

**Estudio de la calidad de la lluvia en diferentes localidades de la provincia de Guantánamo como base de una Gestión Ambiental efectiva.**  
**Study of the quality of rainfall in different localities of the province of Guantánamo as a basis for effective environmental management.**

**Autores:** <sup>1</sup>MSc. Pedro Delisle Ibonet; <sup>2</sup>MSc. Arisleidis Peña de la Cruz; <sup>3</sup>Ing. Freyda Soto Fernández

**Institución:** Centro Meteorológico Provincial. Guantánamo. Cuba

**Teléfonos:** 383326 Ext.: 104 ó 112

**E-mail:** [pedro.delisle@gtm.insmet.cu](mailto:pedro.delisle@gtm.insmet.cu); [aris.delacruz@gtm.insmet.cu](mailto:aris.delacruz@gtm.insmet.cu); [freyda@gtmo.inf.cu](mailto:freyda@gtmo.inf.cu)

**Resumen.**

Se estudió la calidad de la lluvia en algunas localidades de la provincia de Guantánamo, evaluándose los parámetros siguientes: pH, Conductividad eléctrica (Ce), Sulfatos (SO<sub>4</sub>), Nitratos (NO<sub>3</sub>), Nitritos (NO<sub>2</sub>), Amonio (NH<sub>4</sub>). Se seleccionaron los puntos de monitoreo, según el predominio de la dirección del viento. Los valores de precipitación corresponden a los registros decenales de las Estaciones Meteorológicas de la ciudad de Guantánamo, Yateras y Jamal, así como en otros 3 puntos. El estudio arrojó fluctuaciones del pH con valores por debajo y por encima de los extremos del rango permisible, así como otros elementos con índices indicativos de contaminantes de la atmósfera. Concluyendo, la ciudad de Guantánamo, mantiene un nivel de contaminación atmosférica muy bajo, pero en regiones próximas se encuentran urbes como Moa, Santiago de Cuba, y Felton con niveles de contaminación significativos, que puede estar entre los factores causales de los valores fuera del rango permisible obtenidos.

**Palabras Clave:** contaminación atmosférica, lluvia

**Abstract.**

We studied the quality of rain in some parts of the province of Guantánamo, evaluating the following parameters: pH, electrical conductivity (EC), sulphates (SO<sub>4</sub>), nitrates (NO<sub>3</sub>), Nitrite (NO<sub>2</sub>), ammonium (NH<sub>4</sub>). We selected monitoring points, according to the predominance of wind direction. The precipitation values correspond to decadal records of meteorological stations in the city of Guantánamo, Yateras and Jamal, as well as another 3 points. The study revealed fluctuations in pH values below and above the allowable range and other items with indicative indices of air pollutants. In conclusion, the city of Guantánamo, maintains very low air pollution, but in regions near cities like Moa, Santiago de Cuba, and Felton, there are significant levels of contamination, which may be causal factors of the values outside the permissible range obtained.

**Keywords:** air pollution, rain

## Introducción.

Casi todos los países están expuestos a unas 500,000 sustancias extrañas al medio ambiente natural, muchas de las cuales invaden el aire que se respira y son nocivas para la salud. Otras sustancias de naturaleza coloidal o gaseosa como el monóxido de carbono, el ozono, polvos y humos son prácticamente ubicuas en el ambiente aéreo y resultan de procesos naturales abióticos y bióticos. Las principales causas de lluvia ácida son los **óxidos de nitrógeno y azufre** que se generan al momento de la combustión; el **nitrógeno** lo aporta la atmósfera y no hay forma de evitarlo, el **azufre** forma parte de los combustibles, eliminarlo completamente es muy costoso. **La lluvia ácida** constituye un indicador de la calidad del aire y mediante la medición de algunos parámetros en el agua de lluvia se puede saber qué tan contaminada está la atmósfera y qué tan eficaces han sido las medidas para combatir la emisión de contaminantes precursores de lluvia ácida (**óxidos de nitrógeno y azufre**).

