

# DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD QUÍMICA DE LA CAMADA SUPERFICIAL DEL RECURSO SUELO EN LA MICROCUENCA DEL ARROYO ATYRÁ EN EL DISTRITO DE ATYRÁ<sup>1</sup>

CECILIO RUIZ DIAZ S.<sup>2</sup>

VEGA, S.<sup>3</sup>

RASCHE, J.W.<sup>4</sup>

## ABSTRACT

The aim of this work was to study and to characterize the fertility level of the superficial portion of the soil resource from different categories of use, in the Atyrá Creek microbasin, in the Atyrá's District. The formulated hypothesis was that the soils fertility level of the microbasin agro-ecosystems in the Atyrá creek is considerably lower in relation to the forest ecosystems soils. In the area of study 50 samples were taken between 0 - 20 depths, distributed in different categories of use (forest ecosystem, natural meadows ecosystem, agro-ecosystem, sweet water ecosystem and urban ecosystem) and analyzed in the laboratory; the results were registered in an electronic schedule, in which they were processed and determined the soil fertility level. The parameters used to determine the fertility level were the organic material, the available phosphorus, exchangeable bases sum, pH (active acidity) and exchangeable acidity. The results allowed concluding that: in general the fertility level in the microbasin soils is low, with 68% of all the samples analyzed in this level; where the sweet water ecosystems and urban ecosystem have an average fertility levels, both with 67% of all the samples analyzed; in this level in relation with the other systems that possesses low fertility levels. The majority presents acid soils, with low concentration of bases (calcium, magnesium, potassium and sodium); with a high tenor of phosphorus content and organic material with the exception for the sweet water and urban ecosystems that they present/display high levels in organic matter, 100 and 66.7% of all the samples analyzed respectively.

**KEY WORDS:** Ground, microriver basin, category of use, fertility.

## RESUMEN

El trabajo tuvo por objeto estudiar y caracterizar el nivel de la fertilidad de la camada superficial del recurso suelo en sus diferentes categorías de uso en la microcuenca del arroyo Atyrá, distrito de Atyrá. La hipótesis formulada fue que el nivel de fertilidad de los suelos en los agroecosistemas de la microcuenca del arroyo Atyrá es considerablemente mas bajo en relación a la fertilidad de los suelos de los ecosistemas forestales. En el área de estudio se obtuvieron 50 muestras compuestas de 0 - 20 cm de profundidad, distribuidas en diferentes categorías de uso (ecosistema forestal, ecosistema de praderas naturales, agroecosistemas, ecosistema de agua dulce y ecosistema urbano) y analizadas en el laboratorio; los resultados fueron introducidos en una planilla electrónica, en la cual se proceso y determinó el nivel de fertilidad del suelo. Los parámetros utilizados para la determinación del nivel de fertilidad fueron la materia orgánica, el fósforo disponible, la suma de bases intercambiables, pH (acidez activa) y la acidez intercambiable. Los resultados obtenidos permiten concluir que: en general el nivel de fertilidad de los suelos de la microcuenca es bajo, con 68% de todas las muestras analizadas en dicho nivel; en donde los ecosistemas de agua dulce y el ecosistema urbano presentan niveles medios de fertilidad, ambos con 67% de todas las muestras analizadas en dicho nivel, en comparación con los demás categorías de uso que poseen niveles bajos de fertilidad. En general los suelos de la microcuenca son ácidos, con baja suma de bases (calcio, magnesio, potasio y sodio), bajos en contenido de fósforo y materia orgánica a excepción del ecosistema de agua dulce y ecosistema urbano que presentan niveles altos en materia orgánica, 100 y 66,7% de todas las muestras analizadas respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** Suelo, microcuenca, categoría de uso, fertilidad.

1 Parte de la tesis de grado presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

2 Ing. Agr. Egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA-UNA.

3 Prof. Ing. Agr. M.Sc. Docente, Carrera de Ingeniería Agronómica, FCA-UNA.

4 Prof. Ing. Agr. M.Sc. Docente a Tiempo Completo, Carrera de Ingeniería Agronómica, FCA-UNA.

## INTRODUCCIÓN

La vida del hombre al igual que la de otros organismos, depende del aire, el agua y el suelo; este último constituye el soporte mecánico y nutritivo de los cultivos y de los demás vegetales, sostiene el desarrollo de toda la vida vegetal y animal sobre el planeta tierra, incluyendo al hombre. El hombre aprovecha el suelo desde los albores de la civilización, sin embargo, los suelos no son inertes ni indestructibles, por el contrario son dinámicos, contienen vida, están sujetos a la degradación y a la pérdida de su fertilidad (Calegari & Peñalba, 1999)

