chlorite value 0.2mg/l).

In accordance with the list of water conditioning chemicals and disinfection methods pursuant to § 11 of the Trinkwasserverordnung (drinking water regulation) from 2001 issued by the Federal Environmental Agency base materials used for the production of the chlorine dioxide solution must meet the purity requirements of the appropriate DIN.

Monitoring of the chlorine dioxide content of disinfected drinking water must be carried out on site.

The results of this test report refer exclusively to the examined test specimens (Date of receipt of test items: 07/05/2008).

The Director of the Institute  
on behalf

  
(Bröcking, certified food chemist)



Assessment basis:

Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001,  
BGBl. I, Nr. 24, page 959-980 (drinking water regulation)

List of water conditioning chemicals and disinfection methods pursuant to § 11 Trinkwasserverordnung (status: June 2008)

DIN EN 1018: Chemicals used for treatment of water intended for human consumption – Chlorine dioxide; German version EN 12671:2000

Hygiene-Institut des Ruhrgebiets  
Institut für Umwelthygiene und Umweltmedizin

C-168575k-08-Br  
page 4 of 4

**Applicant:** TwinOxide International B.V.  
De Maas 28  
5684 PL Best  
NETHERLANDS

**Test material:** chlorine dioxide solution TwinOxide

**Date of receipt of test items:** 07/05/2008

**Date of preparation:** 30/05/2008

time after preparation	chlorine dioxide [g/l]	chlorite [mg/l]	chlorate [mg/l]
test method	analogue DIN 38406-T5	DIN EN ISO 10304-4	DIN EN ISO 10304-4
1 week	3,0	1,8	< 2,5
2 weeks	3,3	2,3	< 2,5
3 weeks	2,9	7,3	< 2,5
4 weeks	3,0	7,0	< 2,5
5 weeks	3,0	3,4	< 2,5
6 weeks	2,3	0,5	< 2,5
7 weeks	2,1	0,9	< 2,5
8 weeks	2,0	3,1	< 2,5
16 weeks	2,5	2,9	< 2,5