

Mora, Darner et al. *El grupo coliforme: importancia como indicador sanitario en los abastecimientos de aguas de consumo humano. Tecnología en marcha.* Vol. 10, no. 1. 1990. p. 68-77.

EL GRUPO COLIFORME: IMPORTANCIA COMO INDICADOR SANITARIO EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUAS DE CONSUMO HUMANO

Darner Mora*, Juan Rojas*, Edgar González* y Moisés Coto**

RESUMEN

Se identificaron 954 bacterias procedentes de las Pruebas Confirmadas de la Técnica del N.M.P. para Coliformes Totales y Fecales en aguas superficiales y subterráneas, sin tratamiento y con él, en los meses de julio de 1987 a marzo 1988. El objetivo del estudio es demostrar la prevalencia de los diferentes géneros de bacterias definidas como coliformes en diferentes tipos de aguas, utilizadas para consumo humano.

Las identificaciones de aguas superficiales sin tratamiento presenta a la *Escherichia coli* como la bacteria que más se aísla en este tipo de aguas, contrario a lo que sucede en aguas con tratamiento donde las bacterias que prevalecen son los géneros *Enterobacter*, *Klebsiella* y en tercer lugar la *E. coli*. Estos resultados corroboran lo dicho por otros investigadores, es decir que la *E. coli* es la bacteria más representativa del intestino de los animales de sangre caliente. Los otros géneros del Grupo Coliforme tienen la desventaja (como indicador) de multiplicarse en las tuberías y sus orígenes son más del suelo, vegetales y otros ambientes naturales.

Estos resultados cuestionan las "Guías de Calidad de la OMS" que dan el mismo peso como indicador sanitario a los Coliformes Totales y Fecales.

descubridor "*Escherichia coli*" y se observó que la presencia de estos organismos en el agua podía interpretarse como evidencia de que el agua había sido contaminada con materia fecal, siendo la población de estas bacterias proporcional al grado de contaminación.

Bacteriológicamente la *Escherichia coli* pertenece a un grupo de bacterias que se define como bacilos Gram negativos, no esporógenos, anaeróbicos facultativos, que tienen la capacidad de fermentar la lactosa produciendo ácido y gas en 48 horas a 35°C. Además son oxidasa-negativos. Hasta el momento se conocen seis géneros que cumplen con esta definición; *Escherichia*, *Arizona*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Hafnia*³. La *E. coli* generalmente se origina de heces de animales de sangre caliente, ya que el 93% del total de bacterias de un gramo de materia fecal son de este tipo. Por otra parte los otros géneros tienen un hábitat natural como el suelo, vegetales y hasta forman parte de la flora natural de ciertas aguas^{3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15}.

Durante más de 75 años se ha empleado el grupo coliforme para evaluar la calidad sanitaria del agua de consumo humano, sin embargo, la utilización de este grupo como indicador sanitario se sustentó en la idea original de que estas bacterias se encontraban en gran cantidad en las descargas fecales de los animales de sangre caliente (10⁷ *E. coli* por gramo)¹⁰ por lo que el resto de bacterias del grupo coliforme al encontrarse en más cantidad en otros hábitats naturales como el suelo, vegetales y aguas (*Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Arizona*), no son un verdadero indicador de contaminación fecal.

Con el pasar de los años, se descubrió que existía un subgrupo de bacterias que tenían la capacidad de multiplicarse a 44,5°C y se les llamó "Grupo Coliforme Fecal", los cuales son organismos

INTRODUCCION

En 1884, Escherich estudió una numerosa población de ciertas bacterias específicas del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, llamándolas "*Bacillum coli*". Posteriormente, se denominó a estas bacterias con el nombre de su

Microbiólogo*, Asistente**, Laboratorio Central de A y A.

con mayor probabilidad de haberse originado en los intestinos. En consecuencia, muestran una mejor correlación respecto al grado de contaminación fecal. Los coliformes fecales no tienen tantas limitaciones como indicadores sanitarios, ya que son más específicos de las descargas de los animales de sangre caliente (principalmente la *E. coli*) y no se multiplican en las corrientes, ni en las tuberías de los sistemas de distribución, como sí lo hacen otros géneros del grupo coliforme total^{8, 9, 12}.

A pesar de las diferencias entre estos dos grupos de bacterias y de lo imprecisos que son los dos procedimientos de cuantificación (F.M. y N.M.P.), se les sigue dando prácticamente la misma importancia como indicadores sanitarios en las últimas **Guías de calidad de la OMS**^{12,13,16}.

En razón de lo anterior y debido a las malas interpretaciones que se le dan a estos indicadores en nuestro medio, presentamos este estudio con el objetivo principal de educar o hacer conciencia entre los ingenieros sanitarios y trabajadores relacionados con la calidad del agua del verdadero significado de ambos indicadores de contaminación.