La primera etapa de ocupación de la tierra por el hombre, es la destrucción de la vegetación natural y la sustitución de ella por alguna actividad agropecuaria o en otros casos por actividades urbanas, industriales o de explotaciones minerales. En esta fase el suelo corre el riesgo de volverse cada vez más pobre con el tiempo si no se toman las medidas adecuadas de manejo. Según Derpsch & Florentin (2000), en todo sistema de producción agrícola/ganadero ocurren importantes pérdidas de suelo y por ende de nutrientes del sistema ya sea por extracción sin reposición (ej.: explotación agrícola), volatilización (ej.: reiteradas quemas), lixiviación o lavado (ej.: barbecho), erosión hídrica y eólica, que trae como consecuencia el empobrecimiento del suelo. Oldemann et al, (1993), mencionan que el mayor responsable de la degradación de los suelos agrícola/ganadero es la erosión hídrica (56%) seguido de la erosión eólica (28%) siendo ambos responsable del 84% de la degradación de los suelos a nivel mundial. La erosión hídrica es la principal causante de la pérdida de suelo y de su fertilidad, evidenciándose pérdidas del 20 a 80 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, dejando los suelos en malas condiciones de fertilidad. Entre los productores agrícolas de mediana y pequeña superficie de suelo, subsiste el sistema de siembra convencional; en donde los suelos usados cada año, quedan en barbecho en invierno, no se realizan prácticas edáficas como, uso de abonos verdes, construcción de curvas de nivel, etc., lo que produce el empobrecimiento paulatino de suelo Moriya (2000).

En este sentido, Tiemedder & Maldonado (1998) afirman que el 80% de las fincas de los pequeños productores está en extrema pobreza y que desde el punto de vista de la fertilidad del suelo uno de los mayores problemas es la erosión hídrica. Según Fatecha (2004), existe una evidente disminución de la fertilidad de los suelos de la Región Oriental del Paraguay y en consecuencia la reducción de los rendimientos de los cultivos, que en muchos casos ha ocasionado la migración de pobladores rurales hacia grandes ciudades, así como la habilitación de nuevas tierras de cultivo, a expensas de áreas boscosas, muchas veces sin tener en cuenta la aptitud de las mismas.

Por tal motivo el presente trabajo se orientó a obtener informaciones acerca del nivel de fertilidad con que cuenta el suelo de la microcuenca del arroyo Atyrá, ubicado en el distrito de Atyrá en el Departamento de Cordillera, y determinarlos ya sea en niveles altos, medios y bajos. Para tal logro se estableció como objetivo general, caracterizar el nivel de la fertilidad de la camada superficial del recurso suelo en sus diferentes categorías de uso en la microcuenca del arroyo Atyrá, distrito de Atyrá; y como específicos: (1) Georreferenciar los puntos dentro de la microcuenca donde fueron extraídas las muestras de suelo; (2) Diagnosticar el nivel de fertilidad de los suelos en alto, medio y bajo; (3) Evaluar y comparar la fertilidad de la camada superficial del suelo en las distintas categorías de uso, y (4) Determinar el pH o acidez activa, el tenor de materia orgánica, fósforo extraíble, aluminio intercambiable, calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiable en las diferentes categorías de uso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en la Microcuenca del Arroyo Atyrá, localizado dentro del distrito de Atyrá, Departamento de Cordillera, aproximadamente a 40 km, noreste, de la ciudad de Asunción, en el lado suroeste del Departamento de Cordillera. Según Coronel (2002), la microcuenca se encuentra en el centro del distrito, su cauce principal es el arroyo Atyrá y su área es de 3.163,25 ha, ocupando el 21,08% del área total del distrito. El relieve es más accidentado que las otras microcuencas del distrito y está en un rango de altura de 139 metros, posee tierras de pastoreo así como tierras agrícolas, forestales y urbanas. Según López et al (1995), los suelos del distrito son de textura areno-franca y franco-arenosa derivados de rocas areniscas, su profundidad varía en 25-35 cm en las lomadas y serranías y son profundas en las llanuras.

