

**Estudio geomorfológico y edafológico
en el desarrollo de *Persea americana*
(Lauraceae), *Asparagus officinalis*
(Asparagaceae) y *Saccharum officinarum*
(Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú**

**Geomorphological and edaphological study in the
development of *Persea americana* (Lauraceae),
Asparagus officinalis (Asparagaceae) and
Saccharum officinarum (Poaceae) in Trujillo
Province, Peru**



Resumen

El principal objetivo fue realizar el estudio geomorfológico y de capacidad de uso de los suelos en el desarrollo de *Persea americana* Mill. (Lauraceae), *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) y *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú. La metodología empleada en la ejecución del estudio se ha ceñido a las normas y lineamientos que establece el manual Soil Survey del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, el Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú, Soil Taxonomy; la identificación y descripción de las unidades de uso de la tierra se realizó sobre la base de imágenes satelitales e información de campo. La sistematización de la información temática fue estandarizada para las proyecciones que se trabajaron en la cuenca, en los planos temáticos, georeferenciados y digitalizados, usando el programa Illwis 3.4 (ITC), los cuales fueron ejecutados en International Technology Center (ITC), Enschede, Países Bajos. La zona en estudio presentó tres zonas geomorfológicas bien diferenciadas: a) macizos y cerros costeros aislados, b) las Pampas y c) flanco occidental de la cordillera de los Andes. Los grupos edáficos que se identificaron dentro de la cuenca fueron: fluvisoles, regosoles y litosoles. La provincia de Trujillo se constituye como el primer productor a nivel regional de *Persea americana* "palto", *Asparagus officinalis* "espárrago", *Ananas comosus* "piña" y *Saccharum officinarum* "caña de azúcar".

Palabras clave: geomorfología, uso de suelos, *Persea americana*, *Asparagus officinalis*, *Saccharum officinarum*.

Abstract

The main objective was to study the geomorphology and capacity of soil use in the development of *Persea americana* Mill. (Lauraceae), *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) and *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) in Trujillo Province, Peru. The methodology used in the execution of the study follows the norms and guidelines established by the Soil Survey Manual of the United States Department of Agriculture, the Land Classification Regulations of Peru, Soil Taxonomy; the identification and description of the units of soil use was made based on satellite images and field information. The systematization of the thematic information was standardized for the projections that were worked in the basin, in the thematic, georeferenced and digitized maps, using the Illwis 3.4 (ITC) program, which were executed in the International Technology Center (ITC), Enschede, Netherlands. The study area presented three well-differentiated geomorphological zones a) massifs and isolated coastal hills, b) plains and c) western flank of the Andes mountain range. The edaphic groups that were identified within the basin were: fluvisols, regosols and lithosols. The province of Trujillo is the first regional producer of *Persea americana* "avocado", *Asparagus officinalis* "asparagus", *Ananas comosus* "pineapple" and *Saccharum officinarum* "sugar cane".

Keywords: geomorphology, land use, *Persea americana*, *Asparagus officinalis*, *Saccharum officinarum*.

Citación: Guerrero, M. 2019. Estudio geomorfológico y edafológico en el desarrollo de *Persea americana* (Lauraceae), *Asparagus officinalis* (Asparagaceae) y *Saccharum officinarum* (Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú. *Arnaldoa* 26 (1): 447 - 464. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26124>

Introducción

La geomorfología tiene por objeto de estudio la parte abiótica de la Tierra y como objetivo deducir las configuraciones presentes en la superficie a lo largo del tiempo, usando un método histórico

natural conocido como actualismo. La superficie terrestre, actual o topográfica, puede considerarse como la síntesis o simplificación de otras que fueron sucediéndose a lo largo de la historia geológica del planeta. Etimológicamente, la geomorfología es la ciencia de las formas

del terreno. Estudia el relieve de la corteza terrestre (Tricart, 1969), tanto en las partes emergidas (geomorfología subaérea) como en las cubiertas por los océanos y mares (geomorfología submarina).

Ciencia geológico-geográfica que estudia el relieve terrestre: su estructura, origen, historia de desarrollo y dinámica actual. La geomorfología se subdivide en cuatro disciplinas principales: general, regional, aplicada y planetaria o global (Lugo-Hubp, 1989). El "Sistema superficie terrestre" puede enfocarse como un conjunto de relaciones o interacciones entre todos sus componentes. Parte de estas relaciones tienen un carácter "espacial como entidad geográfica" y el análisis geomorfológico recurre a ellas para obtener datos acerca de: dónde se sitúan, como se distribuyen y qué otros elementos se asocian con las formas de terreno (De Pedraza, 1996). Por lo tanto, el objetivo fisiográfico es, analizar, describir, cualificar el sistema de relaciones que ligan a las formas del terreno con los restantes elementos que configuran la superficie terrestre y la geomorfología aplicada, se ocupa de la solución de diversos problemas relacionados con el relieve de interés práctico por el hombre. La geomorfología en concreto estudia el proceso de desarrollo de las formas del relieve.

Las formas del relieve y procesos que les dan origen se explican tanto por factores endógenos (que pueden ser explicados por la geología), como por factores exógenos, entre los cuales, el clima, la hidrología, la edafología y la biogeografía juegan también aspectos preponderantes. La geografía estudia las interrelaciones y delimitación de espacios (unidades) teniendo como medio conductor a las grandes unidades del relieve.

