

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



EL
GOBIERNO
DE TODOS

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



ISBN: 978-9942-36-039-7



9 789942 360397



Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N° 2

Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana y potenciales alternativas agroforestales para el manejo sostenible

agroinvestigacionecuador

@INIAPECUADOR

agroinvestigación iniap

www.iniap.gob.ec



Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N° 2

Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana
y potenciales alternativas agroforestales
para el manejo sostenible

Julio, 2018

Publicación Miscelánea No. 445

Créditos

Autores: Astorga

Carlos Barrera
Paulo Bastidas
Félix Caicedo
Carlos Calderón
Darío Calero
Andrés Casasola
Francisco Chávez
Joffre Congo Carlos
Virginio Filho Elias de Melo
Díaz Alejandra
Fernández Fabián

Lima Luís
Moncayo Luis
Osorio Bertín
Paredes Nelly
Pico Jimmy
Sotomayor Dennis
Subía Cristian
Vargas Yadira
Vera Antonio Vizuete
Omar Velástegui
Francisco

Revisores:

Caicedo Carlos - INIAP
Moncayo Luís - INIAP
Paredes Nelly - INIAP
Pico Jimmy - INIAP
Subía Cristian - INIAP
Vargas Yadira - INIAP
Vera Antonio - INIAP
Casanoves Fernando - CATIE
Villarreyna Rogelio - CATIE
Villanueva Cristóbal - CATIE

Editores:

Elias de Melo Virginio Filho (CATIE)
Carlos Astorga D (Consultor CATIE)
Francisco Casasola (CATIE)
Carlos Caicedo (INIAP)

Fotografías:

Elias de Melo Virginio Filho
Carlos Astorga Domia
Francisco Casasola
Cristian Subía García
Jimmy Pico

Diagramación:

Rocío Jiménez Salas,
Tecnología de Información
y Comunicación, CATIE

Capítulo 3

Caracterización de los suelos de la Amazonía ecuatoriana

Alejandra Díaz.

Se define como suelos a la capa superficial de la corteza terrestre, compuesta por minerales que son partículas de rocas alteradas en un 45%, materia orgánica 5%, agua 25% y aire 25% aproximadamente, proporciones pueden variar (Gardi *et al.* 2014). Según Valarezo (2004), es un cuerpo natural formado por la acción integrada del clima, el relieve y los organismos que actúan sobre el material parental a través del tiempo.

En el Ecuador está presente una sección volcánica de la cordillera de los Andes con un aproximado de ochenta volcanes y cumbres con alturas superiores a los 6000 msnm formando las cadenas occidental y oriental. La producción forestal presenta en un 41%, pastos con 20% y agrícola en un 10%, siendo, éstos los usos más importantes del suelo. La distribución y características de sus suelos se presentan en correlación con la diversidad fisiográfica, climática y paisajística del país (Gardi *et al.* 2014).

La RAE abarca áreas con alturas inferiores a los 1300 msnm en las estribaciones orientales de los Andes, originada de rocas antiguas, presentando suelos lavados con liberación de óxidos de hierro y aluminio en niveles tóxicos y no aptos para utilización agropecuaria según lo indica Gardi *et al.* (2014), así mismo, Valarezo (2004), manifiesta que en la RAE existen una gran diversidad de suelos, con características específicas, como suelos aluviales recientes y/o ándicos y suelos derivados de cenizas volcánicas, los únicos con ligeras limitaciones (Cuadro 9), no así, la mayoría de los suelos que presentan un complejo de infertilidad, fuerte acidez, toxicidad del aluminio, y en ciertas partes con fuertes pendientes o drenajes insuficientes, con graves limitaciones para la agricultura.

Cuadro 9. Distribución de la variabilidad de las limitaciones edafológicas en la RAE.

Limitaciones edafológicas	Territorio de la RAE	
	Área (ha)	Porcentaje (%)
Menores	1'288 000	12.4
Importantes	2'364 000	22.8
Muy importantes	6'704 000	64.7

Fuente: Valarezo, 2004.

