

**ANÁLISIS FERTILIDAD DE SUELOS EN LA RESERVA
NACIONAL EL YALI, SANTO DOMINGO, CHILE CENTRAL
(33°45'S).**

Verónica Meza Ramírez*, Gonzalo Bustillos Portales y Manuel Contreras-López*****

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Playa Ancha, (veronica.meza@upla.cl)

**Facultad de Ingeniería, Universidad de Playa Ancha, (gbustillos@upla.cl)

***Centro de Estudios Avanzados (CEA) y Facultad de Ingeniería, Universidad de Playa Ancha,
(manuel.contreras@upla.cl)

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue analizar la fertilidad básica de los suelos presentes en la Reserva Nacional El Yali. Los sectores analizados, diferenciados por cobertura, fueron: 1) Sector Albufera, 2) Sector laguna Colejuda, 3) Sector bosque de eucalipto entorno laguna Matanzas, 4) Sector Bosque de pino entorno laguna Matanzas, y 5) Sector desembocadura estero Las Rosas en laguna Matanzas.

A los resultados se les aplicó un análisis de componentes principales y presentaron más del 60% de correlación para cada componente. Cuatro de los cinco sectores analizados, presentaron bajos niveles de Materia Orgánica, siendo el sector bosque de pinos en torno a laguna Matanzas el menor valor con 0,17%. El pH se presenta dentro del rango medio, salvo para sector laguna Matanzas en desembocadura estero Las Rosas, donde alcanza el valor de 8,11. El potasio intercambiable, se encuentra elevado en tres de los cuatro sectores, alcanzando 374 mg/kg en sector laguna Colejuda. En el análisis de salinidad, para sector desembocadura estero Las Rosas, el análisis muestra que todos los valores se encuentran alterados, se aprecia que el potasio se encuentra bajo el rango medio, mientras que el cloruro se encuentra sobre 9 veces el valor medio, mientras que el sulfato se encuentra aproximadamente tres veces bajo el nivel medio. El calcio también se encuentra bajo el rango medio.

Palabras clave: Calidad de Suelos, nutrientes, relación N - P - K, sitio Ramsar N°878.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the basic fertility of soils present in the El Yali National Park. The sectors analyzed for differentiated coverage were: 1) Albufera coastal lagoon zone, 2) Colejuda lagoon zone, 3) Eucalyptus forest zone in Matanzas lagoon environment, 4) Pine Forest zone in Matanzas lagoon environment , and 5) outlet creek Las Rosas at Matanzas lagoon.

The results were applied a principal component analysis and presented more than 60% correlation for each component. Four of the five sectors analyzed, had low levels of organic matter, being the sector pine forest around Matanzas lagoon with the lowest value 0.17%. The pH is provided in the middle range, except for outlet creek Las Rosas at Matanzas lagoon, where it reaches the value of 8.11. The exchangeable potassium is elevated in three of the four sectors reaching 374 mg / kg in Colejuda lagoon zone. In the analysis of salinity for outlet creek Las Rosas sector, the analysis shows that all values are altered, it is seen that potassium is under the midrange, while the chloride is about 9 times the average value, while sulfate is approximately three times under the average. Calcium is also found under in the midrange.

Key words: Soil quality, nutrient ratio N - P - K, Ramsar Site No. 878.

INTRODUCCIÓN

La Reserva Nacional El Yali es conocida por la riqueza y biodiversidad de la avifauna presente (Vilina, 1994), lo que ha permitido distinguir esta área protegida como el Sitio Ramsar N° 878, de relevancia internacional. Sin embargo muchos aspectos de esta área protegida son aún desconocidos o se encuentran insuficientemente estudiados (Fariña *et al.*, 2012). El objetivo del presente trabajo es analizar la fertilidad básica de los suelos presentes en diferentes ambientes de la Reserva Nacional El Yali, con el fin de caracterizar su condición actual y contribuir a mejorar el conocimiento de esta importante área protegida de Chile Central.

El suelo es un sistema trifásico (material sólido, líquido y gaseoso), con componentes que se encuentran interrelacionados y en contacto íntimo: fracción mineral, fracción orgánica, agua y aire. La proporción de estos componentes condiciona la calidad del suelo, para el crecimiento de las plantas.

La solución acuosa de los suelos contiene diversas sustancias: O₂, CO₂, compuestos orgánicos y sales minerales (Na⁺, K⁺, Ca⁺², Cl⁻, NO₃⁻). Por lo tanto, actúa como transporte de los nutrientes hacia las plantas. Esta fracción circula a través del espacio poroso dentro del material sólido del suelo y está en constante competencia con la fase gaseosa. Cuando el potencial de succión es mayor que el potencial gravitacional, el agua queda retenida en los poros, en caso contrario percola en profundidad.

