

BACTERIOLOGÍA DE AGUAS NATURALES

Federico Emiliani. 2003. Cátedra de Microbiología Ambiental. Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. *Santa Fe, Argentina.*

Estándares

Criterios, recomendaciones y estándares. Aguas para uso recreativo: problemática (Indicadores bacteriológicos, Períodos de vigencia, Número de muestras y frecuencia de muestreo, Cianobacterias, Agua recreativas variables. Estándares de calidad bacteriológica para otros usos del agua (Piscinas, Agua potable, Agua para análisis de laboratorio, Ganado, Riego

ESTÁNDARES

Existen diversos tipos de recomendaciones y patrones de calidad microbiológica relativos al agua. Cada tipo tiene un enfoque diferente; algunos están diseñados para proteger la salud humana; otros, la vida de animales acuáticos, sistemas ecológicos, etc. Todos, de los efectos adversos del deterioro ambiental frecuentemente producido (directa o indirectamente) por las mismas actividades humanas y, eventualmente, acrecentadas por anomalías hidroclimáticas.

INTRODUCCIÓN

Existen diversos tipos de recomendaciones y estándares relativos al agua. Cada tipo tiene un enfoque diferente; algunos están diseñados para proteger la salud humana; otros, la vida de animales acuáticos, sistemas ecológicos, etc., Todos, de los efectos adversos de la polución y de la contaminación.

Aquí, solamente detallaremos lo referente a normas de calidad bacteriológica destinadas a la protección de las aguas en ambientes de uso recreativo y, brevemente, lo concerniente a algunos otros usos del agua.

1. Criterios, recomendaciones, objetivos y estándares

Hay varias acepciones para cada uno de los términos del epígrafe. Si bien no hay acuerdo entre los diferentes autores, nosotros creamos adecuadas las siguientes (adaptadas de Enderlein *et al.*, 1997).

Criterios (en inglés: *criteria*).

Es el fundamento científico de un juicio. Son desarrollados por investigadores científicos y proveen una información básica para derivar límites recomendables para un uso específico del agua. En general, se fundamentan en estudios donde se relaciona el contaminante con el organismo receptor (peces, plantas, cultivos agrícolas, ganado, personas, etc.).

En aguas para uso recreativo, el **criterio** correspondiente se fundamenta generalmente en estudios epidemiológicos: existe una *interrelación cuantificable entre la densidad del indicador y el riesgo potencial que significa para el hombre el uso del agua* para determinados fines.

Las **recomendaciones** (“pautas”, “**valores guías**”; en inglés: *guidelines*). Son

concentraciones numéricas (a veces, observaciones cualitativas) recomendadas



para sustentar y mantener un uso específico del agua. Un valor guía generalmente deriva del valor más bajo con el cual se observó un efecto adverso y comprobable en los estudios epidemiológicos. A menudo se lo multiplica por un factor de seguridad para proveer protección adicional. Si se fijan a nivel nacional, representarían los valores deseables hacia los cuales se debería llegar para la protección ambiental a largo plazo. Los valores guía no protegen solamente al ambiente y a los usuarios, también promueven estrategias de manejo sustentable del agua.

En aguas recreativas, los valores guía son los límites recomendados para la densidad de un indicador, asociado con un riesgo aceptable para el usuario (lo cual puede variar en función del tiempo y del espacio).

Objetivos específicos (*site-specific criterion, objectives, water quality goal o target*, en inglés). Los objetivos de calidad fijan las concentraciones permisibles o tolerables (de sustancias u organismos) para una *localidad específica* en una cuenca o partes de

ella (lago, río, estuario) y para los organismos más sensibles existentes en ese mismo lugar. El enfoque antropocéntrico hace más bien énfasis en que el establecimiento de objetivos de calidad de un recurso acuático es una cuestión política donde, además, se deben evaluar las prioridades nacionales. Esta evaluación tiene en cuenta aspectos sociales y económicos (p. ej. , progresos industriales, desarrollos agrícolas, etc.

