

# *Inestabilidad* **laboral** **en México**

José Alberto Muños Hernández\*

“La libertad, Sancho, es uno de los más preciosos dones que a los hombres dieron los cielos; con ella no pueden igualarse los tesoros que encierra la tierra y el mar encubre; por libertad así como por la honra, se puede aventurar la vida y, por el contrario, el cautiverio es el mayor mal que puede venir a los hombres.”

Miguel de Cervantes.

El objetivo de esta investigación es realizar una contribución que profundice sobre las características que afectan o hacen inestable el empleo (incluyendo aspectos inherentes al trabajador), para ello, este artículo analiza por separado el tipo de contrato, la antigüedad laboral y la salida del empleo de los trabajadores asalariados de la República Mexicana. Se utilizó un modelo estadístico que trata de mostrar los efectos que tienen cada una de las siguientes características sobre los fenómenos que son objeto de atención: laborar en las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey; sexo del trabajador; estado civil; edad y sector de actividad económica.

**Palabras clave:** inestabilidad laboral, empleo, ENOE, medición de la inestabilidad, modelo logístico.

\* Investigador. Labora en el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), adscrito al Departamento de Sistemas de Información en Salud, Centro de Información para Decisiones en Salud Pública (CENIDSP). Teléfono: (55) 5487 1046, ext. 4113; correo electrónico: jose.munos@insp.mx

**Nota:** agradezco el apoyo de la doctora Brígida García en la realización de este trabajo, así como el respaldo financiero recibido por medio del proyecto de CONA CYT a su cargo sobre Mercados de Trabajo y Condiciones de Vida de las Familias en México: una Propuesta de Indicadores.

## Introducción

El reacomodo de los mercados laborales en todo el mundo debido a la presencia de la constante globalización de la economía de los países ha repercutido de diversas maneras en torno al empleo. En América Latina, en particular para los Estados Unidos Mexicanos, las principales transformaciones en el empleo que se han observado debido a este fenómeno mundial se dan en la cambiante importancia de algunos sectores de actividad económica y en un aumento de la participación femenina en el mercado laboral<sup>1</sup>, así como en la precarización del empleo<sup>2</sup> y en la permanencia del sector informal.<sup>3</sup>

La globalización, en particular para México, se intensifica con el tratado de libre comercio que se da con los Estados Unidos de América (EE.UU.). Este cambio de régimen macroeconómico, que fomenta la liberalización y apertura comercial, vincula de manera estrecha el empleo asalariado en nuestro país con la demanda que se gesta en EE.UU., lo cual, aunado a las estrategias flexibilizadoras entre las empresas, podría aumentar la inestabilidad laboral entre la población trabajadora debido a las facilidades introducidas por dichas estrategias.

Como resultado, algunas de las consecuencias principales pueden ser el descenso en la antigüedad del trabajador, la afectación del contrato permanente y una mayor rotación laboral, incrementándose, ante estas transformaciones, la percepción de inestabilidad entre la población de trabajadores.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Cruz Piñero, Rodolfo. "Evolución e inestabilidad de los mercados laborales en la frontera norte de México durante la década de los años noventa", en: Lozano, Fernando (coord.). *El amanecer del siglo y la población mexicana*. México, CRIM, 2004, pp. 531-556.

<sup>2</sup> Ariza, Marina. "Mercados de trabajo urbanos y desigualdad de género en México a principios del siglo XXI", en: De la Garza Enrique y Carlos Salas (coords.). *La situación del trabajo en México*. México, Universidad Autónoma Metropolitana/IET/AFL/CIO/Plaza y Valdés, 2006, pp. 377-412. // Tokman, Víctor E. "Informalidad, inseguridad y cohesión social en América Latina", en: *Revista Internacional del Trabajo*. Vol. 126, núms. 1 y 2, 2007.

<sup>3</sup> Tokman. *Op. cit.*

<sup>4</sup> *Ídem.*

Ante esta panorámica, diversos estudios han abordado el tema de la inestabilidad; sin embargo, para México, pocos han sido los documentos que hablan al respecto. Por ello, tratando de realizar una contribución que profundice sobre las características que afectan o hacen inestable el empleo (incluyendo aspectos inherentes al trabajador), este artículo analiza por separado el tipo de contrato, la antigüedad laboral y la salida del empleo de los trabajadores asalariados de la República Mexicana.

Se utilizó, para ello, un modelo estadístico que trata de mostrar los efectos que tienen cada una de las siguientes características sobre los fenómenos que son objeto de atención: laborar en las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey; sexo del trabajador; estado civil; edad y sector de actividad económica.

Como herramienta principal de análisis se usó un modelo logístico, con el cual es posible observar el efecto que presenta cada una de las variables independientes<sup>5</sup> sobre las dependientes.<sup>6</sup> La principal fuente de información empleada fueron los microdatos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) del 2º trimestre del 2006. Con ello, se logra un acercamiento a la inestabilidad laboral diferente a lo encontrado en cuanto a los efectos que muestran las características mencionadas y, sobre todo, en el aspecto de la fuente de información, pues ésta es una encuesta que permite diferentes opciones, como se verá más adelante.

El esquema a seguir dentro del artículo es el siguiente: en la primera sección se presenta un resumen de la manera en que ha sido abordada la medición de la inestabilidad; en la segunda se hace una revisión bibliográfica de trabajos relacionados con la inestabilidad laboral para el caso mexicano; la siguiente ofrece la metodología, la fuente de información, modelos y principales resultados; por último, se muestran las conclusiones a las que se llegaron con esta investigación.

---

<sup>5</sup> En este caso, se hace referencia a las características del trabajador y del empleo mencionadas en las líneas anteriores.

<sup>6</sup> Las cuales serán el tipo de contrato, la antigüedad laboral y la salida del empleo.

## 1. Medición de la inestabilidad

No existe una forma única de acercarse a la inestabilidad laboral; básicamente, se deduce de observar las características y herramientas que el investigador utiliza para plantear la situación. Esto presenta dificultades al abordar el tema en la búsqueda de resultados comparativos con otras investigaciones que analizaron la situación, ya sea en diferentes países o en el mismo lugar. Al final de este artículo se presenta un cuadro resumen en el que se pueden observar trabajos que se realizaron en los continentes europeo y americano, en particular España, Reino Unido, EE.UU., Argentina y México (ver anexo).

De esa información, se observa que las aproximaciones se pueden resumir en el tipo de contrato, las entradas y salidas de la ocupación, así como la antigüedad laboral.

Respecto a la primera, la principal preocupación sería si el trabajador cuenta con un contrato por escrito o no; en este caso, la inestabilidad laboral está presente en cuanto a que no se tiene, ya que un documento puede, por una parte, amparar diferentes aspectos, como: la seguridad social y el fondo de ahorro para el retiro, entre otros y, por otra, influir en las condiciones laborales a las que es sometido el trabajador.

Vale la pena mencionar que el hecho de tener un contrato por escrito no siempre resulta alentador, dada la existencia de los convenios temporales que afectan algunas cuestiones laborales, como: la antigüedad en el empleo y el aumento de las entradas y salidas de la ocupación.

También, hay que realizar ciertas consideraciones respecto al tipo de contrato temporal, pues un trabajador que tiene este tipo de documento no necesariamente es inestable en su empleo. Por ejemplo, si se toma en cuenta un docente que de forma constante realiza proyectos temporales y son bien remunerados, su trabajo no es inestable, ya que le permite estar a la espera de un nuevo proyecto, debido a la cátedra que imparte. Por otro lado, una empresa bien podría contratar personal eventual y decidir si renovar el contrato o no al finalizar el mismo, lo cual evita que el trabajador adquiera antigüedad

laboral, además de ciertas prestaciones, como una liquidación adecuada, y en dado caso de que exista una crisis al interior de la empresa, ésta podría disponer o no de estos empleados como una estrategia para hacer frente a esa situación.

En cuanto a las entradas y salidas de la ocupación, un acercamiento interesante a la inestabilidad laboral se obtiene de observar si el trabajador ha perdido alguna vez su empleo; ello brinda un panorama respecto a la situación del mercado de trabajo.<sup>7</sup> Hay que tener en cuenta, sin embargo, que no toda salida del empleo provoca inestabilidad, pues depende del mercado de trabajo (al que se hará referencia en el análisis): si está en constante crecimiento, es probable que existan mejores oportunidades, lo cual le permite al trabajador elegir o encontrar una mejor fuente de ingreso, no necesariamente dentro de la misma empresa en la que labora.

Por otra parte, la antigüedad laboral de un trabajador se asocia con cada una de las anteriores, ya que sin un contrato escrito o con uno temporal, ésta se ve afectada de manera inmediata, sobre todo si las entradas y salidas de la ocupación son un panorama recurrente en el mercado laboral que se analiza. Si al calcular la antigüedad se hace referencia al último empleo, se puede obtener un acercamiento de momento que permite encontrar evidencia de inestabilidad en fechas cercanas.<sup>8</sup>

Deben tenerse en cuenta, también, ciertos problemas respecto a los datos cuando se calcula la antigüedad en el empleo, como: la preferencia de dígitos<sup>9</sup> y la interpretación que la persona dé a la pregunta. Por otro lado, existe

<sup>7</sup> Otro aspecto importante es la posibilidad de obtener la duración media de los empleos y, con ello, observar con la temporalidad adecuada (quizá una década) si existe evidencia de inestabilidad al respecto durante el periodo de análisis, aunado también al cálculo de las tasas de permanencia. Cfr. Gottschalk y Moffit. "The Growth of Earnings Instability in the U. S. Labor Market", en: *Brookings Papers on Economic Activity*. Vol. 2, 1994, pp. 217-272, quienes utilizan las tasas de permanencia y movilidad ocupacional para las décadas de los 70 y 80 en Estados Unidos de América.

<sup>8</sup> Otro acercamiento interesante es el utilizado por Arranz y García-Serrano, quienes analizan la antigüedad media de los asalariados y, para resolver el hecho de que la media puede verse no afectada aun cuando haya variaciones en la distribución de las antigüedades, utilizan las proporciones de los trabajadores que tienen rangos de antigüedad inferiores a un año, menor a cinco años y mayor o igual a 10 años, ver Arranz, José y Carlos García-Serrano. "¿Qué ha sucedido con la estabilidad del empleo en España entre 1987 y 2003?", en: *Revista de Economía Aplicada*. Vol. XV, núm. 45. España, SEPARATA, 2007, pp. 65-98.

<sup>9</sup> Algunas personas prefieren los múltiplos de cinco, por ejemplo: si una persona tiene cuatro años y dos meses de antigüedad es probable que responda cinco años.

la posibilidad de que la persona no recuerde el dato exacto. Estos problemas se suavizan, según Arranz y García-Serrano, si se agregan las antigüedades en años.

## 2. Antecedentes para el caso de México

La noción de inestabilidad laboral no es nueva, pues se tiene conocimiento de que el concepto nació alrededor de 1930 en Inglaterra. Miguel Olivo concuerda con otros autores en que dicha noción tomó auge en un periodo reciente, a partir de la introducción de la flexibilización laboral y empresarial producida en respuesta a diferentes crisis económicas mundiales.<sup>10</sup>

Para profundizar en la noción de inestabilidad laboral, es necesario hacer referencia al concepto de precariedad (la cual hace referencia a algo inestable e inseguro) que surgió a finales de la década de los 80 entre las líneas de investigación del mercado laboral.

Según Brígida García<sup>11</sup>, la inestabilidad laboral va ganando terreno en los mercados laborales de todo el mundo y ha despertado el interés de diversos estudios, entre ellos los que tocan los temas de perspectivas de precariedad, trabajos atípicos, calidad del empleo, del trabajo decente o digno, flexibilidad, exclusión y vulnerabilidad, en los cuales se hace referencia al trabajo temporal o estacional y las transiciones de la ocupación a la desocupación.

En México, como ya se mencionó, pocos trabajos se han desarrollado en torno a la inestabilidad laboral; algunos de ellos se presentan a continuación: en primer lugar, Edith Pacheco y Susan Parker<sup>12</sup> estudiaron la dinámica del mercado de trabajo en 1987 y 1995 desde una perspectiva longitudinal. Esos dos años son importantes en particular pues remontarse a ellos es recordar

<sup>10</sup> Olivo, Miguel A. "Trabajo y familia: posiciones optimistas y pesimistas en torno a la inestabilidad laboral", en: *Estudios Sociológicos*. XXXIII, núm. 69. México, 2005.

<sup>11</sup> García Brígida. *Las carencias laborales en México: conceptos e indicadores*, pp. 28 y 29. No publicado.

<sup>12</sup> Ver Pacheco, Edith y Susan Parker. "Movilidad en el mercado de trabajo urbano: evidencias longitudinales para dos periodos de crisis en México", en: *Revista Mexicana de Sociología*. Vol. 63, núm. 2, abril-junio. México, Instituto de Investigaciones Sociales, 2001, pp. 3-26.

dos de las mayores crisis económicas en México. En ese contexto, las autoras analizan la extensión de las entradas y salidas del mercado laboral, para lo cual se considera un año y tres meses como periodo de análisis, en cada uno de los años mencionados. La fuente de información utilizada fue la Encuesta Nacional de Empleo Urbano (ENEU)<sup>13</sup>, con la cual construyeron dos paneles de datos que permiten analizar las entradas y salidas de los trabajadores.

Entre los principales resultados se tiene que la movilidad laboral observada fue mucho mayor en 1995 que en 1987. Por otra parte, refiriéndose en particular a las entradas y salidas, se registró que, en su mayoría, las salidas de la fuerza de trabajo no se asociaban al desempleo, ya que, para 1987, de las mujeres con un empleo y que salieron del mercado de trabajo, sólo 7.6% de ese movimiento fue debido al desempleo, frente a 25.4% de los hombres. En 1995, estos porcentajes fueron de 12.1% en el caso de las mujeres y 41.2% de los hombres. Una característica particular encontrada fue que mientras los individuos con mayor educación tenían una mayor probabilidad de estar desempleados en 1987, este hecho se revirtió para 1995.

Siguiendo un esquema semejante, Cruz Piñeiro<sup>14</sup> elaboró un análisis para la década de los 90; en él muestra un panorama alrededor de la situación de los mercados laborales de la frontera norte de México, teniendo como marco la apertura económica en la que nuestro país se inscribió como parte de la reestructuración de la estrategia de desarrollo en ese momento.

Cruz comenzó su trabajo con observaciones a nivel nacional, en las cuales menciona algunos de los cambios observados en los sectores de ocupación, por ejemplo: el manufacturero (donde se registró una menor capacidad respecto a la creación de empleos), el agrícola (en el cual se dio una baja continua de mano de obra) y el de servicios (cuya tendencia era de continuo crecimiento). Por otro lado, reporta que existe una mayor participación femenina dentro de la economía, pero también un crecimiento de la precariedad en el empleo.

<sup>13</sup> Se utilizaron del 2º trimestre de 1987 al 2º trimestre de 1998 y del 2º trimestre de 1995 al 2º trimestre de 1996.

<sup>14</sup> Cruz Piñeiro. *Op. cit.*

A nivel local, el autor realizó un análisis de la inestabilidad laboral entre ciudades de la frontera norte del país (Tijuana, Ciudad Juárez y Matamoros) y las de Puebla, Torreón, Tampico, Veracruz y San Luis Potosí (como ciudades no fronterizas) con la finalidad de buscar una comparación entre ambas regiones. Para ello, hizo un análisis de tipo longitudinal, usando como fuente de información la ENEU, con la cual formó dos paneles<sup>15</sup> que van de octubre-diciembre de 1994 a octubre-diciembre de 1995 el primero y el otro, de octubre-diciembre de 1997 a octubre-diciembre de 1998. Con base en lo anterior creó, analizando las entradas y salidas (condición de actividad), el indicador de estabilidad o inestabilidad: consideró como estables a los trabajadores que durante los cinco trimestres del panel se encontraban activos<sup>16</sup> e inestables a los que cambiaron su condición de actividad al menos una vez durante los cinco trimestres. Con la definición expuesta con anterioridad de inestabilidad, elaboró un análisis de tablas de movilidad para mostrar la movilidad sectorial.

Entre los principales resultados que se observan al respecto está la existencia de una elevada inestabilidad entre los trabajadores en ambas zonas; resalta el hecho de que para el primer panel cerca de 50% de los trabajadores en las ciudades no fronterizas fueron considerados inestables. Por otro lado, se ve también que la proporción de empleados inestables en las ciudades fronterizas se incrementó entre un panel y otro y que esta misma proporción se redujo en las ciudades no fronterizas. Asimismo, Cruz encontró un diferencial por sexo y menciona que es mayor la proporción de la fuerza de trabajo femenina inestable respecto a la masculina; además, halló diferencias entre sectores, pues los de mayor movilidad para el primer panel fueron el de la construcción y el de servicios personales (en ambas zonas); en el segundo panel, la situación fue similar.

Otra manera de ofrecer un acercamiento al tema (en este caso mediante la pérdida de empleo), la utiliza Junco<sup>17</sup>, quien analiza si existe una relación entre la presencia de los trabajadores en los regímenes institucionales del

<sup>15</sup> Se construyeron utilizando cinco trimestres de la base de datos para la formación de los bancos de datos.

<sup>16</sup> No necesariamente trabajando siempre en su mismo empleo.

<sup>17</sup> Junco, Juan Manuel P. *Trayectorias laborales discontinuas y rotación laboral en México: causas y consecuencias*. Tesis para optar al grado de maestro en Políticas Públicas Comparadas en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), México, 2007.

mercado laboral (de salud, entre otros) y su estabilidad en el empleo, así como las consecuencias que trae la falta de inscripción de los trabajadores en las instituciones laborales respecto a la permanencia en la empresa. Otros aspectos estudiados por este autor fueron: la eficiencia de los sistemas de pensiones y despido injustificado en términos de la protección al trabajador y la carencia de un seguro de desempleo.

Junco presenta distintos tipos de matrices de probabilidad, de los cuales el de mayor interés es el primer grupo de matrices de transición, que se refiere a las de probabilidad de pasar los asalariados de una condición de actividad del primer trimestre hacia otra (o la misma) para el segundo trimestre del 2005<sup>18</sup>, además de las características de los empleados que dejan de estar ocupados según condición de actividad y el impacto de la presencia de factores institucionales del mercado laboral sobre la salida del mercado, entre ellas el tener un contrato escrito.

De los principales resultados resalta el hecho de que, en el caso de los asalariados que se encontraban ocupados en el primer trimestre, 90.6% se mantenía en la misma condición en el momento posterior. Del resto, para el segundo trimestre, 2% se ubicaba como desocupados; 1.4%, disponibles para trabajar; y como no disponibles, 6.1 por ciento. De los desocupados, 57.8% eran mujeres, sobre todo jóvenes de 14 a 29 años de edad (43.9%); uno de cada dos estaba unido y 31.1% al menos tenía estudios de bachillerato.

Por otra parte, observó que había una relación directa y negativa entre el factor institucional de inscripción a los regímenes de salud con independencia de la condición de asalariado y la probabilidad de perder el empleo. También, encontró un bajo porcentaje de trabajadores del sector informal con prestaciones laborales.

Claudio Vargas<sup>19</sup> analizó la magnitud de la pérdida de empleo en las trayectorias laborales de la población. Para lograrlo, sacó provecho de la ENOE

<sup>18</sup> El cálculo de probabilidades abarca a los que terminan en el primer trimestre del 2006. Estas matrices de transición se interpretan como la probabilidad de transitar de una característica hacia otra.

<sup>19</sup> Vargas, Claudio H. "El fantasma de la desocupación. La pérdida del trabajo como un evento recurrente en los antecedentes laborales en México", en: *Boletín de los Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica*. Vol. 3, núm. 1, enero-abril. México, INEGI, 2007.

como herramienta principal, de la cual utilizó la batería IX del cuestionario de ocupación y empleo, que es uno de los apartados novedosos que presentó la Encuesta a partir del 2005, que da cuenta de los antecedentes laborales de la población. En esta sección es posible identificar (en una etapa previa a la entrevista) si la población en estudio pasó por un evento de abandono, pérdida de empleo o negocio, así como las circunstancias bajo las que ocurrió. Con ello, el autor analiza y evalúa las trayectorias laborales de los trabajadores, siendo independiente si al momento de la entrevista tenía o no un trabajo.

En el documento menciona que la pérdida de empleo, en especial por la separación voluntaria o el abandono, está adquiriendo prevalencia en los antecedentes laborales de la población trabajadora, acentuándose la movilidad laboral en los últimos años, a partir de la década de los 90, pues se observa que en las salidas de la ocupación, siete de cada 10 se presentan como abandono de empleo; 23%, como pérdida y 7.4%, como abandono o pérdida del negocio.

Halló que a una mayor urbanización se da un mayor número de eventos de pérdida de empleo, pues 58.3% de éstos tuvo lugar en zonas urbanas. Es importante resaltar que la mayoría de los sucesos involucró en especial a los asalariados, cuyo porcentaje de pérdida de empleo se observó en 66 por ciento.

Por otro lado, menciona que en la mayoría (o al menos una buena parte) de pérdidas hubo una transición de la población económicamente activa (PEA) hacia la no económicamente activa (PNEA) intermediada por la desocupación y encontró, además, que las mujeres tenían una recurrencia más alta en cuanto al abandono voluntario de empleo, pero los hombres presentaron una mayor proporción en la pérdida de trabajo.

Además, se registró que las personas con menos ingresos fueron las más expuestas a la pérdida de empleo, y que los trabajadores con un nivel de primaria completa o incompleta están más expuestos a este riesgo. Por el lado de sectores, fue en el terciario donde existió una mayor permeabilidad en la generación de eventos de pérdida de trabajo.

### 3. Inestabilidad laboral de los trabajadores asalariados

“El recuerdo de Arquímedes persistirá cuando Esquilo esté ya olvidado, porque las lenguas mueren y los conceptos matemáticos no. Inmortalidad es tal vez un término estúpido, pero quizá un matemático posea las mayores probabilidades de alcanzarla, sea cual sea su significado.”

G. H. Hardy.

Las diversas técnicas para tratar el tema básicamente se pueden agrupar en dos tipos: el primero, longitudinal, como en el caso de Edith Pacheco y Susan Parker<sup>20</sup> y el segundo, transversal, como lo presentado por Claudio Vargas.<sup>21</sup> El presente artículo utiliza uno transversal, pero diferente al mencionado, con base en que se analizan de manera conjunta diferentes aspectos sociodemográficos y laborales del trabajador; además, se exploran diversas medidas con respecto a la inestabilidad; la finalidad es observar la posible asociación que se tiene en cuanto a la estabilidad ocupacional con la presencia de ciertas características del trabajador y el ámbito laboral.

