

# ESTUDIO YODOFLUORHIDROLOGICO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (\*)

por

J. B. MULLOR, L. O. B. DE BIELSA, J. B. VIGIL y  
B. L. DE ABRAMOVICH

*Departamento de Ciencias Biológicas*

## I) CONSIDERACIONES NUTRICIONALES

### *Importancia de la concentración de los oligoelementos fluor y yodo en el agua de consumo.*

Las aguas fluviales y profundas contienen cantidades variables de estos elementos, el fluor oscila entre 0,2 a 5,0 p.p.m. y el yodo de 0,001 a 0,3 p.p.m. (salvo excepciones que se exponen en el presente). El agua de los mares presenta una concentración que puede considerarse casi constante de 1 p.p.m. de fluor y 0,05 p.p.m. de yodo. (1,2)

El conocimiento del aporte ofrecido por estos elementos presentes en el agua de bebida, ha adquirido importancia en los últimos tiempos, como consecuencia del conocimiento del rol biológico que presentan ambos en la histogénesis: osteogénesis y odontogénesis el fluor y la integración de la hormona tiroidea el yodo.

\* Presentado al XIIIº Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria, Asunción (Paraguay) 20-26 de agosto de 1972. Recomendado por su importancia y trascendencia por las IV Jornadas Argentinas de la Cuenca del Plata, aconsejando su difusión a través de los organismos de Salud Pública y Recursos Hídricos.

**FLUOR.** Las partes duras de los tejidos vegetales y animales son las que contienen mayor cantidad de fluor, los huesos hasta 400 p.p.m., en cambio los tejidos blandos presentan de 0,1 a 0,5 p.p.m. y algo más los de origen marino de 5 a 15 p.p.m. (3,4). Siendo el requerimiento diario de este oligoelemento esencial de 1,5 mg/diarios (particularmente necesario durante el desarrollo óseo y dentario) (5) se comprende que éste no será cubierto por la alimentación ablandada o depurada sino en una mitad o tercera parte de la indicada anteriormente (6). De aquí que sea necesario suplementarlo con el aporte proveniente del que posee naturalmente el agua de consumo. Si ésta contiene alrededor de 1 p.p.m. satisficará este requerimiento (supuesto el consumo diario directo o indirecto de un litro diario de agua), si es menor, alrededor de 0,5 p.p.m., se producirán a la larga alteraciones tróficas por deficiencia (hipofluorosis) y si el agua contiene arriba de 2 p.p.m. de fluor favorecerá también alteraciones tróficas<sup>1</sup> (hiperfluorosis). A continuación nos referiremos brevemente a estos dos casos.

**HIPOFLUOROSIS.** El ión fluor concurre con los iones fosfato y calcio, a la formación de fluofosfato de calcio, que conjuntamente con el fosfato e hidroxifosfato de calcio, etc. (apatita e hidroxapatita) se sintetizan a nivel dentario y óseo, no solamente durante su formación, sino durante toda la vida, dado que con ligeras excepciones (el depósito más estable es el esmalte dentario, y no obstante presenta un "turnover" de un 10 % del que corresponde a la dentina). estos depósitos son dinámicos y sirven también como reguladores de la homeostasis interna. La proporción adecuada en cada uno de los tejidos del fluocomplejo conjuntamente con los otros compuestos fosforados, mantendrá la resistencia, estabilidad y otras

<sup>1</sup> La actividad ionógena del fluor y con ello la capacidad de su absorción a nivel intestinal, está condicionada al compuesto o compuestos que integra y a la concentración de sales, particularmente alcalino-térras. De aquí que no se puedan establecer guarismos absolutos en materia de concentraciones biológicas de fluor en agua.

propiedades físico-químicas, requeridas para la salud dentaria y ósea.

Si el fluor se incorpora en menor proporción a las requeridas, su integración normal como fluocomplejo se alterará, a nivel bucal con la menor consolidación de las piezas dentarias y resistencia a los agentes físicos y químicos, haciéndolos proclives a las caries. Estas pueden reducirse en un 60 % cuando se normaliza la ingestión de fluor de acuerdo a las estadísticas realizadas (7-23) <sup>2</sup>.

A nivel óseo, también un defecto de fluor, compromete la osteogénesis a lo largo de la existencia, disminuyendo la resistencia mecánica, modificando el metabolismo normal y favoreciendo la osteoporosis y enfermedades geriátricas en estos tejidos (24-25).

Menos conocida es la función a nivel de piel, cabellos, etc., los que actúan como medios de excreción, sin excluir su intervención en algunas metabólicas aún no bien estudiadas, como la que se relaciona con la pigmentación capilar. Como el fluor no se reserva en el organismo y se elimina en un 75 % por orina (cantidades algo inferiores al contenido del agua de bebida), el resto por cabello, piel y heces; a objeto de mantener la concentración en sangre necesaria para las me-

<sup>2</sup> El fluor es sólo uno de los factores tróficos de la salud dentaria, son además necesarios una adecuada alimentación que contemple el aporte de calcio necesario y particularmente una relación calcio/fósforo superior a la unidad, además las vitaminas A, C y D dentro de los requerimientos aconsejados por el "Nutrition Board" del N.R.C. Consignan contra una dentición normal en primer término los alimentos líquidos y blandos, que no exigen una masticación adecuada destinada a reforzar funcionalmente las piezas dentarias. El cepillado, si bien es aconsejable desde un punto de vista higiénico, no sustituye a la masticación normal de alimentos naturales.