Para cumplir con el objetivo debemos determinar:

1. Cuál es el género más representativo (grupos coliforme total y coliforme fecal) de contaminación fecal en aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas con tratamiento (cloración)
2. Cuál es el género más resistente al tratamiento y (o) a la cloración
3. Cuál es la bacteria más sensible a la cloración
4. Cuál grupo de bacterias tiene más valor sanitario para evaluar la calidad sanitaria de las aguas tratadas y de las aguas sin tratamiento
5. Si se tiene presencia de bacterias propias del agua, las cuales dan falsos positivos en la Prueba del Número Más Probable^{1, 2} y generan malas interpretaciones al evaluar la calidad de estas aguas
6. Cuál es la relación entre coliformes totales y coliformes fecales en aguas con tratamiento en la red de distribución, en aguas superficiales sin tratamiento y en aguas subterráneas.

MATERIAL Y METODOS

Para cumplir con los objetivos de esta investigación se procedió a identificar 944 bacterias (colonias) que dieron la Prueba Confirmada (N.M.P.),

a 35 y 44,5°C, en aguas subterráneas sin cloración, en aguas superficiales sin tratamiento y en aguas con tratamiento de la red de distribución. El estudio se llevó a cabo en los meses de julio de 1987 a marzo de 1988.

Para buscar la relación entre el N.M.P. de coliformes totales y fecales en los diferentes tipos de agua, se sacó el promedio de mil resultados del N.M.P. de ambos grupos de coliformes (aguas tratadas, aguas sin tratar y aguas subterráneas).

Métodos bioquímicos para identificar las bacterias

Después de aislar las bacterias por medio de un cultivo puro en agar "Levine", se procedió a sembrar (picar) los diferentes tipos de colonias en aguas "triple azúcar hierro", luego de 24 horas de incubación a 35°C, se anotaron las lecturas y se repicaron los cultivos en las siguientes pruebas bioquímicas: Indol, Rojo Metilo, Voges Proskauer, Citrato de Simón, Motilidad, Lisina (descarboxilasa) y la prueba de Oxidasa, como lo recomiendan los métodos normalizados³. Antes de proceder a identificar las bacterias de acuerdo con el Cuadro 1, se corroboró la capacidad de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas en caldo E.C. y verde bilis brillante. Las bacterias que dieron la prueba de oxidasa positiva, se repicaron en Agar Trypticase Soya, para posterior identificación de falsos positivos de la prueba del N.M.P. de coliformes. En este paso se contó con la ayuda de la Facultad de Microbiología (U.C.R.).

La identificación de los géneros de los grupos coliforme total y fecal se hicieron en las aguas superficiales sin tratamiento. De acuerdo con la literatura, el verdadero representante de contaminación fecal es la *E. coli*, en consecuencia nuestra hipótesis es que en este tipo de agua, al estar expuesta a mayor polución fecal, la bacteria que más da la prueba confirmada positiva debe ser la *E. coli*.

La identificación de bacterias coliformes en aguas subterráneas sin tratamiento se hizo para comparar con la identificación de aguas superficiales, porque la otra hipótesis es que en estas aguas la presencia del *E. coli* es porcentualmente menor al estar más protegidas de la contaminación fecal y que prevalecen otros géneros como *Enterobacter*, *Klebsiella*, etc.

La identificación de aguas tratadas en la red de distribución se realizó con el objetivo de observar

CUADRO 1. Diferenciación bioquímica de organismos coliformes.

Especies	Lactosa*	Indol	Rojo Metilo	Voges Proskauer	Citrato de* Simón	Motilidad	Oxidasa	Lisina*
<i>E. coli</i>	91,6	98	99	0	0,2	62,2	57,1	80,6
<i>A. hinshawii</i>	68,9 (d15,6)	5,1	100	0	96,8 (d2,5)	100	100	99,4
<i>C. freundii</i>	39,4 (d50,8)	6,7	99,5	0	90,4	95,7	17,2	0
<i>C. diversus</i>	32,7 (d51,4)	100	100	0	99,1	92,9	100	0
<i>K. pneumoniae</i>	98,7	0	11,3	93,7	96,8	0	0	97,2
<i>K. oxytoca</i>	*	100	*	*	*	*	*	*
<i>K. rhinoscleromatis</i>	6 (d70)	0	100	0	0	0	0	0
<i>K. ozaenae</i>	72,6 (d6,3)	0	99,7	0	28,1	0	4	35,8
<i>E. cloacae</i>	76,3 (d21,8)	0	3,3	100	98,9	92,4	93,7	0
<i>E. aerogenes</i>	92,5	0,8	1,6	100	92,6	91,7	95,9	97,5
<i>E. agglomerans</i>	40,5 (d11)	18,7	44,8	67,9	66,6 (d19,2)	89,4	0	0
<i>H. alvei</i>	2,8 (d11,9)	0	35	83,6	5,6 (d63)	94,1	98,6	99,6

* Los números representan el porcentaje positivo para cada sustrato y cada especie.