Estándares, normas, o directrices (*standards, directives*). Son valores (o rango de valores) fijados generalmente por las autoridades legislativas o ejecutivas u organizaciones sanitarias; por lo tanto, suelen ser normas obligatorias en las localidades donde rigen. En la forma de expresión de los estándares puede haber valores "recomendados" y valores "obligatorios". Los obligatorios son más altos (menos rigurosos) que las "recomendaciones". Por ejemplo, para la Unión Europea, 2.000 C Te / 100 ml es una directiva "imperativa", pero *recomiendan* tratar de llegar a un valor de 100 C Te / 100 ml. Otro valor obligatorio sería, por ejemplo, la concentración máxima permisible de un contaminante en un efluente que descarga en un río.

Principio de prevención. Todos los términos anteriores se fundamentan en estudios científicos previos. Sin embargo, por este principio se actúa de inmediato,

NOTA

Finalidades, objetivos e indicadores

Desde el punto de vista antropocéntrico, un cuerpo de agua podría ser considerado para cumplir con alguna determinada finalidad (p. ej., acuicultivos, potabilización de agua, ambiente recreativo, reserva ecológica, etc.). Una vez que se ha conseguido el consenso para una determinada finalidad, se deben fijar objetivos cuantificables que midan el progreso alcanzado hacia esa misma finalidad. Si se alcanzan *todos* los objetivos específicos, también se alcanzará la finalidad. Para evaluar el progreso a través de objetivos, se deben medir componentes específicos del ecosistema. Esas medidas las llamamos "indicadores".

NOTA

Valores guía y estándares

Los organismos internacionales (p. ej., OMS) recomiendan "valores guías" que pueden transformarse en "estándares" si son adoptadas por el poder legislativo (en el orden nacional, provincial o municipal).

sin esperar que se logre un conocimiento científico que relacione el vertido de sustancias potencialmente dañinas (o la presencia de organismos presuntivamente patógenos) y un impacto adverso (para el hombre o para el medio).

2. Aguas para uso recreativo: problemática.

Las aguas superficiales, especialmente aquellas en o cercanas a desarrollos urbanos, frecuentemente sirven como receptores de aguas residuales municipales,

Dificultades
La aplicación universal de un estándar de calidad bacteriológica es difícil por una serie de factores ambientales que afectan la relación entre el indicador y la posibilidad de contraer enfermedades.

industriales, pluviales y de la escorrentía de suelos agropecuarios, todo lo cual puede significar un mayor o menor deterioro del agua. Los estudios epidemiológicos que intentaron correlacionar la calidad del agua y

sus efectos sobre la salud produjeron distintos resultados dando origen a una amplia variación de criterios sobre calidad bacteriológica de aguas recreacionales y en la elaboración de valores guía.

La aplicación universal de un criterio de calidad bacteriológica es difícil por una serie de factores ambientales que afectan la relación entre el indicador y la posibilidad de contraer enfermedades. Por ejemplo: diferencias entre las poblaciones humanas con respecto a la resistencia o inmunidad al patógeno, baja relación patógeno/indicador, etc. Aún si la carga microbiana se origina del mismo número de poblaciones humanas o animales u otros depósitos terrestres, el número de microorganismos que entran en un cuerpo de agua varía según las condiciones climáticas. De acuerdo con las condiciones abióticas (temperatura, radiación solar, materia orgánica, sedimentos en suspensión, etc.) y las características bióticas (predación, competencia, comensalismo, parasitismo, etc.) del medio que los recibe, los microorganismos indicadores pueden prolongar o disminuir su sobrevivencia. En la detección de un mayor o menor número de bacterias alóctonas, como sería *E. coli*, también influyen las condiciones hidrológicas como la velocidad de corriente, el caudal, el reflujos de los ríos receptores, la posibilidad de sedimentación, etc.

Si bien es aconsejable que cada país o región adquiera la experiencia necesaria a través de estudios epidemiológicos propios, varios países (incluso el nuestro), se remiten a seguir los valores guía o estándares elaborados por organismos de América del Norte o europeos. Este carencia se debe principalmente a razones económicas.