Por otro lado, los suelos formados en

la superficie se requiere que éstos sean aptos para cultivos permanentes, en primer lugar tierras bajo riego, aplicando prácticas de manejo y conservación de acuerdo a las características de los suelos y exigencias de los cultivos instalados. Estas tierras pueden ser empleadas para otras actividades cuyo uso implique un beneficio para la comunidad, y siempre conservando los ecosistemas. Las principales limitaciones que presentan el uso de los suelos con fines agrícolas son: la erosión, capacidad de retención de humedad, oferta hídrica y cambios climáticos. Asimismo las limitaciones están referidas a las características intrínsecas del perfil del suelo, tales como: texturas moderadamente gruesas, que no permiten una buena retención de humedad, reacción fuertemente alcalina, baja fertilidad natural del suelo y niveles altos de calcáreo en su mayor extensión. Las limitaciones por clima están referidas a bajas precipitaciones y altas temperaturas, lo cual exige tener una dotación de agua para riego en forma permanente.

La pérdida de superficie cultivable y la creciente demanda de alimentos por la población obligaron a los productores mixtecos, población indígena en México desde la época prehispánica, a aprovechar las escorrentías y la erosión para favorecer la creación de áreas para la producción de cultivos, mediante la construcción de bordos transversales a la dirección del flujo del agua en los arroyos con los que captaban el suelo erosionado proveniente de las partes altas durante el escurrimiento estacional y retenían el agua de escorrentía; regional y localmente a este sistema se le conoce como: trincheras, atajadizos, ahoyados, enlamados, jollas y lamabordo (Rivas *et al.*, 2008). Estos espacios agrícolas actualmente son utilizados para la producción de una

gran variedad de cultivos, importantes en la dieta de los pobladores de estas regiones.

El desarrollo del presente trabajo tiene como base los siguientes dispositivos y normativas de nuestro país: El Sistema de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor, establecido por el Reglamento de Clasificación de Tierras, según D.S. N° 0062-75-AG, del 22 de enero y su ampliación fue establecida por ONERN. Que clasifica a los suelos según su utilización óptima, que corresponde a sus características ecológicas, en 5 grandes grupos. Ley N° 26821. Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, que establece como objetivo promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento a la inversión, procurando un equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales, del ambiente y el desarrollo integral de la persona humana; Decreto Supremo N° 045-2001-PCM que declaró de interés nacional el Ordenamiento Territorial Ambiental en todo el país, constituyéndose la Comisión Nacional para el Ordenamiento Territorial Ambiental, que conforme al artículo 03 del referido Decreto Supremo está encargada de proponer a la Presidencia del Consejo de Ministros, el Proyecto de Reglamento sobre Zonificación Ecológica y Económica (ZEE); y Decreto Supremo N° 087-2004-PCM, el cual aprueba el Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).

Los estudios de zonificación agroecológica de cultivos (ZAE), desempeñan un papel muy importante en la delimitación de áreas, en las cuales es posible definir qué cultivos tienen mayor potencial de producción. Las investigaciones más avanzadas al respecto

han incorporado bases de datos enlazadas a sistemas de información geográfica (SIG), relacionadas a modelos estadísticos, que contienen múltiples aplicaciones potenciales en el manejo de los recursos naturales y planificación del uso de la tierra (FAO, 1997).

Las investigaciones fueron enfocadas a la adaptación de la metodología de zonas agroecológicas a las condiciones ambientales de México (Tijerina & Ortiz, 1990). Estas investigaciones sentaron las bases para aplicar la metodología en estudios agroclimáticos (Díaz *et al.*, 2000) y agroecológicos (Ruiz, 1998; Villa *et al.*, 2001), en diversos estados y regiones del país. Al respecto, se puede citar a Parra (1989) quien realizó una zonificación agroecológica para la producción de *Saccharum officinarum* L “caña de azúcar” en los estados de Veracruz, Tabasco, Jalisco, Colima y Nayarit. El primer objetivo fue hacer una comparación de la influencia que representa el clima y el suelo en las zonificaciones agroclimática y agroecológica y, en segundo lugar, si los resultados obtenidos eran más eficientes a nivel zona, región o estado. Para el primer objetivo se obtuvo que la contribución del suelo no presentó mayor poder predictivo sobre el rendimiento del cultivo, como lo tuvieron los factores climáticos.

Kreznor *et al.* (1989) y Pachepsky *et al.* (2001) reportaron que las geoformas y la topografía definen los patrones de flujo del agua y sedimentos, cuya magnitud está asociada con la altitud, gradiente y forma de la pendiente; estos factores influyen en la dinámica de las propiedades físicas y químicas del suelo, la productividad de la tierra y la producción de alimentos; por lo tanto, afecta directamente los rendimientos (Mzuku *et al.*, 2005). Ceddia *et al.* (2009) identifican al relieve como un factor con alta correlación en la variabilidad espacial

de las propiedades físicas de los suelos, especialmente con las fracciones de limos, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente. Arnhold *et al.* (2015) estudiaron cómo los cambios en el uso y manejo de los cultivos afectan las propiedades físicas y químicas de los suelos en las laderas encontraron que la variabilidad espacial está asociada con la pendiente y el material geológico; las prácticas de manejo de cultivos agrícolas tienden a incrementar la densidad aparente, reducen la conductividad hidráulica, la capacidad de almacenamiento y los niveles de carbono y nitrógeno de los suelos.

