

## **Hierro y Manganeso en Aguas Superficiales y Subterránea de la Provincia de Misiones**

**Piris da Motta, M. R.**

**Programa Efluentes Industriales y Urbanos-Fac. de Ciencias Exactas, Qcas y Naturales  
Universidad Nac. de Misiones- Dirección: Misiones 3862-Posadas- Mnes. ARGENTINA  
E-Mail : marc@fceqyn.unam.edu.ar**

### **Resumen**

Como es sabido, la presencia de Fe y Mn en aguas superficiales y subterráneas provoca inconvenientes en los sistemas de abastecimiento, tales como la aparición de manchas en las ropas, sanitarios y utensilios domésticos, modificación de las características organolépticas del agua de bebida (olor, sabor y color), además de todos los problemas asociados de bioensuciamiento y corrosión microbiológica causado por las "bacterias del hierro" en los sistemas de captación y conducción de agua para diferentes usos.

Misiones, como innumerables regiones brasileñas presentan problemas cualitativos en sus aguas de abastecimiento relacionados con la presencia de sales de Fe y Mn. Este hecho es provocado por la disolución de rocas y minerales, cuando las corrientes de aguas superficiales, pluviales o subterráneas entran en contacto con los suelos como los misioneros y del sur del Brasil ricos en óxido de Fe y Al.

En el presente trabajo se exponen los resultados del Análisis Estadístico de una parte importante de la información de Calidad de Aguas tanto de fuentes superficiales como subterráneas que ha sido recopilada en el Programa Efluentes Industriales y Urbanos de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones en los últimos 10 años.

El análisis estadístico de la información se realizó utilizando procedimientos de los paquetes Statistical Analysis Sistem (S.A.S) y Statistics Data Analysis (STATA).

Dicho análisis incluye el cálculo de estadígrafos, intervalos de confianza, correlación entre variables, análisis de regresión, estudio de la variabilidad espacio-temporal de las concentraciones de Fe y/o Mn mediante la aplicación del Análisis de Varianza (ANOVA) en aquellos casos en que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, y en los restantes a través de la aplicación del test no-paramétricos de Kruskal Wallis.

Los resultados obtenidos indican que en un porcentaje importante de las muestras analizadas - tanto de aguas superficiales como subterráneas- los valores de concentraciones obtenidos superan los límites de 0,3 y 0,05 mg/l establecidos para el agua de bebida.

Por otra parte, existe una correlación muy importante entre las concentraciones de Fe y Mn total, Fe total y soluble y la variación temporal de estos parámetros indican una fuerte dependencia del ciclo hidrológico, presentándose el valor máximo de concentración en correspondencia con el caudal mínimo (estiaje), debido posiblemente a un mayor aporte de la napa subterránea.

Tanto para aguas superficiales como subterráneas, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de las concentraciones de Fe y Mn total de las distintas estaciones de monitoreos, pero las diferencias son estadísticamente significativas entre los valores medios correspondientes a las distintas campañas de muestreos. Esto estaría indicando que existe una variación temporal, pero no espacial en las concentraciones de Fe y Mn total.

Esta conclusión tiene un impacto muy importante sobre el aspecto económico de los estudios de calidad de aguas, ya que el rediseño de la red de monitoreo, respecto a estos parámetros admitiría, una reducción del número de estaciones sin que esto signifique una pérdida de información.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de Misiones, se encuentra situada en el Noreste de la República Argentina. Su clima es subtropical sin estación seca, aunque por su localización geográfica (entre los 25° 28' y 28° 10' Sur) debería corresponderle un clima más cálido, el mismo es atemperado en gran parte por la altitud del terreno, por los vientos predominantes del Atlántico Sur y del Este, por la existencia de una gran masa boscosa y por las frecuentes lluvias (1500 a 2000 mm anuales).

El sistema hidrográfico misionero se compone -en lo interno- de innumerables ríos propios, que nacen y desagan en sus colectores dentro del territorio provincial, caracterizados por sus caudales relativamente bajos, grandes pendientes y un régimen de variaciones directamente ligado a las precipitaciones.

En lo periférico, se compone de 5 ríos colectores que rodean a Misiones y delimitan casi la totalidad del territorio provincial, tres de ellos de gran magnitud (Paraná, Uruguay e Iguazú) y dos menores (San Antonio y Pepirí-Guazú), que constituyen el nivel base de los ríos interiores.

El denso sistema de agua superficial, se complementa con la existencia de agua subterránea de buena calidad, aunque con mantos freáticos de pequeño espesor y bajos rendimientos (normalmente entre 0.027 y 0.14 l/s) y aguas subterráneas profundas que presentan gran variabilidad de caudales y almacenamiento a gran profundidad, factores que explican que casi la totalidad del abastecimiento a poblaciones concentradas se realice a partir de fuentes superficiales.