+ Porcentaje positivo al 1er o 2º día; d = porcentajes positivos en reacciones mantenidas durante 3 días o más.

*: Bioquímicamente *K. oxytoca* es muy similar a *K. pneumoniae*, excepto por la producción de indol.

cuál es el género que más prevalece, o que es más resistente a la cloración, cuál es el más sensible y además observar si existe o no recrecimiento o colonización de estas bacterias en las tuberías.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las 954 colonias o bacterias procedentes de las Pruebas Confirmadas del N.M.P. de coliformes totales (a 35°C) y fecales (a 44,5°C), se dividen en tres grupos:

- Aguas superficiales sin tratamiento (257 colonias),
- Aguas con tratamiento o cloración (433 colonias) y
- Aguas subterráneas sin cloración (254 colonias).

En el Cuadro 2 se presentan las identificaciones bacterianas de las "aguas superficiales sin tratamiento". Los resultados demuestran que la *E. coli* se identificó en un 65 y 80% a 35 y a 44,5°C, respectivamente. La bacteria *Enterobacter aerogenes* ocupó un segundo lugar con un 14% a 35°C y un tercer lugar con 5,0% a 44,5°C.

Es importante anotar que la presencia de los géneros *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Arizona* a 44,5°C en este tipo de aguas se identificó, en su gran mayoría, en muestras de la Prueba Confirmada, en combinación con *E. coli*, es decir en pocas ocasiones la positividad de la Prueba Confirmada a 44,5°C se debió solo a un tipo de bacteria. La Figura 1 permite visualizar la gran diferencia porcentual de identificaciones entre el género *Escherichia* y el resto de géneros del grupo coliforme, coincidiendo la presencia de *E. coli* con el hecho de que estas aguas no tienen ninguna protección sanitaria, sino que, por el contrario, están rodeadas de fuentes importantes de contaminación fecal. La mayoría de estas identificaciones de bacterias provienen de aguas crudas de plantas de tratamiento (Guadalupe, los Sitios, Cuadros, Planta Alta, Desamparados, Atenas y Acosta).

En el Cuadro 3 se presentan las identificaciones de las bacterias procedentes de la Prueba Confirmada a 35 y 44,5°C, de aguas con tratamiento o cloración. El porcentaje de bacterias identificadas

CUADRO 2. Identificación de bacterias procedentes de la prueba confirmada (N.M.P.) en aguas superficiales sin tratamiento

Bacteria	Temperatura de incubación			
	a 35°C		a 44,5°C	
	No.	%	No.	%
<i>Escherichia coli</i>	75	65,2	114	80,2
<i>Arizona hinshawii</i>	3	2,6	1	0,7
<i>Citrobacter freundii</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Citrobacter diversus</i>	5	4,3	3	2,1
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	1,7	0	0,0
<i>Klebsiella oxytoca</i>	4	3,5	1	0,7
<i>Klebsiella ozaenae</i>	2	1,7	0	0,0
<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Enterobacter aerogenes</i>	16	14,0	7	5,0
<i>Enterobacter cloacae</i>	3	2,6	4	2,8
<i>Enterobacter agglomerans</i>	3	2,6	1	0,7
* <i>Aeromonas (Vibrionaceae)</i>	1	0,9	10	7,0
No identificadas	1	0,9	1	0,7
TOTALES	115	100	142	100

* Falsos positivos en la Prueba Confirmada (N.M.P.)

CUADRO 3. Identificación de bacterias procedentes de la prueba confirmada (N.M.P.) en aguas con tratamiento y(o) cloración.

Bacteria	Temperatura de incubación			
	a 35°C (CT)		a 44,5 (CF)	
	No.	%	No.	%
<i>Escherichia coli</i>	70	19,1	9	13,0
<i>Arizona hinshawii</i>	2	0,5	1	1,5
<i>Citrobacter freundii</i>	2	0,5	1	1,5
<i>Citrobacter diversus</i>	32	8,7	5	7,5
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	14	3,8	8	12,0
<i>Klebsiella oxytoca</i>	27	7,4	4	6,0
<i>Klebsiella ozaenae</i>	15	4,1	7	10,4
<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	1	0,3	1	1,5
<i>Enterobacter aerogenes</i>	81	22,0	14	21,0
<i>Enterobacter cloacae</i>	49	13,4	11	16,4
<i>Enterobacter agglomerans</i>	44	12,0	0	0,0
* <i>Aeromonas (Vibrionaceae)</i>	23	6,3	6	9,0
No identificadas	6	1,6	0	0,0
TOTALES	366	100	67	100

* Falso positivo en la Prueba Confirmada (N.M.P.)