En Cuba desde hace algunos años se observa una tendencia al aumento de la frecuencia de las lluvias ácidas, situación que se acentúa entre 1989 y 1995, lo que representa el principal problema de la calidad de la atmósfera en el nivel regional. A través del Sistema Nacional de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica (SINVCA), durante el año 2004, ha continuado el monitoreo de los contaminantes gaseosos principales a nivel regional, entre ellos el **NO<sub>2</sub>**, **NO**, **NH<sub>3</sub>** y **SO<sub>2</sub>**, conocidos como gases reactivos y que son los principales precursores de la acidez de la atmósfera. Al SINVCA contribuye la red de estaciones del Centro de Contaminación y Química de la Atmósfera (CECONT) del Instituto de Meteorología. Las concentraciones medias obtenidas para estos compuestos gaseosos en los últimos años presentan en general una tendencia al aumento de las concentraciones de los compuestos oxidados que son los principales precursores de la acidez de la lluvia y del medio ambiente en general, los cuales pueden provocar diversos efectos nocivos en los ecosistemas terrestres y acuáticos, y sobre la diversidad biológica. (Convención Medio Ambiente 2005). La ciudad de Guantánamo, como núcleo urbano más importante de la provincia, mantiene un nivel de contaminación atmosférica muy bajo, pero se debe tomar en cuenta que en regiones próximas se encuentra urbes como Moa, Santiago de Cuba, y Felton con niveles de contaminación Extremos, Muy Altos y Alto, respectivamente (INSMET 2005).

Este trabajo es el resultado de un estudio que se está realizando a través de un proyecto de investigación que comenzó en junio del 2006 hasta la actualidad.

## Materiales y Métodos.

Nuestro estudio se realizó en 5 zonas de la Provincia de Guantánamo, distribuidas en 4 municipios, donde fueron colectadas las muestras de lluvia. Para la selección de los puntos de monitoreo, se tuvo en cuenta el predominio de la dirección de los vientos en la provincia, para verificar si alguna empresa potencial de emisión de contaminantes pudiera afectar nuestro territorio. La realización de la base de datos para el control de los valores de viento se diseñó y creó en Excel, contando con los datos aportados por nuestras Estaciones Meteorológicas. Para la caracterización de la lluvia ácida en la provincia se utilizaron las mediciones de las características químicas de las precipitaciones en la región. Los valores

analizados corresponden a la precipitación mensual y decenal en las Estaciones Meteorológicas ubicadas en la propia ciudad de Guantánamo, en la localidad de madre Vieja, municipio de Yateras y la localidad de Jamal de Baracoa, así como en otros puntos de la provincia (Fig.1).



FIG. 1. Puntos de monitoreo del agua de lluvia en la provincia de Guantánamo.

El estudio del pH y del contenido de determinados compuestos químicos, así como la conductividad eléctrica de las muestras de lluvia se efectuó a través del Centro Provincial del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). El valor de pH que se utiliza como criterio de clasificación de “**lluvias ácidas**” es **5.6**, valor que está determinado por el dióxido de carbono presente en la atmósfera, por lo tanto a las lluvias con un pH por debajo de **5.6** se consideran lluvias ácidas.

**Los principales parámetros determinados fueron:**

- |                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1. pH o acidez                  | 4. Nitratos (NO <sub>3</sub> ) |
| 2. Conductividad eléctrica (Ce) | 5. Nitritos (NO <sub>2</sub> ) |
| 3. Sulfatos (SO <sub>4</sub> )  | 6. Amonio (NH <sub>4</sub> )   |

Los parámetros de pH y conductividad eléctrica se analizaron sobre la base de lo estipulado como norma para el agua destilada y los restantes, tomando como base lo normado en la “NC 93-02-85 Agua Potable. Requisitos Sanitarios y Muestreo”, considerando siempre el grado de pureza del agua de lluvia. Según esta norma, el pH será **deseable** de **7 a 8** y **máximo admisible** de **6.5 a 8.5**