La agricultura en el Perú, ha sufrido importantes cambios en los últimos 50 años, pasando de ser una agricultura concentrada en grandes haciendas en la década de los cincuenta y sesenta, a un proceso de reforma agraria que se iniciara en 1969 y culminara en 1976, que luego produjo en un proceso de parcelación que atomizó a la agricultura nacional (en la década de los ochenta) todavía protegida por el aparato público. A inicios de los noventa se produjo un cambio estructural en la economía, luego del proceso de reformas que se iniciara en esos años, que retiró la protección que tenía la pequeña agricultura y liberalizó los mercados, incluyendo el mercado de tierras. En este nuevo contexto, la agricultura logró desarrollarse, principalmente, por el “boom agroexportador” promovido por la explotación de grandes extensiones de tierra en manos de grandes grupos económicos. La agricultura hoy en día es fuente principal de ingresos de 2,3 millones de familias que representan el 34% de los hogares peruanos; genera aproximadamente el 7,6% del Producto Bruto Interno (PBI), teniendo un peso en la producción regional que oscila entre el 20% y el 50% (excluyendo Lima).

Los principales cultivos son: *Persea*

americana Mill. “palto” es una especie arbórea del género *Persea* perteneciente a la familia Lauraceae. En estado silvestre, el árbol puede alcanzar alturas de alrededor de 20 m, más comúnmente entre 8 y 12 m, y un diámetro a la altura del pecho de 30-60 cm, con tronco erecto o torcido. Los árboles en plantación, generalmente derivados de injertos y sujetos a podas de formación, muestran una apariencia muy distinta. Copa: extendida, globulosa o acampanulada, con ramas bajas, ramas jóvenes al principio, de color verde amarillento, que después se tornan opacas y con cicatrices prominentes dejadas por las hojas. Presenta corteza: áspera, a veces surcada longitudinalmente.

El tronco posee una corteza gris-verdosa con fisuras longitudinales. Las hojas, alternas con pecíolo de 2 a 5 cm y limbo generalmente glauco por el envés. Estrechamente elípticos, ovados u obovados de 8 a 20 cm por 5 a 12 cm y son coriáceos, de color verde y escasamente pubescentes en el haz, aunque muy densamente por el envés, que es de color marrón amarillento y, donde resalta el nervio central. Tiene base cuneiforme y ápice agudo. Los márgenes enteros y más o menos ondulados.

Las inflorescencias son panículas de 8 a 14 cm de largo, con flores de 5 a 6 mm, con perianto densamente pubescente, de tubo muy corto y con seis tépalos oblongos, de medio centímetro, siendo los tres exteriores más cortos. Tienen nueve estambres fértiles de unos 4 mm, con filamentos pubescentes, organizados en tres círculos concéntricos. El ovario es ovoide, de aproximadamente 1,5 mm, densamente pubescente, con estilo también pubescente de 2,5 mm, terminado por un estigma discoidal algo dilatado.

El fruto es tipo baya, oval o piriforme, según la variedad, de tamaño muy variado

(7 a 33 cm de largo y hasta 15 cm de ancho), cáscara de color verde a púrpura oscuro, pudiendo ser delgada, gruesa, lisa o ligeramente rugosa, a veces con una apariencia como la del cuero. Pulpa firme, oleíca, de un color que varía desde el amarillo al verde claro. Contiene una semilla grande (5 a 6,4 cm), dura y pesada, redonda o puntuda, de color marfil. Tiene dos envolturas papulosas de color café, muy delgadas, que a menudo se quedan adheridas a la pulpa. El fruto es generalmente en forma de pera, a veces ovoide o globoso, de 8 a 18 cm, con epicarpio corchoso más o menos tuberculado y mesocarpio carnoso y comestible. Este último rodea íntimamente una semilla globular de episperma (tegumento) papiráceo, sin endosperma, de unos 5 a 6 cm

Asparagus officinalis L. "espárrago" pertenece a la familia Asparagaceae. Es una planta herbácea perenne de follaje muy ramificado y aspecto plumoso. Su cultivo dura bastante tiempo en el suelo, del orden de ocho a diez años. La planta de espárrago está formada por tallos aéreos ramificados y una parte subterránea constituida por raíces y yemas, que es lo que se denomina comúnmente garra. De los brotes jóvenes se obtienen las verduras conocidas como "espárragos". Las hojas están reducidas a escamas, con ramificaciones filiformes verdes en su base. Estas ramificaciones alcanzan los 25 mm de largo. La floración se produce a partir de junio. Las flores son pequeñas, campanuladas, pedunculadas, y se distribuyen en parejas o son solitarias. Las flores masculinas y femeninas se encuentran en plantas diferentes.

Es una planta vivaz, perenne. Se puede encontrar en caminos espontáneamente, en suelos secos y soleados. Esta esparraguera se diferencia de las otras por la gran cantidad de pequeños cladodios de color

verde oscuro que cubren casi toda la planta; es frecuente que tenga el porte de una pequeña liana. Vive en lugares más frescos y sombríos, pero es muy posible que coincida con otras especies de esparragueras en los mismos lugares. Florece al final del verano. El espárrago se usa desde tiempos lejanos como una verdura y para la medicina, debido a su sabor delicado y sus propiedades diuréticas. El espárrago es bajo en calorías, no contiene nada de grasa ni colesterol, y tiene un contenido muy bajo en sal. Es una fuente rica de ácido fólico, potasio, fibra natural y rutina. El nombre del ácido amino asparaguina se derive de la palabra "Asparagus" y en los retoños nuevos o "espárragos" se puede encontrar gran cantidad de asparagina.