Favorecen las caries dentarias el consumo de azúcares y confituras, porque además de aumentar la flora acidógena en la saliva y con ella la acidez bucal, influyen sobre el medio interno en el desequilibrio ácido-básico que se manifiesta en el metabolismo dentario y en la secreción salival.

Entre los oligoelementos cuyo exceso favorece la carie, se encuentra el Selenio.

tabolias en las que interviene, debe ingerirse diariamente la cantidad adecuada de fluor ya indicada.

**HIPERFLUOROSIS.** Como el fluor a diferencia del hierro, no presenta mecanismos enzimáticos que limiten o regulen su absorción a nivel de mucosa intestinal, un contenido elevado de fluor en el agua de bebida determinará su mayor incorporación al medio interno, y con ello aumentará la formación de fluocomplejos cristalinos y otros, en cantidad anormal, lesionando con ello el metabolismo y anatomía de huesos y dientes.

En el primer caso puede causar crecimientos periósticos y deformaciones óseas. Si la hiperfluorosis es elevada y reiterada durante algunos años provocará calcificación de ligamentos y tendones, que disminuyen la movilidad (espalda rígida).

En los dientes causa el llamado veteado dentario, favoreciendo el agrietamiento del esmalte con la decadencia subsecuente de las piezas afectadas (26-30).

Además puede generar anomalías neurológicas, tales la paraplegia espástica, la cuadriplegia, lesiones de la neurona motora inferior, debilidad de los miembros inferiores y parestias (31-32).

**YODO.** El yodo, a diferencia del fluor, se encuentra preferentemente en las partes blandas de los alimentos vegetales y animales, y, mientras que el fluor integra tejidos de sostén, el yodo, integrando la hormona tiroidea, actúa en los tejidos de intenso metabolismo activando reacciones fundamentales para el crecimiento, desarrollo sexual, psíquico, etc.

El yodo se encuentra en cantidades variables en los alimentos. Así, la leche y el huevo contienen de 0,2 a 0,5 p.p.m., bastante menos la carne muscular y alimentos de origen vegetal que presentan de 0,03 a 0,5 p.p.m. Aquí también como en el caso del fluor los peces de mar, particularmente los mariscos contienen cantidades superiores desde 5 a 20 p.p.m. (33).

En este caso los guarismos expuestos permiten calcular (aún excluidos los alimentos marinos) un aporte de 0,20 a

0,30 mg de yodo diario, con una alimentación variada, la que cubrirá los requerimientos de este oligoelemento de acuerdo a las recomendaciones de la O.M.S. para la América Latina (34-35).

Es decir, que el caso del yodo a diferencia del fluor, normalmente no es necesario ningún aporte suplementario de yodo de origen hídrico.

Esto es exacto en suelos con un contenido capaz de yodo<sup>3</sup>, si este es bajo debido a su ausencia en las rocas edáficas y ulterior falta de aporte de yodo marino (salinidad de fondo y vientos marinos, etc.) o bien suelos empobrecidos por erosión hídrica y exacciones culturales, la concentración de yodo en los alimentos de origen vegetal o animal de tales suelos se reduce aproximadamente a una tercera parte de la arriba expuesta y en estos casos la ingesta corriente no proveerá la cantidad de yodo requerida para la metabolización normal por la glándula tiroidea, favoreciendo el bocio endémico en estas zonas denominadas por ello bocígenas (36-44).

A diferencia pues del Fluor, en el que siempre es necesario el suplemento nutricional aportado por el agua de bebida, en el caso del yodo este aporte es necesario solamente en las

<sup>3</sup> En general se considera que los suelos sedimentarios, depositados desde el último período glacial, son pobres en yodo; entre estos se cuentan los que corresponden a las zonas bocígenas del continente americano. Es de hacer notar que las zonas costeras marinas reciben un aporte apreciable de yodo del mar; este beneficio debido al arrastre de los vientos, se extiende a bastante distancia de la costa, salvo en los casos en que barreras naturales —como montañas o vientos con direcciones opuestas— impiden se cumpla totalmente este aporte marino. Las principales zonas bocígenas del mundo son: en Asia, la región de los montes Himalaya; en Europa, las regiones de los Alpes, Pirineos y Cárpatos; en Sud América la Altiplanicie de los Andes y zona Sudeste de Brasil; en Norte América el valle del San Lorenzo y de los Grandes Lagos, extendiéndose hacia el norte de Ohio, Michigan, Minnesota, los Dakotas y las provincias canadienses adyacentes; en menor proporción otros estados incluyendo Oregon, Washington y la Columbia Británica. En nuestro país, las principales zonas bocígenas corresponden a las provincias de Salta, Jujuy, San Juan, Catamarca, La Rioja y Mendoza. Estos suelos, sin el aporte adecuado marino directo o indirecto, junto a las exacciones de la producción agrícola, presentan baja concentración de yodo.

zonas bocígenas. En estos casos la hipoyodosis endémica puede ser atenuada o impedida por un contenido de yodo suplementario capaz en el agua de consumo.