3.1. Descripción de los suelos de la Amazonía ecuatoriana

El MAGAP, a través del Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO, 2011), ha determinado las características de los suelos de la RAE en base al tipo de suelo y niveles de pH, generando un mapa taxonómico de suelos en el marco del convenio Ministerio de Agricultura MAG, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), utilizando como fuente de información los estudios realizados por el Programa Nacional de Regionalización (PRONAREG) y el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM) correspondientes a cartas de suelos y morfo-pedológicos; estableciéndose, que los órdenes de suelos más representativos presentes en la RAE son Inceptisoles, Entisoles, Histosoles y Mollisoles, clasificados de acuerdo al sistema americano de Clasificación de Suelos denominado Soil Taxonomy del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1975).

I Inceptisoles

Son suelos en fase inicial de desarrollo (Gardi *et al.* 2014), presenta horizontes que se formaron rápidamente y en su mayor parte se encuentran en áreas jóvenes de topografía irregular que limitan el desarrollo de los suelos, es decir, son suelos con falta de madurez edafológica (Rodríguez *et al.* 1991).

Este orden de suelos según Valarezo (2004) presenta propiedades exclusiva como:

1. Disponibilidad de agua aprovechable para los cultivos por más de la mitad del año o por tres meses consecutivos en la estación más caliente.
2. Horizontes con poca acumulación de materiales translocados.

La mayor parte de los suelos de la RAE pertenecen a éste orden, se caracterizan por presentar pH ácido, incluso amplias áreas con un pH inferior a 5.5, condición que denota una limitación para el buen desarrollo de los cultivos en esta zona del país (SIGAGRO, 2011).

I Entisoles

Son suelos de formación reciente, con fertilidad variable pues depende del material original acarreado por los ríos, presentan una alta susceptibilidad a erosión hídrica, su limitación principal es el exceso de humedad, se los encuentra en cualquier tipo de clima y la vegetación va de acuerdo con el mismo. (Rodríguez *et al.* 1991). No tienen horizontes claramente desarrollados (Valarezo, 2004).

I Histosoles

Son suelos orgánicos que se forman cuando la producción de materia orgánica sobrepasa su mineralización, presentan contenido superior al 30% de materia orgánica, se encuentran en condiciones de saturación continua que impiden la circulación del oxígeno (Rodríguez *et al.* 1991), incluyen los suelos de turberas, manglares y bosques pantanosos en los trópicos húmedos (Gardi *et al.* 2014).

I Mollisoles

Son suelos con alto contenido de materia orgánica presenta una saturación de bases mayor al 50%, son poco frecuentes y ocupan pequeñas áreas (Rodríguez *et al.* 1991). Suelos con una capa superficial rica en humus (Gardi *et al.* 2014).

3.1.1. Principales características a nivel de suborden

La clasificación de acuerdo al sistema americano *Soil Taxonomy* y a la escala de estudio (1:50.000), separa

las unidades de suelos en Subgrupos de suelos, correspondiendo a un nivel de estudio denominado semidetallado. Este nivel de estudio genera información primaria mediante trabajo de campo, identificándose las unidades de suelos mediante observaciones como descripciones de perfiles de suelos y barrenaciones, caracterizando los suelos de acuerdo al nivel del estudio requerido (PRONAREG-ORSTOM, 2010).

A continuación, se describen las características de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (1975), limitaciones, capacidad de uso y recomendaciones de manejo de los suelos de las seis provincias de la Amazonía (Cuadro 11).

Cuadro 10. Características de los órdenes y subórdenes de los suelos representativos de la Amazonía.

Orden	Características	Suborden	Características
INCEPTISOL	Áreas húmedas y subhúmedas presenta reacción ácida para ser productivos requieren encalados y fertilización	ANDEPT	Elevado contenido de alófana, buena fertilidad alta retención de agua, textura franca.
		TROPEPT	Suelos formados sobre materiales residuales, superficiales a moderadamente profundos, topografía entre inclinada a muy empinada. Saturación básica inferior a un 40%. Porcentaje de saturación de bases mayor de 60%. Suelos arcillosos y muy húmedos.
		TROPEPT + ANDEPT	Superficiales a moderadamente profundos, topografía inclinada a muy empinada. Suelos de clima tropical húmedo.
HISTOSOL	Suelo orgánico de zonas pantanosas, puede ser fuertemente ácido, están saturados con agua. (Condiciones anaerobias)	AQUEPT (HEMIST)	Exceso de agua, materiales orgánicos parcialmente descompuestos
		FIBRIST	Materiales orgánicos escasamente descompuestos.
MOLLISOL	Son muy fértiles, topografía ligeramente inclinada a extremadamente empinada	UDOLL	Usualmente húmedos. Superficiales a moderadamente profundos, topografía con pendientes generalmente muy pronunciadas
ENTISOL	Suelos recientes, no tienen horizontes formados, poco contenido de materia orgánica.	TYPIC UDIFLUVENTS	Suelos poco diferenciados, ligeramente ácidos, moderadamente saturados
OXISOL	Suelos rojos y viejos, presenta una muy baja fertilidad y altos contenidos de aluminio tóxico	ORTOX	Alta porosidad, muy friables, generalmente arcillosos, saturación básica muy baja.