Los diferentes aspectos a considerar son el tipo de contrato, la antigüedad laboral y la salida del empleo utilizando la información de la ENOE, que ofrece diferentes posibilidades de acercamiento a la inestabilidad laboral y hasta el momento ha sido muy poco explorada en esta dirección.

La revisión de los documentos presentados sugiere que la presencia de estos factores alrededor de la situación laboral puede ser determinante respecto a la inestabilidad. Entre los aspectos que es posible identificar están el ámbito urbano (ciudad de residencia), el sexo del trabajador, la edad, la educación y los sectores de actividad, variables que se explicarán más adelante.

Para demostrar el efecto de los factores mencionados, se ha elaborado un análisis de tipo multidimensional, que permitirá evaluar cuánto afecta en el modelo cada una de las variables y corroborar qué características de los trabajadores posiblemente afectan su situación laboral. Cabe agregar

<sup>20</sup> Pacheco, Edith y Susan Parker. *Op. cit.*

<sup>21</sup> Vargas, Claudio H. *Op. cit.*

que, aunado a estos factores, se encontró interesante agregar el estado civil, es decir, si el estar casado o soltero tiene implicaciones para conseguir un empleo con contrato por escrito o salir del mismo y el tener una menor antigüedad laboral.

La importancia de utilizar la ENOE<sup>22</sup> como fuente de información radica en el hecho de que diferentes actividades económicas no registradas son captadas por este instrumento y resultan importantes a la hora de evaluar la situación ocupacional.<sup>23</sup>

Al respecto, la ENOE presenta diversas posibilidades para medir la inestabilidad laboral. La pregunta  $3j^{24}$  (contenida en la batería III. CONTEXTO LABORAL) permite un acercamiento inmediato a los trabajadores que tienen o no contrato por escrito. Por otro lado, la  $3r^{25}$  ofrece un acercamiento a la antigüedad en la ocupación que, al combinarla con las  $3s$  y  $3t^{26}$ , dan una idea refinada de la antigüedad que tiene el trabajador en el empleo.

Del cuestionario de aplicación se puede observar que la pregunta  $9^{27}$  permite conocer los eventos de salida de la ocupación para los asalariados que alguna vez perdieron su ocupación o empleo. Haciendo uso de la información captada con los incisos *a*, *b*, *c*, *d* de dicha pregunta, se puede conocer la situación de la salida del empleo y se observa el motivo principal que orilló a dicha salida, sea por parte del empleador o la fuente de trabajo o por el lado del empleado. Éste es uno de los apartados novedosos e importantes de la ENOE que aún no ha sido suficientemente explorado.

<sup>22</sup> Recaba información sobre la base de una selección de viviendas, a lo largo y ancho del territorio nacional. Es una encuesta continua pues se lleva a cabo durante todas las semanas del año. Registra, al segundo trimestre del 2006, un total de 27 592 042 trabajadores asalariados, de los cuales 63% son hombres y 37%, mujeres; en conjunto, representan 65.4% del total de trabajadores y empleadores.

<sup>23</sup> En este caso, a diferencia de otras fuentes como un censo de población y vivienda (que presenta información sobre la población total, pero las preguntas son muy sencillas), la ENOE permite obtener una visión más refinada del fenómeno captado.

<sup>24</sup> ¿En su empleo... cuenta con un contrato por escrito?

<sup>25</sup> Se refiere al año en que ingresó al empleo actual.

<sup>26</sup> Ayudan a averiguar si el empleado dejó de trabajar algún tiempo en ese empleo y regresó.

<sup>27</sup> Ubicada en la batería IX. ANTECEDENTES LABORALES de la ENOE:

¿Alguna vez... se quedó sin trabajo o negocio y tuvo que buscar otro?

9a. La última vez que... se quedó sin trabajo, ¿cuál era la situación?

9b. En esa ocasión,...

9c. ¿Cuál fue el motivo principal?

9d. ¿Cuál fue el motivo principal para separarse de ese trabajo?

En lo referente a la herramienta estadística, se utilizó un modelo logístico, el cual permite observar los efectos que se tienen sobre la variable dependiente por parte de cada una de las independientes, controlando el efecto de las demás. Este modelo ha sido utilizado de forma amplia en diferentes estudios, dada su eficacia y sencillez. La ecuación matemática que lo describe es:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta X + U$$

donde  $X$  es el vector de probabilidades,  $p$  es la probabilidad y  $U$  es el vector de error. A partir de esta ecuación, se estiman los parámetros para  $\beta$  y  $U$ , pues en estos modelos de regresión los coeficientes  $\beta$  proporcionan información importante acerca de la relación entre las variables explicativas y la variable respuesta; sus parámetros se obtienen a partir de la información contenida en la fuente de datos comentada. Ya que el modelo precisa que las variables a utilizar deben ser independientes entre sí, se verifica la independencia, haciendo uso de la matriz de correlaciones y el análisis factorial, obteniendo una baja correlación y dando como resultado independencia entre cada par de variables.<sup>28</sup>

Otra de las razones por las que se utilizó este modelo fue debido a que cada una de las variables dependientes en el análisis es dicotómica y esta técnica permite el uso de este tipo de datos, brindando una buena aproximación y una sencilla interpretación de los resultados.<sup>29</sup>

Por el lado de las diferentes características que se incluyen en el análisis y su importancia en lo que se refiere a determinar el efecto del ámbito urbano, se han elegido tres de las ciudades de la República Mexicana consideradas como principales<sup>30</sup>, debido a su densidad de población y concentración de la PEA; según cálculos propios con base en la ENOE 2006, la ciudad de México concentraba 20.58% de ella, Guadalajara tenía 4.28% y la Zona

<sup>28</sup> Muños, José A. *Un acercamiento a la inestabilidad laboral de los trabajadores asalariados. Estimación a partir del segundo trimestre de la ENOE, 2006*. Tesis para obtener el grado de maestro en Demografía. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales. México, El Colegio de México, 2008.

<sup>29</sup> Abaira, Víctor y Alberto Pérez de Vargas. *Métodos multivariantes en Bioestadística*. Madrid, Centro de Estudios Ramón Areces, 1996.

<sup>30</sup> [www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/aPropositom.asp?s=inegi&c=2609&ep=4](http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/aPropositom.asp?s=inegi&c=2609&ep=4)

Metropolitana de Monterrey, 4.26 por ciento. Al respecto, es de esperarse que la ciudad de México se vea más afectada en cuanto a la inestabilidad laboral, ya que la concentración de la PEA es mayor y existe la posibilidad de que, ante esta gran cantidad de mano de obra, los empleadores tiendan a ofrecer menos beneficios a los trabajadores, como: un contrato no escrito o ausencia de prestaciones, aunado al hecho (que ha sido demostrado por autores como Brígida García<sup>31</sup>) que la precariedad en la ciudad de México es elevada; Monterrey es la mejor situada en este sentido y Guadalajara mantiene una posición intermedia.

En lo referente al sexo del trabajador<sup>32</sup>, se observa en un trabajo anterior que el porcentaje de varones que no tenía un contrato por escrito era de 51.4%; entre mujeres, la cantidad fue cercana, pues llegó a 46.1 por ciento. Aunado a ello, entre los hombres, una tercera parte tenía una antigüedad menor a un año y para las mujeres fue de 34.7%, habiendo declarado 30% de los hombres y 20% de las mujeres haber sufrido un evento de pérdida de empleo o negocio alguna vez en su trayectoria laboral.<sup>33</sup> Este panorama indica que entre los hombres hay una mayor inestabilidad laboral, es decir, el hecho de tener un porcentaje similar de antigüedad (comparado con el presentado entre las mujeres), aunado a que entre éstos existe una mayor contratación de tipo no escrito y una mayor salida de la ocupación, tiene una posible repercusión en su situación laboral, dado que la mayoría permanece en el mercado de trabajo a lo largo de su vida.

Otro elemento importante es la edad, en particular si se está tratando de entrar al mercado laboral, pues el no contar con experiencia es, probablemente, un factor importante que incide en el tipo de contratación. De los trabajadores cuyas edades se situaban entre los 14 y 20 años, 75.1% se encontraba laborando sin un contrato escrito y 68%, con una antigüedad menor a un año; en el rango de 21 a 30 años, los porcentajes fueron de 48.7 y 41.8%, en ese mismo orden; para las edades de 31 a 40 años, 43.13% no tenía contrato y 26.8% presentaba una antigüedad menor a un año. Lo anterior sugiere que,

<sup>31</sup> García, Brígida. *Las carencias...*, *op. cit.*

<sup>32</sup> Véase Muños. *Op. cit.*

<sup>33</sup> *Ídem.*

tal vez a edades jóvenes, la situación al respecto de la inestabilidad laboral es mayor y son los empleados con menor edad los más afectados.

Por otra parte, es posible que el estado civil esté asociado con la situación laboral del trabajador y que la condición de estar en situación de unión sea un factor positivo para contar con un mejor empleo. Entre los resultados se registró que de los empleados solteros, 55.34% no tenía un contrato por escrito, 46.11% manifestó una antigüedad menor a un año y 75.06% había salido alguna vez de su empleo. En cambio, las cifras entre los trabajadores unidos sin contrato escrito fueron 45.63, 27.66 y 32.86%, respectivamente. Al respecto, los porcentajes para los empleados en situación de separación, en el mismo orden, eran 51.51, 27.49 y 30.54 por ciento.

Analizando lo observado, podría dar la idea de que el estar unido influye en una mejor situación respecto a la inestabilidad laboral, pues se tienen mejores porcentajes en lo referente a los tres elementos analizados.

Sin duda, el nivel de instrucción es relevante respecto a la situación laboral de los trabajadores asalariados y ésta es una de las características que se espera que mayor efecto tenga en lo que a la inestabilidad laboral se refiere. El hecho de no contar con la primaria completa o tener sólo ese nivel, reduce en gran parte el panorama laboral de los trabajadores en la República Mexicana pues, en la mayoría de las empresas, la norma contractual es contar con secundaria terminada para lograr acceder a la categoría de obrero.

Los datos son relevantes respecto a esta situación, pues entre los asalariados que no contaban con primaria, 86.8% no tenía contrato escrito, 32.98% presentaba una antigüedad de hasta un año en el último empleo y 28.83% había perdido alguna vez su empleo en su trayectoria laboral. Entre los empleados que tenían la primaria concluida, las cifras fueron 72.6, 37.05 y 31.3%, respectivamente; en cambio, los porcentajes para los que presentaban el nivel de educación secundaria completa fueron 54.8, 39.86 y 31.53%, en ese mismo orden. Por último, para los trabajadores con una escolaridad de preparatoria y más las cantidades eran 27.7, 28.58 y 28.03 por ciento.

Como se observa, los datos más claros son en lo que respecta a contratos, pues existe una elevada proporción de trabajadores sin contrato escrito a menores niveles de escolaridad, esto lleva a pensar que, a menor escolaridad, mayores posibilidades de inestabilidad laboral (ver cuadro 1).

Cuadro 1

**Porcentaje de trabajadores sin contrato escrito, antigüedad laboral menor a un año y que alguna vez perdió su empleo en la República Mexicana, 2006**

Condición	Sin contrato escrito	Antigüedad menor a un año	Pérdida del empleo
<b>Sexo</b>			
Hombre	51.4	33.8	30.0
Mujer	46.1	34.7	20.0
<b>Edad</b>			
14 a 20	75.0	68.0	—
21 a 30	48.7	41.8	—
31 a 40	43.1	26.8	—
<b>Estado civil</b>			
Soltero	55.3	46.1	75.1
Unido	45.6	27.7	32.9
Separado	51.5	27.5	30.5
<b>Escolaridad</b>			
Sin primaria	86.8	33.0	28.8
Primaria	72.6	37.1	31.3
Secundaria	54.8	39.9	31.5
Preparatoria y más	27.7	28.6	28.0
<b>Sectores de ocupación</b>			
Primario	6.7	39.1	19.3
Secundario	53.1	39.2	29.5
Terciario	55.0	31.2	27.6

Nota: las medidas se refieren a porcentajes dentro del grupo al que se hace referencia.

Fuente: elaboración propia con base en la ENOE 2006.

Aun cuando no se debe adelantar e inferir a partir de los resultados anteriores más allá de las relaciones entre pares de variables, es interesante observar que los trabajadores sin nivel de instrucción son los que más alto porcentaje presentan respecto al tipo de contrato; sin embargo, en los demás, se observa que los resultados son menores. Esto puede indicar que los trabajadores con mayor nivel de instrucción tienen mayores oportunidades de cambiar de trabajo en busca de mejorar las condiciones laborales, como puede ser el salario.

En cuanto a los sectores de ocupación, a continuación se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los apartados abordados: en el primario, 6.7% declaró tener contrato no escrito; 39.11%, contar con una antigüedad de hasta un año en su actual empleo y 19.3%, haber perdido el empleo en algún momento; dentro del secundario se tenía 53.1, 39.24 y 29.5%, respectivamente; en el sector terciario, estos porcentajes eran de 55, 31.15 y 27.6%, en ese mismo orden. En este caso, se esperaría que el tener la fuente de empleo situada dentro del sector primario influyera en la presencia de la inestabilidad laboral.

El panorama anterior brinda un acercamiento al tipo de contrato, la antigüedad laboral y las salidas del empleo respecto a las variables principales (sexo, edad, estado civil, educación y sector de actividad económica). Sin embargo, con este tipo de análisis no se puede ir más allá de observar la relación que se tiene con cada una de las variables mencionadas. Por tal motivo, para obtener una aproximación al efecto que tienen los factores mencionados de manera conjunta, se utilizó un modelo logístico que, como ya se mencionó, permite incluir variables dependientes de tipo dicotómico y medir el efecto de una variable, teniendo en cuenta, también, el efecto de las demás variables incluidas en el modelo (para resultados, ver cuadro 2).

### 3.1 Tipo de contrato

Respecto a los resultados del primer modelo, se observa que todas las variables resultaron significativas; en este caso, la utilizada como dependiente es el contrato no escrito en comparación con el escrito. Con base en esto, el modelo proporciona resultados que se analizan teniendo en cuenta dicha categoría para observar el efecto de las variables seleccionadas.

En primer lugar, en lo que respecta a las ciudades, los coeficientes son negativos. Comparados con los trabajadores residentes en la ciudad de México (categoría de comparación), los de Guadalajara y Monterrey tienen menos probabilidades de estar en una situación de inestabilidad:  $1 - 0.827 = 0.173$  para la primera y  $1 - 0.590 = 0.41$  para la segunda.

Cuadro 2

**Resumen de los modelos aplicados al tipo de contrato, la antigüedad laboral y la salida del empleo, utilizando como variables independientes el ámbito urbano (representado por las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey), sexo del trabajador, estado civil, edad, escolaridad y sectores de actividad económica**

Variables	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3		
	Tipo de contrato			Antigüedad laboral			Salida del empleo		
	B	Sig.	Exp (B)	B	Sig.	Exp (B)	B	Sig.	Exp (B)
<b>Ciudades</b>									
México	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Guadalajara	-0.191	0.000	0.827	-0.028	0.026	0.972	-0.720	0.000	0.487
Monterrey	-0.527	0.000	0.590	0.168	0.000	1.183	-0.078	0.000	0.925
<b>Sexo</b>									
Hombre	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Mujer	-0.035	0.000	0.966	0.122	0.000	1.130	-0.472	0.000	0.624
<b>Edo. civil</b>									
Unido	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Separado	0.226	0.000	1.253	0.106	0.000	1.112	0.096	0.000	1.101
Soltero	0.225	0.000	1.253	0.103	0.000	1.108	-0.156	0.000	0.856
<b>Edad</b>									
14 a 20	0.936	0.000	2.550	0.997	0.000	2.710	-0.646	0.000	0.524
21 a 30	...	...	...	...	...	...	...	...	...
31 a 40	-0.328	0.000	0.720	-0.673	0.000	0.510	0.039	0.000	1.040
40 y +	-0.608	0.000	0.544	-1.177	0.000	0.308	-0.103	0.000	0.902
<b>Escolaridad</b>									
Sin primaria	0.864	0.000	2.372	0.112	0.000	1.118	-0.100	0.000	0.905
Primaria	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Secundaria	-0.947	0.000	0.388	-0.250	0.000	0.779	0.029	0.000	1.029
Prep. y +	-1.998	0.000	0.136	-0.521	0.000	0.594	-0.157	0.000	0.855
<b>Sectores</b>									
Primario	2.396	0.000	10.978	-0.069	0.000	0.933	-0.380	0.000	0.684
Secundario	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Terciario	0.366	0.000	1.442	-0.197	0.000	0.821	-0.037	0.000	0.964
Constante	0.800	...	2.226	0.006	...	1.006	-0.409	...	0.664

La primera columna del cuadro muestra las variables independientes utilizadas en cada uno de los modelos.

De la segunda columna a la cuarta, la tabla muestra los resultados obtenidos del primer modelo, donde la variable dependiente es el tipo de contrato (no escrito en comparación con el escrito).

De la quinta a la séptima se muestran los resultados para el segundo modelo, en el cual la variable dependiente es la antigüedad laboral en el último empleo (antigüedad menor a un año en comparación con las demás antigüedades).

A partir de la octava columna se presentan los resultados del tercer modelo, donde la variable dependiente es la salida del empleo (si alguna vez salió de su empleo en comparación con los que no).

Nota: se utilizó el paquete de cómputo SPSS.

Resumen del Modelo 1: Cox & Snell R Square 0.231, Nagelkerke R Square 0.308; Modelo 2: Cox & Snell R Square 0.114, Nagelkerke R Square 0.158; Modelo 3: Cox & Snell R Square 0.027, Nagelkerke R Square 0.039.

Fuente: cálculos propios con base en la ENOE 2006.

Por el lado de la variable sexo, se observa que, en comparación con los hombres, las mujeres están 3.5% menos expuestas a tener en su empleo un contrato no escrito, resultado interesante, pues los varones siguen siendo considerados el principal proveedor del hogar<sup>34</sup> y esto implica que son ellos los que, probablemente, se encuentran en una situación de mayor inseguridad alrededor del contrato.

Respecto al estado civil de las personas, donde la categoría de comparación es los trabajadores unidos, se ve que los coeficientes son positivos, lo cual se traduce como que el hecho de ser separado o soltero incrementa o tiene una mayor propensión hacia el factor de riesgo que es tener un contrato de tipo no escrito. Se observa que la tendencia a no tener un contrato escrito para los solteros y separados aumenta 25% respecto a los trabajadores asalariados en situación de unión. Una posible explicación de este hecho es que, al estar unidos, se piensa que estas personas son más estables y, por lo tanto, se les contrata. Es importante recordar aquí que esto se da teniendo en cuenta el efecto de todas las demás variables.

En cuanto a los rangos de edad, la categoría de comparación es el de 21 a 30 años. Se observa que en el intervalo que integran los trabajadores cuyas edades oscilan entre los 14 y 20 años, la propensión a no tener un contrato escrito se incrementa 1.5 veces respecto a la categoría de referencia. Sin embargo, los empleados que se localizan entre los 31 y 40 años, así como los de 40 y más, se comportan en sentido contrario ( $1 - 0.720 = 0.28$  y  $1 - 0.544 = 0.456$ , respectivamente). Con esto, posiblemente, los trabajadores de edades menores a los 20 años son los que más probabilidades tienen de ser afectados por la inestabilidad laboral.

El modelo afirma, en cuanto a la educación del trabajador, que las personas que no han concluido la primaria presentan un factor de riesgo para tener un contrato no escrito que se incrementa 1.3 veces en comparación con

<sup>34</sup> Esta situación, sin embargo, se muestra en constante cambio, como lo han demostrado diversas investigaciones al respecto. Caso concreto el de García, Brígida. "Reestructuración económica y feminización del mercado de trabajo en México", en: *Papeles de Población*. Núm. 27, enero-marzo. Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 2001, pp. 45-61, donde muestra que el mercado de trabajo está en constante proceso de feminización en algunas áreas concretas, aunque en condiciones vulnerables.

los que tienen la primaria concluida. En cambio, los que terminaron la secundaria cuentan con una mayor ventaja respecto a los que concluyeron la primaria; se observa que ellos tienen 0.612 veces menores posibilidades de tener un contrato de tipo no escrito ( $1 - 0.388$ ). La probabilidad de menor riesgo aumenta para los trabajadores que cuentan, al menos, con la preparatoria concluida en 0.864 ( $1 - 0.136$ ); visto desde otra perspectiva, esto indica que, a mayor educación, se tiene más oportunidad de tener un contrato por escrito en el empleo y, en cuanto a los empleados con menor educación, es más probable el panorama de inestabilidad laboral.

Por último, en el modelo se observa que entre sectores de actividad existen mayores posibilidades de no tener un contrato escrito para los trabajadores en los sectores primario y terciario, en comparación con el secundario; es decir, dentro de la manufactura y construcción se tiene un mejor panorama de contratación. Cabe resaltar que el modelo indica una fuerte presencia del factor de riesgo para el sector primario, pues se tienen 9.978 veces mayores posibilidades de no tener un contrato por escrito en este sector, respecto al secundario; esto puede traducirse como la posibilidad de una fuerte tendencia de no contratación por escrito para las personas que consiguen emplearse en el sector primario.

Ya que el interés principal del presente artículo es realizar una aproximación a la inestabilidad laboral, se puede decir, respecto a los resultados del modelo y tomando en cuenta que el primer indicador de dicho fenómeno se da en no tener un contrato por escrito, que el escenario de mayor inestabilidad para el trabajador asalariado se presenta con el hecho de ser una persona separada o soltera, tener entre 14 y 20 años de edad, sin primaria terminada y estar laborando en el sector de ocupación primario y, en menor medida, el terciario.

### 3.2 Antigüedad en el último empleo

El segundo modelo utiliza como variable dependiente la antigüedad laboral del asalariado en el último empleo. Para tal situación, tomando en cuenta los documentos analizados y la experiencia previa, se considera que un rango de

tiempo conveniente para hablar de una situación de inestabilidad sea una antigüedad menor o igual a un año en el último empleo.

