

Esteche, Gustavo<sup>2</sup>  
Sosa, Diego<sup>2</sup>  
Sotomayor, Lucas<sup>2</sup>  
Yaluff, Yamily<sup>2</sup>  
Ibarra, José E.<sup>3</sup>  
Insfrán, Amado<sup>4</sup>

## ABSTRACT

The investigation was carried out within the framework of the Integrated Environmental Diagnostic Plan of the basin of the River Piribebuy. It was centered in the diagnostic of the visual quality and potability of the waters, conditions of the environment and protection of the main nascents of the watersheds Cordillera Syry and Passes Ingá, two main areas of water collection of the basin of the Piribebuy stream. The waters potability was test by Silver Nitrate (AgNO<sub>3</sub>), the environment was characterized by McPherson's scale and the data collected was analyzed through simple correlation. In Cordillera Syry it was found that than 80% of the nascents presents non drinkable water, and around 70% of the nearest environment was built; while in Paso Ingá 40% of the nascents presents non drinkable water, situation given for being in to slightly modified area and natural state in the near environment; however, in both watersheds 60-70% of the cases demonstrated high protection necessity. The correlation analysis indicates that when the conditions of the near and larger environment were altered, the water potability was also affected and greater necessity for protection was found. The results indicated the graveness of the current conditions of the studied nascents, therefore they require important corrective measures.

---

**Key Words:** quality of water; nascent; watershed; Piribebuy river.

---

## RESUMEN

Esta investigación fue realizada en el marco Plan de Diagnóstico Ambiental Integrado de la Cuenca del río Piribebuy y se centró en diagnosticar la calidad visual y potabilidad de las aguas, condiciones del entorno y protección de las principales nacientes de las microcuencas Cordillera Syry y Paso Ingá, dos principales áreas de captación de agua de la cuenca del arroyo Piribebuy. Se realizó prueba de potabilidad de agua a través del Nitrato de Plata (AgNO<sub>3</sub>), se caracterizó el entorno mediante la escala de Mackpherson y se analizaron los datos a través de correlación simple. En Cordillera Syry se encontró que más del 80% de las nacientes presentan agua no potable y alrededor del 70% del entorno cercano está construido; mientras que en Paso Ingá el 40% de las nacientes presentan agua no potable, situación que se dio al encontrarse mayor área levemente modificada y estado natural en el entorno cercano y medio; sin embargo, en ambas microcuencas se dio que entre 60-70% de los casos demostró alta necesidad de protección. El análisis de correlación indicó que en la medida en que las condiciones del entorno cercano y medio fueron alteradas, también la potabilidad del agua fue afectada y se encontró mayor necesidad de protección. Los resultados indican la gravedad de las condiciones actuales de las nacientes estudiadas por lo que requieren de medidas correctivas importantes.

---

**Palabras Clave:** Calidad de agua, nacientes, microcuenca, río Piribebuy.

---

---

<sup>1</sup> Investigación realizada en el marco del Diagnóstico Ambiental Integrado, implementado por el Departamento de Producción y Tecnología (DPyT) de la CIEH/FCAUNA

<sup>2</sup> Estudiantes del 7mo. Semestre de la CIEH que participan en el Programa de Iniciación Científica promovido por el Departamento de Producción y Tecnología de la FCA-UNA

<sup>3</sup> Prof. del Departamento de Producción y Tecnología de la FCA-UNA, Campus Universitario-San Lorenzo, Paraguay. Tel. 595-21-585606  
- E-mail: ibamol@cnc.una.py

<sup>4</sup> Prof. del Departamento de Producción y Tecnología de la FCA-UNA, Campus Universitario-San Lorenzo, Paraguay. Tel. 595-21-585606  
- E-mail: insfran\_amado@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

