

# LA COMPOSICION QUIMICO - AGRICOLA

DE LAS

## AGUAS DE LLUVIA RECOGIDAS EN MONTEVIDEO DE 1909 A 1912

Por el Dr. J. Schröder

---

### I. Parte bibliográfica

Oportunamente publicamos las observaciones experimentales referentes a la riqueza de la atmósfera de Montevideo en anhídrido carbónico, y podemos constatar que el *porcentaje de dicho elemento no representa un número constante*, sino altamente variable, según la dirección de los vientos y las estaciones. El término medio es de 2.98 volúmenes por diez mil volúmenes de aire en las condiciones normales de 0° de temperatura C. y de 760 mm. de presión (1).

Aportamos ahora una nueva serie de datos de orden climático de importancia químico-agrícola principalmente, pues comprenden la cantidad de los compuestos azoados, cloruro y materias orgánicas que con las aguas de lluvia han llegado al suelo durante el período de ensayos que abarca varias estaciones de 1909 - 1912.

Desde tiempos remotos las aguas de lluvia se han considerado altamente benéficas para la vegetación. *N. H. J. Miller*, que dedica mucha atención a su estudio, ha publicado datos interesantes y diversos, en obras de resonancia (2). Y también un gran número de autores modernos ha tratado el mismo tema en puntos distintos del globo, estudiando la relación de la composición de las

(1) Revista del Instituto de Agronomía. Montevideo, 1910, 7, 123.

(2) Journ. Scot. Met. Soc. 1913. III vol, 16 núm. 30 pág. 141.

(Tiraje aparte que debo a la amabilidad de su autor).

aguas de lluvia con la posición geográfica del lugar donde fueron recogidas, y la influencia que han podido tener las descargas eléctricas que acompañan los desequilibrios atmosféricos.

Es extraño con todo, que, pese al interés de los análisis de las aguas pluviales, dispongamos aún de número muy limitado de estudios, y esta escasez de bases — que serían tan útiles en la comparación comprensiva de las zonas tropicales subtropicales principalmente — trae como lógica consecuencia la imposibilidad de reconocer leyes y principios generales. Hay investigadores que opinan que la cantidad de nitrógeno que puede ser atraída a la tierra con las aguas de lluvia alcanza por año y por hectárea a 40 y 50 kilos <sup>(1)</sup>, mientras otros son de parecer contrario, expresando que la suma de compuestos azoados que llegan al suelo de los trópicos con las aguas de lluvia no es superior a los de las zonas templadas <sup>(2)</sup>.

Para dar una idea de cuáles son en general los números de nitrógeno total, amoniacal y nítrico, aportados por las lluvias anuales a la superficie de una hectárea, agregó aquí dos cuadros. Los datos que en ellos aparecen se han calculado sobre las unidades métricas, y publicado muy recientemente.

Al juzgar los datos de los autores internacionales, debe tenerse en cuenta que seguramente no se han obtenido siguiendo sistemas uniformes ni constantes, sino probablemente, siguiendo métodos que en momentos de la ejecución, ofrecían la más grande exactitud. Por estudios posteriores se ha probado después, que los datos sobre el amoníaco carecen de una base segura y hasta 1880, eran demasiado elevados. *Kellner* <sup>(3)</sup> cita un caso muy concluyente en este sentido: en Rothamsted se había determinado el contenido de las aguas pluviales desde 1853 según los métodos antiguos y alcanzando a 6.83 kilos de ázoe amoniacal por hectárea y año; repitiendo las operaciones en 1881-82 según el nuevo método (Nessler) obtúvose sólo 2.76 kilos de nitrógeno por año y por la misma unidad superficial. Los resultados sobre el porcentaje de nitrógeno, nitroso y nítrico quedan dentro de límites estrechos, de manera que es bien posible una comparación de los trabajos primeros con los de los últimos años.

(1) *Wohlmann*, *Tropische Agrikultur* 1892, p. 115; *Arrhenius*, *Werden de Welten* 1907, p. 130.

(2) *Mayer*, *Agrikulturchemie* 1905, t. 1, p. 199; *Miller*, I c., p. 146.

(3) *Landw. Jahrbücher*, 1886, 15, 702.