Lo expuesto ilustra respecto de la importancia de los estudios sobre el contenido de Fluor y Yodo en las aguas que sirven al consumo de las poblaciones. En el primer caso como necesario y permanente aporte nutricional y en el segundo como aporte suplementario en zonas bocígenas y como índice diagnóstico del contenido de yodo edáfico en cuyos estratos han percolado las aguas subterráneas analizadas, salvo que estas se encuentren vinculadas hidrodinámicamente con ríos o aguas salinizadas de fondo, algunos de estos casos serán considerados en este trabajo.

## II) CONSIDERACIONES PARTICULARES

Las recomendaciones de la 2a. y 3a. "Conferencias sobre problemas nutricionales en América Latina" organizadas conjuntamente por FAO y OMS (34-35) con respecto al grave problema del bocio endémico y sus consecuencias en esta parte del continente americano, y los estudios realizados en nuestro país, tanto bioestadísticos como endemiológicos, demostrativos de su incidencia, no solamente en las provincias andinas y norte argentino sino también en el litoral y en algunas zonas de nuestra provincia (45-46), nos movieron a realizar un estudio más amplio e intensivo sobre la concentración de yodo en aguas subterráneas y superficiales (fluviales y lacustres) de la provincia, a efectos de su confrontación con las encuestas de bocio en niños realizada a iniciativa de autoridades sanitarias de la Nación (47).

Los estudios realizados en nuestro país sobre hiperfluorosis benigna (veteado dentario) e incidencia de caries dentarias, en relación con el agua de bebida, nos indujeron a sumar el fluor al oligoelemento anterior en la valoración hidrológica de la provincia de Santa Fe.

Aspiramos con este trabajo a ofrecer nuevos elementos de importancia para el mejor conocimiento etiológico de estas enfermedades de base carencial, y cuya profilaxis integral se hace necesaria dada sus proyecciones negativas para la salud física y mental de la raza.

En este trabajo se registran los datos obtenidos sobre muestras de agua procedentes de napas subterráneas, la mayoría de 2a. napa, que sirven al consumo de las poblaciones, y también de las aguas fluviales que, a través de O.S.N., abastecen a algunas ciudades de mayor número de habitantes, sin excluir otras fuentes hídricas de importancia para el mejor conocimiento químico de nuestra hidrografía.

### III) VALORACION DE YODO Y FLUOR

#### *Procedimientos, materiales y técnicas*

En el muestreo y análisis generales se siguieron las recomendaciones de la bibliografía específica (48,49). En cuanto a las determinaciones especiales de yodo y fluor, las técnicas citadas en (50,51,52,53,54 y 55).

### IV) RESULTADOS

Se transcriben en las tablas I y II los resultados obtenidos sobre muestras de aguas subterráneas y superficiales analizadas; por razones de espacio se consignan los datos de mayor interés, yodo y fluor, sales totales, cloruros, sulfatos y nitratos en miligramos por litros del ión correspondiente y alcalinidad y dureza en mg./l. de  $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ , esta última a los efectos de asegurar sus relaciones con el contenido de yodo y fluor, lo que se discutirá más adelante. Las aguas que presentaban indicios químicos de contaminación provenientes de desechos o excretas, se descartaron. Los datos de los análisis

TABLE I  
AGUAS SUBTERRANEAS

Nº	LOCALIDAD	YODO mg/l	FLUOR mg/l	SALES TOT. mg/l	DUREZA mgCO <sub>3</sub> Ca/l	ALCALIN. mgCO <sub>3</sub> Ca/l	CLORUROS mg/l	SULFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	PROFUND. m
1	Vila O-ampo	0.068	0.7	1.925	552	450	600	72	13	40
2	Avellaneda	0.016	0.5	368	230	317	26	14	5	42
3	Reconquista	0.013	0.6	180	96	48	24	10	0.5	22
4	Tostado	0.186	0.6	2.070	172	634	470	340	30	18
5	Vera	0.060	0.8	1.150	32	400	390	120	3	22
6	Ceres	0.110	3.0	3.500	960	1.280	810	400	50	12
7	Hersilia	0.650	1.8	2.960	720	1.230	632	414	16	10
8	Portugalette	0.325	1.0	2.360	124	960	540	630	60	10
9	Huanqueros	0.092	0.8	1.925	143	258	456	420	3	18
10	San Cr. stóbal	0.800	1.6	3.850	120	450	1.050	800	5	12
		0.210	1.9	3.406	120	400	640	722	9	11
		0.260	0.7	2.560	192	800	700	418	81	5
11	Alejandra	0.010	0.2	508	132	200	60	55	6	10
		0.024	0.3	465	170	160	32	45	6	11
12	San Justo	0.022	0.7	755	200	490	60	33	5	28
		0.014	0.2	730	400	200	120	48	100	6
13	San Javier	0.016	0.5	535	238	200	60	52	78	15



TABLA I (Continuación)

