



# CARRERA DE POSGRADO DE ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA

## TRABAJO FINAL

Selección de un índice físico-químico de calidad de  
agua superficial aplicable a arroyos del sur de la  
provincia de Santa Fe

Alumna: Amaya Carina  
Director: Dra. Ana María Ingallinella

2018

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
ABREVIATURAS .....	2
Abreviaturas de Organismos.....	2
Abreviaturas de índices .....	2
Abreviaturas diversas .....	2
Capítulo 1 - Índices de calidad de agua .....	6
1.1.- Aspectos generales.....	6
1.2- Antecedentes Generales.....	8
1-3.Formulación de un Índice de calidad de agua .....	9
1.4- Descripción de la metodología de cálculo de Índices más destacados .....	11
1.4.1- ICA Fundación Nacional de Sanidad (ICA-NSF) .....	11
1.4.2- ICA CETESB.....	15
1.4.3- ICA Rojas.....	16
1.4.4- ICA CCME (Canadian Council Ministry of Environment) .....	17
1.4.5- Índice Holandés o Sistema Holandés de valoración de calidad de agua .....	22
1.4.6- ICA propuesto por Berón.....	22
1.4.7- Índices de calidad propuestos por Pesce - Wunderlin .....	24
Capítulo 2 – Descripción de los recursos hídricos del sur de la provincia de Santa Fe .....	26
2.1- Descripción general de los recursos hídricos superficiales de la provincia de Santa Fe .....	26
2.2-Descripción de los arroyos del sudeste de Santa Fe.....	28
2.2.1-Geomorfología regional.....	28
2.2.2-Hidrología .....	29
2.2.3-Suelos.....	31
2.2.4-Clima .....	31
2.2.5-Aspectos Socio- Económicos.....	33
Capítulo 3 – Análisis de datos y aplicación de índices .....	33
3.1. Análisis de datos de calidad de agua de los Arroyos Saladillo, Frías y Seco .....	34
3.1.1. Estaciones de muestreo.....	34
3.1.2- Parámetros seleccionados .....	40
3.1.3- Datos analizados .....	41
3.2- Aplicación de índices seleccionados .....	48
3.2.1- Aplicación ICA-NSF.....	48
3.2.3- Aplicación ICA Berón.....	57
3.2.4- Aplicación ICAs Pesce- Wunderlin .....	58
3.3- Comparación de los Índices Aplicados.....	59
Capítulo 4 – Propuesta de índice de calidad de agua superficial para arroyos del sur de Santa Fe .....	63
4.1- Índice Santa Fe Arroyos del Sur (ICASFAS) .....	63
4.2- Aplicación del ICASFAS .....	64
Capítulo 5 – Conclusiones y Recomendaciones .....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	70
ANEXO CÁLCULOS .....	73

## ABREVIATURAS

### Abreviaturas de Organismos

**CCME:** Canadian Council of Ministers of the Environment  
**CETESB:** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente del Estado de San Pablo, Brasil  
**CONAMA:** Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil  
**CVC:** Corporación del Valle del Cauca  
**MASPyMA:** Ministerio de Aguas, Servicio Públicos y Medio Ambiente  
**NSF:** National Sanitation Foundation  
**SEDUE:** Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de México

### Abreviaturas de Índices

**CEE:** Commission for Economical Community metric  
**IBI:** Índice de Integridad Biótica  
**IBD:** Índice Biológico de Diatomeas  
**IBMWP:** Iberian Biological Monitoring Working Party  
**ICA:** Índice de calidad del agua  
**ICA CCME:** Índice de calidad de agua del Canadian Council of Ministers of the Environment  
**ICA CETESB:** Índice de calidad de agua de la Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo  
**ICA NSF:** Índice de calidad de agua desarrollado por National Sanitation Foundation  
**ICA P-W:** Índice de calidad de agua elaborado por Pesce-Wunderlim  
**ICAUACA:** Índice de calidad para el Río Cauca, Jalisco, México  
**INDIC-SEDUE:** Índice desarrollado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecológico de México  
**ISQA:** Índice Simplificado de calidad de Agua desarrollado por la agencia Catalana del Agua  
**IPS:** Índice de polusensibilidad específica  
**IQA:** Índice de calidad de agua (Brasil)  
**ISTO:** Índice de Sustancias Tóxicas  
**UWQI:** Universal WQI  
**WQI:** Water Quality Index

### Abreviaturas diversas

OD: oxígeno disuelto  
CF: Coliformes fecales  
E. Coli: *Escherichia coli*  
pH: grado de acidez o alcalinidad del agua  
DBO: demanda biológica de oxígeno  
SDT: sólidos disueltos totales  
ST: sólidos totales  
P: fósforo  
N: nitrógeno  
NT: nitrógeno total  
PT: fósforo total  
NO<sub>3</sub>: nitratos

PO: fosfatos

T: temperatura

NTU: unidades nefelométricas de turbidez, medida de la turbidez

qi: niveles de calidad

µg/l: microgramos por litro, equivalente a una millonésima parte de un litro

mg/l: miligramo por litro, equivalente a una milésima parte de un litro

Cd: cadmio

Pb: plomo

Cr: cromo

Ni: níquel

Hg: mercurio

Al: aluminio

Cu: cobre

Fe: hierro

Mn: manganeso

M: media aritmética

DE: desvío estándar

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, los cursos de agua superficial existentes en la provincia de Santa Fe, presentan modificaciones en su calidad de agua como consecuencia de las actividades antrópicas que se desarrollan en la región. Es necesario, por lo tanto, disponer de mecanismos de gestión y de regulación para proteger el recurso según los usos asignados.

La provincia de Santa Fe comenzó a monitorear la calidad de agua de los arroyos Saladillo, Frías, Seco, San Lorenzo y Ludueña, a nivel de cuenca, a fines del 2008, a través del Programa de Recuperación de Cursos Superficiales, desarrollado en forma conjunta por la Secretaría de Aguas (Dirección de Saneamiento y Preservación de los Recursos Hídricos) y la Secretaría de Medio Ambiente, ambas pertenecientes al Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente, hoy Ministerio de Infraestructura y Transporte.

Durante dos años consecutivos (2009-2010) se muestrearon en forma estacional parámetros físicos, químicos, microbiológicos y macroinvertebrados bentónicos, generándose un considerable número de datos.

Los indicadores físico-químicos de calidad de agua (ICAs) consisten básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad de agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color (Fernández, Ramírez y Solano. 2004).

Como antecedentes del desarrollo y aplicación de índices físico-químicos en el mundo se puede citar, en Estados Unidos el ICA desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) 1970 y el ICA de Dinus (1987). En Canadá, el índice de la British Columbia basado en el logro de objetivos para la columna de agua, sedimentos y vida acuática (BCWQI, 1996). En Latinoamérica, en México el índice aplicado sobre aguas superficiales del Estado de Jalisco (Montoya, 1997). En Brasil el ICA desarrollado por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental, la cual adaptó el ICA-NSF a condiciones propias (CETESB, 2006) y en Colombia al ICA aplicado al Río Cauca (Rojas, 1991).

El empleo o uso de indicadores físico-químicos y microbiológicos de calidad de agua constituye una herramienta fundamental para obtener información de los cursos de agua con un bajo costo de inversión, de fácil interpretación y reconocimiento de las tendencias de la calidad que se presentan a lo largo del tiempo y del espacio. A su vez, resulta una buena opción para la interpretación de variables físicas, químicas y biológicas a través de un único resultado que permite la evaluación global de los efectos generados por las actividades antrópicas.

En Argentina, se puede citar a Berón, et al (1984) quien desarrolló un índice de calidad de agua para el estudio de la contaminación cloacal e industrial del Río de la Plata y Matanza- Riachuelo, Pesce y Wunderlin (1999), quienes trabajaron en el Río Suquía (Córdoba) proponiendo tres índices para evaluar la calidad de sus aguas .

A nivel provincial no se cuenta con un indicador de calidad basado en parámetros físico-químicos de agua para ríos y arroyos. Ante la variedad de indicadores de calidad de agua superficial existentes es necesario determinar cuál de ellos es más aplicable a los arroyos pampeanos.

En consideración a lo expuesto anteriormente, se plantea desarrollar un índice de calidad de agua superficial aplicable a los arroyos del sur de la provincia, que sirva para evaluar sus estados respecto a su aptitud para sustentar la vida acuática y las actividades recreativas. Se tomará como base los datos físico-químicos y biológicos resultantes de los muestreos realizados en los arroyos Saladillo, Frías y Seco durante el período. 2009-2010, ya que se cuenta con datos de calidad para distintas épocas del año.

Es interesante señalar que en las campañas de muestreo realizadas se han tomado muestras de sedimentos para determinación de organismos bentónicos aplicándose el índice IMRP de Rodríguez Capítulo (1999) a los tres arroyos antes citados.

Los contenidos de este trabajo han sido desarrollados en 5 capítulos. A continuación se hace mención a los contenidos tratados en cada uno de ellos.

En el Capítulo 1 se presentan las características principales que describen un índice de calidad de agua incluyendo antecedentes históricos sobre el desarrollo de los ICA en el mundo y la descripción de la metodología utilizada en el desarrollo de los índices más utilizados.

En el Capítulo 2 se describen los recursos hídricos existentes en el sur de la provincia de Santa Fe.

En el Capítulo 3 se analizan los datos de calidad de agua de tres de los arroyos pertenecientes al sur de la provincia basados en parámetros físico-químicos y microbiológicos. También se aplican los índices de calidad de agua seleccionados, con el objeto de seleccionar el que mejor se ajusta a la calidad natural y a sus posibles usos (recreativo y protección de la biota acuática).

En el Capítulo 4 se presenta la propuesta de un índice de calidad físico-química y microbiológica para las cuencas de los arroyos Saladillo, Frías y Seco.

Por último se exponen en el Capítulo 5 las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo del presente trabajo.

# Capítulo 1 - Índices de calidad de agua

## 1.1.- Aspectos generales

En la literatura, se encuentran varias definiciones de “calidad de agua”, y en todas se incluyen criterios abióticos (físico-químicos) y bióticos (biológicos) en relación a su utilización. Estos criterios de calidad del agua especifican concentraciones y/o límites de algunos parámetros que interfieren en la conservación del ecosistema acuático y protección de la vida humana.

Teniendo en cuenta esto, se adopta la definición de calidad de agua propuesta por DERISIO(2007) que considera la calidad de agua como un conjunto de características de naturaleza física, química y biológica que asegura determinado uso o conjunto de usos, debiendo estar dentro de los límites o estándares previstos en la legislación vigente para que puedan ser utilizados.

En nuestro país, existen niveles guía de calidad de agua ambiente para fuente de provisión de agua, consumo humano, protección de la biota acuática, irrigación de cultivos, bebida de especies de producción animal y recreación humano sin /con contacto (Decreto N 831/93 de la Ley 24.051). Dichos niveles tienen, en realidad, un valor limitado, ya que las características naturales propias de las aguas, son muy variables, tanto espacial como temporalmente. La Secretaría de Aguas junto a la Secretaría de Medio Ambiente de la provincia de Santa Fe desarrollaron objetivos de calidad de agua ambiente para los arroyos Saladillo, Frías y Seco (Goransky, 2011) para los usos: protección de la biota acuática, recreación humana con contacto primario, riego de cultivo y bebida animal. Sin embargo en la provincia no existe una legislación que fije estándares de calidad de agua superficial.

Los **índices de calidad** son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros. Poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos a una expresión numérica. Pueden incluirse en modelos para la toma de decisiones y resultan más entendibles al público, los medios y los usuarios. Deben ser tomados con precaución, en forma crítica y ser actualizados periódicamente porque representan una parte o un aspecto particular del problema y poseen menos información que los datos brutos. Existen una variedad de índices tanto físico-químicos como biológicos que permiten evaluar la calidad de las aguas superficiales.

Los índices físico-químicos se basan en una combinación de parámetros físico-químicos que dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, proporcionando una **visión global de la calidad del agua** de los cursos de agua superficial, sin aportar información de su influencia en la vida acuática. El número y tipo de parámetros varía en los diferentes índices existentes y tienen un grado de participación según la importancia que se concede a los mismos y en algunos casos, según el uso posterior del agua. Para obtener una visión global, se utilizan parámetros como oxígeno disuelto, nitratos, amonio, conductividad, pH, demanda biológica de oxígeno, fósforo y temperatura.

Los índices biológicos son buenos integradores de la calidad. Se pueden escoger determinados organismos como indicadores biológicos, partiendo de diferentes niveles de la escala biológica. Pueden indicar la calidad de un período más o menos extenso de tiempo (en función de la vida media de los organismos) y también responder a episodios cortos pero recurrentes de contaminación.

Cada especie tiene determinadas características ecológicas para sobrevivir, cuando estas no son las óptimas, los organismos desaparecen o muestran los efectos de las posibles carencias. Esto permite asignar a cada especie un valor de sensibilidad, valor que se usa en el cálculo del índice.

Dentro de estos índices existen los basados en algas diatomeas, diseñados por diferentes autores (IPS, Cemagref, 1982; IBD, Prygiet y Coste, 1998; CEE, H Lange-Bertalot, 1979, entre otros). Todos suelen basarse en combinaciones entre la abundancia relativa y el grado de sensibilidad (tolerancia) de un grupo de taxones seleccionados en general a nivel de especies.

También se encuentran los índices bióticos basados en macroinvertebrados acuáticos, como el método BMWP (Biological Monitoring Writing Party) desarrollado por Hellawell (1978) en Inglaterra, el IBMWP de la Península Ibérica (Alba Tercedor y Sanchez Ortega, 1988), el IMRP (Rodrigues Capítulo, 1999) y el IMPamp (Rodrigues Capítulo et al, 2001) ambos para la ecoregión pampeana en nuestro país.

A nivel provincial, se ha aplicado el índice biótico basado en invertebrados bentónicos en el Arroyo Frías (Lamas, C. y Seguro E., 2010) como réplica del índice IMRP de Rodriguez Capítulo (1999).

Estos índices bióticos se basan en distintos límites de tolerancia que tienen las familias de macroinvertebrados acuáticos a alteraciones en las condiciones ambientales de los ríos en los que viven y son totalmente independientes de la cantidad de especies o individuos recolectados de cada familia.

Existen otros índices basados en peces, como el Índice IBI (Índice de Integridad Biótica), utilizado para evaluar el estado ecológico de los sistemas acuáticos, desarrollado por Karr (1981). La integridad biótica es entendida como una cualidad de los medios naturales en los que su composición, estructura y función no han sido alteradas por las actividades humanas. Así, los sistemas con una elevada integridad biótica pueden soportar y/ o recuperarse rápidamente de las perturbaciones, tanto naturales como de origen antrópico. Mientras que los medios con escasa integridad biótica, cambian rápidamente a estados más degradados.

Los índices pueden ser utilizados para mejorar, aumentar y difundir la información sobre la calidad superficial del agua. De acuerdo con Ott (1978), los posibles usos de los índices son:

- 1- Proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso (manejo del recurso).
- 2- Comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas (clasificación de áreas)
- 3- Determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes (aplicación de normativa existente).
- 4- Analizar tendencias de calidad ambiental para saber si se mejora o no el estado de determinado cuerpo superficial de agua.
- 5- Informar al público con el fin de concientizar y promover la educación ambiental.
- 6- Para Investigación científica.

## 1.2- Antecedentes Generales

Numerosos índices físico-químicos y microbiológicos se han formulado en todo el mundo, a lo largo de los últimos dos siglos.

Se puede citar a Horton (1965), como el primero en desarrollar una metodología unificada para el cálculo del índice. Sin embargo el desarrollo y la implementación de un ICA de manera formal y demostrada lo hizo Brown (1970), con el apoyo del NSF (Nacional Sanitation Foundation) en Estados Unidos, considerando las características que debía presentar la fuente de captación para consumo humano.

Durante la última década del siglo XX se ha incrementado la aplicación de estos índices para una cuenca o región, tal es el caso de la aplicación de los índices estadounidenses NSF-WQI y el ICA de Dinius, creado en 1987. Este último índice es ampliamente empleado en el mundo y ha sido adoptado y/o validado en diferentes estudios.

En 1982 Queralt desarrolló en España el Índice simplificado de calidad de agua (ISQA) para las cuencas de Cataluña basado en cinco usos específicos: consumo humano, agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación.

En Canadá, 1995, el Canadian Council of Ministers of the Environment, desarrolló un ICA orientado a la evaluación de calidad ecológica de las aguas basado en la comparación de cada parámetro con un valor de referencia, el cual es obtenido de una norma o guía de calidad de agua.

En Latinoamérica, la aplicación de índices de calidad de agua se ha dado principalmente en México, desarrollando diversos índices, entre los cuales el INDIC-SEDUE (Montoya, et al, 1997) fue el primero en aplicarse en Jalisco con el objeto de evaluar la calidad de agua para consumo humano previo tratamiento.

Perú y Brasil han adaptado el índice ICA -NSF a las condiciones propias de sus sistemas acuáticos. Perú además incorporó al ICA-NSF un modelo desarrollado en Cuba, que además de los parámetros del ICA-NSF considera la conductividad eléctrica, cloruros y nitrógeno amoniacal.

Brasil, a través de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CETESB) desarrolló e implementó el ICA de agua cruda para abastecimiento público.

Colombia adoptó el ICA-NSF (Rojas, 1991) a las condiciones del Río Cauca con el agregado de la caracterización y modelación matemática a cargo de la Corporación Regional del Valle del Cauca(CVC) y de la Universidad del Valle, desarrollando un índice de calidad denominado ICAUACA (CVC- UNIValle, 2004).

Chile en 1999 inició un programa de Monitoreo, educación sanitaria y ambiental para la recuperación y protección de los cuerpos de agua, considerando el ISQA. En el 2000, se elaboraron dos ICA (extendido y simplificado) para el Río Chile (Debels, et al., 2005).

En Argentina, se puede citar al índice propuesto por Berón (1984), como principal antecedente en el desarrollo de índices de calidad de agua físico-químico. Su finalidad es el estudio de la contaminación cloacal e industrial, a través de la evaluación de la calidad de las aguas del Río Matanza-Riachuelo.

En 2000, Pesce y Wunderlin desarrollaron el WQI subjetivo, el WQI objetivo y el WQI simplificado para evaluar espacial y temporalmente los cambios en la calidad del agua del río Suquía en Córdoba.

En 2012, Brandalise (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Córdoba) junto a Nadal y Rodríguez del Instituto Nacional del Agua, elaboraron un índice de calidad de agua para uso recreativo en ambientes con cianobacterias aplicable al Río Suquía (Córdoba).

En 2013, Basílico, Cabo y Faggi, adaptaron el índice propuesto por Berón y desarrollaron el Índice de Calidad de Aguas Pampeanas (ICAP) y el Índice de Calidad de Riberas Pampeanas (ICRP) para la evaluación de las aguas de los arroyos La Choza y Durazno (cuenca alta del Río Reconquista, Buenos Aires) y en canales que reciben efluentes agroindustriales (avícolas y cría de porcinos).

### **1-3. Formulación de un Índice de calidad de agua**

La estructura del cálculo de la mayoría de los ICAs, se basa en:

➤ ***Selección de Parámetros (usualmente entre 2 y 73 variables)***

Los parámetros a ser incluidos en los ICA han estado marcados, desde sus inicios, por la apreciación de expertos, agencias o entidades gubernamentales, que son los que determinan en el ámbito legislativo su importancia al establecerlos como estándares de calidad del agua.

Dunnette (1979) recomienda seleccionar los parámetros de las cinco categorías más comúnmente reconocidas: nivel de oxígeno (OD, DBO, DQO), eutrofización (NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, ortofosfatos) aspectos de salud (Coliformes Totales y Fecales) características físicas (temperatura, transparencia, sólidos totales) y sustancias disueltas.

Los parámetros más utilizados son OD y pH, le siguen en importancia DBO, nitratos, Coliformes Fecales, la temperatura, la turbiedad y los SDT (sólidos disueltos totales).

En los últimos años se han incorporado los metales pesados como parámetros relacionados con riesgo químico cuando se trata de agua destinada a consumo humano previo proceso de potabilización.

Thompson et al (2007), considera que, independientemente de las sustancias químicas relacionadas de acuerdo a las condiciones locales, existen cuatro parámetros fundamentales: fluoruro, arsénico, selenio y nitratos que se deben monitorear por su demostrado efecto perjudicial para la salud.

Con relación a la evaluación del riesgo microbiológico, el parámetro Coliformes Fecales, es el que prevalece aún en los índices más recientes, tanto en los países desarrollados como en desarrollo.

➤ **Determinación de los valores para cada parámetro: subíndices (normalización según sus concentraciones).**

Se transforma el valor de una variable de una escala dimensional a una escala adimensional para permitir su agregación. Se pueden utilizar varios métodos, según Fernández y Solano (2005):

- Valor nominal o numérico, previa comparación con un estándar o criterio.
- Parámetro en número decimal, diagramas o tablas de calibración: debe desarrollarse para cada parámetro su propio diagrama, en el que se indica la correlación entre el parámetro y su valor en la escala de calidad. Generalmente esta escala se encuentra entre 0 y 100 o entre 0 y 1. Las curvas que se construyen pueden basarse en :
  - \* Método basado en la experiencia propia.
  - \* El método Delphi: se usa el promedio de la opinión de varios expertos para su construcción.
  - \* Curvas basadas en la normatividad: las curvas se generan a partir de los valores de los parámetros recogidos en diferentes normatividades.
- Parámetros bajo formulación matemática

➤ **Determinación del Índice por la agregación de los subíndices que lo conforman**

Se asigna a cada variable pesos relativos (en función de su importancia en la percepción general de la calidad del agua para su respectivo uso y la incidencia de cada variable en el índice) integrando las ponderaciones de los parámetros a través de diferentes funciones matemáticas, siendo los dos enfoques de cálculo más utilizados:

- El **producto ponderado, conocido como ecuación de tipo multiplicativa**, en el cual los pesos dan importancia a los puntajes y todos ellos son ponderados de acuerdo a la importancia de los pesos y luego son multiplicados. Es el adoptado para la mayoría de los ríos de Latinoamérica (ICA CETESB (Brasil), ICA Rojas (Colombia), ICA NSF (EEUU) y ICA Dinus (EEUU)).

Promedio Geométrico ponderado

$$ICA_n = \prod_{i=1}^n I_i^{w_i} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

w<sub>i</sub>: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro  
I<sub>i</sub>: subíndice del i-ésimo parámetro.

- La **suma ponderada**, en la cual cada puntaje es multiplicado por su peso y los productos son sumados para obtener el índice si los pesos son iguales para cada puntaje. El valor del índice es llamado valor aritmético no ponderado, si la suma de pesos no es igual, se la conoce como valor aritmético de la calidad del agua. Es utilizado en Europa (UWQI). Es menos sensible a las variaciones extremas en la calidad del agua, condición que limita su uso en la evaluación de la calidad del agua en las fuentes superficiales sometidas a cambios súbitos y extremos en sus características físicas, químicas y biológicas. Permiten la comparación de los parámetros que los conforman con la normativa vigente teniendo en cuenta el uso evaluado.

- **Promedio aritmético ponderado**

$$UWQI = \sum_{i=1}^n w_i * I_i \quad \text{(Ecuación 2)}$$

w<sub>i</sub>: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro

I<sub>i</sub>: subíndice de i-ésimo parámetro. Es el valor calculado de la variable i (se obtiene aplicando la curva funcional o ecuación correspondiente). Depende de la magnitud de la variable, es independiente de las restantes y se estima de acuerdo con los diagramas construidos para cada variable que permite elevarlas a la misma escala antes de ser agregada a un solo valor.

## 1.4- Descripción de la metodología de cálculo de Índices más destacados

### 1.4.1- ICA Fundación Nacional de Sanidad (ICA-NSF)

Este índice fue desarrollado en 1970 por la National Science Foundation de los Estados Unidos (NSF) utilizando la metodología Delphi de la "Rand Corporation's (Ball y Church, 1980). Esta última consiste en una metodología de investigación multidisciplinaria para la realización de pronósticos y predicciones.

Para la obtención del índice (NSF) se llevaron a cabo tres estudios. En el primero, se presentaron 35 variables a incluir en el índice; las cuales fueron analizadas por los expertos y clasificadas en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: "no incluido", "indeciso" o "incluido". Las variables seleccionadas a incluir debían ser calificadas entre 1 y 5 de acuerdo a su importancia, siendo uno la calificación más importante (Ott, 1978; Brown et al., 1970).

En el segundo estudio, se redistribuyeron los resultados de la evaluación comparativa de las respuestas dadas por todos los expertos, para volver a elegir los parámetros, hasta lograr la identificación de 9 variables importantes: Oxígeno Disuelto, DBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecales, pH, Nitratos, Fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales. Cada una de ellas con su propio peso específico. (Tabla 1)

Finalmente, en el tercer estudio, cada participante elaboró una curva de valoración para cada variable representando la calidad del agua. Los niveles de Calidad de Agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas. Estas curvas son conocidas como "Relaciones Funcionales" o "Curvas de Función (Ott, 1978; Brown et al, 1970). Estas curvas se exponen en la Figura 1.

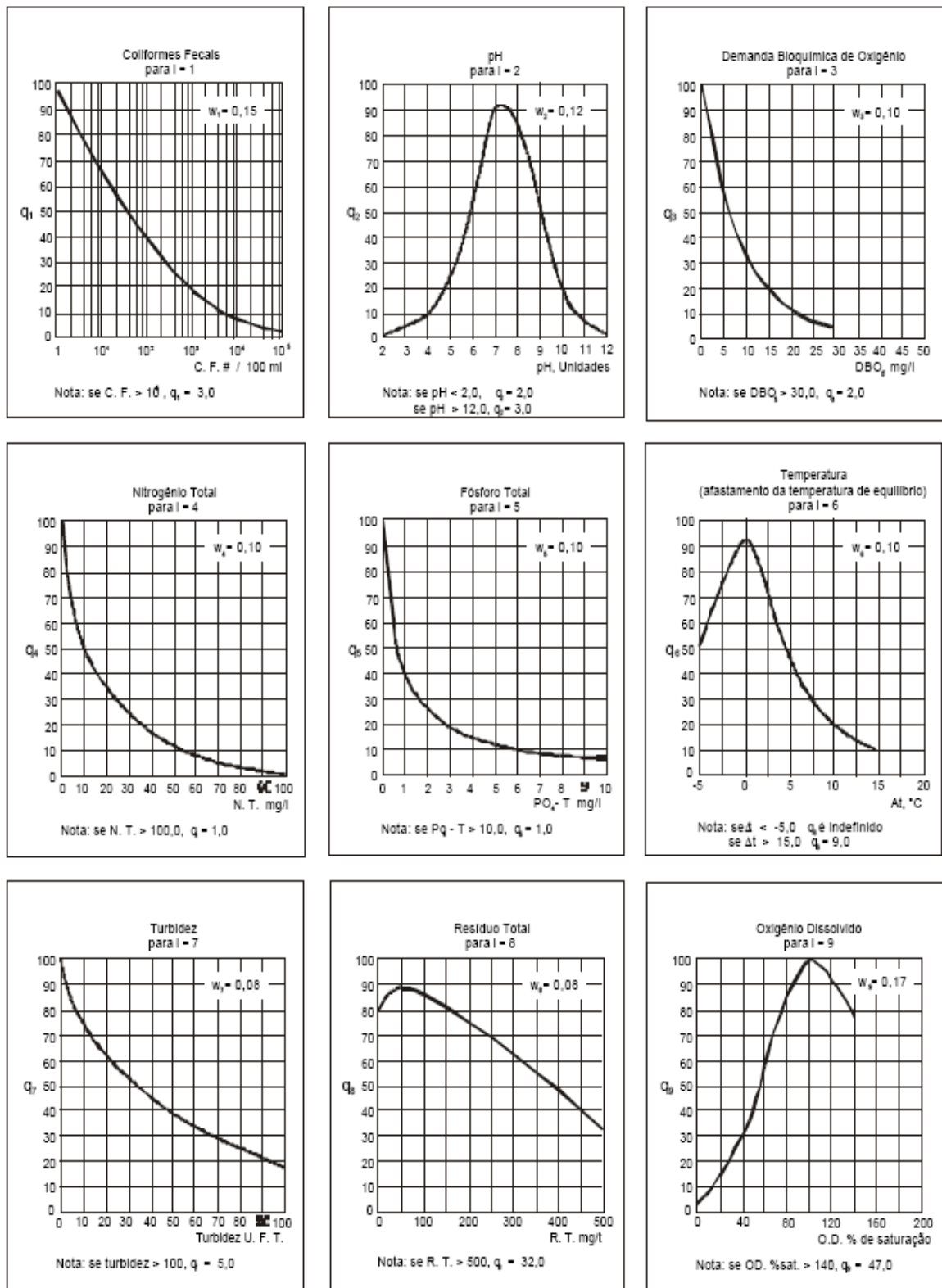


Figura 1- Curvas medias de parâmetros para ICA-NSF. (Ott, 1978, Brown et,1970).

El índice se obtiene mediante la suma ponderada del producto del valor  $q_i$  obtenido para cada parámetro y el peso específico ( $w_i$ ) del parámetro.

$$ICA - NSF = \sum_1^n q_i * w_i \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde

$w_i$ : son los pesos asignados a cada parámetro, ponderado entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria igual a 1.

$q_i$ : es la cantidad del parámetro (i) en función de la concentración y cuya calificación oscila entre 0 y 100 .

Los pesos relativos de cada parámetro se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1- Pesos relativos de cada parámetro**

Parámetro	$w_i$
pH	0,12
Temperatura	0,10
Turbiedad	0,08
Oxígeno Disuelto	0,17
DBO	0,10
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
Sólidos Totales	0,08
Coliformes Fecales	0,15

El valor del ICA que arroja la Ecuación 3 es un número entre 0 y 100 que califica la calidad del agua de acuerdo con la escala de clasificación (Tabla 2).

**Tabla 2- Clasificación ICA-NSF**

RANGO	COLOR
Excelente: 91-100	
Buena: 71-90	
Regular: 51 -70	
Mala: 26-50	
Pésima: 0- 25	

Fuente: Fernández y Solano, 2005

Las aguas clasificadas como **excelentes y buenas** pueden soportar una alta diversidad de vida acuática y son apropiadas para todo tipo de recreación y para la toma de agua para potabilización.

Las de características **regular** generalmente poseen menos diversidad de organismos acuáticos y frecuentemente manifiestan un crecimiento anormal de algas.

Aquellas aguas que caen dentro de la clasificación de **mala** pueden soportar una baja diversidad de vida acuática y probablemente experimenten problemas de contaminación.

Las aguas dentro de la categoría de **pésima** solo pueden soportar un número limitado de organismos acuáticos, pudiendo esperarse que tengan grandes problemas de calidad. No se consideran aceptables para actividades que involucren el contacto directo con el agua.

La clasificación propuesta según los usos destinados de cada curso superficial se presenta en la Tabla 3.

En la metodología de estimación del ICA se considera que al faltar el valor de alguno de los parámetros, su peso específico se reparte en forma proporcional entre los restantes.

**Tabla 3- Usos del agua según su ICA**

ICA	USOS				
	AGUA POTABLE	AGRÍCOLA	PESCA Y VIDA ACUÁTICA	INDUSTRIAL	RECREATIVO
91-100	No requiere purificación para consumo	No requiere purificación para riego	Pesca y vida acuática abundante	No se requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático
71-90	Purificación menor requerida	Purificación menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua	Pesca y vida acuática abundante	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad de agua para operación	Cualquier tipo de deporte acuático
51-70	Tratamiento potabilizador necesario	Utilizable en mayoría de cultivos	Límite para peces muy sensitivos y dudosa la pesca sin riesgos de salud	No se requiere tratamiento para la mayoría de industrias de operación	Restringir los deportes de inmersión, precaución se si ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias
26-50	Inaceptable para consumo	Uso en cuerpos muy resistentes o tratamientos necesarios para la mayoría de cultivos	Vida acuática limitada a especies muy resistentes e inaceptables para actividad pesquera	Tratamiento para mayoría de usos	Dudosa para contacto con el agua. Evitar contacto
0-25	Inaceptable para consumo	Inaceptable para riego	Inaceptable para vida acuática	Inadecuada para cualquier industria	Contaminación visible, evitar cercanía. Inaceptable para recreación

Fuente: Fernández y Solano, 2005

### 1.4.2- ICA CETESB

Este índice consiste en una adaptación del índice multiplicativo de ICA-NSF realizada por la Autoridad Ambiental del Estado de Sao Paulo, Brasil (CETESB) a las condiciones específicas de los ríos del Estado de Sao Paulo. Se cambiaron los parámetros nitratos y fosfatos por nitrógeno total y fósforo total respectivamente, manteniéndose las mismas funciones de los subíndices y las ponderaciones específicas de cada parámetro establecido en el ICA-NSF. Adicionalmente el

CETESB modificó la clasificación de la calidad del agua de los ríos de acuerdo con el valor del índice obtenido, considerando el uso del recurso para abastecimiento humano.