En estos últimos años, y con el propósito de abastecer a pequeños núcleos de población se han realizado un cierto número de perforaciones, de las cuales no se dispone de información en lo referente a la calidad de sus aguas y rendimientos.

La información disponible revela que tanto las aguas superficiales como subterráneas presentan niveles muy aceptables de calidad, en todos los parámetros, con excepción de Fe, para el cual las concentraciones obtenidas superan en un porcentaje importante de las muestras el valor de 0.3 mg/l fijado por las normas para el agua de bebida.

La Administración Provincial de Obras Sanitarias (APOS) ha reportado quejas que tienen relación con la aparición de color (rojizo) y sabor metálico en el agua de consumo de la Ciudad de Posadas y problemas de bioensuciamiento en distintos puntos de la red. En estos casos, la utilización de métodos cualitativos, como el del "portaobjeto sumergido" y para muestras captadas en los puntos de la red donde se detectaron los problemas mencionados, reveló la presencia de "bacterias del hierro".

En el presente trabajo se exponen los resultados del Análisis Estadístico de una parte importante de la información de Calidad de Aguas tanto de fuentes superficiales como subterráneas que ha sido recopilada en el Programa Efluentes Industriales y Urbanos de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones en los últimos 10 años.

## 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 2.1. Impacto y Origen del Problema

Como es sabido, la presencia de Fe y Mn en aguas superficiales y subterráneas provoca inconvenientes en los sistemas de abastecimiento, tales como la aparición de manchas en las ropas, sanitarios y utensilios domésticos, modificación de las características organolépticas del agua de bebida (olor, sabor y color), además de todos los problemas asociados de bioensuciamiento y corrosión microbiológica causado por las "bacterias del hierro" en los sistemas de captación y conducción de agua para diferentes usos.

Misiones , como innumerables regiones brasileñas presentan problemas cualitativos en sus aguas de abastecimiento relacionados con la presencia de sales de Fe y Mn . Este hecho es provocado por la disolución de rocas y minerales, cuando las corrientes de aguas superficiales, pluviales o subterráneas entran en contacto con los suelos como los misioneros y del sur del Brasil ricos en óxido de Fe y Al.

“Los suelos misioneros tienen su origen la meteorización de las rocas basálticas bajo la acción de cambios de temperaturas y fuertes lluvias en un relieve muy variado.Los diferentes procesos geomorfológicos y edáficos han generado una manifiesta heterogeneidad en las propiedades físicas y químicas de las diferentes unidades de suelos, lo que en la práctica se traduce en diferentes vocaciones o aptitudes de uso” (1).

“En general, los latosoles o suelos rojos son suelos fértiles y físicamente buenos mientras se asegure un aporte permanente de materia orgánica.En su situación original , dicho aporte estaba garantizado por la presencia de una masa boscosa, pero, eliminada esta, la materia orgánica se descompone rápidamente y al no acumularse es lavada por las lluvias y el escurrimiento superficial.De allí proviene la, fragilidad de los suelos “lateríticos “ ,los que , con el transcurso de tiempo van perdiendo su “fertilidad” y capacidad de retención de humedad.La desaparición de la cubierta vegetal de este modo favorece el arrastre de material de los suelos de la cuenca a los cursos de aguas y explican el color rojo intenso de sus aguas después de una intensa lluvia y los altos tenores de Fe y Mn.

## 2.2. Procedimientos Estadísticos

El análisis estadístico de la información se realizó utilizando procedimientos de los paquetes Statistical Analysis Sistem (S.A.S) y Statistics Data Analysis (STATA) .

Dicho análisis incluye el cálculo de estadígrafos, intervalos de confianza, correlación entre variables , análisis de regresión ,estudio de la variabilidad espacio- temporal de las concentraciones de Fe y/o Mn mediante la aplicación del Análisis de Varianza (ANOVA ) en aquellos casos en que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad , y en los restantes a través de la aplicación del test no-paramétricos de Kruskal Wallis.

## 2.3. Técnicas Analíticas

Los métodos empleados en las determinaciones analíticas de los parámetros de calidad de aguas son los que se describen en el “Standard Methods of Water and Wastewater” , 17ma Ed. Las determinaciones de Fe y Mn total se realizaron con los objetivos de exactitud y las técnicas que se indican en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Determinaciones de Fe y Mn Total.  
Técnicas y Objetivos de Exactitud**

Determinación	Objetivo de Exactitud (mg/l)	Método
Fe total	0.01	Fenantrolina
Mn Total	0.01	Persulfato

### 2.3. Fuente de Datos

Gran parte de los datos analizados fueron obtenidos de los Estudios de Calidad de Aguas y de las planillas de resultados de las campañas de monitoreos encaradas por la Comisión Mixta Argentino Paraguaya del Río Paraná (COMIP) y la entidad Binacional Yacyreta (EBY) en relación a los emprendimientos hidroeléctricos de Corpus y Yacyreta y aquellos vinculados con la Represa del Uruguay (EMSA-Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de la Provincia de Misiones).