La problemática de la calidad de aguas superficiales es observada por muchos países del mundo y reconocida por amplios sectores de la sociedad como un aspecto crítico de la calidad ambiental, y por ende, de la calidad de vida de la población, que para Gross & Hajek (1998) son términos de gran amplitud y de difícil conceptualización, relacionados con el grado de satisfacción de las necesidades. Muchos de los satisfactores se obtienen del hábitat, en el cual, en la medida que el ser humano atiende las más elementales, ejerce presión sobre el medio natural, social y construido. En cuanto a las nacientes de aguas, a pesar de contar con alto grado de contaminación por fuentes difusas derivadas de actividades antrópicas que pueden ser directamente relacionadas al destino final dado a los excrementos de animales y a los períodos de mayor o menor pluviosidad, la población que vivencia este ambiente normalmente no percibe, identifica o racionaliza el riesgo (Butzke et al. 2001). Esta problemática, por lo general, va ligada a proyectos que se implementan, no importando en la mayoría de los casos, los resultados con la temática de uso correcto de agrotóxicos, manejo y conservación de suelos, preservación de los recursos hídricos, conservación de vegetación ciliar, tratamiento y disposición de basuras y contaminación de las nacientes de aguas (Correntino, 2002) pero sin considerar el punto crucial: «el ser humano en su entorno».

La calidad de las aguas superficiales de Paraguay, es estudiada en forma muy aislada y con fines específicos, situación que refleja la necesidad de establecer formas de monitoreo que respondan a una política de preservación, conservación y recuperación del agua, sobre todo superficial, no solo como recurso, sino como fuente de vida, con decidida incorporación de las comunidades en la gestión. Una de las formas de encarar la situación es el estudio de microcuencas donde las acciones de diagnósticos, procesos y resultados normalmente son más factibles y replicables a abordajes más amplios.

Los objetivos de este estudio se centran en la localización geográfica de las nacientes, la calidad visual y potabilidad de las aguas, las condiciones del entorno y la protección de las principales nacientes de la cuenca alta del río Piribebuy. El estudio abarca dos microcuencas denominadas Cordillera Syry y Paso Ingá, dos principales áreas de captación de agua de la gran cuenca del río Piribebuy.

## METODOLOGÍA

Las microcuencas en estudio se encuentran localizadas en la cuenca alta del río Piribebuy, afluente del río Paraguay. El trabajo fue desarrollado, en su primera etapa, mediante la utilización de ortofotocartas de la zona, a través del cual se realizó la delimitación preliminar del área de estudio. La localización de las nacientes se rea-

lizó mediante la colaboración de pobladores de la zona quienes acompañaron el proceso de forma proactiva

### Variables de estudio

La *localización geográfica de las nacientes* fue realizada mediante la utilización de un GPS (Geographys Position System). Las nacientes encontradas fueron codificadas para su identificación, las cuatro primeras letras representan a las microcuencas, siendo CORSY (Cordillera Syry) y PASIN (Paso Ingá), y la identificación numérica de las nacientes conforme al orden de localización.

La calidad del agua es considerada como una condición, estado y evolución de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua en un tiempo y lugar determinado (Insfrán, 2003). A partir de este concepto, se verificó una calidad subjetiva del agua mediante el *aspecto visual*, basado en la percepción de los investigadores sobre la claridad y/o turbidez que el agua denota al sentido de la vista en el momento de analizar la potabilidad de la fuente. Aunque el objetivo de este estudio no fue precisamente establecer índice de calidad, el aspecto visual puede tener relación con la potabilidad. Se utilizó la constante de ajuste en función al aspecto visual, del índice de calidad de agua de Bascarán; en la siguiente escala (Insfrán, 2003):

- 1.0 : Aguas claras sin polución aparente
- 0.75: Aguas de pequeña turbidez
- 0.50: Aguas con olor fuerte, muy turbias
- 0.25: Aguas Negras

El análisis de *potabilidad* para consumo humano se realizó directamente en el campo mediante la prueba de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), conforme a los procedimientos establecidos por Aparicio (1996). Esta prueba permite la observación instantánea de las características del agua que se pretende analizar, mediante el cambio de coloración en el agua al aplicar el reactivo, donde a) la permanencia de la coloración inicial de la muestra indica que puede considerarse el agua como potable, y b) La coloración blanquecina indica la presencia de materia orgánica u otras sustancias tales como nitritos, cloruros y sulfitos en cantidad suficiente para considerar el agua no potable para consumo humano. De cada una de las nacientes se obtuvieron dos muestras de 200 ml de agua. Las muestras fueron tomadas en un vaso de vidrio transparente; y se aplicó 2 (dos) gotas de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) en forma líquida al 2,1N de concentración para observar la reacción menos de 1 (un) minuto.

