



# ANÁLISIS DE RIESGO POR EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN BOYACENSE A SUBPRODUCTOS DE DESINFECCIÓN PRESENTES EN EL AGUA POTABLE Y LA FRACCIÓN ATRIBUIBLE AL CÁNCER (Municipio de Duitama)



El conocimiento es de todos

Minciencias

## MINCIENCIAS 896

17 de julio 2023



Universidad de los Andes  
Colombia



Uptc  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia



GOBERNACIÓN DE  
Boyacá

Secretaría de Salud



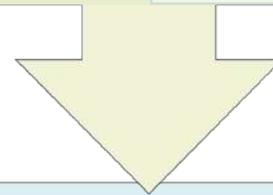
# Agua y salud (Acceso equitativo)



**El acceso:** significa instalaciones cerca del hogar a las que es fácil acceder y que son fáciles de usar cuando es necesario

**Equitativo:** significa reducir y eliminar progresivamente las desigualdades entre distintos grupos de población

**A servicios de saneamiento:** son las instalaciones y servicios para la gestión y la eliminación segura de orina y heces

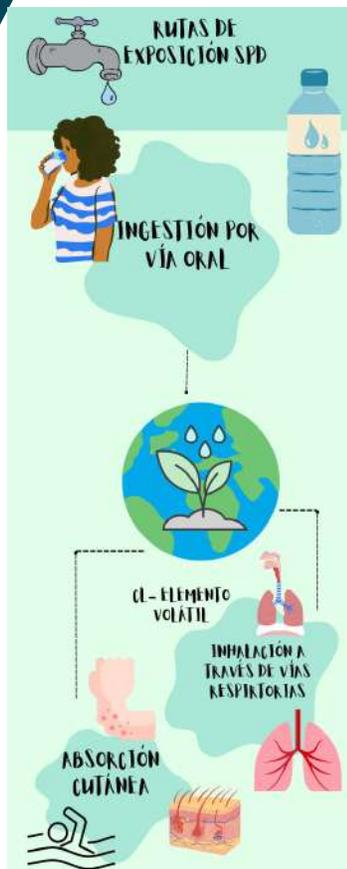


**Adecuados:** un sistema que separa de forma higiénica los excrementos del contacto humano y permite la reutilización o el tratamiento seguro de la disposición de excretas en el lugar o su transporte seguro

**Para todos (OMS / OPS)**



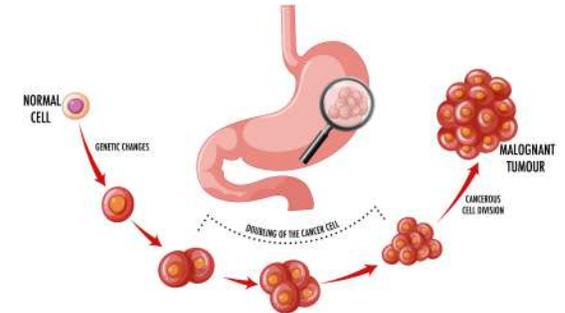
# Agua y salud (¿Cómo nos exponemos?)



**Enfermedades agudas**  
Diarrea, cólera, EDA, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea, poliomielitis y dermatitis

## Más vulnerables

- **Niños y niñas.** EDA puede producir desnutrición aguda. Las parasitosis desnutrición crónica (talla baja, pobre rendimiento escolar)
- **Personas de la tercera edad:** anemia

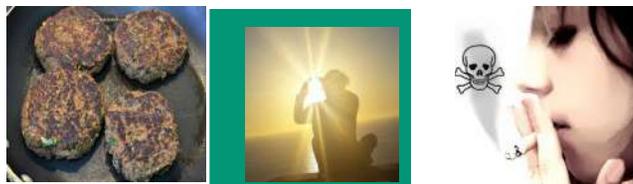


**Enfermedades crónicas**  
Problemas en la piel y enfermedades endocrinas; cáncer

**Químicos de riesgo:** arsénico y el fluoruro, metales pesados como el plomo, otros relacionados con la desinfección del agua (subproductos de la desinfección), pesticidas.



# Agua y salud (¿Cómo nos exponemos a largo plazo?)



Cosas que hacemos y que son un riesgo

## Cáncer

- Riesgo de exposición

## Enfermedades crónicas

- Análisis de riesgo



¿A qué estamos expuestos y no lo sabemos?



## Control (¿Cómo está la calidad del agua?)

El índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano (IRCA) es la probabilidad que una persona enferme a causa del consumo de agua.

Por ejemplo, un IRCA de 48% indica que de 100 personas que están en riesgo por consumir el agua evaluada **48 pueden enfermar (probabilidad)**.