De los resultados mostrados en el cuadro 2, en primer lugar se observa que la variable establecida para la ciudad de Guadalajara, conforme al nivel de significación de 0.05, no ha resultado significativa, lo cual quiere decir que el modelo no da información sobre la posible influencia de la antigüedad del trabajador que tendría el hecho de laborar en la ciudad de Guadalajara respecto a la ciudad de México (teniendo en cuenta todas las demás variables). En cambio, para Monterrey se tiene un coeficiente positivo, donde si se observa el valor exponencial de beta igual a 1.183, se deduce que se tiene una mayor probabilidad de tener una antigüedad de hasta un año en el empleo, en comparación con la ciudad de México. Esto es, la propensión con base en tener una antigüedad menor a un año se incrementa 18.3% en aquella ciudad.

Respecto al sexo del trabajador, los resultados del modelo muestran que las mujeres son más propensas a una baja antigüedad en el último empleo respecto a los varones, pues la probabilidad de que las mujeres tengan una antigüedad laboral de hasta un año, en comparación con los hombres, se incrementa 13%; este hecho, quizá, pueda estar asociado al nacimiento de los hijos o a que las mujeres se emplean por tiempo determinado con la finalidad de ayudar en el ingreso del hogar en periodos de desempleo por parte del cónyuge o familiar.

En el modelo anterior, la variable estado conyugal jugó un papel determinante respecto a la situación contractual de los trabajadores, ya que ésta influía en la contratación o no. Los resultados se observan en la misma dirección pues, en comparación con los trabajadores unidos, los que presentan una situación de separación tienen una mayor posibilidad de tener una antigüedad de hasta un año, incluso que los solteros, es decir, los empleados unidos tienden a conservar más su empleo. Así, el valor del coeficiente observado es positivo y la exponencial de beta tiene un valor para los trabajadores en situación de separación de 1.112 y para los solteros de 1.108, es decir, en ambos casos se tiene una mayor probabilidad de contar con una escasa antigüedad laboral en comparación con los unidos, situación que se observa en mayor medida para los trabajadores separados.

Respecto a la edad de los trabajadores asalariados, se observa que los resultados van en el mismo sentido que el modelo anterior y afectan a los empleados más jóvenes, pues los que se encuentran entre 14 y 20 años presentan 1.7 veces mayores posibilidades de tener una antigüedad de hasta un año respecto a los de entre 21 y 30 años. Sin embargo, estos últimos tienen una mayor probabilidad de escasa antigüedad en el anterior empleo respecto a los que se encuentran en el rango de 31 a 40 en 0.5 veces. El resultado es similar al compararlo con el de los trabajadores que se encuentran en la categoría 41 y más, aunque en menor medida. El efecto observado da un panorama similar al de una curva que asciende en las primeras edades, alcanza un nivel alto en las centrales y cae para las mayores.

En cuanto a la educación, el panorama se presenta en la misma dirección al modelo de contrato, pues se tiene que, en comparación con los que cuentan con primaria terminada, los trabajadores que no la terminaron tienen una mayor propensión a la rotación laboral, lo cual puede deberse a diferentes razones. En cambio, para los que concluyeron la secundaria y la preparatoria, la situación es la contraria: los coeficientes estimados para la exponencial de beta dan 0.779 y 0.594, en comparación con los que tienen primaria terminada.

Por último, para los sectores de actividad, contrario a lo observado en el modelo referente a contrato, se ve un menor riesgo relativo de inestabilidad laboral entre los sectores primario y terciario respecto al secundario; o lo que es lo mismo, si se observan los coeficientes beta, se puede decir que en el sector primario la probabilidad para los trabajadores de tener una antigüedad mayor a un año se incrementa 6.7%, al compararlos con los que se encuentran con un empleo en el secundario. En cuanto a los que tienen un empleo en el terciario, el incremento es mayor (17.9%). Este resultado sorprende, pues indica que el sector secundario presenta una mayor rotación laboral de los asalariados donde, como se había observado en el modelo anterior, se daba un mejor panorama de contratación.

Al observar el efecto conjunto de las variables incluidas dentro del modelo de análisis, se puede apreciar que, en referencia con tener una antigüedad menor a un año, el factor de riesgo mayor se da entre los asalariados que laboran en la ciudad de Monterrey, de sexo femenino y en condición de se-

paración. Esto afecta en mayor medida a los trabajadores más jóvenes, con un rango de edad entre 14 y 20 años, seguidos por los de 21 a 30 años, afectando también a los empleados con menos instrucción educativa (sin primaria concluida) y que laboran en el sector secundario.

Cabe resaltar que el ajuste del modelo no es tan bueno como en el caso del contrato por escrito, lo cual probablemente es debido a que no se han tomado en consideración variables que darían un mejor ajuste del mismo, pero que no se cuenta con ellas en la encuesta.

### 3.3 Salida del empleo

El tercer y último modelo utiliza como variable dependiente la salida de la ocupación de los trabajadores asalariados. Ya que la pregunta contenida en la fuente de información se refiere a si el trabajador ha perdido su empleo alguna vez en su trayectoria laboral, el punto de interés es el caso afirmativo, pues ello permite vincular el hecho de haber presentado, al menos, una salida del empleo con las variables seleccionadas.

En los resultados se presenta que todas las variables resultan significativas. En el caso de Guadalajara se obtiene que las salidas de la ocupación se dan 52.7% menos que en la ciudad de México; en cuanto a Monterrey, el porcentaje de salidas sólo es menor 5.3% con respecto a la categoría de referencia. Por lo tanto, es posible que en las ciudades de Guadalajara y Monterrey se tengan menores posibilidades de salir del empleo en comparación con la ciudad de México.

En la cuestión del sexo del trabajador, son las mujeres las que presentan un mejor panorama, situación igual que la contratación, pero diferente a la antigüedad, lo cual ofrece una situación bastante heterogénea y que indica la posibilidad de seguir profundizando en él pues, en comparación con los hombres, ellas conservan su empleo 0.376 veces más, lo que significa la posibilidad de una menor rotación laboral. Este resultado indica una mayor inestabilidad en el caso de los hombres, ya que tener mayor probabilidad de perder el empleo significa, en buena medida, una situación de inseguridad

en el trabajo, es decir, no se cuenta con la certeza de permanecer en su fuente de ingresos, aunque también puede darse el caso de que ellos abandonen el empleo en mayor medida en la búsqueda de mejores alternativas laborales.

Respecto al estado conyugal, se observa que los trabajadores en situación de separación salen de su empleo 0.101 veces más que los unidos; en cambio, los solteros no son factor de riesgo, pues conservan su empleo 0.144 veces más ( $1 - 0.856$ ) en comparación con los trabajadores que se encuentran en situación de unión; es decir, son los solteros los que tienden a conservar en mayor medida el empleo o, tal vez, se cambien menos porque sus necesidades familiares no son tan apremiantes.

En el caso de la edad, quienes están en el rango de 14 a 20 (que son los más jóvenes en cuanto al análisis) conservan en mayor medida su empleo en comparación con los empleados que se encuentran dentro del rango 21 a 30. Hecho interesante ya que, como se observó en los dos modelos anteriores, los más jóvenes presentaban una mayor propensión a la inestabilidad, situación que, quizá, pueda deberse a una menor tendencia al riesgo de perder el empleo, pues no se debe olvidar que el hecho observado es el abandono o pérdida de empleo alguna vez en su trayectoria laboral y, en este caso, son los de menor edad y, por ende, poca trayectoria. Los que presentan una situación de riesgo relativo al respecto son los trabajadores de edad entre 31 y 40 años, quienes han perdido o abandonado el empleo 0.40 veces más que los de la categoría anterior. En el caso de los empleados con una edad mayor a 40 años, pierden o abandonan el empleo 0.098 veces menos ( $1 - 0.902$ ) en comparación con los de 21 a 30, dando como resultado que la situación de inestabilidad se observe en las edades centrales de nuestro análisis, aunque es posible que encubra una mayor experiencia laboral de los individuos en este rango, comparada con la de los empleados jóvenes, como se había mencionado.

En cuanto a la variable educación, los trabajadores asalariados que no han concluido la instrucción primaria no presentan factor de riesgo, pues se observa que pierden el trabajo 0.095 veces menos ( $1 - 0.905$ ) que quienes han concluido la primaria. Este resultado, contrario a lo que se venía observando, sorprende pues son quienes se veían afectados en su mayoría en

lo que respecta al tipo de contrato y la antigüedad en el empleo. Una posible explicación a este hecho quizá sea la falta de contratación, pues indicaría que el empleo al cual se hace referencia se puede regresar en el momento que ellos lo decidan sin necesidad de seguir un proceso de contratación influenciando, así, la situación que presentan en este indicador. En cambio, para los que terminaron la secundaria, la exponencial de beta es de 1.029, lo cual se traduce en que pierden o abandonan el empleo 30% más en comparación con los que tienen primaria concluida. Quienes presentan una mejor posición son los empleados que han finalizado la instrucción preparatoria o más, ya que el riesgo relativo de perder el empleo es 0.145 veces menor ( $1 - 0.855$ ) en comparación con los trabajadores que sólo tienen primaria terminada (no olvidar que la pregunta hace referencia a la situación de abandono o pérdida de empleo); de esta manera, los resultados pueden estar influenciados por el tipo de trabajo al que se tiene acceso, es decir, en el caso de los trabajadores con sólo el nivel de instrucción primaria, quizá los empleos a los que se puede acceder no son lo suficientemente remunerados y, por lo tanto, surge una situación de abandono lo cual eleva las probabilidades observadas de inestabilidad laboral en lo que respecta a estos trabajadores.

Por último, la variable referente al sector primario tiene un coeficiente negativo, lo cual indica que los empleados en este sector tienen 38% menor propensión a perder o abandonar su empleo; también, se observa que los trabajadores dentro del sector terciario tienen menores posibilidades de una pérdida o abandono de empleo en comparación con los que se encuentran dentro del secundario.

En general, al controlar los efectos de las variables incluidas en el modelo, los trabajadores de la ciudad de México tienen mayores posibilidades de perder o abandonar el empleo, los hombres respecto a las mujeres y aquéllos en situación de separación, con edades entre 31 y 40 años, con secundaria terminada y que laboran en el sector secundario.

Este modelo tampoco resulta ser de mejor ajuste que el anterior, sin embargo, no se han podido incluir variables que permitan lograr un mejor ajuste, ya que se hace referencia a una pregunta donde la temporalidad del evento puede influir en una respuesta equivocada, por ejemplo, por el factor memoria.

## 4. Conclusiones

El objetivo del artículo es identificar factores o diferentes características que aumentan la posibilidad de inestabilidad laboral de los trabajadores asalariados en la República Mexicana. Se partió de agrupar los diferentes acercamientos encontrados en la revisión de trabajos en tres principales temas: tipo de contrato, antigüedad laboral y salida del empleo.

Los resultados en cuestión del sexo de los trabajadores indican que en dos de los tres modelos presentados, ser hombre aumenta la probabilidad de no tener un contrato por escrito y la salida del empleo. Por otro lado, ser mujer influye en la baja antigüedad. Así, en conjunto, los hombres son probablemente los más afectados en torno a la inestabilidad laboral de los asalariados. Este hecho es importante, ya que en México son, sobre todo, los varones los que pasan la mayor parte de su vida laboral activa dentro del mercado de trabajo, lo cual, al tener presente una mayor inestabilidad, afecta su trayectoria y puede influir en diferentes situaciones, como: la estabilidad familiar, poder adquisitivo, retiro y cuestiones de salud asociadas a no contar con un trabajo estable. No obstante, cabe señalar que las mujeres fueron las más afectadas en el segundo modelo (referente a la antigüedad laboral); este hecho puede interpretarse como una posible reacción a la situación de ser madre o contraer matrimonio, con lo cual se ven en situación de salir o abandonar el empleo y afectar, de esta manera, su antigüedad laboral.

En cuanto al estado civil, los más afectados son los empleados en situación de separación de la pareja, pues en los resultados de los tres modelos estimados este hecho aumenta la inestabilidad laboral en comparación con los asalariados en la categoría de unidos. También, se observa que el ser soltero tiene un efecto negativo en lo que respecta al tipo de contrato y la antigüedad laboral. En general, esto significa que el hecho de ser un trabajador unido disminuye la presencia de inestabilidad laboral en torno a los trabajadores asalariados respecto al tipo de contrato, la antigüedad laboral y la salida del empleo. Puede verse, entonces, que la preferencia de las fuentes de empleo se va por el lado de los empleados en situación de unión, quizá porque se piense que tienen una obligación para con su familia y tienden a ser más estables en su trabajo.

Respecto a la edad del trabajador, el mayor efecto en torno a aumentar la inestabilidad laboral la tiene el estar dentro de la categoría de 14 a 20 años, pues dicho intervalo resultó afectado en dos de los tres modelos presentados (contrato y antigüedad laboral). Por otro lado, el intervalo de 31 a 40 años sólo resultó afectado en el modelo de la salida del empleo; en cambio, la categoría de 40 y más años, en ninguno de los tres modelos. Estos resultados demuestran que, a edades jóvenes se tiene un problema referente a la situación de inestabilidad de los trabajadores. Quizá, el hecho de no contar con experiencia laboral hace que acepten ingresar a un empleo que no reúne muchas prestaciones o niveles de seguridad. Por supuesto, habría que ver el tipo de empleo al que se ingresa o del cual se resulta afectado, sin embargo, en lo que al tipo de contrato se refiere, la importancia de no contar con uno por escrito es bastante, pues este hecho no obliga al empleador a ofrecer muchas de las prestaciones que la legislación laboral contempla para los empleados que sí cuentan con uno.

Como se mencionó dentro del documento, el nivel de instrucción de un trabajador es importante en cuanto al tipo de trabajo que puede desarrollar. En muchos casos, quizá la experiencia pueda ayudar; sin embargo, de manera regular, se espera que un trabajador con un mayor nivel de estudios obtenga un mejor empleo que uno sin la primaria concluida. Los modelos estimados confirman esta situación, pues se observa que, en referencia a la escolaridad de los trabajadores asalariados, los que no contaban con el nivel de primaria resultaron afectados en dos de los modelos calculados (contrato y la antigüedad laboral), pero dichos trabajadores pierden o abandonan menos sus empleos, que —se supone— son los más precarios, tal vez apremiados por su condición económica. Por otro lado, para los trabajadores que cuentan con el nivel de secundaria terminada aumenta la inestabilidad laboral en lo referente a la salida de empleo, lo cual indica una mayor rotación laboral entre éstos. El mejor panorama es, sin duda, para los que tienen un nivel de estudios mayor a la educación preparatoria, pues la influencia observada de esta categoría en relación con los que tienen sólo primaria resultó a la inversa de lo observado para los otros grupos, es decir, para ellos se tiene que a mayor nivel de estudios, existe más probabilidad de contar con un contrato escrito, una mayor antigüedad laboral y menores salidas de la ocupación.

En el terreno de los sectores de actividad, los resultados apuntan a que en el sector primario se tiene una fuerte probabilidad de tener un contrato no escrito.<sup>35</sup> El sector más afectado es el secundario, donde se observa que existe una mayor propensión hacia una baja antigüedad laboral y una mayor salida del empleo. Por otro lado, la inestabilidad —medida por los indicadores elegidos— en el terciario no es tan fuerte como la observada en el primario; sin embargo, existe una probabilidad significativa para los trabajadores en este sector de tener un contrato no escrito. En conjunto, todo esto implica que la mayor rotación laboral (voluntaria o involuntaria) se da dentro del sector secundario, lo cual lo hace el más inestable.

Para las ciudades, los resultados del análisis indican que en la de México se tiene una mayor probabilidad de no tener contrato escrito y una mayor salida del empleo en comparación con las otras dos áreas metropolitanas, lo que da como resultado que esta ciudad sea la más afectada, pues en lo que respecta a Guadalajara no se tienen problemas en ninguno de los tres resultados y en Monterrey se tienen resultados adversos sólo en el modelo referente a la antigüedad laboral. Como se había mencionado, tal vez el tamaño poblacional y los flujos migratorios hacia la ciudad de México influyen en estos resultados. Se sabe ya, por otros estudios, que la migración hacia la ciudad de México va en decremento; sin embargo, ésta, en cuanto a su naturaleza, es en su mayoría por motivos laborales, lo cual puede incentivar que se incremente la inestabilidad laboral en lo que respecta al contrato y la salida del empleo, pues ello eleva la presión del mercado en lo que a oportunidades laborales se refiere.<sup>36</sup>

Por otro lado, el segundo modelo estadístico refuerza también cierta situación de inestabilidad en Monterrey, pues se observa que la propensión a presentar una antigüedad menor a un año entre los trabajadores asalariados se incrementa en 18.3% con respecto a los que laboran en la ciudad de

<sup>35</sup> Este resultado es consistente con lo encontrado por Rojas, Georgina y Carlos Salas. “La precarización del empleo en México, 1995-2004”, en: *Revista Latinoamericana de Estudios del Trabajo (RELET)*. Año 12, núm. 19, 2007, pp. 39-78, quienes mencionan que, prácticamente, lo que rige la relación laboral es el contrato verbal en lo que respecta a este sector.

<sup>36</sup> Aun cuando sea una migración de tipo entrada por salida, es decir, existen trabajadores cuya fuente de empleo está en la ciudad de México, sin embargo, su residencia no es en dicha ciudad.

México. Este resultado significa un panorama complejo, pues la ciudad de Monterrey es la peor ubicada a nivel antigüedad laboral, pero no así en las otras dos categorías de análisis que son la salida del empleo y el tipo de contrato; es posible que ahí se pierdan menos los empleos, pero exista con más frecuencia el abandono de los mismos en búsqueda de mejores alternativas y esto sea lo que lleva a la antigüedad laboral más baja.

## Anexo

### Cuadro resumen.

#### Diferentes maneras de medir la inestabilidad laboral

<b>Europa</b>	
Gregg y Wardsworth (1995)	Duración media de los empleos.
Burgues y Rees (1996 1998) y	Información de los empleos de corta y larga duración.
Booth <i>et al.</i> (1999)	Longitud media de los periodos de empleo de los individuos que entraron en el mercado del trabajo.
OCDE (1997)	Antigüedad media del empleo y la probabilidad de permanecer en un empleo.
García-Fontes y Hopenhayn (1996) García-Pérez y Muñoz-Bullon (2003), Toharia (1998)	Salidas de empleo, cada uno con diferente precisión o acercamiento al respecto.
García Pérez (1997) y García-Serrano y Malo (1996) y Arraz y García-Serrano (2004)	Duración del empleo.
Alba (1998), Amuedo (2000) y Güell y Petrolongo (2003)	Contratos temporales.
Arranz y García-Serrano (2007)	Antigüedad media de los asalariados y rangos de antigüedad.
<b>EE.UU.</b>	
Farber (1995), Diebold <i>et al.</i> (1996 y 1997)	Distribución de las duraciones.
Neumarck <i>et al.</i> (1999)	Tasas de permanencia.
Gottschalk y Moffit (1994)	Tasas de permanencia y movilidad ocupacional.
Jaeger y Stevens (1999)	Proporción de trabajadores y antigüedad en el empleo.
<b>América Latina</b>	
CEPAL (2007)	Tipo de contrato y sus características.
Tokman (2007)	Antigüedad laboral, tipo de contrato y rotación laboral.
Beccaria y Mauricio (2004)	Transiciones desde la ocupación, empleos de corta duración y antigüedad en el empleo.
<b>México</b>	
Pacheco y Parker (2001)	Entradas y salidas de la ocupación y trayectorias laborales.
Cruz Piñeiro (2004)	Movilidad laboral y entradas y salidas hacia la ocupación o el desempleo.
Vargas (2007)	Abandono o pérdida de empleo, transiciones de la ocupación y trayectorias laborales.
Junco (2007)	Trayectorias laborales, transiciones de la ocupación y entradas y salidas como rotación laboral.

---

## Otras fuentes

Ambrosio Gonzales, María Luisa. *El modelo Logit, un modelo lineal generalizado*. Tesis para obtener el título de licenciado en Actuaría. México, ITAM, 1994.

Beccaria, Luis y Roxana Maurizio. “Inestabilidad laboral en el gran Buenos Aires”, en: *El Trimestre Económico*. Vol. lxxi (3), núm. 283, julio-septiembre. Argentina, 2004, pp. 535-573.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). *Panorama social de América Latina 2006*. Santiago de Chile, Naciones Unidas, División de Desarrollo Social y la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL, Publicaciones de las Naciones Unidas, 2007.

Cortés, Fernando. “Determinantes de la pobreza de los hogares”, en: *Revista Mexicana de Sociología*. Vol. 59, núm. 2. México, 1997.

INEGI. *Guía de conceptos, uso e interpretación de la estadística sobre la fuerza laboral en México*. México, INEGI, 2002.

----- *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2005. Una nueva encuesta para México*, en: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

Mandeville, Peter B. “Tema 14: La razón de momios 1”, en: *Ciencia UANL*. Vol. X, núm. 2, abril-junio, Monterrey, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2007.

# Los suelos de Latinoamérica: *retos y oportunidades de uso y estudio*

Francisco Bautista, Alfred J. Zinck  
y Silke Cram\*

El artículo describe los principales suelos de Latinoamérica, sus propiedades distintivas, morfología, país en el que se encuentran y usos más comunes. Aborda los retos de su clasificación en cuanto al mejoramiento de los esquemas de clasificación y la necesidad de incluir información biológica y de uso de suelo en la descripción de los perfiles. También, presenta las funciones del suelo así como procesos, causas y consecuencias de su degradación. En este contexto se aterriza con algunas reflexiones sobre la necesidad de información edafológica, la importancia de la Etnopedología, el manejo agrícola y el cuidado del ambiente y el potencial de la biota para el mejoramiento de los suelos.

**Palabras clave:** clasificación de suelos, funciones del suelo, degradación, Etnopedología, manejo de suelos.

\* Doctor en Ciencias (Ecología y Ciencias Ambientales). Investigador titular en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Antigua Carretera a Pátzcuaro núm. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de La Huerta, CP 58190, Morelia, Michoacán de Ocampo, México. Correo electrónico: leptosol@ciga.unam.mx // Ph D. Investigador titular en el International Institute for Aerospace and Earth Survey (IIAES). Enchede, The Netherlands. Correo electrónico: zincka@itc.nl // Doctora en Agronomía. Investigadora titular en el Instituto de Geografía, UNAM. Teléfono: (55) 5623 0222; correo electrónico: silkecram@igg.unam.mx

**Nota:** los autores agradecen las observaciones de tres árbitros anónimos, así como al doctor Carlos Fragoso por motivar la escritura de este artículo y al doctor G. Brown por la gran cantidad de bibliografía sobre la biota del suelo y por el acceso a la base de datos de fauna del suelo de Latinoamérica.