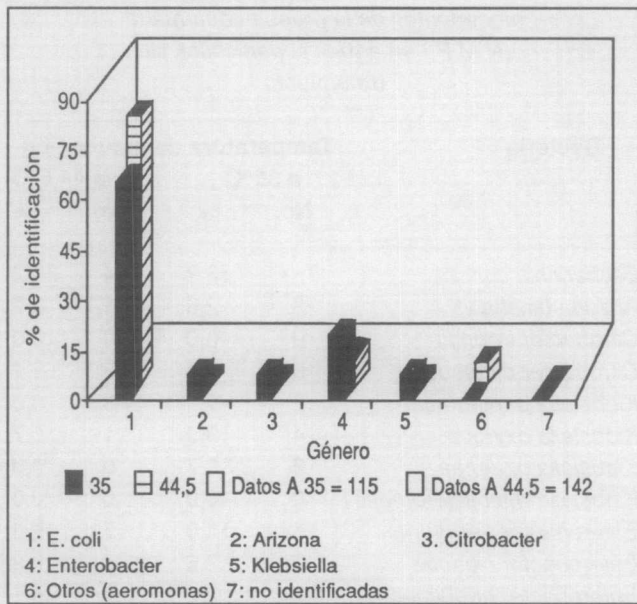


FIGURA 1. Identificación de géneros de la prueba confirmada a 35 y 44,5° C en aguas superficiales sin tratamiento

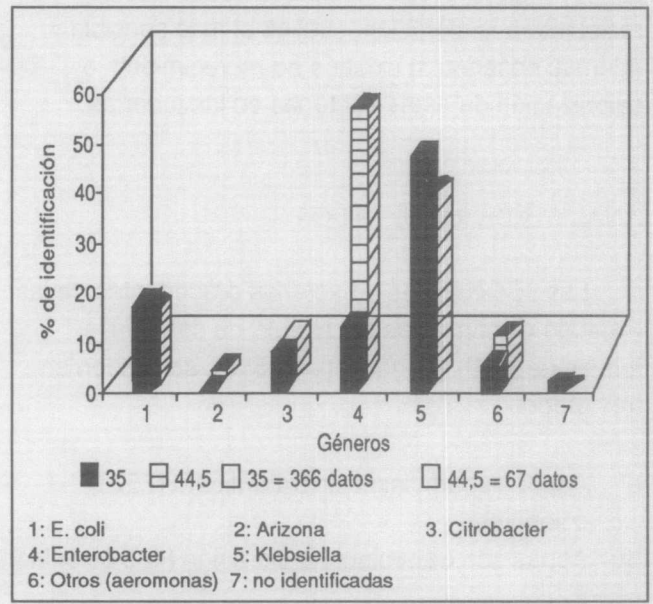


FIGURA 2. Identificación de géneros de la prueba confirmada a 35 y 44,5° C en aguas con tratamiento.

como *E. coli* a 35 y a 44,5°C fue de 19 y 13% respectivamente, contrastando con el alto porcentaje de prevalencia en aguas superficiales sin tratamiento. La Figura 2 nos permite observar que en aguas con protección o tratamiento como son las de las redes de distribución, la bacteria que más prevalece a 35°C es *Enterobacter* con un 47,5%. A 44,5°C la bacteria que más se aisló es *Klebsiella* con un 54%. En estas aguas (tratadas) la *E. coli* ocupó un tercer lugar en el orden de aislamientos.

El Cuadro 4 presenta las identificaciones bacterianas del grupo coliforme a 35 y 44,5°C, en aguas subterráneas sin cloración. Antes de analizar los resultados, es importante aclarar que en este tipo de aguas se incluyen aguas de pozos, manantiales y redes de distribución por lo tanto, ocupan un lugar intermedio con respecto a las posibles fuentes de contaminación fecal; es decir tienen la protección de la naturaleza por proceder de aguas subterráneas, sin embargo, están expuestas a contaminaciones al aflorar a la superficie (manantiales) o a la contaminación en la propia red de distribución.

Los resultados demuestran que la *E. coli* a 35°C ocupa un segundo lugar (18,4%) detrás de *Enterobacter* (46,5%). Los resultados a 44,5°C (coliformes fecales) (Figura 3), presentan a la *E. coli* en primer lugar en identificaciones con un 42,0% y a

CUADRO 4. Identificación de bacterias procedentes de la prueba confirmada (N.M.P.) en aguas subterráneas sin cloración.

Bacteria	Temperatura de incubación			
	a 35°C		a 44,5°C	
	No.	%	No.	%
<i>Escherichia coli</i>	34	18,4	29	42,0
<i>Arizona hinshawii</i>	7	3,8	3	4,3
<i>Citrobacter freundii</i>	21	11,3	3	4,3
<i>Citrobacter diversus</i>	7	3,8	1	1,4
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	8	4,3	4	5,8
<i>Klebsiella oxytoca</i>	4	2,2	0	0,0
<i>Klebsiella ozaenae</i>	5	2,7	2	3,0
<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Enterobacter aerogenes</i>	45	24,3	19	27,5
<i>Enterobacter cloacae</i>	19	10,3	6	8,7
<i>Enterobacter agglomerans</i>	22	12,0	0	0,0
* <i>Aeromonas (Vibrionaceae)</i>	7	3,8	2	3,0
No identificadas	6	3,2	0	0,0
TOTALES	185	100	69	100

* Falsos positivos en la Prueba Confirmada (N.M.P.)