Índice	Casos de EDA al año 2022	Casos de EDA mensuales/1000 habitantes
Nacional *	2.539.246	4,1
Departamental (Boyacá)	44.387	2,9
<b>Municipal (Duitama)</b>	<b>6452</b>	<b>4,2</b>

\*Calculado a partir de datos de la semana 1 a 24 y proyecciones hasta la semana 53 de 2022 (INS)



# Control (¿Cómo está la calidad del agua?)

Departamento de Boyacá  
Informe de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano  
Muestras del periodo comprendido entre el 1 enero a 25 diciembre 2022



Municipio	Persona prestadora	Total muestras	Promedio de IRCA a reportar	Nivel de riesgo por persona prestadora	IRCA	Nivel de riesgo
Duitama	Acueducto <b>Silva Plazas</b>	1	61	Alto	8	Bajo
	Acueducto <b>Sirata</b> sector carbonera	4	28	Medio		
	Asociación de suscriptores acueducto <b>San Luis</b>	4	0	Sin riesgo		
	Asociación de suscriptores acueducto vereda <b>La Pradera</b>	4	13	Bajo		
	Asociación de suscriptores acueducto vereda <b>Santa Lucía</b>	4	16	Medio		
	Asociación de suscriptores del acueducto cañada honda de la vereda <b>San Antonio sur</b>	3	26	Medio		
	Asociación de suscriptores del acueducto del <b>Espinal</b> de la vereda Sirata	3	50	Alto		
	Asociación de suscriptores del acueducto <b>La Jabonosa</b> Puente de Arco de la vereda La Parroquia	4	17	Medio		
	Asociación de suscriptores del acueducto <b>San Antonio</b> norte	4	20	Medio		



Universidad de los Andes  
Colombia



Uptc  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia



GOBERNACIÓN DE  
**Boyacá**

Secretaría  
de Salud



El conocimiento es de todos

Minciencias

6

# Control (¿Cómo está la calidad del agua?)

Departamento de Boyacá						
Informe de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano						
Muestras del periodo comprendido entre el 1 enero a 25 diciembre 2022						
Municipio	Persona prestadora	Total muestras	Promedio de IRCA a reportar	Nivel de riesgo por persona prestadora	IRCA	Nivel de riesgo
Duitama	Asociación de suscriptores del acueducto sector centro de la vereda <b>Sirata</b>	4	20	Medio	8	Bajo
	Asociación de usuarios del acueducto <b>La Trinidad</b> sector El Cogollo	4	14	Medio		
	Asociación del acueducto regional <b>San Gregorio</b> de la vereda Quebrada de Becerras	4	52	Alto		
	Empresa comunitaria de acueducto y alcantarillado de <b>Tocogua</b>	5	48	Alto		
	Empresa comunitaria de servicios públicos de acueducto y alcantarillado de <b>La Trinidad</b>	6	19	Medio		
	Empresa de servicios públicos domiciliarios de <b>Duitama S.A. E.S.P</b>	178	2	Sin riesgo		
	Junta administradora del acueducto de la vereda <b>La Florida</b>	4	83	Inviabile sanitariamente		

## Control (¿Cómo está la calidad del agua?)

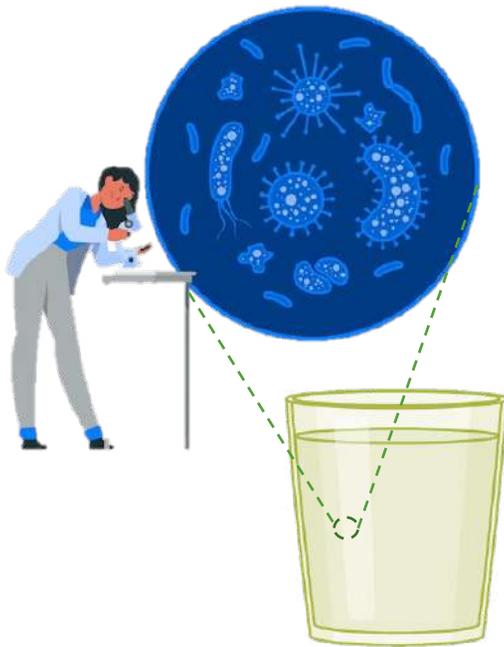
Los parámetros que están afectando la calidad de agua en los Acueductos **Rurales** de Duitama son:

- Turbiedad
- Color aparente
- Coliformes totales
- *E. Coli*
- Cloro residual libre



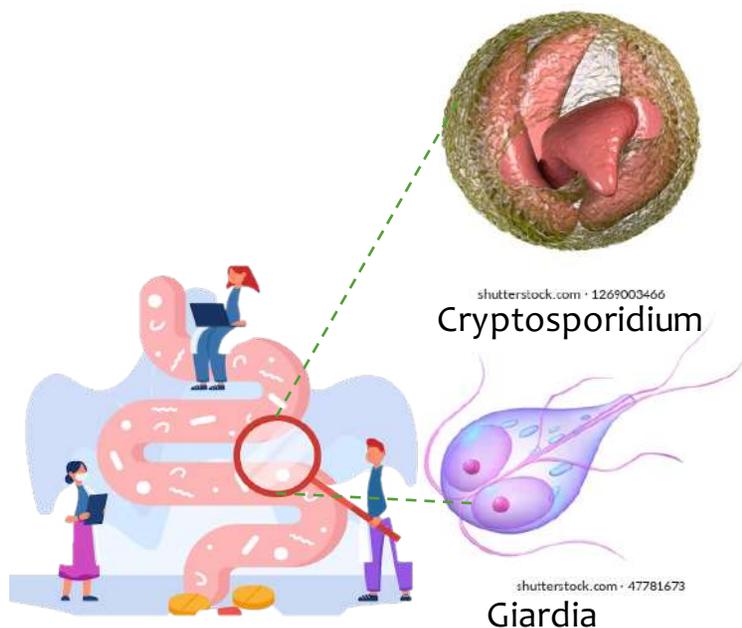
Los parámetros que están afectando la calidad en el Acueducto **Urbano** de Duitama son:

