

## Concentración y acumulación diferencial de macro y micronutrientes en suelos bajo pinares y bosques de árboles latifoliados en la ladera Norte de la Cordillera Central Dominicana

### Concentration and differential accumulation of macro and micronutrients in soils under pine and latifoliate forests in Northern slope of Cordillera Central, Dominican Republic

THOMAS MAY & MARCO HEREDIA

Universidad Estatal Amazónica (UEA), Puyo, Provincia de Pastaza, Ecuador, km 2 ½ vía a Napo, paso lateral. tmay@uea.edu.ec– mheredia@uea.edu.ec

---

**Resumen:** Se comparan las concentraciones de los macronutrientes P, Ca, Mg y K y de los micronutrientes Mn, Fe y Zn en los diferentes horizontes de suelos bajo pinares naturales y bosques de árboles latifoliados del Parque J. A. Bermúdez en la Cordillera Central Dominicana. En los horizontes inferiores, influidos por la roca de origen, las concentraciones a excepción de la de Fe tienden a ser mayores bajo pinares. En cambio, en los horizontes superficiales, influidos por los aportes de nutrientes a través de la hojarasca, las concentraciones son sensiblemente mayores bajo bosques de árboles latifoliados para Ca, K y Mn, mientras que para los otros nutrientes las diferencias son pequeñas y no significativas. Se observa una acumulación de nutrientes en los horizontes superficiales que para todos los nutrientes a excepción de Fe es más pronunciada bajo bosques latifoliados que bajo pinares. La acumulación es especialmente fuerte en el caso de Mn, cuya alta concentración en los horizontes superficiales podría ser un factor ecológico de cierta incidencia para la vegetación herbácea al interior de los bosques y para plántulas de árboles.

**Palabras clave:** macronutrientes, micronutrientes, Cordillera Central Dominicana, pinares, bosques latifoliados, distribución, roca de origen, acumulación en la hojarasca

**Abstract:** Concentrations of soil macro-elements P, Ca, Mg and K and micro-elements Mn, Fe and Zn are compared under natural pine forests and broad-leaved forests in the J. A. Bermúdez National Park in the Dominican central mountain range. In the underlying horizons, under influence of the geological bedrock, concentrations tend to be higher under pine forests, except for Fe. Conversely, in the surface horizons, under influence of nutrient input by litter, concentrations are consistently higher under broad leaved forests for Ca, K and Mn, whereas for the other elements, differences are small and not significative. An accumulation of macro- and microelements in the surface horizons is observed, which is stronger under broad-leaved forests than under pine forests for all elements except Fe. Accumulation is particularly strong for Mn, and the high concentrations of this element might be an ecological factor of a certain incidence for herbaceous forest vegetation and tree seedlings.

**Key words:** macronutrients, micronutrients, Dominican Central Mountain Range, pine forest, broadleaved forest, distribution, rock of origin, accumulation of leaf litter.

---

## Introducción

En la Cordillera Central Dominicana, en altitudes mayores de 2000 – 2200 metros sobre el nivel del mar, existen extensos pinares naturales de *Pinus occidentalis* (Darrow y Zanoni 1993, Hager y Zanoni 1993, Tolentino y Peña 1998). No hay duda que su presencia se debe a las condiciones climáticas, siendo menos competitivas las especies de árboles de hojas anchas en estas altitudes. En cambio, no está bien entendido cuáles son los factores que determinan la distribución de los pinares y los bosques de árboles latifoliados en altitudes por debajo de los 2000 m, donde ambos tipos de vegetación forman un mosaico, con predominancia de los bosques de árboles latifoliados. Hager y Zanoni (1993) atribuyen la presencia de pinares en lugares entre 800 y 2000 m a condiciones relativamente secas, de origen climático o edáfico, o bien a perturbaciones, causadas por humanos o por eventos naturales. Estudios paleobotánicos (Horn et al., 2000) indican que anteriormente a la llegada de los primeros pobladores ocurrieron incendios en la Cordillera Central Dominicana, causando perturbaciones en la vegetación.

Chardón (1941) rechaza la idea de que la presencia de pinares en ese macizo montañoso se debe a procesos de colonización después de perturbaciones, con el argumento que en la zona climática de bosques húmedos de montaña, en la vegetación que se regenera después de incendios o después del abandono de parcelas

**de agricultura itinerante** *P. occidentalis* no suele estar presente. Estudios de los procesos de sucesión después de tales procesos en la zona de bosque nublado de la vertiente nor-oriental de la Cordillera Central confirman este punto de vista, ya que en los bosques de colonización que se establecen en estas condiciones los árboles que predominan son especies latifoliadas como *Brunellia comocladifolia* y *Myrsine coriacea*, siendo ausente el *P. occidentalis* (Mayo 1994, 2000).