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados en el cálculo del ICA - CETESB son 9: pH, Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5 en mg/l), Oxígeno disuelto, expresado como porcentaje de saturación (OD en % Sat), Fósforo total, Nitrógeno Total (NTK en mg/l), Temperatura, Sólidos totales (mg/l ST), Turbiedad (en UNT) y Coliformes Totales (UFC/100 ml).

Cada parámetro posee un peso, que fue fijado en función de su importancia para la conformación global de la calidad de agua. Los mismos se exponen en la Tabla 4.

**Tabla 4- Parámetros y pesos relativos**

Parámetros	Pesos relativos
Oxígeno Disuelto	0.17
Coliformes Fecales	0.15
pH	0.12
DBO	0.10
Fósforo Total	0.10
Temperatura	0.10
Nitrógeno Total	0.10
Turbidez	0.08
Sólidos Totales	0.08

Fuente: CETESB ,1997

Además de su peso (w), cada parámetro posee un valor de calidad (q), obtenido del respectivo gráfico de calidad en función de su concentración o medida (Figura 1).

El cálculo del IQA se realiza por medio del producto ponderado de los parámetros citados anteriormente, según la siguiente ecuación:

$$ICA - NSF = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

ICA- NSF= índice de calidad de agua, es un número entre 0 y 100






qi= calidad del i-ésimo parámetro, número entre 0 y 100, que se obtiene de las respectivas curvas de variación de calidad, en función de su concentración medida.

wi= peso correspondiente al i-ésimo parámetro , número entre 0 y 1 en función de la importancia para la conformación global del índice, siendo:

$$\sum_{i=1}^n wi = 1$$

Los valores del IQA son clasificados en franjas, como se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5. Clasificación propuesta para calidad de agua por CETESB**

Valor	Calidad	Color
80-100	Óptima	
52-79	Buena	
37-51	Aceptable	
20-36	Mala	
0-19	Pésima	

### 1.4.3- ICA Rojas

Rojas (1991) propuso una modificación al ICA multiplicativo de la NSF al aplicar el ICA al Río Cauca.

Consideró que la incidencia de los nitratos y fosfatos era despreciable en la calidad, debido a las bajas concentraciones en que se encontraban y determinó que la variable Temperatura (delta T) no debía tenerse en cuenta en el cálculo debido a que en este río no existían descargas que pudiesen afectar significativamente la temperatura del agua.

De esta forma Rojas propuso un Índice de tipo multiplicativo adaptado a las condiciones específicas del Río Cauca, conformado por Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, pH, DBO<sub>5</sub>, turbiedad y sólidos totales y cuyas ponderaciones se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6. Pesos relativos adoptados por Rojas**

Parámetro	Peso Relativo (W)
OD	25%
C. Fecales	21%
pH	17%
DBO <sub>5</sub>	15%
Turbiedad	11%
Sólidos Totales	11%

Adicionalmente Rojas planteó una clasificación de acuerdo con el valor del índice obtenido, considerando el uso abastecimiento humano (Tabla 7).

**Tabla 7. Clasificación propuesta por Rojas**

Índice de calidad	Clasificación
80-100	Óptima calidad
50-80	Buena calidad
35-50	Aceptable calidad
20-35	Inadecuada calidad
0-20	Muy mala calidad

#### 1.4.4- ICA CCME (Canadian Council Ministry of Environment)

Este índice fue desarrollado en Canadá, en 1995, por el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de British Columbia. Se basa en el alcance de los objetivos establecidos por la legislación con el fin de proteger todos los usos de un cuerpo de agua, teniendo en cuenta las cargas residuales a las que pueden estar expuestos.

Este índice puede aplicarse a cualquier cuerpo de agua donde los objetivos de calidad hayan sido probados y es flexible respecto al tipo y número de parámetros que deben ser determinados (CCME WQI, 2001). Las categorías del índice son aplicables a varios usos de manera general.

El cuerpo de agua al que se le aplicará el índice puede estar definido por un punto de muestreo o por varios. Con un solo punto se obtendrán buenos resultados si se cuenta con suficientes datos para el mismo. Entre más puntos se incluyan, más general será la conclusión a la que se llegue, aunque se perderá la información de la posible variabilidad entre dichos puntos.

El período de tiempo escogido dependerá de la cantidad de datos disponible y de los requerimientos del usuario. Usualmente se emplea un período mínimo de un año debido a que los datos sobre un cuerpo de agua se colectan para cubrir este espacio de tiempo. Se pueden combinar datos de años diferentes, especialmente cuando la información en cierto año está incompleta, pero al igual que con los puntos de muestreo se perderá información sobre la variabilidad.

Aunque no se especifica un número máximo de parámetros, es recomendable que para el cálculo del índice se empleen como mínimo cuatro parámetros del que se tenga al menos cuatro valores (4 muestreos).

La selección de los parámetros es crítica para garantizar que el índice nos de una información acertada del sistema que se estudia. Escoger un pequeño número de parámetros para los cuales no se cumple con lo normado dará una idea muy diferente del sistema de la que se obtiene si se considera un gran número de variables de las cuales solo un número pequeño no cumplirán con lo deseado.

El cálculo de este índice se basa en una combinación de 3 factores

- El número de variables que no se ajustan a los objetivos de calidad de agua (Factor F1: Alcance)
- El número de veces que estos objetivos no se cumplen (Factor F2: Frecuencia)
- La cantidad por la cual los objetivos no se cumple (Factor F3: Amplitud)

El cálculo de F1 y F2 es relativamente sencillo; F3 requiere algunos pasos adicionales.

**F1** (Alcance o Ámbito de aplicación): representa el porcentaje de parámetros que no cumplen con la norma (parámetros fallidos), al menos una vez en el período en que se analiza, con respecto al número total de parámetros que se seleccionaron:

$$F1 = \left( \frac{\text{parámetros fallidos}}{\text{total de parámetros}} \right) \times 100 \quad \text{(Ecuación 5)}$$

**F2 (Frecuencia):** representa el porcentaje de ensayos individuales que dieron resultados diferentes a la norma (ensayos fallidos) del total de ensayos que se realizaron. Con ensayos se refiere a análisis de laboratorio que se realizan para cada parámetro.

$$F2 = \left( \frac{\text{ensayos.fallidos}}{\text{total.de.ensayos}} \right) \times 100 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

**F3 (amplitud):** representa cuan diferente dio el resultado del ensayo con respecto al valor establecido.

Este factor se calcula en tres pasos

- El número de veces por el cual cada valor fallido es mayor (o menor, en el caso de que lo establecido en la norma sea un valor mínimo) que el valor establecido se denomina “excursión”.

En el caso de que el valor calculado no deba exceder lo normado se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Excursión}_i = \left( \frac{\text{Valor.fallido}_i}{\text{valor.normado}_j} \right) - 1 \quad \text{(Ecuación 7)}$$

En el caso de que el valor calculado no deba ser menor que lo normado se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Excursión}_i = \left( \frac{\text{Valor.normado}_j}{\text{valor.fallido}_i} \right) - 1 \quad \text{(Ecuación 8)}$$

- A continuación se calcula la suma normalizada de las excursiones (nse, siglas en inglés), dividiendo la sumatoria de las excursiones entre el total de ensayos realizados (tanto los que dieron valores que no cumplen con lo normado como aquellos que si cumplen):

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{excursión}_i}{\text{total.de.ensayos}} - 1 \quad \text{(Ecuación 9)}$$

- Finalmente el factor F3 se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$F3 = \left( \frac{nse}{0,01.nse + 0,01} \right) \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Una vez que se han obtenido los tres factores, el índice puede ser calculado mediante la suma de los tres valores, como si fueran vectores. La suma de los cuadrados de cada factor es igual al cuadrado del índice. Este enfoque trata el índice como un espacio tridimensional donde los factores se colocan a lo largo de cada eje (x, y, z).

Con este modelo, el índice cambia de manera directamente proporcional con los cambios que se produzcan en los valores de los factores.

$$CCME.WQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^3}}{1.732} \right) \text{ (Ecuación 11)}$$

La constante 1.732 es un factor de escala (raíz cuadrada de 3) que asegura que el índice varíe entre 0 y 100, donde 0 representa la “peor” calidad y 100 la “mejor” calidad de agua

Existen cinco categorías dependiendo del valor obtenido:

**Excelente: (95-100)** – la condición del recurso es casi igual a la de su estado natural, sin apenas deterioro de su calidad.

**Buena: (80-94)** – la condición del recurso es cercana a la de su estado natural o a lo deseado, el deterioro de su calidad es menor.

**Regular: (65-79)** – la condición del recurso a veces difiere de su estado natural o lo deseado, la calidad del agua esta ocasionalmente perjudicada.

**Marginal: (45-64)** – la condición del recurso en numerosas ocasiones difiere de su estado natural o lo deseado, la calidad se deteriora frecuentemente.

**Pobre: (0-44)** – la condición del recurso usualmente difiere de su estado natural o lo deseado, la calidad casi siempre está deteriorada.

Como puede apreciarse, este índice tiene como ventaja que no requiere realizar transformaciones a los parámetros que participan de la evaluación y evita la subjetividad de asignar diferente importancia o peso de los mismos dentro del cálculo del índice. Asimismo, identifica aquellos parámetros que no cumplen con los niveles establecidos y la frecuencia en que se esto se produce.

A diferencia del índice de la NSF que se calcula como el promedio ponderado de las transformaciones de los distintos parámetros, éste representa la distancia geométrica entre los niveles que establece la legislación para los diferentes parámetros que lo caracterizan y el estado en que se encuentra el recurso.

En su elaboración no se obliga a adoptar parámetros específicos para el cálculo, sino que deja abierta la elección de los mismos al buen juicio profesional, situación diferente en los otros índices donde no se admiten que los parámetros sean modificados de acuerdo a las características naturales del recurso.

Se presenta a continuación un ejemplo de cálculo:

En la Tabla 8 se presentan los valores de oxígeno disuelto, pH, fósforo total, nitrógeno total, Coliformes Fecales, arsénico, plomo, mercurio, 2-4 D y lindano, que corresponden a los muestreos realizados en el Río North Saskatchewan en Devon, durante el año 1997. Las mediciones fueron mensuales para la mayoría de las variables y trimestral para los plaguicidas. Se puede observar que falta un dato de mercurio.

Los objetivos se presentan en el último renglón de la Tabla 8.

**Tabla 8. Datos para el ejemplo de cálculo**

North Saskatchewan River at Devon - 1997

DATE	DO Mg/L	pH	TP mg/L	TN mg/L	FC #/dL	As mg/L	Pb Mg/L	Hg g/L	2,4-D g/L	Lindane g/L
7-Jan-97	11.4	8.0	0.006	0.160	4	0.0002	0.0004	L0.05	L0.005	L0.005
4-Feb-97	11.0	7.9	0.005	0.170	L4 <sup>2</sup>	L0.0002	<b>0.0094</b>	L0.05		
4-Mar-97	11.5	7.9	0.006	0.132	4	L0.0002	L0.0003	L0.05		
8-Apr-97	12.5	7.9	<b>0.058<sup>1</sup></b>	0.428	L4	L0.0002	0.0008	L0.05	0.004	L0.005
6-May-97	10.4	8.1	0.042	0.250	L4	0.0002	0.0008	L0.05		
3-Jun-97	8.9	8.2	<b>0.108</b>	0.707	26	0.0006	0.0013	L0.05		
8-Jul-97	8.5	8.3	0.017	0.153	9	0.0002	0.0004			
5-Aug-97	7.5	8.2	0.008	0.153	8	L0.0002	L0.0003	L0.05	L0.005	L0.005
2-Sep-97	9.2	8.2	0.006	0.130	12	0.0003	0.0018	L0.05		
7-Oct-97	11.0	8.1	0.008	0.093	12	L0.0002	0.0011	L0.05	L0.005	L0.005
4-Nov-97	12.1	8.0	0.006	0.296	8	L0.0002	<b>0.0051</b>	L0.05		
1-Dec-97	13.3	8.0	0.004	0.054	4	L0.0002	L0.0003	L0.05		
<b>OBJECTIVE:</b>	<b>5</b>	<b>6.5 - 9.0</b>	<b>0.05</b>	<b>1</b>	<b>400</b>	<b>0.05</b>	<b>0.004</b>	<b>0.1</b>	<b>4</b>	<b>0.01</b>

<sup>1</sup> Bolded values do not meet the objective

<sup>2</sup> L = less than

El primer paso consiste en determinar F1 (el porcentaje de parámetros que no cumplen con los objetivos)

En la Tabla 9 puede verse que:

**Tabla 9. Ejemplo cálculo F1**

DATE	DO Mg/L	pH	TP mg/L	TN mg/L	FC #/dL	As mg/L	Pb Mg/L	Hg g/L	2,4-D g/L	Lindane g/L
7-Jan-97	11.4	8.0	0.006	0.160	4	0.0002	0.0004	L0.05	L0.005	L0.005
4-Feb-97	11.0	7.9	0.005	0.170	L4 <sup>2</sup>	L0.0002	<b>0.0094</b>	L0.05		
4-Mar-97	11.5	7.9	0.006	0.132	4	L0.0002	L0.0003	L0.05		
8-Apr-97	12.5	7.9	<b>0.058<sup>1</sup></b>	0.428	L4	L0.0002	0.0008	L0.05	0.004	L0.005
6-May-97	10.4	8.1	0.042	0.250	L4	0.0002	0.0008	L0.05		
3-Jun-97	8.9	8.2	<b>0.108</b>	0.707	26	0.0006	0.0013	L0.05		
8-Jul-97	8.5	8.3	0.017	0.153	9	0.0002	0.0004			
5-Aug-97	7.5	8.2	0.008	0.153	8	L0.0002	L0.0003	L0.05	L0.005	L0.005
2-Sep-97	9.2	8.2	0.006	0.130	12	0.0003	0.0018	L0.05		
7-Oct-97	11.0	8.1	0.008	0.093	12	L0.0002	0.0011	L0.05	L0.005	L0.005
4-Nov-97	12.1	8.0	0.006	0.296	8	L0.0002	<b>0.0051</b>	L0.05		
1-Dec-97	13.3	8.0	0.004	0.054	4	L0.0002	L0.0003	L0.05		
<b>OBJECTIVE:</b>	<b>5</b>	<b>6.5 - 9.0</b>	<b>0.05</b>	<b>1</b>	<b>400</b>	<b>0.05</b>	<b>0.004</b>	<b>0.1</b>	<b>4</b>	<b>0.01</b>

<sup>1</sup> Bolded values do not meet the objective

<sup>2</sup> L = less than

De los 10 parámetros en cuestión, sólo 2 no cumplen, es decir:

$$F1 = \left( \frac{2}{10} \right) \times 100 = 20 \text{ (Ecuación 12)}$$

A continuación se procede al cálculo de F2 (porcentaje de pruebas que no se ajustan a los objetivos sobre el total de las pruebas) (Tabla 10).

$$F2 = \left( \frac{4}{103} \right) \times 100 = 3,9 \text{ (Ecuación 13)}$$

Tabla 10. Ejemplo cálculo F2

North Saskatchewan River at Devon - 1997										
DATE	DO Mg/L	pH	TP mg/L	TN mg/L	FC #/dL	As mg/L	Pb Mg/L	Hg g/L	2,4-D g/L	Lindane g/L
7-Jan-97	11.4	8.0	0.006	0.160	4	0.0002	0.0004	L0.05	L0.005	L0.005
4-Feb-97	11.0	7.9	0.005	0.170	L4 <sup>2</sup>	L0.0002	0.0094	L0.05		
4-Mar-97	11.5	7.9	0.006	0.132	4	L0.0002	L0.0003	L0.05		
8-Apr-97	12.5	7.9	0.058 <sup>1</sup>	0.428	L4	L0.0002	0.0008	L0.05	0.004	L0.005
6-May-97	10.4	8.1	0.047	0.250	L4	0.0002	0.0008	L0.05		
3-Jun-97	8.9	8.2	0.108	0.707	26	0.0006	0.0013	L0.05		
8-Jul-97	8.5	8.3	0.017	0.153	9	0.0002	0.0004			
5-Aug-97	7.5	8.2	0.008	0.153	8	L0.0002	L0.0003	L0.05	L0.005	L0.005
2-Sep-97	9.2	8.2	0.006	0.130	12	0.0003	0.0018	L0.05		
7-Oct-97	11.0	8.1	0.008	0.093	12	L0.0002	0.0011	L0.05	L0.005	L0.005
4-Nov-97	12.1	8.0	0.006	0.296	8	L0.0002	0.0051	L0.05		
1-Dec-97	13.3	8.0	0.004	0.054	4	L0.0002	L0.0005	L0.05		
OBJECTIVE:	5	6.5 - 9.0	0.05	1	400	0.05	0.004	0.1	4	0.01

<sup>1</sup> Bolded values do not meet the objective  
<sup>2</sup> L = less than

Para calcular F3, primero se obtienen los valores de las excursiones y luego se procede a la suma normalizada.

$$Excursión_1 = \left( \frac{0,058}{0,05} \right) - 1 = 0,16$$

$$Excursión_2 = \left( \frac{0,108}{0,05} \right) - 1 = 1,16$$

$$Excursión_3 = \left( \frac{0,0094}{0,004} \right) - 1 = 1,35$$

$$Excursión_4 = \left( \frac{0,0051}{0,004} \right) - 1 = 0,275$$

$$nse = \frac{(0,16 + 1,16 + 1,35 + 0,275)}{103} = 0,029$$

$$F3 = \left( \frac{0,029}{0,01 \cdot 0,029 + 0,01} \right) = 2,8$$

$$CCME.WQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{20^2 + 3,9^2 + 2,8^3}}{1.732} \right)$$

$$CCME.WQI = 88$$

El valor obtenido refleja que la condición del recurso es cercana a la de su estado natural o que el deterioro de su calidad es menor.

### 1.4.5- Índice Holandés o Sistema Holandés de valoración de calidad de agua

El Sistema Holandés de Clasificación de la calidad del agua se basa en la información de tres parámetros como indicadores: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Amoniacal y oxígeno disuelto, este último expresado como porcentaje de saturación de oxígeno.

A cada parámetro se le asigna una puntuación en función del valor resultante, teniendo en cuenta los criterios establecidos en la Tabla 11.

**Tabla 11. Asignación de puntajes Sistema Holandés de valoración de calidad físico-química**

Puntaje	PSO (%)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)
1	91-100	≤ 3	< 0.05
2	71-90 11-120	3.1-6.0	0.50 - 1.0
3	51-70 121-130	6.1-9.0	1.1 - 2.0
4	31-50	9.1 -15	2.1 -5.0
5	≤ 30 y >130	> 15	> 5.0

PSO: Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto, OD. Se obtiene de la relación entre el OD real obtenido en el sitio de medición y el OD teórico correspondiente a la condición de agua limpia a la presión atmosférica y la temperatura en el mismo sitio de medición.

DBO<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenida en condiciones estándar de 20 °C e incubación durante 5 días.

Con la suma de los puntajes correspondientes a cada parámetro, se determina la clasificación de la calidad, la cual se traduce a un código de colores, como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés**

Clase	Sumatoria de puntos	Código de Color	Calidad
1	3		Sin contaminación
2	4-6		Contaminación incipiente
3	7-9		Contaminación moderada
4	10-12		Contaminación severa
5	13-15		Contaminación muy severa

### 1.4.6- ICA propuesto por Berón

Este índice fue elaborado por Laura Berón, en el año 1984 para evaluar la calidad de las aguas del Río Matanza- Riachuelo y del Río de la Plata, basado en datos obtenidos en los trabajos realizados por el Departamento de Contaminación de Aguas de la Dirección Nacional de Estudios y Proyectos de la Subsecretaría de Medio Ambiente. Contempla únicamente variables físico-químicas como temperatura, cloruros, nitrógeno amoniacal, DBO y Oxígeno Disuelto.

Para cada parámetro seleccionado existe una clasificación de acuerdo al grado de polución, que se asigna a través de un valor, denominado  $q_i$  (Tablas 13 y 14).

**Tabla 13. Clasificación de parámetros según grado de polución**

Temperatura (°C)		Cloruros (mg/l)		N- Amoniaca	
	clasificación		clasificación		clasificación
0 – 17.5	10	0 – 50	10	0 – 0.2	30
>17.5 -19.5	9	>50 - 150	8	> 0.2 – 0.5	24
> 19.5 – 21.5	7	> 150 - 300	5	> 0.5 – 1.0	18
> 21.5 – 23	5	> 300 - 620	3	>1.0 – 2.0	12
> 23 – 25	3	> 620	0	> 2.0 – 5.0	6
> 25	1			> 5.0 -10.0	3
				> 10.0	0

**Tabla 14. Clasificación de parámetros según grado de polución (continuación)**

DBO (mg/l)		Oxígeno Disuelto			
	clasificación	% Saturación	clasificación	mg/l	clasificación
0 – 2	30	> 90 - 105	10	> 9	10
>2 – 4	27	>80 – 90	8	> 8 – 9	8
> 4 – 6	24	> 105 - 120	8	> 6 – 8	6
> 6- 10	18	> 60 - 80	6	> 4– 6	4
> 10- 15	12	> 120	6	> 1- 4	2
> 15-25	16	> 40- 60	4	0 - 1	0
>25- 50	3	> 10 – 40	2		
> 50	0	0-10	0		

Su cálculo se efectúa de acuerdo a la siguiente expresión:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \text{ (Ecuación 14)}$$

Donde,  $q_i$  es el valor de la clasificación ponderada del parámetro  $i$ , que se obtiene de acuerdo a las tablas de clasificación. Y  $w_i$  es el peso relativo del parámetro  $i$ , número entre 1 y 10, donde:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 10, \text{ considerando que todos los parámetros pueden ser sumados.}$$

$n$ : número de parámetros.

ICA: índice de calidad de agua, número entre 0 y 10.

En caso de no contar con el valor de algún parámetro se puede obtener una estimación del índice dividiendo el total de los valores de la clasificación por la suma de los pesos relativos de los restantes parámetros.

Para la asignación de pesos relativos se tuvo en cuenta el aporte contaminante de cada uno y también su importancia en los criterios normales de calidad. Así se le asignó un valor máximo (3) a los valores de nitrógeno amoniacal y DBO. A los valores de OD se le asignaron un valor inferior (2), dado que se expresa como concentración y porcentaje de saturación se les asigna a ambos el mismo valor (1). Y a los cloruros y temperatura, un valor todavía menor que 1 (entre ambos).

La clasificación final de este índice se representa por una escala de once puntos, variando de cero a diez y donde la calidad de las aguas puede ser descripta por la siguiente escala:

- 10- Pureza original
- 8 – Contaminación leve
- 6- Contaminación moderada
- 3- Contaminación elevada
- 0- Polución muy elevada con calidad semejante a un cloacal y séptico.

#### 1.4.7- Índices de calidad propuestos por Pesce - Wunderlin

Pesce y Wunderlin (2000) desarrollaron tres índices de calidad de agua, el denominado **ICA subjetivo**, el **ICA objetivo** (teniendo en cuenta 20 parámetros físico-químicos) y el **ICA simplificado** (desarrollado en base a tres parámetros: turbiedad, oxígeno disuelto y conductividad). Todos ellos destinados a evaluar la calidad de agua del Río Suquía, Córdoba.

El **ICA subjetivo** se calcula en base al ICA propuesto por Rodríguez de Bascarón (Conesa Fdez-Vitora, 1995) cuya ecuación se expone a continuación:

$$ICASubj = k \frac{\sum_i C_i * P_i}{\sum_i P_i} \text{ (Ecuación 15)}$$

Donde k es una constante subjetiva de calidad del agua con valores entre 1 (agua aparentemente de gran calidad), 0.25 (agua altamente contaminada) y valores entre 0.75 y 0.5 para situaciones intermedias. Representa la impresión visual de la contaminación del curso de agua.

La ecuación está integrada por  $C_i$ , que representa el valor asignado a cada parámetro después de ser normalizado (Tabla 15) y  $P_i$  que corresponde al peso relativo asignado a cada parámetro (4 máxima importancia y 1 mínima relevancia). Estos últimos fueron asignados considerando su importancia para agua destinada al abastecimiento doméstico con tratamiento convencional, preservación de la vida acuática y recreación. (Tabla 15)

El **ICA objetivo** se calcula utilizando la misma fórmula de cálculo que el ICA Subjetivo pero tomando el valor  $k=1$  en todos los casos, teniendo en cuenta las variaciones de los parámetros medidos (Ecuación 16)

$$ICA_{Obj} = \frac{\sum_i C_i * P_i}{\sum_i P_i} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

El **ICA simplificado o mínimo** utiliza la fórmula siguiente para su cálculo:

$$ICA_{min} = \frac{C_{OD} + C_{cond} + C_{turb}}{3} \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Donde  $C_{OD}$  es el valor de oxígeno disuelto después de la normalización (Tabla 15),  $C_{cond}$  es el valor de conductividad y  $C_{turb}$  es el de turbiedad, ambos valores resultantes de la normalización.

Todos estos ICAs (Subjetivo, Objetivo y Simplificado) tienen en común el valor numérico resultante del índice y la clasificación del agua que se expresa según Tabla 16.

**Tabla 15. Valores considerados para el cálculo de  $C_i$  y  $P_i$  para diferentes parámetros**

Parámetros	$P_i$	$C_i$										
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
pH	1	7	7-8	7- 8.5	7- 9	6.5-7	6 -9.5	5-10	4-11	3-12	2-13	1-14
Conductividad (uS/cm)	2	<750	<1000	<1250	<1500	<2000	<2500	<3000	<5000	<8000	<12000	>12000
SDT (mg/l)	4	<20	<40	<60	<80	<100	<120	<160	<240	<320	<400	>400
N-NH4 (mg/l)	3	<0.01	<0.05	<0.10	<0.20	<0.30	<0.40	<0.50	<0.75	<1.0	<1.25	>1.25
DQO (mg/l)	3	<5	<10	<20	<30	<40	<50	<60	<80	<100	<150	>150
DBO (mg/l)	3	<0.5	<2	<3	<4	<5	<6	<8	<10	<12	<15	>15
OD (mg/l)	4	>7.5	>7.0	>6.5	>6.0	>5.0	>4.0	>3.5	>3.0	>2.0	>1.0	< 1.0
Cloruros (mg/l)	1	<25	<50	<100	<150	<200	<300	<500	<700	<1000	<1500	>1500
Turbiedad (UNT)	2	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<40	<60	<80	<100	>100
C. Totales (NMP/100 ml)	3	<50	<500	<1000	<2000	<3000	<4000	<5000	<7000	<10000	<14000	>14000
Temperatura (°C)	1	21/16	22/15	24/14	26/12	28/12	30/5	32/0	36/-2	40/-4	45/-6	>45 <-6

**Tabla 16. Clasificación propuesta para representar el ICA P-W (objetivo/simplificado)**

Calidad	ICA
Muy mala	0-25
Mala	26-50
Regular	51-70
Buena	71-90
Excelente	91-100

## Capítulo 2 – Descripción de los recursos hídricos del sur de la provincia de Santa Fe

### 2.1- Descripción general de los recursos hídricos superficiales de la provincia de Santa Fe.

Los recursos hídricos de la provincia de Santa Fe (Fig. 2) se enmarcan dentro de las características propias de los paisajes de llanura. En relación al entorno, los sistemas hídricos superficiales pueden clasificarse en: **sistemas regionales** (recursos compartidos con otras provincias) y en **sistemas provinciales** que se desarrollan sólo en el interior provincial (Enciclopedia Geográfica de la provincia de Santa Fe, 2006).



Fuente: <http://santafenuestraproov.blogspot.com>

Figura 2. Recursos Hídricos de Santa Fe

Dentro de los sistemas regionales, según la Enciclopedia Geográfica de la Provincia de Santa Fe, se encuentran los que importan agua al exterior como los Bajos Submeridionales, el Río Salado, el Río Carcarañá y la laguna La Picasa, los que exportan agua a provincias vecinas (Lagunas Encadenadas y Bajo del Chañadito) y los sistemas mixtos que se emplean como límites políticos, de los cuales se pueden mencionar el A° del Medio, A° Las Mojarras y el A° Las Totoras.

Dentro de los sistemas provinciales se puede identificar de norte a sur al A° El Rey, A° Malabrigo, el sistema de la Laguna Setúbal (A° Leyes, Potreros y Capón), el río Coronda y los arroyos San Lorenzo, Ludueña, Saladillo, Frías, Seco y Pavón. Todos los ríos y los arroyos que cruzan el territorio santafesino depositan sus aguas directa o indirectamente en el río Paraná.

El río Paraná es uno de los mayores ríos de Sudamérica, corre a lo largo del límite Este de la provincia, su cuenca cubre más de 2.800.000 km<sup>2</sup>. Su caudal medio es de 17.200 m<sup>3</sup>/s.

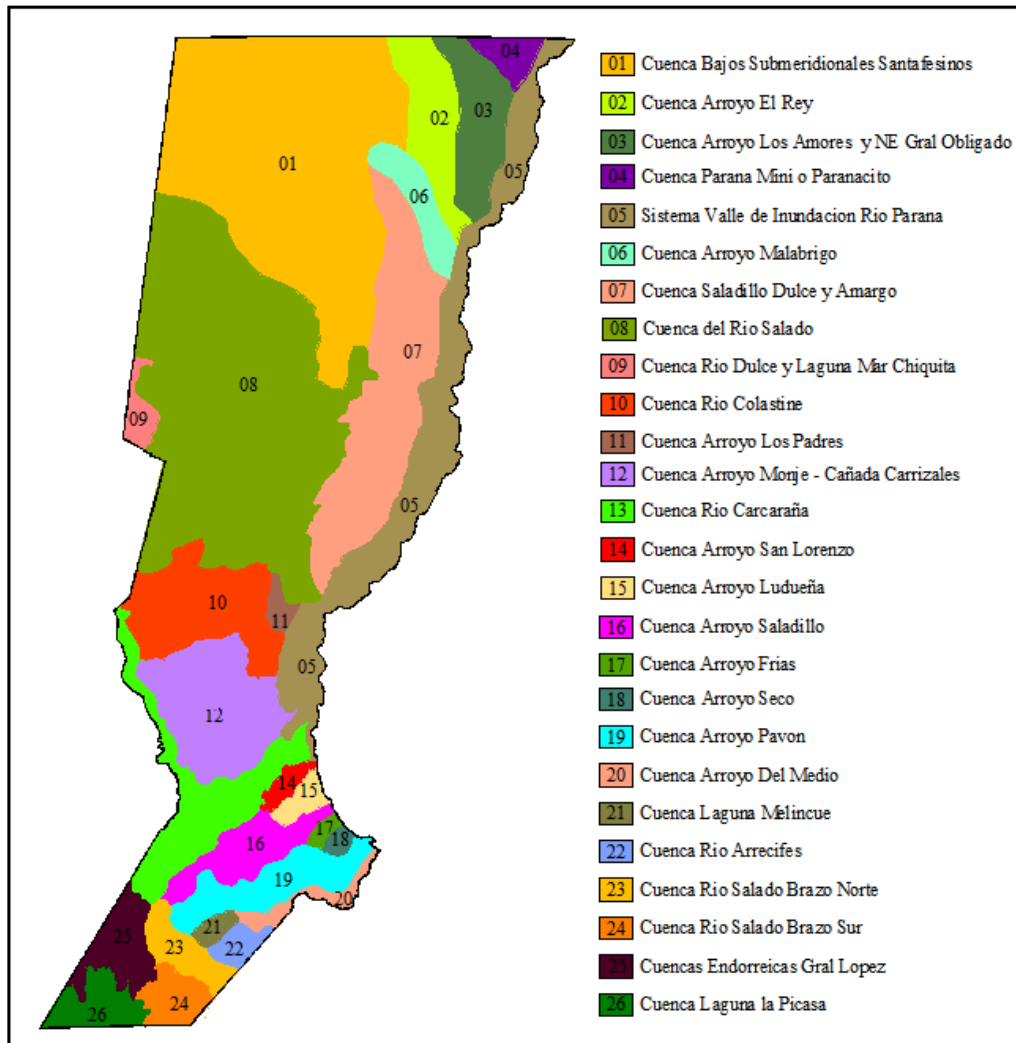
Desde Coronda hacia al sur se levanta paulatinamente formando una abrupta barranca y hacia el norte se deprime en correspondencia con la llanura chaqueña. Esto determina dos tramos bien diferenciados, el septentrional, con cauce principal recostado sobre la ribera mesopotámica, se abre al oeste con gran número de brazos y constituye multitud de islas, se destaca por su navegabilidad el brazo Paraná-Miní-San Javier y el Colastiné. El tramo austral, el curso principal corre al pie de la barranca permitiendo la instalación de importantes puertos.