## Introducción

La degradación del suelo es un problema que ha crecido con el paso del tiempo, generando problemas ambientales de tipo global, regional y local como, por ejemplo, el cambio climático global, el azolve de lagos y la compactación del suelo.

La capacidad de la tierra para producir alimentos a disminuido 16% en los últimos años debido a que 40% de los suelos agrícolas del mundo están siendo afectados por la degradación (física, química y biológica), lo cual ha reducido su capacidad productiva por los problemas de salinidad, acidificación, compactación, anegamiento y contaminación, así como por las actividades humanas, como: deforestación y explotación de bosques (574 Mha<sup>1</sup>), sobrepastoreo (679 Mha), manejo impropio de suelos agrícolas (552 Mha), sobreexplotación de la vegetación para usos domésticos (133 Mha) y actividades industriales (23 Mha), representando 15% de los suelos mundiales (Oldeman, 1994).

En comparación con otras partes del mundo, Latinoamérica, por el momento, cuenta con grandes áreas de suelos bien conservados: sólo 16% de éstos se encuentran afectados por algún tipo de degradación. En Europa, el uso agrícola del suelo disminuye y el urbano e industrial aumentan (FAO, 2000), caso contrario a Latinoamérica, donde la apertura de tierras para los usos agrícola, pecuario y forestal se incrementan, sustituyendo paisajes naturales relativamente bien conservados; por tal razón, la degradación de suelos avanza tan rápido, lo cual provocará que pocos países puedan alcanzar una agricultura sostenible en un futuro próximo. Este problema amenaza la subsistencia de millones de personas en la región; sin embargo, tiende a ser ignorado por los gobiernos y la población en general, a pesar de las evidencias que existen en otras regiones del planeta que ya han pasado por esta situación.

La degradación del suelo se debe a diversos factores: a) la operación de prácticas agropecuarias en las que se utiliza el suelo como sustrato, sin considerar sus propiedades, funciones y potencial intrínseco; b) la escasez

---

<sup>1</sup> Mega ha o 10<sup>6</sup> hectáreas.

de estudios edafológicos (debido al alto costo y a la escasa cantidad de profesionistas que trabajen en el área); c) la dificultad de la comprensión de los conocimientos edafológicos generados; d) la insuficiente planeación en el uso del suelo; e) la poca cantidad de profesionistas en el área y f) la falta de conciencia ambiental al desconocer la importancia del suelo (Zinck 1990; Valenzuela y Zinck 1994).

La Pedología o Edafología es la subdisciplina de las ciencias del suelo que se encarga de integrar y cuantificar la distribución, morfología, génesis y clasificación de los suelos como cuerpo natural del paisaje (Ibañez y Boixadera 2002). Esta ciencia estuvo en crisis en los países desarrollados por diversas causas (Zinck 2005), entre ellas, la terminación de los inventarios de suelo en escalas detalladas; sin embargo, ya que se constituyó la Unión Europea, en este momento se trabaja para hacer compatibles los diversos esquemas de clasificación que se usan —varias naciones han desarrollado sus propias clasificaciones—, además de generar inventarios y mapas de suelos comunes. En estos países, las preocupaciones principales en cuanto a la degradación del suelo son la erosión y la contaminación por los usos industrial y urbano.

Por el contrario, sólo algunas naciones de Latinoamérica cuentan con mapas de suelo a nivel de reconocimiento a escala 1:250 000, pero únicamente Cuba tiene, para todo el país, mapas de suelo a nivel de detalle a escala 1:20 000 y parcelarios a nivel de finca en muchos casos.

Esta situación genera oportunidades de desarrollo en este campo de estudio: existe la necesidad de información edafológica y escasa cantidad de profesionales en el área. Además, los mapas que se tienen son de difícil interpretación y manejo para la mayoría de los usuarios, entre los que se encuentran los agrónomos y planificadores, es decir, no se elaboran mapas interpretativos, lo cual hace que las cartas edafológicas sean una referencia poco útil para la mayoría de las aplicaciones actuales.

Dicho en otras palabras, en Latinoamérica, tanto quienes toman decisiones en la administración del espacio físico como productores agrícolas, forestales y pecuarios no siempre han contado con la suficiente información —en cantidad y calidad— que les permita tener los adecuados elementos de

juicio para la ejecución racional de sus proyectos. Es por esta razón que los objetivos de este trabajo son: a) describir y sintetizar, de manera sencilla y didáctica, la información edafológica existente en América Latina; b) explicar las funciones del suelo en los problemas ambientales a nivel local, regional y global; c) describir las causas, procesos y consecuencias de la degradación del suelo y d) analizar el problema de la escasez de información edafológica y las opciones para atender las cuestiones agrícolas.

## Clasificación y propiedades de los suelos<sup>2</sup>

### Los suelos y su localización por país

La clasificación de suelos tiene como finalidad su ordenamiento según las características principales, de tal manera que el nombre proporciona información sintetizada con base en conceptos previamente acordados y entendibles entre el grupo de personas que la conoce y maneja.

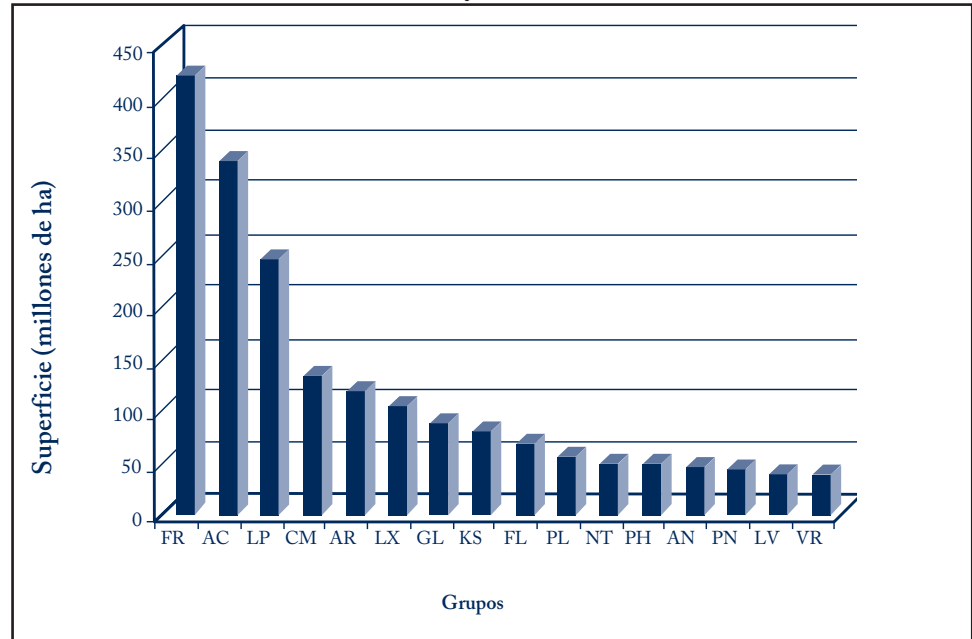
La clasificación es necesaria para la propagación de técnicas con éxito en los ámbitos agrícola, pecuario, forestal, urbano, ambiental y de salud. Así, por ejemplo, el servicio de extensión agrícola requiere el manejo de la clasificación edafológica o el nombre vernáculo del suelo para propagar las dosis de fertilizante, herbicida, abono, etcétera; otros casos son las recomendaciones sobre: a) técnicas de manejo de cultivos de cobertera, b) tipo y forma de labranza, c) técnicas de remediación de suelos contaminados y d) técnicas de construcción, entre otras. Todas ellas requieren del conocimiento del tipo de suelo.

Cuando no se tiene la información taxonómica de los suelos, esto repercute negativamente en el éxito del servicio de extensión agrícola. Además, en el manejo del suelo se requiere de la consideración de la heterogeneidad espacial mediante la elaboración de mapas a diversas escalas con el fin de lograr aumentos en la producción agrícola, así como evitar problemas de degradación del ambiente y de salud humana.

<sup>2</sup> Con base en: a) *World reference base for soil resources* (WRB 2006); b) *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo* (SICS et al. 1999); y c) *Lecture notes on the mayor soils of the world* (FAO-ISRIC-IUSS, 2001).

Gráfica 1

### Superficie de los principales grupos de suelo en América Latina y el Caribe



FR= Ferralsol, AC= Acrisol, LP= Leptosol, CM= Cambisol, AR= Arenosol, LX= Lixisol, GL= Gleysol, KS= Kastanozem, FL= Fluvisol, PL= Planosol, NT= Nitisol, PH= Phaeozem, AN= Andosol, PT= Plintisol, LV= Luvisol, VR= Vertisol.

La clasificación de los suelos se realiza con base en la morfología del perfil, apoyada con análisis de laboratorio. La morfología, a su vez, es el producto de los procesos pedogénicos influenciados por los factores formadores del suelo.

El esquema de clasificación denominado *Base referencial mundial del recurso suelo* (WRB, por sus siglas en inglés, 2006) propone 32 grupos de suelo en general; sin embargo, en América Latina y el Caribe son 16 los más importantes, considerando la superficie que ocupan (ver gráfica 1). En el cuadro 1 se muestran los principales suelos por país.

En años recientes, a iniciativa del ISRIC–World Information Soil, se ha generado información edafológica que ha permitido identificar los suelos de mayor extensión en el mundo. Uno de los productos derivados de la exploración edafológica a nivel mundial es la base de datos SOTER, que en el

Cuadro 1

### Principales grupos de suelo por país

País	Grupos de suelos más comunes
Argentina	Phaeozem, Solonetz, Regosol, Cambisol y Calcisol
Belice	Cambisol, Gleysol, Leptosol, Luvisol y Cambisol
Brasil	Ferralsol, Acrisol, Plinthosol, Leptosol, Cambisol y Gleysol
Bolivia	Ferralsol, Leptosol, Luvisol, Regosol y Gleysol
Colombia	Acrisol, Cambisol, Leptosol, Gleysol y Ferrasol
Costa Rica	Cambisol, Nitosol y Acrisol
Cuba	Luvisol, Vertisol, Pheozam, Ferralsol y Cambisol
Chile	Leptosol, Andosol, Cambiso y Regosol
Ecuador	Cambisol, Andosol, Acrisol y Gleysol
El Salvador	Regosol, Andosol, Phaeozem y Vertisol
Guatemala	Cambisol, Andosol, Nitosol, Alisol y Phaeozem
Guayana	Ferralsol, Acrisol y Gleysol
Guayana Francesa	Ferralsol, Acrisol, Plinthosol y Gleysol
Haití	Cambisol, Lixisol, Luvisol y Vertisol
Honduras	Regosol, Cambisol, Nitosol, Kastanozem y Fluvisol
México	Leptosol, Regosol, Phaeozem, Calcisol, Luvisol, Vertisol y Andosol
Nicaragua	Nitosol, Luvisol, Cambisol, Regosol, Phaeozem y Andosol
Panamá	Cambisol, Nitosol, Acrisol y Andosol
Paraguay	Solonetz, Cambisol, Regosol, Arenosol y Acrisol
Perú	Cambisol, Leptosol, Acrisol, Gleysol y Regosol
República Dominicana	Cambisol, Calcisol, Ferralsol, Pheozem y Lixisol
Surinam	Ferralsol, Acrisol y Gleysol
Trinidad y Tobago	Phaeozem, Solonetz, Regosol, Cambisol y Calcisol
Uruguay	Phaeozem, Solonetz y Vertisol
Venezuela	Acrisol, Leptosol, Arenosol, Cambisol, Gleysol y Regosol

caso de América Latina y el Caribe está a disposición del público en general (FAO 1998). La base de datos cuenta con información analítica y un mapa escala 1:1 500 000. Este avance en el conocimiento de los suelos es importante, permite la identificación de los grupos de mayor extensión y, con ello, se pueden inferir, desde el punto de vista agrícola, las principales restricciones para el crecimiento de los cultivos.

En la medida en que cada país avance en el conocimiento de sus suelos y se generen mapas de mayor escala se logrará una mejor precisión en su ubicación geográfica y extensión.

En varias naciones de Latinoamérica y el Caribe existen centros de información edafológica que cuentan con mapas, información analítica, exposiciones de monolitos, videos, folletos, libros y artículos de investigación, por ejemplo: Argentina (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigaciones de Recursos Naturales, Instituto de Suelos y Universidad Nacional de Córdoba), Bolivia (Proyecto Zonificación Agroecológica y Establecimiento de una Base de Datos y Red de Sistema de Información Geográfica), Brasil (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria y Centro Nacional de Pesquisa de Solos), Colombia (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), Chile (Universidad de Chile-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-Departamento de Ingeniería y Suelos), Cuba (Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Instituto de Suelos e Instituto Nacional de la Ciencias Agrícolas), Ecuador (Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas), México (Instituto Nacional de Estadística y Geografía; Colegio de Posgraduados, en Montecillos, estado de México, y Cárdenas, Tabasco; Universidad Autónoma de Chapingo; UNAM-Facultad de Ciencias-Instituto de Geología-Instituto de Geografía-Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental), países de Centroamérica (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Paraguay (FAO, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigaciones de Recursos Naturales e Instituto de Suelos), Perú (Instituto Nacional de Recursos Naturales y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales), Trinidad y Tobago (Ministry of Agriculture-Soil y Land Capability Unit-Central Experiment Station), Uruguay (Dirección de Suelos y Aguas) y Venezuela (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables).

A continuación se describen, de manera sencilla, las principales características de los 16 grupos de suelo de mayor extensión en Latinoamérica, así como los países en los que se encuentran, su uso y manejo (WRB 2006). Se agruparon de acuerdo con las condiciones que dominaron durante su formación.

#### *Andosol (AN)*

Corresponde a suelos que presentan un horizonte ándico (densidad aparente en campo menor de  $0.9 \text{ kg dm}^{-3}$ , 10% o más de arcilla y un valor de 2% o más de  $\text{Al}_{\text{ox}} + 1/2\text{Fe}_{\text{ox}}$ , retención de fósforo de 70% o más, contenido de

vidrio volcánico en la fracción de tierra fina menor de 10%) con un espesor de, por lo menos, 30 centímetros. Son suelos derivados de ceniza volcánica, negro en la superficie, con horizonte ándico con propiedades *Vitric* o *Andic*, con material parental derivado de la ceniza volcánica, piedras pómez, ceniza u otro material volcánico. Con un desarrollo del perfil de tipo AC o ABC, presenta complejos organominerales con alofano, imogolita y ferrihydrita. Los andosoles se localizan, principalmente, hacia el Pacífico, en el sur de México, Centroamérica, Ecuador, Colombia, Perú, Chile y Argentina; son fértiles y tienen un alto potencial agrícola, sin embargo, presentan fijación de fosfatos de manera intensa que puede manejarse con aplicaciones de cal, sílice, materia orgánica y fertilizantes fosfatados. La labranza en estos suelos suele ocasionar una drástica deshidratación irreversible. Se utilizan en una amplia variedad de cultivos, entre los que destacan caña de azúcar, tabaco, papa, té, trigo y arroz, en las partes bajas, entre otros.

#### *Arenosol (AR)*

Grupo de suelos formados por texturas que van de arena francosa a más gruesas y tienen menos de 35% de fragmentos de roca u otros fragmentos gruesos dentro de los 100 cm de profundidad desde la superficie. Se localizan en desiertos, dunas, playas y áreas muy intemperizadas. Los arenosoles se encuentran, principalmente, en Colombia, Venezuela, Surinam, Brasil, Perú, Paraguay y Argentina. Son utilizados, por lo común, en el pastoreo extensivo bajo condiciones de aridez, pero también son útiles en la agricultura intensiva con aplicaciones frecuentes de agua de riego; en suelos con dominancia de arena fina, el agua es mejor utilizada por las plantas. Bajo condiciones de precipitación de 300 mm es posible desarrollar algún tipo de agricultura. Existen reportes de alta productividad de granos y melones en arenosoles irrigados. Estos suelos son muy sensibles a la erosión eólica.

#### Vertisol (VR)

Pertenece a los que presentan un horizonte vértico dentro de los 100 cm desde la superficie. Después de los primeros 20 cm, todos los horizontes tienen 30% de arcilla hasta el contacto lítico o los 100 cm de profundidad; los agregados son en forma de cuña o paralelepípedos, muestran caras de deslizamiento y deben presentar grietas que se abren y cierran periódicamente. Se desarrollan en zonas en las que predomina la presencia de arcillas expandibles

2:1 del grupo de la *Smectita* y se localizan en las partes bajas del relieve. Los vertisoles se localizan en México, Nicaragua, Cuba, Jamaica, Venezuela y Uruguay. Son muy pesados en la época de secas y pegajosos en la de lluvias, por lo que la labranza se realiza al comienzo de esta última. El manejo del agua en estos suelos es clave para lograr altos rendimientos agrícolas. En diversos lugares, las siembras se realizan al final de las lluvias debido a que la cantidad de agua residual puede ser suficiente para algunos cultivos. Se utilizan para cultivos de caña de azúcar, algodón, trigo, sorgo, maíz y arroz. Son comunes las aplicaciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) y, ocasionalmente, azufre (S) y zinc (Zn).

#### *Fluvisol (FL)*

Corresponde a los suelos de origen aluvial (deltas y ambientes lacustres o marinos), identificados por el material de diagnóstico que consiste en la formación de estratos de 25 cm de espesor, producto de los aportes de material sedimentario reciente y por el contenido de carbono (C) orgánico irregular a lo largo del perfil. Se localizan en todos los climas y, particularmente, en planicies inundables. Se encuentran distribuidos en Latinoamérica (Nicaragua, Ecuador y Argentina). Los fluvisoles son muy diversos en cuanto a sus propiedades, sin embargo, pueden catalogarse como suelos fértiles debido a los aportes continuos de materiales, situación que los hace ligeros y fáciles de trabajar. Por su localización geográfica, se encuentran en zonas no limitadas por agua para su uso agrícola. El cultivo de arroz es común en este grupo; otros usos y estrategias de manejo dependen de las características específicas de sus unidades, que pueden ser enaladas, en el caso de la acidez, drenaje, en el de anegamiento, y salinidad, etcétera.

#### *Gleysol (GL)*

Se caracteriza por la presencia de propiedades gleyicas dentro de los primeros 50 cm de profundidad, es decir, son suelos no estratificados en áreas inundables. La prolongada saturación del suelo por agua del acuífero ocasiona, en presencia de materia orgánica, la reducción y lavado del hierro (Fe) por las condiciones reductoras. Esta situación se identifica en el perfil por la presencia de colores grisáceos y/o azulados en su parte baja; donde fluctúa el agua, se forman motas pardas, rojas o amarillas producto del proceso alterno de reducción-oxidación. Los gleysoles se localizan en México, Belice, Cuba,

Trinidad y Tobago, Colombia, Venezuela, Guyana Francesa, Brasil, Perú y Argentina. Los gleysoles drenados se utilizan en agricultura intensiva, así como en el cultivo de arroz; en condiciones naturales, en el trópico, los gleysoles tienen vegetación de mangle y pastizales. Presentan alto riesgo de inundación, fertilidad alta y pueden tener cantidades altas de carbonato de calcio, lo cual ocasiona desordenes nutrimentales en la absorción de hierro, principalmente en manzanos, cítricos, té, mandioca, caña de azúcar y arroz.

### *Leptosol (LP)*

Corresponde a los suelos que: 1) están limitados por una profundidad menor o igual a los 25 cm en los que se localiza la roca dura y continua, con una secuencia de horizontes A(B)R o 2) se encuentran sobre un material con más de 40% de carbonato de calcio y con la misma profundidad de suelo ya mencionada, con una secuencia de horizontes A(B)C o 3) contienen menos de 10% de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm o más. Se encuentran en zonas montañosas con pendientes pronunciadas o en ambientes de *karst*. El grupo Leptosol es el tercero en importancia debido a la superficie que ocupa en Latinoamérica y el Caribe. Estos suelos están asociados a cambisoles, regosoles, calcisoles, luvisoles e histosoles. Los leptosoles se localizan en México, Cuba, Jamaica, Colombia, Venezuela, Surinam, Guyana, Ecuador, Brasil, Bolivia, Perú, Uruguay y Chile. Los leptosoles réndzicos son de alta fertilidad natural; en el trópico se utilizan para el cultivo y explotación de caoba y otras especies forestales, así como para el cultivo de cítricos, papaya, henequén y pastizales. Otros leptosoles son utilizados como reservas naturales. Este grupo tiene serias restricciones para los cultivos por escasa profundidad efectiva y por la baja capacidad de almacenamiento de agua para las plantas; cuando se encuentran en las partes altas, presentan un alto riesgo de erosión.

### *Cambisol (CM)*

Grupo de suelos con desarrollo moderado debido a la edad pedogenética o por la recepción de material de reciente deposición; presentan propiedades muy diversas. El horizonte cámbico es un horizonte B; se identifica por: 1) textura franco arenosa o más fina; 2) estructura moderada; 3) evidencia de alteración con respecto al material subyacente (croma más fuerte, matiz más roja, mayor contenido de arcilla, o evidencia de remoción de carbonatos);

4) no tiene estructura quebradiza y 5) capacidad de intercambio catiónico (CIC) mayor de  $16 \text{ cmol kg}^{-1}$  de arcilla o suma de bases intercambiables más acidez intercambiable menor de  $12 \text{ cmol kg}^{-1}$ , espesor de, por lo menos, 15 cm y, en total, por lo menos, 25 cm de profundidad. El horizonte B cámbico puede estar presente en otros grupos de suelo debido a que existen otras propiedades o materiales u horizontes de diagnóstico de mayor prioridad, como: el horizonte sálico, vítrico, ándico, mólico, gypsico, cálcico o las propiedades gléyicas, por ejemplo. Esto ocasiona que para que un suelo sea considerado como Cambisol, además de tener el horizonte cámbico, no debe tener los horizontes o las propiedades antes mencionadas. Se localizan en todos los ambientes (altitud, tipo de vegetación y clima). Como se encuentra en diversos ambientes y posee diversas características químicas, físicas, minerales y biológicas, los usos del Cambisol son también diversos. De manera general, son suelos de buena calidad agrícola manejados de manera intensiva. Los cambisoles eutricos, en climas templados, son los más productivos. Los cambisoles vérticos y los calcáricos de planicies aluviales en las zonas secas, bajo condiciones de riego, son utilizados en la producción de alimentos. En planicies onduladas o en montañas, los cambisoles se aprovechan para una amplia variedad de cultivos perennes. Se localiza, principalmente, en Argentina, Chile, Perú, Brasil, Venezuela, Haití, Costa Rica, Guatemala, Ecuador y Panamá.