Fuente: USDA, 1975; Rodríguez *et al.* 1991; PRONAREG-ORSTOM, 2010.

Cuadro 11. Características de los suelos, limitaciones, capacidad de uso y manejo para cada una de las provincias amazónicas.

Provincia	Material parental	Características de los suelos	Limitaciones	Uso y manejo
Napo	Afloramiento de rocas volcánicas, lavas, piroclásticos, cenizas, basaltos. Capas meteorizadas, sueltas e inestables de granito.	Materiales rocosos o arenosos, poco o nada evolucionados, limosos, sueltos, inestables, de color negro a pardo amarillento.	Clima y susceptibilidad de la erosión, baja fertilidad, fuertemente ácidos, con aluminio tóxico, degradados por sobre pastoreo. Pendientes, excesos de humedad, lixiviación de nutrientes.	Protección integral, reforestación, ganadería restringida (con baja carga), uso agropecuario muy restringido, evitar la quema en especial del matorral. Manejo integral agrosilvopastoril para regenerar la capa de hojarasca y fomentar el reciclaje de nutrientes
Orellana	Conglomerado meteorizado bajo cobertura de cenizas. Profundas capas de areniscas verdes o grises, sedimentos arcillosos.	Arcilloso de color pardo amarillento y rojos, baja fertilidad, fuertemente ácidos, con aluminio tóxico.	Exceso de humedad y lixiviación de los suelos. Texturas muy arcillosas.	Protección manejo integral, agrosilvopastoril, regeneración de horizontes orgánicos, reciclajes de nutrientes. Cultivos de subsistencia. Uso forestal controlado, protección, reservas ecológicas y de vida silvestre.
Sucumbíos	Rocas volcánicas y metamórficas	Poco profundos erosionados y rocosos, de color negro a amarillento	Presencia de aluminio soluble (tóxico), exceso de agua, acumulación de materia orgánica no descompuesta.	Cultivos de subsistencia, regeneración de horizontes orgánicos, reciclajes de nutrientes. Sistemas agroforestales y vida silvestre con chacras indígenas.
Pastaza	Materiales rocosos, escombros y arenas sobre rocas metamórficas	Sueltos con sustrato inestable, de colores negro-pardo o amarillo.	Baja fertilidad, fuertemente ácidos, elevada susceptibilidad a la erosión.	Protección, reforestación, uso agropecuario restringido en lugares factibles. Manejo integral agrosilvopastoril, uso forestal controlado, reservas ecológicas.
Morona Santiago	Rocas volcánicas y metamórficas, tobas y cenizas inestables.	Sueltos sobre sustratos inclinados e inestables limosos de color negro-pardo amarillentos o rojos.	Fertilidad baja con aluminio tóxico, arcillosos y lixiviados	Protección integral, reforestación, uso agropecuario muy restringido. Sistemas agroforestales y vida silvestre con chacras indígenas.
Zamora Chinchipe	Rocas metamórficas y graníticas	Afloramientos rocosos, suelos superficiales, pedregosos y muy poco desarrollados. Arcillosos y muy pobres	Fuertemente ácidos, baja saturación de bases y elevado contenido de aluminio intercambiable. Drenaje escaso	Conservación estricta del medio natural y reforestación, bosque protector Manejo agrosilvopastoril en pendiente menores, drenajes, mejoramiento de pastizales y sistemas agroforestales.

Fuente: Valarezo, 2004; USDA, 1975.

3.2. La fertilidad de los suelos

Un suelo sano y fértil constituye la piedra angular de la seguridad alimentaria. Por todo ello, dada su importancia socioeconómica y medioambiental, el suelo debe ser protegido (Gardi *et al.* 2014).