### CUADRO NÚMERO 1

CONTENIDO EN ÁZOE DE LAS AGUAS PLUVIALES DE LA ZONA TROPICAL

Número	PUNTO DE OBSERVACIÓN	Período	Lluvia por año en mm.	N en kilos por hectárea en forma		% de N en forma		
				Amoniacal	Nítrico	Amoniacal	Nítrico	
1	Venezuela.	1883/84	1000	15.71	5.80	21.51	73	27
2	Reunión . . . . .	1886/87	1016	—	6.99	—	—	—
3	Calcuta . . . . .	1891	1150	2.00	1.34	3.34	60	40
4	Java (Este) . . . . .	1891	1200	1.25	0.79	2.04	62	38
5	Madrás. . . . .	1890/98	822	0.69	1.12	1.81	39	61
6	Mauritius . . . . .	1895	1700	7.68	7.11	14.74	52	48
7	Barbados . . . . .	1885/97	1600	1.36	4.36	5.71	24	76
8	Ceylán . . . . .	1888/99	2050	4.07	1.43	5.50	72	28
9	Georgetown . . . . .	1890/1900	2500	1.91	2.04	3.95	39	61
10	Dehra - Dun . . . . .	1905/06	2200	2.28	1.53	3.81	60	40
11	Cawnpore. . . . .	1905/06	1264	2.78	0.86	3.64	76	24
12	Barbados . . . . .	1903/08	—	—	—	10.75	—	—
13	Queenland . . . . .	1907/08	660-1901	—	—	8.4-4.5	—	—
14	Tonquín - Hanoi. . . . .	1902/09	1815	11.9	48.9	60.8	21	79
15	Guayana Inglesa. . . . .	1890/09	2521	1.13	2.11	3.24	35	65
16	Barbados . . . . .	1885/10	1505	0.98	5.28	6.26	16	84
17	Trinidad . . . . .	1901/02	1477	2.95	0.10	3.05	96	4
18	Cairns . . . . .	1908	1908	1.51	1.94	3.45	43.8	56.7

Despréndese de este cuadro que los números no admiten conclusiones universales, pues las oscilaciones experimentadas para las cantidades en nitrógeno total de las aguas de lluvia tropicales ensayadas, varían irregularmente y entre límites vastos: Mientras en el Este de Java, han sido recogidos en 1200 mm de lluvias anuales solamente 2.04 kilos de nitrógeno por hectárea, en Tonkin, en un análisis sobre 1815 mm anuales, obtuviéronse 55.8 kilos de nitrógeno. Prescindiendo de los valores: 21.51 kilos por hectárea para Venezuela, 14.74 kilos por hectárea para Mauritius, 10.75 por hectárea para Barbados y el ya citado dato de 55.8 kilos por hectárea para Hanoi, nos sorprende una variación mucho menos pronunciada pues queda entre los números 2.04 y 5.71 Y en lo que atañe a la forma de combinación en que se halla el nitrógeno en las aguas pluviales de los trópicos, vemos que no existe relación fija; en unos casos hay exceso de nitrógeno nítrico y en otros de ázoe amoniacal.

Así, para aclarar dudas todavía existentes acerca de la composición de las aguas pluviales de las zonas cálidas del globo, es necesario realizar nuevos y sagaces análisis según métodos rigurosos y uniformes.

## CUADRO NÚMERO 2

## CONTENIDO EN ÁZOE DE LAS AGUAS PLUVIALES EN LAS ZONAS TEMPLADAS

Número	PUNTO DE OBSERVACIÓN	PAÍS	Periodo	Lluvia en mm. por año	N en kilos por hectárea en forma		°o de N en forma		
					Amoniacal	Nítrico	Amoniacal	Nítrico	
1	Dahme . . . . .	Alemania	1865	484	6.16	1.80	7.46	88	17
2	Proskau . . . . .	"	1864/65	452	14.50	7.80	22.30	66	85
3	Insterburg. . . . .	"	1864/66	652	4.87	2.52	6.89	63	37
4	Kuschen. . . . .	"	1864/66	375	1.82	0.62	2.44	75	26
5	Regenwalde. . . . .	"	1864/67	577	11.98	3.68	15.66	77	28
6	Marienbütte. . . . .	"	1865/70	576	—	—	11.12	—	2
7	Firenze . . . . .	Italia	1869/75	978	9.75	3.46	13.21	74	26
8	Vallombrosa. . . . .	"	1872/75	1521	9.78	3.88	13.25	71	29
9	Mettray. . . . .	"	1877	759	—	—	3.11	—	—
10	Liebwert . . . . .	Holanda	1877/78	620	8.05	3.78	11.88	68	82
11	Rostock. . . . .	Bohemia	1880/81	845	7.54	—	—	—	—
12	Tokio. . . . .	Alemania	1883/85	1465	1.97	1.26	3.23	61	39
13	Kopenhagen. . . . .	Japón	1880/85	568	10.40	2.50	12.90	81	19
14	Pecek . . . . .	Dinamarca	1883/86	491	6.20	2.45	8.65	72	28
15	St. Michele . . . . .	Bohemia	1885/86	1116	13.26	6.46	19.72	67	33
16	Lincoln . . . . .	Austria	1884/88	754	0.56	1.27	1.83	81	69
17	Manhattan . . . . .	Nueva Zelândia	1887/89	747	2.94	1.15	4.09	72	28
18	Catania . . . . .	U. S. A.	1888/89	466	1.52	0.75	2.27	67	33
19	Scandicee . . . . .	Italia	1888/90	741	4.55	1.97	6.52	70	30
20	Gembloux. . . . .	"	1889/91	692	7.92	2.40	10.32	77	23
21	Utah . . . . .	Belgica	1891/98	409	5.67	0.40	6.07	98	7
22	Mississippi. . . . .	U. S. A.	1894/95	1120	2.63	0.83	3.46	76	24
23	Montsouris . . . . .	"	1876/1900	547	11.62	3.61	15.23	76	24
24	Lincoln . . . . .	Francia	1884/1887	654	0.58	1.34	1.92	30	70
25	Rothamsted. . . . .	Nueva Zelândia Inglaterra	1888/1900	692	3.81	1.27	4.58	71	29

CUADRO NÚMERO 2 (Continuación)