Es la primera vez que se encara un Análisis Estadístico de la presencia de Fe y Mn en aguas superficiales y subterráneas de la Provincia de Misiones, a pesar de que las características de su suelos y los problemas detectados en los sistemas de captación y distribución, evidencian la presencia de estos elementos en concentraciones muy importantes.

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se detallan los resultados del Análisis Estadístico realizado en base a la información que ha sido posible recopilar en relación a las concentraciones de Fe y en algunos pocos casos de Mn en muestras de aguas superficiales y subterráneas de la Provincia de Misiones.

Dichos resultados indican que en un porcentaje importante de las muestras analizadas -tanto de aguas superficiales como subterráneas- los valores de concentraciones obtenidos superan los límites de 0,3 y 0,05 mg/l establecidos para el agua de bebida.

### 3.2. Fe en Aguas Subterráneas

No existen estudios específicos de calidad de aguas subterráneas en relación a la presencia de Fe y Mn.

Los datos utilizados en esta parte del análisis corresponden a un relevamiento de calidad de aguas de pozos domiciliarios (freáticos) realizado por la COMIP entre Abril y Mayo de 1986 y que abarcó 8 localidades del centro-sur de la provincia .

La cobertura de agua potable en la provincia, según datos del año 1994 es del orden del 54 %.El resto de la población urbana de barrios marginales y los asentamientos rurales que no cuentan con el servicio, se abastecen mayoritariamente por medio de pozos excavados, cuyas profundidades varían entre 6 y 15 metros. Dichos pozos, en las áreas urbanas se encuentran invariablemente sujetos a contaminación microbiológica, provocada por su proximidad a pozos absorbentes, a los que debe agregarse según los resultados obtenidos en esta evaluación, concentraciones de Fe total que superan el límite establecidos para el agua de bebida.

En el Cuadro 2 del ANEXO I, se presentan los datos obtenidos en el relevamiento. Los resultados obtenidos permiten extraer las siguientes conclusiones:

**-La concentración promedio sobre 48 muestras de Fe total es de 0.62 mg/l, con valores máximo y mínimo de 3.56 y 0.011 mg/l**

**-En 16 de las 48 muestras ( 33.3% ) , la concentración de Fe total supera el límite de 0.3 mg/l.En casi todas las muestras que superaron dicho límite se observó un intenso color rojizo.**

-En 6 de las 8 localidades, el valor medio supero el límite , presentándose el valor medio más alto y la concentración máxima en la Localidad de Santa Ana.En las tres localidades donde no se superó el límite de 0.3 mg/l el número de observaciones es muy pequeño, razón por la cual los resultados no tienen mucha validez estadística y no han sido incluidos en los tests de comparación de medias.

-El estudio de correlación indica que no existe correlación importante entre las concentraciones de Fe total y las otras variables medidas, existiendo una débil correlación inversa con los niveles de Alcalinidad y Dureza total, y de aproximadamente la misma magnitud pero directa con el contenido de K.

Estos resultados nos estaría indicando la imposibilidad de establecer algún tipo de regresión lineal múltiple entre la concentración de Fe total y algunas de las otras variables, situación que ha sido corroborada mediante la aplicación del método de Stepwise.

-Para la comparación de medias de las concentraciones de Fe total en las distintas localidades se utilizó el test no-paramétrico de Kruskal Wallis, en virtud de que no se cumplen el supuestos de homocedasticidad (igualdad de varianzas).El resultado obtenido mediante la aplicación de dicho test indica que no existen diferencias significativas ( $p$ -value = 0.9162) entre los valores medios .

### **3.3. Fe y Mn en Aguas Superficiales**

En esta sección se analiza información de calidad de Aguas correspondiente al Arroyo Urugua-i y Río Paraná.

La recopilación de la información se llevó a cabo considerando solo aquellos estudios de calidad de aguas en los que fueron monitoreados Fe y/o Mn.

#### **3.3.1. Fe y Mn en el Arroyo Urugua-i**

El aprovechamiento hidroeléctrico de Urugua-i, se encuentra ubicado al Noroeste de la Provincia de Misiones, a 257 Km. al Norte de de Ciudad de Posadas y 36 Km. al sur de Puerto Iguazú .

El arroyo Urugua-i, es el curso de agua más importante de la Provincia de Misiones, con una cuenca tributaria de 2.556 Km<sup>2</sup> .

El cierre principal del aprovechamiento está ubicado en la progresiva 8190 m (a partir de la desembocadura en el río Paraná) con un área de aporte de 2533 Km<sup>2</sup> , un módulo de 53,2 m<sup>3</sup> /s (serie hidrológica 1953/1978) , un caudal máximo absoluto de 268,9 m<sup>3</sup>/s , un caudal mínimo absoluto de 3,55 m<sup>3</sup>/s .

Se trata de un aprovechamiento de propósitos múltiples que incluye generación de energía, abastecimiento de agua potable, turismo , pesca deportiva y comercial y recreación.