La *condición del entorno* es un concepto espacial valorizado conforme al estado actual del medio en relación a la naciente. Desde el punto de vista territorial, se consideró entorno cercano a un radio de 10 metros de las nacientes, entorno medio a un radio de 10 a 50 metros y entorno lejano a un radio de 50 a 200 metros de las nacientes. Para la caracterización del entorno cercano, medio y lejano de las nacientes, se utilizó la escala adaptada de Mackpherson que clasifica a los ecosistemas

en: Natural: de pocas y suaves/ligeras influencias humanas. Condición más deseable, valoración 4. Modificado: moderadamente o fuertemente influenciado por el humano, valoración 3. Cultivado: dominado por el hombre, más del 50% cultivado, valoración 2; y Construido: más del 50% cubierto por carreteras, edificaciones u otras infraestructuras, valoración 1.

La *necesidad de protección* indica la percepción de los investigadores sobre la necesidad de medidas de protección de la naciente. Se asignó un número a cada grado de necesidad, siendo: 1= alto; 2= medio; 3= bajo.

### Análisis de datos

El análisis de datos se basó en estudios descriptivos donde fueron utilizados los valores porcentuales para indicar los eventos en cada variable y el análisis de correlación de Pearson. Fueron correlacionados el aspecto visual, potabilidad, condiciones del entorno y necesidad de protección de las nacientes. Los niveles de significancia fueron establecidas conforme a Conçalves (1998), que para Cordillera Syry (n = 23), son significativas a partir de 0,400 y para Paso Ingá (n = 10) a partir de 0,576, con  $p > 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Resultados descriptivos

#### a) Localización geográfica de las nacientes

Fueron localizadas un total de 33 nacientes en las dos microcuencas estudiadas, en Cordillera Syry se identificaron 23 nacientes mientras que en Paso Ingá 10 nacientes, en las coordenadas geográficas comprendidas entre las latitudes 57° 06" y 57° 07" Oeste y Latitud 25° 29" – 25° 30" Sur. En la microcuenca Cordillera Syry fueron encontradas numerosas pequeñas nacientes en reducida área geográfica y muy cercanas unas de otras, en cambio en Paso Ingá existe más dispersión y menor cantidad.

#### b) Calidad de agua

Más del 50% de las nacientes presentaron un aspecto visual claro natural, sin contaminación aparente o turbidez y más del 30% de los casos presentó aguas con un aspecto levemente turbio y hasta negro que podría señalar una contaminación considerable (sin determinar el tipo) en Cordillera Syry. Sin embargo, en Paso Ingá se encontró una situación diferente, pues el 90% de los casos las aguas presentaron un aspecto visual claro y sin polución aparente (Figura 1)

El 87% de las nacientes estudiadas en la microcuenca de Cordillera Syry presentaron aguas no potables, conforme al método de análisis utilizado, hecho que evidencia el estado actual de las fuentes principales de agua de la cuenca del Arroyo Piribebuy. En la microcuenca de

Paso Ingá indicaron una situación diferente, pues en el 60% de las nacientes se encontró agua potable, hecho que tiene mucha relación con el aspecto visual señalado en este caso (Figura 2).