**Resultados y discusión.**

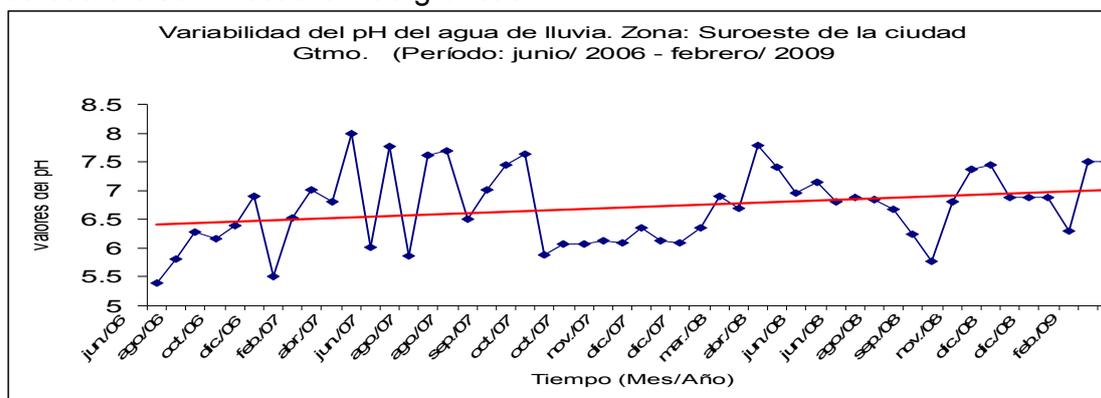
**Análisis del pH.**

Para analizar el comportamiento del pH de las muestras de agua obtenidas en los puntos de monitoreo seleccionados, se tuvo en cuenta el criterio que se tiene acerca del agua destilada. Los valores de pH para el agua destilada deben encontrarse en el siguiente rango: **5.6 < pH < 7.6**. De forma general toda agua que se encuentre por debajo de este rango presenta **tendencias hacia la acidez** y por encima de él, **tiende a la alcalinidad**. En ambos casos, es perjudicial para el medio en general.

Desde el mes de junio del 2006 hasta el mes de febrero del 2009 se analizó el pH a las muestras de agua de lluvia en diferentes puntos o zonas de monitoreo, así como la concentración de ciertos contaminantes gaseosos como son el **NO<sub>2</sub>**, **NO**, **NH<sub>3</sub>** y **SO<sub>2</sub>**. Esto se hizo tomando una muestra de forma mensual inicialmente (Última mitad del año 2006) y luego cada diez días (durante los años 2007 y 2008 y los dos primeros dos meses del año 2009), obteniéndose el siguiente resultado:

**Zona suroeste de la ciudad de Guantánamo.**

Para esta zona se analizaron 49 muestras en total. La variabilidad del pH durante toda la etapa de estudio se muestra en las gráficas 1.

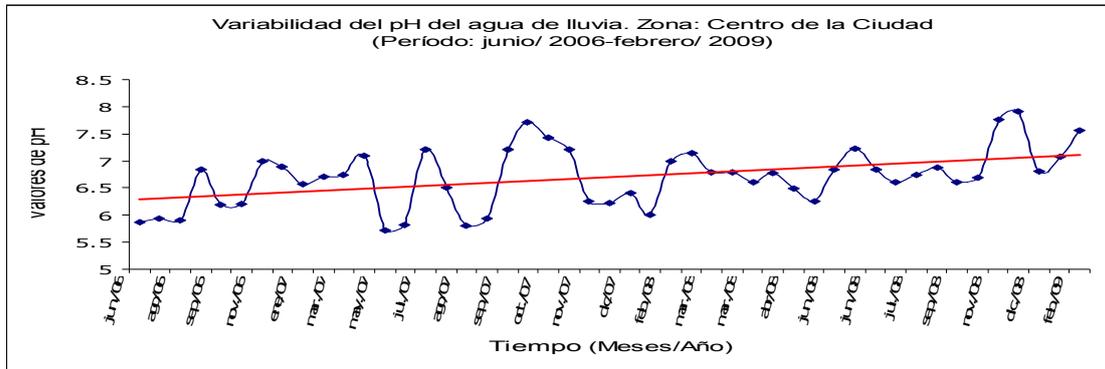


Gráfica 1. Comportamiento del pH del agua de lluvia en la Zona Suroeste de la Ciudad de Guantánamo. Período: junio/2006 – febrero/2009. (49 muestras analizadas).