El análisis incluyó los datos de Fe total y soluble y Mn total obtenido en el Estudio de Calidad de Aguas que abarcó el periodo Agosto de 1.986 a Julio de 1.987, previo a construcción del Represa.Lamentablemente, ni Fe ni Mn fueron incluidos en los monitoreos realizados con posterioridad a la formación del lago. Disponer de esta información hubiera sido de gran utilidad poder comparar las concentraciones de estos parámetros antes y después de la formación de embalse.

La red de monitoreo operada incluyó 5 estaciones sobre el curso principal ( E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub> y E<sub>5</sub> ), y ocho sobre los tributarios ( e<sub>1</sub> a e<sub>8</sub> ) .

Las estaciones sobre el curso principal fueron operadas con una frecuencia mensual y sobre los tributarios con una frecuencia trimestral., a lo que se agregó una campaña de monitoreo intensivo (del 15 al 18 de Mayo de 1987).

Las determinaciones de Fe y Mn se realizaron casi exclusivamente en las muestras obtenidas sobre el curso principal y para el caso particular de Mn, solo se dispone de información para el periodo que va del 5 de Mayo al 15 de Julio.

El Cuadro 3 del ANEXO I contiene la estadística descriptiva de los datos de Fe total y soluble correspondientes al periodo completo de estudio. En el se incluye el numero de determinaciones (n) , el valor medio, máximo y mínimo, desvío standard, coeficiente de variación y intervalo de confianza del 95 % para el valor medio.

El Cuadro 4 contiene la misma información para las concentraciones de Mn total (periodo 5 de Mayo al 15 de Julio de 1987).

En los Cuadros 5 y 6 del Anexo I , se brinda un detalle de las concentraciones de Fe total y soluble y Mn total respectivamente obtenidas en las distintas campañas y para cada una de las estaciones de monitoreo.

Los resultados obtenidos permiten extraer las siguientes conclusiones:

#### **3.3.1.1. Fe y Mn Total**

**-Los valores medios de Fe y Mn total calculados a partir de las 25 observaciones superan los límites establecidos para el agua de bebida**

**-En 4 estaciones de un total de 5 , los valores medios de Fe y Mn total superan los límites mencionados**

**-Existe una correlación muy importante entre las concentraciones de Fe y Mn total (r= 0.8285), siendo la regresión lineal entre el Fe Total (variable independiente) y Mn total (variable dependiente) significativa (p-value = 0.000 R<sup>2</sup> = 0.6864 ), quedando expresada la relación lineal entre ambas variables en la forma**

$$\text{Mn total} = 0.1177098 + 0.5014127 \text{ Fe total}$$

**-No existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de las concentraciones de Fe total de las distintas estaciones de monitoreos (p-value = 0.9231), pero si las diferencias son estadísticamente significativas (p-value = 0.0282) entre los valores medios correspondientes a las distintas campañas de muestreos. Esto nos estaría indicando que existe una variación temporal, pero no espacial en las concentraciones de Fe total. El rediseño de la red de monitoreo, respecto a este parámetro podría admitir una reducción del número de estaciones.**

**Idénticos resultados se obtiene para Mn total:**

- . Entre Estaciones .Kruskal Wallis (p-value = 0.6239)**
- . Entre Campañas . Kruskal Wallis (p-value = 0.0120)**

### 3.3.1.2. Fe total y soluble

-Los valores medios de las concentraciones de Fe total y soluble son de 0.72 y 0.35 mg/l respectivamente, para un total de 48 observaciones

-Los valores medios de Fe total en las distintas estaciones de monitoreos superan el límite de 0.3 mg/l en todos los casos

-Existe una correlación significativa (  $r = 0.8430$  ) entre las concentraciones de Fe total y soluble, siendo la regresión lineal entre Fe total (variable independiente) y Fe soluble (variable dependiente) significativa (p-value = 0.000  $R^2 = 0.71$ ) quedando expresada dicha relación en la forma

$$\text{Fe soluble} = - 0.147004 + 0.494356 \text{ Fe total}$$

-No existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de las concentraciones de Fe total de las distintas estaciones de monitoreos (p-value = 0.5279), pero si entre las campañas (p-value = 0.0001- test de Kruskal Wallis) .Esto es, existe variabilidad temporal pero no espacial.