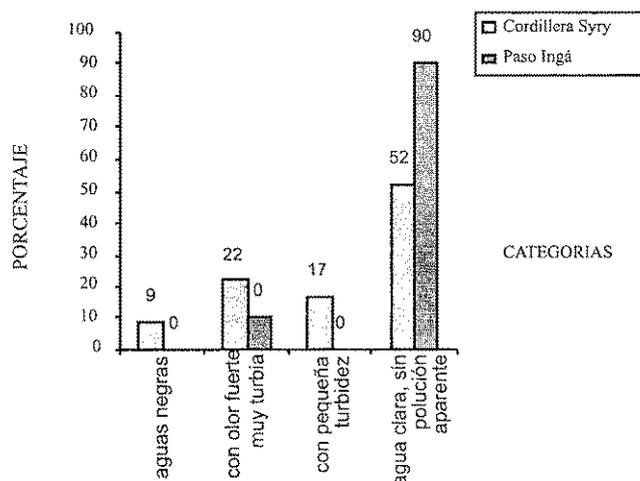


Figura 1. Aspecto visual del agua en las microcuencas Cordillera Syry y Paso Ingá

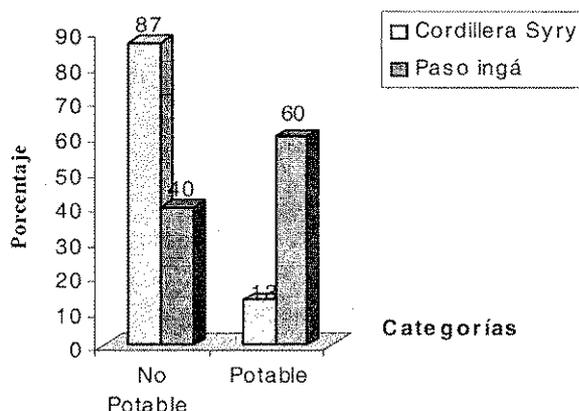


Figura 2. Potabilidad del agua en las microcuencas Cordillera Syry y Paso Ingá.

#### c) Condiciones del entorno

En Cordillera Syry se observó predominancia de ambiente construido, en los tres niveles de análisis del entorno, cercano, medio y lejano, con un 74%, 57% y 61%, respectivamente. La ausencia de entorno natural fue una constante en los tres niveles. En Paso Ingá se encontró que en el entorno lejano las intervenciones son más fuertes pues el 70% es cultivado; y se encontró más casos de ambiente natural (Figura 3).

#### d) Necesidad de protección

En un 74% de las nacientes se observó alto grado de necesidad de protección en la microcuenca Cordillera Syry; asimismo, en Paso Ingá el 60% de los casos de

muestra situación similar. Las nacientes en las que el grado de necesidad de protección es medio o bajo representan un porcentaje mucho menor en ambas microcuencas (Fig. 4).

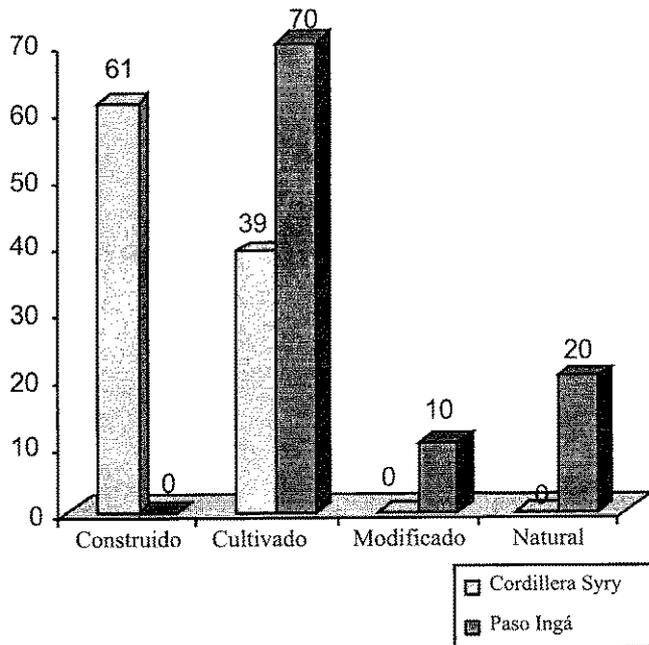


Figura 3<sup>a</sup>. Porcentual de las condiciones del medio analizadas en ambas microcuencas