Del total de muestras analizadas, se observó que el 57.1 % posee un valor de pH en el rango del llamado valor **máximo admisible** ( $6.5 < \text{pH} < 8.5$ ) para el agua potable, teniendo en cuenta lo establecido por la NC 93-02-85, mientras que se registraron 21 valores por debajo de un pH = 6.5, para el 42.9 % de las muestras. Por otro lado, el análisis arrojó que el 30.6 % de las muestras estaban en la clasificación de agua **deseable** ( $7 < \text{pH} < 8$ ). En general, se comprobó que el pH de las muestras analizadas de la zona suroeste de la ciudad de Gtmo presentó fluctuaciones apreciables durante los dos años y medio de estudio, obteniéndose dos valores por debajo de 5,6 en los meses de junio y diciembre del 2006 y dos con valores por encima de 7.6, julio del 2007 (7,77) y mayo del 2008(7,88). Hasta febrero del 2009, se observó que el pH va en aumento. Esto indica que debe continuarse monitoreando este indicador del agua de lluvia para esta zona.

**Zona: Centro de la ciudad de Guantánamo.**

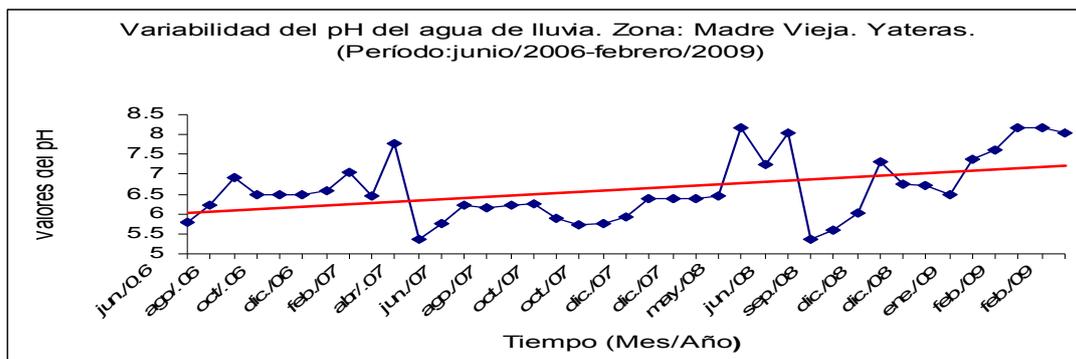
Aquí se analizaron en total 46 muestras. Se comprobó que el 73.9 % de las muestras tenían un pH en el rango de valores **máximo admisible** para el agua potable, registrándose 12 valores por debajo de un pH = 6.5 lo que representa el 26.1 % de las muestras. Además, el 19.6 % de las muestras clasificaron dentro del agua **deseable**. La gráfica 2 muestra la variabilidad del pH para esta zona.



Gráfica 2. Comportamiento del pH del agua de lluvia en el Centro de la Ciudad de Guantánamo. Período: junio/2006 – febrero/2009. (46 muestras analizadas).

**Zona: Municipio Yateras.**

Los resultados obtenidos del análisis del pH de las 39 muestras de agua de lluvia recolectada en la Estación Meteorológica ubicada en la zona de Madre Vieja, municipio de Yateras, arrojaron que, sólo el 20.5 % presentó un pH dentro del rango **deseable** ( $7 < \text{pH} < 8$ ) y el 48.7 % presentó un pH dentro del rango de **máximo admisible** ( $6.5 < \text{pH} < 8.5$ ). Se registraron 17 valores por debajo de un  $\text{pH} = 6.5$ , representando esto un 43.6 % de las muestras que tenían características por debajo del **máximo admisible**. También se observaron dos muestras de lluvia con características ácidas (en abr./07 y en sep./08). Estos resultados conducen a continuar el estudio de las características químicas del agua de lluvia en esta zona. La gráfica 3 muestra la variabilidad del pH de esta agua durante todo el período de estudio.



Gráfica 3. Comportamiento del pH del agua de lluvia en Madre Vieja, Municipio de Yateras. Período: junio/2006 – febrero/2009. (39 muestras analizadas)

**Zona: Jamal de Baracoa.**

Se comprobó que el 38.1% de las muestras de agua de lluvia colectadas en la Estación Meteorológica ubicada en la localidad de Jamal del Municipio de Baracoa, presentó un pH en el rango **deseable**, mientras que 21 muestras se encontraron en el rango de **máximo admisible**, para un 50 % del total de muestras. Además, se observó un valor de pH inferior a 5,6 en agosto del 2006 y uno en diciembre del 2007 lo que indica momentos de lluvia ácida.