- Aluminio



# Control (¿Cómo está la calidad del agua?)

Se han realizado mediciones en los acueductos urbanos de Boyacá de la presencia de parásitos resistentes a la desinfección como Giardia y Cryptosporidium, que se relacionan con la materia fecal



Material fecal en las fuentes de agua

Para el año 2022, en el acueducto urbano de Duitama se presentaron resultados negativos tanto para Giardia como para Cryptosporidium. **Debe hacerse el seguimiento anual**



Universidad de los Andes  
Colombia



Uptc  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia



GOBERNACIÓN DE  
**Boyacá**

Secretaría  
de Salud



El conocimiento  
es de todos

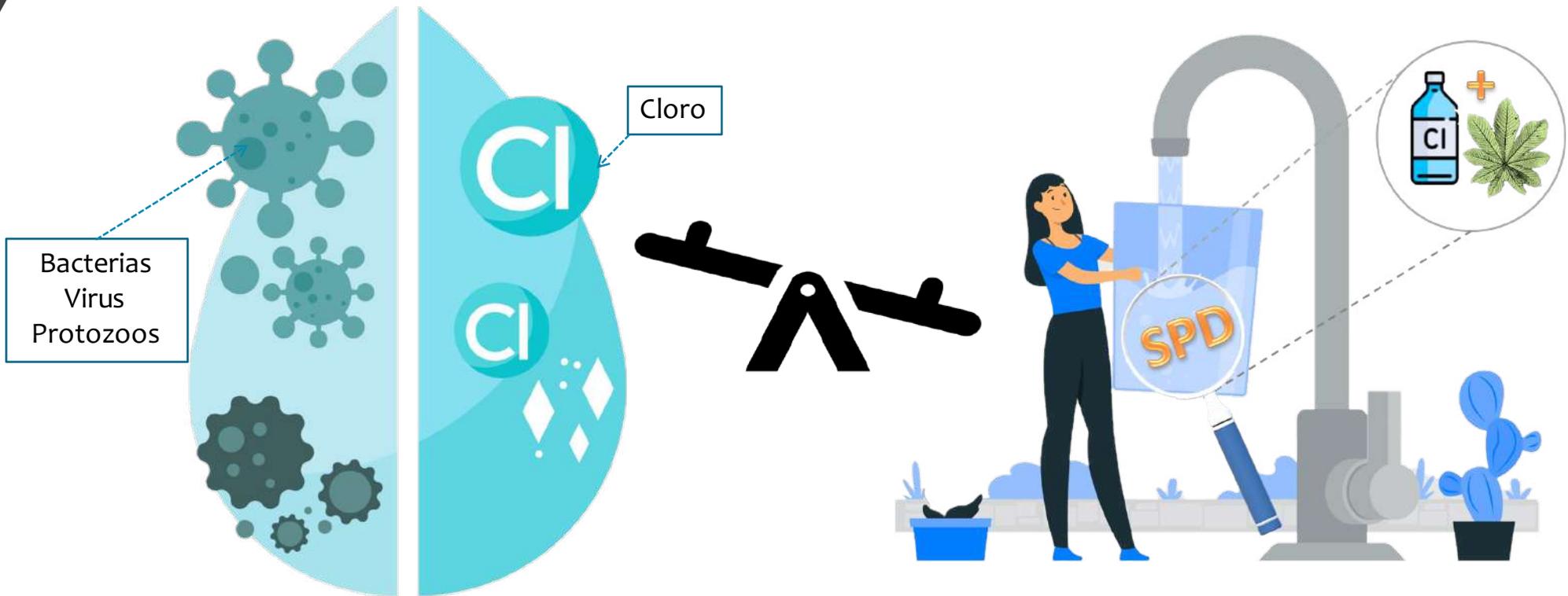
Minciencias

9

# Control (¿Cómo mejorar la calidad? Tratamiento)



# Control (¿Cómo mejorar la calidad? Desinfección)



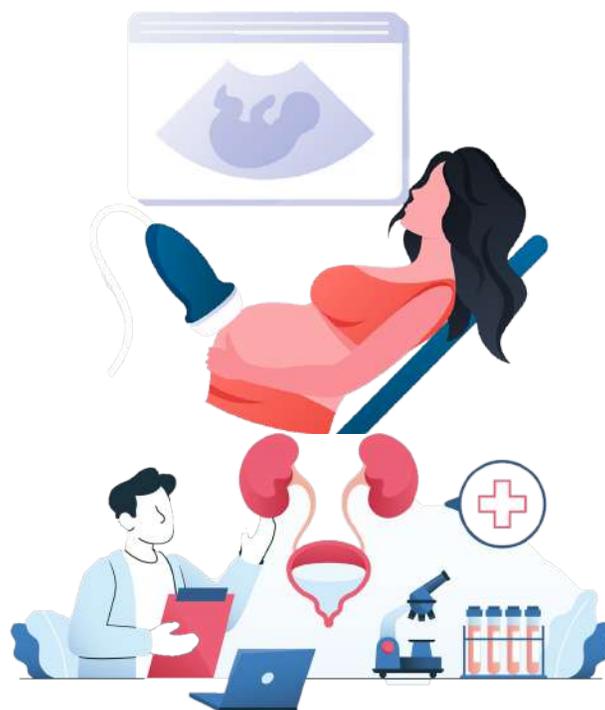
Reduce el riesgo por microorganismos

Produce subproductos de (SPD)