Ananas comosus "piña" pertenece a la familia Bromeliaceae, es una planta vivaz y terrestre. Esta planta tropical se presenta como una roseta basal de hojas bastante rígidas, sésiles y lanceoladas. En sus bordes se pueden observar espinas cortas. Miden entre 30 centímetros y 1 metro de largo y son levemente cóncavas, formando una suerte de canaleta que recoge el agua de lluvia, llevándola al centro de la roseta.

El tallo de la piña es de color rojizo y comienza a destacarse a partir de los 2 años de edad de la planta y puede alcanzar una altura de 1,5 metros. Posee unas axilas foliares de las cuales crecen pequeños retoños que, luego son retirados por los cultivadores para reproducir más plantas. Si los retoños no son retirados, facilitan una mayor producción de frutos en la planta.

A partir de los tallos, nacen unas espigas que serán las inflorescencias de la planta. El tallo de estas espigas se va engrosando debido a la presencia de varias docenas de flores de color violeta. Estas flores son hermafroditas. El fruto de *Ananas comosus*

“piña” aparece como una pequeña baya que al poco tiempo de aparecer toma las características de un sincarpio, es decir que se fusiona con todos los elementos adyacentes de la baya. El tallo axial de la fruta va a convertirse en su corazón fibroso. La conocida pulpa amarilla que presenta el fruto, que suele ser algo fibrosa y de sabor dulce, se forma a partir de las paredes del ovario junto a la base de la bráctea y los sépalos.

Saccharum officinarum L. “caña de azúcar” es una especie que pertenece a la familia Poaceae. Son plantas cespitosas con tallos de hasta 5-6 m × 2-5 cm, con numerosos entrenudos alargados vegetativamente, dulces y jugosos y duras, desnudos abajo, vainas glabras o pelosas; lígula de 2-4 mm; láminas 1-2 m × 2-6 cm, glabras o la costilla media pelosa. Panícula 25-50 cm; pedúnculo glabro o densamente puberulento; eje glabro o peloso; entrenudos del raquis de 5 mm, glabros. Espiguillas 3-4 mm, agudas, con tricomas de hasta 7 mm; gluma inferior glabra; lema inferior ciliada en el ½ superior; lema superior y arista generalmente ausentes; anteras 3, 1,5-2 mm.

El tallo contiene un jugo rico en azúcar (cuyo nombre científico es sacarosa), que para su consumo se extrae y cristaliza mediante un proceso químico. Las tierras en donde se cultiva tienen que ser lugares calientes y soleados para que la actividad fotosintética, se oriente hacia la producción de carbohidratos, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo. Durante su desarrollo, la siembra requiere de una adecuada cantidad de agua para que se permita la absorción, transporte y asimilación de los nutrientes.

La agricultura en el Perú tiene un importante peso económico y social. En

general, se estima que hay 2,3 millones de hogares cuya actividad principal es la agricultura (Zegarra & Tuesta, 2009). Estos hogares representan al 34% de los hogares peruanos (80,8% de los hogares rurales y 10,6% de los hogares urbanos), y generan aproximadamente el 7,6% del PBI Nacional. El gran dinamismo de la agricultura en los últimos años, ha sido propulsado por el importante crecimiento de las exportaciones y el aumento en la producción agrícola y pecuaria. Por otro lado, a diciembre del 2009, el Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (MINAG, 2010b). Excluyendo a Lima, la agricultura ocupa aproximadamente el 40% de la PEA (en la sierra alcanza el 55%) y representa entre el 20% y el 50% de los PBIs regionales (Zegarra & Tuesta, 2009). alcanzó los S/. 19,288 millones de soles. Entre el 2000 y el 2009, el Valor Bruto de Producción Agrícola (a precios constantes de 1994) creció a una tasa de 3,74% (siendo el sector pecuario el más dinámico, creció a una tasa promedio de 4,94%). Las exportaciones FOB de productos agrarios pasaron de US\$ 779 millones en el 2000, a US\$ 2628 millones en el 2009 (mostrando un crecimiento promedio anual de 14,5%), mientras las importaciones CIF alcanzaron los US\$ 2558 millones de dólares (tasa de crecimiento promedio anual de 10,65% anual en los últimos 10 años) y las importaciones de bienes de capital alcanzaron los US\$ 76 millones, (que muestran una marcada tendencia al alza y una tasa de crecimiento de 9% anual promedio).

Por último, el estudio realizado por el Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua: “Obras de Control y Medición de Agua por Bloques de Riego en el valle Moche”, menciona que hay un uso desmedido del recurso hídrico, y en muchos casos se riega con el doble o más

de agua de lo recomendado. Todo ello en un contexto en el que es sabido que el agua es un recurso muy escaso. A ello contribuye la falta de una adecuada infraestructura de distribución y aforo y la carencia de mediciones sistemáticas de los caudales, la que ha determinado el desconocimiento de los volúmenes reales de agua de riego que se vienen utilizando, generando conflictos entre usuarios e insatisfacción por el servicio (MINAG, 2010a). Asimismo, no se ha alcanzado los índices de eficiencia programados para la conducción y uso, particularmente el índice referido a la aplicación del agua de riego (INRENA, 2008).

Un sistema de gestión ambiental es, entre otros aspectos, aquel por el cual se detectan y controlan las actividades, los productos y los procesos que causan, o podrían causar impactos ambientales para minimizar sus efectos (Robinson & Uehlinger, 2003). Son mecanismos que proporcionan un proceso sistemático y cíclico de mejora continua, empleando herramientas como el Sistema de información geográfica (SIG); por lo expuesto líneas arriba fue necesario el uso de SIG un estudio geomorfológico y capacidad de uso mayor de suelos, con la finalidad de identificar desarrollo y/o limitaciones agrícolas y ambientales en la provincia de Trujillo, Perú. La investigación tuvo como objetivo realizar el estudio geomorfológico y capacidad de uso de los suelos en el desarrollo de *Persea americana* Mill. (Lauraceae), *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) y *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú.