Un factor que en varias regiones del mundo influye en la distribución de pinares y bosques de árboles latifoliados es el substrato geológico (Mayo 1990) para la Cordillera Bética en España, Borhidi 1996 para Cuba). A través de la permeabilidad del subsuelo, la roca subyacente puede influir en las condiciones hidrológicas de los suelos, pero también influye en la composición química del suelo y en la disponibilidad de nutrientes. Chardón (1941) también rechaza el concepto de que la naturaleza de la roca geológica condiciona la distribución de los pinares en la Cordillera Central Dominicana, observando que en la isla La Española existen pinares naturales sobre una amplia variedad de substratos geológicos, muy diferentes entre ellos, como rocas volcánicas, rocas calizas y rocas ultrabásicas, y que *P. occidentalis* por lo tanto no puede ser considerado especialista de determinadas condiciones geológicas o edáficas.

Sin embargo, la coincidencia de las áreas ocupadas en República Dominicana por pinares naturales en altitudes muy bajas, de aproximadamente 100 m hasta 800 m, con rocas ultrabásicas, las cuales se extienden desde una zona al Sur de la ciudad de La Vega hasta los alrededores de Maimón en la Provincia de Bonao, apoya la idea de que las condiciones químicas de los suelos sobre estos substratos son un factor importante que determina la presencia de pinares. En estos suelos es común encontrar altas concentraciones de magnesio, de micronutrientes como Zn y de metales pesados que habitualmente en los suelos están presentes en concentraciones menores (Borhidi 1996). Por lo tanto, parece interesante indagar sobre posibles diferencias en la composición química de los suelos en sitios ocupados por pinares y por bosques de árboles latifoliados, en la Cordillera Central, a pesar de que según el mapa geológico de la República Dominicana (SEIC 1991) no existen serpentinitas a alturas mayores de 800-1000 m en ese macizo montañoso.

Por otro lado, es conocido que los árboles, a través de los compuestos químicos que se forman en la descomposición de su hojarasca y de los nutrientes que en esa se acumulan, tienen una fuerte influencia en las características químicas de los horizontes superficiales de los suelos. En Polonia, en un clima templado, Reich et al. (2005), en una plantación experimental de 14 especies de árboles latifoliados y coníferas encontraron mayores contenidos de Ca y valores más elevados de la saturación de bases y del pH en la hojarasca de las especies de árboles latifoliados y en los horizontes superficiales del suelo, y como consecuencia también una mayor abundancia de lombrices. En el mismo estudio se confirmó la tendencia de que las

coníferas acidifican los horizontes superiores de los suelos, y los árboles latifoliados tienen un efecto contrario, si bien es cierto que dentro de ambos grupos se detectaron amplias variaciones entre las distintas especies.

En los Trópicos, sobre todo en suelos con horizontes inferiores ácidos y pobres en nutrientes, la acumulación de nutrientes en los horizontes superficiales de suelos de bosques a través de la hojarasca de los árboles frecuentemente produce gradientes muy pronunciados de las concentraciones de nutrientes y del pH suelos en los 30 a 50 cm superiores de los perfiles de suelos (Herrera et al. 1978, Fölster 1994). De todos modos, hay que mencionar que en los suelos bajo bosques de montañas tropicales con abundantes precipitaciones es común que se presentan condiciones ácidas y un descenso del pH en los horizontes superiores (Bach et al. 2003, Schawe et al. 2007), lo que indica que las condiciones de temperatura y humedad influyen en estos procesos.

Para aclarar ambos aspectos – las posibles relaciones entre la distribución de pinares y bosques de árboles latifoliados en la Cordillera Central Dominicana con la disponibilidad de determinados macro- y micronutrientes en los horizontes inferiores, la cual está relacionada con la composición de la roca geológica subyacente y con los procesos de alteración química, y posibles diferencias en la influencia de la hojarasca de ambos tipos de bosques en las concentraciones de nutrientes en los horizontes superficiales – se volvieron a analizar datos que se habían levantado en el contexto de un estudio de los suelos (Mayo 2007), en el marco de un diagnóstico ecológico rápido del Parque Nacional J. A. Bermúdez. Se tomaron en cuenta los cuatro macronutrientes P, Ca, K y Mg, y los tres micronutrientes Mn, Fe y Zn. De estos nutrientes, Mg, Mn y Zn pueden ser factores que afectan negativamente a las plantas en concentraciones elevadas (Proctor 1971, Rout y Das 2003), y las especies presentes en la vegetación natural sobre suelos ricos en estos elementos suelen tolerar mejor altas concentraciones de aquellos en el suelo (Walker et al. 1954 para Mg). En el caso de Mg, la toxicidad es compensada si al mismo tiempo los niveles de Ca son elevados, por lo que se ha recomendado no solamente tomar en consideración las concentraciones de Mg en el suelo, sino el cociente entre las concentraciones de Ca y Mg (Proctor 1971, Borhidi 1996). Por lo tanto, se ha calculado también ese cociente.

Como hilo conductor de la investigación, se formulan las siguientes hipótesis iniciales: (1) Los suelos bajo bosques de árboles latifoliados y bajo pinares en la Cordillera Central Dominicana se distinguen en su contenido de nutrientes. (2) Las diferencias entre ambos tipos de bosques no siguen el mismo patrón en los horizontes inferiores de los suelos, influidos principalmente por el material de origen, y en los horizontes superficiales, cuyo contenido de nutrientes es influido en alto grado por el aporte a través de la hojarasca. (3) Existe una acumulación, tanto de macro- como de micronutrientes, en los horizontes superficiales, originada por los aportes a través de la hojarasca.