### 3.3.1.3. Variación Mensual de las Concentraciones de Fe y Mn

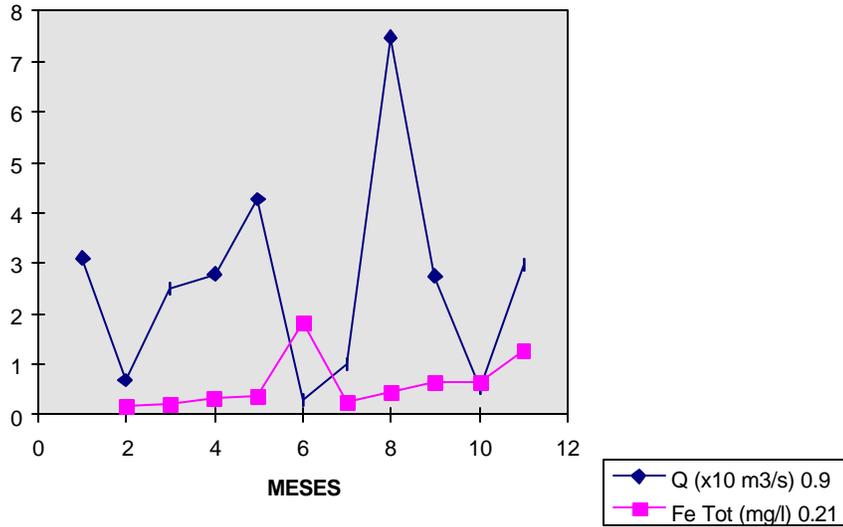
En esta sección se exponen los resultados obtenidos al estudiar la variación temporal de las concentraciones de Fe y Mn total y su relación con las variaciones de caudal.

-Las concentraciones de Fe y Mn , en las estaciones  $E_1$  y  $E_4$  (Gráfico 2) , muestran un comportamiento muy similar, presentando la gráfica Concentración vs tiempo , valores máximos y mínimos para idénticos valores de abscisa.

-La variación temporal de estos parámetros indican una correlación importante con el ciclo hidrológico (ver Gráfico 1), presentándose el valor máximo de concentración en correspondencia con el caudal mínimo (estiaje) , debido posiblemente a un mayor aporte de la napa subterránea.

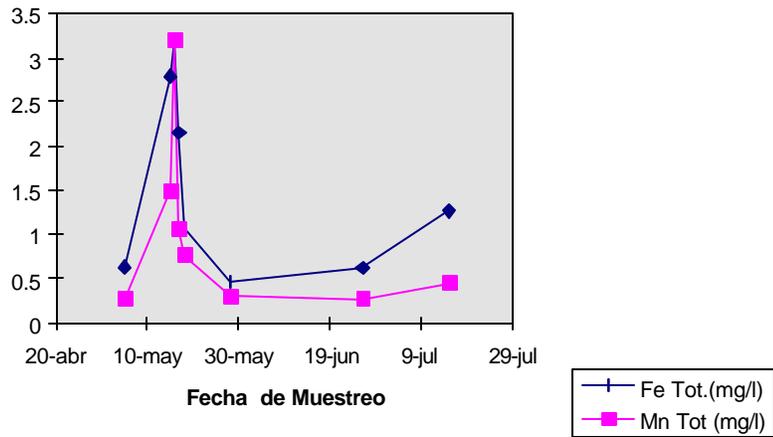
**Gráfico 1**

**Variaciones Mensuales de Caudal y Concentración de Fe Total en la E1**



**Gráfico 2**

**Concentraciones de Fe y Mn Total en la Estación E1 (Entrada del Sistema). Arroyo Uruguay-i. Período 5 de Mayo al 15 de Julio de 1987**



### 3.3.2. Fe y Mn en el Río Paraná

Vinculado a la calidad de las aguas del río Paraná, existen una serie de estudios realizados por la Comisión Mixta Argentino Paraguaya del Río Paraná (COMIP) y por la Entidad Binacional Yacyreta (EBY).

No en todos estos estudios se incluyeron determinaciones de Fe y Mn, y en muchos casos en los que fueron considerados, no se dispone de la información generada.

En los estudios de la COMIP, las determinaciones de Fe y Mn estaban incluidas en el Subprograma de tóxicos y la red de monitoreo utilizada se componía de 6 estaciones sobre el curso principal, ubicados en los siguientes puntos:

E<sub>1</sub> Río Iguazú (Aguas arriba de su confluencia con el río Paraná)

E<sub>2</sub> Río Paraná (Aguas arriba de su confluencia con el río Iguazú)

E<sub>3</sub> Río Paraná (Km. 1824 -Pto. Mado)

E<sub>4</sub> Río Paraná ( Km. 1773- Pto. Paranai)

E<sub>5</sub> Río Paraná ( Km. 1700- Pto. Oasi)

E<sub>6</sub> Río Paraná ( Km. 1593,5- Itacua)

La información considerada para el presente análisis corresponde al periodo que va del 20 de Mayo al 20 de Agosto de 1987 . en el que determinaron las concentraciones de Fe y Mn sobre muestras obtenidas en las estaciones E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> y E<sub>6</sub>, y en tres puntos de cada transecta ( **MI = margen izquierda C= centro MD= margen derecha** ) .

En el Cuadro 7 del ANEXO I, se transcriben los valores obtenidos para las concentraciones de Fe total en las distintas campañas y en los tres puntos de cada estación.