Número	PUNTO DE OBSERVACIÓN	PAÍS	Periodo	Lluvia en mm. por año	N en kilos por hectárea en forma		% de N en forma		
					Amoniacal	Nítrico	Amoniacal	Nítrico	
26	Ploty . . . . .	Rusia	1900/08	444	3.79	0.27	4.06	93	7
27	Pretoria . . . . .	Africa	1904/05	618	—	—	8.60	—	—
28	Buenos Aires (1) . . . . .	Sudamérica	1906	768	—	—	—	—	—
29	Garforth . . . . .	Inglaterra	1906/08	671	5.60	3.59	9.19	61	39
30	Leeds (centro industrial)	"	1907/08	—	16.14	0.33	16.48	98	42
31	" (suburbios) . . . . .	"	1907/08	—	9.30	1.23	10.53	88	12
32	Brisbane . . . . .	Australia	1908	1154	2.50	2.10	4.60	54	46
33	Roma . . . . .	"	1908	664	2.78	1.40	4.18	67	33
34	Lincoln . . . . .	Nueva Zelandia	1907/09	680	0.88	0.91	1.74	48	52
35	Flahut . . . . .	Suecia	1909	827	3.70	1.48	5.18	72	28
36	Mt. Vernon (Jowa) . . . . .	U. S. A.	1909/10	700	—	—	15.00	—	—
37	Groningen . . . . .	Holanda	1908/10	—	5.07	1.66	6.73	75	25
38	Ottawa . . . . .	U. S. A.	1908/11	—	4.17	0.57	4.74	88	12
39	Butt Of Lewis . . . . .	U. S. A.	1912	1031	0.40	0.34	0.74	54	46
40	Monach . . . . .	Inglaterra	1912	1199	1.41	0.66	2.07	63	32
41	Barrhead . . . . .	"	1912	861	1.81	1.24	3.05	51	49
42	Vifilsstadir . . . . .	"	1912	973	0.90	0.30	1.20	75	25
43	Laudale . . . . .	"	1912	1953	3.12	1.41	4.53	70	30
44	Grahamstown . . . . .	Africa	1912	562	0.96	0.32	1.28	54	46
45	Kokstad . . . . .	"	1912	674	1.25	0.75	2.00	62	38
46	Bloemfontein . . . . .	"	1911/12	550	4.77	1.66	6.43	74	26
47	Durban . . . . .	"	1911/12	932	4.23	1.38	5.62	75	25
48	Cedar . . . . .	"	1912	678	5.27	0.97	6.24	84	16
49	Gross - Enzersdorf . . . . .	Alemania	—	—	—	—	7.30	—	—
50	Rothamsted . . . . .	Inglaterra	1889/12	712	3.10	1.40	4.50	69	31

(1) En un litro hay 36.29 mgs. de amoníaco libre, 10.92 mgs. de amoníaco orgánico, 0.18 mgs. de ácido nítrico y 8.94 mgs. de ácido nítrico, según E. St. R. 1907/08-19-814.

Estos análisis de las aguas de lluvia ensayados en los países de clima templado, permiten establecer algunas reglas, sin que ellas presenten, sin embargo, caracteres de una ley para todos los países. Basándose en los análisis hechos por *J. Boussingault, J. B. Lawes, J. H. Gilbert, E. Frankland y Warrington Kellner* en su ya citado estudio, arriba a las siguientes conclusiones: «Todas las precipitaciones acuosas (lluvia, nieve, granizo, rocío y neblina) contienen compuestos azoados en cantidades muy variables. Las precipitaciones finamente divididas que caen muy despacio, son más ricas en ázoe combinado, que las que llegan rápidamente al suelo en grandes gotas o partículas. Cuanto mayor es la precipitación caída sin mediar temporales, tanto más pequeño es su contenido en nitrógeno. La cantidad total de una precipitación como las pruebas singulares tomadas sucesivamente, son tanto más pobres en compuestos nitrogenados cuanto más tiempo dura la precipitación. El nitrógeno caído en forma amoniacal sobrepasa por mucho la cantidad en estado nitroso y nítrico».

Pero mientras las cuatro primeras deducciones han conservado hasta hoy todo su valor, la última permanece aún dudosa y discutida, pues se han observado en muchos análisis resultados opuestos.

Hay un factor que influye esencialmente en la composición accidental de la atmósfera, y por lo mismo, en el porcentaje de los principios nitrogenados de las aguas de lluvia. Es la cercanía de los centros industriales cuyos hornos despiden grandes cantidades de gas de combustión y que siempre contienen compuestos azoados. *Crowthy y Ruston* han publicado últimamente los resultados de sus estudios realizados cerca de Leeds y que sintetizamos a continuación (según *Ehrenberg* en *Fühlings landw. Zeitung* 1913, 62, 453).

EN KILOS POR HECTÁREA Y AÑO

	N inorgánico	N orgánico	N TOTAL
1) Promedio de Rothamsted . . . . .	4.30	—	4.30
2) Garforth (Granja Modelo Univ. Leeds): Promedio: 3 años . . . . .	9.38	—	11.33
" : 2 " . . . . .	—	1.75	
3) Leeds: Centro industrial . . . . .	16.14	3.66	19.80
Casas de particulares . . . . .	11.26	2.69	13.95
Suburbios . . . . .	11.42	2.25	13.67
Término medio . . . . .	12.80	2.77	15.57

No hay duda de que estos valores son mucho más altos que la mayoría o casi la totalidad de los números del cuadro número 2, y creo que no son aplicables a los campos abiertos que distan mucho de los grandes focos de producción de compuestos azoados, pero si servirán para demostrar la influencia que puede tener una fuente artificial de ciertos gases en la composición de la atmósfera, en un espacio de gran diámetro.