El Río Salado, principal afluente del Paraná, es el sistema fluvial con mayor superficie en la provincia; sus caudales dependen de los aportes que llegan desde Santiago del Estero (donde atraviesa zonas de salitres) y de las contribuciones del arroyo Golondrinas-Calchaquí. También recibe gran cantidad de cañadas y derrames provenientes de sectores inundables.

El río Coronda constituye el desagüe natural de las lagunas encadenadas El Capón o Pedro al norte, la que afluye el río Saladillo Dulce; arroyo De Leyes en el centro, que recibe las aguas de crecida del río San Javier por el arroyo De Leyes; y la laguna Setúbal, que enmarca la ciudad de Santa Fe (Giraut et al .2007).

El río Carcarañá recorre la provincia de suroeste a noroeste, formando parte de los departamentos Belgrano e Iriondo al norte y Caseros y San Lorenzo al sur, hasta desembocar en el río Coronda, brazo del Paraná a la altura de Puerto Gaboto. Es alimentado por los escurrimientos superficiales de las aguas de lluvia y por la descarga del acuífero libre. Los arroyos de Las Tortugas, Los Leones y el Cañada de Gómez, confluyen directamente en el curso longitudinal suroeste-oeste del río Carcarañá. Todos los arroyos, a excepción de Los Leones y Cañada de Gómez, son de carácter transitorio y deben sus aguas a la alimentación proporcionada por el exceso de lluvia y el aporte de un pobre escurrimiento superficial.

La provincia se divide en cuencas hídricas (Fig. 3), cada una de ellas relacionadas a los ríos y arroyos antes mencionados que se corresponde con la topografía del lugar.



Fuente: Secretaría de Agua, Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de Santa Fe, 2008.

**Figura 3. Cuencas hídricas de Santa Fe**

## 2.2-Descripción de los arroyos del sudeste de Santa Fe

### 2.2.1-Geomorfología regional

La región en estudio (Fig. 4) comprende los arroyos ubicados en el sureste de la provincia de Santa Fe (A° Saladillo, A° Frías, A° Seco). Los mismos presentan una dirección oeste- noroeste y desembocan en el río Paraná. El frente fluvial sobre los grandes colectores está caracterizado por una barranca casi continua, de gran importancia antro-po-geográfica (INA-SSRR, 2002).



Fuente: Atlas digital de Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la República Argentina

**Figura 4. Arroyos del Sudeste santafesino**

Su límite norte y noroeste es la cuenca del río Carcarañá y el oeste – sudoeste la cuenca alta del río Salado de Buenos Aires.

Se encuentra en la denominada Pampa Ondulada, subregión de la Llanura Pampeana, cuyo relieve está caracterizado por suaves ondulaciones, más marcado en la parte oriental, debido a la erosión de los ríos y una leve elevación del basamento cristalino por lo que se puede distinguir en esta zona barrancas, bajos y terrazas fluviales. El bloque que define esta “Pampa”, está limitado por dos grandes fallas, la del este por donde corre el Río Paraná y la del Oeste que pasa por las poblaciones de Selva-Tostado-Melincú

Este bloque es el resultado de las presiones a que fue sometida la placa sudamericana, la cual conformó un arco de gran radio de curvatura, dando esta zona abovedada en el sector oriental. A su vez, este bloque se encuentra fracturado en otros menores, angostos y alargados, y a su vez algunos de ellos han basculado longitudinal o transversalmente.

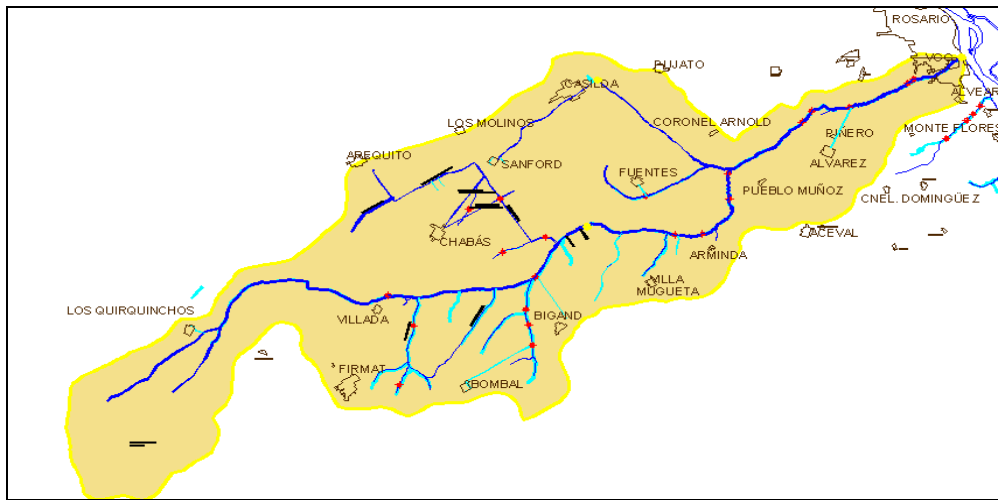
Existe una antigua red de avenimiento, conformada por gran cantidad de cañadas paralelas y equidistantes con orientación SO\_NE, cuya forma indica que en una época existió una marcada pendiente superficial en esa dirección, con cursos que iniciaban al pie de las sierras de Córdoba y terminaban en el Paraná. Esta red se encuentra en la actualidad cubierta por sedimentos, aun cuando en algunas zonas ha influido la morfología actual (INA- SSRH, 2002).

### 2.2.2-Hidrología

El **Arroyo Saladillo** se encuentra ubicado en la zona Sur de la provincia de Santa Fe. Su cuenca (Fig. 5) posee aproximadamente unos 3.200 km<sup>2</sup> de extensión superficial, presentando el curso principal una longitud de 145 Km en dirección OSO (oeste – sudoeste) a ENE (este – noreste). Su caudal base es de 1 m<sup>3</sup>/s.

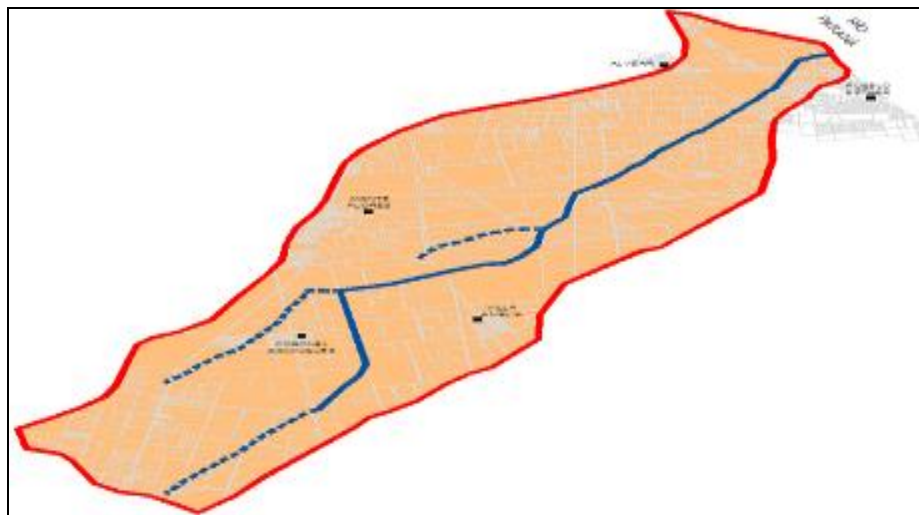
El cauce principal es el Arroyo Saladillo al que confluyen secundarios como el Arroyo La Candelaria, Canal Sanford – Arequito, Arroyo Pueblo Álvarez, Arroyo La Adela – La Esperanza y Canal Bombal.

El drenaje general del área puede describirse brevemente distinguiendo dos regiones, la de nacientes y el área restante.



**Figura 5. Cuenca Arroyo Saladillo**

El **Arroyo Frías** es un afluente de río Paraná que se encuentra ubicado en su totalidad en el sur la provincia de Santa Fe, en el departamento Rosario. Se encuentra localizado entre los arroyos Saladillos al norte y A° Seco al sur. La cuenca adopta una forma rectangular con su eje mayor en la dirección SO\_NE. El área que cubre es de 202 km<sup>2</sup> (Fig. 6). El cauce tiene aproximadamente 29 km de longitud, está formado por el cauce natural del arroyo, por el troncal, por el canal N°1 y los secundarios A, B, C, D y E que drenan los distritos de Coronel Domínguez, Villa Amelia, Alvear y General Lagos.



**Figura 6. Cuenca Arroyo Frías**

El **Arroyo Seco** tiene sus nacientes al este de Villa Amelia y corre con sentido Noreste para volcar sus aguas en el río Paraná. Su cuenca comprende una superficie de 180 km<sup>2</sup> (Fig. 7). A poco de comenzar su recorrido el arroyo recibe los aportes del canal Figuera y ya sobre la localidad de Arroyo Seco, a los canales Oeste y Este. Después de recibir al canal Figuera el arroyo vuelca sus aguas a través de un salto de 4,5 m,

en un pequeño estuario que constituye el último tramo del A° Seco, previo a su desembocadura en el río Paraná.



Figura 7. Cuenca Arroyo Seco

### 2.2.3-Suelos

Los suelos “zonales” son argiudoles típicos (familia arcillosa fina), bien drenados. Los horizontes superficiales tienen una textura franco-limosa, con bajo contenido de arena. En las pendientes más pronunciadas, el escurrimiento es algo rápido, lo que limita la oferta de agua infiltrable, fenómeno también favorecido por la textura superficial. Estos suelos, con horizontes argílicos bien definidos, presentan leves dificultades para la penetración de las raíces, la distribución y el aprovechamiento del agua, pero, también una alta fertilidad natural.

Predominan los suelos Brunizems, también llamados argiudol, con suelos desarrollados sobre materiales loéssicos, generalmente ricos en carbonatos de calcio y se los reconoce como los que representan las mejores condiciones edáficas para la implementación de los cultivos, constituyendo la mayor riqueza de la región pampeana. Se desarrolla bajo un régimen húmedo teniendo como características diagnósticas más importantes un horizonte superficial mólico, de color negro o pardo oscuro, blando, bien estructurado y bien dotado de materia orgánica, debajo del cual se halla un horizonte argílico, en el cual los incrementos de arcilla permiten encontrar clases texturales que varían de franco-arcillo-limosa a arcillosa.

Se encuentran también los Soloth, desarrollados sobre un limo loesoide altamente aptos para uso agrícola junto con los suelos alcalinos, que sirven sólo para el pastoreo (Pasotti P, Canoba C, Lewis J, 1993).

### 2.2.4-Clima

El tipo climático del área corresponde a un clima sub-húmedo, húmedo, mesotermal, con poca o ninguna deficiencia de agua.

La temperatura media anual es de 16.5°C. Los meses más cálidos y fríos del año son Enero y Julio respectivamente, con temperaturas medias mensuales de 23.8°C en Enero y 9.6°C en Julio.

La precipitación anual media es de 1.018 mm, distribuida a lo largo de año con valores importantes entre los meses de abril a octubre. Los valores mínimos se registran en el

mes de agosto, característica de la estación invernal, más seca en la región pampeana. El máximo porcentaje de precipitaciones se da en el verano siguiéndole los de otoño y primavera.

Se han tomado los datos de la estación pluviométrica de la Agencia Experimental INTA de Casilda. La serie recopilada de precipitaciones diarias corresponde al período 1958-2012. En la Fig. 8 se muestran las precipitaciones anuales observadas en el período mencionado, donde en algunos años se superaron los 1300mm anuales.

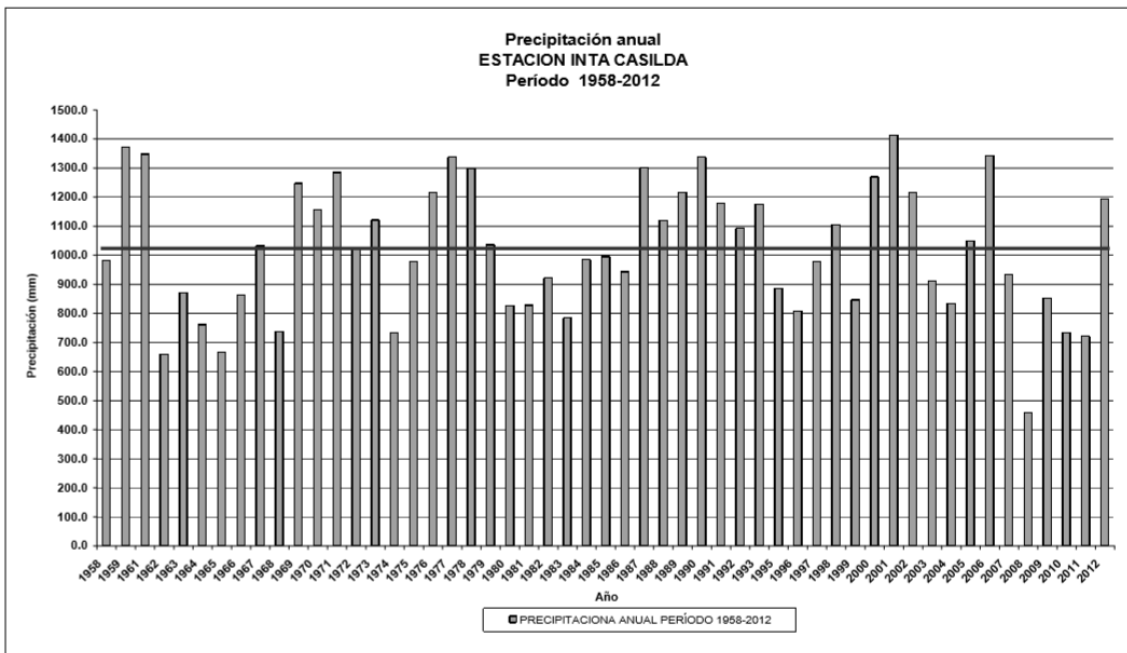


Figura 8. Precipitación anual de la estación INTA Casilda (serie 1958-2012)

La precipitación media mensual se puede observar en la Fig. 9. Las mayores precipitaciones ocurren en el mes de marzo. El período lluvioso comienza en la primavera y disminuye en el otoño.

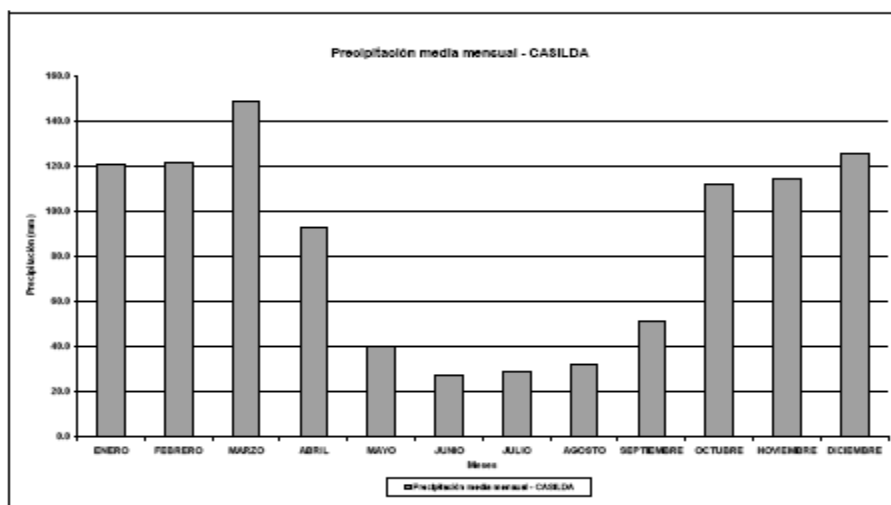


Figura 9. Precipitación media mensual de la estación Casilda (Serie 1958-2012)

La humedad relativa media oscila alrededor de 65% en Enero y 75% en Julio. En el período noviembre-febrero se presenta los valores más bajos con mínimas en diciembre o enero según la estación meteorológica de que se trate. Los valores más altos se encuentran en los meses de junio y julio. Entre los vientos predominantes encontramos los del noroeste, cálidos y húmedos; el Pampeano, una masa de aire frío y seco que avanza desde el suroeste y los del sudeste, que aporta un alto contenido de humedad.

### **2.2.5-Aspectos Socio- Económicos**

El área en estudio se encuentra dentro de la zona más desarrollada de la República Argentina. Tiene en la producción agrícola su mayor potencial, ya que los recursos que se obtienen son en gran medida el sustento del país. Ellos constituyen la mayor parte de las exportaciones nacionales.

Las partes altas, bien drenadas, con buenos suelos, son sometidas a una intensa actividad agrícola. Se destacan los cultivos de trigo, maíz, girasol y soja. Las zonas cercanas a la desembocadura de los arroyos se caracterizan por el cultivo hortícola (zona sur de Rosario, Fighiera y Pueblo Esther), con excelentes rendimientos y que abastecen fundamentalmente a los grandes centros de consumo de la región. La principal fuente de consumo es la ciudad de Rosario.

Un buen número de rutas, tanto nacionales como provinciales, cruzan las cuencas de los arroyos en cuestión, hacia todos los puntos cardinales. También los ferrocarriles y las terminales portuarias proveen los medios de transportes, hacia los puntos de consumo o exportación. Existen diversas industrias en la región, especialmente metalúrgicas relacionadas con el agro, alimenticias, que se han instalado fundamentalmente sobre las rutas provinciales N°21 y N°16, aprovechando la facilidad de transporte que ellas brindan (INA- SSRH, 2002).

## Capítulo 3 – Análisis de datos y aplicación de índices

### 3.1. Análisis de datos de calidad de agua de los Arroyos Saladillo, Frías y Seco

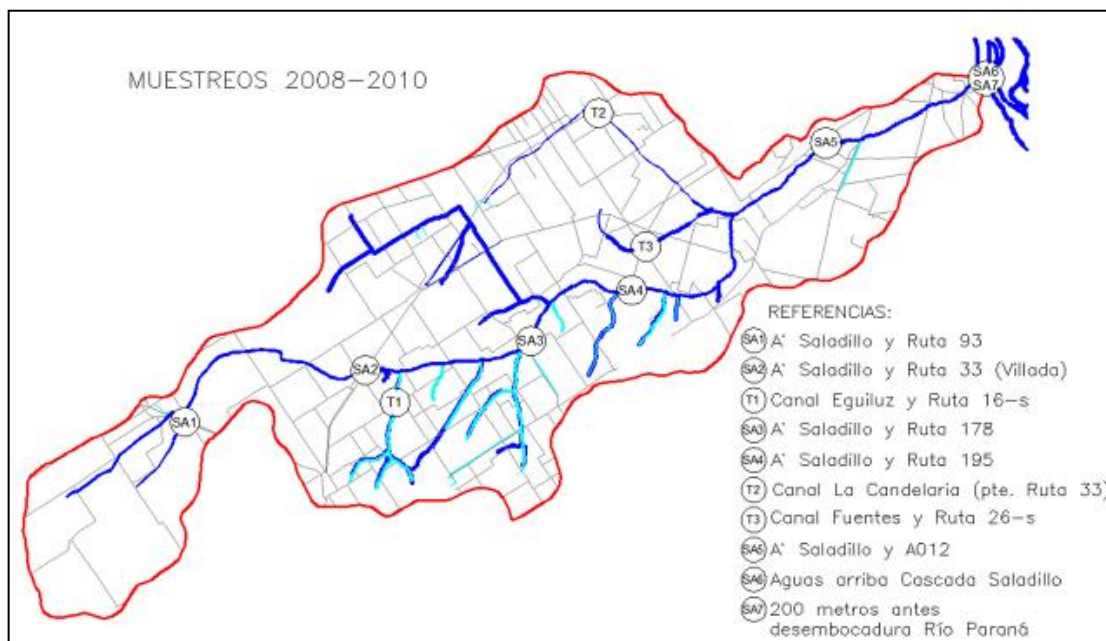
La información obtenida en el análisis de la calidad del agua de las fuentes superficiales de cada una de las cuencas seleccionadas corresponde a muestreos puntuales llevados a cabo en aquellos sitios donde por los usos del suelo que lo circundan, facilidades de acceso y ubicación respecto a efluentes y afluentes, permite explicar la variabilidad espacial de la calidad del recurso hídrico, en el período 2008-2010 y con una frecuencia trimestral.

#### 3.1.1. Estaciones de muestreo

En el **A° Saladillo** se definieron 7 estaciones de muestreo sobre el curso principal (SA1 a SA7) y 3 en canales tributarios del mismo: canal Eguiluz (T1), canal La Candelaria (T2) y canal Fuentes (T3). En la Tabla 17 se puede observar las estaciones y en la Fig. 10 la localización de las mismas.

**Tabla 17. Estaciones de muestreo en la cuenca del A° Saladillo**

Identificación	Ubicación	
	Arroyo Saladillo	Tributarios
SA1	Cruce con ruta 93 (Cañada del Ucle)	
SA2	Cruce con ruta 33 (Villada)	
T1		Canal Eguiluz (cruce ruta 16s)
SA3	Cruce con ruta 178 (aguas abajo Canal La Aldea- La Esperanza)	
SA4	Cruce con ruta 19 s	
T2		Canal La Candelaria (cruce ruta 33)
T3		Canal Fuentes (cruce ruta 26)
SA5	Cruce con ruta A012	
SA6	Aguas arriba de la Cascada	
SA7	200 m desembocadura en el Río Paraná	



**Figura 10. Localización sitios de muestreo dentro de la cuenca A° Saladillo**

El arroyo Saladillo constituye un ambiente de agua salobre desde sus nacientes hasta el salto conocido como Cascada del Saladillo, localizado en la zona sur de la ciudad de Rosario, en el límite con la localidad de Villa Gobernador Gálvez (Goransky, 2011).

El canal Eguiluz, tributario directo del arroyo Saladillo, es receptor del efluente de la planta de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Firmat y de efluentes industriales. Dicho canal recibe, asimismo, la afluencia del canal Fredriksson que colecta las aguas pluviales de la ciudad de Firmat.

El canal La Candelaria es receptor del efluente de la planta de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Casilda y de efluentes industriales. Este canal tributa al arroyo Saladillo luego de recibir la afluencia del canal Fuentes.

En la Figura11, se presenta un relevamiento fotográfico de cada sitio muestreado sobre el arroyo, mientras que en la Figura12 se exponen fotografías de los tributarios.

Sitios A° Saladillo	
SA1	
SA2	
SA3	
SA4	
SA5	
SA6	
SA7	

**Figura 11. Fotos Arroyo Saladillo- sitios seleccionados-** Autora: Amaya C.

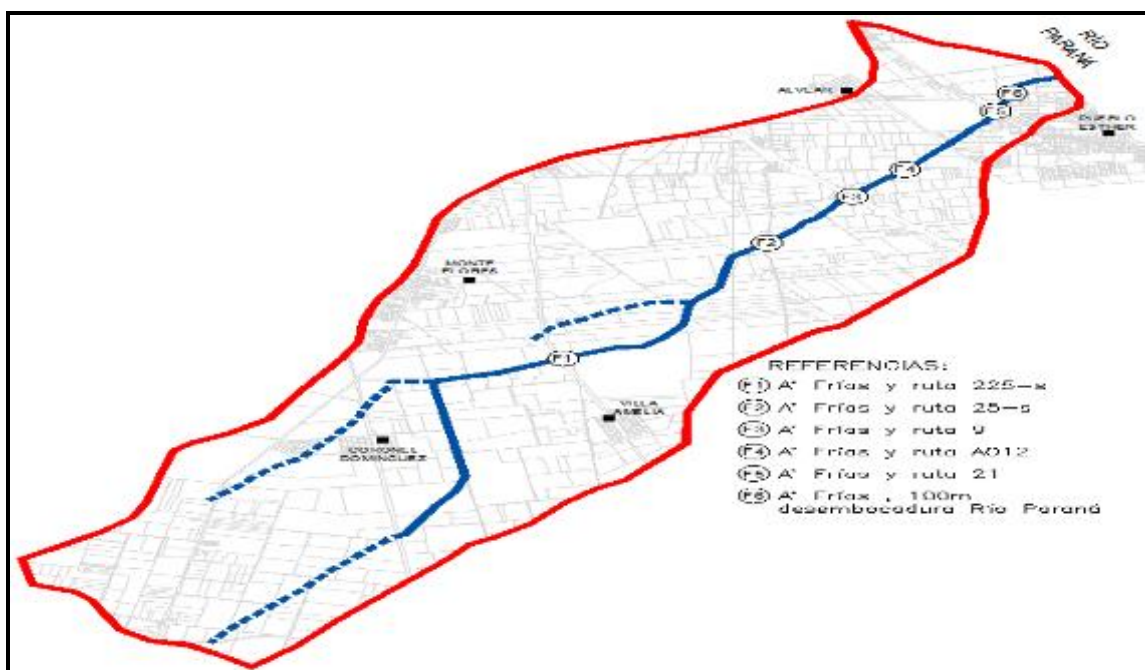
T1	
T2	
T3	

**Figura 12. Fotos Arroyo Saladillo- Canales-** Autora: Amaya C

En el A° Frías las estaciones seleccionadas fueron 5, todas en el curso principal. En la Tabla 18 se expone la ubicación de las estaciones de muestreo, las mismas se localizan en la Fig. 13.

**Tabla 18. Estaciones de muestreo en la cuenca del Arroyo Frías**

Zona	Identificación	Ubicación
Inicial	F1	Cruce ruta 225 s (acceso a Villa Amelia)
	F2	Cruce ruta 25 s
Media	F3	Cruce ruta 9 (Autopista Rosario-Buenos Aires)
	F4	Cruce ruta A012
	F5	Cruce ruta 21 (Alvear)
Final	F6	100 m desembocadura en Río Paraná



**Figura 13. Sitios de muestro en la cuenca del Arroyo Frías**

La cuenca del arroyo Frías en su zona inicial (cruce ruta 225 s y cruce ruta 25 s) está caracterizada esencialmente por actividades rurales, con predominio de la agricultura, y por la existencia de centros urbanos de población pequeña. En esta zona, el arroyo resulta ser receptor de los aportes antrópicos dispersos asociados a la producción rural, por una parte, y a los residuos líquidos urbanos.

La zona media de la cuenca (cruce rutas 9, A012 y 21) se caracteriza por la presencia de importantes industrias de diversos rubros, siendo las más relevantes la Planta Industrial de General Motors y las ubicadas en el Parque Industrial Alvear (PIA). En esta zona el arroyo actúa como cuerpo receptor de los líquidos residuales de los emplazamientos industriales antedichos.

En el tramo correspondiente a la zona final, el arroyo no recibe aportes de efluentes cloacales e industriales.

En la Figura 14, se exponen fotografías de los sitios seleccionados sobre el arroyo

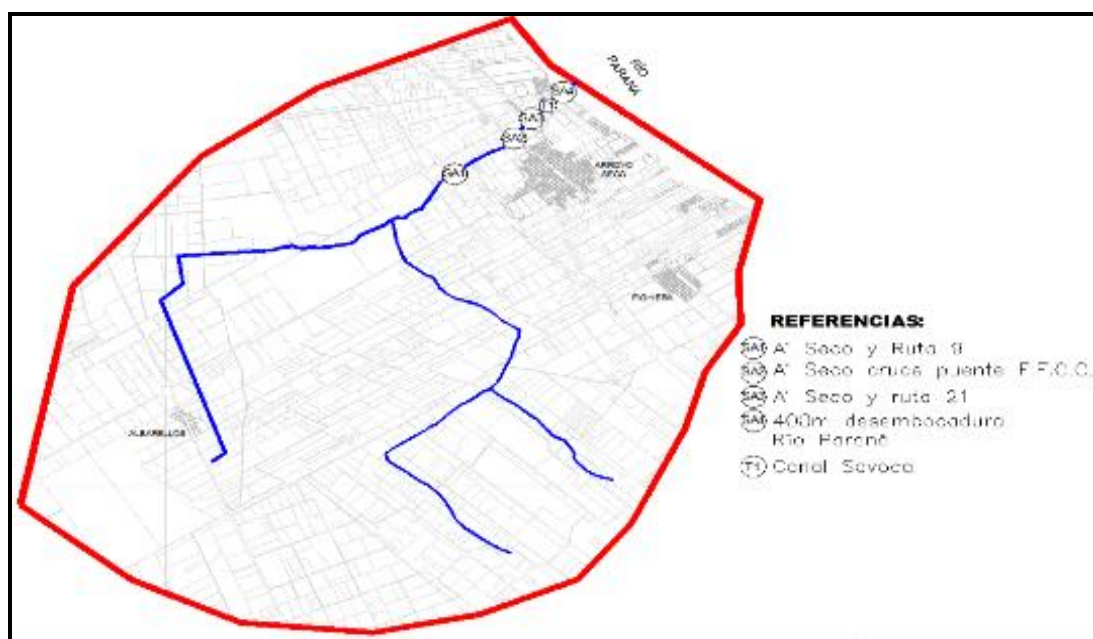
Sitios A° Frías	
F1	
F2	
F3	
F4	
F5	
F6	

**Figura 14. Fotos A° Frías- sitios seleccionados.** Autora: Amaya C

Para la cuenca del Arroyo Seco se establecieron 5 puntos de muestreo (Tabla 19 y Fig.15), cuatro sobre el arroyo y un tributario (Canal Savoca).

**Tabla 19. Estaciones de muestreo en la cuenca del Arroyo Seco**

Identificación	Ubicación
SE1	Cruce ruta 9 (Autopista Buenos Aires- Rosario)
SE2	Cruce puente cercano FFCC
SE3	Cruce ruta 21
SE4	400 m desembocadura en Río Paraná
T1	Canal drenaje urbano Savoca (altura calle Pavón)







**Figura 15. Localización de estaciones de muestreo Arroyo Seco**

La cuenca del Arroyo Seco en sus nacientes está caracterizada por los aportes de las actividades agrícolas, pero dicha zona no ha sido monitoreada dado que no fue posible establecer un sitio que fuera de fácil acceso y que cuente con caudal representativo en todas las estaciones del año. Se adopta como nacimiento al sitio SE1.

La cuenca media se caracteriza por el aporte de efluentes tanto de tipo cloacal como industrial. A 200 m aguas arriba de la estación SE2 se produce el ingreso al arroyo Seco del efluente del sistema de lagunas de tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Arroyo Seco y aguas arriba de la estación SE4 se localiza un basural a cielo abierto y la descarga de lagunas de tratamiento de una industria frigorífica. El canal de drenaje urbano Savoca (T1) antes de su desembocadura en el río Paraná (aguas arriba de SE4), recibe el aporte de efluentes de una planta alimenticia.

En la Figura 16 se presentan fotografías de los mencionados sitios seleccionados sobre el arroyo.

Sitios A° Seco	
SE1	
SE2	
SE3	
SE4	

**Figura 16. Fotografías sitios de muestreo Arroyo Seco.** Autora: Amaya C

### 3.1.2- Parámetros seleccionados

En virtud de las posibilidades técnicas y de los recursos económicos provinciales, fue imposible considerar las variables de cada categoría sugerida para la construcción de un ICA, que cubran todas las áreas que reflejen cambios en la calidad del agua. En la Tabla 20 se detallan los parámetros físico-químicos seleccionados para las estaciones de muestreos de cada arroyo.

**Tabla 20 .Parámetros físico-químicos monitoreados**

<b>Clasificación</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medición</b>
<b>Materia Orgánica</b>	OD, DBO; DQO	mg/l O2
<b>Metales</b>	As, Cd, Cu, Ni, Fe, Hg	mg/l
<b>Eutrofización</b>	Nitrógeno Amoniacal	mg/l
<b>Microbiológicos</b>	Coliformes Fecales, <i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml
<b>Sustancias Disueltas</b>	Conductividad eléctrica (CE)	uS/cm
	Cloruros	mg/l
	pH	
<b>Parámetros físicos</b>	Sólidos suspendidos totales(SST)	mg/l
	Temperatura	°C
	Turbiedad	UNT

### 3.1.3- Datos analizados

Las Tablas 21, 22 y 23 representan los valores medios (M) y desviación estándar (DE) de todos los datos de los distintos muestreos, que conforman la base de datos oportunamente diseñada para los arroyos Saladillo, Frías y Seco respectivamente. Cabe aclarar que, para los parámetros microbiológicos se calcula la media geométrica. Las mediciones efectuadas para determinar valores de metales fueron informadas por el laboratorio en formato menor que el valor establecido por programa informático del laboratorio, razón por la cual no se pudieron calcular M y DE. Sólo se presentan los valores medios de las concentraciones de arsénico.