Nº	LOCALIDAD	IODO mg/l	FLUOR mg/l	SALES TOT. mg/l	DUREZA mgCO <sub>3</sub> Ca/l	ALCALIN. mgCO <sub>3</sub> Ca/l	CLORUROS mg/l	SULFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	PROFUND. m
14	Sunchales	0,092	0,8	1.600	200	115	432	400	20	26
15	Helvecia	0,009	0,3	350	144	64	32	18	45	12
		0,003	0,2	230	140	100	40	13	17	17
16	Rafaela	0,420	1,8	2.300	180	430	430	596	20	44
		0,070	1,3	3.500	280	700	550	980	35	16
17	Ne son	0,040	0,7	890	240	480	152	30	0,6	15
18	Cóoma Cell <sub>3</sub>	0,075	1,4	1.242	80	537	112	70	0,2	-
19	Susana	0,007	1,0	836	52	530	40	73	0,8	18
20	Pilar	0,054	1,1	1.260	108	500	280	180	0,0	18
		0,062	0,9	820	47	630	20	100	0,0	-
21	Esperanza	0,022	0,9	1.166	112	603	96	80	10	43
		0,007	0,7	890	480	407	72	48	6	14
22	Laguna Pa.va	0,085	0,5	860	324	585	108	20	3	18
		0,039	0,2	496	400	430	46	30	0,8	15
23	Maria Juan <sub>1</sub>	0,064	1,1	1.030	72	690	40	75	0	20
24	Sa Pereyra	0,300	1,2	1.426	60	700	144	160	2	9
		0,200	1,2	1.673	84	760	240	120	2	10
25	San Mariano	0,006	0,7	1.160	332	400	265	95	2	30
26	San Jerónimo Norte	0,088	0,8	1.245	120	630	112	115	0,5	15

TABLA I (Continuación)

Nº	LOCALIDAD	YODO mg/l	FLUOR mg/l	SALES TOT. mg/l	DUREZA mgCO <sub>3</sub> Ca/l	ALCALIN. mgCO <sub>3</sub> Ca/l	CLORUROS mg/l	SULFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	PROFUN- DIDAD m
27	San Carlos	0,025	0,7	1.280	98	780	80	45	0,4	10
28	Frank	0,021	0,9	1.155	112	500	150	57	4	30
29	Santa Fe	0,023	0,8	1.675	240	700	140	124	96	18
		0,080	0,7	1.200	468	520	210	90	35	15
		0,021	0,5	770	220	410	132	78	5	26
		0,136	0,6	1.100	208	430	304	90	40	32
		0,025	0,4	1.240	308	310	240	170	5	30
30	San José del Rincón	0,018	0,3	275	143	140	50	12	3	30
31	Santo Tomé	0,080	0,7	756	226	450	82	34	20	23
32	Sastre	0,090	0,9	2.140	136	750	380	518	60	17
		0,030	0,6	2.960	220	660	500	530	10	14
33	Las Tunas	0,014	0,7	875	92	460	72	70	3	12
34	San Jorge	0,044	0,5	1.327	83	780	144	50	12	15
35	Carlos Pelegrini	0,027	0,7	1.430	90	860	112	72	15	14
36	Cañada Rosquin	0,176	1,7	2.750	360	1.007	660	200	60	15
		0,052	0,8	2.306	144	820	380	120	10	12
37	Cálvez	0,005	0,8	1.603	60	510	170	48	5	43
38	Coronda	0,040	0,8	370	110	380	44	40	60	9

TABLA I (Continuación)

Nº	LOCALIDAD	YODO mg/l	FLUOR mg/l	SALES TOT. mg/l	DUREZA mgCO <sub>3</sub> Ca/l	ALCALIN. mgCO <sub>3</sub> Ca/l	CLORUROS mg/l	SULFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	PROFUN- DIDAD m
39	Barrancas	0,160 0,070	0,9 0,7	2.138 800	184 100	1.000 500	320 72	35 83	65 30	20 60
40	Las Rosas	0,019 0,008	1,2 1,0	962 987	80 86	630 720	40 52	12 50	5 3	30 23
41	Totoras	0,024 0,064	0,9 0,7	962 1.750	56 216	540 640	28 212	150 100	2 60	18 12
42	Armstrong	0,057 0,032	1,0 0,9	917 1.160	92 160	600 600	48 140	80 50	0,0 0,0	10 18
43	Cañada de Gómez	0,011 0,012	1,8 1,7	1.540 1.920	200 276	510 470	280 456	120 110	5 3	40 40
44	San Lorenzo	0,065 0,024	0,6 0,5	1.925 1.283	240 342	500 500	360 240	600 50	0,5 1	47 20
45	Casilda	0,004 0,004	2,4 1,8	917 713	112 120	256 430	85 38	85 50	240 2	35 15
46	Villa Diego	0,023	0,9	1.673	308	830	232	630	12	22
47	Chabías	0,044 0,012	0,7 1,1	930 980	340 115	590 540	83 38	24 59	83 12	17 30
48	Villa Constitución	0,020 0,056	1,0 1,2	1.830 895	308 84	830 500	160 32	35 50	18 5	23 50

TABLA I (Continuación)