## Metodología

En el estudio mencionado sobre los suelos del Parque Nacional J. A. Bermúdez en la Cordillera Central Dominicana, se habían tomado muestras de 36 secciones de suelos. 16 de estas, que se encontraban en lugares con influencia ribereña, no se tomaron en cuenta en el presente estudio, ya que en estas condiciones ambientales no se encuentran pinares, y los procesos de formación de suelos son diferentes que en los interfluvios (May 2015). De los 20 sitios restantes, situados en interfluvios, solamente se tomaron en cuenta los 17 ubicados en altitudes menores de 2000 m, ya que el enfoque del presente estudio era la comparación de los suelos bajo bosques de árboles latifoliados y pinares en estas altitudes.

Con las 17 secciones de suelos que se tomaron en cuenta se abarcan altitudes entre 780 y 1740 m sobre el nivel del mar. En todos los sitios el sustrato geológico consiste de materiales volcánicos y volcánico-sedimentarios del Cretáceo (SEIC 1991), y la vegetación es de bosques de árboles de hojas anchas en 11 sitios, y en los seis sitios restantes bosques dominados por el pino criollo, *Pinus occidentalis*. Se procuró que todos los sitios se encontraban en lugares donde durante las últimas décadas no habían acontecido perturbaciones, lo que se confirmó por la ausencia de rasgos de incendios como restos de corteza carbonizada en los árboles, por la ausencia de determinadas especies indicadoras de perturbaciones como los árboles *Brunellia comocladifolia* y *Turpinia occidentalis*, y los arbustos *Baccharis myrsinites* y *Psidium guajava*, y por la presencia de una diversidad de orquídeas epífitas.

En todos los sitios se excavaron secciones de suelo, hasta una profundidad de 100 cm, o hasta profundidad menores en los casos en que la roca dura impidió que se siguiera excavando. Los límites entre los diferentes horizontes de las secciones se determinaron visualmente, tomando en cuenta el color y el contenido de materiales gruesos, con la ayuda de las tablas de los colores de los suelos de Munsell (Munsell Soil Color Charts).

De cada horizonte fue tomada una muestra de material fino, eliminando manualmente las piedras y otros fragmentos de materiales duros, hasta un diámetro de 2 mm. En el laboratorio de la Junta Agroempresarial Dominicana (JAD) se determinaron las concentraciones de los nutrientes P, Ca, Mg, K, Mn, Fe y Zn en ese material fino, así como el pH, la saturación de aluminio y el contenido de materia orgánica. Para cada horizonte se calculó el cociente entre las concentraciones de calcio y magnesio. Para cada sección se calculó la tasa de acumulación de cada nutriente, como cociente entre las concentraciones en el horizonte superficial (horizonte 1) y el horizonte inferior (horizonte 3).

Con el Test t de Student se determinó si las diferencias entre los promedios de los distintos parámetros entre los suelos bajo bosques de árboles latifoliados y bajo

pinares eran significativas. Como límite de confianza se adoptó el valor de 0.05 para la probabilidad de error p.

## **Resultados**

### ***Breve descripción de algunas características de las secciones de suelos***

De los datos publicados en Mayo (2015) se puede extraer la siguiente información: La potencia de los horizontes superficiales de las secciones de suelo varía entre 1 cm y 14 cm bajo bosques de árboles latifoliados, y entre 2 cm y 10 cm bajo pinares. Debajo de los horizontes superficiales, en todos los suelos se encuentra un horizonte de transición, de una potencia que varía de 2 a 32 cm bajo bosques de árboles latifoliados, y de 7 a 24 cm bajo pinares, con valores promedios de 15 y 17 cm respectivamente. El límite superior del horizonte inferior se encuentra a profundidades de entre 5 y 32 cm bajo bosques de árboles latifoliados, y entre 16 y 28 cm bajo pinares, con un promedio de 21 cm en el primer y de 24 cm en el segundo caso.

El pH en los horizontes superficiales varía entre 3.1 y 6.1 en los suelos bajo bosques de árboles latifoliados y entre 3.5 y 4.6 en los suelos bajo pinares. En los horizontes inferiores, el pH varía de 4.2 a 6.0 en los suelos bajo bosques de árboles latifoliados, y de 4.6 a 6.4 en suelos bajo pinares. De acuerdo a los datos originales, el contenido de materia orgánica en los horizontes superficiales se encuentra entre 5.8 y 15.0% bajo bosques de árboles latifoliados, con un promedio de 10.4%, y entre 12.0 y 15.0% bajo pinares, con un promedio de 13.3%.

### ***Nutrientes en los horizontes inferiores***

En los horizontes minerales, inferiores, los promedios de las concentraciones de todos los macronutrientes y también de los micronutrientes manganeso y zinc son más elevados bajo los pinares que bajo los bosques de árboles latifoliados (tabla 1). Solamente en el promedio de las concentraciones de hierro se observa una situación inversa, siendo mayor el promedio de las concentraciones en suelos bajo bosques de árboles latifoliados. Los valores de las medianas confirman estas relaciones en todos los casos. Para calcio, magnesio, potasio y zinc las diferencias son significativas según el Test t de Student, mientras que para fósforo, manganeso y hierro, no lo son. El promedio del cociente Ca/Mg también es sensiblemente mayor bajo bosques de árboles latifoliados, sin ser significativa la diferencia según el Test t.