En las Figuras 17 a 19 se muestran los valores medios de los parámetros pH, conductividad, turbiedad, SST (mg/L), oxígeno disuelto, DBO, cloruros, C. Totales, C Fecales y *Escherichia coli*, para cada sitio seleccionado en cada arroyo.

**Tabla 21. Resultados de los valores promedios obtenidos en muestreos 2008-2010 Arroyo Saladillo**

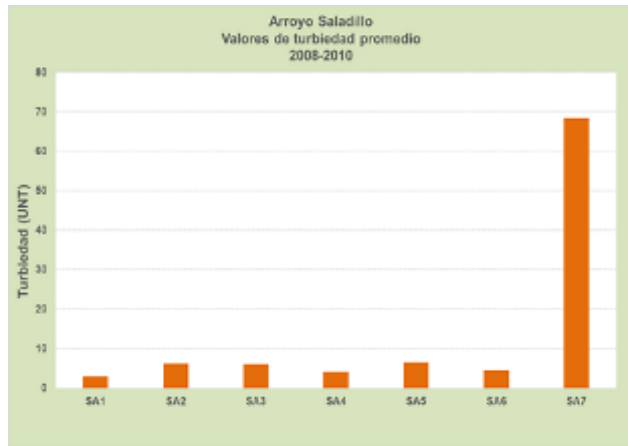
Sitio	E	pH	T(°C)	CE (uS/cm))	Turbiedad (UNT)	SST (mg/l)	SDT (mg/l)	OD (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	As (mg/l)	Cloruros (mg/l)	C. Totales (NMP/100 ml)	C. Fecales (NMP/100 ml)	E. coli (NMP/100 ml)
SA1	M	7,75	16,44	3433,33	2,97	10	2,33	6,33	13,75	76,67	0,13	0,02	636,67	2,83E+03	4,62E+02	3,14E+02
	DE	0,73	9,68	2325,04	1	7,07	1,6	4,02	15,91	20,82	0,06	0,01	462,56	7,26E+03	4,95E+02	1,41E+02
SA2	M	8,1	18,25	5240,63	6,16	28,19	3,53	9,06	3,05	60	0,12	0,03	812,14	4,22E+02	1,71E+02	1,10E+02
	DE	0,3	6,24	1265,03	5,13	41,52	0,95	2,01	0,74	42,43	0,18	0,01	211,36	1,99E+02	2,37E+02	2,57E+02
T1	M	7,96	19,61	3145	13,98	28,13	2,23	11,46	10,38	56,67	0,33	0,07	330	9,13E+02	3,51E+02	2,93E+02
	DE	0,43	5,39	290,17	14,87	31,24	0,39	2,36	5,67	37,77	0,6	0,01	40,72	3,65E+03	7,74E+02	7,90E+02
SA3	M	8,38	20,4	8161,88	6,08	21,88	5,49	11,48	3,76	46	0,06	0,02	1295,71	8,34E+02	4,26E+02	2,49E+02
	DE	0,24	6,4	1914,64	2,77	14,62	1,37	2,32	2,41	25,1	0,04	0,01	366,16	1,01E+03	9,92E+02	7,79E+02
SA4	M	8,22	20,05	8735,63	4,18	18	5,93	9,78	5,73	40	0,05	0,02	1444,29	5,09E+02	2,20E+02	2,09E+02
	DE	0,68	6,94	2283,61	2,32	11,27	1,84	2,48	5,43	28,28	0,04	0,01	466,19	7,96E+02	2,84E+02	2,89E+02
T2	M	8,23	23,01	1572,5	4,71	9,04	1,13	7,1	10,9	48,33	0,75	0,04	102,86	2,25E+03	4,23E+02	2,66E+02
	DE	0,45	7,15	110,55	2,18	1,61	0,14	3,35	5,13	26,39	1,46	0,01	10,75	1,55E+04	1,57E+03	4,41E+02
T3	M	7,95	20,16	2396,88	8,29	11,94	1,7	7,84	7,22	13,33	1,18	0,04	247,14	2,75E+03	3,41E+02	2,99E+02
	DE	0,58	5,56	141,39	4,99	5,86	0,19	0,96	2,1	5,77	1,16	0,02	23,25	8,24E+03	2,31E+02	2,44E+02
SA5	M	8,32	19,81	6622,5	6,54	26,83	4,55	9,45	4,02	42	0,08	0,03	1038,57	6,36E+02	1,89E+02	1,44E+02
	DE	0,69	5,82	1203,04	4,86	23,24	1,04	2,01	1,65	31,14	0,1	0,01	223,36	1,45E+03	1,64E+02	1,21E+02
SA6	M	8,22	18,66	6640	4,46	14,14	4,42	7,84	4,6	37,83	0,23	0,02	1001,43	1,76E+05	7,29E+04	5,83E+04
	DE	0,68	6,08	1043,2	3,5	9,35	1,04	2,68	1,49	32,44	0,15	0,01	208,12	5,04E+05	4,21E+05	4,26E+05
SA7	M	8,19	21,13	335,63	68,38	61,43	0,24	7,49	3,38	26,67	0,19	<0,01	42,14	5,30E+04	4,12E+04	2,27E+04
	DE	0,68	5,87	115,31	126,14	109,8	0,09	1,26	1,22	20,82	0,14		12,88	1,72E+05	5,64E+04	5,27E+04

**Tabla 22. Resultados de los valores promedios obtenidos en muestreos 2009-2010 Arroyo Frías**

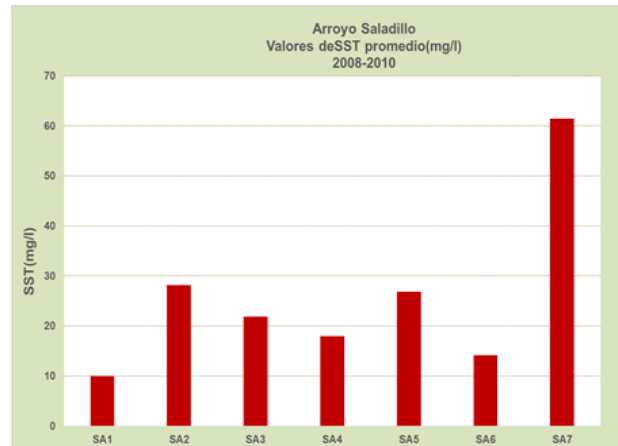
Sitio	E	pH	T(°C)	CE (uS/cm)	Turbiedad (UNT)	SST (mg/l)	OD (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	Cloruros (mg/l)	As (mg/l)	C. Totales (NMP/100 ml)	C. Fecales (NMP/100 ml)	E. coli (NMP/100 ml)
F1	M	7,52	13,8	1180	10	14,5	7,45	<2	<50	0,07	40	0,03	7,30E+01	7,30E+01	4,30E+01
	DE	0,33	0,85	141,42		7,78	0,35			0,05		0,01			
F2	M	8,17	18,79	4271,67	13,85	25	9,88	5,55	45	0,06	1208,33	0,02	3,79E+03	4,23E+02	2,41E+02
	DE	0,46	7,32	3718,73	16,66	15,49	3,12	4,88	35,36	0,03	529,72	0,01	6,06E+03	9,40E+02	5,37E+02
F3	M	8,43	20,88	9015	4,55	16	9,2	7,4	60	0,06	1502	0,02	7,62E+02	2,32E+02	2,17E+02
	DE	0,37	7,34	2629,88	2,55	10,9	1,98	6,51	10	0,04	557,15	0,01	8,47E+02	3,22E+02	3,28E+02
F4	M	8,25	23,18	1585	5,08	8,83	7,22	11,86	60	1,49	102	0,03	1,27E+04	9,62E+02	5,18E+02
	DE	0,55	7,46	121,12	2,33	1,83	3,61	5,95	24,49	2,06	13,04	0,01	1,69E+04	1,63E+03	3,85E+02
F5	M	8,58	20,72	6790	7,12	29,93	9,58	3,73	63,33	0,1	1022	0,03	1,29E+03	2,07E+02	1,44E+02
	DE	0,34	6,1	1365,47	5,48	25,44	2,34	1,75	15,28	0,11	261,98	0,01	1,64E+03	1,80E+02	1,36E+02
F6	M	8,5	19,37	6610	4,83	14,8	7,82	4,94	51,75	0,27	1012	0,02	6,66E+05	7,25E+04	5,54E+04
	DE	0,44	6,73	1196,19	4,06	10,06	3,05	1,57	31,29	0,15	252,73	0,01	5,34E+05	4,61E+05	4,68E+05

**Tabla 23. Resultados de los valores promedios obtenidos en muestreos 2009-2010 Arroyo Seco**

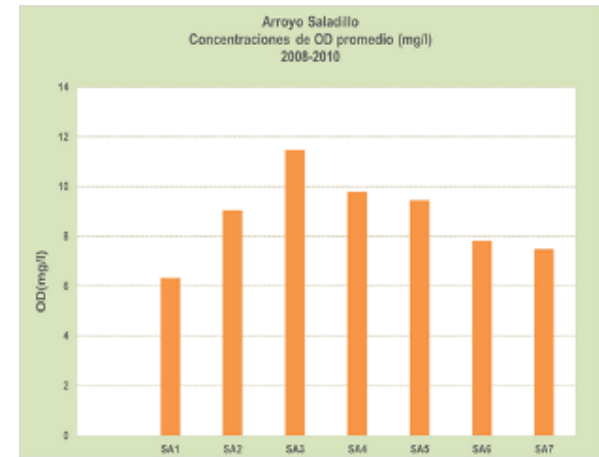
Sitio	E	pH	T(°C)	CE (uS/cm)	Turbiedad (UNT)	SST (mg/l)	OD (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	Cloruros (mg/l)	As (mg/l)	C. Totales (NMP/100 ml)	C. Fecales (NMP/100 ml)	E. coli (NMP/100 ml)
SE1	M	8,15	14,87	1811,25	11,5	11,25	8,5	4,63	<50	0,17	-	-	3,09E+03	1,45E+03	1,45E+03
	DE	0,3	4,35	614,77	7,11	6,29	0,96	3,78		0,18	-	-	4,49E+03	1,87E+03	1,87E+03
SE2	M	7,28	17,2	1817,5	22	26,67	5,45	20	70	1,78	229	0,04	7,78E+05	7,78E+05	7,78E+05
	DE	0,32	3,7	602,28	8,45	11,55	0,21	14,14	26,46	2,44	11,53		3,32E+05	3,32E+05	3,32E+05
SE3	M	7,2	20,2	1872,5	17,5	13,75	6,13	18,5	60	0,17	225	0,02	3,32E+05	3,41E+05	5,14E+05
	DE	0,4	4,85	689,12	3	4,79	2,81	8,7	10	0,19	5	-	1,56E+05	5,24E+05	6,08E+05
SE4	M	7,5	20	551,25	28,5	25	3,95	8,18	<50	0,53	63,67	0,02	2,86E+05	8,19E+04	4,31E+04
	DE	0,47	3,75	145,51	19,77	10	3,24	2,11		0,31	15,82		1,04E+06	1,75E+05	8,70E+04
T1	M	6,38	17,8	1612,5	48,5	35	<1	437,5	657	-	-	0,03	1,29E+07	2,97E+06	2,97E+06
	DE	1,11	1,04	328,16	34,23	10	-	373,22	591,87	-	-	0,01	5,48E+08	7,80E+06	7,80E+06



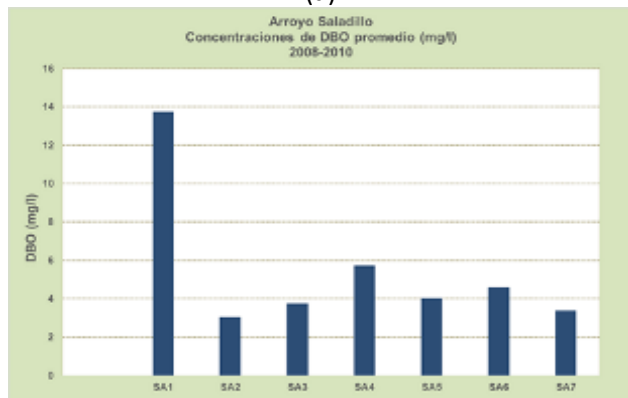
(a)



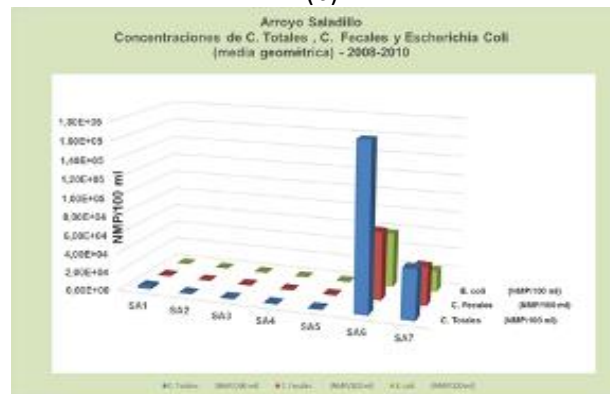
(b)



(c)

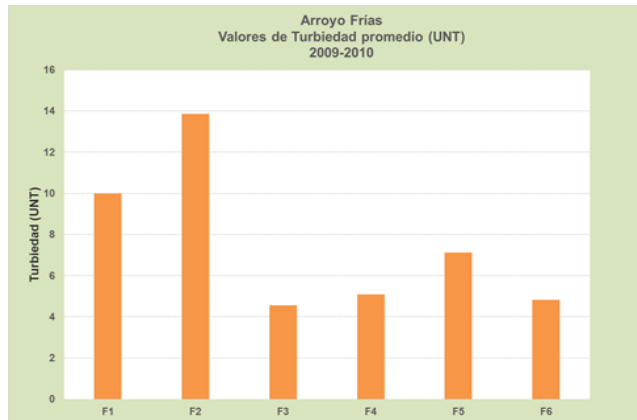


(d)

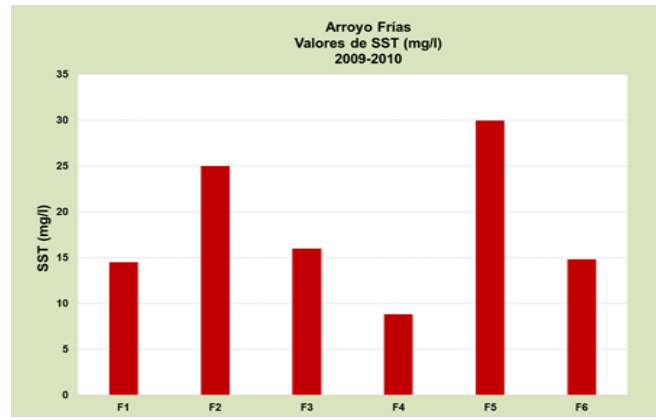


(e)

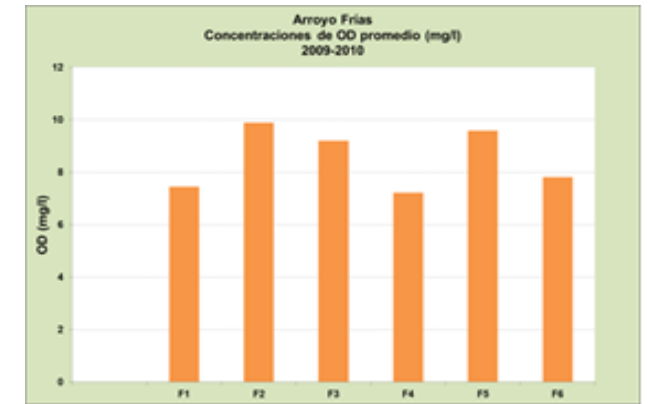
Figura 17. Valores medios de turbiedad (a), sólidos totales b), Oxígeno disuelto(c), DBO (d) y media geométrica de C. totales, C.Fecales y E. Coli (e) Arroyo Saladillo – 2008-2010



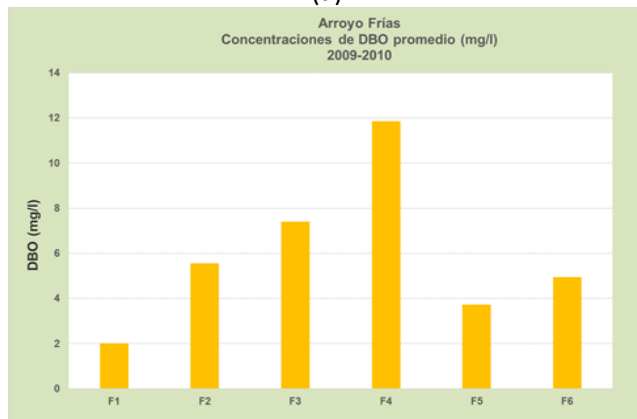
(a)



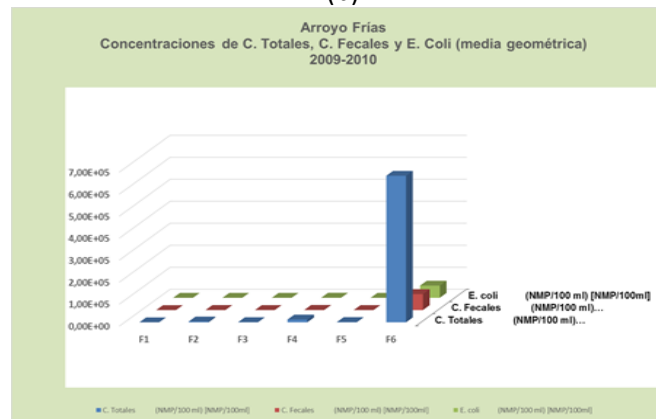
(b)



(c)

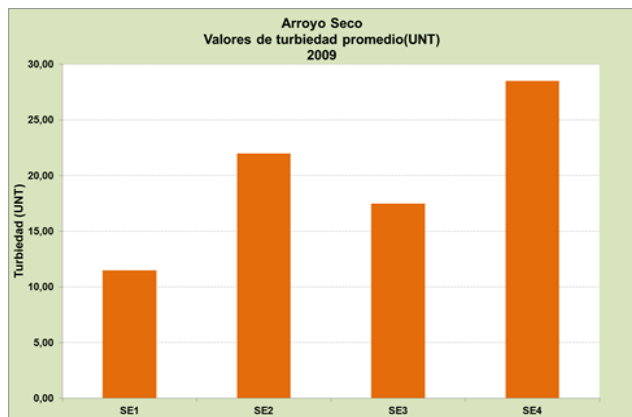


(d)

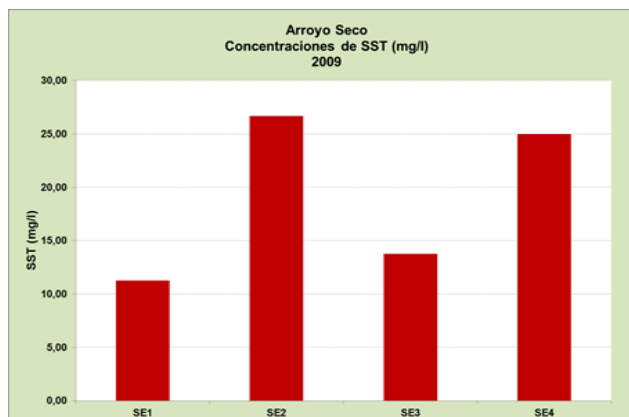


(e)

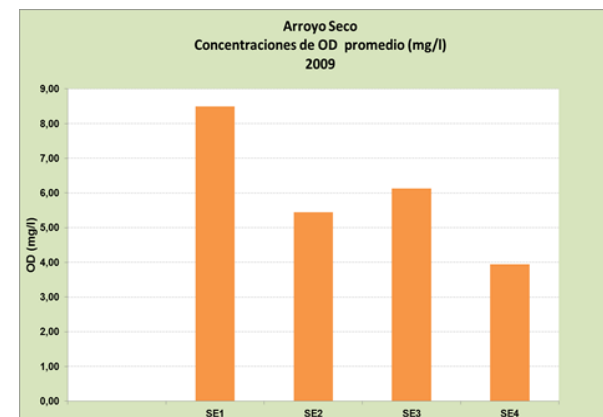
Figura 18. Valores médios de turbiedad (a), sólidos suspendidos totales (b), Oxígeno disuelto (c), DBO (d) y media geonétrica de C. totales, C.Fecales y E. Coli (e) Arroyo Frías– 2009-2010



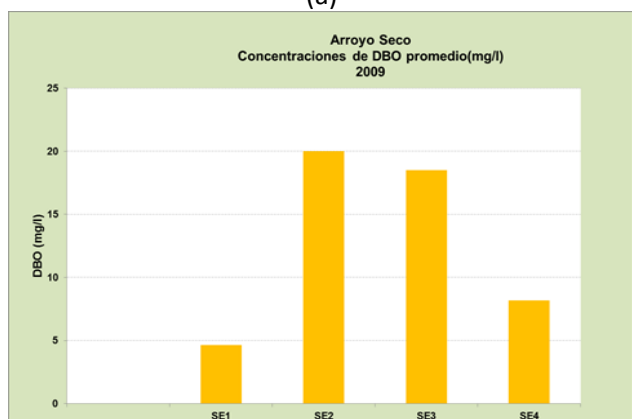
(a)



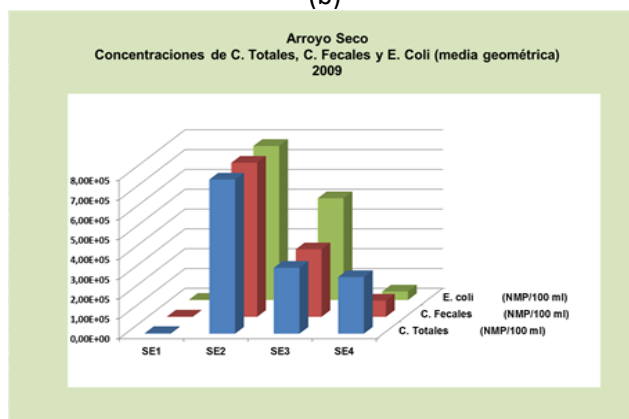
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 19. Valores medios de turbiedad (a), sólidos suspendidos totales(b), Oxígeno disuelto(c), DBO (d) y media geométrica de C. totales, C.Fecales y E. Coli (e) Arroyo Seco – 2009

### 3.2- Aplicación de índices seleccionados

Para poder realizar una comparación de los índices que mejor se ajustan a las características de los arroyos, se ha trabajado con valores medios o promedios de las concentraciones de los parámetros seleccionados a excepción de las concentraciones de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y *Escherichia coli*, que se trabaja con la media geométrica.

De los índices expuestos anteriormente en el Capítulo 1, se seleccionaron el ICA NSF, ICA CCME, ICA Berón e ICA Pesce- Wunderlim) para ser aplicados a los arroyos Saladillo, Frías y Seco.

Esta selección se basa en los parámetros utilizados y en las características que presentan cada uno de ellos.

El ICA NSF es el índice más utilizado a nivel mundial además de ser uno de los primeros índices propuestos.

El ICA-CCME evalúa la calidad del cuerpo superficial de acuerdo con objetivos de calidad propuestos, sin realizar transformaciones de los parámetros que participan y evitando la subjetividad de asignar pesos relativos a los mismos dentro del cálculo.

El índice desarrollado por Berón es el primer índice propuesto en Argentina para evaluar el estado de un curso de agua superficial comparándolo con las características físico-químicas que presenta un líquido cloacal sin tratamiento y el índice propuesto por Pesce –Wunderlim además de ser un índice desarrollado por autores argentinos, contempla un gran número de variables físico-químicas, que son normalizadas para su cálculo.

#### 3.2.1- Aplicación ICA-NSF

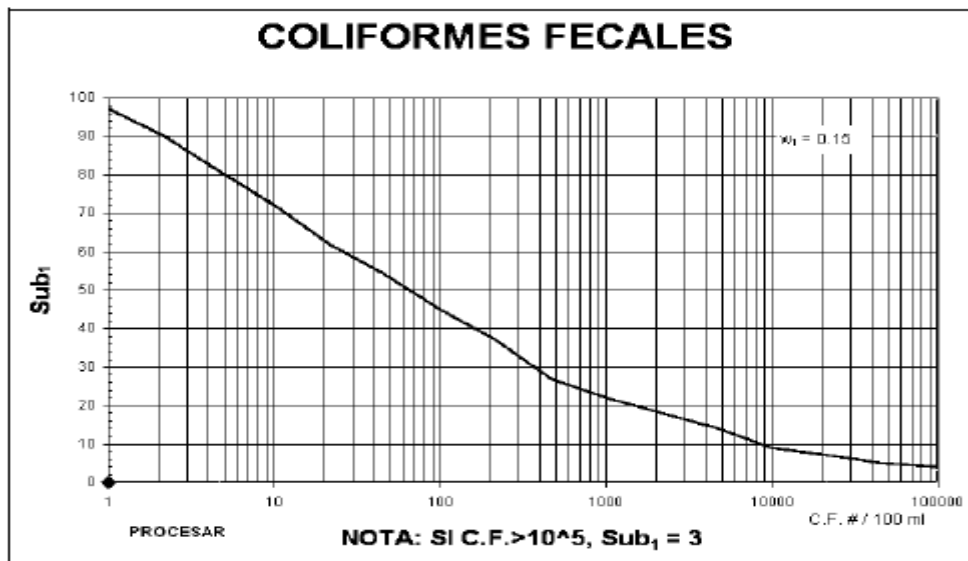
Antes de comenzar con la aplicación de la metodología de cálculo se procede a la reasignación de los pesos relativos dado que no se dispone de datos de nitratos ni de fosfatos. Se reparte los pesos relativos de los parámetros antes mencionados (que entre los dos suman 0,2) proporcionalmente a cada uno de los parámetros seleccionados para su cálculo y se le reasigna mayor peso a los Coliformes Fecales, ya que, se consideró que es el parámetro de mayor relevancia para el uso recreativo con o sin contacto. De esta manera los pesos relativos resultan redefinidos de la siguiente manera:

**Tabla 24. Reasignación de pesos**

Parámetro	$w_i$
pH	0,15
Temperatura	0,10
Turbiedad	0,095
Oxígeno Disuelto	0,20
DBO	0,12
Sólidos Disueltos Totales	0,095
Coliformes Fecales	0,24

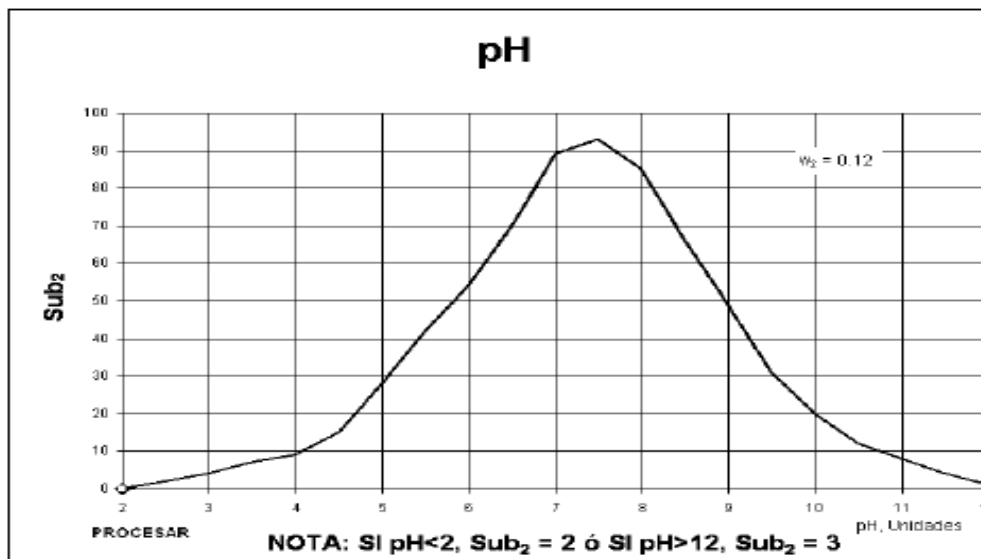
Se ha seguido los siguientes pasos para calcular los subíndices ( $q_i$ ) del ICA- NSF.

Si los Coliformes fecales son mayores de 100.000 NMP/100 ml el  $q_1$  es igual a 3. Si el valor de Coliformes Fecales es menor a 100.000 NMP/100 ml, se busca el valor en el eje de (X) en la Figura 20, se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $q_1$  de Coliformes Fecales (Figura 20), se procede a elevarlo al valor de  $w_1$  (0,24).



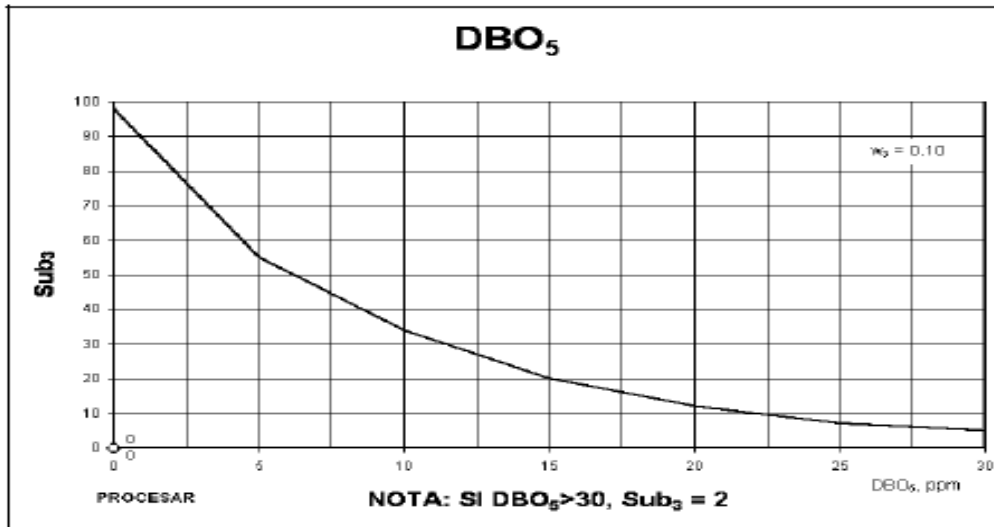
**Figura 20. Valoración calidad de agua en función de Coliformes Fecales**

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades  $q_2$  es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades  $q_2$  es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 se busca el valor en el eje de (X) en la Fig. 21 que corresponde el valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $q_2$  de pH y se procede a elevarlo al peso  $w_2$  (0,15).



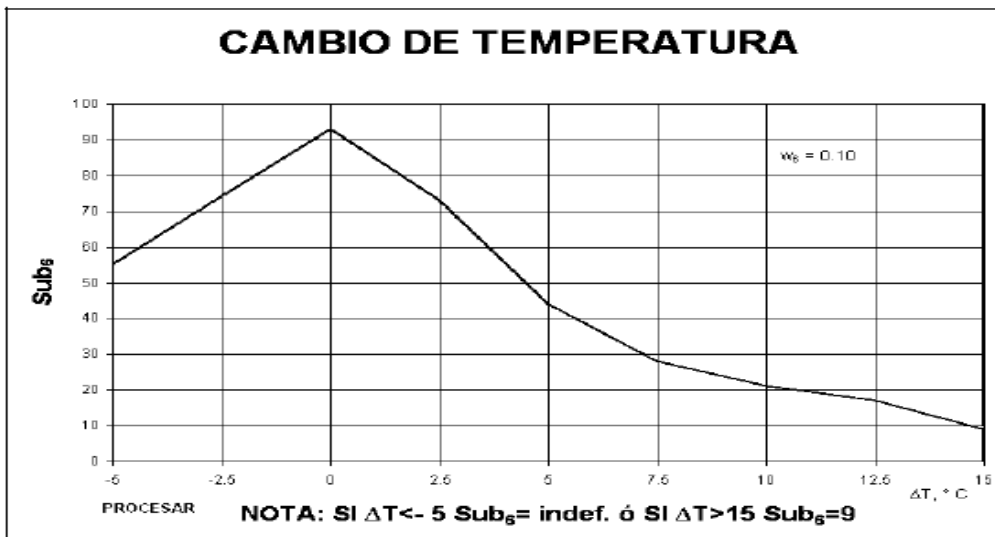
**Figura 21. Valoración de la calidad del agua en función del pH.**

Si la DBO es mayor de 30 mg/l,  $q_3$  es igual a 2. Si la DBO es menor de 30 mg/l se busca el valor en el eje (X) en la Fig. 22 y se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). Dicho valor es  $q_3$  de DBO (Fig. 22) y se procede a elevarlo al peso  $w_3$  (0,12).