Nº	LOCALIDAD	YODO mg/l	FLUOR mg/l	SALES TOT. mg/l	DUREZA mgCO <sub>3</sub> Ca/l	ALCALIN. mgCO <sub>3</sub> Ca/l	CLORUROS mg/l	SULFATOS mg/l	NITRATOS mg/l	PROFUN- DIDAD m
4)	F rmat	0,022	1,4	1.980	235	755	240	220	46	50
50	Alcortia	0,038	0,6	790	240	640	23	25	1	30
51	Santa Teresa	0,380	1,8	1.540	120	830	100	145	34	18
52	Murphy	0,004	1,4	1.015	92	520	66	136	10	12
53	Mc'incué	0,034	2,4	1.975	88	725	310	192	7	147
53		0,320	1,7	2.180	148	960	250	235	120	25
54	Venado Tuerto	1,880	1,3	7.700	780	980	1.085	720	230	5
54		0,050	2,8	1.230	92	740	152	42	70	18
55	Hughes	0,006	1,1	875	92	460	40	12	12	20
55		0,005	1,3	987	52	500	60	36	17	39
55		0,038	1,4	940	48	500	60	35	16	69
53	Villa Cañas	0,012	1,0	770	228	420	48	16	2	8
57	Ruf.no	0,010	0,7	830	230	300	24	36	3	12
57		0,030	2,4	1.540	108	520	218	310	32	14
57		0,096	3,0	2.400	92	710	490	485	46	4

TABLA II  
AGUAS SUPERFICIALES

UBICACION DE LA MUESTRA	YODO mg/l	FLUOR mg/l	SALES TOT mg/l	DUREZA mgCa/l	ALCALIN. mgCa/l	CLORUROS mg/l	SULFATOS mg/l
A Río San Jerónimo (Reconquista)	0.003	0.3	137	104	45	14	3
B Laguna El Palmar	0.002	0.8	183	32	60	44	12
C Laguna La Blanca	0.006	0.7	630	57	100	180	23
D Laguna La Brava	0.005	0.8	358	44	60	112	58
E Laguna La Verde	0.012	1.0	1.920	272	100	620	62
F Río Saladillo (S/R.P. N° 62)	0.016	0.8	1.330	190	60	438	180
G Río San Javier (s/San Javier)	0.003	0.5	200	55	47	51	40
H Arroyo Aguilar (s/R.P. N° 62)	0.037	1.0	1.167	200	475	224	93
I Laguna Setíbal (s/Guadalupe)	0.001	0.2	122	50	50	36	14
J Río Salado (s/Santo Tomé)	0.012	0.9	772	76	60	200	193
K Río Colastiné (s/R.P. N° 168)	0.002	0.1	61	20	25	8	5
L Arroyo Leyes (s/R.P. N° 1)	0.002	0.1	58	16	24	5	7
M Río Coronada (s/Ciudad Coronada)	0.012	0.6	598	90	10	227	153
N Arroyo Monje (s/R.P. N° 10)	0.320	0.8	7.700	1.216	380	2.600	1.430
O Río Carcañá (s/R.P. N° 11)	0.090	1.0	1.780	290	203	380	530
P Arroyo Saladillo (s/R.P. N° 16)	0.270	1.0	7.500	1.800	540	2.440	1.520
Q Río Paraná (s/Rosario)	0.002	0.3	260	58	50	43	72
R Laguna Melincué	0.380	1.2	5.130	20	775	1.420	856

practicados sobre muestras de distintos pozos, pero correspondientes a la misma napa acuífera y de la misma localidad, han sido promediados en la tabla correspondiente.

#### V) MAPA YODOFLUORHIDROLOGICO

Con los datos de mayor interés de las tablas I y II se ha confeccionado el mapa yodofluorhidrológico de la provincia de Santa Fe.

En este se han destacado las concentraciones de interés biológico para estos oligoelementos, en el caso del yodo, en la etiología de bocio endémico y en el del fluor, en la cario-génesis dentaria y otras enfermedades vinculadas con falencias o excedencias de este elemento.

Las concentraciones biológicamente normales no llevan indicación topográfica, en cambio se señalizan las de bajo y elevado contenido de yodo e igualmente las de bajo y elevado contenido de fluor.

#### VI) CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS

##### *Y o d o :*

a) Aguas fluviales: Río Paraná (y Colastiné) y San Jerónimo. Presentan muy escasa cantidad de yodo que oscila alrededor de 2 microgramo/litro.

b) Aguas subterráneas con bajo contenido de yodo, inferior a 20 ug/l. Corresponden a zonas próximas al río Paraná o dentro de su lecho de inundación y sujeto a los continuos reflujos de éste, por lo que los sedimentos de los lavados contienen poco yodo y en consecuencia el agua de percolación. En este caso se encuentran también algunos horizontes correspondientes a relieves pluviales y eólico postpampeano: Casilda (4 ug/l), Santa Teresa (4 ug/l), Carreras (5 ug/l).

c) Aguas subterráneas con marcada concentración de yodo. En este caso el origen de este elemento es marino (proveniente de la ingresión marina entrerriana del terciario) (1,56). Aquí el yodo conjuntamente con la mayor parte de las sales cloruradas y sulfatadas magnésicas y alcalinas, enriquecidas por intercambio iónico, precipitaciones de las menos solubles, etc., constituyen las "aguas salinas de fondo" que se encuentran a profundidades variables. Estas pueden aflorar formando lagunas como las de Melincué, cuando el relieve actual corta la napa freática del pampeano; su concentración puede llegar a constituir salinas, como las de Córdoba.