En la metodología aplicada en primer lugar se procedió a la elaboración de una carta imagen y la obtención de una ortoimagen del distrito derivadas de la utilización de imágenes satelitales LANDSAT TM5 (Thematic Map, 2000), ortofotocartas, obtenidas de la Dirección de Servicios Geográfico Militar (DISERGEMIL, 1994) y las informaciones sobre límites del distrito de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC, 1998), y plano de índice rural del Servicio Nacional de Catastro (DNC, 2002); para determinar la ubicación de los caminos a recorrer.

Posteriormente se digitalizaron los límites del distrito y la Microcuenca del Arroyo Atyrá, se zonificó y se cuantificó el área total y las diferentes categorías de uso de la tierra, establecidas por Benítez (2004), y se realizó un corte digital de las imágenes a escala 1: 35.000.

Obtenida la carta imagen, se determinó el número total de las muestras de suelos a ser obtenidas, empleando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{K^2 \times Z^2}{E^2}$$

en donde:

- n = número de muestreo  
 K = desviación estándar,  
 Z = varianza de la muestra.  
 E = error máximo permitido.

Determinado el número total de muestras a extraer de la camada superficial del suelo dentro de la microcuenca, estas fueron distribuidas en las categorías de uso del suelo determinados por Benítez (2004), de acuerdo a la superficie ocupada por las mismas (Tabla 1).

**TABLA 1. Número de muestras de suelos a ser extraídas y analizadas.**

Categorías de uso	Superficie	Nº de muestras
Agroecosistemas	1.330,60	21
Ecosist. de Praderas Naturales	840,90	13
Ecosist. Forcstales	645,55	10
Ecosist. Urbano	194,80	3
Ecosist. de Agua Dulce	150,86	3
Total	3163,25	50

En el área de estudio se realizaron 50 extracciones de muestras compuestas de 0 – 20 cm de profundidad, distribuidas en diferentes categorías de uso, utilizando el tubo de muestreo o la barrena tipo holandesa. Luego se procedía a georreferenciar el lugar de la extracción de las muestras con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

En cada una de las muestras se realizaron las determinaciones de pH en agua (relación 1:1 y lectura en pHmetro), materia orgánica (método de Walkley & Black), acidez intercambiable (extracción con KCl 1M y titulación con NaOH 0,01M), calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiable (extracción con acetato de amonio 1M y lectura en el equipo de absorción atómica) y fósforo extraíble (método de Mehlich I). Los resultados de los análisis fueron introducidos en una planilla electrónica, en donde se procesaron para diagnosticar el nivel de fertilidad de la camada superficial de las diferentes categorías de uso de la tierra, como así también, el cálculo del grado de fertilidad del suelo, atendiendo a los parámetros establecidos en la Tabla 2.

Finalmente, los factores de ponderación de la Tabla 2 fueron sumados y promediados para obtener un coeficiente que determinó el nivel de fertilidad de la camada superficial del recurso suelo. El nivel alto representa a los suelos cuyo coeficiente es igual o superior a 0,66; al nivel medio el coeficiente entre 0,34 y 0,65; y el nivel bajo a aquellos con coeficiente igual o menor a 0,33. Los datos obtenidos de las diferentes determinaciones realizadas fueron analizados por el método del análisis estadístico descriptivo.

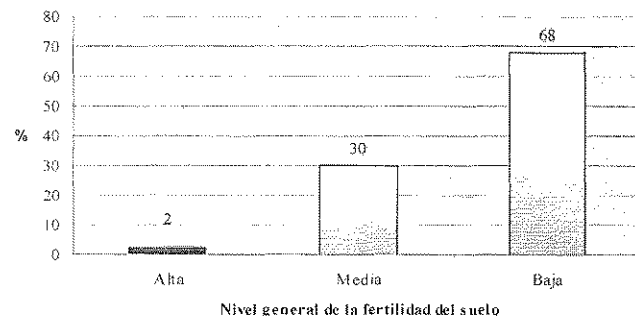
**TABLA 2. Rango de los parámetros y factores de ponderación utilizados para la clasificación del nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo.**

Parámetros	Nivel de fertilidad					
	Alto	Factor de ponderación	Medio	Factor de ponderación	Bajo	Factor de ponderación
Suma de bases (cmol. Kg <sup>-1</sup> )	>6,0	0,2	3,0-6,0	0,1	<3,0	0
pH	>6,0	0,2	5,0-6,0	0,1	<5,0	0
Al + H (cmol. kg <sup>-1</sup> )	<0,4	0,2	0,4-0,9	0,1	>0,9	0
Materia orgánica (%)	>2,5	0,2	1,5-2,5	0,1	<1,5	0
Fósforo extraíble (mg Kg <sup>-1</sup> )	>30	0,2	13-30	0,1	<13	0

Fuente: Paniagua et al., 2001

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los resultados correspondientes al nivel general de fertilidad de la camada superficial del suelo respecto a los parámetros utilizados para su determinación.