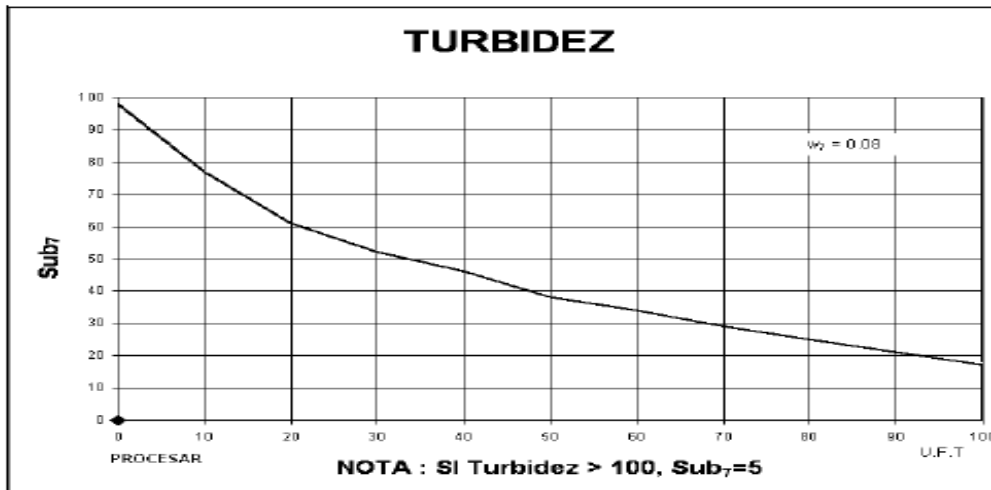
**Figura 22. Valoración de la calidad del agua en función de la DBO.**

Para el parámetro de Temperatura,  $q_4$ , se asume que no hay variación de temperatura, es decir  $\Delta T=0$ , al cual corresponde un  $q_5=93$ . Se considera que la variación de la temperatura del agua se encuentra influenciada por la hora a la cual fue tomada la muestra y como en los muestreos realizados no hubo simultaneidad de mediciones, la diferencia de temperatura resulta nula.



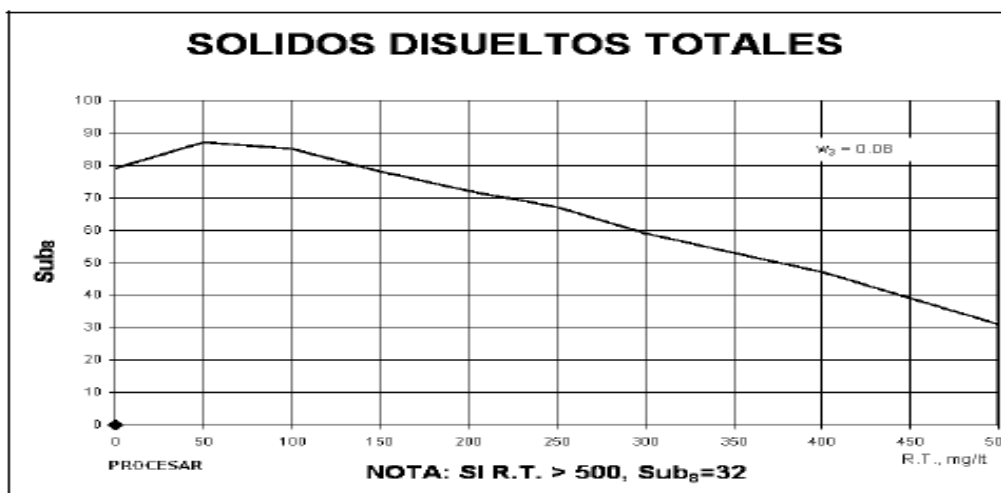
**Figura 23. Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura**

Si la turbidez es mayor de 100 NTU,  $q_5$  es igual a 5. Si la turbidez es menor de 100 NTU, se busca el valor en el eje de (X), se interpola al valor en el eje de las (Y) y se obtiene el valor  $q_5$  (Fig. 24) que se eleva al peso  $w_5$  (0,095).



**Figura 24. Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez**

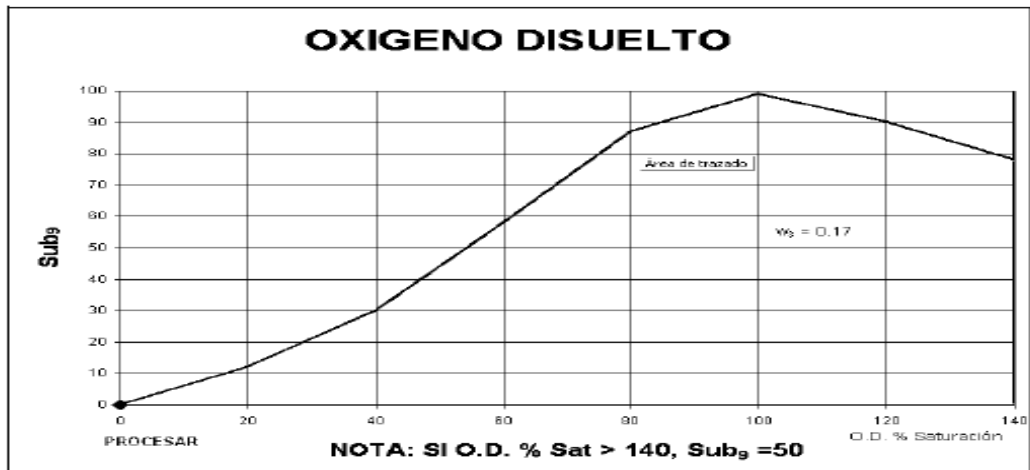
Si los sólidos disueltos totales son mayores de 500 mg/l el  $q_6$  es igual a 3, si es menor de 500 mg/l, se busca el valor en el eje de (X) en la Figura 25 se procede a interpolar el valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $q_6$  de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso  $w_6$  (0,095).



**Figura 25. Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total.**

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) se procede a calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Este último depende de parámetros como la temperatura, salinidad y presión atmosférica en el cuerpo de agua. Sólo el efecto de la temperatura del agua se ha tomado en cuenta para estimar el nivel de oxígeno de saturación, trabajando con una presión atmosférica de 760 mm Hg.

Si el Porcentaje de Saturación de OD es mayor de 140% el  $q_7$  es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140 % de Saturación de OD se busca el valor en el eje de (X) en la Fig.26 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $q_7$  de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso  $w_7$  (0,20).



**Figura 26. Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno.**

Una vez calculados los subíndices se procede al cálculo del índice ICA-NSF.

Se propone aplicar dos técnicas: la suma lineal ponderada de los subíndices (Ecuación 20) y una función ponderada multiplicativa (Ecuación 21) con el fin de demostrar que el cálculo de los ICA mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas porque son más sensibles a la variación de los parámetros (reflejando un cambio de calidad con mayor precisión).

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^7 qi * wi \quad \text{(Ecuación 18)}$$

$$ICA - NSF = \prod_{i=1}^7 (qi^{wi}) \quad \text{(Ecuación 19)}$$

Donde:

wi: pesos relativos asignados, según Tabla 26 y ponderados entre 0 y 1, de tal manera que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

qi: subíndice del parámetro i.

Los resultados se exponen en las Tablas 25, 26 y 27.

Para los sitios seleccionados en el Arroyo Saladillo se puede observar que los resultados de aplicar este índice utilizando las dos técnicas de cálculo resultan coincidentes en los sitios SA2, T1, SA4, T2 y SA5. Mientras que en los sitios SA1, T3, SA6 y SA7 presentan diferencias al aplicar la suma ponderada y el producto ponderado, resultando en todos los casos la calidad del agua más baja cuando se aplica el producto, verificándose lo demostrado Landwehr y Denninger (1976).

Los sitios muestreados en el Arroyo Frías resultan con una calidad de agua similar cuando se aplican las dos técnicas de cálculo para obtener el ICA NSF, sólo el sitio F6 presenta diferencias en calidad, resultando la más baja la que corresponde al cálculo multiplicativo.

En el arroyo Seco, la aplicación de este índice sólo presenta coincidencia en los resultados en el sitio SE1 cuando se aplican las dos técnicas, mientras que los demás sitios presentan una calidad más baja cuando se utiliza para el cálculo la ecuación multiplicativa.

**Tabla 25. Aplicación ICA NSF – Arroyo Saladillo**

ICA NSF (suma) - Arroyo Saladillo				ICA NSF (producto) - Arroyo Saladillo			
Sitio	ICA NSF (suma)	CALIDAD	COLOR	Sitio	ICA NSF	CALIDAD	COLOR
SA1	61,61	REGULAR	Yellow	SA1	53,69	REGULAR	Yellow
SA2	74,51	BUENA	Green	SA2	71,71	BUENA	Green
SA3	69,84	REGULAR	Yellow	SA3	69,84	REGULAR	Yellow
SA4	71,59	BUENA	Green	SA4	71,59	REGULAR	Green
SA5	73,28	BUENA	Green	SA5	73,28	REGULAR	Yellow
SA6	62,74	REGULAR	Yellow	SA6	62,74	MALA	Orange
SA7	59,13	REGULAR	Yellow	SA7	59,13	MALA	Orange
T1	65,55	REGULAR	Yellow	T1	59,8	REGULAR	Yellow
T2	64,15	REGULAR	Yellow	T2	64,15	REGULAR	Yellow
T3	52,93	REGULAR	Yellow	T3	52,93	MALA	Orange

**Tabla 26. Resultados aplicación ICA SF- Arroyo Frías**

ICA NSF (suma) - Arroyo Frías				ICA NSF (producto) - Arroyo Frías			
Sitio	ICA NSF	CALIDAD	COLOR	Sitio	ICA NSF	CALIDAD	COLOR
F1	75,37	BUENA	Green	F1	73,51	BUENA	Green
F2	68,31	REGULAR	Yellow	F2	61,84	REGULAR	Yellow
F3	69,73	REGULAR	Yellow	F3	64,95	REGULAR	Yellow
F4	62,43	REGULAR	Yellow	F4	52,79	REGULAR	Yellow
F5	70,98	BUENA	Green	F5	66,67	REGULAR	Yellow
F6	61,28	REGULAR	Yellow	F6	38,26	MALA	Orange

**Tabla 27. Resultados aplicación ICA NSF – Arroyo Seco**

ICA NSF (suma) - Arroyo Seco				ICA NSF (producto) - Arroyo Seco			
Sitio	ICA NSF	CALIDAD	COLOR	Sitio	ICA NSF	CALIDAD	COLOR
SE1	65,53	REGULAR	Yellow	SE1	56,75	REGULAR	Yellow
SE2	51,29	REGULAR	Yellow	SE2	28,22	MALA	Orange
SE3	53,59	REGULAR	Yellow	SE3	29,7	MALA	Orange
SE4	51,49	REGULAR	Yellow	SE4	33,73	MALA	Orange
T1	35,1	MALA	Orange	T1	13,26	PÉSIMA	Red

### 3.2.2- Aplicación ICA CCME

Siguiendo la metodología propuesta de este índice, se consideran los siguientes parámetros para uso recreativo sin contacto directo: pH, oxígeno disuelto, DBO, turbiedad y Coliformes Fecales.

Mientras que para la protección de la biota acuática se seleccionaron: pH, oxígeno disuelto, DBO, turbiedad, sólidos suspendidos totales y arsénico.

Como se carece de una normativa provincial que establezca objetivos de calidad, se adoptan los objetivos de calidad elaborados por el Ing. Goransky para los arroyos Saladillo, Frías y Seco, en su trabajo realizado en el año 2011, tanto para uso recreativo sin contacto como para protección de la biota acuática. Los mismos se exponen en la Tablas siguientes.

**Tabla 28. Parámetros considerados para uso recreativo sin contacto**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor límite elegido</b>
pH		6,5 – 8,5
Turbiedad	NTU	50
Oxígeno disuelto	mg/l	5
DBO	mg/l	3
C. Fecales	mg/l	200

**Tabla 29. Parámetros adoptados para protección de la biota acuática**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor límite elegido</b>
pH		6,5 – 8,5
Turbiedad	NTU	2 - 8
Oxígeno disuelto	mg/l	5
DBO	mg/l	3
Sólidos Totales	mg/l	5 -25
Arsénico	ug/l	15

El período de tiempo seleccionado varía de arroyo en arroyo. Se trabajó con una información de un par de años (2008-2010) en el Arroyo Saladillo, mientras que para el arroyo Frías y Seco se trabaja con los datos de un sólo año (2009).

Se respeta en todos los casos, un mínimo de cuatro valores, para su cálculo, excepto para el sitio F1 del Arroyo Frías, el cual carece de datos suficientes para calcular el índice.

En las Tablas 30 a 35 se presentan los resultados de la aplicación del ICA-CCME a los arroyos del sur de la provincia.

**Tabla 30. ICA CCME A° Saladillo – uso recreativo sin contacto**

ICA CCME - Arroyo Saladillo - Uso recreativo -					
Sitio	F1	F2	F3	CCME	CALIDAD
SA1	80	36	86	29,12	POBRE
SA2	10	15,38	12	74,27	REGULAR
SA3	60	20,51	41	56,45	MARGINAL
SA4	60	20,51	10	62,92	MARGINAL
SA5	60	28,21	13,04	60,99	MARGINAL
SA6	80	44,74	99,55	21,57	POBRE
SA7	60	15,79	97,47	33,29	POBRE
T1	40	28,2	45	61,48	MARGINAL
T2	80	42,1	63	36,38	POBRE
T3	60	41,02	27,14	55,2	MARGINAL

**Tabla 31. ICA CCME A° Saladillo – protección biota acuática**

ICA CCME - Arroyo Saladillo - Protección de la biota -					
Sitio	F1	F2	F3	CCME	CALIDAD
SA1	50	18	38	62,45	MARGINAL
SA2	67	28,26	22	56,25	MARGINAL
SA3	83	26,09	14	48,94	MARGINAL
SA4	83	27,27	7,3	49,2	MARGINAL
SA5	83,33	37,77	35	43,44	POBRE
SA6	100	40	27,44	35,83	POBRE
SA7	66,66	35,55	65,68	42,2	POBRE
T1	67	39,13	50	46,7	MARGINAL
T2	83,33	42,22	42,5	40,74	POBRE
T3	83,33	41,3	32,46	43,12	POBRE

**Tabla 32. ICA CCME A° Frías- uso recreativo sin contacto**

ICA CCME - Arroyo Frías - Uso recreativo -					
Sitio	F1	F2	F3	CCME	CALIDAD
F1					
F2	40	20,69	41,41	64,67	MARGINAL
F3	40	13,8	19,67	73,06	REGULAR
F4	60	20,69	44,45	55,26	MARGINAL
F5	100	60,71	88,8	15,2	POBRE
F6	80	71,43	99,63	15,48	POBRE

**Tabla 33. ICA CCME A° Frías – protección biota acuática**

ICA CCME - Arroyo Frías - Protección de la biota -					
Sitio	F1	F2	F3	CCME	CALIDAD
F1					
F2	66,66	31,43	23,05	55,41	MARGINAL
F3	66,66	35,3	18,24	55,2	MARGINAL
F4	83,33	37,14	25,69	45,27	MARGINAL
F5	100	63,64	86,75	15,19	POBRE
F6	83,33	70,59	72,67	24,25	POBRE

**Tabla 34. ICA CCME A° Seco- uso recreativo sin contacto**

ICA CCME - Arroyo Seco - Uso recreativo -					
Sitio	F1	F2	F3	CCME	CALIDAD
SE1	40	25	66,55	52,9	MARGINAL
SE2	60	31,6	99,89	30,29	POBRE
SE3	60	45	99,84	27,9	POBRE
SE4	80	55	99,37	19,79	POBRE
T1	100	75	99,97	7,58	POBRE

**Tabla 35. ICA CCME A° Seco- protección biota acuática**

ICA CCME - Arroyo Seco - Protección de la biota -					
Sitio	F1	F2	F3	CCME	CALIDAD
SE1	40	15	17,95	73,25	REGULAR
SE2	60	21,05	37,52	57,38	MARGINAL
SE3	60	45	54,97	46,31	MARGINAL
SE4	80	55	44,85	38,25	POBRE
T1	100	90	96,81	4,3	POBRE

Como puede observarse en las Tablas 30 y 31, el único sitio en el A° Saladillo que presenta una calidad de agua que ocasionalmente se ve perjudicada para el uso recreativo es el SA2 (Saladillo y ruta 33). Los demás sitios presentan una calidad que varía entre frecuentemente deteriorada a deteriorada.

Por otro lado, reconociendo que los valores establecidos como objetivos de calidad para protección de la biota acuática son más restrictivos que los establecidos para otros usos, todos los sitios del Arroyo Saladillo presentan una calidad que varía entre frecuentemente deteriorada a deteriorada.

Parte de los puntos de la cuenca baja y media presentaron mejores resultados de calidad de agua que los sitios de la cuenca alta. Los tributarios T2 y T3 (Canal Fuentes y Canal La Candelaria) también presentan una calidad deteriorada y contribuyen junto con los aportes de los desagües pluvio-cloacales (de las localidades de Rosario y Villa Gobernador Gálvez) que desaguan en el arroyo, al deterioro de los sitios de la cuenca baja.

De los sitios estudiados en el A° Frías, el único sitio que presenta una contaminación ocasional es el sitio F3 para uso recreativo, sin embargo para la protección de la biota, todos los sitios seleccionados muestran un deterioro de la calidad desde ocasional a frecuente.

En el A° Seco, la mayoría de los sitios presentan una calidad de agua deteriorada para uso recreativo, esto se evidencia principalmente por concentraciones de bacterias elevadas y valores de DBO promedio superiores a 3 mg/l.

El sitio SE1 presenta un ocasional deterioro de la calidad de sus aguas, mientras que en los demás sitios la calidad se presenta de ocasional a frecuentemente deteriorada para la protección de la biota acuática. Los aportes del Canal Savoca (bacteriología muy elevada) influyen notablemente en la calidad del sitio SE4, deteriorando, en gran parte, la calidad del mismo.

### 3.2.3- Aplicación ICA Berón

Los resultados que surgen de la aplicación de este índice al A° Saladillo se reflejan en la Tabla 36.

El sitio SA1 junto con el tributario T1 (Canal Eguiluz) presenta una contaminación moderada. Los demás sitios sobre el curso principal muestran una contaminación leve. El canal Candelaria junto con el Canal Fuentes evidencia una contaminación elevada.

**Tabla 36. Aplicación ICA Berón- Arroyo Saladillo**

ICA BERÓN - Arroyo Saladillo -			
Sitio	ICA Berón	CALIDAD	COLOR
SA1	6,2	CONTAMINACIÓN MODERADA	
SA2	8,6	CONTAMINACIÓN LEVE	
SA3	8	CONTAMINACIÓN LEVE	
SA4	8,1	CONTAMINACIÓN LEVE	
SA5	8,1	CONTAMINACIÓN LEVE	
SA6	7,1	CONTAMINACIÓN LEVE	
SA7	8,6	CONTAMINACIÓN LEVE	
T1	6,2	CONTAMINACIÓN MODERADA	
T2	5,3	CONTAMINACIÓN ELEVADA	
T3	4,2	CONTAMINACIÓN ELEVADA	

En el Arroyo Frías, los resultados expuestos en Tabla 37, arrojaron que todos los sitios seleccionados presentan una contaminación leve excepto el sitio F4 (A° Frías y ruta A012) con una contaminación elevada.

**Tabla 37. Aplicación ICA Berón- Arroyo Frías**

ICA BERÓN - Arroyo Frías -			
Sitio	ICA Berón	CALIDAD	COLOR
F1	9,2	CONTAMINACIÓN LEVE	
F2	8,3	CONTAMINACIÓN LEVE	
F3	7,5	CONTAMINACIÓN LEVE	
F4	4,9	CONTAMINACIÓN ELEVADA	
F5	8,4	CONTAMINACIÓN LEVE	
F6	7,1	CONTAMINACIÓN LEVE	

Según los resultados que arroja la aplicación de este índice en el Arroyo Seco, el Canal Sacova muestra una contaminación elevada junto con el sitio SE4. El sitio SE1 evidencia una contaminación leve y los sitios SE2 y SE3 una contaminación moderada (Tabla 38).

Para poder efectuar el cálculo de este índice se seleccionaron 9 parámetros para el sitio SE1 y 8 parámetros para el T1. Los demás sitios han sido calculados siguiendo la metodología propuesta por Berón (cálculo basado en 10 parámetros).

**Tabla 38. Aplicación ICA Berón- Arroyo Seco**

ICA BERÓN - Arroyo Seco -			
Sitio	ICA Berón	CALIDAD	COLOR
SE1	8	CONTAMINACIÓN LEVE	
SE2	6	CONTAMINACIÓN MODERADA	
SE3	6	CONTAMINACIÓN MODERADA	
SE4	5,1	CONTAMINACIÓN ELEVADA	
T1	4,3	CONTAMINACIÓN ELEVADA	

### 3.2.4- Aplicación ICAs Pesce- Wunderlin

Se ha aplicado dos de los índices elaborados por Pesce-Wunderlin al Arroyo Saladillo (Tabla 39): el índice objetivo y el índice simplificado.

Los sitios SA1, T1 y T3 presentan resultados coincidentes: calidad de agua regular, mientras que los sitios SA2, SA3, SA4, SA5 y SA6 presentan resultados que denotan una mejor calidad del agua cuando se aplica el índice objetivo. El sitio T2 evidencia una buena calidad de sus aguas cuando se aplica el índice simplificado y una regular calidad cuando se aplica el índice objetivo.

**Tabla 39. ICA Objetivo/Simplificado Pesce – Wunderlin A° Saladillo**

Arroyo Saladillo- ICA Objetivo/Simplificado Pesce-Wunderlin				
Sitio	ICA objetivo	CALIDAD	ICA Simplificado	CALIDAD
SA1	65,38	REGULAR	66,66	REGULAR
SA2	77,69	BUENA	70	REGULAR
T1	69,62	REGULAR	70	REGULAR
SA3	77,69	BUENA	66,66	REGULAR
SA4	61,95	BUENA	70	REGULAR
T2	56,22	REGULAR	83,33	BUENA
T3	72,69	BUENA	80	BUENA
SA5	76,15	BUENA	70	REGULAR
SA6	66,54	REGULAR	73,33	BUENA
SA7	70	REGULAR	73,33	BUENA

En el Arroyo Frías, este índice (Tabla 40) refleja coincidencia de resultados sólo en los sitios F1 y F6. Los demás sitios presentan resultados aleatorios que no se pueden justificar siguiendo un único criterio general.

**Tabla 40. ICA Objetivo/Simplificado Pesce- Wunderlin A° Frías**

Arroyo Frías- ICA Objetivo /Simplificado Pesce-Wunderlin				
Sitio	ICA objetivo	CALIDAD	ICA Simplificado	CALIDAD
F1	65,38	REGULAR	83,33	BUENA
F2	77,69	BUENA	70	REGULAR
F3	69,62	REGULAR	70	REGULAR
F4	77,69	BUENA	80	BUENA
F5	61,95	BUENA	70	REGULAR
F6	56,22	REGULAR	70	REGULAR

La información brindada por ambos índices en el Arroyo Seco denota coincidencias de calidad de agua en todos los sitios excepto en el sitio SE2 cuyos resultados varían de mala calidad (índice objetivo) a regular calidad (índice simplificado).

**Tabla 41. Resultados ICA Objetivo/ Simplificado A° Seco**

Arroyo Seco - ICA Objetivo/Simplificado Pesce-Wunderlin				
Sitio	ICA objetivo	CALIDAD	ICA Simplificado	CALIDAD
SE1	73,85	BUENA	80	BUENA
SE2	46,54	MALA	63,33	REGULAR
SE3	59,62	REGULAR	70	REGULAR
SE4	56,15	REGULAR	66,66	REGULAR
T1	40,59	MALA	30	MALA

### 3.3- Comparación de los Índices Aplicados.

Los resultados obtenidos de cada uno de los índices aplicados, por sitio y por arroyo se exponen en las siguientes Tablas (42 a 44) con el fin de evaluar similitudes o diferencias que pueden basarse en la selección de los parámetros representativos o en la metodología de cálculo.

**Tabla 42. Comparación de índices seleccionados A° Saladillo**

Arroyo Saladillo- Comparación de índices							
Sitio/ICA	NSF (SUMA)	NSF (PRODUCTO)	CCME (PROTEC.BIOTA)	CCME (RECREACIÓN)	Berón	Objetivo P - W	Simplificado P- W
SA1	REGULAR	MALA	MARGINAL	POBRE	CONT. MODERADA	REGULAR	REGULAR
SA2	BUENA	BUENA	MARGINAL	REGULAR	CONT. LEVE	BUENA	REGULAR
SA3	REGULAR	REGULAR	MARGINAL	MARGINAL	CONT. LEVE	BUENA	REGULAR
SA4	REGULAR	REGULAR	MARGINAL	MARGINAL	CONT. LEVE	BUENA	REGULAR
SA5	BUENA	REGULAR	POBRE	MARGINAL	CONT. LEVE	BUENA	REGULAR
SA6	REGULAR	MALA	POBRE	POBRE	CONT. LEVE	REGULAR	BUENA
SA7	REGULAR	MALA	POBRE	POBRE	CONT. LEVE	REGULAR	BUENA
T1	REGULAR	REGULAR	MARGINAL	MARGINAL	CONT. MODERADA	REGULAR	REGULAR
T2	REGULAR	REGULAR	POBRE	POBRE	CONT. ELEVADA	REGULAR	BUENA
T3	REGULAR	MALA	POBRE	MARGINAL	CONT. ELEVADA	BUENA	BUENA

En el arroyo Saladillo, los resultados evidencian similitudes de calidad de agua cuando se aplican los índices ICA- NSF, ICA-Berón y ICA Obj Pesce -Wunderlin. De estos tres índices, arrojan mayor coincidencia el ICA-NSF y el ICA Obj Pesce-Wunderlin. De los siete sitios sobre el arroyo, cinco (SA1, SA2, SA5, SA6 y SA7) presentan similitudes en la clasificación de sus aguas, según los dos últimos índices antes mencionados. De los tres tributarios, dos (T1 y T2) presentan similitudes.

El ICA simplificado propuesto por Pesce-Wunderlin presenta diferencias respecto de los demás índices, esto puede observarse en dos de los tributarios del arroyo (T2 y T3), en donde el ICA simplificado refleja una buena calidad de los canales mientras que los demás índices están evidenciando una calidad de pobre a mala y una contaminación elevada de los mismos.

Los resultados de la aplicación del ICA –CCME (protección biota) coinciden sólo con el índice propuesto por Berón en los tributarios T2 y T3 (Canal Candelaria y Canal Fuentes, respectivamente).

**Tabla 43. Comparación índices seleccionados A° Frías**

Arroyo Frías - Comparación de Índices							
Sitio /ICA	NSF (SUMA)	NSF (PRODUCTO)	CCME (PROTEC.BIOTA)	CCME (RECREACIÓN)	Berón	Objetivo P - W	Simplificado P- W
F1	BUENA	BUENA			CONT. LEVE	REGULAR	BUENA
F2	REGULAR	REGULAR	MARGINAL	MARGINAL	CONT. LEVE	BUENA	REGULAR
F3	REGULAR	REGULAR	MARGINAL	REGULAR	CONT. LEVE	REGULAR	REGULAR
F4	REGULAR	REGULAR	MARGINAL	MARGINAL	CONT. ELEVADA	BUENA	BUENA
F5	BUENA	REGULAR	POBRE	POBRE	CONT. LEVE	BUENA	REGULAR
F6	REGULAR	MALA	POBRE	POBRE	CONT. LEVE	REGULAR	REGULAR

Para el arroyo Frías, la comparación entre los índices arrojaron resultados disímiles. Sólo en el sitio F3 (A° Frías y ruta 9) se presentan similitudes entre el ICA-NSF, ICA –CCME (recreación) y ICA Objetivo y simplificado de Pesce-Wunderlin. Se presentan coincidencias entre el ICA-NSF y el ICA Objetivo de Pesce-Wunderlin en el 50 % de los sitios estudiados. Es notorio la falta de coincidencia de resultados en el sitio F4 (A° Frías y A012).

**Tabla 44. Comparación índices seleccionados A° Seco.**

A° Seco - Comparación de Índices							
Sitio /ICA	NSF (SUMA)	NSF (PRODUCTO)	CCME (PROTEC. BIOTA)	CCME (RECREACIÓN)	Berón	Objetivo P - W	Simplificado P- W
SE1	REGULAR	REGULAR	REGULAR	MARGINAL	CONT. LEVE	BUENA	BUENA
SE2	REGULAR	MALA	MARGINAL	POBRE	CONT. MODERADA	REGULAR	REGULAR
SE3	REGULAR	MALA	MARGINAL	POBRE	CONT. MODERADA	REGULAR	REGULAR
SE4	REGULAR	MALA	POBRE	POBRE	CONT. ELEVADA	REGULAR	REGULAR
T1	MALA	PÉSIMA	POBRE	POBRE	CONT. ELEVADA	MALA	MALA

En el Arroyo Seco, los índices ICA-NSF e ICA Objetivo Pesce Wunderlin son los que presentan similitudes en los sitios SE2, SE3, SE4, localizados sobre el arroyo y en el Canal Savoca. Se da en este canal, el 100 % de coincidencias entre todos los índices, cuyos resultados muestran la caída abrupta de la calidad del agua.

Si bien, estos índices, tienen en común los parámetros como pH, temperatura, turbiedad, OD, DBO, difieren en la metodología de cálculo. El ICA-NSF se basa en la suma ponderada del producto de los subíndices de las variables intervinientes, obtenidas a través del uso de curvas conocidas y el peso específico que se le asigna a cada una, mientras que el ICA Objetivo se calcula por la suma del producto de los valores normalizados de las variables intervinientes y el peso relativo asignado dividido la suma de los pesos relativo de las variables intervinientes. En este último índice el peso relativo asignado a cada parámetro fluctúa entre 4 para máxima importancia y 1 para mínima mientras que en el ICA- NSF (suma), los pesos asignados se ponderan entre 0 y 1, de forma tal que la sumatoria sea igual a 1.

Considerando las características físicas, químicas, visuales, biológicas y antrópicas de cada sitio estudiado, el índice de calidad de agua que mejor se ajusta al estado actual de los arroyos es el ICA-NSF (producto) porque en los puntos más comprometidos en calidad de agua por actividades antrópicas reflejan estas condiciones. Ejemplos de ellos son los sitios SA6 y SA7 localizados en la ciudad de Rosario y en Villa Gobernador Gálvez, que reciben la descarga sin tratamiento de los líquidos pluvio-cloacales y de efluentes industriales clandestinos de ambas localidades. En el caso del arroyo Frías el sitio F6 es el más comprometido de todos los sitios reflejando una mala calidad de agua porque recibe los efluentes sin tratamiento de algunas empresas del Parque Industrial Alvear. Y en el arroyo Seco el tributario T1 es el más comprometido en términos de calidad coincidiendo con el hecho que este canal es receptor de efluentes provenientes de una industria alimenticia sin tratamiento. También el sitio SE4 presenta una calidad mala porque recibe las aguas de este tributario T1 más la descarga de efluentes tratados de un frigorífico y la influencia de un basural a cielo abierto aguas arriba.

Se representa gráficamente la calidad del agua de cada uno de los arroyos según el ICA NSF (producto).