### Zona: Limonar, del Municipio El Salvador.

En la Estación Meteorológica ubicada en el Centro de Desarrollo de la Montaña en el municipio El Salvador, los resultados obtenidos del análisis del pH de las 52 muestras de agua de lluvia, arrojaron 3 valores de pH por debajo de 5,6 denotándose el carácter ácido de la lluvia en los meses de junio y julio del 2006 y agosto del 2008.

Se verificó que en esta zona el 28.8 % de las muestras tenía un pH en el rango **deseable**. Por otra parte 29 muestras se encontraron en el rango de **máximo admisible**, para un 55.8 % del total de muestras. La variabilidad del pH para esta zona se muestra en la gráfica 5.

### Conductividad eléctrica.

Para valorar la conductividad eléctrica del agua destilada, que se ha tomado como referencia para este estudio, se tomó como unidad de medida el microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los valores de conductividad eléctrica deben encontrarse en el siguiente rango:

$$0,5 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{Ce} < 2 \mu\text{S}/\text{cm}.$$

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis de la conductividad eléctrica (Ce) expresada en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del agua de lluvia en los diferentes puntos o zonas de monitoreo. En esta tabla se observan que todos los valores registrados están muy por encima de  $2 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

Estos resultados evidencian grandes concentraciones de iones cargados disueltos, los cuales constituyen por lo general sales disueltas. Esto muestra alteraciones en la composición del agua de lluvia en todos los puntos de monitoreo.

Suroeste de Gtmo				Centro de la ciudad de Gtmo				Municipio de Yateras				Jamal de Baracoa				Municipio de El Salvador			
N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce	N <sup>o</sup>	Ce
1	40	22	27.1	1	30	22	25.6	1	18.8	22	21	1		22	24	1	29	22	42.11
2	73	23	8.3	2	49	23	53.3	2	5.18	23	50	2		23	54	2	68	23	29.5
3	38	24	29.3	3	60	24	69	3	22.7	24	14	3		24	52	3	49	24	12
4	61	25	26.6	4	70	25	39	4	24.6	25	23.7	4		25	47	4	50	25	47
5	35	26	28.3	5	25	26	78	5	61	26	45.5	5		26	41	5	18	26	19
6	42	27	34	6	73.1	27	37	6	16.3	27	28.6	6		27	11	6	35	27	15
7	44	28	46	7	60	28	105	7	12	28	69.2	7		28	53	7	20.5	28	12
8	43	29	12	8	2.9	29	74	8	28	29	34.6	8		29	78	8	56.4	29	15
9	50	30	81	9	56.7	30	22	9	10.3	30	21.8	9		30	78	9	18.4	30	19
10	45	31	38	10	32.2	31	23	10	31.5	31	37.9	10		31		10	0.52	31	23
11	56.7	32	42	11	37.9	32	41	11	31.5	32	7.93	11		32		11	43	32	21
12	14	33	34	12	42.1	33	38	12	31.5	33	15.1	12		33		12	15.9	33	22
13	38.7	34	13	13	42.1	34	41	13	36	34	20.4	13		34		13	16.6	34	20
14	22.6	35	19	14	31.2	35	46	14	16	35	34.5	14		35		14	9.6	35	19
15	34.5	36	18	15	18.8	36	48	15	23	36	29.4	15		36		15	10.5	36	37
16	29.4	37	20	16	42.1	37	139	16	12	37	379	16		37		16	13.1	37	16
17	18.9	38	20	17	13.6	38	135	17	35	38	16.7	17		38		17	21.9	38	28
18	14.1	39	44	18	10.7		107	18	28		9.46	18				18	54.6		23
19	12.7	40	31	19	19.8			19	18		13.2	19				19	10.0		28
20	32.7	41	86	20	21.4			20	23		36	20				20	7.2		33
21	13.2	42	56	21	27.1			21	29		23	21				21	43.6		34