### ***Concentraciones de nutrientes en los horizontes superiores e intermedios***

En los horizontes superficiales, ricos en materia orgánica, los promedios de las concentraciones de los macronutrientes calcio y potasio son sensiblemente mayores

en los suelos bajo bosques de árboles latifoliados que en suelos bajo pinares (tabla 2). Según el Test t, la diferencia solamente es significativa para calcio, mientras que para potasio el p se encuentra entre 0.05 y 0.10 para potasio, ligeramente por arriba del límite de confianza. Para el cociente calcio/magnesio, el promedio también es claramente más elevado en suelos bajo bosques de árboles latifoliados, siendo significativa la diferencia según el Test t. Los valores de la mediana confirman estas relaciones para calcio y para el cociente calcio/magnesio, mientras que en el caso del potasio los valores de las medianas de ambos grupos son bastante próximos uno del otro (0.25 y 0.24 respectivamente, tabla 2). Para los macronutrientes fósforo y magnesio, y para los micronutrientes manganeso, hierro y zinc, las diferencias entre las concentraciones de los suelos bajo ambos tipos de bosque son pequeñas y no significativas (tabla 2).

En los horizontes intermedios, las diferencias entre los promedios de las concentraciones de todos los macronutrientes y de zinc son mayores en los suelos bajo pinares, en ese caso con diferencias significativas según el Test t de Student solamente para el fósforo, alcanzando el p un valor entre 0.05 y 0.10 para el magnesio (tabla 3). El cociente calcio/magnesio también es mayor en suelos bajo bosques de árboles latifoliados que en suelos bajo pinares, en ese horizonte, con una diferencia significativa. En cambio, los promedios de las concentraciones de los micronutrientes hierro y manganeso son más elevadas en suelos bajo bosques de árboles latifoliados, en ese horizonte. Las diferencias no son significativas, en esos casos.

Cabe resaltar que el promedio de la concentración de hierro en el horizonte intermedio es mayor que en el horizonte superficial, bajo bosques de árboles latifoliados. En un sitio la concentración de ese elemento alcanza 941 ppm, 3.5 veces mayor que el valor promedio en ese horizonte.

### ***Acumulación de los nutrientes***

Para los macronutrientes fósforo, calcio, magnesio y potasio, las tasas de acumulación, calculadas como cociente entre las concentraciones en los horizontes superficiales y en los horizontes inferiores, son claramente superiores en los suelos bajos bosques de árboles latifoliados en comparación con los suelos bajo pinares, si bien es cierto que solamente para fósforo y potasio las diferencias son significativas según el Test t de Student (tabla 4). Para los micronutrientes manganeso y zinc, las tasas de acumulación también son más elevadas en suelos bajo bosques de árboles latifoliados que bajo pinares, aunque con diferencias menos pronunciadas y no significativas. En el caso del hierro, el promedio de la tasa de acumulación es mayor en suelos bajo pinares. Bajo ambos tipos de bosques, las tasas de acumulación más elevadas se observan en el manganeso, con un promedio de 33.32 en suelos bajo bosques de árboles latifoliados, y de 21.77 bajo pinares. Las tasas de acumulación menos elevadas se observan en zinc, con promedios de 2.92 bajo bosques de árboles latifoliados y 2.05 bajo pinares (tabla 4).

## Discusión

Se confirmó la primera hipótesis. En todos los cuatro macronutrientes analizados, la concentración en los horizontes inferiores es mayor bajo pinares, y las diferencias son significativas para calcio, magnesio y potasio. Específicamente en el caso del magnesio las diferencias entre los dos tipos de bosques son importantes, y el valor del cociente calcio/magnesio en los pinares es bajo, en comparación con otros suelos, a pesar de que solamente en un caso está por debajo de 1. Esto significa que las condiciones químicas en los horizontes inferiores bajo pinares tienden a ser especiales, y que pueden convertirse en un factor que reduce el crecimiento y la competitividad de muchas especies de árboles latifoliados, favoreciendo así al *Pinus occidentalis*, especie heliofítica que en óptimas condiciones climáticas y edáficas es menos competitiva que muchas especies de hojas anchas, pero más tolerantes a altos niveles de magnesio o a bajos valores del cociente Ca/Mg. La presencia de pinares naturales de *P. occidentalis* en República Dominicana sobre varias áreas de serpentinita (García y Mejía 2008), en condiciones donde el clima permite la existencia de un bosque latifoliado, como en otros países como Cuba (Borhidi 1996), apoya este concepto.

De los tres micronutrientes analizados, los promedios de las concentraciones de manganeso y zinc en los horizontes inferiores son mayores bajo pinares, mientras que el promedio de las concentraciones de hierro en estos horizontes es mayor bajo bosques de árboles latifoliados. Solamente para el zinc las diferencias son significativas, aunque en ningún caso llegan a valores muy altos.