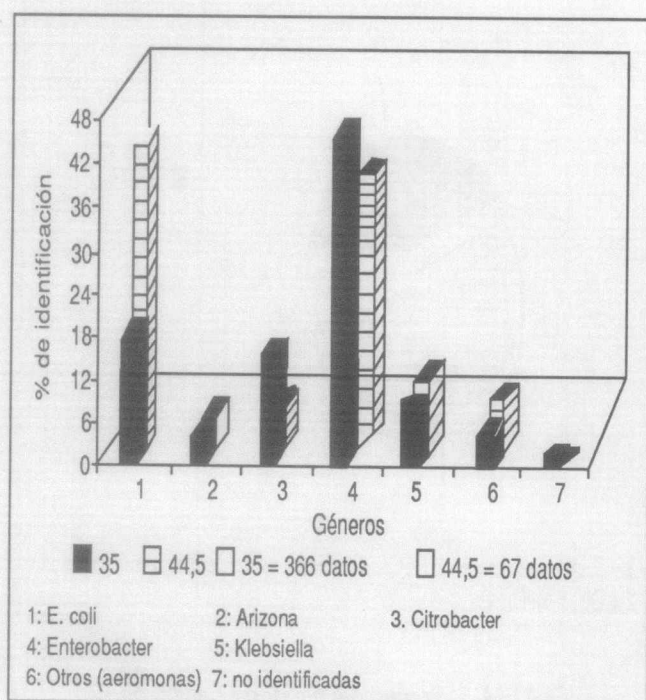


FIGURA 3. Identificación de géneros de la prueba confirmada a 35 y 44,5° C en aguas subterráneas sin tratamiento.

Enterobacter en segundo lugar con 36%. Llama la atención la alta presencia de bacterias del género *Citrobacter*, con respecto a los otros dos tipos de agua estudiados. Nuestra experiencia y los resultados de identificaciones de las aguas de Fuente Carazo y Chigüite (Tres Ríos), nos permite pensar que este tipo de bacteria forma parte de la flora normal de esta aguas (obsérvese Cuadro 5).

En las Figuras 4, 5 y 6 se presenta el porcentaje de prevalencia de *E. coli* en las tres diferentes aguas estudiadas; se observa claramente que las aguas con mayor posibilidad de contaminación fecal son las que tienen mayor porcentaje de bacterias *E. coli*.

Un factor sobresaliente en este estudio es la presencia de bacterias con las mismas características de los géneros de grupo coliforme, pero difieren en que son oxidasa positivas, por lo cual no cumplen con la definición de este grupo. Estas bacterias pertenecen a la familia Vibrionaceae y tienen todas las características de ser *Aeromonas* o *Plexiomonas* las cuales forman parte de la flora normal de muchas aguas^{1,3}.

CUADRO 5. Identificación de bacterias de la prueba confirmada (N.M.P.) en aguas de las fuentes Carazo y Chigüite.

Bacteria	Temperatura de incubación			
	a 35°C		a 44,5°C	
	No.	%	No.	%
<i>Escherichia coli</i>	2	5,3	0	0
<i>Arizona hinshawii</i>	1	2,6		
<i>Citrobacter freundii</i>	9	23,7	1	33,3
<i>Citrobacter diversus</i>	2	5,3		
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	2,6	1	33,3
<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	2,6	0	0
<i>Klebsiella ozaenae</i>	0	0,0	0	0
<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	0	0,0	0	0
<i>Enterobacter aerogenes</i>	5	13,1	0	0
<i>Enterobacter cloacae</i>	1	2,6	1	33,3
<i>Enterobacter agglomerans</i>	6	15,8	0	0
* <i>Aeromonas (Vibrionaceae)</i>	2	5,3	0	0
No identificadas	7	18,4	0	0
TOTALES	38		3	

* Falsos positivos en la Prueba Confirmada (N.M.P.)

Al fermentar la lactosa con producción de ácido y gas en los medios selectivos para las bacterias del grupo coliforme (verde bilis brillante y caldo E.C.) producen un "falso positivo", provocando malas interpretaciones a la hora de evaluar la calidad de las aguas, ya que ningún laboratorio en Costa Rica cumple con la identificación de las bacterias causantes de la positividad en la Prueba Confirmada del N.M.P.