El contenido de agua que retiene naturalmente un suelo, varía en función de la textura, de esta forma, un suelo arcilloso retiene a capacidad de campo (CC) entre un 23 a 46% de humedad y en punto de marchitez permanente (PMP), entre un 13 a 29%. En un suelo arenoso, en cambio, el agua contenida a capacidad de campo (CC) alcanza sólo entre un 5 a 7% y en punto de marchitez permanente (PMP), entre un 1 a 3% (Silva *et al.*, 2000).

El análisis del suelo, permite conocer características físicas, químicas y biológicas de éste (Rodríguez, 1990). Se sabe que los suelos de El Yali, corresponden a terrazas marinas, según Rodríguez (1990, *op. cit.*). El orden taxonómico es alfisol y ultisol de texturas arenosas a franco arenosas, son suelos delgados (poco profundos), con baja fertilidad dada por la fracción mineralógica que los origina (arena). Poseen

baja retención de humedad y por lo mismo, el agua percola en profundidad “lavando” el perfil, arrastrando minerales y por lo tanto, su disponibilidad para las plantas es menor que en otros suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La Reserva Nacional El Yali, es un área protegida de 520 ha de extensión, que contiene tres cuerpos de agua: a) una laguna costera o albufera; b) una laguna interior de régimen estacional: Colejuda y c) una laguna interior de régimen permanente: Matanzas. Entre la zona donde se emplaza la laguna costera y las dos lagunas interiores, se encuentra una antigua duna que fue consolidada con plantaciones de pinos y eucaliptos entre fines del siglo XIX y comienzos del XX. La laguna costera es parte de la cuenca baja del estero El Yali, mientras que las lagunas Colejuda y Matanzas, son parte de la subcuenca estero Las Rosas.

En la tabla I se muestra la distribución de la cobertura de la superficie de suelo de la reserva. Se clasifican 270 ha (de las 520 ha), pues no se consideran los espejos de los cuerpos de agua ni áreas de servicios como los senderos, caminos o el emplazamiento de la administración del área protegida. Se destaca la cobertura de eucalipto con 108,5 hectáreas, representando el 40% sobre la cobertura total dentro de la reserva, de los cuales el 24% de las plantaciones de eucalipto se encuentran dentro del área protegida.

Tabla I. Superficie, según cobertura de uso dentro de la Reserva Nacional El Yali.

Tipo Cobertura	Hectáreas	% sobre Reserva
Eucalipto	108,5	24,0
Cultivos	89,3	19,8
Bosque nativo	20,1	4,5
Pino	11,2	2,5
Pradera	40,9	9,1
Total	270,0	59,9

[Fuente: Meza *et al.* (2013)]

Metodología del muestreo y análisis

El muestreo se realizó el día 23 de marzo de 2013. Para el muestreo de suelo en terreno se eligieron cinco sectores representativos dentro de la reserva: 1) sector Albufera en la zona correspondiente a la pradera seca, 2) sector laguna Colejuda en su álveo expuesto por la desecación estacional que presenta este cuerpo de agua, 3) sector bosque de eucalipto en la ribera de la laguna Matanzas, 4) sector bosque de pino en la zona de duna consolidada cercana a la laguna Matanzas y 5) entorno desembocadura estero Las Rosas en laguna Matanzas. Los materiales usados fueron: balde y bolsas plásticas limpias, palas, huinchas para medir profundidad, plumón permanente para rotulación de muestras, GPS para georreferenciar puntos de muestreo con un error inferior a 3 m.

Las áreas a muestrear, se dividieron, considerando correspondencia a un mismo tipo de suelo e historia, los suelos se diferenciaron principalmente por su cobertura. Una vez establecida la unidad de muestreo, se procedió a recolectar las submuestras (entre 8 a 15, dependiendo del grado de variabilidad de la cobertura del suelo) recorriendo la unidad establecida en zig zag, en X, o en cualquiera otra forma sistemática de acuerdo a las posibilidades del terreno, tomando una submuestra cada cierta distancia (10 a 20 m). En las submuestras colectadas se descartaron los clastos. También se evitó recolectar submuestras no representativas del sector.

La profundidad a la cual se tomaron las submuestras fue entre 10 y 20 cm, después de despejar levemente la superficie de primera capa de hojas enteras o sin degradación, en los sectores de eucalipto, pino y bosque nativo. Cada submuestra extraída se fue agregando a un balde plástico, donde se mezcló y se tomó la cantidad necesaria (superior a un kilogramo) para enviar al laboratorio, sellando la muestra en una bolsa plástica que fue convenientemente rotulada. Los puntos de muestreo y parámetros analizados se especifican en la tabla II. A los cinco sectores se consideró analizar: pH, conductividad eléctrica, N, P, K, Ca y Mg. Al sector desembocadura del estero Las Rosas, se agregaron los parámetros Zn, Mn, Fe y Cu, análisis microbiológico y otro de salinidad. El análisis microbiológico comprendió las bacterias entéricas *E. coli* y *Salmonella*. El análisis de salinidad consideró pH, conductividad eléctrica, cationes y aniones (sulfato, cloruro, carbonato, bicarbonato, sodio, calcio, magnesio y potasio) y la relación de adsorción de sodio (RAS).