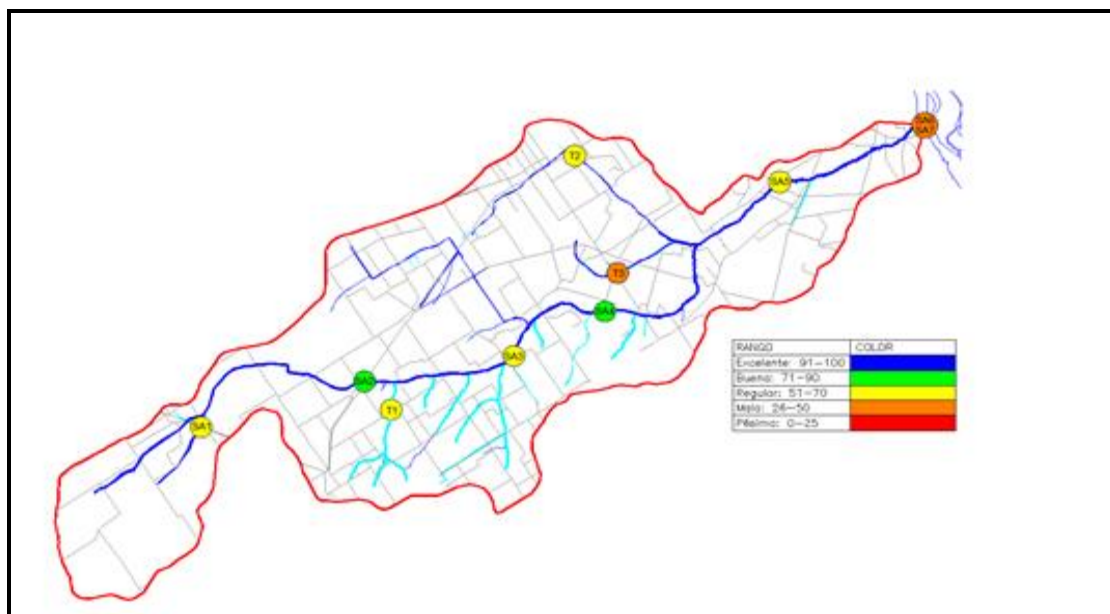


Figura 27. Arroyo Saladillo- ICA NSF (producto)

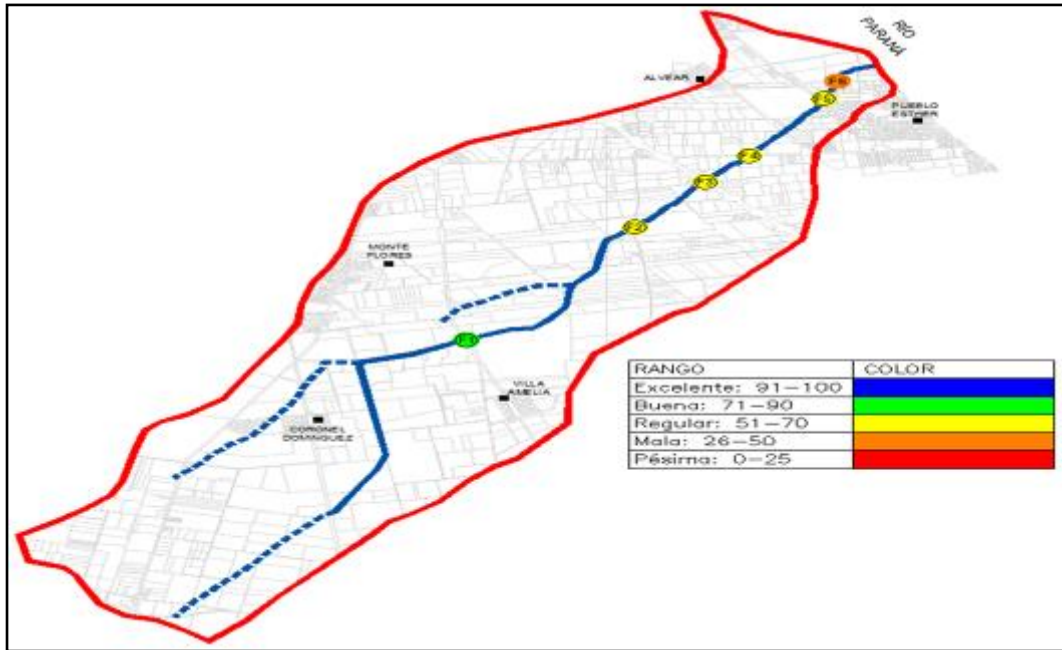


Figura 28. Arroyo Frías- ICA NSF (producto)

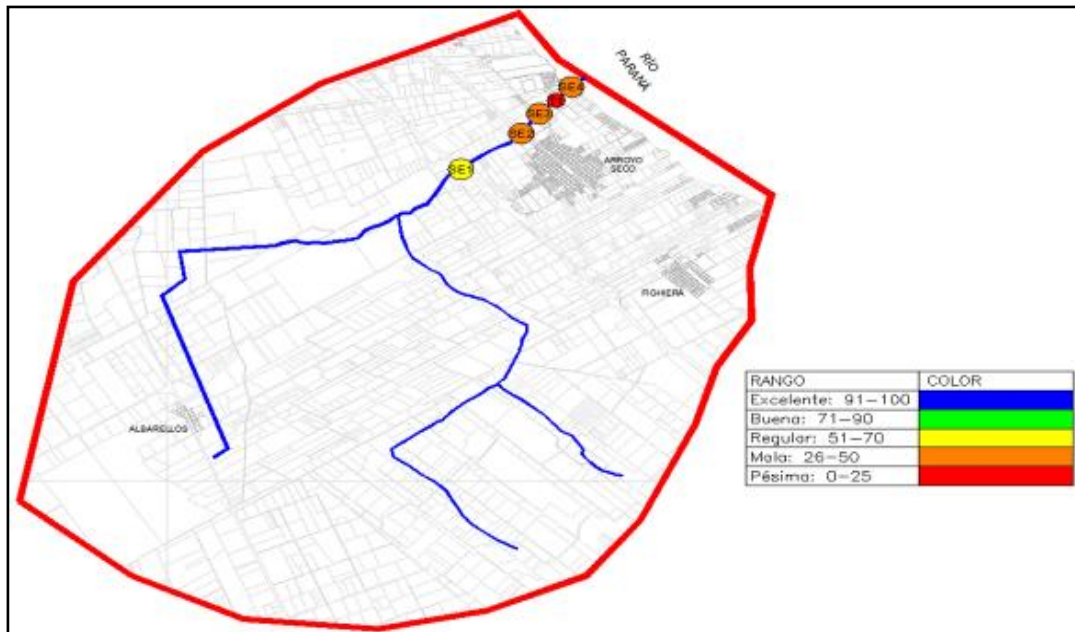


Figura 29. Arroyo Seco- ICA NSF (producto)

## **Capítulo 4 – Propuesta de índice de calidad de agua superficial para arroyos del sur de Santa Fe**

### **4.1- Índice Santa Fe Arroyos del Sur (ICASFAS)**

Tomando como base la información que surge de la comparación de los cuatro índices aplicados y evaluando los resultados de los parámetros físicos-químicos obtenidos en los arroyos estudiados, se seleccionan los siguientes parámetros: Oxígeno Disuelto (% saturación), Coliformes Fecales, DBO, relación N/P, Sólidos Suspendidos Totales, conductividad y pH como variables físico-químicas consideradas relevantes en la calidad de un curso superficial de agua, en este caso, aplicados a los arroyos del sur de la provincia de Santa Fe.

La selección se realizó en base a considerar que el oxígeno disuelto, expresado en términos de Porcentaje de Saturación (PS), tiene una importancia fundamental porque define la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

A través de los Coliformes Fecales se puede evaluar la peligrosidad potencial de la contaminación microbiana. La Demanda Bioquímica de Oxígeno es un indicador de volcamientos de origen doméstico e industrial.

La relación entre Nitrógeno Total y Fósforo Total es indicadora del requerimiento de nutrientes y además evidencia el grado de eutrofización.

Con los valores de la turbiedad se puede conocer cuan reducida se encuentra la penetración de la luz y con ello el impedimento de la fotosíntesis.

Y el pH mide la acidez total o alcalinidad total, que puede afectar a la flora y fauna acuáticas cuando resultan valores extremos.

El índice que se propone a continuación denominado **ICASFAS**: ICA Santa Fe Arroyos del Sur, es una versión adaptada de la metodología conocida como ICA-NSF (Producto), cuya fórmula de cálculo es:

$$ICASFAS = \prod_{i=1}^7 (q_i^{w_i}) \quad \text{(Ecuación 20)}$$

Donde:

w<sub>i</sub>: es el peso asignado a cada variable .

q<sub>i</sub> :es el subíndice de calidad de acuerdo con las curvas funcionales expuestas en las páginas 49 a 52 y con las ecuaciones ( 21 a 24) para la relación N/P propuesta por Rueda (2008) para el cálculo del ICA empleado por la Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua del IDEAM , Colombia. Siendo N: concentración de nitrógeno total y P: concentración de fósforo total.

Los subíndices para N/P se basan en:

- si  $15 \leq N/P \leq 20$  , q<sub>i</sub>=0.80                   **(Ecuación 21)**
- si  $10 < N/P < 15$ , q<sub>i</sub>=0.60                   **(Ecuación 22)**
- si  $5 < N/P \leq 10$ , q<sub>i</sub>=0.35                   **(Ecuación 23)**
- si  $N/P \leq 5$ , ó  $N/P > 20$  q<sub>i</sub>= 0.15       **(Ecuación 24)**


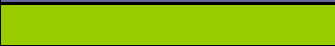



La ponderación propuesta para el ICASFAS se expone en la Tabla 45.

**Tabla 45. Ponderación índice ICASFAS**

Parámetro	Unidad	wi
Oxígeno Disuelto	mg/l	0,20
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	0,20
DBO	mg/l	0,15
Relación N/P		0,15
Sólidos Totales	mg/l	0,10
Turbiedad	NTU	0,10
pH		0,10

La descripción del índice corresponderá según su magnitud a una jerarquía de calidad que también puede representarse con un color (gráficamente), según Tabla 46.

**Tabla 46. Clasificación de calidad ICASFAS**

RANGO	COLOR
Excelente: 91-100	
Buena: 71-90	
Regular: 51 -70	
Mala: 26-50	
Pésima: 0- 25	

#### 4.2- Aplicación del ICASFAS

La aplicación de este índice denominado ICASFAS, a los arroyos Saladillo, Frías y Seco, con la información disponible no podría calcularse en forma completa por falta de datos de Nitrógeno Total y de fósforo Total del período 2008- 2010 en los tres arroyos. Se plantea seguir la misma metodología efectuada en la aplicación del ICA-NSF (PRODUCTO) efectuando una reasignación de pesos relativos (Tabla 47), trabajando con 6 parámetros y las curvas funcionales de las páginas 49 a 53.

**Tabla 47. Resignación de pesos relativos ICASFAS**

Parámetro	Unidad	wi
Oxígeno Disuelto	mg/l	0,25
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	0,25
DBO	mg/l	0,20
Sólidos Totales	mg/l	0,10
Turbiedad	NTU	0,10
pH		0,10

La ecuación para su cálculo es:

$$ICASFAS = \prod_1^6 (q_i^{w_i}) \quad \text{(Ecuación 25)}$$

Los resultados derivados de la aplicación de este índice se exponen en las Tablas 48,49 y 50.

**Tabla 48. ICASFAS- A° Saladillo**

ICASFAS- Arroyo Saladillo			
Sitio	ICASFAS	CALIDAD	COLOR
SA1	46,52	MALA	
SA2	70,16	REGULAR	
SA3	63,94	REGULAR	
SA4	64,35	REGULAR	
SA5	68,65	REGULAR	
SA6	34,41	MALA	
SA7	40,15	MALA	
T1	54,19	REGULAR	
T2	51,53	REGULAR	
T3	25,39	MALA	

**Tabla 49. ICASFAS - A° Frías**

ICASFAS - Arroyo Frías			
Sitio	ICA NSF	CALIDAD	COLOR
F1	70,95	REGULAR	
F2	58,83	REGULAR	
F3	61,77	REGULAR	
F4	47,7	MALA	
F5	65,36	REGULAR	
F6	35,97	MALA	

**Tabla 50. ICASFAS- A° Seco**

ICASFAS - Arroyo Seco			
Sitio	ICA NSF	CALIDAD	COLOR
SE1	53,84	REGULAR	
SE2	22,01	PÉSIMA	
SE3	24,35	PÉSIMA	
SE4	26,43	MALA	
T1	7,76	PÉSIMA	

En las Figuras 30, 31 y 32 se representan la calidad del agua de cada uno de los arroyos según el ICASFAS propuesto.

## Arroyo Saladillo

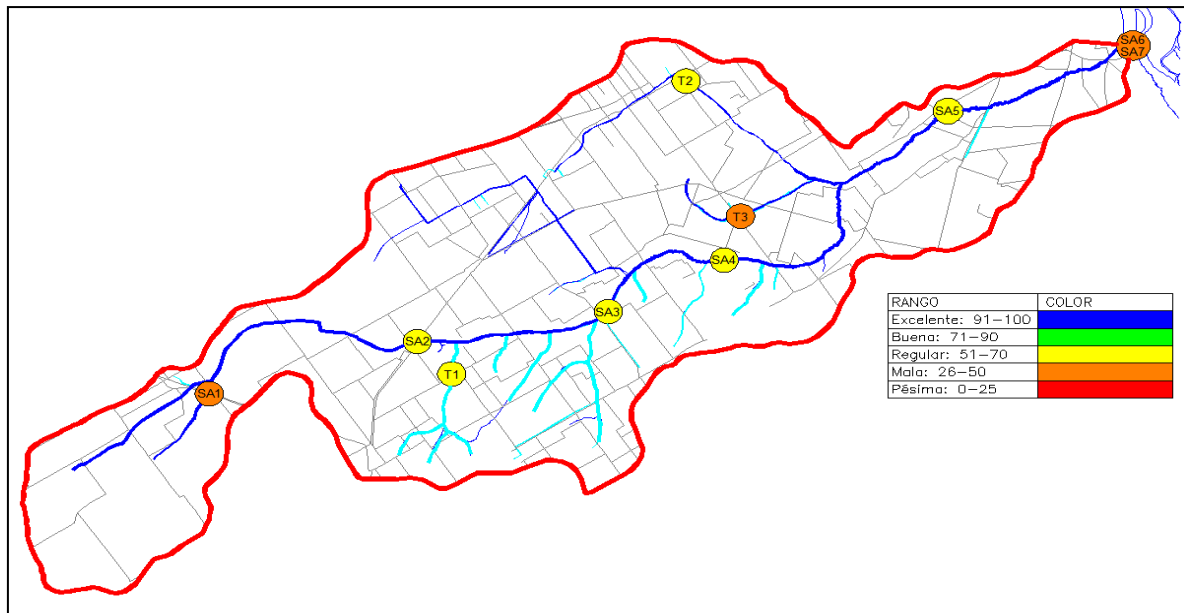


Figura 30. Arroyo Saladillo- ICASFAS

De la aplicación del ICASFAS al Arroyo Saladillo resulta que los sitios SA1, SA6 y SA7 presentan una mala calidad de sus aguas. Dichos sitios presentan los máximos valores promedios de los parámetros analizados (como puede verse en la Gráfica 1 de la página 45). El sitio SA1 presenta la máxima concentración de DBO mientras que el sitio SA6 presenta las mayores concentraciones (en términos de media geométrica) de Coliformes Fecales y de *Escherichia coli*. El sitio SA7 presenta los mayores valores promedios de turbiedad y sólidos totales.

## Arroyo Frías

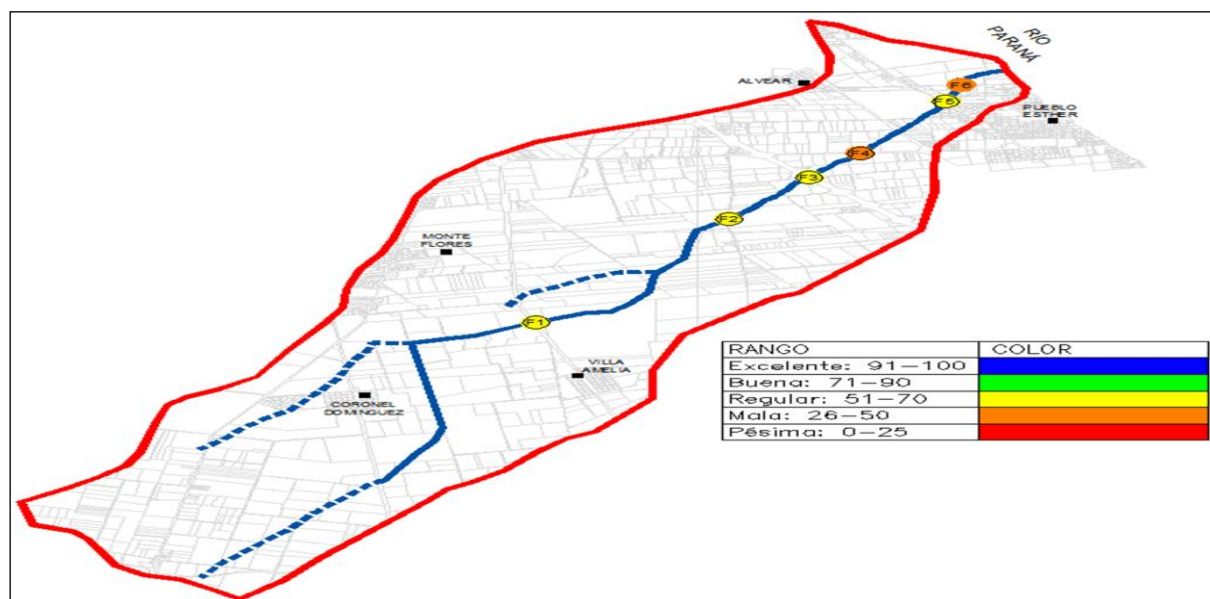


Figura 31. Arroyo Frías - ICASFAS

La aplicación del índice ICASFAS al arroyo Frías muestra que los sitios F4 y F6 presentan una mala calidad de agua. Relacionando estos resultados con los valores promedios de los parámetros intervinientes (Gráfico 2, página 46) se puede observar que la mayor concentración de DBO se presenta en el sitio F4 y las máximas concentraciones de Coliformes Fecales se dan en el sitio F6.

Según los resultados que arrojan los promedios de los parámetros seleccionados, el sitio F2 presenta las máximas concentraciones de turbiedad, sólidos totales y OD. Esto no se ve reflejado en el índice ICASFAS ya que el sitio F2 resulta con una calidad regular y no mala, como venía exhibiéndose en los demás sitios donde se presentaban las máximas concentraciones. Tal vez esta falta de coincidencia podría deberse a los puntajes asignados a los parámetros que conforman el índice (turbiedad y sólidos totales tienen menos puntaje que los correspondientes a Coliformes Fecales y DBO).

### Arroyo Seco

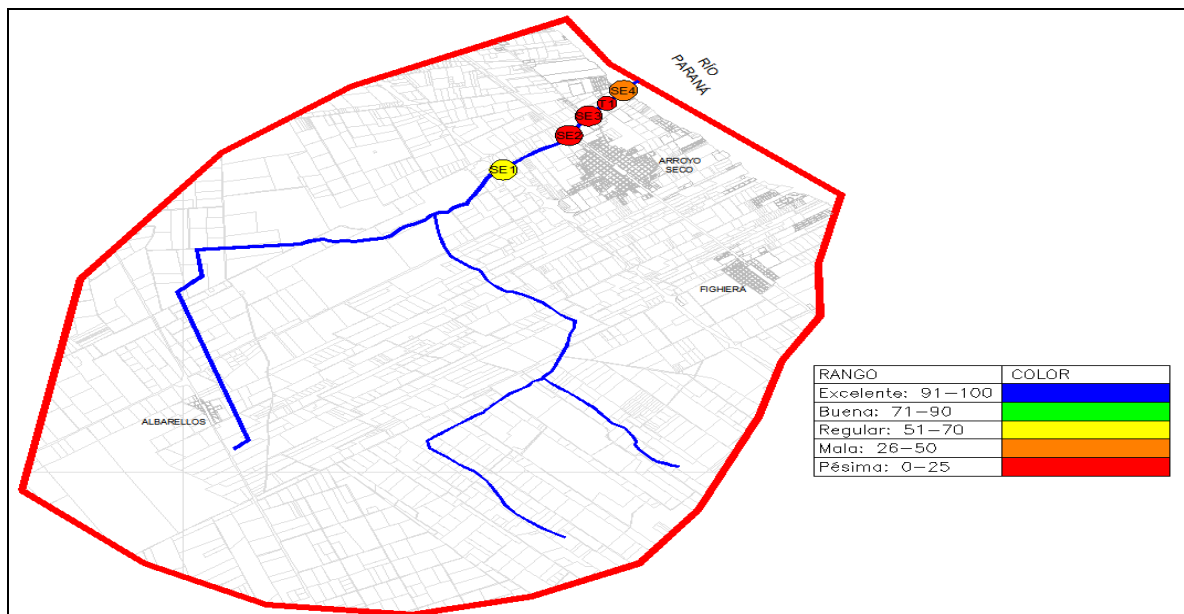


Figura 32. Arroyo Seco- ICASFAS

Considerando los resultados de la aplicación del índice ICASFAS al Arroyo Seco, el sitio SE4 muestra una mala calidad de sus aguas y los sitios SE2 y SE3 evidencian una calidad pésima. Estos últimos sitios coinciden con las máximas concentraciones de DBO, Coliformes Fecales y DBO (según gráficos de la página 47).

El sitio SE4 presenta máximos valores de turbiedad y de sólidos totales, que contribuyen a la una mala calidad de sus aguas reflejada por el índice.

## **Capítulo 5 – Conclusiones y Recomendaciones**

De los cuatro índices seleccionados para evaluar la calidad de agua de los arroyos Saladillo, Frías y Seco, los índices ICA-NSF (suma) e ICA objetivo de Pesce-Wunderlin presentan similitudes entre los resultados. Estas pueden deberse a que tienen en común los parámetros pH, temperatura, turbiedad, OD y DBO y además que son los índices que trabajan con mayor número de variables.

El ICA simplificado desarrollado por Pesce-Wunderlin no presenta coincidencias con los demás índices en los arroyos Saladillo y Frías. Estas diferencias pueden deberse a la reducida cantidad de parámetros que utiliza para su cálculo, sólo tres (conductividad, turbiedad y oxígeno disuelto) y que los mismos no son los más adecuados para evaluar indicios de contaminación.

El índice CCME es el que menos coincidencias en calidad de agua ha arrojado frente a los demás índices. Esta situación se repite en los tres arroyos. Una de las causas de las diferencias puede provenir de la escasa cantidad de parámetros que se tomaron como objetivos de calidad a cumplir en este trabajo y también, si eran los adecuados, para poder evaluar los diferentes usos.

El ICA desarrollado por Berón presenta similitudes con los índices ICA-NSF e ICA objetivo Pesce-Wunderlin, especialmente en los sitios donde se presentan mayores indicios de contaminación. Esta coincidencia se repite en los tres arroyos.

El ICA-NSF (producto) es el que mejor se ajusta a las características de los arroyos estudiados, especialmente porque refleja el deterioro de la calidad de aguas por actividades antrópicas. En el arroyo Saladillo los sitios SA6 y SA7 reciben la descarga, sin tratamiento, de líquidos pluvio-cloacales y de efluentes industriales clandestinos y son categorizados como Calidad Mala. En el caso del arroyo Frías el sitio F6 recibe los efluentes sin tratamiento de algunas empresas del Parque Industrial Alvear y también es categorizado como Calidad Mala. El tributario T1 es el receptor de efluentes provenientes de una industria alimenticia sin tratamiento que desagua en el sitio SA4, ambos son categorizados con Calidad Mala.

Contar con un índice de calidad de agua para cursos del agua superficial de pequeños caudales como son los arroyos, simplifica y organiza la inmensa cantidad de datos que se generan en los muestreos, permitiendo evaluar y comunicar el estado de los mismos en forma comprensible.

El ICASFAS evidencia un deterioro mayor de la calidad del agua en los tres arroyos comparado con el ICA –NSF (producto). Esta diferencia de calidad puede deberse fundamentalmente al valor que se le asigna a los pesos relativos de los parámetros DBO y OD, que en este caso, son mayores a los otorgados en el ICA NSF (producto). La asignación de pesos en la conformación del índice es fundamental para que el resultado represente las condiciones naturales en que se encuentra el curso de agua.

El ICASFAS propuesto puede ser muy útil para la gestión de los arroyos del sur de la provincia de Santa Fe como una herramienta de fácil determinación, que permita a las autoridades competentes tomar las medidas necesarias en forma inmediata, con el fin de preservar la calidad de estos cuerpos de agua.

Se recomienda aumentar la frecuencia de muestreos para contar con un mayor número de valores físico-químicos y microbiológicos destinados al cálculo del índice que asegure consistencia en los resultados.

Se sugiere incorporar los parámetros de nitrógeno total y fósforo total al listado de análisis a efectuar con el objeto de conocer si el índice ICASFAS propuesto es significativo como metodología de evaluación de calidad de agua en forma simplificada.

Se propone extender los muestreos de calidad de agua a otros cursos de agua del sur de la provincia de Santa Fe como los arroyos Ludueña y San Lorenzo con el propósito de poder evaluar el índice ICASFAS propuesto.

Es imprescindible contar con una legislación provincial que establezca para cada uso de los recursos hídricos, valores guías de calidad de agua que tengan como objetivo principal su protección.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **Alba-Tercedor, J. y A. Sánchez-Ortega. (1988).**Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell, 1978. *Limnética*, 4, 5-56
- **Ball, R.; Church, R., (1980).** Water quality indexing and scoring, *Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers*, 106; EE4, pp.757-771.
- **Basílico, G., De Cabo, L., Faggi, A.** Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en dos arroyos de la llanura Pampeana. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat.* vol.17 no.2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires dic. 2015.
- **Berón, L. 1984.** Evaluación de la Calidad de las Aguas de los ríos de La Plata y Matanza-Riachuelo, mediante la utilización de índices de calidad de agua. *Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental, Ministerio de Salud y Acción Social, Argentina*, 38 pp.
- **Brandalise, M.V.; Nadal F., (2012).** Índice de Calidad de Agua para uso recreativo en ambientes con cianobacterias. I Encuentro de Investigadores en Formación de Recursos Hídricos. Instituto Nacional del Agua. Ezeiza. Bs.As. Argentina.
- **BCWQI, 1996.** Ministry of Environment, Lands and Parks. The Water Quality Section. *British Columbia Water Quality Status Report*, Victoria, BC.
- **Brown, R. K., (1965).** "A Water Quality Index- Dowe Dare?" *Water Sewage Works* 11, pp.339-343.
- **CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment),1995.** Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. CCME EPC-98E. Prepared by Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, Ottawa
- **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, (2001).** Canadian Council of Ministers of the Environment.
- **Cemagref (1982)** - Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux, Vol. Rapport Q.E.Lyon-A.F.Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.218 p.
- **CETESB, (2006).** Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo, Anexo V, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo. Brasil.
- **Conesa Fernandez-Vitora V., (1995).** Methodological Guide for Environmental Impact Evaluation (Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental), 2<sup>nd</sup> Ed., p.390. Mundi-Prensa, Madrid.
- **CVC-UNiValle.** Proyecto de modelación del Río Cauca-PMC-Fase II, Vol. X, Estudio de la calidad del río Cauca y sus principales tributaries mediante la aplicación de índices de calidad y contaminación tramo Salvajina- La Virginia, Corporación Autónoma del Valle, Santiago de Cali, 2004.
- **Debels, P.; Figueroa, R.; Urrutia R.; Barra, R.; Niell, X., (2005).**Evaluation of water quality in the Chillán river (Central Chile)using physicochemical parameters and a modified water quality index, en *Environmental Monitoring and Assessment* , Volumen 110, pp.301-322.
- **Derisio, J.C (2007).** Introdução ao Controle de Poluição Ambiental. 3<sup>o</sup> edição, São Paulo: Signus Editora.
- **Dinus S, (1987).** "Design of a Water Quality Index", *W.R.Bulletin*, V23, # 5, pp. 833-43.
- **Dunnette, D., (1979).** A Geographically Variable Water Quality Index Used in Oregon; *Journal of the Water Pollution Control Federation*, Vol.51 Nro.1, pp.53-61.

- **Enciclopedia Geográfica de Santa Fe, (2006).** Tomo 4: Sistemas Hídricos. Fundación de la Universidad de Rosario.
- **Fernández, N.; Ramirez A.; Solano F., (2004).** Physicochemical Water Quality Index. A comparative review. Revista BISTUA. Universidad de Pamplona V.2.p.19-30.
- **Fernández, N. & Solano, F. (2005).** Índices de calidad y de contaminación del agua. Universidad de Pamplona. Colombia.
- **Giraut, M.; Lugano C.; Soldano A.; Rey C., (2007).** Cartografía hídrica superficial digital de la provincia de Santa Fe. Sistema Nacional de Información Hídrica, Subsecretaría de Recursos Hídricos .Instituto Nacional del Agua. Buenos Aires.
- **Goransky, Rubén (2011).** Estudio sobre Calidad de Aguas de Cursos Superficiales del Sur de la Provincia de Santa Fe. Arroyo Frías.Secretaría de Aguas. Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de la provincia de Santa Fe. Argentina
- **Goransky, Rubén (2011).** Estudio sobre Calidad de Aguas de Cursos Superficiales del Sur de la Provincia de Santa Fe. Arroyo Saladillo.Secretaría de Aguas. Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de la provincia de Santa Fe. Argentina.
- **Goransky, Rubén (2011).** Estudio sobre Calidad de Aguas de Cursos Superficiales del Sur de la Provincia de Santa Fe. Arroyo Seco.Secretaría de Aguas. Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de la provincia de Santa Fe. Argentina.
- **Hellawell, J.M., (1978).**Biological surveillance of rivers. Water Research Center,Stevenage, 322 pag.
- **Horton, R. (1965).** "An Index Number System for Rating Water Quality", *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3), pp. 300-306.
- **Instituto Nacional del Agua - Subsecretaría de Recursos Hídricos (2002).** Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina.
- **Karr J.R., Dudley D.R., (1981).**Ecological perspective on water quality goals. *Environmental management* 5: 55-68.
- **Lamas, C y Seguro, E., (2010).** Selección de la metodología para evaluación de la calidad ecológica de cursos de agua superficiales a través del análisis de macroinvertebrados bentónicos. 1° Feria Internacional y 6° Congreso Regional del Ambiente, Rosario. Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente- Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe.
- **Landwehr, J., Denninger, R., (1976).** "Comparison of Several Water Quality Indices", *Water Pollution Control Fed.* 48(5), pp. 954-958.
- **Lange-Bertalot, H. (1979).** Pollution tolerance of diatoms as a criterior for wáter quality estimation. *Nova Hedwigia* 64: 285-304.
- **Ley N°24051 de Residuos Peligrosos, República Argentina, 1991.** Decreto reglamentario 831/93.
- **Montoya H, Contreras C, Garcia V, (1997).** "Estudio Integral de la Calidad del Agua en el estado de Jalisco. Guadalajara.," Comisión Nacional del Agua.
- **NSF, "WQI - National Sanitation Foundation, Consumer Information," 2006.**
- **Ott, W.R. (1978).**"Environmental Indices, Theory and Practice", AA Science, Ann Arbor, Michigan.
- **Pasotti P, Canoba C, Lewis J (1993).** Rasgos geológicos-geomorfológicos de la cuenca del Arroyo Pavón (Santa Fe).
- **Pesce, Silvia; Wunderlin, Daniel, (2000).** Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Res.* 34:2915-2926.

- **Prygiet J. y Coste M., (1998).** *Progress in the use of diatoms for monitoring rivers in France.* In Prygiet J., B.A. Whitton y J.Bukowska(eds). *Use of algae for Monitoring Rivers-III Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douia, France.* Pp.165-179.
- **Queralt, R. (1982).** *La calidad de las aguas de los ríos.* *Tecnología del Agua*, 4: 49-57.
- **Rodrigues Capítulo, A. (1999).** *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de ambientes lóticos en el área pampeana.* *Revista SociedadEntomológica Argentina*, 58: 208-217.
- **Rodrigues Capítulo, A., M. Tangorra y C. Ocón, (2001).** *Use of benthic macroinvertebrates to assess the biologist status of pampean streams in, Argentina.* *Aquatic Ecology*, 35:109-119.
- **Rojas,O.(1991).** "Índices de Calidad del agua en Fuente de Captación," in *Seminario Internacional sobre calidad del agua para consumo*, Cali.
- **Rueda-Delgado, G., Rodriguez-Palma O, (2008).** *Capítulo III. Línea Base Limnológica para el ajuste del Popa del embalse de Betania.* Universidad de Bogotá. Colombia.
- **Saskatchewan Environment and Resource Management, 1997.** *Surface Water Quality Objectives.* Regina, Saskatchewan: Saskatchewan Environment and Resource Management.
- **Thompson T., Farrell S., (2007).** *Chemical safety of drinking-water: Assessing priorities for risk management*, Geneva: WHO.