Este tipo de información permite estudiar la variabilidad temporal (entre campañas), y espacial a dos niveles (entre estaciones ) y en tres puntos de una misma transecta (dentro de estaciones) .

Los resultados obtenidos permiten extraer las siguientes conclusiones:

**-Los valores medios de las concentraciones de Fe total en las 3 estaciones consideradas superan el límite de 0.3 mg/l y en 2 de ellas, los valores mínimos superan dicho límite**

**-Existe una gran similitud entre los valores medios obtenidos para los distintos puntos de una misma estación, por lo que es de esperar que no existan diferencias significativa entre ellos**

-El estudio de correlación entre la concentración de Fe total y el caudal revela que no existe correlación significativa entre estas variables. Este resultado puede deberse en gran medida al pequeño número de observaciones incluido en el análisis

-No existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de las concentraciones de Fe total en las distintas estaciones (variabilidad espacial) ( $p$ -value = 0.1319). Tampoco entre puntos de una misma transecta (MI, C y MD)

-Existen diferencias estadísticamente significativas en los valores medios de Fe total de las distintas campañas de monitoreo (variabilidad temporal) ( $p$ -value = 0.0002). Es decir existe variabilidad temporal, pero no espacial.

## Referencias Bibliográficas

-“Estudio de Calidad de Agua del Arroyo Uruguay-i. Septiembre de 1987. Informa Final. PEI .UNaM.

-“Estudio de Calidad de Agua del Río Paraná y sus afluentes en el Tramo Comprendido entre las Progresivas 159 y 1927” Primer Informe de Avance ( Período 86/86). Anexo I/Sept. 1986. COMIP.

-“Aprovechamiento Hidroeléctrico de Propósito Múltiple del Río Paraná en la Zona de Corpus. Síntesis de estudios de calidad de agua. Período 198-1987. COMIP.

-“Corrosión e Incrustación Microbiológica en Sistemas de Captación y Conducción de Agua”. Aspectos Teóricos y Aplicados. Colección Hidrología Subterránea-Serie Investigaciones Aplicadas. CFI.

-“Informe de Suelos “ .Braun , E.G. 1979 (1)

-“Presença de ferrobacterias em Poços Subterrâneos No Estado de Minas Gerais-Brasil”. Teixeira Carvalho C. XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. México.

-“Remoção de Ferro y Manganeseo pelo Tratamento das Aguas de Abastecimento con Permanganato de Potassio”. Bresaola J. R. , Do Amaral S. C. A. -UNICAMP/Campinas-SP-Brasil.

**A N E X O I**

**Cuadro 2 Relevamiento de Calidad de Aguas de Pozos Excavados (Zona Centro-Sur)  
Provincia de Misiones (Período Abril - Mayo de 1986)**