La segunda y la tercera hipótesis también se confirmaron. La acumulación de los macro y micronutrientes en los horizontes superficiales a través del aporte por la hojarasca, que se produce en ambos tipos de bosques, pero que para todos los nutrientes a excepción del hierro es más pronunciada bajo bosques de árboles latifoliados, tiene como consecuencia que para los macronutrientes calcio y potasio y para el micronutriente manganeso los promedios de las concentraciones en los horizontes superficiales son más elevadas bajo bosques de árboles latifoliados, relación inversa a la que se observa en los horizontes inferiores. En el caso del fósforo y de los tres micronutrientes, en los horizontes superficiales las diferencias entre ambos bosques son pequeñas, lo que significa que la acumulación diferencial de los nutrientes tiende a nivelar las condiciones edafo-químicas. A pesar de que las diferencias en la tasa de acumulación entre bosques de árboles latifoliados y pinares son menos elevadas en el caso del magnesio que en el calcio, en el cociente calcio/magnesio no se observa nivelación, y al igual que en los horizontes inferiores los valores son más bajos en suelos bajo pinares que bajo árboles latifoliados.

La acumulación más intensa de la gran mayoría de los nutrientes analizados concuerda con los resultados que obtuvieron Reich *et al.* (2005) en un estudio con



plantaciones experimentales en Polonia, a pesar de que en el caso de nosotros, los bosques de árboles latifoliados son heterogéneos en cuanto a su composición, y se puede esperar que la diversidad de especies de árboles que están presentes en estos ecosistemas se distinguen en cuanto al contenido de nutrientes en su hojarasca y por lo tanto en su aporte a los horizontes superficiales. Esto permite concluir que en las condiciones climáticas de los pisos altitudinales intermedios de las montañas del Caribe, los pinos tienen un efecto menos favorable sobre las condiciones químicas de los horizontes superficiales del suelo que la mayoría de los árboles latifoliados. De todos modos, hay que tener cierta cautela al aplicar estas conclusiones en un sentido muy general: según los resultados de Reich et al. (2005) dentro de los grandes grupos de árboles latifoliados y de coníferas existe una variabilidad variaciones en cuanto a la acumulación de nutrientes en la hojarasca. Por lo tanto, al recomendar determinadas especies de árboles para la reforestación desde el punto de vista del efecto que tienen sobre las condiciones químicas del suelo, hay que contemplar también posibles efectos específicos.

Es importante tener en cuenta que los micronutrientes, que en concentraciones reducidas son esenciales para las plantas, en altas concentraciones generalmente se convierten en factores adversos para la vida de las plantas. La tasa de acumulación en los horizontes superficiales que en el caso del manganeso es extremadamente alta, y a diferencia de lo que encontraron Berget et al. (2013) en una revisión sintética de estudios realizados con árboles de la zona templada, donde las especies latifoliadas tienden a acumular ese micronutriente en mayor grado que una especie de pino de amplia distribución (*Pinus sylvestris*), las diferencias entre los bosques de árboles latifoliados y los pinares de *P. occidentalis* son pequeñas y no significativas. La acumulación de manganeso en los horizontes superficiales en muchos sitios lleva a concentraciones en el orden de magnitud de 50 a 100 ppm, condiciones similares a las que se encuentran en el bosque nublado de árboles latifoliados en el pico de la Loma El Mogote, cerca de Jarabacoa en la Cordillera Central (May y Peguero 2000). En un estudio experimental de Kitao et al. (2001), concentraciones de la misma magnitud causaron síntomas de clorosis en hojas jóvenes de plántulas del abedul japonés, *Betula platyphylla*.

Otro aspecto interesante es que en los suelos bajo bosques de árboles latifoliados —pero no en los suelos bajo pinares— el promedio de las concentraciones de hierro alcanzan un máximo en el horizonte de transición, debajo del horizonte superficial. Según Schawe et al. (2007), esta distribución vertical se puede interpretar como un índice de la presencia de procesos de podsolización, típico para ambientes húmedos y suelos ácidos, presente también en suelos de bosques de los Andes bolivianos (Schawe et al. 2007). Bien que este proceso en los suelos presentes no está muy intenso ni está muy avanzado, es interesante que el máximo de hierro en los horizontes de

transición, debajo del horizonte superficial no se observe en los pinares. Ese hecho confirma que los suelos debajo de estos bosques tienden a tener una menor edad de desarrollo, que concuerda con la mayor influencia del material de origen.

### Conclusiones

El contenido nutricional de los suelos bajo bosques de árboles latifoliados y bajo pinares en la Cordillera Central Dominicana es heterogéneo, la concentración de macronutrientes y micronutrientes en los horizontes inferiores es mayor en suelos bajo pinares excepto el hierro que su mayor concentración se presenta en los suelos bajo bosques de árboles latifoliados, promoviendo la presencia y desarrollo de *Pinus occidentalis* a diferencia de especies de hoja ancha.

El patrón nutricional en los horizontes inferiores de los suelos de bosques latifoliados y pinares está influenciado por el material de origen, y en los horizontes superficiales por el alto grado por el aporte a través de la hojarasca, la presencia de macro y micronutrientes en los suelos de árboles latifoliados es mayor a los suelos de pinares en el contenido de hierro, calcio, potasio y manganeso.