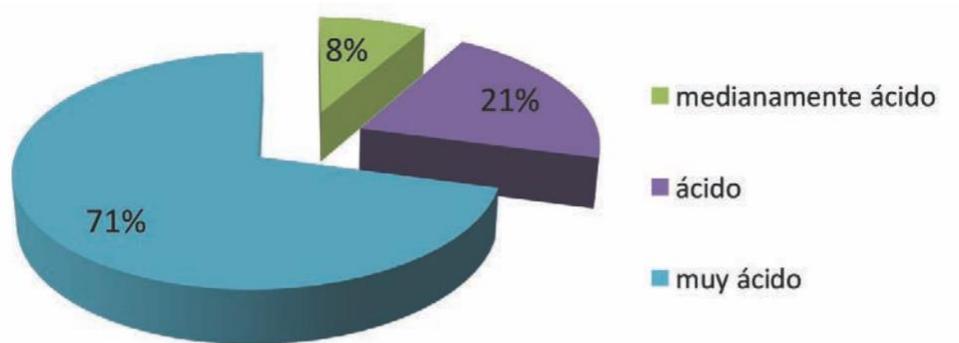
Respecto a la fertilidad de los suelos es importante diferenciar entre la **fertilidad física** que vincula las propiedades físicas como estructura, compactación, aireación, encostramiento, disponibilidad de agua, entre otros, de la **fertilidad química** que comprende la disponibilidad de nutrientes, acidez, salinidad, toxicidad, entre otros y de la **fertilidad biológica** con parámetros como materia orgánica, relación C/N, actividad de los microorganismos, entre otros (Porta *et al.* 2014).

En suelos dedicados a la producción agrícola, la tasa de meteorización no resulta suficientemente alta para aportar una cantidad adecuada de nutrientes a partir de los minerales, por lo que la fertilidad de los suelos depende de la adición de fertilizantes químicos de síntesis en agricultura convencional o de productos de origen natural usados en la agricultura ecológica que compensen la extracción de nutrientes a la cosecha, de lo contrario la fertilidad disminuirá hasta agotarse (Porta *et al.* 2014).

Para diagnosticar el contenido de nutrientes asimilables presentes en el suelo y determinar los niveles de fertilidad, se realizan análisis químicos de suelos y de tejido vegetal como hojas, peciolo, savia que permitan explicar la disminución de los rendimientos por debajo del potencial del cultivo (Porta *et al.* 2014).

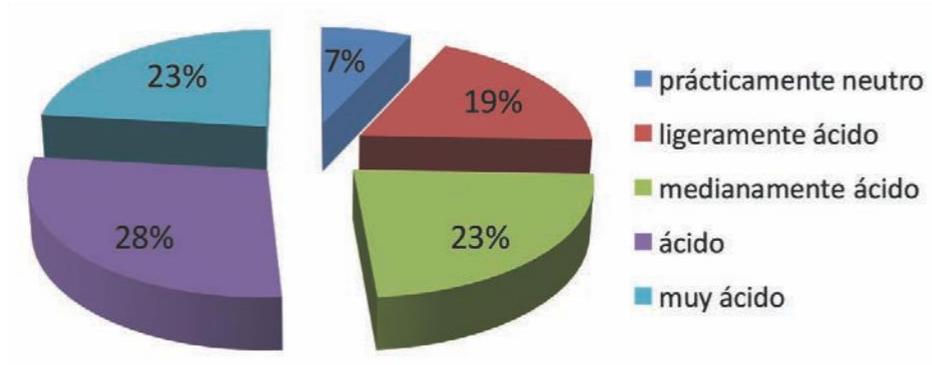
En análisis de suelos realizados en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP en 24 muestras de suelos de la provincia de Orellana y 43 de la provincia de Sucumbíos, se obtuvieron resultados de pH desde ligeramente ácido a muy ácido, 71% muy ácido en la provincia de Orellana (Figura 2), y 28 % ácido en la provincia de Sucumbíos (Figura 2). La acidez constituye una gran limitante para el desarrollo de la agricultura, ya que incluye la toxicidad por aluminio y manganeso, deficiencias y/o desbalances entre los cationes básicos (Ca/Mg/ K), situación que determina una baja productividad. (Valarezo, 2004).

Existe un 7% de las muestras que presentan un pH prácticamente neutro (Figura 3), es decir, que se encuentra dentro del rango de 6,5 a 7, en éstos casos se debe tener precaución y no sea producto del sobre encalado, tomando en cuenta que los pH óptimos para el desarrollo de los cultivos es de 5,5 a 6,5 (Zapata, 2004).