Cambios
Los "valores guía" y, en consecuencia, los estándares, están en revisión continua; se modifican a medida que existen nuevos avances en la microbiología y en la experiencia epidemiológica de cada región.

De todas formas, se arguye, que *es mejor tener algún tipo de medida que no tener ninguna*. Esta es una necesidad particularmente importante en aguas costeras, lagos y ríos urbanos, dado que estas áreas representan la mayor fuente de recreación para la población, pero que al mismo tiempo, dada la densidad poblacional de esas mismas áreas, resulta más difícil la disposición de aguas residuales excluyendo todo tipo de riesgos sanitarios.

El uso recreativo del agua a menudo se divide en dos subcategorías: contacto primario y contacto secundario. La primera subcategoría se refiere a estándares que protegen a las personas de enfermedades debidas a la inmersión (baño, natación u otros deportes acuáticos), ingestión accidental e inhalación de aerosoles de agua contaminada. Las personas, que mantienen un contacto primario con esas aguas, están expuestas a un mayor riesgo de contraer enfermedades con respecto a los que no las usan, o lo hacen en agua no contaminada. Asegurar que la calidad microbiológica de las aguas no represente un riesgo para la salud humana es una prioridad para los responsables del manejo de las aguas. La segunda subcategoría se refiere a otras actividades sin contacto directo (piragüismo, "surfing", pesca, etc.).

Indicadores preferidos y la tendencia actual

Muchos organismos gubernamentales de control sanitario, desde hace tiempo, han elegido los grupos denominados "Coliformes totales" y "Coliformes termotolerantes" (o "Coliformes Fecales"). Otras entidades actualmente prefieren la cuantificación de *E. coli* o los Enterococos intestinales (o "Streptococos Fecales"). Hasta ahora, el indicador más usado en todo el mundo es el grupo Coliformes Fecales. Sin embargo, muchos especialistas recomiendan reemplazarlo por la cuantificación de *Escherichia coli*. Otros estudios fundamentan, como más conveniente, el uso de enterococos (o ambos).

Además de no haber unanimidad con respecto a los estándares (o recomendaciones), tampoco lo hay con respecto a diversas cuestiones operativas, como ser la frecuencia del muestreo, técnicas de análisis bacteriológicos, o los indicadores bacterianos a usar.

2.1 Formas de expresión.

Las *normas estadounidenses* generalmente expresan una concentración *media* y un *valor máximo* que no debe ser excedido. Sobre esto último existen diversas alternativas. La más frecuente es indicar el porcentaje máximo de muestras que **no**

debe superarlo. (Ejemplo 1). Otra alternativa usada es indicar la concentración del indicador que no puede ser superado por *ninguna* muestra (Ejemplo 2). Algunos Estados usan una tercera alternativa: el promedio, el porcentaje máximo y el valor máximo que no puede ser superado por ninguna muestra (Ejemplo 3).

Ejemplo 2: Media # 193 enterococos/100 ml, ninguna muestra puede superar 360 enterococos/100 ml (Estado de Delaware, EE UU).

Ejemplo 3: Media # 200 C Te/100 ml, no más del 10 % puede exceder 400 C Te/100ml y ninguna muestra puede exceder los 800 C Te /100 ml (Estado de Florida, EE UU)

Ejemplo 1: Media \square 200 C Te /100 ml; y no más del 20% de las muestras puede exceder 500 C Te/100 ml (Estado de Rhode Island, EE UU)

Las *normas europeas* (1976-2002) señalaban solamente el porcentaje de muestras que debía ser inferior o igual a un determinado valor máximo. (También existió una propuesta que establecía el número máximo de muestras

que podía superar ese valor máximo. Otras normas, en vez de medias establecen **rangos** y, a cada rango, lo denominan o identifican con una calidad determinada.

Es de señalar que en la definición de un estándar o de una clasificación, se debe especificar el análisis estadístico requerido. Generalmente, según la norma que se adopte, podrá ser necesario estimar:

X Una medida de la tendencia central.