Material y métodos

Ubicación y extensión

La provincia de Trujillo se encuentra ubicada en la región Norte del Perú en la

costa del departamento de La Libertad, a 557,2 Km de distancia de la ciudad de Lima, a una altitud que oscila entre los 34 a 627 m.s.n.m. Geográficamente se encuentra hacia la margen derecha e izquierda del río Moche entre las coordenadas geográficas y las coordenadas planas Universal Transversal de Mercator (UTM), DATUM WGS 84 zona 17 sur. La superficie de la provincia de Trujillo tiene un área de 178010,26 hectáreas.

Métodos

La metodología empleada en la ejecución del estudio, se ha ceñido a las normas y lineamientos que establece el Manual del Soil Survey, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, el Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú, Soil Taxonomy, la identificación y descripción de las unidades de uso de la tierra se realizó sobre la base de imágenes satélite e información de campo, la información obtenida fue agrupada en categorías de uso, utilizándose como referencia la clasificación de la tierra propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI).

Asimismo, se ha recopilado información y los mapas temáticos elaborados en International technology Center, Enshede, Holanda (Comerma, 2001; Doorenbos & Kassam, 1979). Esta información se afianza con el reconocimiento de la cuenca en cuestión, fase de campo que ejecuta conjuntamente con la parte de Hidrología llamada Inventario de fuentes de agua superficial. La sistematización y cálculos de la información recopilada se desarrolló con herramientas computacionales. Luego se aplicó la modelación matemática que simulen algún comportamiento hidrológico y/o estadístico requerido, usando para este también herramientas computacionales.

Los resultados de la recopilación, reconocimiento de campo, sistematización, cálculos y modelación se presentan en una memoria final con sus anexos que muestran los registros históricos y generados, los cálculos desarrollados y los mapas preparados para éste (ONERN, 1973).

Sistematización de información SIG

La sistematización de la información se realizó de la siguiente manera, se colectó la información la información a lo largo de la cuenca del río Moche, valle Moche y en los diferentes estudios previos realizados.

Información temática

La información temática tuvo que ser estandarizada para las proyecciones que se trabajó en la cuenca, en los planos temáticos, georeferenciados y digitalizados, ingresar posteriormente la base de datos. Programa ARC VIEW(USA) e Illwis 3.4 (ITC), los cuales fueron ejecutados en International Technology Center (ITC) Enschede-Netherlands.

Resultados y discusión

Geomorfología

Geomorfología regional

La región costanera en el Perú central presenta tres zonas geomorfológicas bien diferenciadas (ONERN, 1973; Ospina *et al.*, 2004) a) Macizos y Cerros Costeros aislados, b) Las Pampas y c) Flanco Occidental de la cordillera de los Andes.

Macizos y cerros costeros aislados

Esta unidad se observa en el límite occidental de la zona estudiada, aunque no está bien definida como en otros valles. Los cerros costeros aislados se observan cerca de Huanchaco en el Cerro La Virgen y en las proximidades del Puerto Salaverry. En ambos lugares de tipo de rocas

predominante es de naturaleza intrusiva (Fig. 1).

Las pampas

Son tramos más o menos o ligeramente inclinados que se sitúan en la región costanera entre la unidad anterior y las estribaciones andinas. En el valle Moche ocupan la parte más occidental cubriendo amplios sectores (Fig. 1).

Flanco occidental de la cordillera de los Andes

Las estribaciones andinas llegan muy próximas a las líneas de la costa, estando constituidas principalmente por rocas intrusivas del batolito de la Costa y restos metaforizados del grupo Casma como en el Cerro de la Compañía y en cerro Santo Domingo. Hacia el este aumentan los afloramientos del grupo Chicama, Los cerros más prominentes son San Idelfonso, Compartición, La Compañía, Blanco, Ochiputur, Santo Domingo, Panteón y Peña Larco.

Las unidades geomorfológicas constituyen la representación de las formas del relieve que buscan definir o caracterizar los diferentes procesos de modelado superficial que ha sufrido en el territorio de la provincia de Trujillo, en el transcurso de la era geológica, desde la formación de los Andes al final del Cretácico tardío dentro del periodo mesozoico. Como resultado de su topografía y la existencia de varios pisos altitudinales, organizados en dos provincias geomorfológicas.

a) Planicies costeras.- La topografía de las planicies agrupa a los relieves de llanura, con pendiente de 0 a 15%, que se originaron por la acción acumulativa de los agentes erosivos externos, como la acción marina y la acumulación aluvial y eólica, en un área de 68595,14 ha (38,62%). Se

caracterizan por presentar suelos aluviales, como resultado del depósito de aluviones de años pasados, y por cuya deposición los suelos pampeños presentan un gran potencial edáfico para el desarrollo de la agricultura en una frontera agrícola importante, que puede ser intervenida mediante proyectos de irrigación.

b) Cordilleras y estribaciones andinas.- Es la mayor formación con 109023,89 ha (61,38%) del territorio provincial, destacando topográficamente las colinas y vertientes montañosas.