Tabla II. Resumen localización de las muestras y especificación de los parámetros de suelo analizados por sector, en la Reserva Nacional El Yali.

Nº	Coordenadas UTM (Huso 19)	Nombre sector	Parámetros analizados
1	249875 mE; 6261012 mS	Laguna Colejuda	pH, conductividad eléctrica, N, P, K, Ca, Mg
2	250409 mE; 6261381 mS	Laguna Matanzas – Bosque Eucalipto	pH, conductividad eléctrica, N, P, K, Ca, Mg
3	250287 mE; 6261463 mS	Laguna Matanzas – Bosque de Pino	pH, conductividad eléctrica, N, P, K, Ca, Mg
4	253196 mE; 6260781 mS	Laguna Matanzas – Estero Las Rosas	pH, conductividad eléctrica, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe y Cu, +Na, B+ análisis microbiológico, salinidad
5	248479 mE; 6261947 mS	Albufera – Pradera seca	pH, conductividad eléctrica, N, P, K, Ca, Mg

[Fuente: Elaboración propia]

Figura 1. Localización reserva y puntos de muestreo para fertilidad de suelos.



[Fuente: Elaboración propia]

Las muestras fueron enviadas a un laboratorio de suelos acreditado con norma ISO 17025 y la Sociedad Chilena de la Ciencia del suelo.

Se realizó un análisis multivariable, basado en el análisis de componentes principales (PCA) para describir la relación de las 9 variables medidas en los distintos suelos estudiados. Se realizó un análisis de discriminante considerando la matriz de correlación generada por el PCA. El criterio de selección consideró aquellas variables que presentaron más del 60% de las correlaciones para cada componente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla III, muestra los resultados de los parámetros analizados en los cinco sectores de muestreo. Se comparan con el rango medio típico de los suelos. Al verificar las principales diferencias entre los suelos analizados, queda en evidencia los bajos niveles de Materia Orgánica (MO), en cuatro de los 5 suelos, salvo en el suelo de la ribera de la laguna Matanzas en el sector bosque de eucalipto, que alcanza el nivel mínimo del rango medio.

Tabla III. Parámetros comunes de fertilidad de suelo medidos en los cinco sectores analizados de la Reserva Nacional El Yali.

Muestra	pH	CE dS/m	MO %	N mg/Kg	F disp. mg/Kg	P inter. mg/Kg	P inter. cmol+/Kg	C inter. cmol+/Kg	Mg inter. cmol+/Kg
Rango Medio	6,5-7,5	1,0-2,5	5,1-10	21-35	10,1-20	100-180	0,26-0,51	5,01-9,00	0,51-1,0
Laguna Colejuda	7,89	9,67	4,41	16,4	29,5	374	0,96	21,40	6,14
Lag. Matanzas – Bosque Eucalipto	7,23	0,80	5,03	11,8	34,2	265	0,68	10,50	4,09
Lag. Matanzas – Bosque de Pino	6,77	0,14	0,17	4,76	5,79	57	0,15	0,62	1,13
Lag. Matanzas – Estero Las Rosas	8,11	5,54	3,95	20,0	27,1	76,3	0,20	15,40	8,30
Albufera – Pradera seca	7,37	3,13	3,92	85,1	17,4	190	0,49	3,58	5,3

[Fuente: Elaboración propia]

Cabe destacar el bajo nivel de MO, del suelo correspondiente al suelo de la duna consolidada por el bosque de pinos, con 0,14 mg/Kg de suelo, lo que está acompañado de bajo nivel de conductividad eléctrica (CE), bajo nivel de Nitrógeno 4,76 (mg/Kg) y bajo nivel de Fósforo 5,71 (mg/kg).

Un adecuado nivel de MO, aporta desde el punto de vista químico, incremento en la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), mantención de un pH bajo, dentro de un rango normal, se regula en mejor forma el ciclo de nutrientes, especialmente el del nitrógeno, azufre, fósforo y boro (Sierra y Rojas, 2003). La retención de humedad es otro factor relevante como efecto positivo de la MO del suelo, ésta permite incrementar la humedad aprovechable para las raíces (Sierra y Rojas, 2003, *op. cit*). En la tabla III se destaca el pH básico del suelo de la desembocadura estero Las Rosas en laguna Matanzas, y el pH ligeramente ácido del suelo correspondiente a la laguna Matanzas en el sector bosque de pinos.