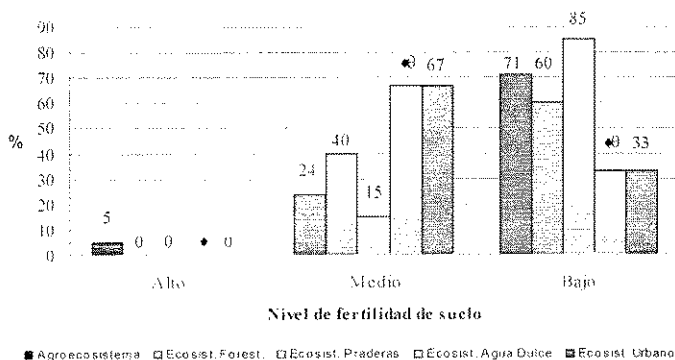
**FIGURA 1. Diagnóstico general del nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo en la microcuenca del arroyo Atyrá.**

Para el nivel general de la fertilidad del suelo se puede observar que el 68% de los suelos muestreados y analizados se encuentran en el nivel bajo ( $d \gg 0,33$ ), mientras que el 30% se encuentra en el nivel medio ( $0,34 - 0,65$ ) y el 2% restante se encuentra en un nivel alto ( $e \gg 0,66$ ).

Estos resultados coinciden con Fatecha (2004), quien afirma que el distrito de Atyrá se encuentra en un nivel bajo de fertilidad basado en el estudio de análisis de suelos de la zona desde los años 1980 a 2002.

En la Figura 2 se pueden observar los resultados correspondientes al nivel general de la fertilidad de la camada superficial del suelo para las diferentes categorías de uso.

Para la categoría de uso denominado agroecosistema se puede apreciar que el 71% de las muestras se encuentran en el nivel bajo ( $d \gg 0,33$ ), mientras que el 24 y el 5% restantes están distribuidos entre los niveles medio ( $0,34 - 0,65$ ) y alto ( $e \gg 0,66$ ), respectivamente.



**FIGURA 2. Diagnóstico general del nivel de fertilidad de suelos en las diferentes categorías de uso.**

En la categoría de uso ecosistema forestal se puede observar que el 60% de las muestras analizadas se encuentra en el nivel bajo ( $d \gg 0,33$ ), y el 40% restante se encuentra en un nivel medio ( $0,34 - 0,65$ ), mientras que para la categoría de uso de ecosistemas de praderas naturales los valores más altos se encuentran en el nivel bajo ( $d \gg 0,33$ ) de 85% y el restante de las muestras analizadas en el nivel medio ( $0,34 - 0,65$ ), con 15% respectivamente.

En los ecosistemas de agua dulce, no se encontraron muestras analizadas con niveles altos de fertilidad, obteniéndose de esta manera el 67 y el 33% para los niveles medio y bajo respectivamente. Por último, en las categorías de uso denominado ecosistema urbano no se encontraron muestras con nivel alto ( $e \gg 0,66$ ), mientras que los niveles medio ( $0,34 - 0,65$ ) y bajo ( $d \gg 0,33$ ), presentaban valores del 67 y 33% respectivamente.

Al comparar los niveles de fertilidad en las diferentes categorías de uso se comprobó que los ecosistemas urbanos y de agua dulce presentaron niveles más elevados de fertilidad, correspondiendo al 67% al nivel medio, mientras que en el ecosistema forestal el 40% correspondía al mismo nivel, presentándose con mejor nivel de fertilidad que los ecosistemas de praderas naturales y agroecosistemas.

El diagnóstico de suelos de 22 Unidades Territoriales de intervención determinó que los suelos con cobertura boscosa tienen normalmente alta fertilidad, las pasturas fertilidad media y los de uso agrícola fertilidad baja.