Como colinas, encontramos a las colinas bajas (10308,37 ha) y colinas altas (11299,63 ha), en forma de pequeños afloramientos rocosos ubicados al norte de Trujillo, sobre el llano aluvial y pampas costaneras. Constituyen unidades reguladoras del medio ambiente. Lo encontramos representado por el Cerro Campana, constituye un hábitat de loma, al ser una barrera natural para el desplazamiento de las nubes, atrapa humedad que favorece el crecimiento de vegetación y fauna en toda esta unidad, así también regula el clima ocasionando lluvias ligeras en horas de la tarde.

Las vertientes montañosas, constituida por una serie de alineaciones montañosas paralelas en un sentido amplio o escalonadas, pertenecientes a una sola unidad orogénica. Son zonas de reserva de agua y minerales. Esta unidad geomorfológica se halla comprendida entre los 350 a 3800 m.s.n.m.; presentan un paisaje de topografía accidentada con pendientes de 15° a 60° y más en algunos casos, constituyendo la barrera divisoria entre la costa y la sierra. Dentro de ésta se encuentran a las subunidades: Ladera de montaña ligeramente empinada (11299,63 ha), ladera de montaña moderadamente

empinada (45963,99 ha) y ladera de montaña empinada a escarpada (38920,48 ha).

Edafología

En consideración al carácter integral al presente estudio, es conveniente conocer los suelos de la cuenca a un nivel generalizado. Los grupos edáficos se identificaron dentro de la cuenca, se realizó una descripción de cada uno y las asociaciones que la conforman.

Fluvisoles: Dentro de este grupo edáfico se han identificado dos unidades importantes de suelos: Fluvisoléutrico (irrigado) y Fluvisoléutrico (seco) (ONERN, 1973; Porta *et al.*, 1999) (Fig. 2).

Fluvisoléurico (irrigado): Son suelos predominantemente plano y con perfil (A) C (Fig. 2). son de morfología estratificada y formados sobre depósitos recientes de origen aluvial. El horizonte (A), está débilmente desarrollado, presentando espesores y contenido orgánico variables. El horizonte (A) se degrada a un material mineral de rasgos morfológicos no diferenciados.

Se distribuyen estos suelos, en su mayor extensión, dentro del área agrícola del valle Moche. La mayor parte de los suelos aquí incluidos corresponden a los suelos aluviales irrigados, de drenaje libre. Potencial y económicamente, representan el grupo edáfico de mayor valor para propósitos agrícolas, dentro de la cuenca en estudio.

Fluvisoléurico (seco): Son suelos de perfil (A) C ó C, formados por los rellenos aluviales del Cuaternario, generados por las corrientes de curso intermitente o quebradas secas que enmarcan la parte alta del valle y parte de las pampas vecinas (ONERN, 1973; Porta *et al.*, 1999).



Fig. 1. Mapa geomorfológico de la provincia de Trujillo, Perú

El horizonte (A) es delgado y pálido (ócrico) y yace sobre una sección estratificado de texturas y espesores variables, predominándolas fracciones gruesas, además de grava, guijarros y piedras. La mayor parte de estos suelos se presentan de morfología esquelética o fragmentaria.

a) Regosoles: Dentro de este grupo, se ha reconocido a los Regosoles éutrico (Fig. 2).

Regosol éutrico: Son suelos de perfil (A) C ó C, constituidos por materiales arenosos que carecen de horizontes diagnósticos (ONERN, 1973; Porta *et al.*, 1999).

Los suelos observados presentan un horizonte C pálido (ócrico), de reacción ligera a fuertemente alcalina (pH 7.6 - 9.0), a veces ligeramente salinos. Son de origen eólico principalmente y de morfología arenosa (arena gruesa fina), a veces gravillosa; suelta, profunda, presentando una topografía arenosa (arena gruesa y fina), a veces gravillosa; suelta, profunda, presentando una topografía plana a ligeramente ondulada y con áreas fuertemente onduladas o disectadas. Se encuentran distribuidos en las pampas vecinas a los valles así como en potentes recubrimientos en las laderas de algunos cerros. De acuerdo a su Capacidad de Uso, en las zonas eriazas, algunas áreas presentan cierta potencialidad para la fijación de cultivos, siempre que las condiciones de aridez sean subsanadas por el riego permanente; igualmente, la zona bajo cultivo.

b) Solonchacks: Dentro de este grupo edáfico, se ha determinado Solonchak ártico y Solonchak gleico (Fig. 2).

Solonchak ártico: Son suelos de perfil AC, formados sobre depósitos de origen

aluvial y marino. Presentan un horizonte sálico dentro de los 125 cm desde la superficie (ONERN, 1973; Porta *et al.*, 1999).

La conductividad eléctrica tiene valores de 16 a 300 mmhos/cm en algún subhorizonte dentro de esta profundidad. Son de morfología arenosa a franco arenosa, profundos.

El relieve topográfico es plano a ligeramente ondulado, a veces con presencia de dunas pequeñas ocasionales. Se encuentra principalmente en la parte baja de la pampa El Alto; Alto Salaverry y Salaverry, Punta Gorda, Las Salinas, Compositán, Jaime y Pampa Blanca - Las Salinas.

c) Litosoles: Dentro de este grupo edáfico y de acuerdo a su posición geográfica, condiciones climáticas prevalentes y grado de saturación de bases, se ha determinado, Litosoles andinos éutricos y Litosoles andinos dístricos (Fig. 2).

Litosol desértico: Son suelos con perfil (A)Có (A) R. El horizonte (A) es muy delgado, pálido (ócrico) y generalmente gravo-pedregoso, que grada o descansa sobre materiales rocosos continuos y coherentes.