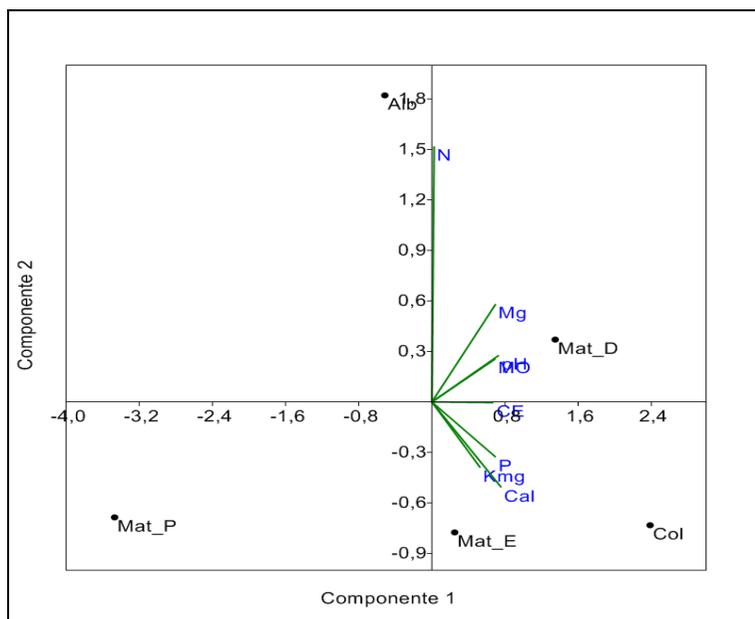
El nitrógeno favorece el crecimiento de los tallos y de las hojas, acentuando el color verde. En cantidades excesivas causa el debilitamiento de los brotes, ablanda los tejidos y perjudica la floración (Saldías, 2011). La disponibilidad de nitrógeno del suelo puede ser definida como la cantidad suministrada por este medio en formas químicas susceptibles de ser absorbidas por las raíces de las plantas (Rojas, 1992). El nivel de nitrógeno evaluado en los cinco tipos de suelos es bajo, salvo en el suelo de la Albufera, que supera tres veces el límite superior del rango medio (tabla III).

El análisis multivariable, basado en Análisis de Componentes Principales (PCA), explica el 77,95% de la varianza, el primer componente explica el 65,13% de la varianza y el segundo componente el 15,82%. La primera componente tiene las más altas correlaciones para todos los parámetros (mayores a 0,82), con excepción para K (0,65) y el Nitrógeno (0,03).

En la figura 2 se aprecian los componentes principales de las variables medidas (Tabla II). En la Albufera, la variable más relevante es el nitrógeno con un valor de 85,1 mg/Kg. En tanto los suelos de la laguna Matanzas con cubierta vegetal distinta, es decir pino, eucalipto o suelos de desembocadura estero Las Rosas, no están relacionados.

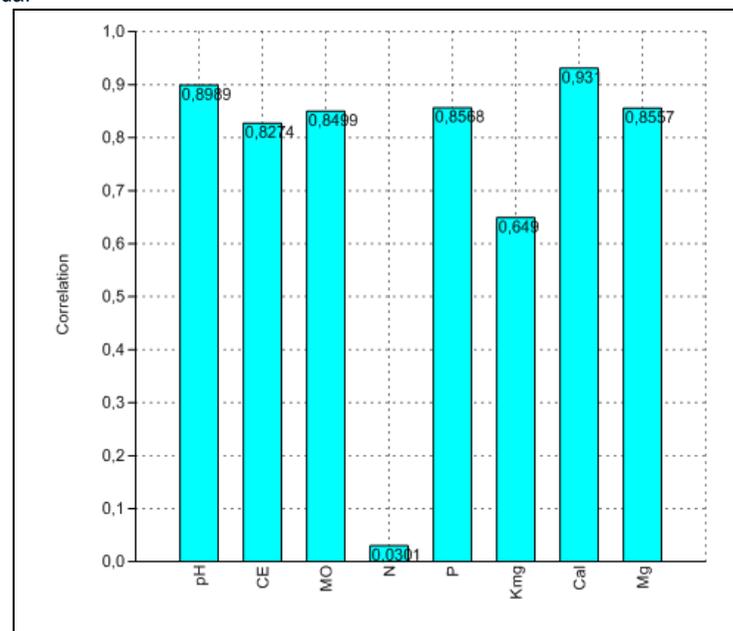
El fósforo estimula la producción de flores, frutos, semillas y raíces, endurece los tallos y neutraliza los efectos de una elevada concentración de nitrógeno (Saldías, 2011). El potasio influye en el color y perfume de las flores, activa el crecimiento de raíces, forma tejidos resistentes y previene la ruptura de ramas (Saldías, 2011, *op. cit.*). Fósforo (P), Potasio (K) y Calcio (Ca) estuvieron más relacionados con laguna Colejuda y laguna Matanzas en el sector de plantaciones de eucalipto.