X Percentiles o porcentajes.

Medida de la tendencia central: Probablemente, la forma más común de representar varias observaciones cuantitativas es una medida de la tendencia central del conjunto, la cual condensa la información en un número solo. En bacteriología de aguas, las medidas más usadas son: la media geométrica y la mediana.

2.2 Diversidad

o Indicadores bacteriológicos.

Como ya habíamos anticipado, el indicador más usado es el grupo C Te. También se están usando *E. coli* y enterococos; más raramente, los C T. Algunos Estados de EE UU, utilizan más de uno (p. ej., C Te y enterococos; *E. coli* y coliformes fecales; o estos dos últimos *más* enterococos). Otros, como California, utiliza los cuatro indicadores mencionados.

Los países europeos también usaban varios indicadores; actualmente (año 2002) se los ha reducido a dos: enterococos y *E. coli*.

o Períodos de vigencia

Los estándares habitualmente aclaran que solamente están en vigencia durante la temporada del uso de las aguas (con una duración específica según las distintas regiones) y, a veces, desde un mes antes de la inauguración de la temporada. Para el resto del año se han adoptado dos alternativas: a) permiten un promedio más alto (desde 5 hasta 10 veces mayor que el exigido en temporada) y b): no especifican ningún estándar.

● Número de muestras y frecuencia de muestreo

Los promedios que se utilizan para comparar con el valor promedio (o rango) del estándar, pueden diferir en el número de muestras mínimas solicitadas para elaborarlos. La US EPA aconseja 5 muestras (como mínimo) recolectadas en 30 días. Esa recomendación se ha aplicado recolectando las muestras a espacios de tiempo iguales (una cada 6 días) o no (a 5, 6, 7 u 8 días). Algunos estándares especifican que las muestras consecutivas no deben ser recolectadas el mismo día de la semana (es decir, si tomó muestras un lunes, la próxima deberá ser cualquier otro día excepto un lunes). Si bien se recomiendan 5 muestras por mes, en la práctica, la diversidad es alta: algunos Estados exigen solamente un mínimo de tres muestras cada 60 días; mientras que en otros, el mínimo es de 10 muestras en 30 días. (Ver el tema "Planificación de muestreos")

2.4. Valores guía: Propuesta según OMS.

Tabla 1.- Probabilidad de efectos adversos para la salud y concentración de cianobacterias

Probabilidad de efectos adversos para la salud	Cianobacterias	
	nº de células / ml	clorofila a (µg/ l)
Bajo	20.000	10
Moderado (*)	100.000	50
Alto (**)	10.000.000	5.000
Muy alto (orillas de lagunas)	100.000.000	50.000

(*) Recomiendan notificar a las autoridades sanitarias, restringir el uso recreacional del agua, y realizar un monitoreo intensivo.

(**) Generalmente, estas concentraciones se deben a la acumulación de cianobacterias en la superficie (por ejemplo, hasta unos 4 cm de profundidad). Las brisas tienden a concentrar aún más las células, llevándolas hacia las orillas de los lagos dando lugar al riesgo "Muy alto".

2.5. Ejemplos de estándares y valores guía.

(Dado que cambian con cierta frecuencia, puede consultar el CD para eventuales actualizaciones y para más ejemplos)

● Argentina

■ Propuesta de la **Autoridad Interjurisdiccional de la Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro** (Cifuentes y Labollita, 1996).

Usos	CT *	C Te **
Agua para potabilizar	5000	1000
Agua para actividades recreativas con contacto directo		1250
		200?
Agua para riego	1000	100
Protección vida acuática	1000***	200

* Coliformes Totales (NMP/100ml) ** Coliformes Fecales (o Coliformes Termotolerantes) (NMP/100ml)

*** aguas muy buenas cuando el 80% del conjunto de las muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas anteriores no supera dichos valores

? Los mismos autores citan para la Cuenca del Plata (1993) < 200 Coliformes Fecales (NMP/100 ml)