En cuanto a la procedencia del amoniaco determinado en el aire me parece oportuno transcribir los siguientes párrafos del trabajo reciente de N. H. J. Miller (l. c. p. 146).

« Taken altogether the results hitherto obtained indicate that the amount of combined nitrogen contributed by the rain is comparatively insignificant as a source of nitrogen for our crops.

The more important question now is the origin of atmospheric ammonia apart from smoke contamination and the composing animal and vegetable remains. The old theory of *Boussingault* that atmospheric ammonia is derived from the sea and the more recent one of *Schloesing* that tropical seas give up to the air are not supported by any of the analysis of rain collected near the sea in tropical countries all of which show less ammonia than is found at Rothamsted. The only possible explanation seems to be that the soil or at any rate arable soil is continually giving up some of its ammonia to the air.

So that instead of the rain contributing 3 or 4 pounds of ammonia to the acre, it seems more probable that it is merely restoring some portion of the ammonia which the soil has previously lost» (1).

Haciendo un resumen general de los análisis que con la bibliografía a mi alcance he podido reunir en las páginas anteriores, se nos permitirá la conclusión, que con pocas excepciones la cantidad

(1) «Considerados en conjunto, los resultados obtenidos hasta ahora indican que el importe de azoe combinado que cae con las lluvias, es comparativamente insignificante como fuente de nitrógeno para nuestros cultivos.

La cuestión más importante ahora es el *origen* del amoniaco atmosférico, prescindiendo de la contaminación producida por el humo y la descomposición de los residuos animales y vegetales. La teoría antigua de *Boussingault* que el amoniaco atmosférico proviene del océano y la moderna de *Schloesing* que el amoniaco atmosférico proviene del océano, no resisten bajo el peso de los análisis de las aguas pluviales procedente de puntos cerca de océanos tropicales, que todas arrojan números para el contenido en amoniaco inferiores a los determinados por Rothamsted. La única explicación posible parece ser que el suelo o más bien el suelo arable exhale continuamente un poco de su amoniaco al aire.

De manera que la lluvia en lugar de suministrar 3 a 4 libras de amoniaco por acre parece devolverle solamente una parte del amoniaco que el suelo antes había perdido».

de nitrógeno que llega al suelo con las aguas de lluvia en los países tropicales no es muy superior a la cantidad contenida en las aguas pluviales de las zonas templadas. Así, nunca he podido comprobar lo que al respecto dice el gran físico sueco *Arrhenius* en su famosa obra «El desarrollo de los mundos» 1907, pág. 130: «La cantidad de nitrógeno combinado que llega a la tierra alcanza anualmente a unos 1.25 gramos por metro cuadrado en Europa, y es casi cuatro veces mayor en los trópicos. Suponiendo como promedio probable 3 gramos por metro cuadrado para la superficie sólida de nuestro globo, tendríamos 3 toneladas para un kilómetro cuadrado, y para la superficie terrestre sólida unos 400 millones de toneladas anuales. Una parte muy pequeña de esta cantidad, acaso un vigésimo, cae en el suelo cultivado; pero también el resto aumenta la vida de la tierra en los montes y en las pampas».

Los números aquí expuestos aconsejan una reducción notable en estos cálculos que llegará a valores que dan como máximo solamente un cuarto hasta la mitad de las cantidades supuestas por el gran físico-químico mencionado.

Discutidos detalladamente los datos bibliográficos referentes al contenido de las aguas pluviales en principios azoados, agregaremos ahora pocos números relacionados con su contenido en cloruros y sulfatos, publicados desde 1900.

*Miller* en su artículo citado opina que «the amount of chlorine in rainwater and its origin which is obviously the sea do not possess much agricultural interest. From the meteorological point of view it is however desirable to know to what distance, in what directions and in what quantities substances present in the air are carried from the places of their origin. And it seems possible that estimation of chlorides in rain uncontaminated or nearly so by townsmoke would be of some value in this connection of sufficiently numerous» (1).

En el continente sudamericano ningún estudio científico al respecto ha sido publicado que contribuya a esclarecer las relaciones citadas existentes. Sería así altamente importante proceder a la formación de una red de centros de observación para realizar los

(1) «El importe de cloro en las aguas pluviales y su origen que es aparentemente el océano no tienen mucho interés agrícola. Desde el punto de vista meteorológico no obstante es deseable saber a qué distancias, en qué direcciones y en qué cantidades las sustancias presentes en el aire son arrastradas de sus puntos de origen. Y parece posible que la determinación de los cloruros en las lluvias no infectadas, o casi no infectadas por el humo de las ciudades sería de algún valor en este sentido si existiera en mayor número».

análisis necesarios. No ha de hallar este pensamiento mucha resistencia, pues los medios indispensables para su ejecución son de poco monto y existen laboratorios en muchísimos puntos de las repúblicas de la América del Sud. Los resultados de los estudios servirían sin duda alguna para consideraciones fundamentales de la meteorología auxiliar.