#### *Plintisol (PT)*

Corresponde a suelos que presentan un horizonte plíntico que es subsuperficial y se caracteriza por tener una mezcla de arcillas caoliníticas, silicio, poco humus, óxidos de aluminio y de hierro en abundancia. Este horizonte puede endurecerse si se expone a humedecimiento y secado repetido; por lo general, se endurece cuando está expuesto. Este grupo presenta un desarrollo del perfil del tipo A(E)BC con el horizonte plíntico al nivel de fluctuación del manto freático. En Brasil, los plintisoles son abundantes y se encuentran asociados con acrisoles y gleysoles. El Plintisol ofrece escasa fertilidad debido al bajo contenido de nutrimentos y su baja capacidad de almacenamiento, producto de su baja CIC. Los plintisoles con horizontes endurecidos o con alto nivel freático presentan dificultades en la profundidad efectiva. Son comunes los problemas de encharcamiento. Se utilizan para pastizales extensivos, para el crecimiento de árboles para la producción de leña o en bosques sin uso.

### *Ferralsol (FR)*

Pertenece a suelos desarrollados con perfiles ABC, intemperizados, color rojo o amarillo, baja capacidad de intercambio de cationes, arcillas del grupo del caolín, pH ácido y alto contenido de sesquioxidos de hierro y aluminio. Los ferralsoles se encuentran asociados a los acrisoles y se localizan en Cuba, Jamaica, Guyana, Colombia, Venezuela, Surinam y Brasil. Los ferralsoles presentan buenas condiciones físicas (permeables, profundos, arables), pero químicamente contienen escasas cantidades de nutrimentos, poca capacidad de retención y almacenamiento de nutrimentos y tienen restricciones de uso, como: bajo pH y alta fijación de fosfatos. A menudo son encalados para elevar el pH y disminuir la toxicidad de aluminio (Al) y manganeso (Mn). La aplicación de abono y, en especial, de materia orgánica soluble ocasiona un aumento del pH y eleva el contenido de nutrimentos en suelos ácidos (Bautista *et al.* 2000ab).

### *Nitisol (NT)*

Tiene un horizonte subsuperficial rico en arcilla, textura franco arcillosa o más fina, con estructura poliédrica o nuciforme fuertemente desarrollada. Presenta CIC de moderada a baja, producto de la presencia de arcillas del tipo 1:1. Muestra un desarrollo de perfil del tipo ABtC. El grupo Nitisol se localiza en Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Brasil. Está catalogado como el más productivo de los suelos del trópico debido a sus mejores condiciones químicas, de profundidad, estructura estable, alta capacidad de retención de humedad y buena permeabilidad, sin embargo, los niveles de fósforo y bases intercambiables pueden llegar a ser bajos. Es utilizado para una gran variedad de cultivos, como: cacao, piña, café, hule y otros.

### *Acrisol (AC)*

Corresponde a los suelos fuertemente lavados, rojos y amarillos, ácidos, con un horizonte de acumulación de arcilla (Bt), baja capacidad de intercambio de cationes y baja saturación de bases. Puede presentar un desarrollo de perfil AEBtC, por lo general en relieves ondulados. Los acrisoles se localizan en México, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Surinam, Ecuador, Perú, Guyana, Brasil y Paraguay. El grupo Acrisol tiene altas cantidades de aluminio intercambiable que ocasiona problemas de toxicidad en las plantas y fijación de fósforo; existe presencia de

costras y es muy susceptible a la erosión. Estos suelos tienden a compactarse y, por lo mismo, la labranza se dificulta. A menudo, son utilizados para cultivos tolerantes a la acidez, como: piña, palma de aceite y hule, además de maíz con agricultura de roza, tumba y quema; también, se cultiva caña de azúcar con rendimientos bajos. Por la acidez que presentan estos suelos, son comúnmente empleadas las aplicaciones de cal y se ha probado que adición de materia orgánica disuelta eleva el pH y mejora la fertilidad (Bautista *et al.* 2000ab).

#### *Lixisol (LX)*

Los suelos de este grupo presentan un horizonte B de acumulación de arcilla (Bt), capacidad de intercambio de cationes menor a  $24 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  de arcilla y saturación de bases mayor a 50%; tienen buen drenaje y un desarrollo del perfil del tipo ABtC. Los lixisoles se localizan en zonas de clima tropical con periodo de sequía en Haití, Trinidad y Tobago, Venezuela, Guyana y Brasil. El uso de los suelos de este grupo incluye comúnmente la aplicación de cal y fertilizantes. La utilización de labranza puede ocasionar la compactación del suelo. Son susceptibles a la erosión. Se utilizan, principalmente, para cultivos perennes y silvicultura, así como para pastizales.

#### *Kastanozem (KZ)*

Es un grupo de baja profundidad, de color marrón en la superficie y con carbonato de calcio o yeso en la parte baja del perfil. Presenta un desarrollo de perfil del tipo AhBwC o AhBtC. El horizonte superficial está bien estructurado, con alta saturación de bases y de moderado a alto contenido de materia orgánica, con una profundidad de 10 a 25 cm, dependiendo de la profundidad total del perfil. Tiene carbonatos secundarios en los primeros 100 centímetros. El grupo Kastanozem se localiza en la pampa Argentina, Uruguay, Paraguay y Centroamérica. Este grupo es químicamente muy rico, sin embargo, es susceptible a la erosión. Con el uso de riego puede utilizarse para una amplia gama de cultivos y pastizales de tipo extensivo.

#### *Phaeozem (PH)*

Suelos rojos con alta saturación de bases. El grupo presenta un desarrollo de perfil del tipo AhBwC o AhBtC. El horizonte superficial está bien

estructurado, con alta saturación de bases y de moderado a alto contenido de materia orgánica, con una profundidad de 10 a 25 cm, dependiendo de la profundidad total del perfil. No muestra evidencias visuales de carbonato de calcio secundario. Estos suelos se localizan en México, Cuba, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Ecuador, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Grandes áreas de phaeozems son utilizadas para pastos mejorados. Son suelos fértiles empleados para el cultivo de cereales, soya y alfalfa. La erosión por agua y viento son sus principales limitaciones. El uso agrícola prolongado ocasiona cambios físicos, químicos y mineralógicos en el suelo.

#### *Luvisol (LV)*

Corresponde a suelos con un horizonte de acumulación de arcilla, rico en saturación de bases, capacidad de intercambio de cationes igual o mayor a 24 cmol(+) kg<sup>-1</sup> de arcilla, saturación por aluminio menor a 60%, entre 25 y 125 cm de profundidad. Puede tener un horizonte álbico, vértico, cálcico o férrico. Muestran un desarrollo de perfil del tipo ABtC o AEBtC. Cuando se realizan actividades agrícolas, aparece un Ap y el E puede no estar presente. Se encuentran en regiones tropicales con periodo de sequía en México, Cuba, República Dominicana, Nicaragua, Ecuador, Perú, Venezuela, Brasil, Uruguay y Argentina. Los suelos del grupo Luvisol —con excepción de las unidades léptico, gléyico, vítrico, álbico, férrico y dístrico— son fértiles con una amplia variedad de uso agrícola. En condiciones de pendiente, se requiere tomar medidas contra la erosión.

#### *Planosol (PL)*

Presenta un horizonte eluvial (que pierde materiales por lavado) con encharcamientos periódicos por su baja permeabilidad. Muestra un desarrollo de perfil del tipo AEBC en el cual se observa un cambio textural abrupto. Se encuentra en Argentina, Paraguay y Brasil. El grupo Planosol posee propiedades químicas variables pero son, por lo general, de baja fertilidad. Es utilizado para el cultivo de arroz y pastizales; sin embargo, actualmente, muchos lugares con planosoles no son empleados para la agricultura.

Cabe mencionar que éstos son los grupos de suelo y que al interior de cada uno de ellos hay una gran diversidad de calificadores primarios y secundarios que reflejan la diversidad edáfica de cada grupo.

## Retos de la clasificación de suelos

Ante los avances en las diversas ciencias relacionadas con el suelo, como la Ecología, Biología, las ciencias de la información y las ciencias ambientales, y dada la demanda creciente de los usuarios del suelo (agrónomos, forestales, zootecnistas, ambientalistas, planificadores y propietarios de la tierra y tomadores de decisiones en general), se requiere que la clasificación de suelos tenga dos características: 1) que sea comprensible para el público en general, como las nomenclaturas autóctonas y 2) que sea un medio de comunicación eficaz a nivel mundial. Ambas son difíciles de cumplir, sin embargo, es menester intentar esta tarea si se desea que el suelo sea tema de conversación en los diversos ámbitos del quehacer humano, por ejemplo, el caso de genes y clones en la actualidad.

A medida que aumenta el conocimiento de los suelos en los diversos países de la región se proponen nuevos esquemas de clasificación, como el cubano y el brasileño, los cuales son más detallados y, por lo tanto, de gran utilidad local en el manejo de los suelos pero, por otro lado, aumentan la dificultad de entendimiento entre colegas de diversas naciones y del público en general, constituyéndose en un medio de comunicación entre especialistas dentro de un solo país. La situación ideal sería que ese conocimiento detallado, pero regional, fuera incluido en la *Base de referencia mundial del recurso suelo* (WRB 2006) para que, de esa manera, se haga más sencilla la comprensión de los suelos y se pueda compartir su conocimiento con la gente de otras nacionalidades, sin menoscabo de su utilidad.

Otros países, como México, han adoptado y adaptado su información edafológica al esquema de clasificación de la WRB (1999), sin duda un esfuerzo enorme con lo cual se espera un enriquecimiento de ambas partes, los inventarios de suelo nacionales y los esquemas de clasificación.

Por otro lado, a partir de la mitad de la década de los 60 empezó a multiplicarse la publicación de trabajos científicos sobre la biología del suelo hasta generarse, en los últimos años, una expectativa sobre su potencial para aumentar la producción agrícola y disminuir problemas ambientales derivados del mal uso de los suelos. Este aumento del conocimiento de la

biología del suelo poco a poco ha ido apareciendo en el ámbito de la taxonomía edafológica a nivel de descripciones de casi todos los perfiles, ya sea por la evidencia de actividades biológicas o porque se pueden observar claramente los organismos. Por desgracia, la inclusión de información se ha restringido a la cantidad y distribución de las raíces y algunos efectos de la actividad biológica en general.

La descripción general de las comunidades de organismos, ya sea por la observación directa o por las evidencias de su presencia (turrículos, nidos, galerías, cámaras de diapausa, etc.), es escasa, aun la de los animales más conspicuos, como los macroinvertebrados. Esta situación de escasez de información deberá ser abordada, de manera conjunta, por biólogos y pedólogos, correspondiendo a los primeros la realización de claves para la identificación de los organismos y las evidencias de su presencia y a los segundos, la inclusión de la información pedobiológica en las descripciones de los perfiles, es decir, se propone la elaboración de un método denominado *El perfil biológico del suelo*, con énfasis en la actividad biológica por las evidencias de su presencia y actividad, parecido al perfil cultural en el que se hace hincapié en la parte física del suelo (Tavares *et al.* 1999; Fregonezi *et al.* 2001). Este perfil biológico del suelo sería un complemento a las descripciones tradicionales del perfil, sólo que en este caso el énfasis se daría en las evidencias de la actividad biológica en la morfología.

La WRB 2006 ya reconoce el horizonte voronic y el calificador primario vermic, ambos por la fuerte influencia de las lombrices de tierra; sin embargo, también otros taxa de la macrofauna del suelo e incluso las comunidades microbianas participan en los procesos formadores de suelos y se expresan en la morfología del perfil, pero aún no han sido tomados en cuenta en los esquemas de clasificación moderna. La ventaja de reconocer la influencia de la biota en la morfología del suelo radica en que, de esa manera, se conoce mejor el funcionamiento del suelo.

Ésta es una necesidad de información que se constituye en una gran oportunidad de interacción entre grupos de investigación que tengan como metas la manipulación de la fauna en el manejo de la fertilidad del suelo, en el monitoreo de su calidad y en la restauración de ecosistemas y cuencas, así

como en la posibilidad de disminuir la emisión de los gases que provocan el efecto invernadero.

El reto es la observación y análisis del perfil del suelo con enfoques complementarios, como: perfiles taxonómico, genético, cultural y biológico (Manichon y Gautronneau 1996; WRB 1999). Cabe recordar que el perfil cultural fue el principio de lo que ahora se denomina technosoles y que ya, incluso, se comienza a hablar de urbanosoles, de los suelos sumergidos, de los reductosoles (suelos en condiciones reducidas) y de los arqueosoles (suelos con artefactos de presencia humana antigua), por lo que cabría esperar el surgimiento de nuevos grupos de suelo en la WRB (Ibáñez y Boixadera 2002; Blume y Giani 2005).

## Funciones de los suelos

El suelo es cuerpo natural, tridimensional que, comúnmente —pero no siempre— tiene horizontes compuestos de minerales, materia orgánica y organismos que puede soportar el crecimiento de las plantas de manera natural. Es un sistema abierto que intercambia materia y energía con la biosfera, litosfera, atmosfera e hidrosfera; se le considera un recurso natural no renovable, con funciones diversas de tipo ecosistémico, ambiental, económico, social y cultural; dichas funciones tienen jerarquías y algunas son excluyentes: a) producción de alimentos, fibras y biomasa en general; b) mejoramiento ambiental (almacenaje, transformación y filtración); c) biodiversidad y hábitat de organismos; d) archivo geológico y arqueológico; e) fuente de materiales; e) ambiente físico y cultural y g) fijación de carbono (Ibáñez y Boixadera 2002; Commission of the European Communities 2006).

El suelo almacena nutrimentos, participa en la liberación moderada de los mismos y otros elementos para el crecimiento de las plantas. Mediante los ciclos biogeoquímicos, los nutrimentos pueden ser transformados a formas disponibles para las plantas y convertirse en biomasa. A nivel local, la producción de biomasa es la función del suelo más estudiada; de manera general, se puede decir que los suelos con baja fertilidad natural son AR, PL, FE, PD y SC, AL y PT; los de moderada fertilidad natural, RG, AN, CL,

LV, NT, LX y HS y los de alta fertilidad natural, FL, GL, VR, KZ, CZ, PH y CM (FAO 1993).

Algunos cultivos requieren condiciones especiales para su buen desarrollo y sólo es posible cultivarlos con éxito en suelos con características particulares, como el arroz, por ejemplo. Por el contrario, algunos cultivos pueden crecer y desarrollarse en diversos grupos de suelo, como la caña de azúcar (ver cuadro 2). Otros, como el maíz, son cultivados en una gran variedad de grupos de suelos por lo que la productividad es muy variable: a veces, el productor da prioridad a la seguridad alimentaria o a la calidad en lugar de alta productividad.

También, a nivel local, los suelos mediante sus cargas negativas y positivas en sus partículas minerales y orgánicas tienen la capacidad para filtrar el agua, limpiándola de impurezas y protegiendo la calidad del agua, el aire y la biota. De la misma manera, las comunidades microbianas, y por la macrofauna del suelo, pueden transformar los compuestos orgánicos, ya sea por mineralización o por humificación. En el suelo, el tiempo de residencia de los contaminantes es mucho mayor que en el aire y el agua, y el contaminante puede desactivarse por diversas reacciones químicas (e.g. oxidación, reducción, quelación, precipitación, carbonatación y otras). El peligro de toxicidad de los contaminantes para los seres humanos es menor en el suelo que en el aire y el agua, dado que, para ser ingerida, la toxina primero debe pasar por las plantas. La dispersión del contaminante, también, es considerablemente menor en el suelo que en el aire o el agua (Bautista 1999).

Otra función del suelo, a nivel local, es ser fuente de materiales, como: arcilla, arena, grava y minerales, entre otros. De la misma forma, es el medio físico para sostener la estructura socioeconómica de habitación, desarrollo industrial, sistemas de transporte, recreación, reservorio de residuos, etcétera.

A nivel regional o de cuenca, el suelo es regulador de la calidad del agua ya que funciona como un reactor, almacenando, filtrando, amortiguando y transformando muchos compuestos, entre ellos, los contaminantes. Los suelos que menos agua almacenan para la nutrición de las plantas son AR, LP,

RG, PD y SC; los de moderada a alta capacidad, VR, CM, FR, AC, CL, GY, LX, LV, KZ, AL y SN; los que tienen alta a muy alta, AN, NT, CZ y PH y los suelos con riesgo de inundación temporal, FL, GL, HS, PT, PL y en, menor grado, AC, AL, LX, LV y SN (FAO 1993).

Cuadro 2

### Suelos recomendados para la siembra de cultivos

Cultivo	AN	AR	VR	GL	FL	LP	CM	PL	FR	AC	LX	NT	KZ	PH	LV
Plátano	N	N	N	N	S	N	S		S	S	S				
Coco	N	S			S					N	N	N			
Arroz	N	N	S	S		N		N	N	N	N	N	N	N	N
Henequén	N		N	N	N	S	S		N	N	N	N			S
Mandioca		S		N		N	S		S	N	N	N			S
Caña de azúcar	S		S		S		S	S	S	S	S	S			S
Maíz	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Soya			S		S		S		S	S					

AN= Andosol, AR= Arenosol, VR= Vertisol, GL= Gleysol, FL= Fluvisol, LP= Leptosol, CM= Cambisol, PL= Planosol, FR= Ferralsol, AC=Acrisol, LX= Lixisol, NT= Nitisol, KZ= Kastanozem, PH= Phaeozem, LV= Luvisol.  
N= no se cultiva; S= sí se cultiva.

A nivel global, el suelo es un reservorio importante de elementos que participan en el cambio climático global, entre los que destaca el carbono. Asimismo, el suelo en condiciones naturales está constituido por una gran variedad de organismos, entre los cuales pueden estar las plantas, animales y los microorganismos, por lo que el cambio de uso de suelo tiene un impacto en la biodiversidad de los ecosistemas terrestres.

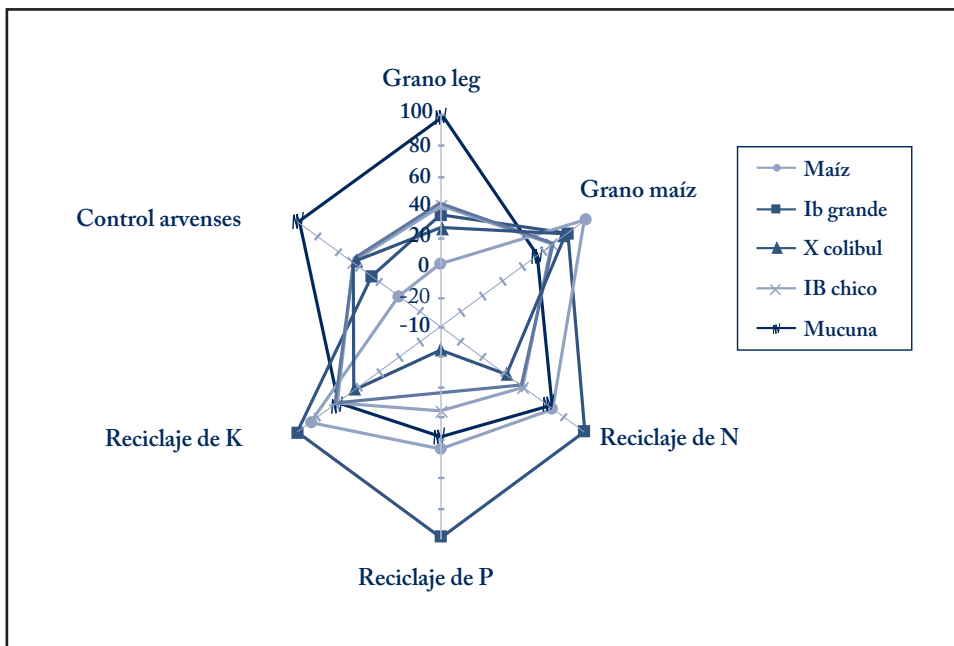
En el ámbito social, el suelo es parte de la herencia cultural que contiene tesoros arqueológicos y paleontológicos, importantes para conocer la historia de la humanidad y de la Tierra.

El establecimiento y la extensión de la infraestructura humana (urbana, industrial y de transporte), la descarga de la basura, la extracción de materiales y la agricultura intensiva ejercen presión (disminución o eliminación) sobre las otras funciones del suelo. Por lo que, en la actualidad, se requiere armonizar el uso del suelo en el nivel regional para permitir que las funciones del suelo se sigan dando de una manera sostenible. En investigación, es

necesario estudiar las amenazas sobre las funciones del suelo y sus efectos ya que serán diferentes en diversos suelos, en distintas regiones y, también, tendrán diferentes tasas de cambio (Bouma 2009). Las funciones del suelo son difíciles de medir directamente, así que son determinadas, por lo general, midiendo indicadores de su calidad.

La calidad es un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que, juntas, contribuyen a la conservación de las funciones del suelo (Karlen *et al.* 1997). Los indicadores de la calidad del suelo (ICS) miden las propiedades que influyen sobre la capacidad del mismo para conservar las funciones de los suelos (Acton y Padbury 1993). Existen muchas propiedades del suelo que cambian en respuesta a las diferentes prácticas de manejo y uso de la tierra, muchas de ellas son más sensibles, mientras que otras no lo son tanto (Granatstein y Bezdicek 1992). Los ICS deben: a) correlacionarse con los procesos del ecosistema; b) integrar las propiedades físicas, químicas y biológicas, y ser un punto básico para estimar las propiedades o funciones del suelo más difíciles de medir directamente; c) medirse fácilmente en campo tanto por especialistas como por productores y d) ser sensibles a las variaciones climáticas y de manejo.

Figura 1



Evaluación integral de leguminosas utilizadas como cultivos de cobertera (Amaya *et al.* 2005).