## **ANEXO CÁLCULOS**

**Tabla 51. Cálculo ICA-NSF (suma) Arroyo Saladillo**

Cálculo ICA NSF (suma)													
Promedio años 2008-2009 Arroyo Saladillo													
Parámetro	Unidades	Peso relativo (wi)		Puntos de muestreos									
				SA1	SA2	T1	SA3	SA4	T2	T3	SA5	SA6	SA7
pH		0,15	qi	87	78	87	72	76	76	85	73	76	80
			ICA	13,05	11,7	13,05	10,8	11,4	11,4	12,75	10,95	11,4	12
Temperatura	°C	0,12	qi	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
			ICA	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16
Turbidez	NTU	0,095	qi	93	87	70	88	90	91	78	87	90	30
			ICA	8,835	8,265	6,65	8,36	8,55	8,645	7,41	8,265	8,55	2,85
OD	% Sat	0,18	qi	65	94	85	86	98	88	6	96	90	87
			ICA	11,7	16,92	15,3	15,48	17,64	15,84	1,08	17,28	16,2	15,66
DBO	mg/l	0,12	qi	24	70	33	65	53	30	45	67	60	67
			ICA	2,88	8,4	3,96	7,8	6,36	3,6	5,4	8,04	7,2	8,04
SDT	mg/l	0,095	qi	79	79	79	80	80	79	79	79	79	79
			ICA	7,505	7,505	7,505	7,6	7,6	7,505	7,505	7,505	7,505	7,505
C. Fecales	NMP/100 ml	0,24	qi	27	44	33	36	37	28	34	42	3	8
			ICA	6,48	10,56	7,92	8,64	8,88	6,72	8,16	10,08	0,72	1,92
ICA- NSF (SUMA)				61,61	74,51	65,545	69,84	71,59	64,87	53,465	73,28	62,735	59,135

**Tabla 52. Cálculo ICA-NSF (producto) Arroyo Saladillo**

Cálculo ICA NSF (Producto)													
Promedio años 2008-2009 Arroyo Saladillo													
Parámetro	Unidades	Peso relativo (wi)	Puntos de muestreos										
			SA1	SA2	T1	SA3	SA4	T2	T3	SA5	SA6	SA7	
pH		0,15	qi	87,00	78,00	87,00	72,00	76,00	76,00	85,00	73,00	76,00	80,00
			ICA	1,95	1,92	1,95	1,90	1,91	1,91	1,95	1,90	1,91	1,93
Temperatura	°C	0,12	qi	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00
			ICA	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
Turbidez	NTU	0,095	qi	93,00	87,00	70,00	88,00	90,00	91,00	78,00	87,00	90,00	30,00
			ICA	1,54	1,53	1,50	1,53	1,53	1,54	1,51	1,53	1,53	1,38
OD	% Sat	0,18	qi	65,00	94,00	85,00	86,00	98,00	88,00	6,00	96,00	90,00	87,00
			ICA	2,12	2,27	2,22	2,23	2,28	2,24	1,38	2,27	2,25	2,23
DBO	mg/l	0,12	qi	24,00	70,00	33,00	65,00	53,00	30,00	45,00	67,00	60,00	67,00
			ICA	1,46	1,66	1,52	1,65	1,61	1,50	1,58	1,66	1,63	1,66
SDT	mg/l	0,095	qi	79,00	79,00	79,00	80,00	80,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00
			ICA	1,51	1,51	1,51	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
C. Fecales	NMP/100 ml	0,24	qi	27,00	44,00	33,00	36,00	37,00	28,00	34,00	42,00	3,00	8,00
			ICA	2,21	2,48	2,31	2,36	2,38	2,22	2,33	2,45	1,30	1,65
ICA-NSF (PRODUCTO)				53,69	71,71	59,80	66,01	67,06	57,45	39,05	70,11	36,64	42,39

**Tabla 53. Cálculo ICA-NSF (suma) Arroyo Frías**

Cálculo NSF (suma)									
Arroyo Frías (2009-2010)									
Parámetro	Unidades	Peso relativo(wi)		Puntos de muestreos					
				F1	F2	F3	F4	F5	F6
pH		0,15	qi	94,00	80,00	70,00	72,00	67,00	68,00
			ICA	14,10	12,00	10,50	10,80	10,05	10,20
Temperatura	°C	0,12	qi	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00
			ICA	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16
Turbidez	NTU	0,095	qi	77,00	72,00	90,00	88,00	82,00	91,00
			ICA	7,32	6,84	8,55	8,36	7,79	8,65
OD	% Sat	0,18	qi	75,00	97,00	98,00	90,00	97,00	89,00
			ICA	13,50	17,46	17,64	16,20	17,46	16,02
DBO	mg/l	0,12	qi	80,00	52,00	45,00	28,00	65,00	55,00
			ICA	9,60	6,24	5,40	3,36	7,80	6,60
ST	mg/l	0,095	qi	81,00	83,00	80,00	79,00	85,00	81,00
			ICA	7,70	7,89	7,60	7,51	8,08	7,70
C. Fecales	NMP/100 ml	0,24	qi	50,00	28,00	37,00	21,00	36,00	4,00
			ICA	12,00	6,72	8,88	5,04	8,64	0,96
ICA NSF (suma)				75,37	68,31	69,73	62,43	70,98	61,28

**Tabla 54. Cálculo ICA-NSF (producto) Arroyo Frías**

Cálculo ICA NSF (producto)									
Arroyo Frías (2009-2010)									
Parámetro	Unidades	Peso relativo(wi)		Puntos de muestreos					
				F1	F2	F3	F4	F5	F6
pH		0,15	qi	94,00	80,00	70,00	72,00	67,00	68,00
			ICA	1,98	1,93	1,89	1,90	1,88	1,88
Temperatura	°C	0,12		93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00
			ICA	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
Turbidez	NTU	0,095	qi	77,00	72,00	90,00	88,00	82,00	91,00
			ICA	1,51	1,50	1,53	1,53	1,52	1,54
OD	% Sat	0,18	qi	75,00	97,00	98,00	90,00	97,00	89,00
			ICA	2,18	2,28	2,28	2,25	2,28	2,24
DBO	mg/l	0,12	qi	80,00	52,00	45,00	28,00	65,00	55,00
			ICA	1,69	1,61	1,58	1,49	1,65	1,62
ST	mg/l	0,095	qi	81,00	83,00	80,00	79,00	85,00	81,00
			ICA	1,52	1,52	1,52	1,51	1,53	1,52
C. Fecales	NMP/100 ml	0,24	qi	50,00	28,00	37,00	21,00	36,00	4,00
			ICA	2,56	2,22	2,38	2,08	2,36	1,39
ICA NSF(Producto)				73,51	61,84	64,95	52,79	66,67	38,26

**Tabla 55. Cálculo ICA-NSF (producto) Arroyo Seco**

Cálculo ICA NSF (Suma)								
Arroyo Seco -2009-								
Parámetro	Unidades	Peso relativo(wi)		Puntos de muestreos				
				SE1	SE2	SE3	SE4	T1
pH		0,15	qi	80,00	92,00	91,00	93,00	68,00
			ICA	12,00	13,80	13,65	13,95	10,20
Temperatura	°C	0,12	qi	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00
			ICA	11,16	11,16	11,16	11,16	11,16
Turbidez	NTU	0,095	qi	74,00	58,00	66,00	52,00	39,00
			ICA	7,03	5,51	6,27	4,94	3,71
OD	% Sat	0,18	qi	90,00	58,00	68,00	41,00	5,00
			ICA	16,20	10,44	12,24	7,38	0,90
DBO	mg/l	0,12	qi	56,00	14,00	16,00	40,00	2,00
			ICA	6,72	1,68	1,92	4,80	0,24
ST	mg/l	0,095	qi	80,20	84,00	80,30	84,80	86,00
			ICA	7,62	7,98	7,63	8,06	8,17
C. Fecales	NMP/100 ml	0,24	qi	20,00	3,00	3,00	5,00	3,00
			ICA	4,80	0,72	0,72	1,20	0,72
ICA NSF (suma)				65,53	51,29	53,59	51,49	35,10

**Tabla 56. Cálculo ICA-NSF (producto) Arroyo Seco**

Cálculo ICA NSF (Producto)								
Arroyo Seco -2009-								
Parámetro	Unidades	Peso relativo(wi)		Puntos de muestreos				
				SE1	SE2	SE3	SE4	T1
pH		0,15	qi	80,00	92,00	91,00	93,00	68,00
			ICA	1,93	1,97	1,97	1,97	1,88
Temperatura	°C	0,12		93,00	93,00	93,00	93,00	93,00
			ICA	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
Turbidez	NTU	0,095	qi	74,00	58,00	66,00	52,00	39,00
			ICA	1,51	1,47	1,49	1,46	1,42
OD	% Sat	0,18	qi	90,00	58,00	68,00	41,00	5,00
			ICA	2,25	2,08	2,14	1,95	1,34
DBO	mg/l	0,12	qi	56,00	14,00	16,00	40,00	2,00
			ICA	1,62	1,37	1,39	1,56	1,09
ST	mg/l	0,095	qi	80,20	84,00	80,30	84,80	86,00
			ICA	1,52	1,52	1,52	1,52	1,53
C. Fecales	NMP/100 ml	0,24	qi	20,00	3,00	3,00	5,00	3,00
			ICA	2,05	1,30	1,30	1,47	1,30
ICA NSF(Producto)				56,75	28,22	29,70	33,73	13,26

**Tabla 57. Cálculo ICA CCME- Sitio SA1 -Arroyo Saladillo (protección biota acuática)**

SA1							Excursion										NSE		F3	F1		F2						
Fecha	pH	OD(mg/l)	DBO(mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO(mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	número de variables que fallan	número de variables				número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2				
ene.-10	7,25	1,7		4	15	10	6,5	0	1,7	1,9411765			2	0	25	0	15	0	17	0,60368911	37,6	3	6	50	3	17	17,6	
04/10	8,59	8,9	25	2	5	10	8,59	0,3215385	5	0	25	7,333333333	2	0	25	0	15	0										
08/10	7,4	8,4	2,5	2,9	5	25	6,5	0	5	0	3	0	2	0	25	0	25	0,6666667										
	1	1	1	0	0	0																						
	3	3	2	3	3	3																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	<5	3	8	25	<15																						

**Tabla 58. Cálculo ICA CCME -Sitio SA2 - Arroyo Saladillo (protección biota acuática)**

SA2							Excursion										NSE		F3	F1		F2							
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2					
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	número de variables que fallan	número de variables				número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2					
11/08	7,83	7,5	2	3	5	49	6,5	0	5	0	2	0,5	8	0	25	0	49	2,27	46	0,29	22,3	4	6	66,7	13	46	28,2608696		
04/09	8,26	9,1	2	3,8	5	25	8,5	0	5	0	2	0,5	8	0	25	0	25	0,67											
07/09	8,32	11	3	4,1	5	31	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	31	1,07											
10/09	8,22	8,4	2,2	8,2	30	21	8,5	0	5	0	2,2	0,36	8,2	0,02	30	0,2	21	0,4											
01/10	7,94	6,3		18	120	13	8,5	0	5	0		18	1,25	120	3,8	15	0												
04/10	8,6	11	4	4,4	20	24	8,6	0,01	5	0	3	0	8	0	25	0	24	0,6											
08/10	7,82	11,8	3,4	1,8	10	38	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	38	1,53											
12/10	7,79	7,4	3	6,1	7,3		8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0													
	0	0	3	2	2	6																							
	8	8	7	8	8	7																							
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																							
	8,5	<5	3	8	25	<15																							

Tabla 59. Cálculo ICA CCME -Sitio T1- Arroyo Saladillo (protección biota acuática)

T1							Excursion										NSE	F3	F1			F2						
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestras	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2			
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
11/08	8,17	14,4	11,5	7,4	30	77	6,5	0	5	0	11,5	2,83	8	0	30	0,2	77	4,13	46	1,02	50,4	4	6	66,7	18	46	39,1304348	
04/09	8,43	14	2,4	7,5	6	64	8,5	0	5	0	2,4	0,25	8	0	25	0	64	3,27										
07/09	8,21	12	10	7,1	10	58	8,5	0	5	0	10	2,33	8	0	25	0	58	2,87										
10/09	8	8,9	20	32	100	52	8,5	0	5	0	20	5,67	32	3	100	3	52	2,47										
01/10	7,9	10,4		4	30	59	8,5	0	5	0			2	0	30	0,2	59	2,93										
04/10	7	12	2	6,3	6	62	8,5	0	5	0	2	0,5	8	0	25	0	62	3,13										
08/10	8,07	12,4	9,4	4,5	10	95	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	95	5,33										
12/10	7,93	7,6	9	43	33		8,5	0	5	0	3	0	43	4,38	33	0,32												
	0	0	5	2	4	7																						
	8	8	7	8	8	7																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	>5	3	8	25	<15																						

**Tabla 60. Cálculo ICA CCME -Sitio SA3- Arroyo Saladillo (protección biota acuática)**

SA3							Excursion										NSE		F3			F1		F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
11/08	8,08	10,8	2	7,6	30	16	6,5	0	5	0	3	0	8	0	30	0,2	16	0,07	46	0,162048167	13,9	5	6	83,3	12	46	26,0869565	
04/09	8,39	12	2	2,2	10	15	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	15	0										
07/09	8,44	13	5,7	5,1	5	18	8,5	0	5	0	5,7	0,9	8	0	25	0	18	0,2										
10/09	8,16	8,8	2,1	7,1	30	11	8,5	0	5	0	3	0	8	0	30	0,2	15	0										
01/10	8,8	9,1		11	50	20	8,8	0,04	5	0	3		11	0,38	50	1	20	0,33										
04/10	8,59	11	7	7,2	20	31	8,59	0,01	5	0	7	1,33	8	0	25	0	31	1,07										
08/10	8,34	16	2	2,8	20	41	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	41	1,73										
12/10	8,2	11	2	5,8	10		8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0												
	1	0	2	1		5																						
	8	8	7	8		7																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	<5	3	8	25	<15																						

**Tabla 61. Cálculo ICA CCME- Sitio SA4 - Arroyo Saladillo (protección biota acuática)**

SA4							Excursion										NSE		F3			F1		F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
11/08	7,96	6,8	2	3,2	8	16	6,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	16	0,06666667	44	0,08	7,35	5	6	83,3	12	44	27,2727273	
04/09	8,24	7,6	2	2,9	8		8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0												
07/09	8,45	11	2,8	1,7		17	8,5	0	5	0	3	0	1,7	0,18	25	0	17	0,13333333										
10/09	8,24	8,8	2	4,3	7	10	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	15	0										
01/10	8,99	9		8,4	3	21	8,99	0,06	5	0	3		8,4	0,05	3	0,67	21	0,4										
04/10	8,71	12	12	6,8	4,7	29	8,71	0,02	5	0	12	-0,75	8	0	4,7	0,06	29	0,93333333										
08/10	7,48	14,3	2,4	2,1	5,4	40	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	40	1,66666667										
12/10	6,72	8,7	2	4	5,4		8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0												
	2	0	1	2		5																						
	8	8	7	8		6																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	<5	3	8	25	<15																						

**Tabla 62. Cálculo CCME (protección biota acuática) Sitio T2 - Arroyo Saladillo**

T2							Excursion											NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2		
11/08	7,5	1,6	13,5	8,9	7	44	6,5	0	1,6	2,125	13,5	3,5	8,9	0,1125	25	0	44	1,93333333	45	0,73901821	42,4962892	5	6	83,33333333	19	45	42,2222222	
04/09	8,26	9,2	13	5,4	10	25	8,5	0	5	0	13	3,33333333	8	0	25	0	25	0,66666667										
07/09	7,98	6,9	8,8	3	10	35	8,5	0	5	0	8,8	1,93333333	8	0	25	0	35	1,33333333										
10/09		5,9	20	4,8	10	29	8,5	0	5	0	20	5,66666667	8	0	25	0	29	0,93333333										
01/10	8,9	12,5		6	10	30	8,9	0,04705882	5	0	3	0	8	3	25	0	30	1										
04/10	8,62	7,2	4	2,4	6	30	8,62	0,01411765	5	0	4	0,33333333	8	0	25	0	30	1										
08/10	8,18	4,2	8	2,4	10	52	8,5	0	4,2	0,19047619	8	1,66666667	8	0	25	0	52	2,46666667										
12/10	8,2	9,3	9	4,8	9,3		8,5	0	5	0	9	2	8	0	25	0												
	2	2	7	1	0	7																						
	7	8	7	8	8	7																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	>5	3	8	25	<15																						

**Tabla 63. Cálculo CCME (protección biota acuática) Sitio T3 -Arroyo Saladillo**

T3							Excursion											NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2		
11/08	7,6	6,2	8,4	19	20	60	6,5	0	5	0	8,4	1,8	19	1,375	25	0	60	3	46	0,48061807	32,460638	5	6	83,33333333	19	46	41,3043478	
04/09	7,9	6,8	6,2	7,8	10	30	8,5	0	5	0	6,2	1,06666667	8	0	25	0	30	1										
07/09	7,9	8,2	2	6,6	10	30	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	30	1										
10/09	7,86	8,4	7,4	4,7	5	30	8,5	0	5	0	7,4	1,46666667	8	0	25	0	30	1										
01/10	8,65	8,1		5,8	20	20	8,65	0,01764706	5	0			8	3	25	0	20	0,33333333										
04/10	8,67	7,7	2	9,8	15	25	8,67	0,02	5	0	3	0	9,8	0,225	25	0	25	0,66666667										
08/10	8,16	9,3	4,3	2,6	10	44	8,5	0	5	0	4,3	0,43333333	8	0	25	0	44	1,93333333										
12/10	8,96	8	9,8	10	55		8,96	0,05411765	5	0	9,8	2,26666667	10	0,25	55	1,2												
	3	0	5	3	1	7																						
	8	8	7	8	8	7																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	>5	3	8	25	<15																						

**Tabla 64. Cálculo ICA CCME -Sitio SA5-Arroyo Saladillo (protección biota acuática)**

SA5							Excursion										NSE		F3	F1			F2					
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
11/08	8,15	7,9	2	10	30	30	6,5	0	5	0	3	0	8	0	30	0,2	30	1	45	0,53864706	35,0078373	5	6	83,3333333	17	45	31,7777778	
04/09	8,44	7,7	4,2	4,9	70		8,5	0	5	0	4,2	0,4	8	0	70	1,8												
07/09	8,56	14	2,3	2,4	13	49	8,56	0,00705882	5	0	3	0	8	3	25	0	49	2,26666667										
10/09	8,42	8,8	2,4	4,3	10	19	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	19	0,26666667										
01/10	9,15	10,2		17	50	24	9,15	0,07647059	5	0	3		17	1,125	50	9	24	0,6										
04/10	8,76	8,9	6	4,1	6,6	27	8,76	0,03058824	5	0	6	1	8	0	25	0	27	0,8										
08/10	8,3	9,6	5,2	2,9	30	41	8,5	0	5	0	5,2	0,73333333	8	0	30	0,2	41	1,73333333										
12/10	6,78	8,5	2	6,7	5		8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0												
	3	0	3	7	4	6																						
	8	8	7	8	8	6																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	<5	3	8	25	<15																						

**Tabla 65. Cálculo ICA CCME -Sitio SA6- Arroyo Saladillo (protección biota acuática)**

SA6							Excursion										NSE		F3	F1			F2					
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
11/08		4,2	6,4	7,3	20	34													45	0,37813259	27,4380412	6	6	100	18	45	40	
04/09	8,82	13	5,2	3,3	8	23	8,82	0,03764706	5	0	4,2	0,19047619	6,4	1,13333333	8	0	25	0	34	1,26666667								
07/09	8	7,2	4,7	2,4	6	25	8,5	0	5	0	4,7	0,56666667	8	3	25	0	25	0,66666667										
10/09	8,3	5,9	2,4	1,4	10	20	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	20	0,33333333										
01/10	9,07	7,3		12	30	22	9,07	0,06705882	5	0	3		12	0,5	30	5	22	0,46666667										
04/10	8,3	9,3	6	2,6	5	10	8,5	0	5	0	6	1	8	0	25	0	15	0										
08/10	8,08	9,3	4,6	3,5	20	37	8,5	0	5	0	4,6	0,53333333	8	0	25	0	37	1,46666667										
12/10	8,96	6,5	2,9	3,2	5		8,96	0,05411765	5	0	3	0	8	0	25	0												
	3	1	5	2	1	6																						
	7	8	7	8	8	7																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	<5	3	8	25	<15																						

**Tabla 66. Cálculo ICA CCME -Sitio SA7- Arroyo Saladillo (protección biota acuática)**

SA7							Excursion										NSE		F3	F1		F2						
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				valores fuera de norma	Excursion	número de variables que fallan	número de variables	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	
11/08	8,05	6,8	3,6	25	20	10			5	0	3,6	0,2	25	2,125	25	0	15	0	45	1,91416914	65,6849019	4	6	66,6666667	16	45	35,5555558	
04/09	8,39	7,4	3,7	380	310	10	8,5	0	5	0	3,7	0,23333333	380	46,5	310	11,4												
07/09		8,9	2,5	13	25	10	8,5	0	5	0	3	0	13	5,5	25	0	15	0										
10/09	8,7	6,7	5,5	26	10	10	8,7	0,02352941	5	0	5,5	-0,4545455	26	2,25	25	0	15	0										
01/10	8,06	5,2		17	15	10	8,5	0	5	0	3		17	1,125	25	4	15	0										
04/10	8,8	8,2	2	23	20	10	8,8	0,03529412	5	0	3	0	23	1,875	25	0	15	0										
08/10	8,5	9	3	24	4	10	8,5	0	5	0	3	0	24	2	4	5,25	15	0										
12/10	6,8	7,7	1,9	39	30		8,5	0	5	0	3	0	39	3,875	30	0,2												
	2	0	3	8	3	0																						
	7	8	7	8	8	7																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	<5	3	8	25	<15																						

**Tabla 67. Cálculo ICA CCME -Sitio SA1- Arroyo Saladillo (uso recreativo)**

SA1						Excursion										NSE		F3	F1		F2						
Fecha	pH	OD(mg/l)	DBO(mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO(mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2						
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales					
01/10	7,25	1,7		4	930	6,5	0	1,7	1,9411765			50	0	930	61	14	6,13781297	86	4	5	80	5	14	35,7			
04/10	8,59	8,9	25	2	230	8,59	0,3215385	5	0	25	7,33333333	50	0	230	14,333333												
08/10	7,4	8,4	2,5	2,9	30	6,5	0	5	0	3	0	50	0	30	1												
	1	1		1	0																						
	3	3		2	3																						
Objetivo	6,5	5	3	50	15																						
	8,5	<5	3	<50	<15																						

Tabla 68. Cálculo ICA CCME - Sitio SA2- Arroyo Saladillo (uso recreativo)

SA2						Excursion								NSE		F3	F1			F2				
						pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C.Fecales(NMP/100 ml)				Parametros F1			Parametros F2			
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C.Fecales (NMP/100 ml)	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	Número de muestreos	NSE	F3	número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2
11/08	7,83	7,5	2	3	430	6,5	0	5	0	2	0,5	50	0	430	1,15	39	0,14	12,2	2	5	40	6	39	15,3846154
04/09	8,26	9,1	2	3,8	750	8,5	0	5	0	2	0,5	50	0	750	2,75									
07/09	8,32	11	3	4,1	91	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
10/09	8,22	8,4	2,2	8,2	150	8,5	0	5	0	2,2	0,36	50	0	200	0									
01/10	7,94	6,3		18	110	8,5	0	5	0			50	0	200	0									
04/10	8,6	11	4	4,4	230	8,6	0,01	5	0	3	0	50	0	230	0,15									
08/10	7,82	11,8	3,4	1,8	73	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
12/10	7,79	7,4	3	6,1	91	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
	0	0	3	0	3																			
	8	8	7	8	8																			
Objetivo	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	<5	3	<50	<200																			

Tabla 69. Cálculo ICA CCME-Sitio T1- Arroyo Saladillo (uso recreativo)

T1						Excursion										NSE	F3	F1			F2			
						pH	OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales(NMP/100)					Parametros F1			Parametros F2			
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales(NMP/100 ml)	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	Núme ro de mue streos	NSE	F3	núm ero de varia bles que fallan	núm ero de varia bles	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2
11/08	8,17	14,4	11,5	7,4	230	6,5	0	5	0	11,5	2,83	50	0	230	0,15	39	0,83	45,3	2	5	40	11	39	28,2051282
04/09	8,43	14	2,4	7,5	430	8,5	0	5	0	2,4	0,25	50	0	430	1,15									
07/09	8,21	12	10	7,1	430	8,5	0	5	0	10	2,33	50	0	430	1,15									
10/09	8	8,9	20	32	930	8,5	0	5	0	20	5,67	50	0	930	3,65									
01/10	7,9	10,4		4	930	8,5	0	5	0			50	0	930	3,65									
04/10	7	12	2	6,3	36	8,5	0	5	0	2	0,5	50	0	200	0									
08/10	8,07	12,4	9,4	4,5	73	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
12/10	7,93	7,6	9	43	2400	8,5	0	5	0	3	0	50	0	2400	11									
	0	0	5	0																				
	8	8	7	8	8																			
Objetivo	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	>5	3	<50	<200																			

Tabla 70. Cálculo ICA CCME- Sitio SA3- Arroyo Saladillo (uso recreativo)

SA3						Excursion										NSE		F3	F1			F2			
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C.Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez		C.Fecales		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	número de variables individuales que fallan		número de variables individuales	F2	
11/08	8,08	10,8	2	7,6	430	6,5	0	5	0	3	0	50	0	430	1,15	39	0,69049271	40,8	3	5	60	8	39	20,5128205	
04/09	8,39	12	2	2,2	2.400	8,5	0	5	0	3	0	50	0	2400	11										
07/09	8,44	13	5,7	5,1	230	8,5	0	5	0	5,7	0,9	50	0	230	0,15										
10/09	8,16	8,8	2,1	7,1	2400	8,5	0	5	0	3	0	50	0	2400	11										
01/10	8,8	9,1		11	210	8,8	0,04	5	0	3		50	0	210	0,05										
04/10	8,59	11	7	7,2	430	8,59	0,01	5	0	7	1,33	50	0	430	1,15										
08/10	8,34	16	2	2,8	91	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0										
12/10	8,2	11	2	5,8	230	8,5	0	5	0	3	0	50	0	230	0,15										
	1	0	2	0	5																				
	8	8	7	8	8																				
Objetivo	6,5	5	3	50	200																				
	8,5	<5	3	<50	<200																				

**Tabla 71. Cálculo ICA CCME- Sitio SA4- Arroyo Saladillo (uso recreativo)**

SA4						Excursion										NSE		F3		F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C.Fecales (NMP/100 ml)	valores fuera de norma		valores fuera de norma		valores fuera de norma		valores fuera de norma		valores fuera de norma		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
						Excursion	Excursion	Excursion	Excursion	Excursion	Excursion	número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan				número de variables individuales	F2					
11/08	7,96	6,8	2	3,2	230	6,5	0	5	0	3	0	50	0	230	0,15	39	0,11	10,2	3	5	60	8	39	20,5128205	
04/09	8,24	7,6	2	2,9	430	8,5	0	5	0	3	0	50	0												
07/09	8,45	11	2,8	1,7	36	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0										
10/09	8,24	8,8	2	4,3	430	8,5	0	5	0	3	0	50	0	430	1,15										
01/10	8,99	9		8,4	110	8,99	0,06	5	0	3		50	0	200	0										
04/10	8,71	12	12	6,8	930	8,71	0,02	5	0	12	-0,75	50	0	930	3,65										
08/10	7,48	14,3	2,4	2,1	150	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0										
12/10	6,72	8,7	2	4	230	8,5	0	5	0	3	0	50	0	230	0,15										
	2	0	1	0	5																				
	8	8	7	8	8																				
Objetivo	6,5	5	3	50	200																				
	8,5	<5	3	<50	<200																				

**Tabla 72. Cálculo ICA CCME-Sitio T2- Arroyo Saladillo (uso recreativo)**

T2						Excursion										NSE		F3		F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	valores fuera de norma		valores fuera de norma		valores fuera de norma		valores fuera de norma		valores fuera de norma		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
						Excursion	Excursion	Excursion	Excursion	Excursion	Excursion	número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan				número de variables individuales	F2					
11/08	7,5	1,6	13,5	8,9	2400	6,5	0	1,6	2,125	13,5	3,5	50	0	2400	11	38	1,70157858	62,9846043	4	5	80	16	38	42,1052632	
04/09	8,26	9,2	13	5,4	910	8,5	0	5	0	13	3,33333333	50	0	910	3,55										
07/09	7,98	6,9	8,8	3	930	8,5	0	5	0	8,8	1,93333333	50	0	930	3,65										
10/09		5,9	20	4,8	930	8,5	0	5	0	20	5,66666667	50	0	930	3,65										
01/10	8,9	12,5		6	4600	8,9	0,04705882	5	0	3	0	50	0	4600	22										
04/10	8,62	7,2	4	2,4	91	8,62	0,01411765	5	0	4	0,33333333	50	0	200	0										
08/10	8,18	4,2	8	2,4	36	8,5	0	4,2	0,19047619	8	1,66666667	50	0	200	0										
12/10	8,2	9,3	9	4,8	36	8,5	0	5	0	9	2	50	0	200	0										
	2	2	7	0	5																				
	7	8	7	8	8																				
Objetivo	6,5	5	3	50	200																				
	8,5	>5	3	<50	<200																				

**Tabla 73. Cálculo ICA CCME- Sitio T3- Arroyo Saladillo (uso recreativo)**

T3						Excursion										NSE		F3	F1			F2			
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C.Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C.Fecales (NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
11/08	7,6	6,2	8,4	19	210	6,5	0	5	0	8,4	1,8	50	0	210	0,05	39	0,37243841	27,1369854	3	5	60	16	39	41,025641	
04/09	7,9	6,8	6,2	7,8	910	8,5	0	5	0	6,2	1,06666667	50	0	910	3,55										
07/09	7,9	8,2	2	6,6	230	8,5	0	5	0	3	0	50	0	230	0,15										
10/09	7,86	8,4	7,4	4,7	210	8,5	0	5	0	7,4	1,46666667	50	0	210	0,05										
01/10	8,65	8,1		5,8	360	8,65	0,01764706	5	0			50	0	360	0,8										
04/10	8,67	7,7	2	9,8	300	8,67	0,02	5	0	3	0	50	0	300	0,5										
08/10	8,16	9,3	4,3	2,6	430	8,5	0	5	0	4,3	0,43333333	50	0	430	1,15										
12/10	8,96	8	9,8	10	430	8,96	0,05411765	5	0	9,8	2,26666667	50	0	430	1,15										
	3	0	5	0	8																				
	8	8	7	8	8																				
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	50	200																				
	8,5	>5	3	<50	<200																				

**Tabla 74. Cálculo ICA CCME-Sitio SA5 -Arroyo Saladillo (uso recreativo)**

SA5						Excursion										NSE		F3	F1			F2			
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales(NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales(NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
11/08	8,15	7,9	2	10	430	6,5	0	5	0	3	0	50	0	430	1,15	39	0,14993464	13,0385359	3	5	60	11	39	28,2051282	
04/09	8,44	7,7	4,2	4,9	91	8,5	0	5	0	4,2	0,4	50	0	200	0										
07/09	8,56	14	2,3	2,4	150	8,56	0,00705882	5	0	3	0	50	0	200	0										
10/09	8,42	8,8	2,4	4,3	430	8,5	0	5	0	3	0	50	0	430	1,15										
01/10	9,15	10,2		17	430	9,15	0,07647059	5	0	3		50	0	430	1,15										
04/10	8,76	8,9	6	4,1	73	8,76	0,03058824	5	0	6	1	50	0	200	0										
08/10	8,3	9,6	5,2	2,9	230	8,5	0	5	0	5,2	0,73333333	50	0	230	0,15										
12/10	6,78	8,5	2	6,7	91	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0										
	3	0	3	0	5																				
	8	8	7	8	8																				
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	50	200																				
	8,5	<5	3	<50	<200																				

**Tabla 75. Cálculo ICA CCME - Sitio SA6-Arroyo Saladillo (uso recreativo)**

SA6						Excursion										NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2				
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2		
						11/08		4.2	6.4	7.3	110000			4.2	0,19047619				6.4	1,13333333	50	0	110000	5499	38	224,034631
04/09	8.82	13	5.2	3.3	46.000	8,82	0,03764706	5	0	5,2	0,73333333	50	0	46000	229											
07/09	8	7.2	4.7	2.4	110000	8,5	0	5	0	4,7	0,56666667	50	0	110000	549											
10/09	8,3	5,9	2,4	1,4	150000	8,5	0	5	0	3	0	50	0	150000	749											
01/10	9,07	7,3		12	2400	9,07	0,06705882	5	0	3		50	0	2400	11											
04/10	8,3	9,3	6	2,6	110000	8,5	0	5	0	6	1	50	0	110000	549											
08/10	8,08	9,3	4,6	3,5	75000	8,5	0	5	0	4,6	0,53333333	50	0	75000	374											
12/10	8,96	6,5	2,9	3,2	110000	8,96	0,05411765	5	0	3	0	50	0	110000	549											
		3	1	5	0																					
		7	8	7	8																					
Objetivo	6,5	5	3	50	200																					
	8,5	<5	3	<50	<200																					