En el caso de Melincué, tanto la laguna (380/ug/l) como un pozo situado en sus proximidades (1880/ug/l) y las sales correspondientes, revelan un proceso de enriquecimiento iónico y concentración general. En las aguas subterráneas se nota a profundidades variables la mezcla de esas aguas "salinas de fondo" con las de "percolación". A continuación se dan los casos más típicos de este grupo: San Cristóbal (260/ug/l), Ceres (650/ug/l), Rafaela (420/ug/l), Cañada Rosquín (176/ug/l), Alcorta (380/ug/l). En estos casos es dable observar que las napas más superficiales del mismo lugar contienen menor cantidad de este elemento y salinidad total.

d) Aguas subterráneas con regular cantidad de yodo. En estos casos la cantidad oscila entre 20 y 80/ug/l y corresponden preferentemente o exclusivamente a aguas de percolación, debido al confinamiento en lechos más profundos de las aguas salinas de fondo. En este caso se encuentran la mayor parte de las aguas que figuran en la tabla. En algunas aguas, tales las subterráneas de Santa Fe y Santo Tomé (80 a 136/ug/litro) la cantidad de yodo se eleva algo más debido a la influencia del Río Salado próximo, sus crecientes y reflujos sobre las napas próximas.

e) Aguas subterráneas con elevada dureza. En este caso el contenido alcalino-térreo se debe a la incorporación por solubilización de lechos calcáreos de carbonatos o sulfatos

interpuestos en los horizontes superiores a la napa, de loees y arena. Ejemplos típicos de este caso son: Esperanza (dureza: 480 mg/l exp. como  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), San Jerónimo (310 mg/l), Villa Ocampo (572 mg/l), San Javier (400 mg/l), Cañada Rosquín (360 mg/l).

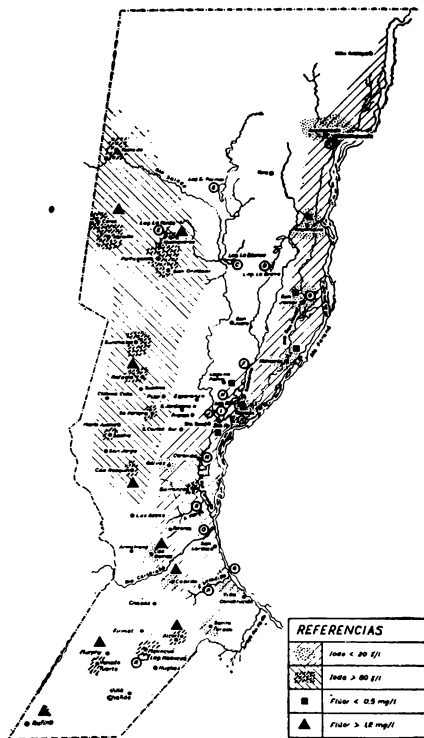
f) Yodo y metales alcalino-térreos. Con respecto a la relación inversa entre el contenido de yodo en aguas y dureza, o la concentración de los metales alcalino-térreos, considerada en otros trabajos (57-59) los datos del presente ponen de relieve que si bien el contenido de yodo puede variar al atravesar las corrientes acuíferas en su recorrido los mantos calcáreos, la sola presencia de metales alcalinos-térreos en el agua no influye en la concentración de yodo. En cambio la mayor concentración de elementos alcalinotérreos puede favorecer al bocio, debido a que su presencia reduce la actividad iónica del yodo y consecuente absorción por mucosa intestinal. Esta es fundamentalmente dependiente de la concentración en este elemento tanto en la zona de alimentación como en la de perforación, y en definitiva de la concentración de yodo de los estratos que atraviesa, con las excepciones que son comunes en las aguas subterráneas de Santa Fe, de las mezclas con aguas salinas de fondo o ríos enriquecidos por aquellas (60).

Así entre los muchos casos de presencia marcada de yodo y dureza elevada, tenemos los siguientes: San Jerónimo (Yodo: 240  $\mu\text{g/l}$  y dureza: 310), Laguna Paiva (Yodo: 85 y dureza: 324), Ceres (Yodo: 110 y dureza: 960), y (Yodo: 650 y dureza: 720), San Lorenzo (Yodo: 65 y dureza: 244), Cañada Rosquín (Yodo: 176 y dureza: 360), etc.

g) Anomalías. Debido a acumulaciones secundarias de sales es posible constatar mayor salinidad en captación de napas superficiales que en aguas más profundas, relacionada con el mayor espesor de la capa de arcilla subyacente (61).

Geobioquímicamente solamente en algunos casos es posible dimensionar la influencia de la actividad biológica en la concentración y liberación de yodo (62).





### *Fluor.*

#### a) *Aguas fluviales.*

Las aguas del río Paraná y ríos y lagunas intervinculados presentan muy bajo contenido de fluor, posiblemente por la decantación natural que se produce como consecuencia del aporte arcilloso del río Bermejo. Los otros ríos y lagunas de la Provincia se aproximan a 1 p.p.m.

#### b) *Aguas subterráneas.*

Se ha encontrado un apreciable número de napas acuíferas con una concentración aproximada de 1 p.p.m. de fluor, y en menor cantidad napas profundas con una concentración superior a 3 p.p.m., estas últimas vinculadas a las aguas salinas de fondo ya mencionadas.

La mayoría son lechos profundos con elevada salinidad y dureza relativa escasamente elevada, esta última favorecería la prevalencia del ión fluor en solución (64).

En general las napas del este de la provincia próximas al río Paraná, presentan cantidades bajas de fluor, debido al lavado de los suelos debido a la influencia del río Paraná y tributarios y afluentes en zonas bajas con periódicas inundaciones, fenómeno que se ha observado anteriormente con respecto a la disminución de yodo.