# Control (¿Qué son los Subproductos de Desinfección?)



Diferentes sustancias (700)  
En baja cantidad (microgramos ( $\mu\text{g}$ ))



Probable efecto en desarrollo, cáncer de vejiga, cáncer de colon-recto, efectos respiratorios, (**Riesgo**)



Colombia tiene norma para 1 grupo de 4 sustancias: los trihalometanos  
200  $\mu\text{g}/\text{L}$

# Proyecto (¿De qué depende el riesgo?)



**Cantidad** de sustancias en el agua



**Hábitos** de consumo  
¿Qué tanto estoy en contacto con el agua?



Información de toxicidad en **bases de datos** internacionales:  
Las sustancias producen diferentes efectos



# Control (¿Qué se hizo en el proyecto?)

*Análisis de riesgo por exposición de la población boyacense a subproductos de desinfección presentes en el agua potable y la fracción atribuible al cáncer de vejiga*



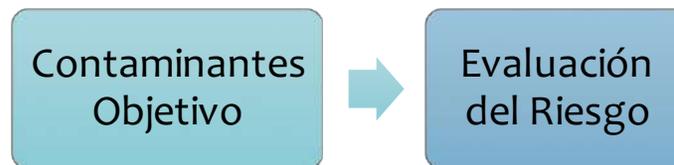
Capital de provincia o problemas de calidad