Encina & Ibarra (2003), en el Distrito de Ytakryr Departamento de Alto Paraná, encontraron que los suelos bajo cobertura boscosa poseen mayor cantidad de materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio y sodio (indicadores de fertilidad) a los suelos utilizados en actividades agrícolas.

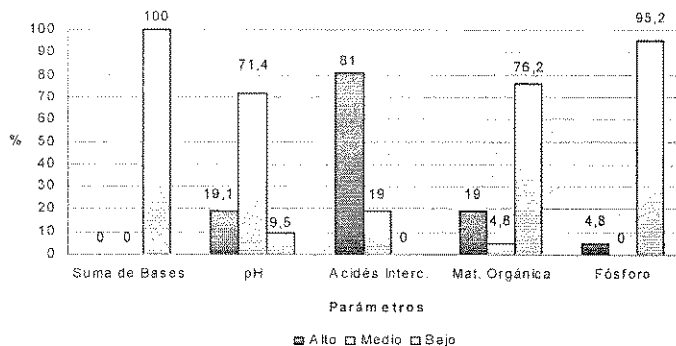
En general los suelos agrícolas provienen de suelos de montes, siendo éstos muy fértiles en los primeros años

de su uso debido principalmente a su alto contenido en materia orgánica, que a su vez va disminuyendo con el tiempo y con ella su fertilidad debido al sistema tradicional de cultivo que implica desmonte, quema y remoción continuo del suelo.

En la Figura 3 se presentan los resultados correspondientes al nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo para los parámetros utilizados para su determinación.

Para la suma de bases se puede observar que el 100% de los suelos muestreados y analizados se encuentra en el nivel bajo ( $< 3 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ ), mientras que no se encontraron suelos con niveles alto o medio. En cuanto al nivel de pH se puede apreciar que el 19% de las muestras contiene un nivel superior a 6 (nivel alto), mientras que el 71,4% se encuentra en un nivel medio (de 5 – 6) y el 9,5% restante se encuentra en un nivel inferior a 5 (nivel bajo).

La acidez intercambiable de los suelos muestreados en esta categoría de uso, se encuentra distribuida en un 81% para suelos que presentan un nivel alto ( $< 0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) en porcentaje, siendo bajo en acidez intercambiable lo que es benéfico para las plantas; mientras que el 19,1% varía de  $0,4 - 0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (nivel medio) y no se encontraron muestras en el nivel bajo ( $> 0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) en este parámetro analizado.



**FIGURA 3. Nivel de fertilidad del suelo en los agroecosistemas.**

En relación al nivel de materia orgánica de las muestras analizadas, el 19% posee un nivel de fertilidad alto ( $> 2,5\%$ ), solamente el 4,8% se encuentra con un contenido de materia orgánica variable entre  $1,5 - 2,5\%$  y el 76,2% de las muestras se encuentra con un contenido bajo de este parámetro analizado ( $< 1,5\%$ ).

Referente al nivel de fósforo extraíble, el 4,8% de las muestras analizadas se encuentra dentro del nivel alto de contenido ( $> 30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), no se encontraron muestras con niveles entre  $13 - 30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de fósforo extraíble (nivel medio) y la mayor cantidad de muestras (95,2%) se encuentra en un nivel bajo ( $< 13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) de este elemento.

El nivel bajo en contenido de fósforo y suma de bases de las muestras analizadas, se encuentra asociada al sistema tradicional de cultivo que implica desmonte, quema, carpida, y laboreo repetido y continuo, que tiene como consecuencia la disminución de dichos nutrientes; ya sea por extracción sin reposición, volatilización y/o por lixiviación o lavado.

#### Nivel de fertilidad del suelo en los ecosistemas forestales.

En la Figura 4 se pueden observar los resultados correspondientes al nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo considerando los parámetros utilizados para su determinación.

Para la suma de bases se puede observar que el 100% de los suelos muestreados y analizados se encuentra en el nivel bajo ( $<3 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ ), mientras que no se encontraron suelos con niveles alto o medio. En cuanto al nivel de pH se puede apreciar que el 10% de las muestras contiene un nivel superior a 6 (nivel alto), el 40% se encuentra en un nivel medio (de 5 – 6) y el 50% restante se encuentra en un nivel inferior a 5 (nivel bajo).