Pozo	Localidad	Alcalinidad	Dureza	Ca	Mg	Na	K	pH	Cloruro	Fe tot.
105	Candelaria	10.1	33.40	6.00	4.50	9.66	1.56	5.70	18.47	0.23
137	Candelaria	3.4	26.80	5.60	3.12	11.70	2.35	5.50	20.99	0.05
255	Candelaria	11.9	18.70	3.73	2.29	3.45	0.78	6.40	10.50	1.58
261	Candelaria	3.3	7.30	1.28	1.00	0.92	0.78	5.50	11.03	0.25
265	Candelaria	3.5	9.20	2.00	1.03	3.68	1.17	5.60	12.48	1.48
283	Candelaria	2.7	6.00	1.28	0.68	1.38	0.39	5.50	11.31	0.075
211	Candelaria	3.3	8.00	1.60	0.97	2.10	0.40	5.50	8.72	0.22
231	Candelaria	10.5	12.80	2.48	1.61	1.20	1.60	5.80	6.24	1.00
267	Candelaria	1.4	11.10	2.52	1.24	3.00	0.40	5.10	11.28	0.025
296	Candelaria	13.5	14.40	2.88	1.75	3.30	0.40	6.00	6.95	0.025
310	Candelaria	115.0	15.90	4.36	1.21	57.20	2.30	8.60	7.27	0.15
5008	Candelaria	8.9	13.10	2.52	1.65	1.20	2.70	6.40	5.64	3.00
286	C. Cora	61.9	86.80	18.4	9.87	16.80	0.80	7.40	19.89	0.075
306	C. Cora	28.3	30.00	7.60	2.68	3.30	0.80	6.50	7.06	0.25
228	Sta. Ana	13.9	32.00	5.92	4.18	3.50	1.20	5.80	15.18	0.125
230	Sta. Ana	34.0	56.90	12.6	6.15	9.90	0.80	6.10	15.57	0.025
234	Sta. Ana	22.6	27.80	6.24	2.97	22.10	8.60	6.65	48.90	3.56
238	Sta. Ana	152.7	175.3	39.0	18.87	29.10	2.70	7.10	37.94	0.063
32	Sta. Ana	18.1	8.20	2.00	0.78	0.90	0.60	5.65	6.63	0.025
26B	Sta. Ana	7.8	21.80	4.92	2.31	3.30	1.20	6.10	6.10	1.00
164	Sta. Ana	17.2	18.70	3.60	2.36	2.60	0.30	5.90	6.70	0.15
208	Sta. Ana	3.6	22.50	3.88	3.11	3.70	1.20	5.50	12.23	2.80
218	Sta. Ana	11.7	18.70	4.24	1.97	5.00	0.30	6.20	6.81	3.02
224	Sta. Ana	9.7	16.90	4.08	1.63	2.80	0.30	5.75	8.72	0.025
20	San Ignacio	88.5	97.40	32.0	4.20	2.90	10.6	6.80	5.99	0.075
174	San Ignacio	27.2	29.40	9.50	1.40	0.80	2.30	7.05	3.37	0.23
176	San Ignacio	1.9	6.00	1.40	0.60	2.10	0.40	5.55	5.50	0.025
246	San Ignacio	10.6	9.10	1.80	1.00	3.90	1.40	6.00	4.22	1.58
274	San Ignacio	12.4	77.80	16.9	8.60	11.0	2.30	5.80	47.50	--
38	San Ignacio	27.4	26.90	6.0	2.89	2.30	1.30	6.30	6.21	0.85
46	San Ignacio	29.5	35.10	7.32	4.09	4.70	0.90	6.10	12.84	0.28
6	San Ignacio	20.6	25.50	4.70	3.50	3.84	3.87	6.60	10.50	0.76
8	San Ignacio	2.3	22.30	2.76	3.74	2.30	1.60	6.20	12.38	0.15
42	San Ignacio	18.9	32.40	7.88	3.06	5.40	1.60	6.50	12.55	0.62
44	San Ignacio	9.6	17.40	2.96	2.43	4.20	1.20	5.90	10.67	0.050
190	San Ignacio	7.4	21.10	4.92	2.14	1.70	1.50	6.10	3.19	0.081
146	Loreto	5.6	13.50	3.50	1.20	7.00	2.30	5.70	13.97	0.050
170	Loreto	15.1	21.40	4.50	2.50	1.90	0.70	6.05	3.65	0.52
68	Gdor. Roca	8.4	34.50	7.84	3.62	8.90	7.90	6.50	18.76	1.10
96	Gdor. Roca	23.7	26.30	6.08	2.70	2.30	0.90	6.25	8.72	0.025
180	Gdor. Roca	44.1	45.20	5.10	0.90	10.00	4.90	6.60	6.38	0.25
126	Corpus	18.1	23.50	5.68	2.26	1.40	1.60	6.30	10.60	0.42
152	Corpus	8.8	15.40	2.64	2.14	1.40	0.80	6.00	7.84	0.011
154	Corpus	21.8	22.30	4.88	2.46	2.80	0.98	6.00	8.83	0.037
260	Corpus	6.9	18.60	4.16	1.99	11.60	1.90	5.80	20.14	0.125
112	Corpus	11.1	12.90	2.40	1.68	1.30	1.10	5.70	4.72	0.050
128	Corpus	13.1	7.90	1.44	1.05	3.20	3.40	6.60	5.46	1.62

264	Corpus	0	38.70	8.40	4.30	28.50	6.00	4.20	40.85	0.081
-----	--------	---	-------	------	------	-------	------	------	-------	-------

**Cuadro 3 . Estadística Descriptiva de Concentraciones de Fe total y Soluble en el Arroyo Urugua-i . Provincia de Misiones. Período Agosto de 1986 a Julio de 1987**

Estación	n	Valor medio	V. máx.	V. mín	D.S.	LS	LI
E1	12	1.243 (*)	3.20	0.075	0.927	1.583	0.903
	11	0.433 (**)	1.40	0.012	0.331	0.558	0.309
E2	12	0.843	1.70	0.150	0.608	1.158	0.528
	11	0.440	0.82	0.008	0.269	0.587	0.295
E3	17	1.048	3.24	0.200	0.861	1.412	0.682
	16	0.499	1.10	0.060	0.315	0.637	0.360
E4	25	1.367	3.75	0.160	1.089	1.739	0.994
	25	0.537	1.80	0.016	0.504	0.703	0.364
E5	16	0.764	1.62	0.180	0.388	0.934	0.594
	16	0.393	0.80	0.010	0.160	0.323	0.463
e1	5	0.832	1.40	0.330	0.475	1.285	0.378
	5	0.652	1.10	0.230	0.374	1.008	0.295
e2	5	0.764	1.40	0.370	0.342	1.907	0.437
	5	0.374	0.50	0.230	0.112	0.482	0.266
e3	5	1.108	1.70	0.340	0.568	1.650	0.565
	5	0.456	0.75	0.220	0.183	0.630	0.281
e4	5	1.234	2.40	0.310	0.676	1.879	0.588
	5	0.612	1.00	0.240	0.240	0.841	0.382
e5	5	0.956	1.30	0.810	0.175	1.122	0.789
	5	0.502	0.96	0.220	0.245	0.735	0.268
e6	5	1.068	1.50	0.440	0.429	1.477	0.659
	5	0.394	0.85	0.200	0.236	0.659	0.168
e7	5	1.232	2.20	0.360	0.816	2.010	0.453
	5	0.462	0.69	0.150	0.247	0.697	0.226
e8	5	0.874	1.33	0.250	0.473	1.325	0.422
	5	0.476	0.77	0.150	0.269	0.732	0.219