Para la evaluación de las funciones del suelo se han desarrollado una gran diversidad de funciones de edafotransferencia (ecuaciones mediante las cuales se estiman procesos, propiedades o funciones del suelo a partir de propiedades del suelo de fácil medición y que, generalmente, se miden en los levantamientos de suelo). También, se han desarrollado modelos conceptuales y dinámicos para la evaluación de tierras, así como *software* para aplicarlos. Algunos ejemplos son los modelos del grupo Microleis (De la Rosa *et al.* 1996, 2004, 2005; De la Rosa 2006) y los de Lehmann *et al.* (2008). Sin embargo, es necesario probar y adaptar esos modelos a las condiciones de los suelos en Latinoamérica para, así, poder usarlos sin riesgo de fracaso.

Otro avance en la evaluación de tierras es la utilización de evaluaciones integrales o multiparámetro tanto a nivel local como espacial (ver figura 1) (Astier *et al.* 2008).

## Degradación del suelo

Es el deterioro o la pérdida total de la capacidad productiva del suelo a corto y largo plazo, la cual es propiciada por los cambios que afectan el estado y la función del suelo dentro de los ecosistemas (OECD 1994). Implica una reducción de la capacidad del suelo de producir bienes económicos y llevar a cabo funciones ambientales de regulación, que son dos directamente relacionadas con el bienestar del ser humano (productividad agrícola y mantenimiento de la calidad del agua y el aire) (Lal 1998). La *Global Soils Degradation Data Base* (GLASOD) define la degradación del suelo como “...un fenómeno inducido por el ser humano que reduce la capacidad actual o futura de mantener la vida humana...” (Gerrard 2000).

A nivel mundial, Latinoamérica presenta dos áreas contrastantes: a) una más degradada (México y Centroamérica) y b) una menos afectada (Sudamérica). En Centroamérica, la erosión es el principal problema de degradación del suelo y, a la vez, genera un gran problema ambiental por la degradación de los recursos naturales en general: geoformas, agua, flora y fauna (FAO 2000; FAO 2001). Esta situación ha ocasionado, entre otras cosas, problemas en el desabasto de alimentos, salud y migración intensa, todo lo cual redundará en la

generación de situaciones de pobreza extrema, que será muy difícil revertir pero que debe atenderse de inmediato.

En Sudamérica existen grandes superficies con suelos en condiciones naturales, sin embargo, presentan restricciones para las actividades agrícolas, entre las que predominan la toxicidad por aluminio, erosión y fijación de fósforo. El diseño y mejoramiento de los sistemas agropecuarios y forestales debe considerar dichas restricciones para que los sistemas agropecuarios y forestales sean exitosos.

## Degradación natural

Es un proceso dado por los factores y procesos formadores que actúan sobre los suelos, desarrollándose éstos con características que son limitantes para determinados usos (ver gráfica 2). Así, por ejemplo, se reconocen, para Latinoamérica y el Caribe, siete limitantes importantes en la fertilidad de los suelos (FAO 2000) y que se describen brevemente en orden decreciente de importancia; entre paréntesis se coloca el porcentaje del área con esa limitante.

### *Toxicidad por aluminio (39%)*

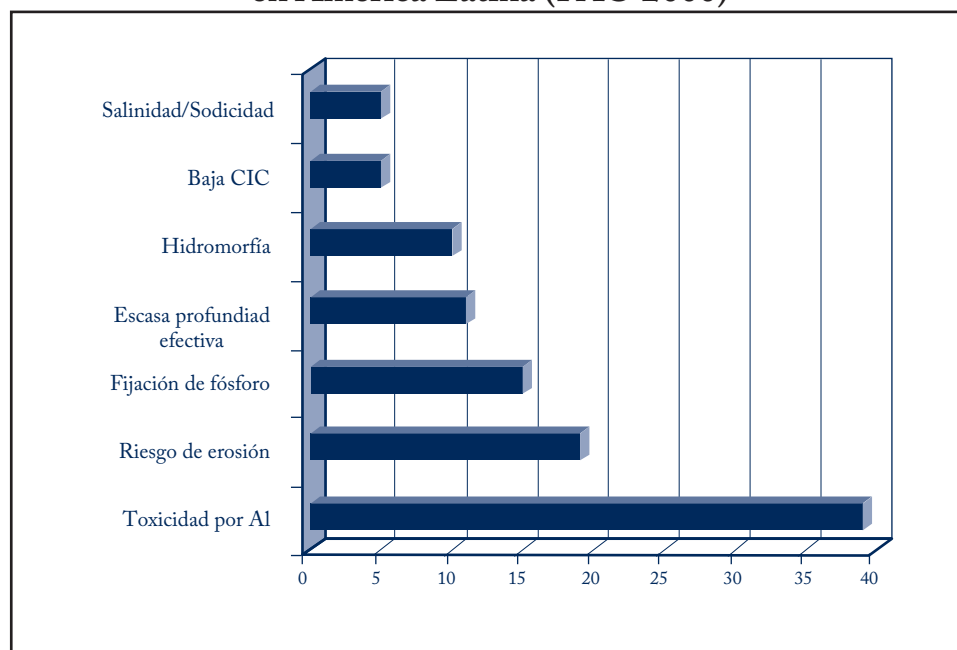
Se presenta en suelos en los que el complejo de intercambio catiónico está dominado por aluminio, como en los ferralsoles y acrisoles no húmicos, asociado a un pH de <5.0. La causa principal es una fuerte lixiviación de bases intercambiables debido a altas precipitaciones, como sucede en el trópico húmedo. Aunque existen plantas tolerantes al aluminio intercambiable (p.e. piña, té), para la mayoría de los cultivos es una limitante grave.

### *Riesgo de erosión (19%)*

Esta limitante se origina al abrir suelos con vegetación natural para la agricultura en pendientes empinadas (>30%) y moderadas (8-30%), aumentando el riesgo cuando, además, tienen texturas contrastantes en los diversos horizontes. Aunque las características físicas que dan lugar a los altos potenciales de riesgo de erosión no son las únicas causas de ello, de igual importancia las condiciones socioeconómicas obligan al agricultor a cultivar tierras inapropiadas.

Gráfica 2

### Limitantes naturales de la fertilidad de suelos en América Latina (FAO 2000)



#### *Alta fijación de fósforo (15%)*

La causa principal de esta limitante es el alto contenido de óxidos de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en la fracción arcillosa, que fijan el fósforo de tal forma que no está disponible para las plantas; comúnmente el fósforo se asocia a suelos del tipo ferralsoles, acrisoles y andosoles con altos porcentajes de arcilla. Es una limitante difícil de superar, ya que los fertilizantes fosfatados aplicados son fijados rápidamente por los óxidos de hierro. Se recomienda agregar fuentes de fósforo que liberen, de manera lenta, el elemento a la solución del suelo.

#### *Hidromorfía (10 %)*

Se refiere a suelos húmedos durante la mayor parte del año que están determinados por el relieve; generalmente, son suelos establecidos en las partes bajas del relieve y pertenecen a los grupos Gleysol, Fluvisol e Histosol.

#### *Baja capacidad de intercambio catiónico (5%)*

Son suelos con bajos porcentajes de materia orgánica y de arcillas o arcillas con baja capacidad de intercambio catiónico, como: arenosoles y ferralsoles. La baja reserva de nutrimentos, acompañada por bajos contenidos de materia

orgánica y bajas capacidades de retención de humedad, hacen que los insumos para el rendimiento agrícola sean muy altos y no sostenibles, a menos que el contenido de materia orgánica se pueda elevar.

#### *Salinización/Sodificación (5%)*

Los suelos salinos sódicos se encuentran naturalmente en zonas bajas de regiones áridas y semiáridas. Tienen una acumulación de sales en el perfil (Solonchak) o dominancia de sodio en el complejo de intercambio (Solonetz).

#### *Suelos someros (11%)*

Esta limitante se tiene en suelos que tienen rocas o un horizonte endurecido muy cercano a la superficie del suelo, como en leptosoles, presentando profundidades efectivas <30 centímetros. Son pedregosos, propensos a la desecación y con frecuencia se encuentran en pendientes pronunciadas. La creciente presión sobre la tierra agrícola ha llevado a utilizarlos, sobre todo en los trópicos, y si no se tiene un manejo adecuado se degradan de manera irreversible.

## Degradación antrópica y su influencia sobre la fertilidad

Se reconoce que los procesos de degradación que llevan a la transformación de los suelos en forma acelerada son inducidos por las actividades del ser humano. Las causas son variadas, pero muchas veces son el resultado de una compleja interacción de factores naturales, sociales y económicos. Es claro que todas las actividades del ser humano conllevan, en mayor o menor grado, a un proceso de degradación.

La severidad depende de las características del paisaje, las cuales incluyen el tipo de suelo, el relieve, la vegetación y el clima (precipitación, temperatura y evapotranspiración), además de factores socioeconómicos, como: la densidad de población, la tenencia de la tierra, las políticas ambientales y la forma en que el suelo se utiliza y se maneja (Gerrard 2000).

Las actividades humanas que más han contribuido a la degradación de los suelos son las agrícolas, el sobrepastoreo y el desarrollo urbano e industrial,

las cuales comienzan por la deforestación (OECD 1994; Lal 1998). Las consecuencias pueden apreciarse en varios niveles, desde la pérdida de la calidad y cantidad del suelo en una parcela, provocando disminución de la productividad y, con ello, reducción en los ingresos de la familia, hasta la eutroficación y azolve de cuerpos de agua (regional), la pérdida de biodiversidad y el incremento en la emisión de gases que propician el efecto invernadero (global).

Los procesos de degradación del suelo (OECD 1994) pueden deberse a: a) deterioro interno del suelo, proceso cuyo resultado es la pérdida de la calidad del suelo, que se refiere a una reducción de la fertilidad, o de la habilidad del suelo de mantener el crecimiento de las plantas, debido a cambios químicos, físicos o biológicos y b) procesos cuya consecuencia es la pérdida de cantidad de suelo, a consecuencia de la disgregación y transporte de material del suelo y se considera un cambio físico.

De la misma manera que el hombre a ocasionado problemas de degradación de suelo, hay numerosos casos en Latinoamérica y el mundo de mejoramiento de los suelos por actividades humanas, como: creación de terrazas, construcción de chinampas y formación de las tierras pretas en Brasil, entre otras.

A continuación se describen los diferentes procesos de degradación antrópica, haciendo énfasis en las características y propiedades de los suelos que, al ser modificadas, llevan a la pérdida de la fertilidad.<sup>3</sup>

#### *Pérdida de materia orgánica*

La fuente principal de materia orgánica del suelo son los tejidos vegetales y, bajo condiciones naturales, la vegetación aporta estos residuos orgánicos. Las ganancias de materia orgánica se deben, principalmente, a la cantidad y tipo de residuos orgánicos adicionados, mientras que las pérdidas se generan

---

<sup>3</sup> La fertilidad está definida como la habilidad del suelo de satisfacer las demandas de las plantas por nutrientes y agua, así como de proveer una matriz física adecuada (aireación, penetración de raíces, capacidad de campo) para el desarrollo y sostén de las raíces. Todas las actividades del ser humano que afecten las características y propiedades relacionadas con la fertilidad afectarán la productividad.

por todas aquellas actividades que impiden la entrada de materia orgánica, que favorecen su oxidación (aireación, aumento de la temperatura, poca humedad) y/o provocan una pérdida del horizonte orgánico (erosión).

La pérdida de materia orgánica tiene consecuencias graves para el suelo debido a su influencia sobre sus propiedades y su fertilidad. Muchos de los efectos son indirectos y es evidente que el gran efecto de la materia orgánica del suelo no es proporcional al contenido relativamente bajo (0.5 a 5%) que tienen la mayoría de los suelos.

Las actividades que ocasionan aumentos de la materia orgánica en el suelo son la conservación de la vegetación natural, el uso de abonos orgánicos y los cultivos de cobertera, prácticas para evitar la erosión, reciclamiento de nutrientes, propiciar las bajas temperaturas y la retención de humedad, pastoreo controlado, aplicación de composta y la conservación de los niveles de nitrógeno. Por el contrario, las que la disminuyen son la deforestación, erosión, agricultura intensiva, cosecha completa (planta con todo y raíz), exposición a altas temperaturas, exposición al sol, fuego, sobrepastoreo, propiciar una humedad baja, fertilización inorgánica solamente y favorecer concentraciones excesivas de nitrógeno mineral.

#### *Disminución de la actividad biológica*

En general, la actividad biológica se concentra en la hojarasca y los primeros centímetros del suelo, por lo que todas aquellas acciones que provocan una reducción de la materia orgánica afectarán dicha actividad y, consecuentemente, a todas las funciones que cumplen los organismos. Los efectos más severos se dan, en primer término, por la alteración de las condiciones del suelo que provoca la deforestación: en principio, se pierden especies de lombrices endémicas muy sensibles a cambios en su ambiente y surgen otras exóticas, cambiando la estructura funcional del sistema (Bhadoria *et al.* 2000); se alteran la cantidad y calidad de la hojarasca y se modifican el macro y microclima del suelo (aumento de la temperatura y disminución de la humedad), trayendo consigo cambios desfavorables en la densidad, biomasa, diversidad y actividad de la fauna y microbiota del suelo debido a la tolerancia diferencial específica de los organismos (Tian *et al.* 1997; Lavelle y Pashanasi 1989; Couteau y Bolger 2000; Barros *et al.* 2002).

Otras actividades que afectan a la fauna y microbiota del suelo son el arado y el sobrepastoreo (Hoefler *et al.* 2001). El primero es una actividad que afecta severamente a todos los organismos tanto por el efecto directo de la manipulación mecánica sobre las lombrices como por los daños indirectos de la modificación de las condiciones físicas del suelo (mayor aireación y exposición de las lombrices a la luz ultravioleta, lo cual es letal).

Existen diferencias en la respuesta de las comunidades de lombrices a los diferentes tipos de arado del suelo, viéndose más afectadas por el arado profundo e intensivo (Emmerling 2001; Chan 2001). Es posible que el uso intensivo y por tiempo prolongado de suelos para la agricultura haya eliminado muchas de las especies benéficas (Chan 2001).

Los suelos cultivados tienen menor biomasa microbiana (carbono y nitrógeno) y mayores concentraciones de bióxido de carbono que los pastizales permanentes (Saggar *et al.* 2001). Los cambios en la macrofauna son consistentes con modificaciones en la biomasa microbiana. El desplazamiento de la biomasa microbiana, sus cocientes metabólicos y la macrofauna del suelo parecen estar asociados a las diferencias en la cantidad y calidad de las entradas de materia orgánica y a las tasas de descomposición, que son reflejo del cambio de uso del suelo. La diversidad de nemátodos, también, es menor en los suelos cultivados que en pastizales. Los diversos usos agrícolas, y en especial las prácticas agrícolas, ocasionan transformaciones en la macrofauna, lo cual provoca que con el paso del tiempo cada uso de suelo en particular tenga una comunidad de macrofauna del suelo específica (Bautista *et al.* 2009).

#### *Pérdida de nutrimentos*

Un proceso de degradación química del suelo, en particular en el trópico, es causado por la pérdida gradual de nutrimentos, resultado de las actividades agrícolas. Si éstos han sido removidos con las cosechas y no son repuestos —ya sea en forma natural a través de la intemperización de los minerales del suelo, por reciclaje o por adición de fertilizantes/abonos— se irán agotando las reservas naturales. Se ha estimado que la pérdida inducida por actividades del ser humano afecta 135 millones de hectáreas en todo el mundo (Hartemink y Bridges 1995).

La merma de nutrimentos sucede cuando la remoción dada por extracción de éstos con la cosecha, lixiviación, pérdida de suelo (erosión) y/o volatilización y nitrificación es mayor que la adición a través de las aplicaciones en forma de fertilizantes, residuos vegetales y abonos, fijación de nitrógeno, deposición atmosférica y/o por solubilización de minerales del suelo por intemperización.

Este proceso de degradación se encuentra muy ligado a los contenidos de materia orgánica del suelo y a la actividad biológica de los microorganismos, por lo que todos aquellos procesos que promuevan mermas en éstas tendrán como efecto una pérdida de nutrimentos. Pero, también, está muy conectado al tipo de material parental del cual se formaron los suelos y es por ello que el proceso no es igual en todos los suelos que se utilizan de igual forma, pues depende de la capacidad específica de cada uno de suministrar por intemperización los minerales que se agotan.

#### *Salinización/Alcalinización*

Ocurre cuando la concentración de sales en el suelo superficial aumenta. Este problema está estrechamente ligado a las propiedades del suelo específicas del sitio y a condiciones climáticas, dándose sobre todo en regiones áridas y semiáridas, porque no hay suficiente lluvia para lavar el exceso de sales solubles y por el movimiento del agua que sube por capilaridad, más la evaporación que precipita las sales. La salinización del suelo también se presenta en las zonas costeras por la intrusión salina y los cambios en los niveles de la tabla de agua, así como por la interrupción de los flujos naturales e inducidos.

La sodificación y alcalinización se presentan por el aumento de las sales de sodio con respecto a las de calcio y magnesio; el indicador en este proceso es el aumento de la relación de absorción de sodio (RAS), que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ / [(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}) / 2]^{1/2}.$$

Las actividades del hombre que causan este problema son la utilización de agua de riego de mala calidad y sistemas deficientes de drenaje en los campos irrigados.

Los efectos sobre el crecimiento de las plantas son la toxicidad directa debido al exceso de sal —sobre todo si involucra sodio (Na), cloruro y boro (B)— y la afectación del balance iónico de las plantas, reduciendo su capacidad de absorber agua porque disminuye el potencial osmótico.

### *Acidificación*

Algunos suelos son ácidos por naturaleza por el lavado de bases intercambiables a largo plazo, la respiración microbiana y por oxidación de la materia orgánica. Ciertas actividades antrópicas aceleran estos procesos, como: la depositación atmosférica de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$  y el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos nitrogenados.

Los efectos de la acidificación dependen de la capacidad amortiguadora de cada tipo específico de suelo y trae como consecuencia una disminución del pH del suelo, una deficiencia de calcio (lixiviación de bases), la solubilización del aluminio y, por lo tanto, toxicidad que provoca necrosis de raíces e impide la absorción de otros nutrimentos. Reduce la disponibilidad de otros micronutrimentos, como: molibdeno (Mo) y boro. La acidificación del suelo también aumenta la disponibilidad por solubilización de manganeso, zinc, cobre (Cu) y hierro (tóxico), detiene el crecimiento de bacterias fijadoras de nitrógeno, inhibe la nitrificación y disminuye la descomposición de la materia orgánica. Todos estos procesos reducen la productividad potencial de los suelos. Una forma de manejo de la acidez del suelo es mediante la aplicación de materia orgánica humificada soluble (Bautista *et al.* 2000abd).

### *Contaminación*

Ocurre por deposición atmosférica de emisiones industriales sobre el suelo y el agua, así como por presencia de residuos industriales y domésticos provenientes de una gran variedad de actividades humanas (agrícolas, forestales, minería, de extracción, urbanas e industriales). Tres formas de contaminación del suelo muy difundidas son el uso de aguas residuales en el riego agrícola, el deficiente manejo de residuos sólidos municipales y el mal manejo de los efluentes y residuos sólidos mineros (Bautista 1999).

Los contaminantes pueden ser orgánicos o inorgánicos y, dependiendo de la vulnerabilidad del sistema suelo y la concentración del contaminante

presente, tendrán diferentes efectos negativos sobre la salud humana, el crecimiento de las plantas y la densidad, diversidad y actividad de los organismos del suelo y, consecuentemente, sobre la función específica que éstos cumplen. De hecho, los organismos del suelo se utilizan cada vez más como bioindicadores para cuantificar el impacto ecológico de la contaminación del suelo. Existen muchos estudios en los que se han documentado los efectos de los metales, plaguicidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos en la actividad de los organismos (Blakely *et al.* 2002).

Los suelos pueden actuar como reservorios e incluso como amortiguadores de los contaminantes ya que poseen propiedades que les confieren esa capacidad; sin embargo, una vez que esa capacidad amortiguadora se satura, los suelos comienzan a funcionar como fuentes de contaminantes y es entonces que existe el riesgo de contaminación de los alimentos, el agua y, directamente, de las comunidades humanas por la respiración de polvos ambientales (Bautista 1999).

#### *Compactación y encostramiento*

Son procesos que cambian las características físicas del suelo, como: permeabilidad, porosidad y estructura del suelo.

La compactación es un proceso inducido por estrés mecánico causado, sobre todo, por el peso de la maquinaria utilizada en la agricultura y por el pisoteo del ganado en pastizales, lo cual influye en forma negativa sobre la densidad aparente, reduce el espacio poroso y homogeneiza la estructura del suelo, destruyendo la geometría y conectividad de los poros. Esto resulta en una reducción del transporte de gases, agua y nutrientes, además de una disminución de los procesos biológicos. También, aumenta la resistencia a la penetración de raíces y de la macrofauna edáfica (Roehring *et al.* 1998).

Los efectos negativos sobre la fertilidad de los suelos son la reducción tanto de la capacidad de absorción de nutrientes como de la eficiencia de fertilizantes y plaguicidas, el aumento de la demanda de labranza y energía requerida y una disminución de la infiltración del agua, incrementando la escorrentía superficial y el riesgo de erosión.

El encostramiento se refiere a la formación de una delgada capa sobre la superficie del suelo con una porosidad reducida y una alta resistencia a la penetración, inhibiendo la infiltración de agua y la germinación de semillas. Es causado por la acción del agua de lluvia que dispersa al material fino que se acumula en la superficie y al secarse se endurece.

Un tipo específico de degradación involucra la exclusión del suelo de casi todas sus funciones naturales cuando se cubre con asfalto y concreto debido a la urbanización.

### *Erosión*

La denominada laminar es la pérdida de suelo superficial y la erosión en cárcavas es la ausencia total del suelo. Su magnitud, visto como un proceso natural, depende de las propiedades del suelo, del tipo de vegetación y porcentaje de cobertura, de la topografía y de las condiciones climáticas. Sus fuentes naturales son relativamente constantes a través del tiempo, pero la erosión puede acelerarse debido a las actividades humanas, que incluyen el cambio de uso de suelo (de forestal a agrícola, pecuario o urbano), a las prácticas agrícolas inadecuadas, el sobrepastoreo de tierras y la deforestación.

Durante los últimos 40 años se han perdido por erosión cerca de una tercera parte de la tierra arable a nivel mundial y sigue a una tasa de más de 10 millones de hectáreas por año; 80% de los suelos agrícolas del mundo sufren erosión moderada a severa y 10%, ligera. Las tierras de cultivo son las más susceptibles a la erosión porque el suelo se barbecha repetidamente y se deja sin una cubierta de vegetación protectora. Aunque también el sobrepastoreo puede ocasionar tasas de erosión que exceden las 100 t ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (Pimentel *et al.* 1995).