### Literatura citada

- Bach, K., M. Schawe, M. Beck, G. Gerold, R. Gradstein & M. Morales (2003): Vegetación, suelos y clima en los diferentes pisos altitudinales de un bosque montano de Yungas, Bolivia: Primeros resultados. *Ecología en Bolivia* 38 (1): 3-14.
- Berg, B., Erhagen, B., Johansson, M. B., Vesterdal, L., Faituri, M., Sanborn, P., Nilsson, M. 2013. Manganese dynamics in decomposing needle and leaf litter – a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 43 (12): 1127 - 1136
- Borhidi, A. 1996. Phytogeography and vegetation ecology of Cuba. Budapest.
- Chardon, C. E. 1941: Los pinares de la República Dominicana. *The Caribbean Forester* 2: 120 – 131
- Darrow, W. K. y Zanoni, T. 1993. El pino de La Española (*Pinus occidentalis* Swartz): un pino subtropical poco conocido de potencial económico. *Moscosa* 7: 15 - 37
- Fölster, H. 1994. Stability of forest ecosystems in the humid tropics. *Interciencia* 19 (6): 291 - 296
- García, R. y Mejía, M. 2008. Vegetación y flora de serpentina de la República Dominicana. *Moscosa* 16: 217 - 253
- Hager, J. y Zanoni, T. 1993. La vegetación natural de República Dominicana: una nueva clasificación. *Moscosa* 7: 39 – 81

- Herrera, R., Jordan, C. F., Klinge, H., Medina, E. 1978. Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia* 3 (4): 223 - 232
- Horn, S., Orvis, K. H., Kennedy, L. M., Clark, G. M. 2000. Prehistoric fires in the highland of the Dominican Republic: Evidence in charcoal from soils and sediments. *Caribbean Journal of Science* 36 (1-2): 10 – 18
- Kitao, M., Lei, T.T., Nakamura, T., Koike, T. 2001. Manganese toxicity as indicated by visible foliar symptoms of Japanese white birch (*Betula platyphylla* var.  *japonica*). *Environmental Pollution* 111 (1): 89 - 94
- May, T. 1990. Zur Verbreitung mediterraner Kiefernwälder in den hochandalusischen Küstengebirgen. *Vegetations dynamische, standortökologische, geschichtliche und aktuelle Aspekte*. *Natur und Museum* 120: 233 – 243
- May, T. 1994. Regeneración de la vegetación arbórea y arbustiva en un terreno de cultivos abandonado durante 12 años en la zona de bosques húmedos montanos (Reserva Científica **Ébano Verde**, Cordillera Central, República Dominicana). *Moscoso* (Santo Domingo) 8: 131 – 149
- May, T. 2000. Five years of post-fire vegetation succession in a Caribbean cloud forest (Cordillera Central, Dominican Republic). *Ecotropica* 6: 117 -127)
- May, T. 2007. Los suelos del Parque Nacional Armando Bermúdez. En: Francisco Núñez (ed). *Evaluación integrada del Parque Nacional Armando Bermúdez*, 12-22 Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN), Santo Domingo.
- May T., 2015. pH, aluminio y factores ambientales en suelos bajo bosques de la Cordillera Central, República Dominicana. *Revista Geográfica Venezolana*, 56 (1): 59-71
- May, T. y Peguero, B. 2000. Vegetación y flora de la Loma El Mogote, Jarabacoa, Cordillera Central, República Dominicana. *Moscoso* 11: 11 - 37
- Proctor, J. 1971. The plant ecology of serpentine. III: The influence of a high magnesium/calcium ratio and high nickel and chromium levels in some british and swedish soils. *Journal of Ecology* 59 (3): 827 -842
- Reich, P. B., Oleksyn, J., Modrzynski, J., Hobbie, S., Eissenstat, D. M., Chorover, J., Chadwick, O. A., Hale, C. M., Tjoelke, M. G. 2005. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecology Letters* 8: 811 – 818
- Rout, G. R., Das, P. 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie* 23: 3 - 11
- Schawe, M., Glatzel, S., Gerold, G. 2007. Soil development along an altitudinal transect in a Bolivian tropical montane rainforest: Podzolization vs. Hydromorphy. *Catena* 69: 83 - 90

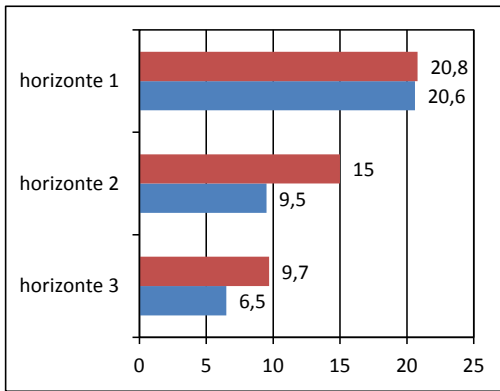
SEIC/IGU.1991. Mapa geológico de la República Dominicana. Mapa geológico general. Santo Domingo – República Dominicana.