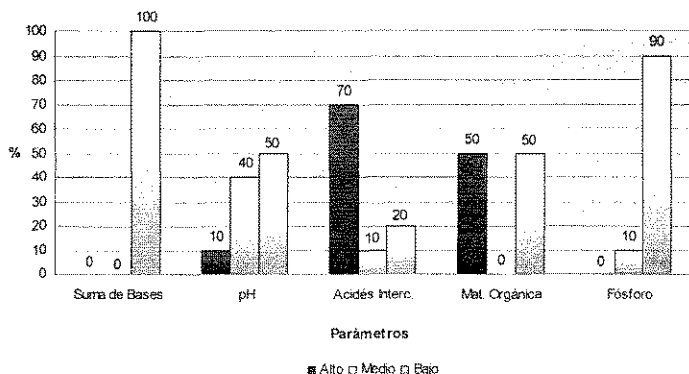


FIGURA 4. Nivel de fertilidad del suelo en los ecosistemas forestales.

En cuanto a la acidez intercambiable de los suelos muestreados en esta categoría de uso, el mismo se encuentra distribuido en un 70% de las muestras dentro del nivel alto ( $<0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), el 10% varía entre  $0,4 - 0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (nivel medio) y el 20% restante de las muestras analizadas se encuentra dentro del nivel bajo ( $>0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

En relación al contenido de materia orgánica de las muestras analizadas, el 50% posee un nivel de fertilidad alto ( $>2,5\%$ ), no se encontraron muestras con contenido de materia orgánica variable entre  $1,5 - 2,5\%$  (nivel medio) y el 50% de las muestras se encuentra con un contenido bajo de este parámetro analizado ( $<1,5\%$ ).

Referente al nivel de fósforo extraíble, ninguna de las muestras analizadas se encuentra dentro del nivel alto ( $>30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), las muestras con nivel variable entre  $13 - 30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de fósforo extraíble (nivel medio)

representa el 10% de las mismas y el restante 90% posee un nivel bajo ( $<13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) de este elemento.

#### Nivel de fertilidad de suelo en los ecosistemas de praderas naturales

En la Figura 5 se observan los resultados correspondientes al nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo considerando los parámetros analizados para su determinación.

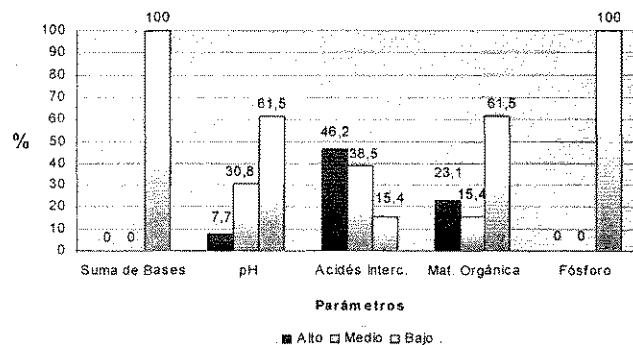


FIGURA 5. Nivel de fertilidad del suelo en los ecosistemas de praderas naturales

Para la suma de bases se puede observar que el 100% de los suelos muestreados y analizados se encuentra en el nivel bajo ( $<3 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ ), mientras que no se encontraron resultados para los demás niveles (alto y medio). En cuanto al nivel de pH se puede apreciar que el 7,7% de las muestras posee un pH superior a 6 (nivel alto), el 30,8% se encuentra en un nivel medio (de 5 – 6) y el 61,5% restante posee un pH inferior a 5 (nivel bajo). En cuanto a la acidez intercambiable de los suelos muestreados en esta categoría de uso, el 46,2% corresponde al nivel alto ( $<0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), el 38,5% varía de  $0,4 - 0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (nivel medio) y el 15,4% de las muestras analizadas se encuentra dentro del nivel bajo ( $>0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

En relación al contenido de materia orgánica de las muestras analizadas, el 23,1% posee un nivel de fertilidad alto ( $>2,5\%$ ), el 15,4% posee un contenido de materia orgánica variable entre  $1,5 - 2,5\%$  (nivel medio) y el 61,5% de las muestras se encuentra con un contenido bajo de este parámetro analizado ( $<1,5\%$ ). El nivel alto de materia orgánica en algunos suelos de praderas se presenta en zonas localizadas en suelos aluviales, impermeables, sujetos a inundación en donde la vegetación es variada y el aporte de materia orgánica es mayor por la descomposición y acumulación de las raíces y hojas en el suelo.

Referente al nivel de fósforo extraíble, ninguna de las muestras analizadas posee un nivel alto ( $>30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), o medio ( $13 - 30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) de fósforo extraíble, encontrándose el 100% de las mismas en un nivel bajo ( $<13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) de este elemento.