CUADRO NÚMERO 3

CONTENIDO DE LAS AGUAS DE LLUVIA EN CLORUROS Y SULFATOS

Número	PUNTO DE OBSERVACIÓN	PAÍS	Año	Cl en NaCl kilos por hectárea anuales	SO <sup>2</sup> en kilos por hectárea anuales	En 1.000.000 de agua hay Na Cl
1	Rothamsted . . . . .	Inglaterra	1877/01	28	—	—
2	Cirencester . . . . .	»	1874/00	40	—	—
3	Halifax . . . . .	Canadá	1900/01	—	—	—
4	Petrograd . . . . .	Rusia	1910	38	79	—
5	Ochta . . . . .	»	1910	190	79	—
6	Pawlowsk . . . . .	»	1910	14	18	—
7	Sapolje . . . . .	»	1910	24	11	—
8	Smolensk . . . . .	»	1910	33	7	—
9	Mariupol . . . . .	»	1910	21	65	—
10	Tula . . . . .	»	1910	16	9	—
11	Samara . . . . .	»	1910	17	6	—
12	Leeds . . . . .	Inglaterra	—	—	—	11.000
13	Buff of Lewis . . . . .	»	1910/13	11.700	—	—
14	Monach . . . . .	»	1910/13	5.000	—	—
15	Barrabead . . . . .	»	1910/13	10.600	—	—
16	Viñl stadir . . . . .	»	1910/13	96	—	—
17	Laudale . . . . .	»	1910/13	912	—	—
18	Cirencester . . . . .	»	1910/13	46	—	—
19	Georgetown . . . . .	Gnayana	—	288	—	—
20	Darmstadt . . . . .	Alemania	—	—	29 17 por 1.000.000	1.8
21	Valentia . . . . .	Irlanda	—	—	2.73 en 1.000.000	78.0
22	Escocia, costa Oeste	—	—	—	3.81 » 1.000.000	19.0
23	Inglaterra, interior.	—	—	—	5.52 » 1.000.000	6.4
24	Paris . . . . .	Francia	—	—	—	4.6
25	Ootacamud . . . . .	Indias	—	—	—	0.4
26	Barbados . . . . .	»	—	—	—	—
27	Landsend . . . . .	Inglaterra	1874	190	—	—
28	Helder . . . . .	Holanda	1905/08	—	—	359.0 63.0

Dedúcese de este cuadro que el contenido de las aguas pluviales en cloro, depende esencialmente del punto geográfico donde se las ensaya. Los valores más altos del porcentaje en cloruros se han observado en estaciones situadas cerca de las costas de los mares, y los más bajos en las del interior de los continentes. Influye sobre todo la dirección de los vientos y su fuerza; los temporales que azotan los mares y hacen chocar las olas entre si y contra la resistencia litoral, arrastran las neblinas salobres del océano y las llevan en gotitas hasta que, lejos de su origen, caen confundidas y disueltas con las lluvias.

Ahora bien; después de estas exposiciones generales sobre la composición química de las aguas de lluvia en las diferentes zonas de nuestro planeta, vamos a discutir los resultados que hemos conseguido experimentando las aguas pluviales en Montevideo. Pero antes de abordar de lleno la parte analítica me parece oportuno agregar aquí un resumen referente a la cantidad anual de lluvia, su frecuencia durante las diferentes épocas y su distribución sobre la República Oriental del Uruguay. Transcribo estos datos de un artículo del profesor Morandi publicado hace poco: (1)

TOTALES ANUALES DE LLUVIA

OBSERVACIONES DEL COLEGIO PIO DE VILLA COLON

Periodo 1883-1910

1883 . . . . .	mm. 1250.7	1899 . . . . .	mm. 1057.7
1884 . . . . .	» 766.8	1900 . . . . .	» 1606.8
1885 . . . . .	» 964.8	1901 . . . . .	» 923.0
1886 . . . . .	» 773.0	1902 . . . . .	» 1077.4
1887 . . . . .	» 720.8	1903 . . . . .	» 988.5
1888 . . . . .	» 1000.2	1904 . . . . .	» 781.6
1889 . . . . .	» 1268.8	1905 . . . . .	» 990.6
1890 . . . . .	» 982.9	1906 . . . . .	» 982.5
1891 . . . . .	» 687.8	1907 . . . . .	» 660.4
1892 . . . . .	» 440.2	1908 . . . . .	» 991.3
1893 . . . . .	» 531.3	1909 . . . . .	» 863.9
1894 . . . . .	» 853.1	1910 . . . . .	» 698.3
1895 . . . . .	» 1312.7	1911 . . . . .	» 1271.0
1896 . . . . .	» 820.7	1912 . . . . .	» 1497.0
1897 . . . . .	» 1046.5	1913 . . . . .	» 1076.0
1898 . . . . .	» 1114.3		

Promedio de los 28 años 1883-1910. . . . . mm. 934.2

Estos totales anuales de la lluvia caída en el Uruguay se han calculado sobre las siguientes observaciones mensuales, importantes para los agricultores que necesitan conocer la distribución de la lluvia durante el año y su probabilidad en los diferentes meses (1901-1910).