Fuente: Díaz *et al.* 2014

Figura 2. Rangos de acidez de suelos de 24 parcelas, provincia de Orellana.

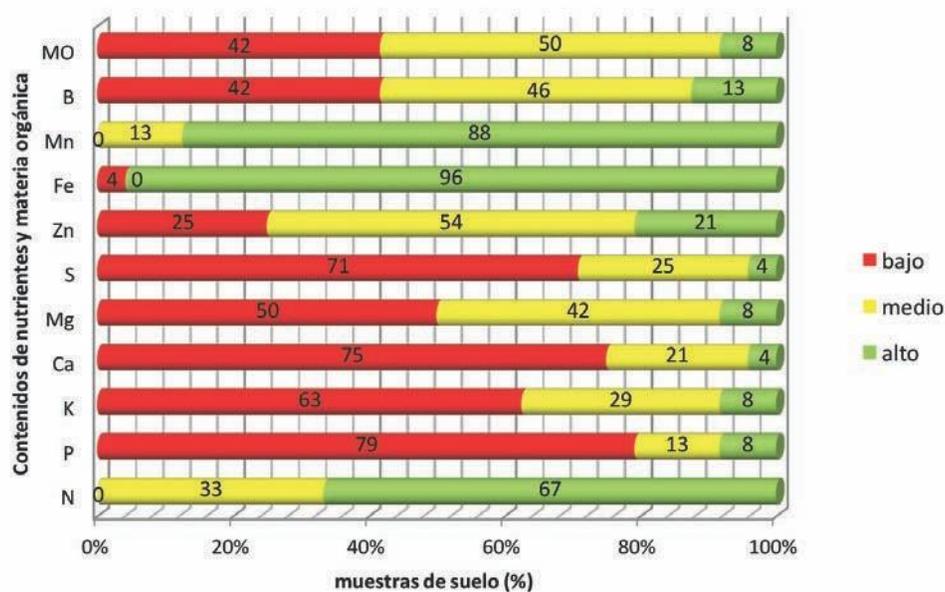


Fuente: Díaz *et al.* 2014

Figura 3. Rangos de acidez de suelos de 43 parcelas, provincia de Sucumbíos.

Para los contenidos de nutrientes y materia orgánica en las 24 muestras de la provincia de Orellana y 43 muestras de la provincia de Sucumbíos los resultados más relevantes nos indican que el P presenta contenidos bajos, lo cual se relaciona con el pH muy ácido, que produce deficiencia por fijación, coincidiendo con Valarezo (2004) que manifiesta que la deficiencia de P se relaciona con la toxicidad del Al^{3+} . Para los nutrientes

K, Ca y Mg la concentración se presenta en un nivel bajo, limitantes que presentan los suelos ácidos, como resultados de altas precipitaciones y altas temperaturas, lixiviación progresiva en suelos de trópico húmedo (Valarezo, 2004) y liberación de hidrógenos H^+ . En cuanto a MO, un 50 % de las muestras presentan contenidos medios (3–5%) seguido de un 42% con suelos con contenidos inferiores al 3% (Figura 4).



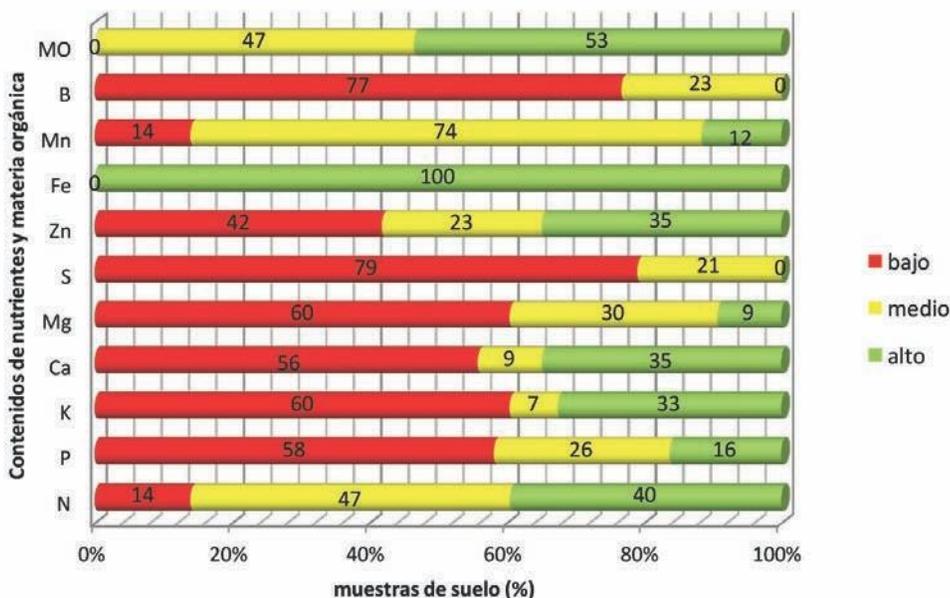
Fuente: Díaz *et al.* 2014.