### Nivel de fertilidad del suelo en los ecosistemas de agua dulce.

En la Figura 6 se observan los resultados correspondientes al nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo considerando los parámetros analizados para su determinación.

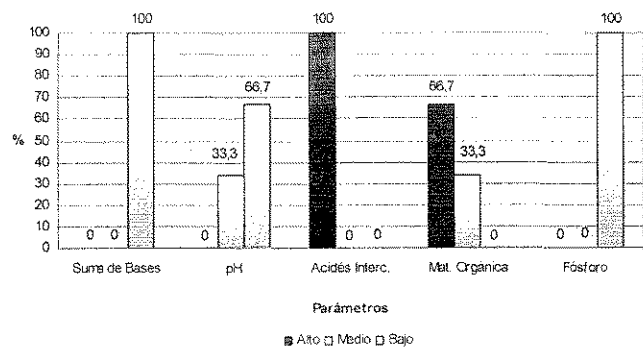


FIGURA 6. Nivel de fertilidad del suelo en los ecosistemas de agua dulce.

Considerando la suma de bases se puede observar que el 100% de los suelos muestreados y analizados se encuentra en el nivel bajo ( $<3 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ ), mientras que no se encontraron resultados para los demás niveles (alto y medio). En cuanto al nivel de pH se puede apreciar que no se encontraron muestras con pH superior a 6 (nivel alto), el 33,3% se encuentra en un nivel medio (de 5 – 6) y el 66,7% restante posee pH inferior a 5 (nivel bajo).

En cuanto a la acidez intercambiable de los suelos muestreados en esta categoría de uso, el 100% de las muestras analizadas se encuentra dentro del nivel alto ( $<0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), no registrándose muestras que pudieran representar al nivel que varía de  $0,4 - 0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (nivel medio), ni al nivel bajo ( $>0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

En relación al contenido de materia orgánica de las muestras analizadas, 66,7% de las mismas posee un nivel de fertilidad alto ( $>2,5\%$ ), el 33,3% un nivel medio ( $1,5 - 2,5\%$ ) y ninguna de las muestras (0%) contiene nivel bajo de este parámetro analizado ( $<1,5\%$ ). Las entradas de materia orgánica incluyen el escurrimiento superficial estacional y restos de vegetal senescente de las comunidades terrestres de la cuenca.

Referente al nivel de fósforo extraíble, el 100 % de las muestras posee un nivel bajo ( $<13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), mientras que ninguna de ellas posee un nivel alto ( $>30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), o nivel medio ( $13 - 30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) de este elemento.

### Nivel de fertilidad del suelo en el ecosistema urbano

En la Figura 7 se observan los resultados correspondientes al nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo considerando los parámetros analizados para su determinación.

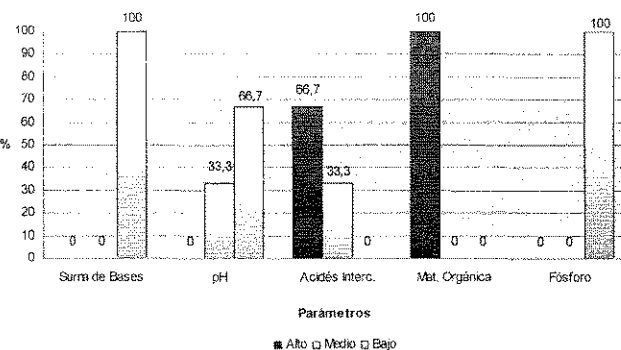


FIGURA 7. Nivel de fertilidad del suelo en el ecosistema urbano

Para la suma de bases se puede observar que el 100% de los suelos muestreados y analizados se encuentra en el nivel bajo ( $<3 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ ), mientras que no se encontraron resultados para los demás niveles (alto y medio). En cuanto al nivel de pH se puede apreciar que el 66,7% de las muestras posee un pH inferior a 5 (nivel bajo), ninguna de las muestras posee un pH alto ( $> a 6$ ) y el 33,3% restante se encuentra en un nivel medio de pH (de 5 a 6).