(1) L. MORANDI.—Synopsis météorologique 1914.

1911. Las pruebas de agua necesarias, se han recogido en un pluviómetro dispuesto en un lugar en las cercanías del Instituto de Agronomía en Sayago, donde ni los árboles ni las casas pueden haber influido en su composición.

Los métodos analíticos seguidos para las determinación de los distintos principios, han sido los colorimétricos para los compuestos azoados, y los generales para los demás elementos como los resumo aquí en pocas palabras.

1. La determinación del *residuo seco*, se efectuó evaporando en una cápsula de platino tarada 500 cm. de agua en baño de maría, secando el residuo obtenido primero en una estufa a vapor a 99° por una hora y después en una estufa a aire caliente a 110° por dos horas. Una vez enfriada la cápsula con su contenido en un desecador sobre cloruro de calcio anhidro se pesa el contenido de la cápsula.

Los residuos obtenidos según este método, tenían un color blanco-gris, a veces con un tinte pardo-rojizo. No siempre eran completamente redisolubles en agua destilada.

Calcinando el residuo seco cuya obtención acabo de describir a la temperatura del rojo naciente, llegó al residuo mineral no volátil. La diferencia entre las dos pesadas indica la cantidad de materias inorgánicas volátiles y orgánicas.

2. La *Substancia orgánica* disuelta en el agua y la inorgánica oxidable la establezco por la cantidad de oxígeno gastado para su oxidación completa. Según el método de *Kubel*, agrego a 100 ccm. del agua 5 ccm. de ácido sulfúrico (1.3) y 10 ccm. de permanganato de potasio décimo normal y hago *hervir* la mezcla por 5 minutos exactos. Al total vierto después 10 ccm. de ácido oxálico décimo normal, dejo reposar durante pocos minutos y averiguo el exceso de ácido oxálico empleado con la solución de permanganato. La cantidad de substancia orgánica presente, expresa en miligramos de oxígeno que corresponden al permanganato reducido.

3. El contenido de las aguas pluviales en *cloruros* lo establezco con el residuo obtenido por la débil calcinación de la substancia disuelta en el agua ( ver 1 ). Una vez disuelto este residuo en ácido nítrico diluido, agrego 1 ccm. de cromato neutro de potasio y precipito el cloro con nitrato de plata décimo normal. El contenido de las aguas en cloruros lo indico en forma de cloruro de sodio en los cuadros respectivos.

4. El *amoníaco libre y combinado*, lo desalojo calentando hasta

ebullición dos litros de agua de lluvia con 5 gramos de magnesia y recogiendo los gases y vapores desprendidos en 50 cm. de agua, dejando que el destilado total tenga un volumen final de 100 ccm. Con éstos procedo según el procedimiento colorimétrico de *König* empleando el aparato y la escala indicada por este autor.

5. *Los nitratos y los nitritos* los reduzco una vez determinado el amoníaco con zinc en solución ácida, aprovechando la solución obtenida en la operación anterior y desalojando el amoníaco formado con una solución diluida de hidróxido de sodio. Después se determina el amoníaco colorimétricamente en el destilado como en el caso anterior.

Para el cálculo del contenido total de las aguas pluviales en los principios químicos, se han aprovechado las anotaciones sobre la altura de las lluvias publicadas por el Observatorio del Prado. ( Instituto Nacional Físico - Climatológico, Montevideo ).

Con el fin de evitar un exceso de datos, doy en extenso únicamente los resultados mensuales calculados para el año 1912 que se componen de los apuntes diarios y deducciones analíticas respectivas, y transcribo de los demás años de ensayos solamente el total anual de los principios determinados.

CUADRO NÚMERO 4

El contenido de las aguas pluviales de 1912, en cloruros y sub-  
tancias azoadas :

Número	FECHA DE LA LLUVIA	Lluvia en mm.	Residuo seco en K por hectárea		Cloruro de sodio en K por hectárea	Nitrógeno en K por hectárea		
			180°	Al rojo		Amo- niacal	Nítrico	TOTAL
1	3-4-5 . . . . .	110.1	16.9	10.5	5.40	0.275	0.055	0.330
2	17-18 . . . . .	5.0	0.9	0.6	0.25	0.013	—	0.013
3	21 . . . . .	0.9	0.2	0.1	0.05	0.002	—	0.002
<i>Total de Enero .</i>		116.1	18.0	11.2	5.70	0.290	0.055	0.345
4	8 . . . . .	7.2	2.0	1.4	0.4	0.018	—	0.018
5	7 . . . . .	15.0	4.5	2.3	0.6	0.040	—	0.040
6	13-14 . . . . .	17.0	10.7	7.3	1.2	—	—	—
7	19-20-21 . . . . .	19.5	8.8	5.1	1.6	0.040	0.016	0.056
8	26 . . . . .	12.3	3.6	2.4	0.5	0.025	0.009	0.034
<i>Total de Febrero.</i>		71.0	29.6	18.5	4.3	0.123	0.025	0.148
9	9-10 . . . . .	4.6	1.4	0.8	0.4	0.004	0.013	0.017
10	14-15 . . . . .	33.7	12.2	7.7	1.6	0.033	0.097	0.130
11	24-25-26 . . . . .	177.7	39.1	25.9	12.1	0.071	0.089	0.160
12	28-29-30 . . . . .							
<i>Total de Marzo.</i>		216.0	52.7	34.4	14.1	0.108	0.199	0.307
13	3 . . . . .	10.5	2.7	1.6	0.7	0.026	—	0.026
14	7-8 . . . . .	46.1	13.1	10.3	2.7	0.115	0.023	0.138
15	14-18 . . . . .	1.8	0.5	0.3	0.1	0.020	0.030	0.050
16	28-29 . . . . .	184.5	30.6	20.3	7.9	0.221	0.295	0.516
<i>Total de Abril .</i>		242.9	46.9	32.5	11.4	0.382	0.348	0.730
17	5 . . . . .	28.8	7.2	5.1	2.1	—	0.009	0.009
18	8-11 . . . . .	131.2	22.6	15.4	10.8	0.164	0.068	0.232
19	15-16 . . . . .	32.9	6.1	4.1	2.3	0.006	0.011	0.017
20	20-21-24 . . . . .	11.5	2.4	1.9	0.6	0.002	0.004	0.006
<i>Total de Mayo.</i>		204.4	38.3	26.5	15.8	0.172	0.092	0.264