**Tabla 1. Conductividad eléctrica (Ce) del agua de lluvia medida en (µS/cm) en los diferentes puntos de monitoreo. Período: junio/06-noviembre/08).**

**Grupos Nitrogenados: Nitratos (NO<sub>3</sub>), Nitritos (NO<sub>2</sub>) y Amonio (NH<sub>4</sub>).**

La presencia de los llamados Grupos Nitrogenados: Nitratos (NO<sub>3</sub>), Nitritos (NO<sub>2</sub>) y Amonio (NH<sub>4</sub>) en cualquier tipo de agua es una evidencia irrefutable de contaminación. Es por ello que la norma para el agua potable debe ser 0 mg/L y por tanto, debe entenderse que el agua de lluvia debe cumplir esta norma. El 7,5 % de los resultados de las muestras arrojaron concentraciones ínfimas o trazas de Amonio en la parte suroeste de la ciudad de Gtmo y el 5,0 % de Nitritos.

Suroeste de Gtmo		Centro de la ciudad de Gtmo			Mcpio Yateras	Jamal (Baracoa)		Mcpio El Salvador	
NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>
5	0.20	0.007	0.002	29	Trazas	Trazas	0.061	Trazas	0.078
0.001	0.53	3	Trazas	0.005	Trazas	Trazas	8	Trazas	0.073
	0.06	0.3	Trazas	0.001		Trazas		Trazas	Trazas
				5					Trazas
				0.03					
				Trazas					

**Tabla 2. Concentración de Nitratos (NO<sub>3</sub>), Nitritos (NO<sub>2</sub>) y Amonio (NH<sub>4</sub>) en el agua de lluvia expresada en (mg/L) en los diferentes puntos de monitoreo. Período: junio/06-febrero.09).**

Para el caso del Centro de la Ciudad, el 8.1 % de las muestras se comprobó que contenían Nitratos, el 2,7 % contenían nitritos y el 18,9 % correspondió al Amonio.

En el municipio Yateras no se detectó contenido apreciable de estos compuestos, pero sí se detectaron trazas de nitrito.

En la zona de Jamal de Baracoa sólo se evidenció trazas de Nitritos para el 7.1 % de las muestras y en el caso del municipio de El Salvador, solamente el 5,1 % de las muestras analizadas presentaron trazas de Amonio.

**Sulfatos (SO<sub>4</sub>)**

La presencia de sulfatos en las agua de lluvia evidencia contaminación atmosférica. En la Tabla 3 se muestra la existencia de iones sulfato (SO<sub>4</sub>) en determinados meses dentro del período de estudio. Los resultados comparados con el máximo permisible para el agua potable (200 mg/L) son muy inferiores en la mayoría de los casos, pero los valores deben ser tomados en cuenta, dadas las condiciones de pureza que debe tener el agua de lluvia y que en varios puntos de toma de muestras los valores fluctúan para diferentes fechas, evidenciándose el cambio de las condiciones atmosféricas.

No obstante se señala que se registró un valor significativo en el mes de junio del 2008 (120 mg/L) en la zona Centro de la ciudad de Guantánamo, por lo que debe mantenerse un monitoreo sistemático de este elemento y verificar la posibilidad de que algunas fuentes contaminantes de la atmósfera en la región de Guantánamo o aledañas a ella (principalmente Plantas Procesadoras de Níquel de Moa) estén emitiendo este contaminante y que el mismo sea arrastrado por los vientos hacia nuestra provincia.

Mes / año	Suroeste de Gtmo	Centro de la Ciudad	Mcpio de Yateras	Jamal de Bcoa	Mcpio Salv.
Jul-06	9	11		13	12
Jul-06	12		11		14
Abr-06	6	8	3	7	27
Sept./06	26	16	22	16	21
Oct./06		14			
Ene-07			3		3
Feb./07	6	5	10,5		1
Mar./07	3	2	2		
Abr./07		2			
Jul-07				14	
Jul-07	14				11
Abr./07		14	4	14	0,3
Abr./07		4	3	10	0,2
Abr./07		5	4	0,2	0,2
Sep./07		4			
Feb./07	4				13
Feb./07	17			2	12
Feb./07	8	8			8
Mar-08	2	2	1		3
Mar-08		7			
Abr-08		7			
Abr-08		7			6
Abr-08		14			7
May-08		11			6
May-08		9	11		11
May-08					9
jun./08			34	10	0,14
Jun-08		2	2	2	0,12
Jun-08		<b>120</b>			0,14
jul./08		9	9		17
jul./08		16			16
jul./08		18			14
ago./08		14	7	7	2
ago./08			7		3
ago./08			7		3

Tabla 3. Concentración de Sulfato (SO<sub>4</sub>) en el agua de lluvia expresada en (mg/L) en los diferentes puntos de monitoreo.