La litología es variada, predominando las rocas ígneas intrusivas (granitos, granodioritas, dioritas); en menor grado, rocas sedimentarias (lutitas y areniscas) y, como inclusiones, rocas volcánicas y sedimentarias fuertemente metamorizadas. La topografía es abrupta, con pendientes dominantes de más de 70% (ONERN, 1973; Porta *et al.*, 1999).

Este grupo, en asociación con la formación lítica, tapiza mayormente la porción inferior del flanco occidental andino, comprendido desde los ramales y estribaciones más bajas de la Cordillera Occidental, que irrumpe

hacia el mar, hasta aproximadamente 1800 m.s.n.m., en la cuenca del río Moche. Son suelos potencialmente agrícolas por sus condiciones climáticas áridas, naturaleza superficial del suelo y pendiente extremadamente empinada.

Litosol andino dístico: Suelos con perfil (A)Có (A)R. El horizonte (A) es muy delgado, poco desarrollado, oscuro debido al mayor contenido de materia orgánica, en contraste con los Litosoles desérticos; de baja saturación de bases, que grada o descansa sobre materiales rocodesérticos; de baja saturación de bases, que grada o descansa sobre materiales rocosos continuos y coherentes.

La litología está representada predominantemente por rocas ígneas extrusivas (volcánicas: derrames dacíticos, riolíticos, andesíticos) y, en menor grado, por rocas ígneas intrusivas (granito, granodiorita, diorita) y rocas sedimentarias (areniscas, lutitas e inclusiones de calizas y lutitas calcáreas), así como metamórficas (cuarcitas). La topografía es extremadamente empinada, con pendientes mayores de 70% (ONERN, 1973; Porta *et al.*, 1999). Este grupo, en asociación con la formación lítica, se extiende desde los 1800 m.s.n.m., en la cuenca del río Moche, en los lugares donde la topografía se suaviza, pueden mantener una actividad pecuaria temporal extensiva y nómada, pero no ofrecen mayormente condiciones racionales y económicas de uso, por la naturaleza del suelo y pendientes abruptas.

Formación Lítica: Esta formación no edáfica (no suelo) está constituida esencialmente por las exposiciones de roca viva o desnuda (afloramientos rocosos) y escombros o detritos poco consolidados de rocas. Se encuentra distribuida ampliamente en todas las cuencas. La

composición litológica es variada desde materiales ígneos intrusivos y extrusivos hasta rocas sedimentarias metamórficas (Fig. 2).

Un suelo es un ecosistema vivo y dinámico, conteniendo organismos microscópicos y de mayor tamaño que cumplen muchas funciones vitales, entre ellas transformar la materia inerte y en descomposición, así como los minerales, en nutrientes para las plantas (ciclo de los elementos nutritivos); controlar las enfermedades de las plantas, los insectos y malas hierbas; mejorar la estructura de los suelos con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y nutrientes de los suelos y, por último, mejorar la producción de cultivos. Además, los suelos sanos contribuyen a mitigar el cambio climático al mantener o aumentar su contenido de carbono.

El enfoque agrícola promueve la gestión sostenible de los suelos con la finalidad de mejorar la productividad, como es la agroecología, la agricultura de conservación y la agricultura orgánica. Por último, una mejor comprensión de las relaciones entre el período útil de los suelos y la función de los ecosistemas y el impacto de las intervenciones humanas permitirán reducir los efectos negativos y aprovechar de manera más eficaz los beneficios de la actividad biológica de los suelos con miras a una agricultura más sostenible y productiva.

La provincia de Trujillo es el primer productor a nivel regional de verduras, hortalizas y *Persea americana* Mill. "palto" (Lauraceae) (Fig. 3a) y segundo productor de *Asparagus officinalis* L. "esparrago" (Asparagaceae) (Fig. 3b), por los mayores niveles de productividad obtenida y tecnología empleada. A esto