4 muestreos 2022



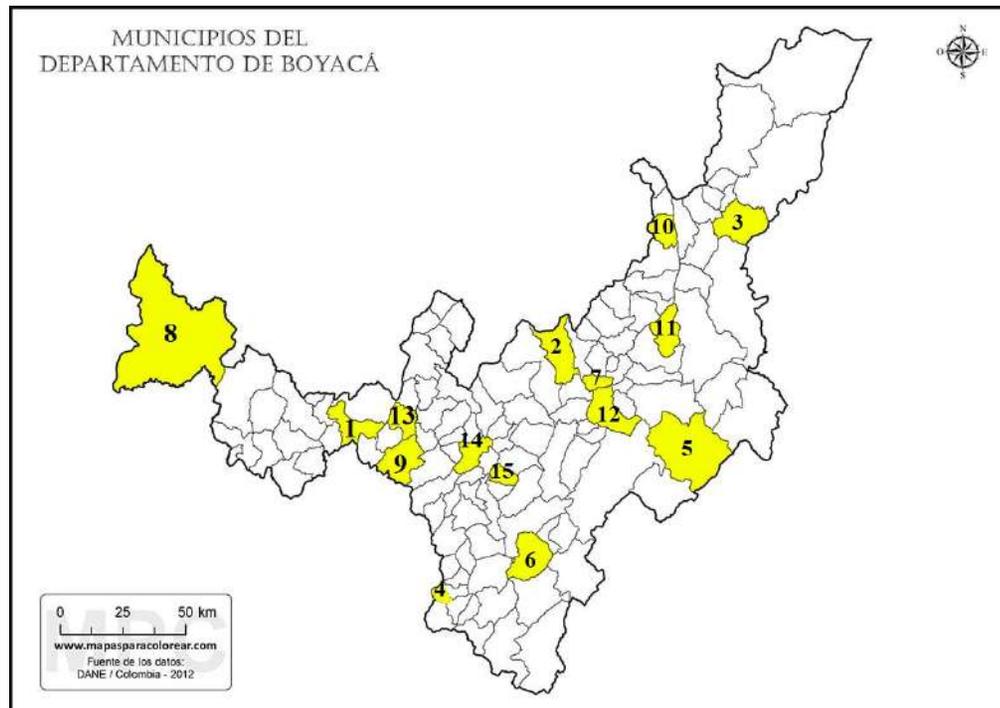
SurveyPlanet®  
Data Concepts



3 Grupos  
5 Sustancias  
2 Trihalometanos



# Proyecto (Población Objetivo)

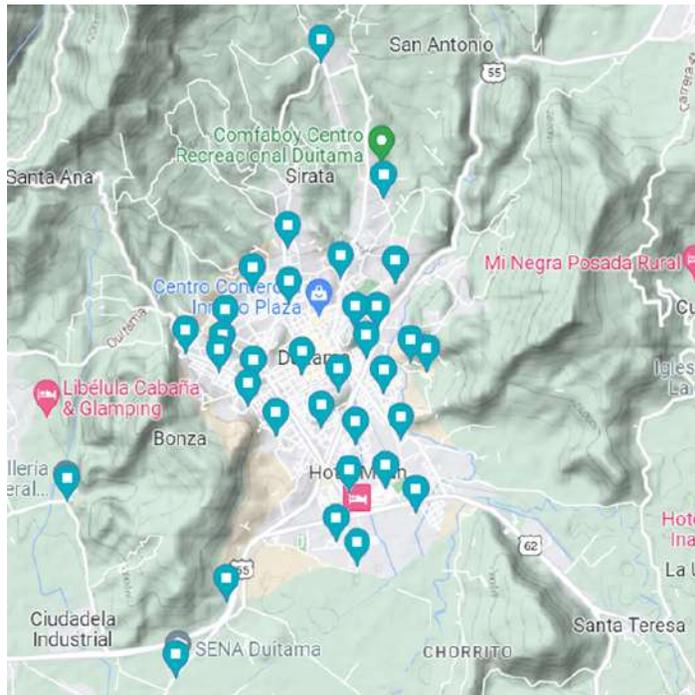


1. Chiquinquirá (Provincia Occidente)
2. **Duitama (Provincia Tundama)**
3. El Cocuy (Provincia Gutiérrez)
4. Guateque (Provincia Oriente y Neira)
5. Labranzagrande (Provincia La Libertad)
6. Miraflores (Provincia Lengupá)
7. Nobsa (Provincia Sugamuxi)
8. Puerto Boyacá (Zona de Manejo Especial)
9. Ráquira (Provincia Ricaurte)
10. Soata (Provincia Norte)
11. Socha (Provincia Valderrama)
12. Sogamoso (Provincia Sugamuxi)
13. Sutamarchán (Provincia Ricaurte)
14. Tunja (Provincia Centro)
15. Viracachá (Provincia Márquez)



# Proyecto (Muestreo: cantidad de SPD)

64 Muestras analizadas



Google maps®



Muestreo 1



Muestreo 2



Muestreo 3



Muestreo 4



Universidad de los Andes  
Colombia



Uptc  
Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia



GOBERNACIÓN DE  
**Boyacá**

Secretaría  
de Salud

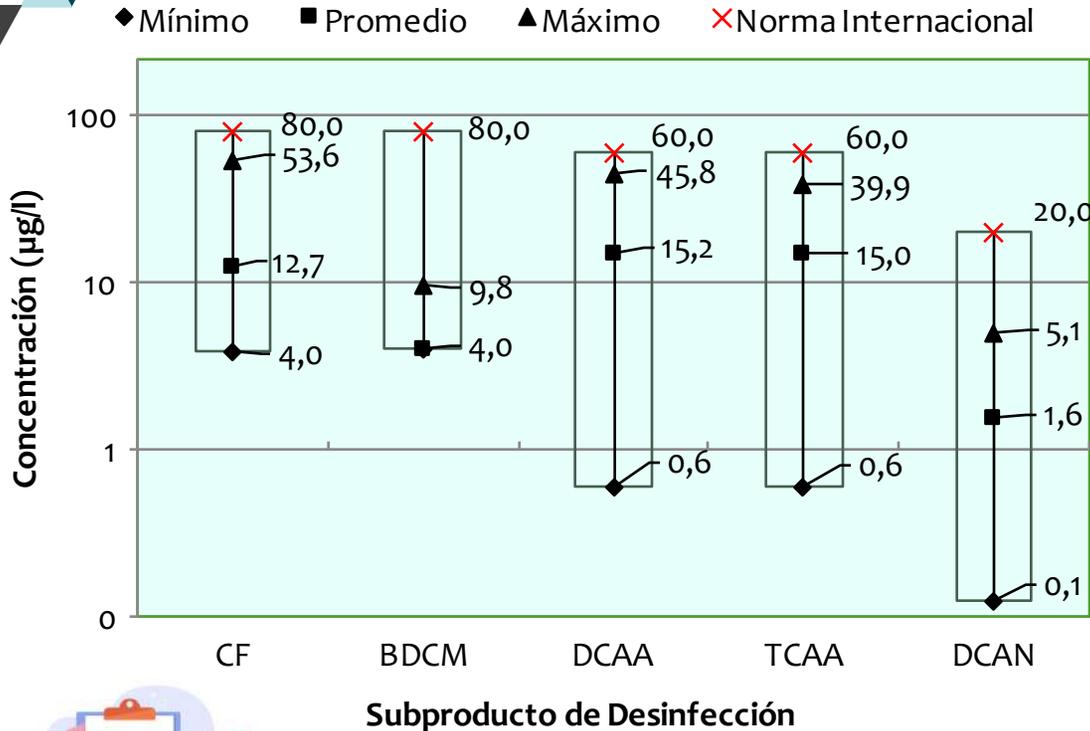


El conocimiento  
es de todos

Minciencias

16

# Proyecto (Muestreo: cantidad de SPD)



**Trihalometanos:** Sustancias que pueden pasar al aire (**volátiles**). Las sustancias Cloroformo (CF) y Bromodiclorometano (BDCM) son las que se encuentran en mayor cantidad. Regulados en Colombia: **200 µg/L**. Norma Internacional: **80 µg/L** (Suma 4)

**Ácidos haloacéticos:** Sustancias **estables**. Los ácidos dicloroacético (DCAA) y tricloroacético (TCAA) son los que se encuentran en mayor cantidad. NO Regulados en Colombia. Norma Internacional: **60 µg/L** (Suma 5). **Suma de valores máximos, mayor a norma**

**Emergentes:** Los SPD **menos estudiados** y no regulados. El dicloroacetónitrilo (DCAN) se encuentra en mayor cantidad. NO Regulados en Colombia



Datos de muestreo + Información Histórica

# Proyecto (Hábitos de Consumo)



Encuestas presenciales-virtuales Data Conceptos  
212 Encuestados



En el tanque se cambia la calidad del agua y por tanto el **riesgo**.  
78 de cada 100 personas tienen tanque de almacenamiento.