**Tabla 76. Cálculo ICA CCME - Sitio SA7- Arroyo Saladillo (uso recreativo)**

SA7						Excursion										NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2				
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2		
						11/08	8,05	6,8	3,6	25	150000			6,8	0				3,6	0,2	50	0	150000	749	38	38,5641477
04/09	8,39	7,4	3,7	380	75.000	8,5	0	5	0	3,7	0,23333333	380	6,6													
07/09		8,9	2,5	13	930			5	0	3	0	50	0	930	3,65											
10/09	8,7	6,7	5,5	26	11000	8,7	0,02352941	5	0	5,5	-0,4545455	50	0	11000	54											
01/10	8,06	5,2		17	930	8,5	0	5	0	3		50	0	930	3,65											
04/10	8,8	8,2	2	23	9300	8,8	0,03529412	5	0	3	0	50	0	9300	45,5											
08/10	8,5	9	3	24	11000	8,5	0	5	0	3	0	50	0	11000	54											
12/10	6,8	7,7	1,9	39	110000	8,5	0	5	0	3	0	50	0	110000	549											
		2	0	3	1																					
		7	8	7	8																					
Objetivo	6,5	5	3	50	200																					
	8,5	<5	3	<50	<200																					

**Tabla 77. Cálculo ICA CCME - Sitio F1- Arroyo Frías (protección biota acuática)**

F1(no se puede aplicar por falta de datos)							Excursion								NSE	F3	F1		F2								
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2			
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
							0	-1	0	-1	0	#DIW0!	8	0	25	0	15	0	1	#DIW0!	#DIW0!	0	2	0	0	1	0
							8,5	0	0	-1	0	#DIW0!	8	0	25	0	15	0									
							8,5	0	0	-1	0	#DIW0!	8	0	25	0	15	0									
							8,5	0	0	-1	0	#DIW0!	0	-1	0	-1	15	0									
							8,5	0	0	-1	0	#DIW0!	0	-1	0	-1	15	0									
							8,5	0	0	-1	0	#DIW0!	8	0	25	0	15	0									
						38	8,5	0	0	-1	0	#DIW0!	8	0	25	0	38	1,53333333									
							8,5	0	0	-1	0	#DIW0!	8	0	25	0											
	0	0	0	0	0	0																					
	0	0	0	0	0	1																					
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	2	5	15																					
	8,5	<5	3	8	25	<15																					

**Tabla 78. Cálculo ICA CCME - Sitio F2 - Arroyo Frías (protección biota acuática)**

F2							Excursion								NSE	F3	F1		F2										
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2					
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2			
03/09	7,8	7,3	2	12	15	16	6,5	0	5	0	3	0	12	0,5	25	0	16	0,06666667	35	0,29952381	23,0487358	4	6	66,6666667	11	35	31,4285714		
06/09	8,4	9,2	2	3,4	5	15	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	15	0											
09/09	7,5	8,8	9	47	30	18	8,5	0	5	0	9	2	47	4,875	30	0,2	18	0,2											
12/09	6,32	6,6		8	10	11	8,5	0	5	0			8	0	25	0	15	0											
03/10	8,39	7,4	2	11	30	20	8,5	0	5	0	3	0	11	0,375	30	0,2	20	0,33333333											
06/10	7,8	8,8	2	3,5	13	41	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	41	1,73333333											
	0	0	1	3	2	5																							
	6	6	5	6	6	6																							
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	2	5	15																							
	8,5	<5	3	8	25	<15																							

**Tabla 79. Cálculo ICA CCME -Sitio F3- Arroyo Frías (protección biota acuática)**

F3							Excursion										NSE		F3	F1			F2						
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2		
03/09	8,19	8,9	2,1	20	20	16	6,5	0	5	0	3	0	20	1,5	25	0	16	0,06666667	34	0,22303922	18,2364729	4	6	66,6666667	12	34	35,2941176		
06/09	8,5	9,6	2	7	5		8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	15	0											
09/09	8	12	6	14	30	17	8,5	0	5	0	6	1	14	0,75	30	0,2	17	0,13333333											
12/09	6,3	7,2		12	20	10	8,5	0	5	0			12	0,5	25	0	15	0											
03/10	8,33	7,3	2	20	40	21	8,5	0	5	0	3	0	20	1,5	40	0,6	21	0,4											
06/10	8	9,2	2	13	17	29	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	29	0,93333333											
	0	0	1	5	2	4																							
	6	6	5	6	6	5																							
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																							
	8,5	<5	3	8	25	<15																							

**Tabla 80. Cálculo ICA CCME- Sitio F4- Arroyo Frías (protección biota acuática)**

F4							Excursion										NSE		F3	F1			F2							
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2					
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2			
03/09	8,28	8	2	11	8	44	6,5	0	5	0	3	0	11	0,375	25	0	44	1,93333333	35	0,34567227	25,687701	5	6	83,3333333	13	35	37,1428571			
06/09	8,7	9,6	2	3,5	5	25	8,7	0,02352941	5	0	3	0	8	0	25	0	25	0,66666667												
09/09	7,45	11	7	9	70	35	8,5	0	5	0	7	1,33333333	9	0,125	70	1,8	35	1,33333333												
12/09	6,5	10		13	25	29	8,5	0	5	0			13	0,625	25	0	29	0,93333333												
03/10	8,42	7,7	2,7	14	30	30	8,5	0	5	0	3	0	14	0,75	30	0,2	30	1												
06/10	8,3	8,8	2,1	8	18	30	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0	30	1												
	1	0	1	3	2	6																								
	6	6	5	6	6	6																								
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																								
	8,5	<5	3	8	25	<15																								

**Tabla 81. Cálculo ICA CCME- Sitio F5- Arroyo Frías (protección biota acuática)**

F5							Excursion										NSE		F3		F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2				
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
03/09	8,17	1	35	8	10	30	6,5	0	1	4	35	10,6666667	8	0	25	0	30	1	33	6,55009183	86,755128	6	6	100	21	33	63,6363636	
06/09	6,9	8,1		16	40		8,5	0	5	0			8	0	25	0	15	0										
09/09	7	1	480	76	60	49	8,5	0	1	4	480	159	76	8,5	60	1,4	49	2,26666667										
12/09	6,5	1,2		16	50	19	8,5	0	1,2	3,16666667			16	1	25	0	19	0,26666667										
03/10	6	1,6	40	15	40	24	6	0,41666667	1,6	2,125	40	12,3333333	15	0,875	40	0,6	24	0,6										
06/10	8,2	4,4	12	9,9	19	27	8,5	0	4,4	0,13636364	12	3	8	0	25	0	27	0,8										
	1	4	4	4	5	2																						
	6	6	4	6	6	5																						
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																						
	8,5	>5	3	8	25	<15																						

**Tabla 82. Cálculo ICA CCME- Sitio F6- Arroyo Frías (protección biota acuática)**

F6							Excursion										NSE		F3		F1			F2					
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	As (ug/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		As (ug/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2					
							valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2		
03/09	8,43	7,5	5,2	3,3	5	34	6,5	0	5	0	5,2	0,73333333	8	0	25	0	34	1,26666667	34	2,65955882	72,6743018	5	6	83,3333333	24	34	70,5882353		
06/09	7,8	1		9,8	30	23	8,5	0	1	4	3	0	8	0	30	0,2	23	0,53333333											
09/09	6,5	1	4,9	105	80	25	8,5	0	1	4	4,9	0,63333333	105	12,125	80	2,2	25	0,66666667											
12/09	6,5	1		29	30	20	8,5	0	1	4			29	2,625	30	0,2	20	0,33333333											
03/10	6	1	40	11	100	22	8,5	0	1	4	40	12,3333333	11	0,375	100	3	22	0,46666667											
06/10	7	1	100	8,8	35	10	8,5	0	1	4	100	32,3333333	8	0	35	0,4	15	0											
	0	8	4	5	5	5																							
	6	6	4	6	6	6																							
Objetivo	6,5	5	3	2	5	15																							
	8,5	<5	3	8	25	<15																							

**Tabla 83. Cálculo ICA CCME- Sitio F1-Arroyo Frías (uso recreativo)**

F1 (no se puede aplicar por falta de datos)						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2		
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2
						0	-1	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0	0	#REF!	#REF!	0	2	0	0	0	#DIV/0!
						8,5	0	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0									
						8,5	0	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0									
						8,5	0	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0									
						8,5	0	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0									
						8,5	0	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0									
						8,5	0	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0									
						8,5	0	0	-1	0	#DIV/0!	50	0	200	0									
						0	0	0	0	0														
						0	0	0	0	0														
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	<5	3	<50	<200																			

**Tabla 84. Cálculo CCME -Sitio F2-Arroyo Frías (uso recreativo)**

F2						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2		
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2
03/09	7,8	7,3	2	12	360	6,5	0	5	0	3	0	50	0	360	0,8	29	0,70689655	41,4141414	2	5	40	6	29	20,6896552
06/09	8,4	9,2	2	3,4	230	8,5	0	5	0	3	0	50	0	230	0,15									
09/09	7,5	8,8	9	47	1500	8,5	0	5	0	9	2	50	0	1500	6,5									
12/09	6,32	6,6		8	2400	8,5	0	5	0		0	50	0	2400	11									
03/10	8,39	7,4	2	11	210	8,5	0	5	0	3	0	50	0	210	0,05									
06/10	7,8	8,8	2	3,5	91	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
						0	0	0	0	0	0													
						6	6	6	5	6	6													
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	<5	3	<50	<200																			

**Tabla 85. Cálculo ICA CCME- Sitio F3-Arroyo Frías (uso recreativo)**

F3						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2		F2	
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan		número de variables individuales
03/09	8,19	8,9	2,1	20	230	6,5	0	5	0	3	0	50	0	230	0,15	29	0,24482759	19,66759	2	5	40	4	29	13,7931034
06/09	8,5	9,6	2	7	430	8,5	0	5	0	3	0	50	0	430	1,15									
09/09	8	12	6	14	36	8,5	0	5	0	6	1	50	0	200	0									
12/09	6,3	7,2		12	430	8,5	0	5	0			50	0	430	1,15									
03/10	8,33	7,3	2	20	110	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
06/10	8	9,2	2	13	930	8,5	0	5	0	3	0	50	0	930	3,65									
	0	0	1	0	3																			
	6	6	5	6	6																			
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	<5	3	<50	<200																			

**Tabla 86. Cálculo ICA CCME- Sitio F4- Arroyo Frías (uso recreativo)**

F4						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2		F2	
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan		número de variables individuales
03/09	8,28	8	2	11	2400	6,5	0	5	0	3	0	50	0	2400	11	29	0,80023665	44,4517474	3	5	60	6	29	20,6896552
06/09	8,7	9,6	2	3,5	910	8,7	0,02352941	5	0	3	0	50	0	910	3,55									
09/09	7,45	11	7	9	930	8,5	0	5	0	7	1,33333333	50	0	930	3,65									
12/09	6,5	10		13	930	8,5	0	5	0			50	0	930	3,65									
03/10	8,42	7,7	2,7	14	30	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
06/10	8,3	8,8	2,1	8	91	8,5	0	5	0	3	0	50	0	200	0									
	1	0	1	0	4																			
	6	6	5	6	6																			
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	<5	3	<50	<200																			

**Tabla 87. Cálculo ICA CCME - Sitio F1- Arroyo Frías (uso recreativo)**

F5						Excursion								NSE		F3	F1			F2				
						pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)				F3	Parametros F1			Parametros F2		F2
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	Número de muestreos	NSE		número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	
03/09	8,17	1	35	8	4300	6,5	0	1	4	35	10,6666667	50	0	4300	20,5	28	7,93445346	88,8073736	5	5	100	17	28	60,7142857
06/09	6,9	8,1		16	91	8,5	0	5	0			50	0	200	0									
09/09	7	1	480	76	150	8,5	0	1	4	480	159	76	0,52	200	0									
12/09	6,5	1,2		16	430	8,5	0	1,2	3,16666667			50	0	430	1,15									
03/10	6	1,6	40	15	430	6	0,41666667	1,6	2,125	40	12,3333333	50	0	430	1,15									
06/10	8,2	4,4	12	9,9	73	8,5	0	4,4	0,13636364	12	3	50	0	200	0									
	↑	4	4	5	3																			
	6	6	4	6	6																			
Objetivo	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	>5	3	<50	<200																			

**Tabla 88. Cálculo ICA CCME- Sitio F6- Arroyo Frías (uso recreativo)**

F6						Excursion								NSE		F3	F1			F2				
						pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		C. Fecales (NMP/100 ml)				F3	Parametros F1			Parametros F2		F2
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	Número de muestreos	NSE		número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	
03/09	8,43	7,5	5,2	3,3	1100000	6,5	0	5	0	5,2	0,73333333	50	0	1100000	5499	28	273,32619	99,6354705	4	5	80	20	28	71,4285714
06/09	7,8	1		9,8	46.000	8,5	0	1	4	3	0	50	0	46000	229									
09/09	6,5	1	4,9	105	110000	8,5	0	1	4	4,9	0,63333333	105	1,1	110000	549									
12/09	6,5	1		29	150000	8,5	0	1	4			50	0	150000	749									
03/10	6	1	40	11	2400	8,5	0	1	4	40	12,3333333	50	0	2400	11									
06/10	7	1	100	8,8	110000	8,5	0	1	4	100	32,3333333	50	0	110000	549									
	0	5	4	5	6																			
	6	6	4	6	6																			
Objetivo	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	<5	3	<50	<200																			

**Tabla 89. Cálculo ICA CCME - Sitio SE1- Arroyo Seco (protección biota acuática)**

SE1						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2			
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				valores fuera de norma	Excursion	número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan
02/09	7,8	8,4	2,6	17	10	6,5	0	5	0	3	0	17	1,125	25	0	20	0,21875	17,9487179	2	5	40	3	20	15
05/09	8	9	9	7,4	20	8,5	0	5	0	9	2	8	0	25	0									
08/09	8,4	9,4	2,3	3,6	5	8,5	0	5	0	3	0	8	0	25	0									
11/09	8,4	7,2	2	18	10	8,5	0	5	0	3	0	18	1,25	25	0									
		0	0	1	2					1	2													
	4	4	4	4	4																			
Objetivo	6,5	5	3	2	5																			
	8,5	>5	<3	8	25																			

**Tabla 90. Cálculo ICA CCME- Sitio SE2- Arroyo Seco (protección biota acuática)**

SE2						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2			
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				valores fuera de norma	Excursion	número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan
02/09	7,6	5,3	10	17	20	6,5	0	5	0	10	-0,7	17	1,125	25	0	19	0,6004386	37,517128	3	5	60	4	19	21,0526316
05/09	7,5	1	40	33	40	8,5	0	1	-0,8	40	12,3333333	8	0	25	0									
08/09	7		20	14	5	8,5	0	0	-1	20	-0,85	8	0	25	0									
11/09	7	5,6	10	24	20	8,5	0	5	0	10	-0,7	24	2	25	0									
		0	1	1	2					1	2													
	4	3	4	4	4																			
Objetivo	6,5	5	3	2	5	NO SE PUEDE APLICAR POR INSUFICIENCIA DE DATOS EN OD (mg/l)																		
	8,5	>5	<3	8	25																			

**Tabla 91. Cálculo ICA CCME- Sitio SE3-Arroyo Seco (protección biota acuática)**

SE3						Excursion								NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2		F2	
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan		número de variables individuales
02/09	7,8	8,1	10	14	15	6,5	0	5	0	10	2,33333333	14	0,75	25	0	20	1,22083333	54,9718574	3	5	60	9	20	45
05/09	7	2	30	20	10	8,5	0	2	1,5	30	9	8	0	25	0									
08/09	7	7,7	20	16	10	8,5	0	5	0	20	5,66666667	8	0	25	0									
11/09	7	6,7	14	20	20	8,5	0	5	0	14	3,66666667	20	1,5	25	0									
	0	1	4	4	0																			
	4	4	4	4	4																			
Objetivo	6,5	5	3	2	5																			
	8,5	>5	<3	8	25																			

**Tabla 92. Cálculo ICA CCME-Sitio SE4- Arroyo Seco (protección biota acuática)**

SE4						Excursion								NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2		F2	
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan		número de variables individuales
02/09	7,3	1,3	10	19	20	6,5	0	1,3	2,84615385	10	2,33333333	19	1,375	25	0	20	0,81333042	44,8528526	4	5	80	11	20	55
05/09	7,6	5,9	6,2	58	40	8,5	0	5	0	6,2	1,06666667	8	0	40	0,6									
08/09	7	7,5	6,5	21	20	8,5	0	5	0	6,5	1,16666667	8	0	25	0									
11/09	8,1	1,1	10	16	20	8,5	0	1,1	3,54545455	10	2,33333333	16	1	25	0									
	0	2	4	4	1																			
	4	4	4	4	4																			
Objetivo	6,5	5	3	2	5																			
	8,5	>5	<3	8	25																			

**Tabla 93. Cálculo ICA CCME-Sitio T1- Arroyo Seco (protección biota acuática)**

T1						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
						pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)				F3	Parametros F1			Parametros F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	Número de muestreos	NSE		número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2
02/09	5	1	840	28	40	5	0,3	1	4	840	279	28	2,5	40	0,6	20	30,355	96,810716	5	5	100	18	20	90
05/09	7	1	130	90	20	8,5	0	1	4	130	42,3333333	8	0	25	0									
08/09	7,5	1	110	14	40	8,5	0	1	4	110	35,6666667	8	0	40	0,6									
11/09	6	1	670	62	40	6	0,41666667	1	4	670	222,333333	62	6,75	40	0,6									
		2	4	4	4																			
		4	4	4	4																			
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	2	5																			
	8,5	>5	<3	8	25																			

**Tabla 94. Cálculo ICA CCME-Sitio SE1- Arroyo Seco (uso recreativo)**

SE1						Excursion										NSE		F3	F1			F2		
						pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)				F3	Parametros F1			Parametros F2		
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	Número de muestreos	NSE		número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2
02/09	7,8	8,4	2,6	17	930	6,5	0	5	0	3	0	50	0	930	3,65	20	1,99	66,5551839	2	5	40	5	20	25
05/09	8	9	9	7,4	430	8,5	0	5	0	9	2	50	0	430	1,15									
08/09	8,4	9,4	2,3	3,6	2400	8,5	0	5	0	3	0	50	0	2400	11									
11/09	8,4	7,2	2	18	4600	8,5	0	5	0	3	0	50	0	4600	22									
		0	0	1	0					1	2													
		4	4	4	4																			
<b>Objetivo</b>	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	>5	<3	<50	<200																			

**Tabla 95. Cálculo ICA CCME-Sitio SE2- Arroyo Seco (uso recreativo)**

SE2						Excursion								NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	SST (mg/l)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2		F2	
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan		número de variables individuales
02/09	7,6	5,3	10	17	930000	6,5	0	5	0	10	-0,7	50	0	930000	4649	19	944,962281	99,8942875	3	5	60	6	19	31,5789474
05/09	7,5	1	40	33	1.100.000	8,5	0	1	-0,8	40	12,3333333	50	0	1100000	5499									
08/09	7		20	14	1100000	8,5	0	0	-1	20	-0,85	50	0	1100000	5499									
11/09	7	5,6	10	24	460000	8,5	0	5	0	10	-0,7	50	0	460000	2299									
		0	1	1	0					1	2													
		4	3	4	4																			
Objetivo	6,5	5	3	50	200	NO SE PUEDE APLICAR POR INSUFICIENCIA DE DATOS EN OD (mg/l)																		
	8,5	>5	<3	<50	<200																			

**Tabla 96. Cálculo ICA CCME-Sitio SE3- Arroyo Seco (uso recreativo)**

SE3						Excursion								NSE		F3	F1			F2				
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1		Parametros F2		F2	
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan		número de variables individuales
02/09	7,8	8,1	10	14	240000	6,5	0	5	0	10	2,3333333	50	0	240000	1199	20	648,408333	99,8460137	3	5	60	9	20	45
05/09	7	2	30	20	1.100.000	8,5	0	2	1,5	30	9	50	0	1100000	5499									
08/09	7	7,7	20	16	1100000	8,5	0	5	0	20	5,66666667	50	0	1100000	5499									
11/09	7	6,7	14	20	150000	8,5	0	5	0	14	3,66666667	50	0	150000	749									
		0	1	4	0																			
		4	4	4	4																			
Objetivo	6,5	5	3	50	200																			
	8,5	>5	<3	<50	<200																			

**Tabla 97. Cálculo ICA CCME- Sitio SE4- Arroyo Seco (uso recreativo)**

SE4						Excursion								NSE		F3	F1			F2					
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C.Fecales (NMP/100 ml)	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2			
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
02/09	7,3	1,3	10	19	390000	6,5	0	1,3	2,84615385	10	2,33333333	50	0	390000	1949	20	159,97258	99,3787762	4	5	80	11	20	55	
05/09	7,6	5,9	6,2	58	200.000	8,5	0	5	0	6,2	1,06666667	58	0,16	200000	999										
08/09	7	7,5	6,5	21	24000	8,5	0	5	0	6,5	1,16666667	50	0	24000	119										
11/09	8,1	1,1	10	16	24000	8,5	0	1,1	3,54545455	10	2,33333333	50	0	24000	119										
		0	2	4	1																				
		4	4	4	4																				
Objetivo	6,5	5	3	50	200																				
	8,5	>5	<3	<50	<200																				

**Tabla 98. Cálculo ICA CCME- Sitio T1- Arroyo Seco (uso recreativo)**

T1						Excursion								NSE		F3	F1			F2					
Fecha	pH	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	C. Fecales	pH		OD(mg/l)		DBO (mg/l)		Turbidez (NTU)		SST (mg/l)		Número de muestreos	NSE	F3	Parametros F1			Parametros F2			
						valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion	valores fuera de norma	Excursion				número de variables que fallan	número de variables	F1	número de variables individuales que fallan	número de variables individuales	F2	
02/09	5	1	840	28	1500000	5	0,3	1	4	840	279	50	0	1500000	74999	20	4837,1545	99,979331	5	5	100	15	20	75	
05/09	7	1	130	90	730.000	8,5	0	1	4	130	42,33333333	90	0,8	730000	3649										
08/09	7,5	1	110	14	2400000	8,5	0	1	4	110	35,66666667	50	0	2400000	11999										
11/09	6	1	670	62	1100000	6	0,41666667	1	4	670	222,33333333	62	0,24	1100000	5499										
		2	4	4	1																				
		4	4	4	4																				
Objetivo	6,5	5	3	50	200																				
	8,5	>5	<3	<50	<200																				

**Tabla 99. Cálculo ICA Berón - Arroyo Saladillo**

Cálculo ICA BERÓN											
Promedio años 2008-2009 Arroyo Saladillo											
Parámetro	Unidades	Puntos de muestreos									
		SA1	SA2	T1	SA3	SA4	T2	T3	SA5	SA6	SA7
Temperatura	°C	16,44	18,25	19,61	20,4	20,05	23,01	20,16	19,81	18,66	21,13
	qi	10	9	7	7	7	3	7	7	9	7
Cloruros	mg/l	636,37	812,14	330	1295	1444,29	102,86	247,14	1038,57	1001,43	42,14
	qi	0	0	3	0	0	8	5	0	0	10
N-NH4	mg/l	0,13	0,12	0,33	0,06	0,05	0,75	1,18	0,08	0,23	0,19
	qi	30	30	24	30	30	18	12	30	24	30
DBO	mg/l	13,75	3,05	10,38	3,76	5,73	10,9	7,22	4,02	4,6	3,38
	qi	12	27	12	27	24	12	18	24	24	27
OD	% SAT	64	94	124	125	102	79	3	102	83	80
	qi	6	10	6	6	10	6	0	10	8	6
OD	mg/l	6,33	9,06	11,46	11,48	9,78	7,1	0,96	9,45	7,84	7,49
	qi	4	10	10	10	10	6	0	10	6	6
ICA BERÓN		6,2	8,6	6,2	8	8,1	5,3	4,2	8,1	7,1	8,6

**Tabla 100. Cálculo ICA Berón - Arroyo Frías**

Cálculo ICA BERÓN								
Arroyo Frías								
Parámetro	Unidades		Puntos de muestreos					
			F1	F2	F3	F4	F5	F6
Temperatura	°C		13,8	18,8	20,88	23,18	20,72	19,37
		qi	10	9	7	3	7	9
Cloruros	mg/l		40	1208,33	1502	102	1022	1012
		qi	10	0	0	8	0	0
N-NH4	mg/l		0,07	0,06	0,06	1,49	0,1	0,27
		qi	30	30	30	12	30	24
DBO	mg/l		2	5,55	7,4	11,86	3,73	4,94
		qi	30	24	18	12	27	24
OD	% SAT		72	104	102	85	105	84
		qi	6	10	10	8	10	8
OD	mg/l		7,45	9,88	9,2	7,22	9,58	7,82
		qi	6	10	10	6	10	6
ICA BERÓN			9,2	8,3	7,5	4,9	8,4	7,1

**Tabla 101. Cálculo ICA Berón- Arroyo Seco**

Cálculo ICA BERÓN							
Promedio año 2009 Arroyo Seco							
Parámetro	Unidades		Puntos de muestreos				
			SE1	SE2	SE3	SE4	T1
Temperatura	°C		14,87	17,2	20,2	20	17,80
		qi	10	9	7	7	9,00
Cloruros	mg/l			229	225	63,67	
		qi	0	5	5	8	0,00
N-NH4	mg/l		0,07	0,06	0,06	1,49	0,10
		qi	30	30	30	12	30,00
DBO	mg/l		6,63	20	18,5	8,18	437,50
		qi	18	6	6	18	0,00
OD	% SAT		84	60	67	43	10,00
		qi	8	6	6	4	2,00
OD	mg/l		8,5	5,45	6,13	3,95	1,00
		qi	10	4	6	2	0,00
ICA BERÓN			8	6	6	5,1	4,32

**Tabla 102. Cálculo ICA Objetivo Pesce-Wunderlim –Arroyo Saladillo**

Cálculo ICA Pesce-Wunderlim																					
Promedio años 2008-2009 Arroyo Saladillo																					
Parámetro	(pi)	Puntos de muestreos																			
		SA1		SA2		T1		SA3		SA4		T2		T3		SA5		SA6		SA7	
		ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi
	1	90	90,00	80,00	80,00	90,00	90,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	90,00	90,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Temperatura (°C)	1	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	80,00	80,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	90,00	90,00
Turbiedad (NTU)	2	100	200,00	90,00	180,00	80,00	160,00	90,00	180,00	100,00	200,00	100,00	200,00	90,00	180,00	90,00	180,00	100,00	200,00	30,00	60,00
OD(mg/l)	4	70	280,00	100,00	400,00	100,00	400,00	100,00	400,00	100,00	400,00	90,00	360,00	100,00	400,00	100,00	400,00	100,00	400,00	90,00	360,00
DBO(mg/l)	3	20	60,00	80,00	240,00	30,00	90,00	80,00	240,00	60,00	180,00	30,00	90,00	40,00	120,00	60,00	180,00	60,00	180,00	70,00	210,00
DQO (mg)	3	30	90,00	40,00	120,00	40,00	120,00	50,00	150,00	60,00	180,00	50,00	150,00	80,00	240,00	50,00	150,00	60,00	180,00	70,00	210,00
SDT (mg/l)	4	100	400,00	90,00	360,00	90,00	360,00	90,00	360,00	100,00	400,00	100,00	400,00	100,00	400,00	90,00	360,00	90,00	360,00	70,00	280,00
C.Totales (NMP/100 ml)	3	60	180,00	90,00	270,00	80,00	240,00	80,00	240,00	80,00	240,00	60,00	180,00	60,00	180,00	80,00	240,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N- NH4 <sup>+</sup> (mg/l)	3	70	210,00	70,00	210,00	50,00	150,00	80,00	240,00	80,00	240,00	20,00	60,00	10,00	30,00	80,00	240,00	60,00	180,00	80,00	240,00
Conductividad(uS/cm)	2	30	60,00	20,00	40,00	30,00	60,00	10,00	20,00	10,00	20,00	60,00	120,00	50,00	100,00	20,00	40,00	20,00	40,00	100,00	200,00
Cloruros(mg/l)	1	30	30,00	20,00	20,00	40,00	40,00	10,00	10,00	10,00	10,00	70,00	70,00	50,00	50,00	10,00	10,00	10,00	10,00	90,00	90,00
Suma	26		1700,00		2020,00		1810,00		2020,00		2050,00		1790,00		1890,00		1980,00		1730,00		1820,00
ICA			65,38		77,69		69,62		77,69		78,85		68,85		72,69		76,15		66,54		70,00

**Tabla 103. Cálculo ICA Objetivo Pesce-Wunderlim-Arroyo Frías**

Cálculo ICA Pesce-Wunderlin													
Promedio 2009 Arroyo Frías													
Parámetro	(pi)	Puntos de muestreos											
		F1		F2		F3		F4		F5		F6	
		ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi
pH	1	90	90,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	70,00	70,00	80,00	80,00
Temperatura (°C)	1	90	90,00	100,00	100,00	100,00	100,00	80,00	80,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Turbiedad (NTU)	2	80	160,00	80,00	160,00	100,00	200,00	90,00	180,00	90,00	180,00	90,00	180,00
OD(mg/l)	4	90	360,00	100,00	400,00	100,00	400,00	90,00	360,00	100,00	400,00	100,00	400,00
DBO(mg/l)	3	90	270,00	50,00	150,00	40,00	120,00	20,00	60,00	70,00	210,00	60,00	180,00
DQO (mg	3	50	150,00	50,00	150,00	40,00	120,00	40,00	120,00	30,00	90,00	40,00	120,00
SDT (mg/l)	4	100	400,00	90,00	360,00	100,00	400,00	100,00	400,00	90,00	360,00	100,00	400,00
C.Totales (NMP/100 ml)	3	90	270,00	50,00	150,00	80,00	240,00	10,00	30,00	70,00	210,00	0,00	0,00
N- NH4 <sup>+</sup> (mg/l)	3	80	240,00	80,00	240,00	80,00	240,00	10,00	30,00	70,00	210,00	60,00	180,00
Conductividad(uS/cm)	2	80	160,00	30,00	60,00	10,00	20,00	60,00	120,00	20,00	40,00	20,00	40,00
Cloruros(mg/l)	1	90	90,00	10,00	10,00	0,00	0,00	70,00	70,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Suma	26		2280,00		1860,00		1920,00		1530,00		1880,00		1690,00
ICA			87,69		71,54		73,85		58,85		72,31		65,00

**Tabla 104. Cálculo ICA Objetivo Pesce-Wunderlim-Arroyo Seco**

Cálculo ICA Pesce-Wunderlin											
Promedio 2009 Arroyo Seco											
Parámetro	(pi)	Puntos de muestreos									
		SE1		SE2		SE3		SE4		T1	
		ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi	ci	ci*pi
pH	1	80	80,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	50,00	50,00
Temperatura (°C)	1	70	70,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Turbiedad (NTU)	2	80	160,00	60,00	120,00	70,00	140,00	50,00	100,00	30,00	60,00
OD(mg/l)	4	100	400,00	70,00	280,00	80,00	320,00	50,00	200,00	0,00	0,00
DBO(mg/l)	3	60	180,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	90,00	0,00	0,00
DQO (mg)	3	50	150,00	30,00	90,00	40,00	120,00	50,00	150,00	0,00	0,00
SDT (mg/l)	4	100	400,00	90,00	360,00	100,00	400,00	90,00	360,00	90,00	360,00
C.Totales (NMP/100 ml)	3	50	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N- NH4 <sup>+</sup> (mg/l)	3	70	210,00	0,00	0,00	70,00	210,00	30,00	90,00		0,00
Conductividad(uS/cm)	2	60	120,00	60,00	120,00	60,00	120,00	100,00	200,00	60,00	120,00
Cloruros(mg/l)	1			50,00	50,00	50,00	50,00	80,00	80,00		0,00
Suma	26		1920,00		1210,00		1550,00		1460,00	17,00	690,00
ICA			73,85		46,54		59,62		56,15		40,59