En definitiva, la distribución del fluor, a diferencia del yodo, es una mayor dependiente de la composición química del agua y su contenido mineral total, de esta manera se puede decir que en algunos casos revelan las condiciones de formación de las napas acuíferas (63).

## VI) CONDICIONES DEMO-ALIMENTARIAS

## YODO:

a) *Poblaciones que consumen agua de río:* Aproximadamente un 90 a 95 % de los habitantes de Santa Fe, Rosario y Reconquista consumen agua de río tratada, con una concentración de yodo generalmente inferior aún a la ya muy baja del río (65). El resto de la población de los alrededores que consume agua de pozo, recibe un aporte suficiente de yodo de origen hídrico.

La influencia que este bajo contenido de yodo en las aguas fluviales pueda tener en la etiología del bocio, debe considerarse a través del aporte complementario de los alimentos en la dieta media de estas poblaciones.

La procedencia de los alimentos vegetales y animales de las zonas cuyos suelos tienen una mayor concentración de yodo, revelada por el contenido en las aguas profundas de percolación, compensaría por lo menos en los grupos mejor alimentados, aquella deficiencia hídrica.

A este respecto, los alimentos de origen animal como la leche, huevos, y algunas carnes y vegetales (como tomate, espárragos, zanahoria, lechuga) presentan un contenido apreciable de yodo, aún cuando procedan de suelos pobres en este elemento.

b) *Poblaciones que consumen aguas subterráneas con bajo contenido de yodo, sin servicio público de agua potable o con éste, pero procedente de napas acuíferas pobres en yodo.* En estos casos el aporte total es bajo cuando el consumo de vegetales, verduras y hortalizas proviene de los suelos pobres en yodo de las huertas o chacras próximas, no así cuando es compensado con frutas y otros vegetales provenientes de suelos no agotados y de los alimentos de origen animal, particularmente leche, en los que se concentra en mayor cantidad del yodo ambiental (agua, alfalfa, etc.) <sup>4</sup>.

<sup>4</sup> El consumo de pescado de mar ofrecería un aporte extraordinario de yodo, pero es prácticamente nulo en estas poblaciones.

**FLUOR:**a) *Aguas fluviales.*

En este caso también como en el del yodo, un 90 a 95 % de los habitantes de las ciudades de Santa Fe, Rosario, Reconquista consumen agua con una baja concentración de fluor, muy inferior a la óptima biológica de 1 p.p.m. La influencia que este bajo contenido de fluor ha tenido en la incidencia de caries dentarias se ha considerado en numerosos trabajos realizados en estas zonas.

b) *Aguas subterráneas.*

La mayor parte de las poblaciones del interior de la provincia consumen aguas con un contenido de fluor inferior al biológico aconsejado.

Un número menor de poblaciones consumen agua con un porcentaje de fluor superior a 1 p.p.m. y en algunos casos, las localidades de Ceres, Rufino, Venado Tuerto y Murphi, presentan una concentración más elevada de fluor cuya incidencia sanitaria en la población consumidora debiera investigarse.

**CONCLUSION Y RECOMENDACIONES**

El agua que consume la mayor parte de la población de la provincia contiene yodo y fluor en cantidades deficitarias desde el punto de vista biológico.

Las encuestas realizadas sobre bocio, hasta la fecha corroboraron el carácter subendémico establecido para esta zona, con un 7,3 al 16 % en niños de edad escolar entre 6 y 14 años, justificando el decreto de la provincia de Santa Fe Nº 01696 (S.P. 272) del 1º de enero de 1970, de aplicación

de la ley nacional N° 17269, mediante la cual se declara obligatoria la adición de yodato o yoduro a la sal de cocina.

Las investigaciones realizadas hasta la fecha sobre la incidencia de caries dentarias en las ciudades de la provincia, ratifican la influencia perjudicial del déficit de fluor en la mayor parte de las aguas de consumo y que determinaron para la ciudad de Santa Fe la fluoración de las aguas por Obras Sanitarias de la Nación.

Por todo ello *se recomienda*:

Extender y perfeccionar las encuestas endemiológicas sobre bocio, caries dentarias y otras enfermedades en las que estos principios nutricionales en falencia puedan actuar como factor prevalente o coadyuvante.