Zona	Tanque	Mantenimiento
Duitama	78	19
Boyacá	70	20
Bogotá	50	7

Los sistemas que se usan en casa pueden reducir o aumentar la cantidad de SPD: Los THM se volatilizan al hervir el agua. Los filtros de carbón retienen varios SPD (Reducción del **riesgo**)

76 de cada 100 personas usan sistemas en casa para mejorar la calidad



Zona	Sistemas en casa	Hervir	Filtrar
Duitama	76	55	15
Boyacá	63	44	15
Bogotá	50	30	30



# Proyecto (Hábitos de Consumo) ¿Cuánta agua consumimos?

31 y 33 mL en arroz y legumbres



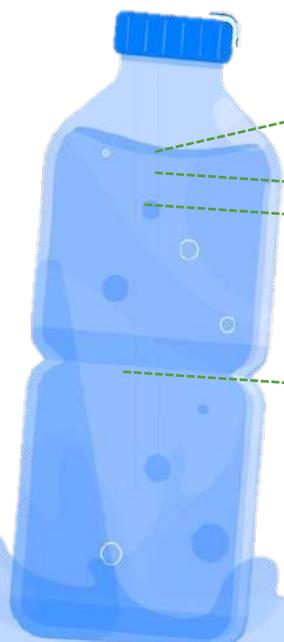
137 mL en sopas



910 mL en bebidas calientes



1123 mL en bebidas frías



En las bebidas calientes y alimentos preparados se reducen los SPD volátiles pero se pueden aumentar otros SPD, variando el riesgo

Mantenerse hidratado es muy importante y no debemos reducir la cantidad de agua ingerida. Es por eso que el agua que consumimos debe ser de calidad

Al día en promedio cada persona en Duitama consume **2,2** litros de agua (2234 mL)

Zona	Consumo de agua (litros/día)
Duitama	2,2
Boyacá	2,3
Bogotá	2,4
Internacional	0,7 - 2,1



Universidad de los Andes  
Colombia



Uptc  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia



GOBERNACIÓN DE  
**Boyacá**

Secretaría de Salud



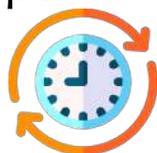
El conocimiento es de todos

Minciencias

19

# Proyecto (Hábitos de consumo) ¿Cómo nos bañamos?

Al bañarnos está expuesta tanto nuestra **piel** como nuestros **pulmones** al respirar los SPD que por la temperatura llegan al aire.



A mayor tiempo de baño estamos más expuestos (**mayor riesgo**)

Entre más caliente está el agua más cantidad de SPD llegan al aire (**mayor riesgo**)  
A mayor temperatura del agua nuestra piel absorbe mejor los SPD (**mayor riesgo**)

Una buena ventilación disminuye la cantidad de SPD que respiramos (**menor riesgo**)

Zona	Hábitos lavado corporal (ducha)			Hábitos ventilación (# / 100 personas)		
	Minutos/baño	Minutos/semana	Temperatura °C	Ventilación	Ventana	Otros
Duitama	8,5	66,7	26,7	59	45	14
Boyacá	9,1	71,4	26,3	64	47	17
Bogotá	11,3	79,7	27,9	80	51	29
Internacional	5 - 20	25 - 106	35 - 45	-	-	-

# Proyecto (Hábitos de consumo) Lavados

Los otros eventos en que está expuesta nuestra **piel** son el lavado de manos, lavado de ropa y lavado de loza



El lavado es esencial para mantener la higiene personal por tanto se promueve. Los guantes reducen la exposición (**menor riesgo**)



Zona	Tiempo (minutos/semana)			Participación (# / 100 personas)		Uso de guantes (# / 100 personas)	
	Lavado de manos	Lavado a mano	Lavado de loza	Lavado de ropa	Lavado de loza	Lavado de ropa	Lavado de loza
Duitama	17	76	225	34	93	14	35
Boyacá	20	87	231	34	89	17	34
Bogotá	24	63	300	45	99	28	46
Internacional	16	-	60-302	-	-	-	-

# Proyecto (¿De qué depende el riesgo?)



Información de toxicidad en bases de datos internacionales

Después de **muchos análisis** de la información existente los expertos clasifican las sustancias y calculan los valores para poder analizar el **riesgo**. Esta clasificación puede cambiar