NOTA

Clasificación y valor máximo

La concentración del indicador en una muestra se compara con la media (o con el rango). Si el valor es igual o menor a la media establecida (o bien, si está comprendido en el rango previsto como aceptable o tolerable para contacto primario), no hay problema. Puede haberlo, para encuadrarse dentro de un estándar, cuando una muestra supera el **valor máximo** permitido (independientemente de la media o del rango establecido). Esto se debe a que la media (o el rango) se usa más bien para **clasificar** o caracterizar un balneario (o "perfil" del balneario). En cambio, cuando se supera el **valor máximo** indica que se ha llegado a un nivel de alerta o de acción. En este caso, mientras se clausura temporalmente el balneario, hay que investigar si el valor extremo obtenido se debe a una contaminación accidental o crónica. En el desarrollo del tema "*Planificación de Muestreos*" ya vimos como se puede proceder durante estos eventos.

Escherichia coli

El protocolo de la EPA asume que el riesgo aceptable, basado en la "Water Quality Criteria" (8 casos de gastroenteritis cada mil bañistas), es apropiado. También reconoce la imprecisión de los recuentos bacteriológicos y la influencia de las condiciones climáticas. De acuerdo con la EPA, entonces, un balneario no cumple con el criterio establecido por ellos cuando la concentración de *E. coli* excede al promedio geométrico (X_g) de 126/100 ml. Si no lo excede, **tampoco** lo cumple cuando **una** muestra supera al **valor máximo** ($V_{m\acute{a}x}$) determinado según una ecuación.

La **frecuencia** del muestreo no está mencionado específicamente en las normas de la US EPA (1986), pero señalan frecuencias desde semanales hasta mensuales, "según la intensidad del uso de las aguas".

Enterococos

La US EPA aconseja específicamente el uso de los enterococos como indicadores de calidad para aguas marinas. Para aguas que no lo son, los menciona como una alternativa del recuento de *E. coli*. Bajo esta alternativa, el promedio

NOTA

Diferencia entre "caracterizar" y "vigilar" la calidad bacteriológica

Caracterizar o clasificar bacteriológicamente un determinado ambiente acuático (temporal o espacialmente) no implica la toma de alguna decisión **a corto plazo** sobre la base de los resultados analíticos. *Vigilar* la calidad bacteriológica, implica, en cambio, una acción inmediata, fundamentada sobre la excedencia de los parámetros medidos, con respecto a la concentración que se considera "tolerable" y en función del uso establecido para el ambiente acuático en

geo
métr
ico
(5
mue
stra
s,
30
días
) no

debe superar 33 enterococos/ 100 ml (35 / 100ml en aguas marinas). Al igual que lo ya explicado para *E. coli*, la EPA establece el valor máximo que puede alcanzar una muestra.

- **Organización Mundial de la Salud (OMS 1984), Helmer *et al.*, 1991**
Los recuentos de **C Te** no de deben exceder 100 / 100 ml (percentil 50) o 1.000 / 100 ml (percentil 90) en un mínimo de 10 muestras.

NOTA
Nuevos estándares

El 24 octubre 2002, la **Unión Europea** adoptó nuevos estándares para aguas recreativas, basados en la concentración de estreptococos fecales y *Escherichia coli*

2.6. Aguas recreativas: variables medibles a campo

Estándares de parámetros abióticos observables o medibles a campo para aguas de uso recreativo (UE y Canadá)

	Unión Europea	Canadá
pH	□6 y □ 9	6,5 - 8,5 *
Temperatura	---	No se debe incrementar en 3°C el valor base.
Aceites minerales (mg/l)	Ausencia de película iridiscente y de olor **	Ausencia de película iridiscente
Color	Ningún cambio anormal	No se debe incrementar en 30 unidades de color
Sustancias Tensoactivas	Ausencia de espumas persistentes	(en laboratorio: □0,5 mg / l)
Fenoles C ₆ H ₅ OH	Ausencia de olor específico ***	(en laboratorio: □0,005 mg / l)
Transparencia (m)	1 °	---
Turbidez	---	No se debe incrementar en 25 unidades Jackson
O ₂ (% saturación)	□70 y □120	∞
O ₂ (mg/l)	---	□5 mg/l
Residuos sólidos	Ausentes	---
DBO	---	∞∞