Figura 2. Análisis de componentes principales (PCA); considera 9 variables de fertilidad completa de suelo. Las variables analizadas explican el 77, 95% de la varianza acumulada. Mat_P: Suelo laguna Matanzas sector bosque de pinos. Mar_E: suelo de laguna Matanzas sector bosque eucaliptos, Mat_D: suelo laguna Matanzas sector desembocadura estero Las Rosas. Col = suelo sector laguna Colejuda. Alb: Suelo sector laguna Albufera.



[Fuente: Elaboración propia]

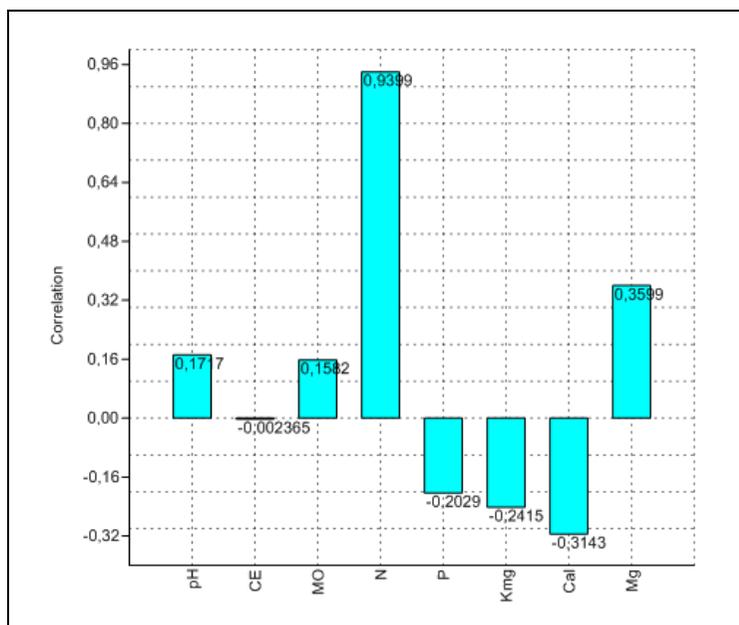
Figura 3. Valores de correlación para el primer componente, considerando 9 variables de suelo medidas en la Reserva Nacional El Yali. Explica el 65,13% de la varianza acumulada.



[Fuente: Elaboración propia]

El suelo de la laguna Matanzas en la cercanía de la desembocadura del estero Las Rosas mostró una alta asociación con magnesio (Mg), potencial de hidrógeno (pH) y materia orgánica (MO). Esto se podría explicar, dado que al subir el pH hasta llegar a niveles básicos, se dan las condiciones para que se libere Magnesio, siendo éste tóxico para las raíces. Por último, el suelo de la laguna Matanzas en el sector de plantaciones de pino, no mostró ninguna asociación entre los componentes del estudio, lo que se puede apreciar en la figura 2. En las figuras 3 y 4 se muestra las correlaciones para el primer y segundo componente principal respectivamente.

Figura 4. Valores de correlación para el segundo componente, explica el 15,82 % de la varianza, en los parámetros medidos en la Reserva Nacional El Yali.



[Fuente: Elaboración propia]

En la tabla IV se muestran los parámetros medidos con el análisis de fertilidad de suelos en la desembocadura del estero Las Rosas. Todos los valores a excepción del boro, se encuentran alterados, por sobre o debajo del rango medio.

El pH de la solución de suelo, ejerce una gran influencia en la asimilación de los elementos nutritivos (USDA, 1999). En contacto con las raíces puede afectar el crecimiento vegetal de dos formas: una afectando la disponibilidad de nutrientes y otra afectando al proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces (Schenkel y Baherle, 1983). El pH medido en la zona de la laguna Matanza - desembocadura estero Las Rosas es 8,11, considerado básico. El intervalo

comprendido entre 6 y 7, es el más adecuado para la asimilación de nutrientes por parte de las plantas (USDA, 1999, *op. cit.*).

Tabla IV. Resultados parámetros de fertilidad de suelo medidos en la desembocadura del estero Las Rosas en laguna Matanzas, Reserva Nacional El Yali.

Parámetro	Unidad	Rango medio	Valor medido
pH		6,5 - 7,5	8,11
CE	dS/m	1,0 - 2,5	5,54
MO	%	5,1 - 10,0	3,95
N disponible	mg/Kg	21 - 35	20,0
P disponible	mg/Kg	10,1 - 20,0	27,1
K intercambiable	mg/kg	100 - 180	76,3
Na intercambiable	cmol/Kg	0,21 - 0,30	2,35
Ca intercambiable	cmol/Kg	5,01 - 9,00	15,40
Mg intercambiable	cmol/Kg	0,51 - 1,00	8,30
Zn intercambiable	mg/Kg	0,51 - 1,00	1,54
Mn Intercambiable	mg/Kg	0,6 - 1,00	27,7
Fe intercambiable	mg/Kg	2,6 - 4,5	65,1
Cu Intercambiable	mg/Kg	0,3 - 0,5	2,0
B intercambiable	mg/Kg	0,51 - 1,03	0,52