Tolentino, L. y Peña, M. 1998. Inventario de la vegetación y uso de la tierra en la República Dominicana. Moscosa 10: 179 – 202

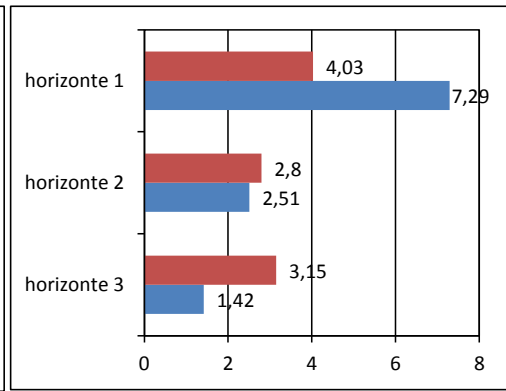
Walker, R. B., Walker, H. M., Ashworth, P. R. 1955. Calcium-magnesium nutrition with special reference to serpentine soils. Plant physiology 30 (3): 214 - 221

**Fig. 1: Concentraciones de macro- y micronutrientes por horizontes y tipo de bosque.**

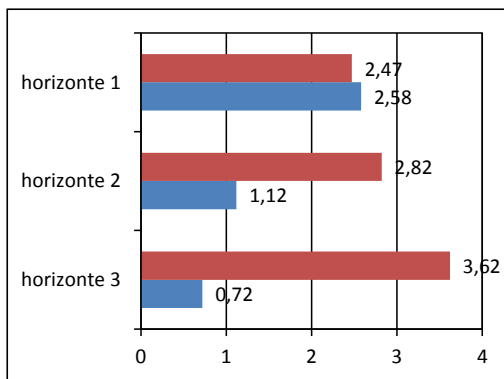
rojo: pinares, azul: bosques de árboles latifoliados



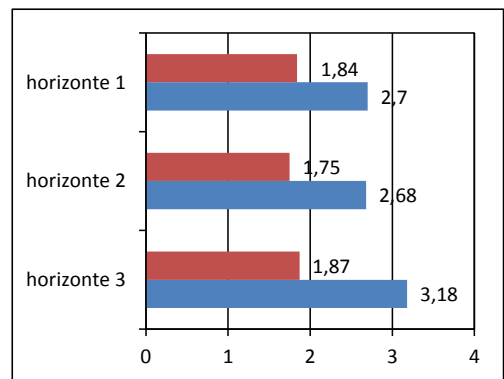
fósforo



calcio

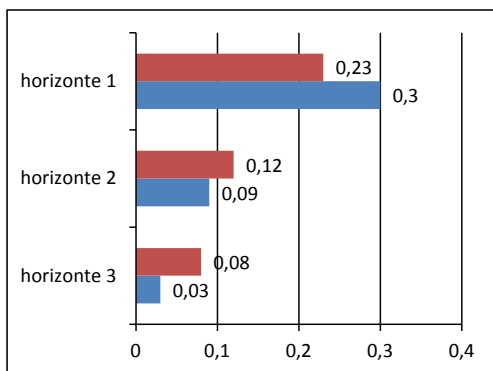


magnesio

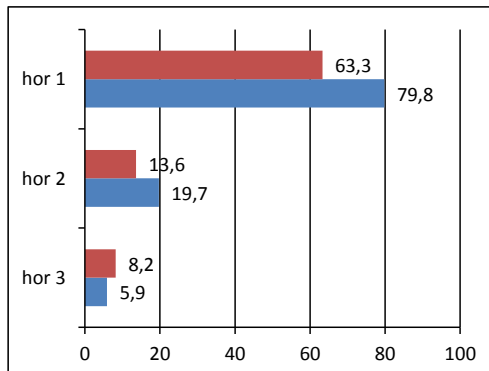


Ca/Mg

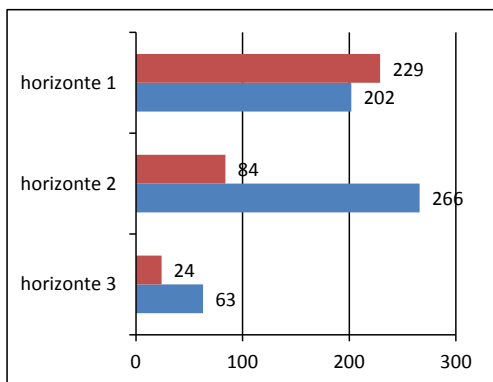
Fig. 1 (continuación)