La erosión aumenta de manera dramática en tierras de cultivo que se encuentran en laderas, por ejemplo: se ha cuantificado una pérdida de suelo de 400 t ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en Jamaica, donde 52% de las tierras agrícolas se encuentra en laderas con más de 20% de pendiente. La erosión es una de las principales causas de degradación del suelo en Centroamérica y la parte oeste de Sudamérica. Las tasas de erosión más altas se registran en Asia, África y América del Sur, con un promedio de 30 a 40 t ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> y las más bajas se encuentran en Europa y Estados Unidos de América (17 t ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>), aunque estas úl-

timas también exceden en gran medida el promedio de la tasa de formación de suelo, que es de aproximadamente  $1 \text{ t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ .

El rendimiento de cultivos de algunos suelos severamente erosionados es más bajo que el de suelos protegidos. La erosión por agua y viento afecta de manera adversa la calidad y productividad del suelo, ya que al perderse el horizonte superficial se reduce la tasa de infiltración, la capacidad de retención de humedad, los nutrimentos, la materia orgánica, la biota del suelo y, también, la profundidad efectiva lo cual, a su vez, reduce la fertilidad de la tierra y la disponibilidad de agua.

El uso de grandes cantidades de fertilizantes, plaguicidas y el riego ayudan a minimizar los efectos negativos de la erosión pero, a su vez, tiene el potencial de crear problemas de contaminación, destruir el hábitat natural y contribuir al alto consumo de energía, a aumentar los costos y a crear sistemas agrícolas insostenibles. La biomasa vegetal (viva y muerta) que se deja en el campo reduce la erosión del suelo y la escorrentía superficial del agua, interceptando y disipando la energía de las gotas de lluvia y el viento.

La erosión, también, es una consecuencia de la deforestación para fines agropecuarios, ya que al degradarse el suelo agrícola se abandona y se buscan áreas nuevas con vegetación natural para abrir a la producción agrícola.

Todas y cada una de las formas de degradación del suelo, tanto naturales como antrópicas, deben ser reconocidas, estudiadas y analizadas regionalmente con el fin de generar técnicas de mejoramiento de los suelos o de recuperación de sus funciones naturales o, al menos, de restauración parcial.

## Reflexiones sobre la necesidad de información edafológica

En pleno siglo XXI, los estudios en esta materia son escasos. Hasta ahora, el conocimiento de los suelos a escala pequeña  $1:1\ 000\ 000$ , es decir, de baja resolución, sólo se tiene para  $42\ 261 \times 10^3 \text{ km}^2$  de superficie, que corresponden a 30% de los suelos del mundo. Esta superficie es habitada por 39% de

la población mundial, en otras palabras, 2 340 x 10<sup>6</sup> de personas utilizan los suelos con base únicamente en el conocimiento local tradicional y con tecnología escasa, limitada o nula (FAO 1991).

La escasez de información edafológica y, por lo tanto, de levantamientos de suelo puede explicarse debido a razones coyunturales y estructurales. Las primeras son la recesión económica global, la predominancia del modelo económico neoliberal y la carencia de la cobertura cartográfica sistemática de suelos en países en vías de desarrollo (Zinck 2005).

En la mayoría de las naciones de Latinoamérica y el Caribe existen restricciones presupuestarias que dificultan y, en algunos casos, impiden la realización de levantamientos de recursos naturales, entre ellos el suelo. Por un lado, la pérdida de poder de los gobiernos de la región debido al uso de las tierras con base en mecanismos de mercado y, por otro, la escasa demanda de información edafológica para la planeación del uso de la tierra a largo plazo por parte de entidades gubernamentales. En algunos países que han logrado terminar con su inventario de suelos a escalas medianas (1:50 000), los esfuerzos se han dirigido al uso de la información en sistemas de información geográfica y a sus aplicaciones, quedando suspendidos o restringidos los levantamientos edafológicos.

Las razones estructurales de la escasez de información edafológica son: a) presentación inapropiada de la información edáfica, b) escasa precisión de los mapas de suelos y c) altos costos de los levantamientos.

A menudo, los edafólogos generan información de suelos de difícil comprensión y acceso para los usuarios reales y potenciales (propietarios de terrenos, gobiernos y profesionistas de otras áreas), como: presentaciones poco atractivas, mapas recargados de detalles, excesivo énfasis en el mapa taxonómico y escaso énfasis en mapas interpretativos, entre otros.

Las imprecisiones en los mapas (límites cartográficos mal ubicados, unidades cartográficas demasiado heterogéneas y omisión de las propiedades relevantes de los suelos) son motivos que han limitado la realización de levantamientos de suelo.

Las razones más importantes de la escasez de los levantamientos edafológicos sistemáticos son el tiempo de realización, lo dispendioso que resulta el alto costo de oportunidad —al constituirse en una actividad indirectamente productiva— y la dificultad de visión para adicionarle un valor agregado por interpretaciones con múltiples fines, que a menudo no es contabilizado en el análisis costo-beneficio.

A pesar de las causas arriba mencionadas en torno a los levantamientos de suelo, se han desarrollado nuevas tendencias para la generación, almacenamiento, análisis y despliegue de información edafológica, con el uso de tecnología y el empleo de enfoques innovadores que disminuyen las limitantes.

En la producción de información se cuenta con tecnología para la captación de datos, como: los sistemas de posicionamiento global y diversos tipos de radares de penetración terrestre o *ground penetration radar* y el de inducción electromagnética o *electromagnetic induction radar*, entre otros. En el análisis de la información se han desarrollado una gran cantidad de modelos cualitativos y cuantitativos, entre los que destacan los relacionados con la estadística espacial, como: los variogramas, *Kriging*, conjuntos difusos y fractales. En el almacenamiento, procesamiento y despliegue de información edafológica y de otros recursos naturales se cuenta con los sistemas de información geográfica.

Los nuevos enfoques son: a) elaboración de mapas de atributos de suelo y clasificación y manejo de los epipedones, por ejemplo, *top soil* (FAO 1998), tratamientos geoestadísticos; b) levantamientos detallados y muy detallados para agricultura de precisión o de sitio específico; c) mapas morfométricos de suelos-terreno, elaborados con base en modelos digitales de elevación y generación de datos mediante funciones de transferencia; d) mapas participativos de suelos/clases de tierra, con la participación activa de campesinos/agricultores, considerando el conocimiento indígena o local y e) mapas de paisaje edáfico, tomando en cuenta la integración de la geomorfología como base cartográfica y de la pedología como el contenido edáfico.

En el caso particular de Latinoamérica y el Caribe, algunos elementos tecnológicos se encuentran al alcance de las economías de los gobiernos e instituciones de investigación y extensión, así como de productores, y se

deberían utilizar en la generación, captación, almacenamiento, análisis, procesamiento y despliegue de información edafológica con el fin de disminuir los problemas de degradación del suelo. Para esto, la capacitación de los nuevos profesionistas en el manejo de tecnología de la información relacionada con los recursos naturales es una tarea urgente.

En el mismo sentido, los nuevos enfoques para el manejo de la información edafológica deben ser adoptados y adaptados, principalmente el enfoque etnopedológico ya que en Latinoamérica existe una gran cantidad de conocimiento local.

Ante la escasez de información edafológica escrita, en la compilación de datos de suelos en Latinoamérica y el Caribe se deben considerar ambas tendencias (tecnología de la información y nuevos enfoques), pues son complementarias.

## Conocimiento local sobre los suelos: Etnopedología

En Latinoamérica, los productores locales —sean campesinos, indígenas, mestizos o de otro tipo—, a través de su experiencia, han acumulado conocimiento sobre las propiedades, funcionamiento y manejo de los recursos naturales. El conocimiento local presenta las siguientes características: restringido geográficamente, considera la dinámica temporal, es colectivo, diacrónico y holístico, producto de una larga historia de observación, análisis y manejo de los recursos naturales que es transmitido de forma oral y por la práctica de generación en generación (Toledo 2000).

El conocimiento local sobre los recursos naturales es amplio, incluye la información sobre el paisaje, geoformas, tipo de vegetación, plantas, animales, hongos, algunos microorganismos, minerales, suelos, ríos y acuíferos, entre otros aspectos.

Los sistemas productivos diseñados con base en el conocimiento local se sustentan, principalmente, en las interacciones ecológicas (por lo cual, a menudo, son energéticamente eficientes); sin embargo, presentan limitaciones

económicas al no estar dirigidas al mercado sino al autoconsumo (Bautista y Estrada 1998; Barrera y Zinck 2000).

En América Latina, la gente local, a través de su experiencia, ha acumulado conocimiento sobre las propiedades, funcionamiento y manejo de los suelos que puede ser utilizado en la elaboración de los planes de desarrollo y en el mejoramiento de los sistemas de clasificación de suelo locales (Winklerprins 1999; Winklerprins y Barrera 2004). En una revisión mundial de Etnopedología, Barrera y Zinck (2000) reportan que 25% (259) de todos los estudios etnopedológicos publicados son de América Latina y los seis países más importantes por su número son México (100), Perú (50), Bolivia (18), Brasil (16) y Ecuador y Venezuela (10 cada uno), lo cual demuestra que ese tipo de conocimiento se reconoce, al menos, por el sector académico e incluso puede decirse que ya se ha hecho escuela por los más de 28 años de investigaciones realizadas por Ortiz-Solorio (Ortiz-Solorio y Cuanalo, 1980) y colaboradores (Williams y Ortiz 1981; Ortiz y Gutiérrez, 1999; Lleverino *et al.* 2000; Alfaro *et al.* 2000; Ortiz *et al.* 2005).

En países como México existe un gran potencial para el desarrollo de la Etnopedología, ya que hay una gran cantidad de grupos indígenas con más de 85 lenguas y con más de cuatro milenios de experiencia, así como diversas y grandes comunidades campesinas con una población en crecimiento (ver gráfica 3); de entre ellas resaltan las comunidades náhuatl y maya con una población de 1 376 026 y 759 mil habitantes, respectivamente. Otras comunidades indígenas con poblaciones mayores a los 100 mil habitantes, que también son de interés etnopedológico, son la chol, huasteca, chinanteca, mixteca, zapoteca, mazahua, mazateca, mixe, otomí, purépecha, totonaca, tzeltal y tzotzil.

En este contexto, el conocimiento local sobre los suelos con base en la percepción, clasificación y aprovechamiento (Etnopedología) debe ser un recurso intelectual utilizado para el mejoramiento de las prácticas de manejo de suelo y para el diseño de nuevos agroecosistemas con mayores posibilidades de inserción en el mercado y conservando las ventajas ecológicas de los agroecosistemas tradicionales. El conocimiento local sobre el suelo, a menudo, es complementario con los estudios técnicos ya que diferentes analistas observan diferentes cosas (ver figura 2).

Gráfica 3

### Crecimiento de la población indígena en México (CONAPO 2001)

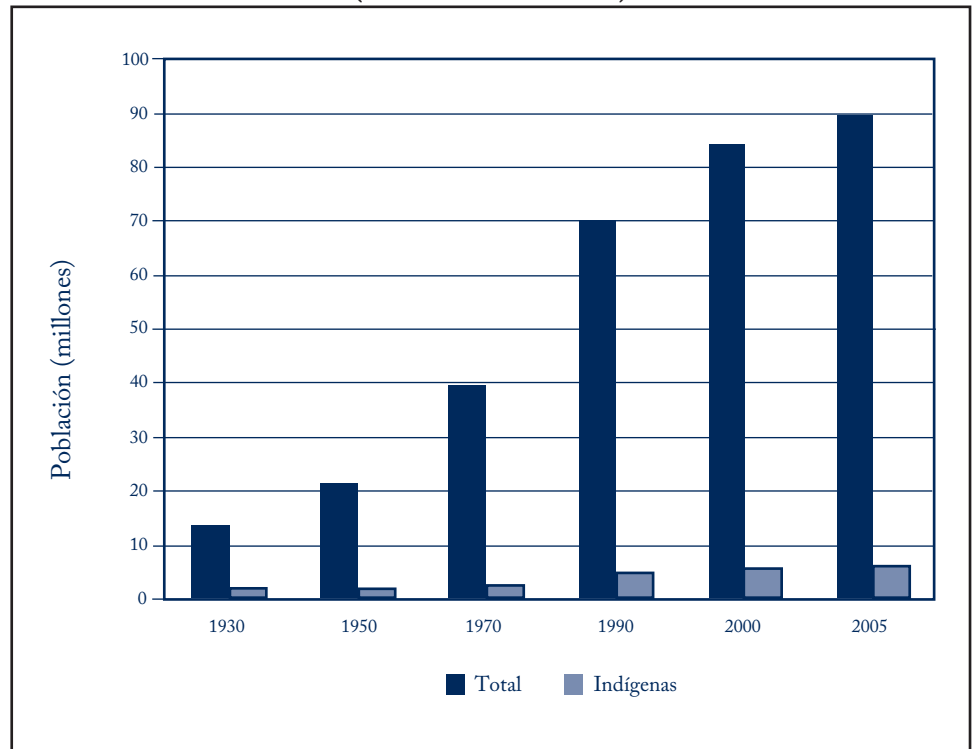
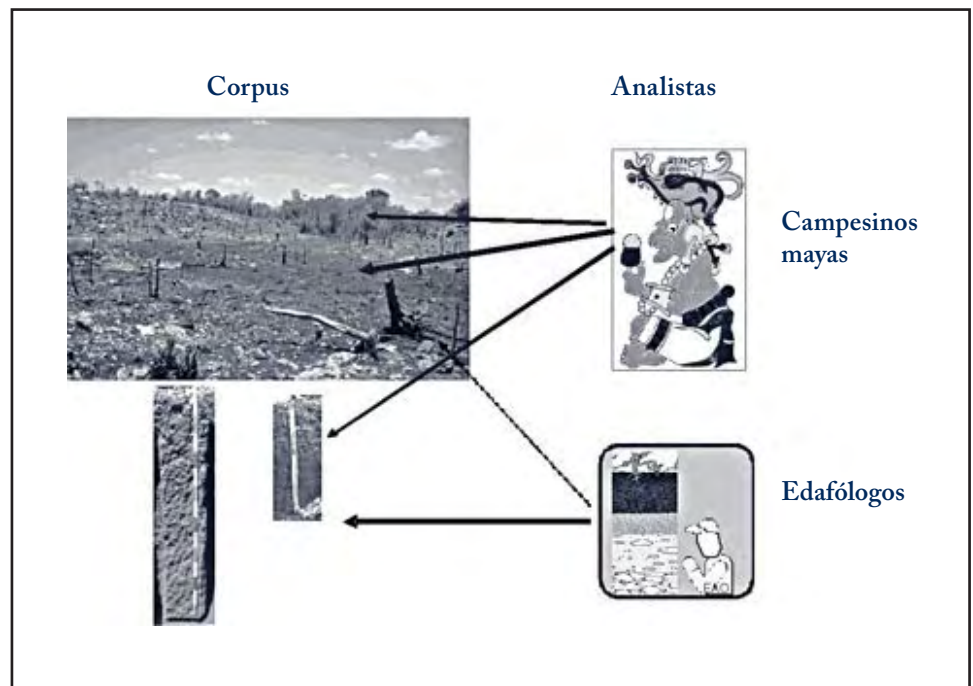


Figura 2



El suelo observado por dos analistas diferentes, campesino maya y edafólogo, ambos con conocimientos técnicos diferentes, distintos lenguajes diferentes cosmovisiones.

En un sentido amplio, existen dos buenas razones para la realización de estudios etnopedológicos:

- 1) El conocimiento de los sistemas tradicionales de producción, las prácticas de manejo y la lógica ecológica se están perdiendo debido al desarrollo de la agricultura moderna que ha ignorado la heterogeneidad ambiental, cultural y socioeconómica de la agricultura tradicional; su revalorización y rescate podrían ser de utilidad para desarrollar estrategias agrícolas más apropiadas, más sensibles a las complejidades de los procesos agroecológicos y socioeconómicos y, así, diseñar tecnologías que satisfagan las necesidades específicas de grupos humanos locales.
- 2) Los principios ecológicos extraíbles de estudio de agroecosistemas tradicionales pueden ser utilizados para diseñar agroecosistemas sustentables y, de esta forma, corregir muchas de las deficiencias que afectan a la agricultura moderna, como: el uso de recursos locales (con energía humana y animal), además de la diversidad de cultivos asociados en el tiempo y en el espacio para maximizar la seguridad de cosecha aún a niveles bajos de tecnología (Altieri 1989).

## Manejo agrícola del suelo y cuidado del ambiente: fertilidad, calidad y salud del suelo

Las prácticas de manejo del suelo han dependido de la cultura que las aplica y de su concepción y valoración de este recurso natural no renovable. Así, tenemos que las culturas con una concepción ecológica han sido las que han ocasionado un menor impacto en su degradación; por el contrario, las culturas en las que el hombre es el centro del mundo la degradación ha sido más intensa.

Por ejemplo, desde la década de los 70 y a raíz de la producción de fertilizantes con la llamada *revolución verde*, los suelos fueron utilizados sólo como sostén de los cultivos, dado que con los fertilizantes y el agua, prácticamente, se tenía la producción asegurada. Esta forma de pensar —en la que el suelo

es ignorado y no se toman en cuenta sus procesos de formación, su morfología y composición (física, química, mineralógica y biológica)— ocasionó que grandes extensiones de suelo agrícola de buena calidad fueran degradadas, algunas de ellas de manera irrecuperable, como las muy erosionadas o las altamente salinizadas.

En contraparte, los agroecosistemas prehispánicos fueron —y son— energéticamente sostenibles; en ellos, todos los recursos, incluyendo el suelo, se contemplan como parte de un todo (ecosistema) y no de manera aislada. A pesar de esto, en las condiciones actuales (mayor densidad de población y modelo económico capitalista), la mayoría de los agroecosistemas campesinos son de baja rentabilidad y productividad (con excepción de algunos casos) y de difícil inserción en la economía de mercado. El reto es retomar la filosofía de las antiguas culturas y adaptarlo a las condiciones actuales.

En la última década se ha tratado de incorporar el conocimiento de la variabilidad espacial del suelo en el mejoramiento de los sistemas agropecuarios y ha surgido la agricultura de precisión o de sitio específico, la cual recoge las múltiples experiencias de las culturas prehispánicas en el manejo agropecuario. El principio básico consiste en el reconocimiento de las diferencias en los suelos y cultivos para darle un manejo especial y apropiado, como: la aplicación de fertilizantes y herbicidas, sólo en el sitio en el que se requiere, por ejemplo; de esta forma se logra un uso eficiente de los insumos en combinación con el cuidado del ambiente. Este concepto puede ir más lejos, como lo demuestran las prácticas actuales de las etnias sobrevivientes, al cultivar diversas plantas en los manchones de suelo dentro de una misma parcela, como ocurre en la milpa de los mayas de Yucatán (Teran y Rasmussen 1994).

A nivel de rancho o finca, con los mapas de suelos parcelarios se pueden estimar las compras de insumos (semillas, fertilizantes, abonos, plaguicidas, riego, etc.), el esfuerzo de trabajo para determinada actividad y el manejo de las enmiendas. Recientemente, los mapas de suelos a nivel parcela han sido una herramienta básica de la agricultura de precisión o de sitio específico, con la que se intenta aumentar la eficiencia en el manejo del suelo y del cultivo, así como disminuir los efectos negativos al ambiente.

Del mismo modo, varios conceptos de manejo de suelo han cambiado; así, tradicionalmente al suelo se le valoraba según su fertilidad, concepto que se ha modificado con el tiempo, pasando del aspecto químico y nutrimental, al físico y, más tarde, al biológico; sin embargo, en fecha reciente, el concepto ha sido ampliado para incluir atributos de seguridad y calidad alimentaria, salud animal y humana, así como calidad del ambiente.

La calidad del suelo es, desde esta óptica, la capacidad para producir cultivos seguros y nutritivos de manera sustentable, que aumenten la salud animal y humana, sin perjudicar los recursos naturales y sin dañar el ambiente (Arshad y Coen 1992; Doran y Parkin 1994; Karlen *et al.* 1997). Este cambio en la concepción de la calidad del suelo es de suma importancia en el cuidado del ambiente, dado que ya no se piensa sólo en incrementar la producción agrícola, sino en la sustentabilidad del sistema productivo, es decir, en la posibilidad de generar algún producto de forma viable desde el punto de vista económico y ecológico, socialmente justo y que no ponga en riesgo los recursos naturales para las generaciones futuras. En el caso contrario, cuando se pondera la producción sobre el ambiente, por lo general se llega al deterioro de los recursos naturales en su conjunto, como: suelo, vegetación, fauna y cuerpos de agua.

Posterior a la aparición del concepto de calidad de suelo se propuso el concepto salud del suelo; en éste se hace énfasis en la parte biológica. Se resalta el papel del suelo como ecosistema por la gran cantidad y diversidad de organismos que en éste habitan. Considerándolo como ecosistema, se pondera el aspecto ecológico con lo cual se disminuye la visión pragmática del suelo, de manera que ya no debe hablarse de suelos de mala calidad, sino de ecosistemas degradados, lo que es claramente diferente; un suelo de mala calidad no sirve para un uso determinado, pero un suelo o ecosistema degradado debe merecer el esfuerzo de su recuperación o rehabilitación.

En Latinoamérica hay dos muy buenos ejemplos de manejo eficiente de fertilizantes: 1) el programa SERFE, que opera en Cuba en el manejo de la fertilidad de los cañaverales (Villegas *et al.* 2002) y 2) el programa de fertilización de la caña de azúcar en Tabasco, México (Palma-López *et al.* 2002 y 2005). En ambos lugares, el uso de fertilizantes se realiza con sumo cuidado,

teniendo en cuenta el balance de nutrimentos, esto con el fin de optimizar y lograr cosechas abundantes, sanas, con menores costos de producción y bajos impactos al ambiente, cuenca o ecosistema, así como una menor emisión de gases de invernadero. El reto en este aspecto es la puesta en marcha de planes de manejo agropecuario de suelos sin la pérdida de sus funciones primarias, es decir, el cuidado en la conservación de la biodiversidad y sin alteración a los flujos y calidad del agua.