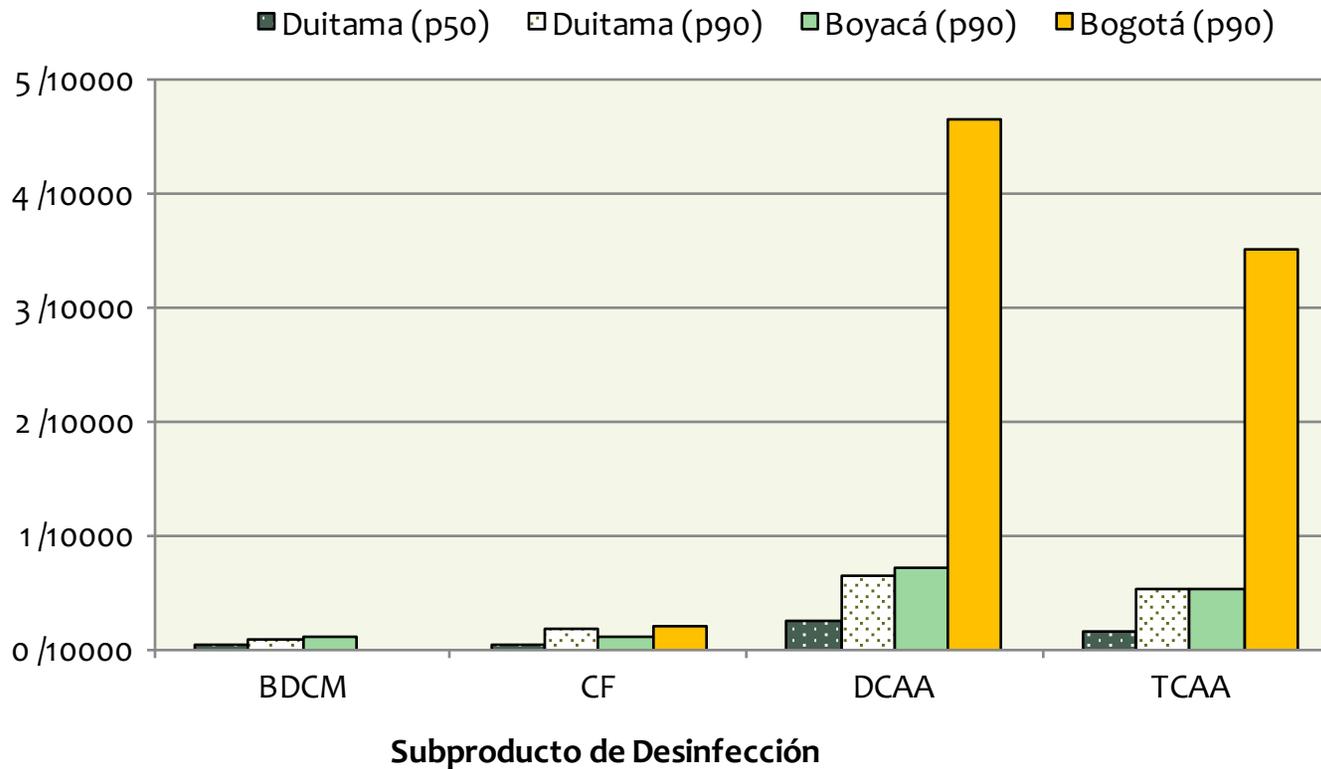
Sustancia	Cancerígeno	Factor para riesgo de cáncer (mg/kg.día)
Aldrín (Plaguicida)	2A	17
Arsénico (Metal)	1	1,5
DDT (Plaguicida)	2A	0,34
Ácido Tricloroacético (TCAA)	2B	0,07
Bromodichlorometano (BDCM)	2B	0,062
Ácido Dicloroacético (DCAA)	2B	0,05
Cloroformo (CF)	2B	0,031
Dicloroacetoniitrilo	3	No tiene