(\*) Fe total

(\*\*) Fe soluble

**Cuadro 4 . Estadística Descriptiva de Concentraciones de Mn total en el Arroyo Urugua-i . Provincia de Misiones. Período 5 de Mayo al 15 de Julio del 1987**

Estación	n	Valor medio	V. máx.	V. mín	D.S.	LS	LI
E1	8	0.634	1.49	0.27	0.445	1.003	0.265
E3	5	0.706	1.66	0.39	0.537	1.372	0.039
E4	8	0.837	1.96	0.26	0.642	1.373	0.300
E5	4	0.660	1.66	0.31	0.666	--	--

**Cuadro 5 Concentraciones de Fe total y soluble**  
**Estudio de Calidad de Aguas Arroyo Uruguay-i .**  
**Provincia de Misiones**  
**Período :Agosto de 1986 a Julio de 1987**

Campaña	E1	E2	E3	E4	E5
13-8-86	0.21(*)	0.71	--	0.62	--
	0.17(**)	0.30	--	0.22	--
16-10-86	0.16	0.15	0.29	0.26	0.24
	0.012	0.008	0.006	0.018	0.010
28-11-86	0.20	0.17	0.20	0.27	0.28
	0.050	0.050	0.06	0.16	0.12
19-12-86	0.31	0.47	1.49	1.62	0.94
	0.25	0.13	0.74	0.46	0.63
23-1-87	0.38	0.59	0.69	0.89	0.63
	0.24	0.27	0.17	0.17	0.29
13-2-87	1.83	1.71	1.47	2.21	1.16
	1.40	0.82	1.12	1.17	0.43
12-3-87	0.26	0.35	0.27	--	0.39
	0.11	0.28	0.11	--	0.30
28-4-87	0.44	--	0.56	0.75	0.63
	0.34	--	0.41	0.33	0.43
18-5-87	1.08	--	--	1.17	--
	0.18	--	--	0.20	--
26-6-87	0.62	--	0.64	0.56	0.74
	0.47	--	0.540	0.38	0.40
15-7-87	1.27	--	1.37	1.45	0.41
	0.54	--	0.470	0.48	0.27

**Cuadro 6 Concentraciones de Mn total**  
**Estudio de Calidad de Aguas Arroyo Uruguay-i .**  
**Provincia de Misiones**  
**Período :5 de Mayo al 15 de Julio de 1987**

Campaña	E1	E3	E4	E5
5-5-87	0.27	0.45	0.39	0.41
15-5-87	1,49	0.29	0.73	--
16-5-87	--	1.66	1.96	1.66
17-5-87	1.07	--	0.94	--
18-5-87	0.77	--	1.65	--
28-5-87	0.30	0.57	0.37	0.35
26-6-87	0.27	0.48	0.26	0.32
15-7-87	0.45	0.43	0.38	0.31

**Cuadro 7 Concentraciones de Fe total. Estudio de Calidad de Aguas del Río Paraná . Tramo entre Km. 1592 y 1927  
Período : Mayo a Agosto de 1986**

Campañas	E S T A C I O N E S									
	E1			E2			E3			
	MI	C	MD	MI	C	MD	Q	MI	C	MD
20-5-86	7.23	7.59	6.94	1.88	1.45	1.30	18000	3.36	3.18	1.01
2-6-86	--	--	--	---	--	--	16145	0.72	0.72	2.89
11-6-86	--	--	--	---	--	--	13020	2.89	3.47	3.47
19-6-86	--	--	--	--	--	--	11545	2.60	2.50	2.60
25-6-86	--	--	--	--	--	--	11205	2.89	1.52	1.88
2-7-86	--	--	--	--	--	--	13727	2.36	2.50	7.29
7-7-86	--	--	--	--	--	--	11374	2.22	6.39	1.39
14-7-86	--	--	--	--	--	--	12157	0.97	0.70	0.83
23-7-86	0.42	0.25	0.35	0.56	0.97	0.83	12336	0.97	0.83	1.11
29-7-86	--	--	--	--	--	--	12562	0.70	1.53	1.11
4-8-86	--	--	--	--	--	--	--	0.97	1.11	0.83
11-8-86	--	--	--	--	--	--	--	0.56	0.37	0.92
20-8-86	--	--	--	--	--	--	--	1.11	1.48	1.11