* El valor base (o normal para un determinado cuerpo de agua) no debe ser alterado en 0,5 unidades de pH (UpH)

** En laboratorio: □ 0,5 mg / l

*** El 95% de las muestras: □ 0,05 mg/l. Ninguna muestra debe exceder 0,075 mg/l

° Medida con el disco de Sechhi , se refiere a mares y lagos. Nunca debe ser < 0,5 m

∞ Para la protección de los organismo acuáticos en ríos, se recomienda 80% (día) y 70% (noche) pudiendo ser más bajo después de lluvias.

∞∞ No se debe incrementar la DBO de tal forma que produzca una disminución de la concentración de oxígeno < 5 mg/l

2.7 Aguas recreativas: Valores guía para elementos químicos y radiactivos

En las aguas para uso recreativo pueden existir sustancias químicas que pueden ser absorbidas por la piel o bien ingeridas involuntariamente (100 ml). Por eso se han listado concentraciones de elementos químicos (p. ej., metales pesados, biocidas, etc.) y niveles de radiactividad compatible con actividades recreativas.

3. Estándares de calidad bacteriológica para otros usos del agua

Las bacterias, especialmente los coliformes, también figuran en varios otros estándares. A título de ejemplo señalamos los más conocidos.

3.1 Piscinas (con sistemas de recirculación con desinfección y filtrado)

El conocido manual de la *American Public Health Association* (APHA) especifica, entre muchas otras cuestiones, que las muestras deben tomarse cuando se está usando la pileta. Uno de los principales parámetros a vigilar es el cloro residual y el pH (antes de habilitarla al público y por lo menos tres veces al día). Con respecto a las variables bacteriológicas, aconseja el recuento de bacterias heterótrofas como índice de la eficacia de la desinfección.

Piscinas	
Bacterias heterótrofas	# 200 / 1 ml (*)
Coliformes totales	# 1/ 50 ml (**)
Estafilococos	# 50 /100 ml (***)

* No más del 15% de las muestras recolectadas durante un período de 30 días puede ser igual al valor señalado. Incubaciones a 35 °C durante 48 h; siembras, por el método en profundidad (o “en masa”).

** Este valor corresponde al método por filtración. Si se usa el método del NMP, se requiere ausencia en los 5 tubos sembrados con 10 ml de muestra.

*** Estafilococos totales o *Staphylococcus aureus*

3.1.2 OMS: Valores guía para piletas de natación (?)

Higiene (*):

Plate Count Agar # 10 cfu/ml (**)
37°C, 24 h

Contaminación fecal (***):

Coliformes Fecales
ó *Escherichia coli* no detectable

Contaminación no fecal:

Pseudomonas aeruginosa < 1 / 100 ml (desinfectada)
≤ 10/ 100 ml (no desinfectada) ?

Staphylococcus aureus 30 /100 ml (no más del 15% muestras)

(*) Solamente para el caso de aguas desinfectadas (Se entiende como "no desinfectadas" a las aguas sin cloro residual.)

(**) Si el recuento es mayor, los resultados se consideran "aceptables" si no hay coliformes fecales. Si los altos recuentos persisten hay que investigar las causas.

(***) aguas desinfectadas o no desinfectadas

?. Si la concentración llega a 100/100 ml se debe mantener clausurado el ingreso hasta encontrar las causas

3.2 Agua potable

El Código Alimentario Argentino establece:

C T/ 100 ml	□ #3 (*)
<i>E. coli</i> / 100ml	0
<i>P. aeruginosa</i> / 100ml	0
Bacterias heterótrofas / ml	#500 (**)

* NMP, Mc Conkey (o Lauril Sulfato), 37°C, 48 h.