## **Estudio del régimen de vientos.**

En la provincia de Guantánamo el viento predomina del primer cuadrante (N-E). En el Municipio de Gtmo, en las elevaciones y la vertiente Norte, predomina del primer cuadrante y hacia la parte sur y baja predomina del sur al sureste (S-SE), pero es bueno señalar que en el horario nocturno se comporta igual que en el resto de la provincia, es decir de componente Norte. Con esto se infiere que existen otras industrias fuera de la provincia que pudieran ser las causantes de la contaminación por el arrastre que provocan los vientos predominantes, ya que Gtmo carece de industrias capaces de provocar contaminación significativa.

## **Conclusiones.**

Durante los dos años y medio en que se realizó este estudio, se comprobó la evidencia de determinado nivel de contaminación del agua de lluvia, pues se observó cómo en determinados períodos los valores del pH registrados para cada uno de los puntos de monitoreo, fluctuaron de modo tal que en ocasiones se registraron valores fuera del rango establecido para el agua destilada. En total se registraron 8 valores de pH menores de 5.6, lo cual evidencia la existencia de lluvia ácida en determinados momentos. Por otro lado, se registraron también 8 valores por encima de 7.6, con lo cual se evidencia que en determinados momentos el agua tenía un elevado nivel de alcalinidad.

Tanto para un caso como para el otro el agua en estas condiciones es perjudicial para las plantas, la calidad del suelo, la salud de los seres vivos, los materiales de construcción y las edificaciones. Además, aunque el estudio arrojó que el nivel de contaminación atmosférica en Guantánamo es muy bajo, en la mayoría de las muestras analizadas se registraron valores de ciertos contaminantes del agua que estaban por encima del máximo permisible, demostrando esto que de alguna manera estos contaminantes alojados en la atmósfera debieron ser emitidos por alguna industria cercana al territorio, pues hay que tener presente que en regiones próximas a Guantánamo se encuentran urbes como Moa, Santiago de Cuba, y Felton con niveles de contaminación Extremos, Muy Altos y Alto respectivamente, que puede estar entre los factores causales de los valores fuera del rango permisible obtenidos. Es por ello que es necesario mantener una constante vigilancia del estado de la atmósfera en el territorio.

## **Recomendaciones.**

Debido a la importancia que reviste para la agricultura, la salud pública, las edificaciones, los materiales de construcción, etc en la provincia de Guantánamo, se recomienda:

1. Profundizar en el estudio de la calidad del agua de lluvia en la provincia.
2. Elevar el número de muestras a analizar químicamente, incluyendo la deposición seca, para tener un criterio más real del estado de la atmósfera y así, de la calidad del agua de la lluvia en el territorio.

## **Referencias Bibliográficas.**

Alfaro, M. del R. (1984): Acidificación del Medio. Revista Ciencias Ambientales, No. 5-6, Costa Rica.

Documento Resumen Convención Medio Ambiente, (2005). Cuba.

Hare, T., 1994; La lluvia ácida., Ediciones SM. Joaquín Turina 39 28044, Madrid.

INTERNET. Copyright infragro.com 2004. Todos los derechos reservados.

López. C. 1997."La deposición ácida atmosférica a nivel regional en Cuba y su contribución al riesgo de los ecosistemas terrestres." Instituto de Meteorología. La Habana. Cuba.

Material de Estudio de la Maestría en Ciencias Meteorológicas (Contaminación Atmosférica), INSMET, 2 004.

NC 93-02-85 "Agua Potable. Requisitos Sanitarios y Muestro."

***Fecha de recibido: 16 jul. 2010***  
***Fecha de aprobado: 23 sept. 2010***