Número	FECHA DE LA LLUVIA	Lluvia en mm.	Residuo seco en K por hectárea		Cloruro de sodio en K por hectárea	Nitrógeno en K por hectárea		
			180°	Al rojo		Amo- niacal	Nítrico	TOTAL
21	1 . . . . .	7.1	1.8	1.4	0.6	0.002	0.001	0.003
22	5-6 . . . . .	57.7	12.5	8.9	3.0	0.015	0.010	0.025
23	14 . . . . .	2.0	0.6	0.4	0.1	0.008	0.002	0.008
24	26-27 . . . . .	15.1	2.8	2.0	1.0	0.049	0.014	0.063
<i>Total de Junio .</i>		75.9	17.7	12.7	4.7	0.072	0.027	0.099
25	4 . . . . .	3.1	0.7	0.5	0.2	—	0.001	0.001
26	12-18 . . . . .	41.5	10.9	7.4	3.7	—	0.025	0.025
27	23-25 . . . . .	14.7	5.2	2.9	1.2	C.030	C.026	0.056
<i>Total de Julio .</i>		59.3	16.8	10.8	5.1	0.030	0.052	0.082
28	4 . . . . .	5.4	2.1	1.8	0.2	0.034	0.021	0.055
29	9-11 . . . . .	73.2	20.8	16.1	3.9	0.468	0.292	0.760
30	18-23 . . . . .	43.7	15.2	11.3	1.7	0.183	0.087	0.270
31	27-31 . . . . .	14.5	2.7	2.2	0.9	0.060	0.030	0.090
<i>Total de Agosto .</i>		136.8	40.8	31.4	6.7	0.745	0.430	1.175
32	12 . . . . .	5.4	1.9	1.5	0.4	0.010	0.008	0.018
33	16-17 . . . . .	32.9	9.4	7.2	1.6	0.329	0.428	0.757
34	25 . . . . .	4.1	1.2	0.9	0.3	0.041	0.053	C.094
<i>Total de Setiembre</i>		42.4	12.5	9.6	2.3	0.380	0.489	0.869
35	1-3 . . . . .	19.2	7.8	4.8	1.0	0.154	0.115	0.269
36	10 . . . . .	3.7	3.6	2.4	0.4	0.045	0.139	0.184
37	19-21 . . . . .	20.1	7.4	5.0	0.6	0.032	0.261	0.293
38	29-31 . . . . .	54.7	43.8	11.8	2.1	0.087	0.711	0.798
<i>Total de Octubre .</i>		102.7	62.6	24.0	4.1	0.318	1.226	1.544
39	1-5 . . . . .	81.9	22.9	13.5	4.9	0.327	0.524	0.851
40	14-15 . . . . .	51.8	13.7	9.3	3.3	0.207	0.062	0.269
41	20-21 . . . . .	5.3	1.5	0.9	0.3	0.032	0.014	0.046
42	26-27 . . . . .	57.4	20.6	0.7	3.5	0.344	0.149	0.493
<i>Total de Noviembre</i>		196.4	58.7	33.4	12.0	0.910	0.749	1.659

Número	FECHA DE LA LLUVIA	Lluvia en mm.	Residuo seco en K por hectárea		Cloruro de sodio en K por hectárea	Nitrógeno en K por hectárea		TOTAL
			180°	Al rojo		Amoni- acal	Nítrico	
43	5-6 . . . . .	14.5	5.9	3.6	0.7	0.058	0.131	0.189
44	15-16 . . . . .	13.0	4.4	2.1	0.4	0.052	0.101	0.163
45	30 . . . . .	13.0	5.2	2.7	0.6	0.040	0.109	0.149
Total de Diciembre		40.5	15.5	8.4	1.7	0.150	0.431	0.491
Gran total del año 1912 .		1504.3	410.1	253.4	87.9	3.680	4.033	7.713

Las muestras de lluvia recogidas en otras épocas arrojan los números que van en un cuadro final, en forma condensada en las unidades del cuadro principal.