En el Cuadro 6 se presenta la relación entre los coliformes totales (C.T.) y fecales (C.F.) en los tres tipos de aguas estudiadas. En aguas con tratamiento, la proporción entre C.T./100 mL y C.F./100 mL fue de 2,8 (en 1000 datos), siendo muy constante cuando la proporción se sacó con 10, 20, 30, 42 y 62 datos. En aguas sin tratamiento la proporción fue de 1,8 en 1000 datos, pero muy variable cuando la proporción se realizó con 10, 20, 30 y 42 resultados (n). En aguas subterráneas sin tratamiento la proporción C.T. y C.F./100 mL fue de 2,75 en 1000 datos, pero con 10, 20, 30, 42 y 62 datos la relación oscila entre 5 y 6 a favor de los coliformes totales.

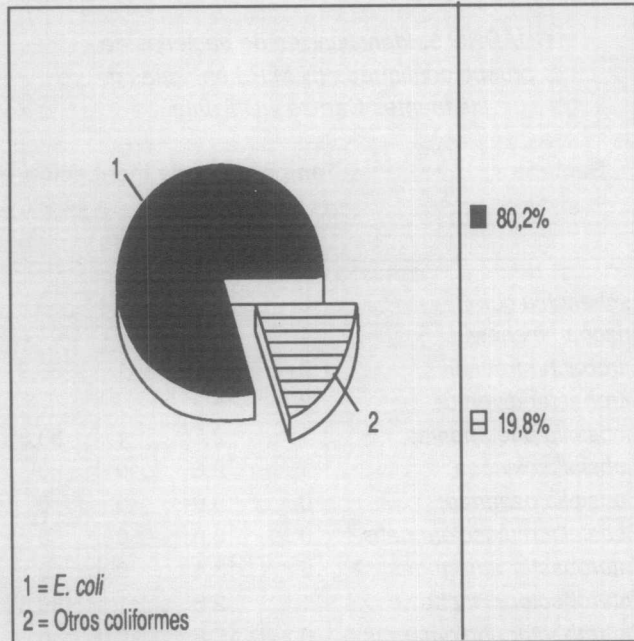


FIGURA 4. Porcentaje de identificación de *E. coli* a 44,5° C en aguas superficiales sin tratamiento.

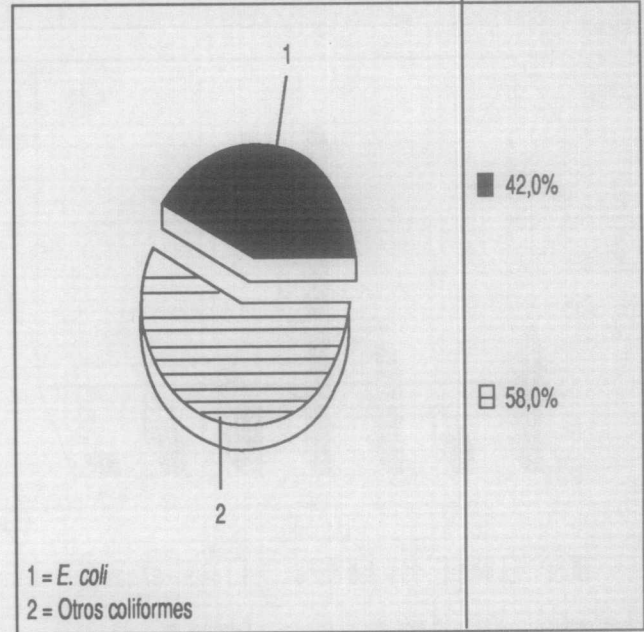


FIGURA 5. Porcentaje de identificación de *E. coli* a 44,5° C en aguas subterráneas sin tratamiento.

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados de las identificaciones de las bacterias procedentes de la prueba confirmada (N.M.P.) de las tres diferentes

aguas en estudio nos permite hacer las siguientes conclusiones:

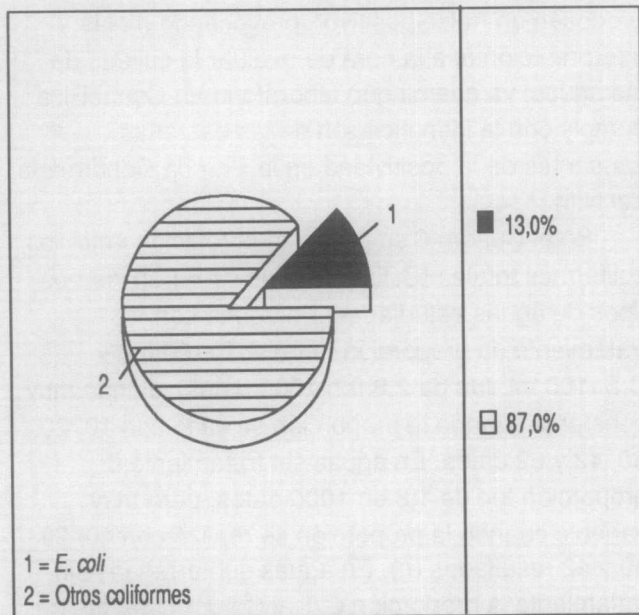


FIGURA 6. Porcentaje de identificación de *E. coli* a 44,5° C en aguas con tratamiento.