** Plate Count Agar, 37°C, 24 h.

El parámetro más variable - en los estándares de los diferentes países- es el de las bacterias heterótrofas. No solamente en los valores aconsejados sino también en las técnicas de cultivo (temperatura y tiempos de incubación). En general, se aconseja vigilar que, en análisis periódicos, el número no se incremente significativamente. Otro parámetro variable son los CT: mientras que los estándares de la OMS fijan 0 en 100ml, los de Canadá, EE UU y Rusia fijan 10, 1 y 0,3 (respectivamente)

También varían los parámetros bacteriológicos que tienen en cuenta. Muchos países de la UE consideran, además de los coliformes totales y fecales, los estreptococos fecales y los clostridios reductores de sulfito. Holanda incluye *Aeromonas hydrophila* (a la salida de la planta de tratamiento de agua potable: <20 cfu/100 ml y en los sistemas de distribución: <200 cfu/100 ml). Francia incluye el análisis de patógenos (*Salmonella*: 0 en 5 l; *Enterovirus*: 0 en 10 l y estafilococos patógenos: 0 en 100 ml).

La UE establece, en general, que el agua para consumo humano no debe contener organismos patógenos, tampoco parásitos, algas u otros organismos como animalículos. Cuando sea necesario, se tomarán muestras para examinar patógenos, como *Salmonella*, estafilococos patógenos, bacteriófagos fecales, y virus entéricos.

3.7 Ganado: Calidad microbiológica para el agua de bebida Cianobacterias

El desarrollo masivo de organismos fotosintéticos es muy conocido en los establecimientos ganaderos santafesinos. La presencia de un afloramiento algal no necesariamente significa que los animales resultarán envenenados.

Cianobacterias: Valor guía

Es probable un riesgo para la salud del ganado cuando el recuento de células de *Mycrocystis* excede de 11.500 células/ml y/o las concentraciones de microcistinas excede a 2,3 :g/L.

Para evaluar el riesgo de un afloramiento (Carmichael y Falconer, 1993) pueden ser recomendables los siguientes pasos:

- Confirmar si los animales toman agua (o ingiriendo matas de algas) en el área donde se observa un desarrollo sustancial.
- Tomar muestras del afloramiento (cuali y cuantitativas) para saber qué especies de algas están asociadas con el "bloom", y para determinar si las cianobacterias están presentes en un número suficiente como para constituir un riesgo (ver recuadro). Todavía (octubre 2000) no hay suficientes datos como para derivar valores críticos para otras especies de cianobacterias más que la indicada en el recuadro: "Cianobacterias: Valor guía".

- Analizar químicamente el afloramiento para identificar y cuantificar las toxinas presentes.

Cianobacteria asociada a mortandad de ganado (y animales silvestres) en la Provincia de Santa Fe (*):

Anabaena spiroides Kleb.

Concentraciones (organismos/ml):

...en el agua (con otras especies): 33.000

...en el afloramiento (especie única): 4.900.000

* ver detalles en García de Emiliani y Emiliani (1997)

Dado que todos los afloramientos de cianobacterias tienen el potencial de ser tóxicos y todos los animales de ser susceptibles, es prudente considerar que todos los afloramientos (que se ven como "espumas" o "pinturas

verdes al latex") son tóxicos a menos que se pruebe lo contrario.

Coliformes: Valores guía

Es recomendable, en el agua de bebida del ganado, que la mediana (percentil 50) de la concentración de *Coliformes Termotolerantes* sea menor de 100 / 100 ml.

Se justifica una investigación específica cuando el 20% de los resultados exceden cuatro veces el valor indicado de la mediana.