[Fuente: Elaboración propia]

La Materia Orgánica corresponde a compuestos orgánicos carbonados relacionados con fracción inorgánica (Sierra y Rojas, 2003). El bajo valor de MO (3,95), medido en la zona NE de la laguna Matanzas, estaría influenciado por factores relacionados con su formación, Sierra y Rojas (2003, *op. cit.*) indican que el Clima determina grado de acumulación de carbono orgánico, siendo una variable relevante la precipitación. En el humedal El Yali, los bajos niveles de precipitación estarían contribuyendo a los bajos niveles de MO (Sierra y Rojas 2003, *op. cit.*). Por otra parte, se debe considerar que una consecuencia de la degradación de planicies costeras ha sido la pérdida de MO y nutrientes N, P, K, cuyo origen habría estado en la tala y quema de vegetación nativa y exceso de monocultivo (Hesse-Perez *et al.*, 1998).

Lo anterior concuerda con un estado de laboreo permanente y establecimiento de monocultivo, lo que habría producido una oxidación de la materia

orgánica. La pérdida continuada de carbono orgánico, produce una serie de efectos negativos que afectan la productividad del suelo, disminuye la capacidad de intercambio catiónico y el pH tiende a incrementarse (Sierra y Rojas, 2003). La materia orgánica permite mejorar características físicas como aireación de suelo, evita la compactación, promoviendo un bajo impedimento mecánico para el crecimiento de raíces, debido al efecto sobre microflora y mesofauna del suelo, es decir, sobre actividad biológica (Sierra y Rojas, 2003).

La salinidad de los suelos y aguas es un problema común en zonas áridas y semi-áridas, las que poseen áreas estériles o improductivas debido a la escasez de lluvia (Sierra, 2000). Las sales presentes en suelos salinos proceden de la meteorización de los minerales y rocas que constituyen la corteza terrestre. En la tabla V, se aprecia que existen dos elementos relacionados con la salinidad de suelo con valores excedidos, el magnesio (Mg), cuyo valor fue 11,7 (mmol/L) excedido 11 veces el rango medio y cloro (Cl) con una medición de 41,8 (mmol/L) excediendo en casi 3 veces el valor del rango aceptado. Lo anterior concuerda con las investigaciones de Sierra (2000, op. cit), que indican que los principales elementos que provocan la salinización de los suelos, aguas superficiales y subterráneas son: calcio (Ca), magnesio (mg), sodio (Na), cloro (Cl), azufre (S) y boro (b).

Tabla V. Resultados de monitoreo de parámetros de Salinidad suelo, desembocadura estero Las Rosas en laguna Matanzas, Reserva Nacional El Yali.

Parámetro	Unidad	Rango medio	Valor medido
pH		6,5 - 7,5	8,11
CE	dS/m	1,0 - 2,5	5,54
Potasio	mmol/L	15 - 20	1,63
Sodio	mmol/L	15 - 20	17,1
Calcio	mmol/L	15 - 20	10,2
Magnesio	mmol/L	0,51 - 1,00	11,7
Bicarbonato	mmol/L	3,5 - 4,5	5,17
Sulfato	mmol/L	10,0 - 15,0	2,94
Cloruro	mmol/L	9,0 - 14,0	41,8
RAS (Relación de Adsorción de Sodio)		2,0 - 4,0	5,17
PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable)			6,97

[Fuente: Elaboración propia]

El ión cloruro, de fácil lavado, en suelos salinos suele producir toxicidad por la alta concentración en el suelo o agua. Su toxicidad se manifiesta como muerte del tejido del borde y ápice de las hojas (Sierra *et al.*, 2001). El nivel de cloruro encontrado en el estudio (41,8 mmol/L), según se aprecia en la tabla V, puede considerarse como muy elevado, dado que sobre 30 mmol/L, se señala que se presentarán severos problemas de toxicidad para muchas especies vegetales (Sierra *et al.*, 2001) y su rango medio oscila entre 9 a 14 mmol/L.

En nuestro país las áreas salinas se ubican en regiones de clima árido, donde predominan los factores salinizantes evaporación y transpiración, sobre los de lavado dado por precipitaciones (Sierra, 2000). Lo anterior concuerda con una posible aridización o semi aridización de la anterior zona mediterránea central, donde se encuentra el humedal, quedando expuesta la cubierta vegetal a los efectos de esta salinización. Los efectos de la salinidad sobre las plantas se pueden clasificar como: efecto osmótico, efecto de desbalance nutricional y toxicidad por iones específicos (Sierra, 2000, op. cit).