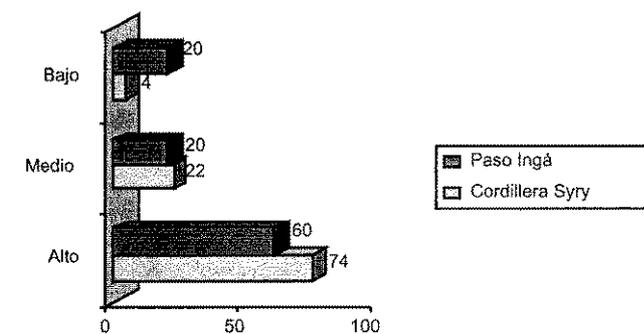
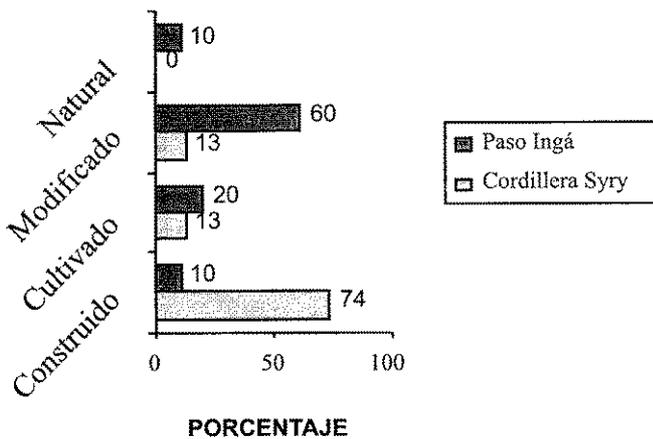


Figura 3<sup>b</sup>. Porcentual de las condiciones del medio analizadas en ambas microcuencas.

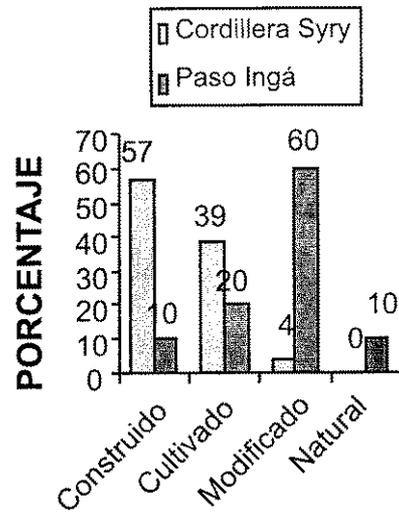


Figura 4. Nacientes y necesidad de protección de ambas microcuencas.

## 2. Correlación de variables

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre las variables estudiadas en las microcuencas Cordillera Syry y Paso Ingá, cuenca alta del río Piribebuy.

Cordillera Syry		Calidad de agua		Condición del entorno			Necesidad de protección
Variables		Aspecto Visual	Potabilidad	Cercano	Medio	Lejano	
Calidad de agua	Aspecto visual	1					
	Potabilidad	0.201	1				
	cercano	0.109	0.516	1			
Condición del entorno	medio	0.403	0.571	0.392	1		
	lejano	0.330	0.219	-0.192	0.568	1	
Necesidad de protección		0.391	0.729	0.705	0.638	0.206	1
Paso Ingá							
Calidad de agua	Aspecto visual	1					
	Potabilidad	0.408	1				
	cercano	0.726	0.470	1			
Condición del entorno	medio	0.726	0.470	0.211	1		
	lejano	0.207	0.506	0.238	0.238	1	
Necesidad de protección		0.250	0.612	0.608	0.608	0.155	1

p > 0.05

En la microcuenca Cordillera Syry, se observó una asociación significativa entre la potabilidad y las condiciones del entorno cercano y medio (0,516 y 0,571, respectivamente), denota que en la medida que el entorno cercano y/o medio es construido también disminuye la potabilidad del agua. En segundo lugar se observaron correlaciones estadísticamente significativas entre la necesidad de protección, la potabilidad y las condiciones del entorno cercano y medio (0,729; 0,705 y 0,638 respectivamente). En segundo término, en Paso Ingá se encontró una situación diferente, dado que la potabilidad del agua estuvo más relacionada con la condición de ambiente lejano (0,506); no obstante, las correlaciones significativas de la potabilidad y las condiciones de ambientes cercanos y medios respecto a la necesidad de protección de las nacientes (0,612; 0,608 y 0,608, respectivamente), direccionan las acciones correctivas a niveles más localizados y no lejanos a las áreas de las nacientes.