CUADRO NÚMERO 5

PERIODO DE OBSERVACIÓN	Residuo seco		Cloruro de sodio	Nitrógeno		
	180°	Al rojo		Amoni- acal	Nítrico	TOTAL
1908 — 7 meses: Mayo a Septiembre . . . . .	180	130	70.0	2.2	1.3	3.5
1911 — 3 meses: Octubre a Diciembre . . . . .	70	50	20.0	0.8	1.3	2.1
1913 — 2 meses: Enero y Febrero . . . . .	20	15	5.0	0.2	0.2	0.4
Total de 12 meses . . . . .	270	165	95.0	3.2	2.8	6.0

Estudiando detenidamente los números experimentales del cuadro que precede se imponen las siguientes observaciones y deducciones referentes a la composición de las aguas de lluvia caídas en Montevideo (Sayago).

1. *El residuo total* de las aguas de lluvia analizadas ha alcanzado en el período de experimentación de 270 a 410 kilos por hectárea. Más de la mitad (60 %) de los principios secos era persistente al rojo y se componía de los cloruros disueltos en las aguas y el polvo levantado por los fuertes vientos al em-

pezar las tormentas. Así se explica también que las pruebas de aguas recogidas al principio de los temporales eran pobres en cloruros y ricas en sustancias no volátiles, mientras que otras ensayadas hacia el fin de la lluvia tenían los cloruros y el residuo seco, fijo al rojo, en cantidades muy parecidas.

2. *La substancia oxidable* determinada únicamente durante el período de 1912 ha respondido en 1.000 litros de agua de lluvia a valores que oscilan entre 300 y 1.200 miligramos de oxígeno. Los números más altos se han observado en los meses de verano, Diciembre, Enero y sobre todo en Febrero, mientras que en los demás meses no había regularidad pronunciada.

4. *Los compuestos azoados* comprenden las combinaciones amoniacales y nítricas. El total de nitrógeno caído durante 24 meses llega a unos 13.713 kilos por hectárea. Entre éstos hay 6.88 kilos de nitrógeno amoniacal y 6.83 kilos de nitrógeno nítrico, pudiéndose establecer que el nitrógeno total ha llegado al suelo durante el período de experimentación, en un porcentaje algo superior para el ázoe amoniacal que para el nítrico. Una influencia apreciable de las estaciones en lo que a una u otra forma se refiere, no he podido encontrar.

Es de presumir que la cantidad de ázoe que con las aguas de lluvia llega a la superficie de una hectárea en el interior de la República, no alcanzará al valor por nosotros establecido en Sayago. No siendo tampoco retenidas estas aguas por un suelo racionalmente labrado sino corriendo por doquiera donde menos resistencia se les opone, deducimos: *que el contenido de las aguas pluviales en compuestos azoados, tiene muy poca influencia positiva y en muchos casos una negativa, en los procesos químicos que se refieren a la economía del nitrógeno en los suelos vírgenes destinados a prados naturales.* No consideramos las aguas de lluvia como una fuente de nitrógeno digna de tenerse en cuenta al discutirse los orígenes del ázoe que continuamente se ofrecen a los cultivos por el ambiente natural y sin intermedio del hombre.

### Resumen y conclusiones

Después de una ligera reseña de los trabajos que se refieren a la composición química de las aguas de lluvia en diferentes puntos del globo, hemos abarcado el estudio de los factores pluviales en Montevideo (Sayago).

Resumiendo los resultados más importantes de los análisis de las aguas de lluvia ensayadas durante el período de experimentación ya indicado, arribo a las siguientes conclusiones.

1. Con un total de 1504 mm. de lluvia por año (en 1912) ha llegado a la extensión de una hectárea en el campo experimental de Sayago, la cantidad de 7.713 kilos de ázoe combinado.

2. De los 7.713 kilos de nitrógeno caído en una hectárea por año, corresponden 3.680 kilos a la forma amoniacal, y 4.033 kilos a la forma nitrosa y nítrica. En el período total de experimentación de 24 meses, se han determinado 6.880 de ázoe amoniacal y 6.830 de ázoe nítrico, con un total de 13.710 kilos, lo que da un promedio anual de 6.855 kilos por hectárea. Este número no es muy superior a otros, comprendidos en el cuadro establecido para las zonas subtropical y templada de nuestro planeta.

3. Las aguas de lluvia han llevado a una hectárea por año la cantidad de 82.5 kilos de cloruro de sodio.

4. El contenido de las aguas de lluvia en cloruros, parece depender de la dirección de los vientos reinantes durante la caída de la lluvia.

5. La cantidad de substancia orgánica medida por miligramos de oxígeno gastado, ha llegado a un valor medio de 750 miligramos de oxígeno por 1.000 litros.

6. El residuo de evaporación de las aguas de lluvia, da un término medio de 340 kilos por año y por hectárea, de los que desaparecen por calcinación 121 kilos, quedando como residuo no volátil 219 kilos.

7. Queda establecido que estos datos se refieren únicamente a aguas de lluvia recogidas en el Instituto de Agronomía de Montevideo (Sayago). Es de suponer que los análisis de aguas pluviales procedentes del interior del continente arrojen números diferentes de los que me han servido de base para estas deducciones. Dado el alto interés científico que ofrece el estudio de la composición de las aguas de lluvia, es de desear que se extienda por todos los países del continente sudamericano.

---