La relación medida entre sodio con la actividad del calcio y el magnesio soluble o Relación de Adsorción de Sodio (RAS), en el suelo de El Yali, como se muestra en la tabla V, alcanza un valor de 5,17. Valores entre 5 y 10 para suelos consideran problemas en aumento por afectación de crecimiento y desarrollo de plantas (Sierra *et al.*, 2001 op. cit). El Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), medido según tabla V, fue 6,97. Según Pizarro (1987, citado por Sierra *et al.*, 2001), valores inferiores a 7, se consideran no sódicos, suelos con PSI en un rango de 7 a 15, ligeramente sódicos.

El análisis microbiológico realizado en el sector desembocadura del estero Las Rosas, indica que no existiría contaminación microbiana de suelo (número más probable de Coliformes fecales por gramo < 3; ausencia de Salmonella sp.), sin embargo sería recomendable hacer cultivo de muestras colectadas, para descartar efecto de iones o sales y pH de suelo en sobrevivencia de bacterias de suelo. Esto coincide con el registro en la columna de agua y se puede atribuir al elevado pH y la salinidad presente en la laguna Matanzas.

CONCLUSIONES

La calidad de los suelos de la Reserva Nacional El Yali, medida a través de análisis de fertilidad es baja, si se considera el nivel de materia orgánica (MO), encontrado especialmente en el sector Bosque de pinos de Laguna Matanzas, con un valor 0,17. Consecuentemente el valor del nitrógeno, es también bajo, con un valor de 4,76 mg.

En relación a la calidad de los suelos con pinos y eucalipto, Hernández *et al.* (2008), al estudiar características físicas y químicas de suelo de ladera en el ecosistema que rodea el embalse la Mariposa en Venezuela, evidenciaron que el pH, alcanzó un valor de 4,92 en un suelo franco arenoso cubierto con plantación de eucalipto, mientras que el mismo parámetro para plantación de pino obtuvo un valor de 5,35. Se esperaría encontrar valores similares en los suelos de la Reserva.

En general la acidez del suelo estudiado no sería un factor limitante, de los 5 sectores estudiados, sólo sector desembocadura del estero Las Rosas en laguna Matanzas, se encontraría en un nivel básico, según clasificación de la Junta de Extremadura (1992).

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), correspondiente a cationes intercambiables para las raíces, varió de 3,2 para el suelo con cubierta de eucalipto a 3,4 para suelo con cubierta de pino, como referencia el mismo parámetro medido en un suelo con cubierta de bosque alcanzó un valor de 7,2 (Hernández *et al.*, 2008, *op. cit.*).

El sector que presenta la mayor cobertura vegetal 24%, con más de 100 ha, presenta valores adecuados de fertilidad, lo que se aprecia con pH, Materia Orgánica y Nitrógeno dentro del rango medio a diferencia de lo encontrado en literatura.

Se ha encontrado sistemáticamente que los suelos plantados con *Eucalyptus* sp., presentan menos pH, más acidez intercambiable y menor saturación de bases que los que permanecen bajo la vegetación previa a la plantación (Delgado *et al.*, 2006). Otro efecto asociado a la acidez del suelo es la presencia de aluminio intercambiable, en efecto, la riqueza en H⁺, que se genera en el suelo, sustituye cationes de las posiciones de intercambio y ataca estructuras cristalinas de los minerales, principalmente secundarios, liberando Al⁺³, parte del cual pasa a ser intercambiable

(Delgado *et al.* 2006, *op. cit.*). El aluminio disponible o intercambiable en el suelo resulta tóxico para la mayoría de las raíces y baja la disponibilidad del fósforo en el perfil de suelo.

El cloruro, excesivamente elevado con un valor de 41,8 mmol/L, de fácil lavado, comparado con un rango medio de 9,0 a 14,0 mmol/L, sería un indicador de sequía en el sector desembocadura estero Las Rosas en Laguna Matanzas, siendo un factor predisponente de toxicidad en plantas.

Los análisis microbiológicos demuestran que no existiría contaminación microbiana de suelo (número más probable de Coliformes fecales por gramo < 3; ausencia de *Salmonella* sp.).

Las acciones de restauración sobre los suelos de la Reserva Nacional El Yali que se recomiendan implementar son:

- Realizar un análisis de texturas, de infiltración y de retención de humedad, para relacionar estos elementos con los niveles de nutrientes presentes en el suelo.
- Monitoreo de suelo en forma anual que incluya al menos la fertilidad completa de suelo, junto a esto, se propone cultivo de muestras de suelo, en zonas donde el suelo está en condición de salino, para verificar presencia de bacterias patógenas.
- Relacionar en un modelo los ingresos, salidas y disponibilidad total de agua en el sistema: suelo – agua – planta - atmósfera a través de la instalación de estación meteorológica que incluya una bandeja evaporimétrica clase A.
- Es necesario conocer los niveles freáticos y sus variaciones a lo largo de la temporada anual, para un mejor estudio de balance hídrico.
- Se sugiere mayor fiscalización por parte de servicios públicos competentes en extracción de agua y en intervenciones de cursos de agua, así como en las descargas de aguas servidas en los sectores cercanos a los tributarios de las lagunas protegidas.