- a. La *Escherichia coli* es el género del grupo coliforme más representativo de contaminación fecal. Lo demuestra el alto porcentaje de prevalencia en aguas superficiales sin tratamiento. En aguas con tratamiento la *E. coli* ocupa el tercer lugar, tanto a 35°C como a 44,5°C, porque al contrario de los otros géneros, éste no coloniza (reproduce) las tuberías^{4, 9, 10, 14}
- b. El género del grupo coliforme más resistente a la cloración es *Enterobacter* a 35°C y *Klebsiella* a 44,5°C. Estos resultados confirman lo demostrado en otros estudios hechos en los Estados Unidos^{7, 10}
- c. La bacteria más sensible al tratamiento con cloración es *Citrobacter freundii*, debido a que esta bacteria tiene una enzima (sulfidraza) que es atacada por el cloro antes que cualquier otra enzima². La *E. coli* es más sensible a la cloración que las bacterias *Enterobacter* y *Klebsiella*
- ch. El grupo coliforme total es un indicador importante de la efectividad del tratamiento convencional o la cloración, sin embargo, el grupo coliforme fecal tiene mucho más valor como indicador sanitario de las aguas sin tratamiento,

CUADRO 6. Relación entre coliformes totales y coliformes fecales en aguas con tratamiento, superficiales y subterráneas sin tratamiento.

Número de datos	10	20	30	42	62	1000
AGUAS CON TRATAMIENTO						
Coliformes totales/100 mL	6,6	7,6	6,5	6,2	5,6	7,7
Coliformes fecales/100 mL	3,9	3,3	3,1	3,4	3,1	2,7
Relación (proporción)	1,7	2,3	2,1	1,8	1,8	2,8
AGUAS SIN TRATAMIENTO						
Coliformes totales/100 mL	177	425	421	427	373	404
Coliformes fecales/100 mL	33	42	45	45	136	220
Relación (proporción)	5,4	10	9,3	9,5	2,7	1,8
AGUAS SUBTERRANEAS SIN TRATAMIENTO						
Coliformes totales/100 mL	14	75	56	50	188	1100
Coliformes fecales/100 mL	3	12	9	10	29	400
Relación (proporción)	5	6	6	5	6,5	2,75

ya que es más específico de descargas fecales de animales de sangre caliente (hombre)

- d. Se confirma la presencia de bacterias propias de la flora normal de las aguas, que tienen características muy semejantes a las bacterias coliformes, pero que difieren de éstas en que son oxidasa positivas. Estas bacterias pertenecen a la familia Vibrionaceae y son causantes de falsos positivos en la Prueba Confirmada (N.M.P.) al fermentar y producir gas de la lactosa y crecer en caldo E.C. y verde bilis brillante
- e. La relación o proporción entre coliformes totales y fecales en los 3 tipos de agua estudiados demuestran que no debe dárseles el mismo valor como indicador sanitario para evaluar la calidad microbiológica de las aguas de consumo humano. Esta conclusión cuestiona los valores guías bacteriológicos de la O.M.S., principalmente en aguas sin tratamiento (municipales, comunales, etc.)^{12, 13, 16}.

Vale la pena insistir en que la proporción a favor de los coliformes totales en las diferentes aguas se debe a que éstos, al provenir de ambientes naturales y de las mismas descargas fecales, antes mencionadas, se encuentran en mucho mayor cantidad en cualquier tipo de agua, en cambio, los coliformes fecales provienen de los intestinos de los animales de sangre caliente. Además, hay reproducción o crecimiento en las aguas de las tuberías, por parte de los coliformes totales, no así de los organismos fecales. Finalmente se debe considerar que los coliformes fecales, al estar menos adaptados al ambiente acuático, son más sensibles a este hábitat y al tratamiento convencional o cloración.

RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones anteriores, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- a. Utilizar al grupo coliforme total para evaluar la eficiencia del tratamiento de las aguas de consumo humano
- b. Usar, para evaluar la calidad sanitaria de aguas sin tratamiento, (municipales y rurales), un indicador específico de contaminación fecal, como lo es el grupo coliforme fecal, específicamente la *E. coli*¹⁰. No hay que perder de vista el nivel de coliformes totales en la interpretación de los resultados de calidad de las diferentes aguas.
- c. Seguir las sugerencias de los métodos normalizados³, para la Prueba del Número Más Probable, es decir efectuar las tres etapas de la prueba: Prueba Presuntiva, Prueba Confirmada y Prueba Completa. Esta última etapa nos indica la naturaleza de la polución, ya que solo si se identifica la *E. coli*, podemos garantizar que la contaminación del agua es de origen fecal. Además nos permite evitar malas interpretaciones por los organismos que dan falsos positivos (*Aeromonas*, aún cuando su aislamiento es importante ya que estos organismos son patógenos oportunistas) caldo E. C. y verde bilis brillante.
- ch. No dar el mismo valor sanitario a la presencia de coliformes totales y fecales en las aguas. Los últimos evalúan mejor el riesgo para la salud, ya que son más específicos de materia fecal humana³.