Mayor toxicidad



# Proyecto (Riesgo)

Probabilidad de Cáncer por Ingestión

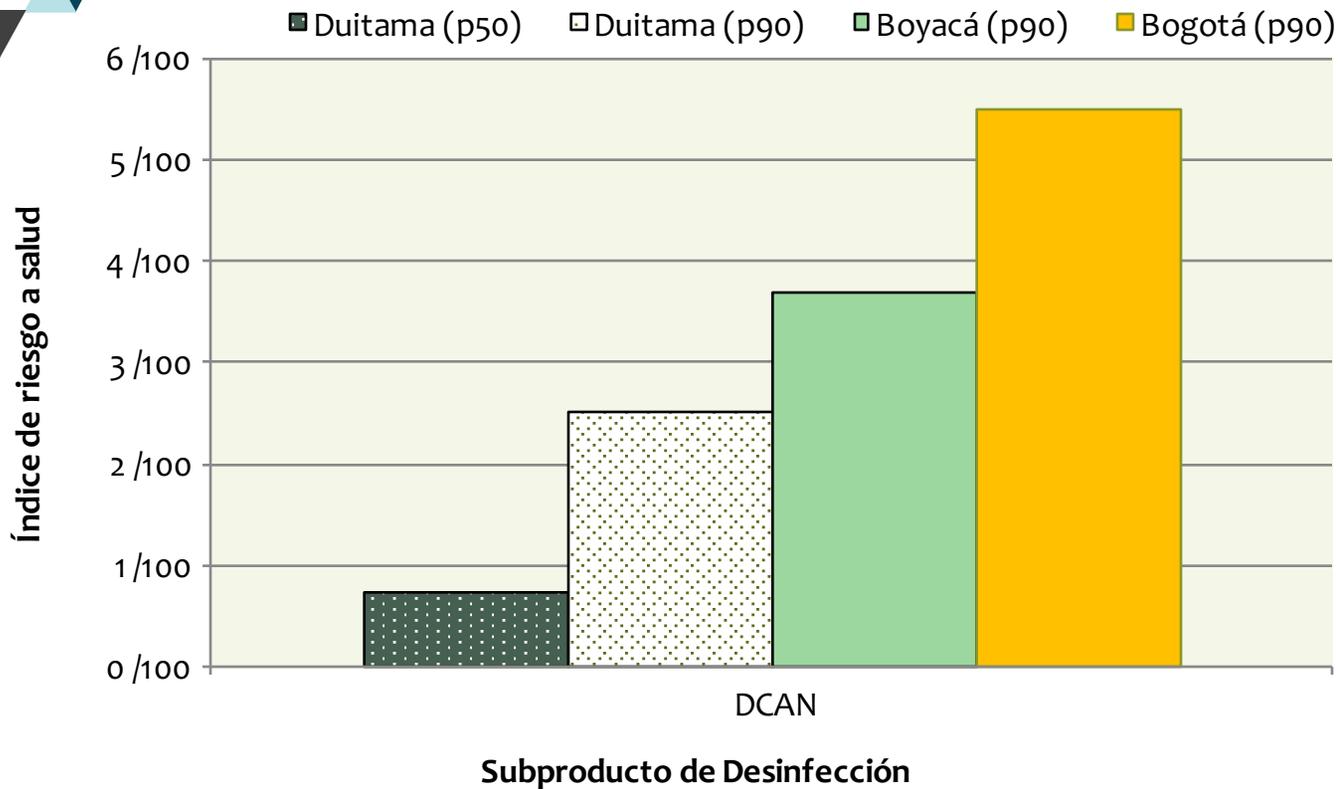


Después de evaluar la información se obtiene un número que dice cuál es la probabilidad que ocurra la enfermedad. Para el caso de los SPD es **menor a 1 caso por 10.000**

Zona segura: Menor o igual a 1 caso por 1 millón.  
 Riesgo aceptable: Entre 1 en un millón y uno en cien mil.  
**Baja prioridad (p90): entre 1 en cien mil y 1 en 10000**

P50 Mayor valor para 50 de 100 habitantes (Cercano al promedio)  
 P90 Mayor valor para 90 de 100 habitantes (Valores extremos)

# Proyecto (Riesgo)



Para los SPD que no han sido clasificados como carcinógeno se calcula un índice de riesgo. Si este valor es mayor a 1 se dice que se está superando la cantidad permitida para no presentar efectos.

**Para este caso el valor es menor a 1**

P50 Mayor valor para 50 de 100 habitantes (Cercano al promedio)  
P90 Mayor valor para 90 de 100 habitantes (Valores extremos)

# Proyecto (Riesgo: Conclusiones)



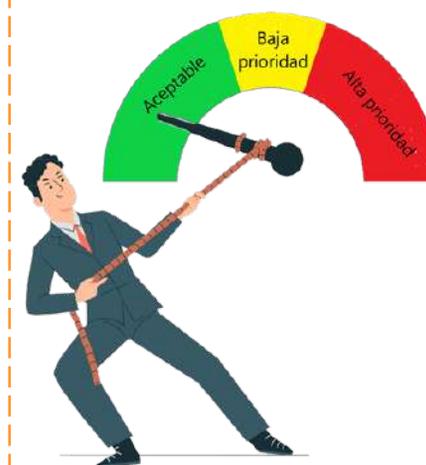
Cantidad de sustancias en el agua es **baja**; promedio **no supera la norma**. Suma valor máximo de **AHA** supera norma.



Hábitos de consumo están dentro de lo reportado. Se puede mejorar en **ventilación y uso de guantes**



Información de toxicidad en bases de datos internacionales no ha incrementado su valor



Riesgo por ingestión **Aceptable- Baja prioridad**



# Proyecto (Riesgo: Futuro)



Cantidad de sustancias en el agua puede incrementarse (desinfección, fuente)



Hábitos de consumo deben controlarse

- Uso de guantes
- Duchas más cortas
- Mejor ventilación



La Información de toxicidad puede variar el **riesgo**, se debe hacer un seguimiento



**Riesgo** puede cambiar. Se debe generar un **plan**



# Proyecto (Plan)

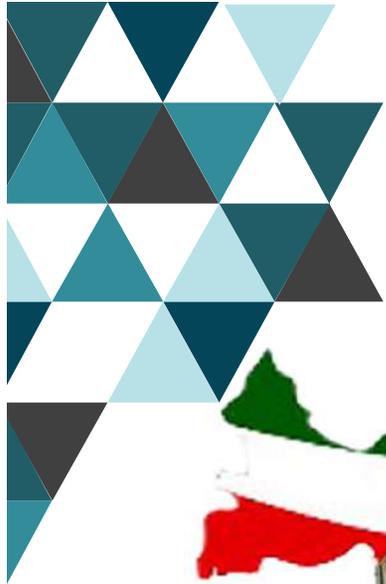
¿Problemas identificados?

- Fuente: Río Surba, Quebrada Boyacogua, Río Chicamocha, Pozos profundos
- Tratamiento: Convencional, Planta Compacta. Cloro Gaseoso, Hipoclorito
- Distribución: Mantenimiento
- Usuario: Educación

Acciones que podemos tomar

- Corto
- Mediano
- Largo Plazo





# Gracias

Universidad de los Andes:

[Manuel-r@uniandes.edu.co](mailto:Manuel-r@uniandes.edu.co)

[Mf.lemus39@uniandes.edu.co](mailto:Mf.lemus39@uniandes.edu.co)

UPTC:

[bibiana.bernal@uptc.edu.co](mailto:bibiana.bernal@uptc.edu.co)

Secretaria de Salud:

[aguas.saludambiental@boyaca.gov.co](mailto:aguas.saludambiental@boyaca.gov.co)



Universidad de  
los Andes  
Colombia



Uptc  
Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia



GOBERNACIÓN DE  
Boyacá

Secretaría  
de Salud



El conocimiento  
es de todos

Minciencias

28