#### BIBLIOGRAFIA

1. MASON, B. "Princ. of Geochemistry" Ed. Wiley (1951).
2. HOYOS DE CASTRO, "Geoquímica" (1945).
3. GROSS, H. W. *Pensilvania M. J.* 65, 1045 (1962).
4. WALKEN, J. S. y col. *Science* 140, 890 (1963).
5. Nutritional Research Council - Food and Nutrition Board - Publ. N° 294 Committee on Rental Health 1953.
6. MULLOR, J. B. La Capital - 3/6/1957.
7. AST, D. B. y col. *J. Amer. Dental Ass.* 52, 314 (1956).
8. BOYD, J. D. J. *Amer. Dietet. Ass.* 18, 211 (1942).
9. BOYLE, P. E. J. *Amer. Dental Ass.* 28, 1788 (1941).
10. HILLEBOE, H. E. J. *Amer. Dental Ass.* 52, 291 (1956).
11. HODGE, H. C. J. *Amer. Dental Ass.* 52, 307 (1956).
12. LEICESTER, H. M. *Amer. Review Biochem* 22, 341 (1953).
13. MC. COLLUM, E. V. y col. "The Newer Knowledge of Nutrition" 5° Ed.
14. ARNOLD, F. A. "América C'ínica" 13, 221 (1948).
15. DEAN, H. T. y col. Publ. Health Rep. 57, 1155 (1942).
16. MC. KAY "Nutrición" 7, 20 (1948).
17. MC. CLURE, F. J. "J.A.M.A." 139, 716 (1949).
18. RUSSELL, A. L. y col. "Publ. Health Rep." 66, 1389 (1951).
19. ECOZCUE, M. I. "Rev. As. Odont. Arg." 55, 365 (1967).
20. GROISO, J. A. "Rev. As. Odont. Arg." 55, 393 (1967).
21. AST, D. B. y CHASE C. "Oral Surg." 6, 114 (1953).
22. MAIER, F. J. "Amer. J. Publ. Health" 48, 717 (1958).
23. BRUDEVOLD, F. "J. Dent. Children" 26, 186 (1959).
24. SINGH, A. "Medicine" 42, 229, (1963).
25. SINGH, A. "J. Bone Joint. Surg." 44, 806 (1962).
26. FORREST, J. R. "Brit. Dent. J." 100, 195 (1956).
27. HURME, V. O. "Amer. J. Dis. Child." 77, 61 (1949).

28. SEBRELL, W. H. y col. "Publ. Health Rep." 48,437 (1933).
29. SMITH, M. C. y col. "Science" 74, 244 (1931).
30. MASAKI, T. "Ibid." 36, 8 (1931).
31. ENGLANDER, H. B. "Amer. J. Publ. Health" 53, 1233 (1963).
32. LEONE, N. C. "A.M.A. Arch. Ind. Health" 21, 324 (1960).
33. SHERMAN, H. C. "Chemistry of Food and Nutrition" Ed. Mc. Millan 1963.
34. 1º y 2º Conferencia sobre "Los problemas de Nutrición en América Latina" Washington, Agosto de 1950.
35. 3º Conferencia sobre "Los Problemas de Nutrición en América Latina" Caracas (Venezuela) Octubre de 1953.
36. WERNER, S. C. "The Thyroid" 1962, N. Y.
37. WILLIAMS, R. H. "T. of Endocrinology" Philadelphia, 1962.
38. ASTWOOD, E. B. y col. "J.A.M.A." 174, 459 (1960).
39. PASCUALINI "Endocrinología".
40. MEANS, J. y col. "Enfermedades del tiroides", 1966.
41. HERCUS y col. "J. Hyg." 26, 49 (1927).
42. PATERSON y JAMAMOTO "J. Lab. Clin. Med." 48, 929 (1956).
43. VON FELLEBERG, T. y col. "J. Hyg." 24, 123 (1933).
44. ASTWOOD, E. y CASSIDY C. "Endocrinología Clínica" 2º Ed. 1970.
45. GARCÍA, J. "Rev. Arg. Endoc. y Metab." 11, 128 (1965).
46. SALAS, F. y AMATO, F. "Rev. Adm. Nac. del Agua" Nº 104, 1946.
47. Conferencia Bromatológica Nacional, Mendoza, abril de 1939.
48. Técnicas de O. S. N. "Análisis Químico" A XXI, 1965.
49. "Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes". Tenth Edition (1955).
50. MITCHELL, C. G. "U. S. Geol. Survey Water Suppl'y Paper" vol. 65, 77-83 (1966).
51. ROSSUM, J. and VILLARRUZ, P. J. A. W. W. A. 52 (6) 919-22 (1960).
52. "Métodos Standards para el examen de aguas y aguas de desecho" 11º Ed. 1963.
53. REICHERT, F. y TRELLES, R. Anales de la Asociación Química Arg. IX, 80-5 (1921).
54. "Normas Internacionales para el agua potable" O.M.S. (1964).
55. IBERTIS ACUÑA, MARÍA S. "Saneamiento" (1968).
56. WINDHAUSEN, A. "Geología Argentina" Ed. Peuser (1931).
57. RICHERT y TRELLES "Anal. As. Q. a. Arg." T. IX, 80 (1921).
58. BADO, A. y TRELLES, R. "Anal. As. Q. a. Arg." 17, 209 (1924).
59. TRELLES, R. "Bol. O. S. N." 1, 45 (1937).
60. GOLLÁN, J. (h.) y LACHAGA, D. "Aguas de la Prov. de Santa Fe". Publicación del Ministerio de Instrucción Pública y Fomento (1939).
61. BORZASEKOVA, L. G. *Izd. V. y sh Ucheb Zaved.* 13 (7) 90-4 (1970).
62. MALSARENKO, F. A. *Izd. Nou'sa Moscow*, 68-76 (1968).
63. BREWER, P. G. "Deep Sea Res. Oceanogr. Abst." 17 (1) 1-7 (1970).
64. MUN, A. J.; BAZILEVICH, Z. A.; BELSTUROV, A. B. "Tr. Inst. Khim. Naulz, Alzad. Kaz" U.R.S.S. 25, 80-9 (1969).
65. BIELSA, L. B. de; MULLOR, J. M. XIII Cong. Interam. Ing. Sanitaria, Asunción (Paraguay) Agosto de 1972.