Figura 4. Fertilidad de los suelos de 24 parcelas, provincia de Orellana.

Para el contenido de MO, un 53 % de las muestras presentan contenidos altos (Figura 5), es decir, presentan valores superiores al 5%, y un 47% con suelos con contenidos que fluctúan dentro del rango de 3 – 5%.

La alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas de los suelos genera la pérdida de la calidad y salud del suelo, evidenciándose, consecuencias no sólo a nivel ambiental sino económico y social (Carrera *et al.* 2006), en el Ecuador, la degradación del suelo está en aumento por procesos de agricultura

masiva y un incremento de la industria que produce contaminantes De Noni y Trujillo (1990); los efectos directos son la disminución de la productividad agrícola, y otros indirectos como la migración, la inseguridad alimentaria y la pérdida irreversible de biodiversidad, situación que establece importantes implicaciones para la mitigación y la adaptación al cambio climático, pues la pérdida de biomasa y de materia orgánica del suelo desprende carbono a la atmósfera y afecta a la calidad del suelo y a su capacidad de mantener el agua y los nutrientes (FAO, 2008).



Fuente: Díaz *et al.* 2014.

Figura 5. Fertilidad de los suelos de 43 parcelas, provincia de Sucumbíos.

3.3. Bibliografía

- Carrera Ríos, B; Kucharz, T. 2006. Miembros de ecologistas en acción las insostenibilidad de los monocultivos agro-industriales como la palma de aceite (en línea). Universidad Complutense de Madrid. Disponible en www.ecologista-senaccion.org
- De Noni, G, Viennot, M, Trujillo, G, 1990. Mesures de l'érosion dans les Andes de l'Equateur. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie. 25(1-2):183-196.
- Díaz, A; Changoluisa, D. 2012. Manual de procedimientos de análisis físico químico de suelos, aguas y foliares. La Joya de los Sachas - Ecuador, INIAP-EECA. Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Sin publicar.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia) 2008. Aumenta la degradación del suelo. Reporte FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2008/1000874/index.html>
- Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça Santos Brefin, ML; Montanarella, L; Muniz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, MI; Vargas, R (eds). 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg, Comisión Europea/Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 176 p.
- Porta, J; López-Acevedo, M; Poch, R. 2014. Edafología: uso y protección de suelos. s. l., Mundi-Prensa. 508 p.
- PRONAREG-ORSTOM (Programa Nacional de Regionalización); (Institute Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération). 2010. Cartas de Suelos y Morfo - Pedológicos. Mapas de Aptitudes Agrícolas.
- Rodríguez, F; Berdayán, L; Rojas, C; Calle, C. 1991. Los suelos de la Región del Amazonas según unidades fisiográficas. Folia amazónica IIPA (3):12-13.SIGAGRO (Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria, Ecuador. 2011. Atributos edafológicos. Disponible en: www.magap.gob.ec/sigagro/
- USDA. (United States Department of Agriculture, Estados Unidos). 1975. "Soil Taxonomy", Claves para la Taxonomía de Suelos" Décima Edición.
- Valarezo, C. 2004. Características, distribución, clasificación y capacidad de uso de los suelos en la Región Amazónica ecuatoriana (RAE). Universidad Nacional de Loja, Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios, Loja, Ecuador. 201 p.
- Valarezo, C. 2004. Gestión de la fertilidad del suelo en el trópico húmedo, en la Región Amazónica ecuatoriana y bajo sistemas agroforestales. Universidad Nacional de Loja, Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios, Loja, Ecuador. 141 p.
- Zapata, R. 2004. La química de la acidez del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 126 p.