## CONCLUSIONES

Los resultados descriptos permitieron, de alguna manera, considerar algunos puntos relevantes del trabajo:

La localización geográfica y caracterización de 33 principales nacientes, de dos microcuencas de la cuenca alta del río Piribebuy.

Se encontró que la calidad de las aguas es preocupante en las fuentes localizadas, pues el 80% de las nacientes tiene agua no es potable en la microcuenca Cordillera Syry y en la misma condición alrededor del 40% en Paso Ingá, aunque más de la mitad presentó un aspecto visual claro y sin polución aparente. Ello tiene que ver con el estado actual del medio físico, pues el 70% del entorno cercano está construido y no presenta condiciones naturales en la microcuenca Cordillera Syry, mientras que en Paso Ingá se encontró entre 10% a 20% de los casos. Sin embargo, en ambas microcuencas predominaron las formas construidas y modificadas con severas alteraciones por las distintas formas de intervenciones humanas observadas.

En ambas microcuencas, más del 60% de las nacientes necesitan de protección física lo que indica la falta de concienciación de la población local y la necesidad de gestión comunitarias en la recuperación y el mejoramiento del estado actual.

El análisis de correlación indicó que, en la medida en que la potabilidad del agua es afectada, las condiciones ambientales cercanas y medio fueron alteradas y demostró mayor necesidad de protección. Esta situación se dio en la microcuenca Cordillera Syry, donde las intervenciones humanas fueron más severas, dada la mayor concentración poblacional y presión en los recursos naturales. Sin embargo, en Paso Ingá, donde la concentración de la población y la presión hacia los recursos naturales son menores, se encontró que la potabilidad responde en gran medida a las condiciones ambientales adversas más lejanas a las fuentes, y probablemente las mayores intervenciones humanas que podrían tener relación con la alteración de la calidad del agua se producen a distancias superiores a 300 metros de las nacientes, pero también las acciones tendientes a revertir la situación deberían producirse en los entornos inmediatos y medios de las nacientes.

El trabajo ayudó a identificar aspectos metodológicos interesantes para el estudio de microcuencas, que se podrían considerar en estudios similares. Sin embargo, los hallazgos responden a una realidad en la cual sin dudas, la población local debe asimilar y actuar en consecuencia, y que las autoridades locales y/o regionales deben entender y considerar como subsidio importante para la gestión integrada de recursos hídricos y las políticas de desarrollo sustentable de la región y de la cuenca.

## LITERATURA CITADA

APARICIO, M. J. 1996. Análisis de dos aspectos socio-culturales del agua. Asunción, Par. Tesis de Grado en Ingeniería en Ecología Humana. San Lorenzo, Universidad Nacional de Asunción.

BUTZKE, I. C.; KRAUSE, J. A.; PINHEIRO, A. 2001?. Qualidade das águas para

consumo humano em áreas rurais: abordagem analítica e de percepção ambiental. Instituto de Pesquisas Ambientais; Universidade Regional de Blumenau; Blumenau, SC-Brasil. 17p.

CORRENTINO DA CUNHA, M. A. 2002. Estudos hidrológicos para planos diretores e gestão territorial do município de rio verde em goiás. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM. Goiânia – GO, Br. s/p

GONÇALVES, M. C. 1998. Análise de regressão aplicada a pesquisa agrícola. Campo Grande, MS-Brasil, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, p23-32.

GROSS, P; HAJEK, E. 1998. Indicadores de calidad y gestión ambientales. Santiago, Ch. Universidad Católica. 221p.

INSFRÁN, A. 2003. Indicadores de qualidade da agua em microbacias agrícolas, Blumenau, SC-Br. Dissertação de Mestre em Engenharia Ambiental, Universidad Regional de Blumenau, Br.