En cuanto a la acidez intercambiable de los suelos muestreados en esta categoría de uso, el 66,7% de las muestras analizadas se encuentra dentro del nivel alto ( $<0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), el 33,3% de las muestras correspondientes al nivel medio (entre  $0,4 - 0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), y ninguna de ellas posee un nivel bajo ( $>0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

En relación al contenido de materia orgánica de las muestras analizadas, el 100% de las mismas posee un nivel de fertilidad alto ( $>2,5\%$ ), no habiéndose encontrado muestras con contenido medio ( $1,5 - 2,5\%$ ) o bajo ( $<1,5\%$ ) de materia orgánica, las mismas se deben a que las muestras fueron tomadas de lugares donde generalmente existe mucha acumulación de materia orgánica como, fondo de patio de hogares y en baldíos donde las personas acostumbran a tirar sus basuras, ya sea residuos vegetales o compuestos orgánicos que al descomponerse aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo.

Referente al nivel de fósforo extraíble, el 100% de las muestras analizadas se encuentra dentro del nivel bajo de fósforo ( $<13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) no se encontraron muestras con niveles entre  $13 - 30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (nivel medio) o niveles altos de este elemento ( $>30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

## CONCLUSIONES

En general el nivel de fertilidad de la camada superficial del suelo de la microcuenca del Arroyo Atyrá es bajo, encontrándose un 68% de todas las muestras analizadas en dicho nivel.

El ecosistema de agua dulce y el ecosistema urbano presentan niveles medios de fertilidad, ambos con 67% de todas las muestras analizadas en dicho nivel, en

comparación con las demás categorías de uso (ecosistema forestal, ecosistema de praderas naturales y agroecosistema) que poseen un promedio de fertilidad bajo, por encima de los 50% de todas las muestras analizadas en cada categoría de uso se encuentran en dicho nivel.

En general los suelos de la microcuenca son ácidos, con baja suma de bases (calcio, magnesio, potasio y sodio), bajos en contenido de fósforo y materia orgánica a excepción del ecosistema de agua dulce y ecosistema urbano que presentan niveles altos en materia orgánica, 100 y 66,7% de todas las muestras analizadas respectivamente.

## LITERATURA CITADA

BENITEZ, E. 2004. Uso y concentración de la tierra en el Distrito de Atyrá, Departamento de Cordillera. Tesis (Ing. Ftal.). San Lorenzo, PY : DSOT, FCA, UNA. 50 h.

CORONEL, V. 2002. Delimitación y medición de Microcuencas del Distrito de Atyrá. Estudio de Caso (Ing. Agr.). San Lorenzo, PY : DSOT, FCA, UNA. 40 h.

DERPSCH, R. ; FLORENTÍN, M. 2000. La Mucuna y otras plantas de abono verde para pequeñas propiedades. Asunción, PY : MAG. 44 p. (Miscelánea ; nº 22)

FATECHA, D. 2004. Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de Cal Agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis (Ing. Agr.). San Lorenzo, PY : DSOT, FCA, UNA 88 h.

LANDSAT TM5. 2000. Imagen de satélite. Buenos Aires, AR : CONAE. Punto/Orbita 225/77. Bandas 3, 4 y 5.

LOPEZ, G. ; GONZALEZ, E. ; DE LLAMAS, G. ; MOLINAS, M. ; FRANCO, E. ; GARCIA, S. ; RIOS, A. 1995. República del Paraguay : mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental. Asunción, PY : William & Heintz Map Corporation. Esc. 1:500.000. Color.

OLDEMANN, L.R. ; HAKKELING, R.T.A. ; SOMBROEK, W.G. 1993? World map of the status of human-induced soil degradation. An explanatory note. ISREC, UNEP, Wageningen. (Necesito más informaciones sobre el material: tipo, formato, origen, editor, etc)

PANIAGUA, J. ; CAUSARANO, H. ; LEGUIZAMÓN, C. ; ENCINA, R. ; CENTURIÓN, M. ; PAREDES, J. ; GALEANO, M. ; DIAZ, A. ; VEGA, S. 2001. Manual para el llenado de la encuesta, la descripción de las observaciones para la capacidad de uso de la tierra y la obtención de muestras de la camada superficial del suelo de las Unidades Territoriales de Intervención. San Lorenzo, PY: DeSOT,FCA,UNA/ PRODESAL/DINCAP/MAG. 12 p.

TIEMEDER, J. ; MALDONADO, P. 1998. Informe sobre el control de avance del proyecto de desarrollo y difusión de sistemas de aprovechamiento del suelo orientados a su conservación. Asunción, PY . 62 p.