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento parcial: Agencia de Parques de Canadá, Ministerio de Medio Ambiente - Chile, Fondo de Desarrollo Disciplinario en Medio Ambiente - Universidad de Playa Ancha. Se agradece la colaboración de la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Soraya Gutiérrez participó en la toma de muestras y el Dr. Eduardo Quiroga colaboró en el análisis de componentes principales.

BIBLIOGRAFÍA

- DELGADO, S.; ALLIAUME, F.; GARCÍA-PRÉCHAC, F. y HERNÁNDEZ, J. (2006). Efecto de las plantaciones de Eucalyptus sp. sobre el recurso suelo en Uruguay. *Agrociencia*, Vol. X(2): 95 - 107.
- FARIÑA, J.M.; BERTNESS, M.D.; SILLIMAN, B., ARAGONESES, N. y GAYO, E. (2012). Historia natural y patrones ecológicos del humedal costero El Yali, Chile Central. En Fariña J.M. & Camaño, A. (editores) "Humedales costeros de Chile". Ediciones UC, Santiago de Chile, pp. 215 - 250.
- HESSE-PEREZ, J.; BESOAIN, E. y SQUELLA, F. (1998). Degradación ecológica de la planicie costera de Litueche (Chile Central) y sus efectos sobre el nivel de fertilidad del suelo. *Agricultura Técnica*, N°58(1): 65 - 76.
- HERNÁNDEZ, R.; RAMÍREZ, E.; CASTRO, I. y CANO, S. (2008). Cambios en Indicadores de calidad de suelos de ladera Reforestados con Pinos (*Pinus caribea*) y Eucaliptos (*Eucalyptus robusta*). *Agrociencia* 42 (3): 253 - 266.
- JUNTA DE EXTREMADURA (1992). Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Junta de Extremadura, Consejería de Agricultura y Comercio, Mundi-Prensa, Madrid. 280pp.
- MEZA, V.; CONTRERAS-LÓPEZ, M.; RIVERA, C.; JOFRÉ, C.; FIGUEROA, R.; BUSTILLOS, G.; DUARTE, N.; SOTO, E.; QUIROGA, E.; UGALDE, A.; RAMÍREZ, P. y MIZOBE, C. (2013). Plan de Restauración Ecológica como Mecanismo de Adaptación al Cambio Climático en la Reserva Nacional El Yali, Región de Valparaíso, Informe Final. Valparaíso: Universidad de Playa Ancha - Agencia de Parques de Canadá - Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 242pp.
- RODRÍGUEZ, J. (1990). La Fertilización de los cultivos, un método racional. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. 291pp.
- ROJAS, C. (1992). Estimación del N-disponible y N- orgánico en suelos chilenos. *Agricultura técnica*. N°52 (4): 398 - 402.
- SALDÍAS, G. (2011). Jardinería en Chile, Arquitectura del Paisaje. Escuela de Arquitectura, Universidad Central, Santiago de Chile.
- SCHENKEL, G.; BAHERLE, P; GAJARDO, M. . Cambios de fertilidad observados en perfiles de suelos chilenos. IV. con la lixiviación de cinco dosis de sulfato de potasio en un suelo Pemehue de Vilcún. *Agricultura Técnica (Chile)*. Oct-Dic 1988). v. 46(4) 439-450.
- SIERRA, B.; CÉSPED, R. y OSORIO, A. (2001). Caracterización de la salinidad de los suelos y aguas del Río Copiapó.. *Boletín INIA N°70*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 31pp.
- SIERRA, C. y ROJAS, C. (2003). La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo En: *Técnicas y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de los suelos degradados de la sexta región*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentue, Hidango, p. 5- 22.
- SIERRA, C. (2000). Salinidad de los suelos del norte chico. *INIA. Tierra Adentro*, N° 32: 35 - 38.
- SILVA, P.; ACEVEDO, E. y SILVA, H. (2000). Manual de Estudio y de ejercicios relacionados con el agua en el Suelo, la Planta y la Atmósfera. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Laboratorio Relación Suelo- Agua- Planta. Disponible en línea (fecha última visita en julio de 2014): http://www.sap.uchile.cl/descargas/libros/Manual_de_estudio_y_ejercicios.pdf.
- USDA (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA). Servicio de Investigación Agrícola. Servicio de Conservación de Recursos Naturales Instituto de Calidad de Suelos. 82pp. Disponible en línea (fecha última visita en julio de 2014): http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf.
- VILINA, Y.A. (1994). Apuntes para la conservación del humedal "El Yali". *Boletín Chileno de Ornitología* 1, pp. 15-20.