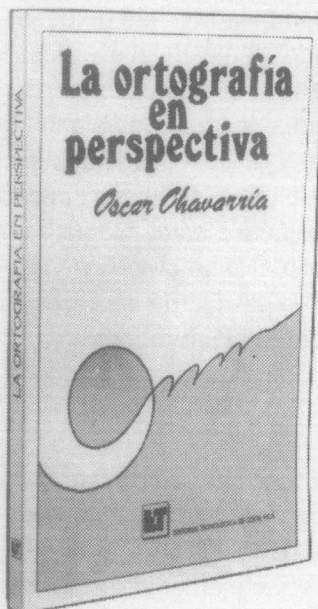
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Von Groevenitz, Alexander. **Aeromonas and plesiomonas, manual of clinical microbiology**. 3rd ed., p. 220-225. 1978.
2. Camper, Anne K. and Mc Feters, Gordon A. *Chlorine injury and the enumeration of waterborne coliform bacteria*. **Applied and environmental microbiology**. p. 633-641. marzo 1979.
3. APHA/AWWA/WPCF. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 16th ed. Washington, D.C., 1985.
4. AWWA. Organisms in Water Committee. *Committee report: microbiological considerations for drinking water regulation revision*. **Journal AWWA**. p. 81-89. May 1987.
5. Brown, Carol and Seidler, Ramón J. *Potential pathogens in the environment. Klebsiella pneumoniae, a taxonomic and ecological enigma*. **Applied Microbiology**, p. 900-904. vol. 25, no. 6, June 1973.
6. Eller, Charles and Hitzroy I., Edward. *Nitrogen deficient medium in the differential isolation of Klebsiella and Enterobacter from feces*. **Applied microbiology**, p. 876-899, June 1968.

7. Herson, Diane S; Mc. Gonible Brian; Payer, Mary Anne and Baker, Katherine H. *Attachment as factor in the protection of **Enterobacter cloacae** from chlorination.* **Appl. environ. microbiol.** 46: 978-984, 1987.
8. Geldreich, Edwin E. *Control of microorganisms of public health concern in water.* **Journal of environmental sciences**, p. 34-37, March-April 1986.
9. Geldreich, Edwin E. *Conventional bacteriological indicator of water quality.* **Seminar on microbiological indicators of pollution and health hazard.** Sao Paulo, Brasil, November 23, 1978.
10. Geldreich, Edwin E. *Potable water: new directions on microbial regulations.* **The ASM seminar. Potable water microbiology factors affecting public health.** Washington D.C., 1986.
11. *False positives analysis of correspondence.* **Applied Environmental Microbiology.** vol. 49, p. 229-231. 1985.
12. Organización Mundial de la Salud. **Control de calidad del agua de bebida en suministros de pequeñas comunidades.** vol. 3, Washington D.C., 1985.
13. Organización Panamericana de la Salud. **Guías para la calidad del agua potable.** vol. 1, Washington, D.C. 1985.
14. Kabler, Paul W. and Clark, Harold F. *Coliform group and fecal coliform as indicator of pollution in drinking water.* **Journal American Water Work Association.** vol. 53, no. 6, June 1961.
15. Edberg, Stephen C.; Piscitelly, Vincent and Cortter, Matthew. *Phenotypic characteristics of coliform and non coliform bacteria from a public water supply compared with regional and national clinical species.* **Applied environment microbiology.** vol. 52. Sep. 1986.
16. World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality.** vol. 2. Bélgica, 1984.



EDITORIAL TECNOLÓGICA DE COSTA RICA INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA



LA ORTOGRAFÍA EN PERSPECTIVA

Oscar Chavarría Aguilar
Editorial Tecnológica de Costa Rica
123 páginas

Muchas personas coinciden en considerar el dominio de la ortografía como una de las principales limitaciones que manifiestan los estudiantes en la actualidad y por ello, la ortografía se convierte en uno de los mayores problemas de la educación.

En este agradable ensayo, el doctor en lingüística Oscar Chavarría Aguilar expone algunas reflexiones sobre el sentido de la ortografía y sobre el valor que debemos asignarle. También expone los resultados de algunos estudios y observaciones sobre el dominio de las reglas ortográficas en estudiantes de educación secundaria y universitaria. Analiza además diferentes hechos que para el Dr. Chavarría representan fallas e incongruencias del sistema del español que lo hacen difícil de aprender y manejar dando origen a la "mala" ortografía.

La lectura de este libro aporta importantes elementos para el replanteamiento del problema ortográfico desde una nueva perspectiva.

Adquiéralas en las principales librerías del país o en la Editorial Tecnológica de Costa Rica (☎ 51-5333, ext. 2297)