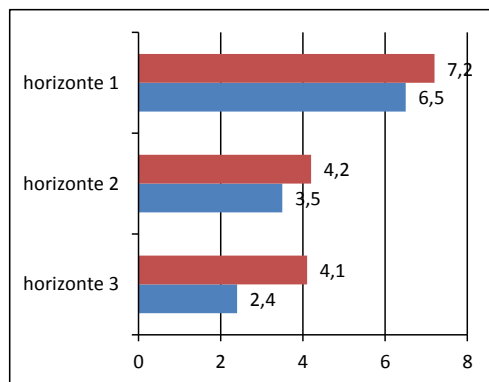
potasio



manganeso



hierro



zinc

**Tabla 1: Concentraciones de los nutrientes en el horizonte inferior**

	bosques latifoliados húmedos				pinares				p
	med	mdn	min	max	med	mn	min	max	
<b>P</b>	<b>6.5</b>	4.0	2.0	19.0	<b>9.7</b>	9.5	5.0	15.0	ns
<b>Ca</b>	<b>1.42</b>	0.95	0.16	3.42	<b>3.15</b>	2,15	0.40	6.91	0.05
<b>Mg</b>	<b>0.72</b>	0.22	0.11	2.07	<b>3.62</b>	0.90	0.14	6.59	0.04
<b>Ca/Mg</b>	<b>3.18</b>	2.40	0.92	8.64	<b>1.87</b>	1.91	0.53	2.93	ns
<b>K</b>	<b>0.03</b>	0.03	0.02	0.05	<b>0.08</b>	0.05	0.03	0.27	0.05
<b>Mn</b>	<b>5.9</b>	2.7	0.3	34.5	<b>8.2</b>	4.6	1.0	28.1	ns
<b>Fe</b>	<b>63</b>	41	11	335	<b>24</b>	15	9	95	ns
<b>Zn</b>	<b>2.4</b>	2.2	1.4	5.2	<b>4.1</b>	4.7	1.4	5.8	0.01

med: media, mdn: mediana, min: valor mínimo, max: valor máximo

Unidades: ppm para P, Mn, Fe, Zn, meq/100 ml para Ca, Mg y K

**Tabla 2: Concentraciones de los nutrientes en el horizonte superficial**

	bosques latifoliados húmedos				pinares				p
	med	mdn	min	max	med	mdn	min	max	
P	<b>20.6</b>	17.0	6.0	55.0	<b>20.8</b>	16.0	11.0	40.0	ns
Ca	<b>7.29</b>	8.34	0.70	9.78	<b>4.03</b>	3.71	2.10	6.20	0.03
Mg	<b>2.58</b>	2.85	0.44	4.34	<b>2.47</b>	2.03	1.01	4.56	ns
Ca/Mg	<b>2.70</b>	2.87	1.59	4.60	<b>1.84</b>	1.73	1.35	2.54	0.03
K	<b>0.30</b>	0.25	0.22	0.54	<b>0.23</b>	0.24	0.18	0.27	*ns
Mn	<b>79.8</b>	62.5	6.4	251.0	<b>63.3</b>	56.7	18.3	116.0	ns
Fe	<b>202</b>	208	55	355	<b>229</b>	206	149	334	ns
Zn	<b>6.5</b>	6.0	2.3	12.8	<b>7.2</b>	6.7	4.8	10.5	ns

med: media, mdn: mediana, min: valor mínimo, max: valor máximo

Unidades: ppm para P, Mn, Fe, Zn, meq/100 ml para Ca, Mg y K

Tabla 3: Concentraciones de los nutrientes en el horizonte intermedio

	bosques latifoliados húmedos				pinares				p
	med	mdn	min	max	med	mdn	min	max	
P	<b>9.5</b>	7.0	4.0	20.0	<b>15.0</b>	15.0	9.0	24.0	0.05
Ca	<b>2.51</b>	2.43	0.40	3.52	<b>2.80</b>	1.72	0.60	6.65	ns
Mg	<b>1.12</b>	1.03	0.11	2.61	<b>2.82</b>	0.93	0.25	8.80	*ns
Ca/Mg	<b>2.68</b>	2.21	1.34	4.47	<b>1.75</b>	1.62	0.61	3.11	0.05
K	<b>0.09</b>	0.09	0.03	0.28	<b>0.12</b>	0.12	0.06	0.21	ns
Mn	<b>19.7</b>	11.1	0.6	99.2	<b>13.6</b>	8.5	3.1	43.8	ns
Fe	<b>266</b>	85	45	941	<b>84</b>	92	259	132	*ns
Zn	<b>3.5</b>	2.8	1.1	5.8	<b>4.2</b>	4.9	1.9	5.8	ns

med: media, mdn: mediana, min: valor mínimo, max: valor máximo

Unidades: ppm para P, Mn, Fe, Zn, meq/100 ml para Ca, Mg y K

Tabla 4. Tasas de acumulación (horizonte 1/horizonte 3)

	bosques latifoliados húmedos				pinares				p
	med	mdn	min	max	me	mdn	min	max	
<b>P</b>	<b>4.58</b>	4.25	0.67	11.00	<b>2.19</b>	2.07	1.08	3.33	0.05
<b>Ca</b>	<b>11.07</b>	4.36	1.17	29.67	<b>3.38</b>	2.55	0.78	8.25	Ns
<b>Mg</b>	<b>9.55</b>	9.41	1.50	24.11	<b>4.70</b>	2.47	0.35	17.43	Ns
<b>Ca/Mg</b>	<b>1.35</b>	1.23	0.19	2.52	<b>1.27</b>	1.23	0.47	2.54	Ns
<b>K</b>	<b>10.80</b>	8.67	5.60	25.50	<b>5.04</b>	5.13	0.81	9.00	0.02
<b>Mn</b>	<b>33.32</b>	22.45	4.64	96.32	<b>21.77</b>	12.68	4.12	74.92	Ns
<b>Fe</b>	<b>8.47</b>	7.10	0.48	34.58	<b>13.22</b>	11.15	3.85	27.60	Ns
<b>Zn</b>	<b>2.92</b>	2.61	1.15	5.57	<b>2.05</b>	1.68	1.39	4.07	Ns