Riego Algas

Las algas se encuentran comúnmente en las fuentes de agua y generalmente no causan problemas. Sin embargo el excesivo desarrollo (debido al bajo caudal, abundantes nutrientes y luz adecuada) puede bloquear los sistema de distribución y el equipo de riego. Esto reduce el caudal e incrementa los costos de mantenimiento

Cianobacterias

Todavía no se han recomendado valores críticos en las concentraciones de cianobacterias en las aguas de riego. Sin embargo, cuando aparece un afloramiento éste puede afectar la conveniencia de tales aguas para riego, particularmente debido a que *las toxinas de las cianobacterias pueden, potencialmente, acumularse en los productos para consumo humano o animal*. Por lo tanto si aparece un afloramiento, se recomienda usar una fuente alternativa de riego, mientras se analiza el agua para conocer la composición microbiana y, si fuera necesario, la toxicidad. Todavía no hay suficiente información para derivar valores críticos de cianobacterias en aguas de riego

Patógenos humanos y animales

Valores críticos para Coliformes Termotolerantes en aguas de riego (a)

Uso del riego	Nivel de coliformes termotolerantes (b)
Cultivos que se consumen crudas, en contacto directo con el agua de riego (p. ej., aspersión) y para uso humano	<10 ufc / 100 mL (c)
Cultivos que se consumen crudas, pero no están en contacto directo con el agua de riego o se expenden cocinados	<1000 ufc / 100 mL
Pasturas y forrajes para ganado lechero (sin retención)	<100 ufc / 100 mL
Pasturas y forrajes para ganado lechero (retención 5días)	<1000 ufc / 100 mL
Silvicultura, cultivos industriales, etc. (acceso restringido del público)	<10 000 ufc / 100 mL

a ARMCANZ, ANZECC & NHMRC (1999)

b Valores de la mediana (ver texto)

c ufc = unidades formadoras de colonias

Generalmente no es posible ni justificable investigar el agua de riego para saber sobre la presencia posible de un amplio rango de patógenos microbianos de origen hídrico (bacterias, virus y protozoos) y parásitos que pueden la salud del hombre y los animales.

Los valores guías recomendados se basan en el análisis rutinario de Coliformes Termotolerantes (o "Coliformes Fecales"), que pueden dar una indicación de contaminantes fecales y, en consecuencia, de la presencia de patógenos microbianos (NHMRC y ARMCANZ 1996). Sin embargo, el test no indica

NOTA

Los valores guías de la OMS (1989) recomiendan valores límites de 1000 C F / 100 mL; huevos de helmintos # 1 / L y quistes de protozoos parásitos #1/ L, para vegetales que se comen crudos. En Estados Unidos los valores guía son más conservativos: C Te no detectables en 100 mL para vegetales que se consumen crudos y ≤ 200 C Te para el resto de los usos del agua de riego (US_EPA 1992).

específicamente que micrororganismo patógeno puede estar presente.

Microorganismos patógenos para los vegetales en el agua de riego

Las plantas pueden ser afectadas por una variedad de patógenos que se pueden transmitir de diversas maneras, incluyendo el riego. Se cree que el riesgo, por esta vía, es generalmente bajo. Sin embargo, el agua de riego para cultivos intensivos y hortícolas (particularmente cuando se reusan las aguas residuales) pueden, potencialmente, dañar la cosecha y representar pérdidas económicas.

3.8.1 Riego con aguas residuales (OMS, 1989)

El uso de aguas residuales para el riego de cultivos es frecuente, especialmente en las zonas áridas y semiáridas. El principal riesgo sanitario consiste en la transmisión de enfermedades parasitarias y de enfermedades causadas por bacterias. Para prevenir la transmisión, la OMS recomendó usar solamente aguas residuales tratadas (p. ej., lagunas de estabilización), para el riego de plantas comestibles, campos de deportes y parques públicos. Además, la media geométrica de **C Te** debe ser \square 1.000 / 100 ml. En el caso de parques públicos se sugiere un valor guía más restrictivo: \square 200 C Te/100 ml. El mismo organismo recomienda que la media aritmética de huevos de nematodos intestinales (*Ascaris*, *Trichuris*, etc.) debe ser \square 1 por litro. En Chipre, las normas son más restrictivas

Uso de aguas residuales y excretas en acuicultivos: Valores guía (OMS)

Tabla 11.- Valores guía para acuicultivos

Acuicultivo	Huevos viables de Trematodos (media aritmética por litro o kg)	C Te (media geométrica por 100 ml o 100 g)
Piscicultura	0	10.000
Macrófitas acuáticas	0	10.000