## Papel potencial de la biota en el mejoramiento de los suelos

El estudio de la biología del suelo ha avanzado mucho en los últimos años, lo cual, en conjunto con las diversas experiencias originadas del conocimiento local, hacen pensar que varias de las restricciones al crecimiento de los cultivos, derivadas de las propiedades de los suelos, pueden ser disminuidas o eliminadas con el manejo biológico de la calidad del suelo. Además, existen distintos estudios que prueban que los suelos degradados pueden rehabilitarse mediante este mismo método a través del uso de plantas, estiércoles, macroinvertebrados y microorganismos (Bautista *et al.* 2000abcd).

Las plantas, ya sea como barbecho o como cultivos de cobertura y de cobertura, son ampliamente utilizadas en sistemas agroecológicos campesinos de Latinoamérica y el Caribe, obteniendo diversos beneficios de su uso, como: control de arvenses, fijación biológica de nitrógeno, mejoramiento de la fertilidad del suelo en general y mejoramiento de las condiciones microclimáticas para el cultivo principal, entre otros (ver cuadro 3).

La inoculación de microorganismos para aumentar la fijación biológica de nitrógeno molecular es una práctica común en muchos países de la región, así como el uso de hongos micorrízicos que le ayudan a las plantas a incrementar la absorción de fósforo, agua y otros nutrimentos al aumentar su superficie radicular.

En cuanto al papel de los macroinvertebrados del suelo, se han generado grandes expectativas para mejorar la calidad del suelo a partir del estudio de su actividad en experimentos de microcosmos, incluso, se cuenta con algunas

experiencias, a nivel de campo, que han sido todo un éxito económico debido a su manipulación; sin embargo, las expectativas tan grandes que se generaron también han conducido a una gran cantidad de fracasos experimentales debido a diversas causas, entre las que destacan, entre otras: a) la utilización de organismos diferentes a los reportados en la literatura, por ejemplo, lombrices epigeas en lugar de geófagas; b) la dificultad de transportar grandes cantidades de organismos; c) no se reportan los suelos en los que se realizan los experimentos de manipulación de macroinvertebrados, lo cual puede ser de suma importancia para el crecimiento del cultivo; d) la sobreestimación de la actividad de los macroinvertebrados al realizar los experimentos en microcosmos y extrapolar los resultados al campo y e) el efecto neto de las relaciones ecológicas entre organismos puede cambiar debido a las diferencias climáticas y/o edáficas.

La identificación de los macroinvertebrados más abundantes, según el grupo de suelo, es la base para la realización de comparaciones entre sistemas de manejo. De acuerdo con su abundancia, los macroinvertebrados por grupo

Cuadro 3

### Propiedades del suelo y la posibilidad de su manejo biológico

Proceso de degradación	Posibilidad de manejo biológico	Referencias
Compactación	Lombrices geófagas, termitas, escarabajos, cultivos de cobertera y abonos verdes	Langmaack <i>et al.</i> 1999 y 2002
Fertilidad (P, N, K y otros)	Asociación bacterias-leguminosas, lombrices, micorrizas, cultivos de cobertera	Lavelle <i>et al.</i> 1994 ; Ávila <i>et al.</i> 2009
Escasez de humedad	Cultivos de cobertera, hongos micorrízicos	Bautista <i>et al.</i> 2008
Salinización	Especies halófitas	
Control de plagas	Cultivo de cobertera para el control de arvenses	Caamal <i>et al.</i> 2001
Control de enfermedades	Rotación de cultivos, bacterias, hongos, insectos y cultivos de cobertera	Caamal <i>et al.</i> 2001
Acidificación	Materia orgánica disuelta	Bautista <i>et al.</i> 2000abc
Erosión	Plantas diversas, lombrices	
Contaminación	Bacterias, hongos y plantas	Kabata y Pendias 1989; Bautista 1999
Gases de invernadero	Conservación de la vegetación	

de suelo más importantes son: a) Acrisol, con arácnidos, lombrices, termitas, hormigas y coleópteros; b) Andosol, con hormigas, termitas, lombrices y miriápodos; c) Ferralsol, con termitas, enquitreidos, hormigas, lombrices y coleópteros; d) Phaeozem, con lombrices, arácnidos, coleópteros y miriápodos; e) Vertisol, con hormigas, arácnidos, lombrices y miriápodos; f) Leptosol, con arácnidos, termitas, diplópodos, miriápodos y caracoles; g) Lixisol, con arácnidos, lombrices y hormigas; y h) Nitisol, con lombrices, hormigas, miriápodos, diplópodos y coleópteros (Brown *et al.* 2003). Esta información es aún muy general debido al escaso número de casos registrados y no hay datos para los grupos de suelo restantes, lo cual constituye una oportunidad y necesidad de investigación.

Es claro que el enorme potencial agrícola que ofrece la manipulación de la biota debe ser investigado y reportado con detalle en artículos científicos pero, también, deben llevarse a cabo investigaciones para la transferencia de tecnología en cada región. De esta manera se generarán recomendaciones de campo para sitios específicos que sólo entonces deberán hacerse llegar al agricultor; así, la posibilidad de errores y fracasos agrícolas serán menores.

El manejo biológico de la calidad del suelo ha probado que ofrece ventajas tanto económicas para el productor como ambientales para la región de influencia; sin embargo, la generación de propuestas exitosas de manipulación de la biota requiere, por un lado, investigaciones detalladas, precisas y completas, además de una cuidadosa transferencia de tecnología y, por otro, que los agricultores deben hacer un esfuerzo por entender los procesos biológicos involucrados en el manejo biológico de la fertilidad del suelo.

## A manera de conclusiones

Para hacer un buen manejo de los suelos y con esto preservar sus funciones, es necesario reconocerlos, saber cuáles son, dónde están y qué superficie ocupan. Para ello, es necesario, entre otras cosas, conocer y manejar los esquemas de clasificación de suelos ya que éste es el medio de comunicación entre especialistas; realizar levantamientos de suelo utilizando nuevos enfoques con tecnología de la información, sensores remotos, geoestadística y

conocimiento local; así como elaborar mapas taxonómicos e interpretativos de acuerdo con las funciones o usos de los suelos para que puedan ser leídos y comprendidos por un público más amplio que el grupo de especialistas que los elabora.

El suelo, si se degrada, puede llegar a perder parcial o totalmente sus funciones y es por esta razón que es de primordial importancia reconocer, describir y documentar las causas de la degradación de los suelos, entre las que destacan: a) el cambio de uso de suelo por actividades agrícolas en suelos inadecuados, b) el cambio de uso de suelo a actividades urbanas e industriales en suelos de alto valor agrícola y c) la contaminación del suelo tanto en zonas urbanas por desechos domésticos e industriales como en áreas rurales por el manejo inadecuado de los fertilizantes.

En Latinoamérica, los retos edafológicos a enfrentar que se han documentado en este artículo son, también, oportunidades de desarrollo de las ciencias del suelo y de sus practicantes. Al tener la mayor extensión de suelos mejor conservados del mundo, Latinoamérica es, en la actualidad, una zona de alta importancia en diversas funciones de los suelos, como la conservación de la biodiversidad y de los acuíferos —el más grande del mundo está en Brasil—, además de la producción agropecuaria de exportación. Estas funciones serán una oportunidad de desarrollo de las naciones si los países realizan planes de manejo de suelos con base en el conocimiento edafológico o serán causas de la degradación del suelo de no contar con el personal suficiente en calidad y cantidad.

---

## Fuentes

- Acton, D. y G. Padbury. "A conceptual framework for soil quality assessment and monitoring", en: *A program to assess and monitor soil quality in Canada: soil quality evaluation program summary (interim)*. Ottawa, Canada, Center for land and Biol. Resour, Res., 1993.
- Alfaro, E. *et al.* "Clasificaciones técnicas de suelo en combinación con el conocimiento local sobre tierras, en Santa María Jajalpa, Estado de México", en: *Terra*, 18 (2): 93-101. 2000.

- Altieri, M. A. "Agroecology: A New Research and Development Paradigm for World Agriculture", en: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27: 37-46 37, 1989.
- Amaya, M. *et al.* "Dinámica de la calidad del suelo de la milpa con el uso de leguminosas como cultivos de cobertera", en: F. Bautista y G. Palacio (Eds.). *Caracterización y manejo de suelos en la Península de Yucatán*. DF, México, UACAM-UADY-INE, 2005.
- Arshad, M. y G. Coen "Characterization of soil quality: physical and chemical criteria" en: *American Journal of Alternative Agriculture*, 7: 25-31, 1992.
- Astier, M. *et al.* *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. España, SEAE, ECOSUR, UNAM, GIRA, Mundiprensa, Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, 2008, 200 pp.
- Ávila, M. *et al.* "Evaluación del efecto del follaje de árboles forrajeros y oligoquetos en el crecimiento del sorgo en condiciones de invernadero" (en prensa), en: *Acta Zoológica Mexicana*. México, 2009.
- Barrera, N. y A. J. Zinck. *Ethnopedology in a worldwide perspectives: an annotated bibliography*. Enschede, The Netherlands, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science, 2000.
- Barros, E. *et al.* "Effects of land use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia", en: *Biology & Fertility of Soils*, 35: 338-347. 2002.
- Bautista F y Estrada H. "Conservación y manejo del suelo", en: *Ciencias* (50): 50-55. 1998.
- Bautista, F. *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán, 1999.
- Bautista, F. *et al.* "Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica disuelta tipo vinazas", en: *Revista Internacional de Contaminación ambiental*, 16(3): 89-101. 2000a.
- Bautista, F. *et al.* "La materia orgánica soluble en el mejoramiento de los suelos tropicales", en: *Perspectivas de la edafología del siglo XXI*. Edo. de México, México. Colegio de postgraduados, 2000b, pp. 247-253.
- Bautista, F. *et al.* "Las lombrices de tierra: oportunidades de estudio y manejo en la península de Yucatán", en: *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*, 15(215): 22-27. 2000c.
- Bautista-Zúñiga, F., T. Reyna, L. Villers y C. Durán-de-Bazúa. *Mejoramiento de suelos agrícolas usando aguas residuales agroindustriales. Caso: vinazas crudas y tratadas*. DF, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2000d.
- Bautista, F., C. Delgado y H. Estrada. "Effect of legume mulches and cover crops on earthworms and snails", en: *Tropical and Subtropical Agroecosystems an International*

*Multidisciplinary Journal*, 8: 45-60, 2008.

Bautista, F., C. Díaz-Castelazo y M. García-Robles. "Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on Leptosols from Karstic zones", en: *Tropical and subtropical agroecosystems an international multidisciplinary journal*, 10: 185-197, 2009.

Barrera, N. and J. A. Zinck. *Ethnopedology in a worldwide perspective. An annotated bibliography*. ITC Publication 77. Enschede, The Netherlands, 2000.

Bhadauria, T., P. S. Ramakrishan y K.N. Srivastava. "Diversity and distribution of endemic and exotic earthworms in natural and regenerating ecosystems in the central Himalayas, India", en: *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 2045-2054, 2000.

Blakely, J. K., D. A. Neher y A. L. Spongberg. "Soil invertebrate and microbial communities, and decomposition as indicators of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination", en: *Applied Soil Ecology*, 21: 71-88, 2002.

Blume, H. P. y L. Giani. "Classification of Soils in Urban/Industrial Agglomerations in Germany and Recommendations for the WRB", en: *Eurasian Soil Science*, 38(S1): 72-74, 2005.

Bouma, J. "Soils are back on the global agenda: Now what?", en: *Geoderma*, 150: 224-225, 2009.

Brown, G., E. Barros, A. Feijoo, C. Fragoso, I. Barois, S. Zerbino, B. Pashanasi, J. C. Patrón, E. Huerta, Ana G. Moreno, P. Rojas, C. Rodríguez, Ma. Á. Martínez y A. M. Aquino. "Los macroinvertebrados del suelo en el neotrópico: la importancia de los ingenieros del ecosistema", en: Fragoso C. (Editor). *Macroinvertebrados edáficos del neotrópico: diversidad, función y relación con la fertilidad del suelo*. Veracruz, México, IE, CONACYT y CYTED, 2003.

Caamal, J., J. Jiménez-Osornio, A. Torres-Barragán y A. Anaya. "The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems", en: *Agron. J.*, 93 (1): 27-36, 2001.

Commission of the European Communities, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for the Protection of Soil. COM-232. Brussels, 2006.

Couteau, M. M. y T. Bolger. "Interactions between atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment and soil fauna", en: *Plant and Soil*, 224:123-134, 2000.

Chan, K. Y. "An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils", en: *Soil & Tillage Research*, 57: 179-191, 2001.

Doran, J. y T. Parkin. "Defining and assessing soil quality", en: Doran, J. W. *et al.* (Ed.).

- Defining soil quality for a sustainable environment.* SSSA Special Publication Number 35, Madison Wisconsin, USA, 1994.
- De la Rosa, D., J. Barros, F. Mayol y J. Moreno. *CDMM Base de Datos Climáticos Mensuales.* Sevilla, España, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, en [www.microLEIS](http://www.microLEIS), 1996<sup>a</sup>.
- De la Rosa, D., F. Mayol, E. Diaz-Pereira, M. Fernández & D. de la Rosa Jr. *A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection with special referente to the Mediterranean region.* 2004.
- De la Rosa, D., F. Mayol y J. A. Moreno. *Modelo Arenal: Evaluación de los Riesgos de Contaminación Agrícola de los Suelos.* Sevilla, España, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, en [www.microLEIS](http://www.microLEIS). Recuperado en octubre del 2005.
- De la Rosa, D. *Los sistemas de evaluación de suelos en la planificación del territorio*, en <http://www.irnase.csic.es>. Recuperado en julio del 2006.
- Emmerling, C. "Response of earthworm communities to different types of soil tillage", en: *Applied Soil Ecology*, 17: 91-96, 2001.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Soterlac database.* Wageningen, The Netherlands, ISRIC, FAO, 1988.
- *Digitized soil map of the world.* Roma, Italia, FAO, 1991.
- *Topsoil characterization for sustainable land management.* Land and water development division. FAO. Roma, Italia, FAO, 1998.
- *World soil resources an explanatory note on the FAO world soil resources map at 1:25 000 000 scale.* FAO. Roma, Italia, FAO, 1993, pp. 164.
- *Land resource potential and constraints at regional and country levels.* World Soils Resource Report # 90. Roma, Italia, FAO, 2000, pp. 114.
- FAO, ISRIC, ITC, Catholic University of Leuven and Wageningen Universiteit. *Lecture Notes on the Major Soils of the World: World Soil Resources Reports 94.* Roma, Italia, FAO, 2001.
- Fregoniezi, G. A., M. Brossard, M. F. Guimaraes y C. C. Medina. "Modificacoes morfológicas e físicas de um latossolo argiloso sob pastagens", en: *R. Bras. Ci. Solo*, 25:1017-1027, 2001.
- Gerrard, J. *Fundamentals of soils.* Routledge, London, 2000, pp 225.
- Granatstein, D. y D. Bezdicek. "The need for a soil quality index: local and regional perspectives", en: *American Journal of Alternative Agriculture*, 17:12-16, 1992.
- Hartemink, A. E. y E. M. Bridges. "The influence of parent material on soil fertility", en: *Land degradation & Rehabilitation*, 6: 215-221, 1995.

- Hoefler, H., W. Hanagarth, M. Garcia, M. Martius, E. Franklin, J. Römcke y L. Beck. "Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems", en: *Eur. J. Soil. Biol.*, 37:229-235, 2001.
- Ibañez, J. J., and J. Boixadera. "The Search for a New Paradigm in Pedology: a Driving Force for New Approaches to Soil Classification," en: *Soil Classification 2001*. Roma, Italia, FAO (Ed. by E. Micheli, F. Nachtergaele, R. J. A. Jones, and L. Montanarella), 2002, pp. 93-110.
- INEGI. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000*. México, INEGI, 2001.
- Kabata, A. y H. Pendias. *Trace elements in soils and plants*. EE.UU., CRC. Press, 1989.
- Karlen, L., M. Mausbach, J. Doran, R. Cline, R. Harris y G. Schuman. "Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation", en: *Soil Science Society. American Journal*, 61: 4-10, 1997.
- Lal, R. "Soil Quality and sustainability", en: Lal, R., W. H. Blum, C. Valentine y B. A. Stewart (Eds). "Methods for assessment of soil degradation", en: *Advances in Soil Science*. Boca Raton, New York, CRC Press, 1998, pp. 17-30.
- Langmaack, M., S. Schrader, U. Rapp-Bernhardt and K. Kotzke. "Quantitative analysis of earthworm burrow systems with respect to biological soil structure regeneration after soil compaction", en: *Biology and Fertility of Soils*, 28: 219-229, 1999.
- "Soil structure rehabilitation of arable soil degraded by compaction", en: *Geoderma*, 105: 141-152, 2002.
- Lavelle, P. y Pashanasi, B. "Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia", en: *Pedobiología*, 33: 283-291, 1989.
- Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fregoso, V. Eschenbrenner, D. López-Hernández, B. Pashanasi y L. Brussaard. "The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility", en: Wooster, P. y M. Swift. *The biological management of soil tropical fertility*. Reino Unido, John Wiley and Sons-Tropical Soil Biology and Fertility Programme, 1994.
- Lehmann, A., S. David and K. Stahr. *Technique for soil evaluation and categorization for natural and anthropogenic soils*. Stuttgart, Germany, Universitat Hohenheim, 2008.
- Lleverino, E., C. Ortiz y C. Gutiérrez. "Calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atenco, estado de México", en: *Terra*, 18 (2): 103-113, 2000.
- Manichon, H. e Y. Gautronneau. *Guía metódica del perfil cultural*. La Paz, Bolivia, IBTA-ORSTOM, 1996, 29 pp.
- Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD). "Public policies for the protection of soil resources", en: *Environment Monographs OCDE/GD*, (94)18, Paris, France, 1994, 77 pp.
- Ortiz-Solorio, C. A. y H. E. Cuanalo. *Introducción a los levantamientos de suelos*. México,

- Colegio de Postgraduados, Chapingo, 1980, pp. 13-15.
- Oldeman, L. R. "The global extent of land degradation", en: D. J. Greenland & I. Szabolcs (eds.). *Land Resilience and Sustainable Land Use*. CABI, Wallingford, 1994, pp. 99-118.
- Ortiz, C. y C. Gutiérrez. "Evaluación taxonómica de sistemas locales de clasificación de tierras", en: *Terra*, 17 (4): 277-286, 1999.
- Ortiz, C., C. Gutiérrez, A. Licona and P. Sánchez. "Contemporary Influence of Indigenous Soil (Land) Classification in Mexico", en: *Euroasian Soils Science*, 38(S1): 89-94, 2005.
- Palma-López, D., S. Salgado-García, J. J. Obrador-Olán, A. Trujillo-Narcia, L. Lagunes-Espinoza, J. Zavala-Cruz, A. Ruiz-Bello y M. A. Carrera-Martel. "Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (ISRFD)", en: *Terra*, 20 (3): 347-358, 2002.
- Palma-López, D., S. Salgado-García, J. J. Obrador-Olán y A. Triano-Sánchez. "Diagnóstico de suelos para el mantenimiento de la fertilidad en áreas tropicales", en: Bautista, F. y G. Palacio (Eds.). *Caracterización y manejo de suelos en la Península de Yucatán*. UADY-UACAM, 2005.
- Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri y R. Blair. "Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits", en: *Science*, 267: 1117-1123, 1995.
- Roehring, R., Langmaack, M., Schraeder, S. y O. Larink. "Tillage systems and soli compactation, their impact on abundance and vertical distribution of Enchytraeidae", en: *Soil & Tillage Research*, 46: 117-127, 1998.
- Saggar, S., G. W. Yeates y T. G. Shepherd. "Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand", en: *Soil & Tillage Research*, 58: 55-68, 2001.
- Tavares, J., R. Ralish, M. F. Guimaraes, C. C. Medina, L. C. Balbino y C. S. Neves. "Método do perfil cultural para avaliacao do estado físico de solos em condicoes tropicais", em: R. Bras. *Ci. Solo*, 23:393-399, 1999.
- Teran, S. y Ch. Rasmussen. *La milpa de los mayas*. Yucatán, México, Terán y Rasmussen-DANIDA, 1994.
- Tian, G., Brussard, L., Kang, B. T. y Swift, M. J. "Soil fauna mediated decomposition of plant residues under constrained environmental and residual quality conditios", en: Cadisch, G. y K. E. Giller (Eds.). *Driven by Nature. Plant litter quality and decomposition*. London, UK., CAB International, 1997, pp. 125-134.
- Toledo, V. "Indigenous knowledge on soils: an ethnoecological conceptualization", en:

- Barrera-Bassols, N. y J. A. Zinck. *Ethnopedology in a worldwide perspectives: an annotated bibliography*. Enschede, The Netherlands, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science, 2000.
- Valenzuela, C.R. y A. J. Zinck. *Information technology requiring soil data*. Acapulco, México, Symposium: Utilization of Soil Information in Systems Modeling for Sustainable Agriculture and Global Climate Change, 15th World Congress of Soil Science, 1994.
- Villegas, R., M. León y J. Campos. *La vinculación investigación-empresa-productor, diseño e implementación para mejorar el uso de los fertilizantes bajo diferentes situaciones socioeconómicas* (disco compacto). Mérida, Yucatán, México, 1ª Reunión Iberoamericana de Nutrición de Cultivos, 2002.
- Williams y C. Ortiz. *Middle American Folk Soil Taxonomy*. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 71, No. 3: 335-358, 1981.
- WinklerPrins, A. and N. Barrera. "Latin American ethnopedology: A vision of its past, present, and future", en: *Agriculture and Human Values*, 21: 139-156, 2004.
- Winklerprins, A. "Local Soil Knowledge: A Tool for Sustainable Land Management", en: *Society & Natural Resources*, 12:151-161, 1999.
- WRB (Base Referencial Mundial del Recurso Suelo). *Informes sobre recursos mundiales de suelos, núm. 84*. Roma, Italia, FAO, 1999.
- *World Soil Resources Reports Núm. 103*. 2nd ed. Roma, Italia, FAO, 2006.
- Zinck, J. A. *Soil survey epistemology of a vital discipline*. The Netherlands, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), 1990.
- "Suelos, información y sociedad", en: Bautista F. y G. Palacio (Eds.). *Caracterización y manejo de suelos en la Península de Yucatán*. DF, México, UACAM-UADY-INE, 2005.