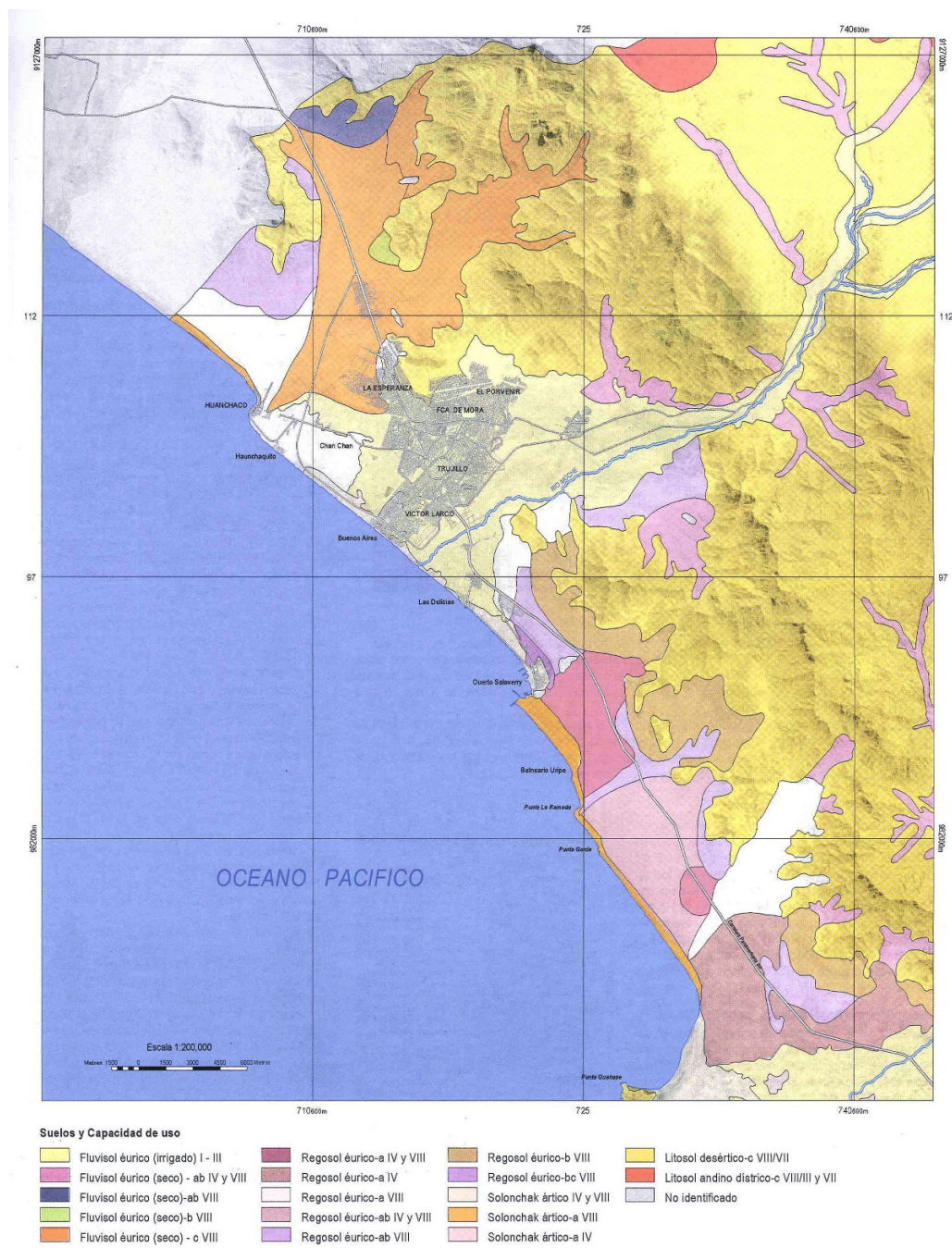


Fig. 2. Suelos y capacidad de uso en la provincia de Trujillo, Perú.

contribuye la infraestructura de riego del proyecto Chavimochic, el potencial de tierras agrícolas y la tecnología de punta empleada por agroexportadores. Se destaca en la zona de Poroto y Laredo la siembra masiva y producción de frutales, en especial la *Ananas comosus* "piña" (Bromeliaceae). Es segundo productor de *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar" (Poaceae) (Fig. 3c), según los datos consignados en el Plan de Cultivo y Riego de la campaña 2017-2018, por la Administración Local de Aguas-ALA, principalmente en los distritos de Trujillo y Laredo. La producción provincial de *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar" (Poaceae) es destinada a la molienda en la empresa Agroindustrial Laredo SAA, cuya planta procesadora se localiza en la ciudad capital del distrito Laredo. Esta producción agrícola sumada a la proveniente de otras provincias como Virú y Ascope es movilizada en Trujillo y procesada para la producción de azúcar y otros derivados.

Los suelos más recomendados para cultivos *Persea americana* Mill. "palto" (Lauraceae) son los de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5,5 a 7), puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje, pues el exceso de humedad propicia un medio adecuado para el desarrollo de enfermedades de la raíz, fisiológicas como la asfixia radical y fúngicas como *Phytophthora*. El terreno destinado al cultivo debe contar con buena protección natural contra el viento o en su ausencia, establecer una barrera cortavientos preferentemente un año antes del establecimiento de la plantación. El viento produce daño, rotura de ramas, caída del fruto, especialmente cuando están pequeños. También, cuando el viento es muy seco durante la floración, reduce

el número de flores polinizadas y por consiguiente de frutos.

El cultivo de *Asparagus officinalis* L. "espárrago" (Asparagaceae) es debido a su rusticidad, se da bien en casi todos los tipos de suelos, con tal de que no sean excesivamente húmedos. Si bien esto es cierto en cuanto a la planta, la obtención de buenos turiones requiere condiciones muy concretas en cuanto a las características del suelo se refiere: profundo, suelto, fresco y sano. El "espárrago" verde es menos exigente que el blanco debido a las diferencias en el cultivo de uno y otro. La planta del espárrago posee un sistema radicular potente que es capaz de explorar un gran volumen de tierra.

En base al sistema de clasificación de unidades de suelo FAO/UNESCO, para los cultivos de *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar" (Poaceae), en el área de la zona de estudio, se distinguen varios tipos de suelo, lo cual se debe a la diversidad de clima y a los habitats edáficos existentes, identificándose en las distintas subprovincias las siguientes unidades de suelo: Feozems, Vertisoles, Litosoles, Regosoles, Luvisoles y Andosoles, en los cuales se distinguen variadas subunidades. En cuanto a texturas se identifican desde suelos arcillosos, francos, arenosos y limosos en sus distintas combinaciones.

El cultivo de *Ananas comosus* "piña" (Bromeliaceae) es muy exigente en cuanto a la fertilidad del suelo, se requiere que el suelo tenga un excelente drenaje y bien aireados, un suelo compactado traería enfermedades de la raíz y una pobre absorción de nutrientes. Además, hay que tomar en cuenta el pH del suelo, debe ser preferentemente de 4,5 a 5,5, y con valores superiores a 6,0 se tiene problemas con *Phytophthora*.

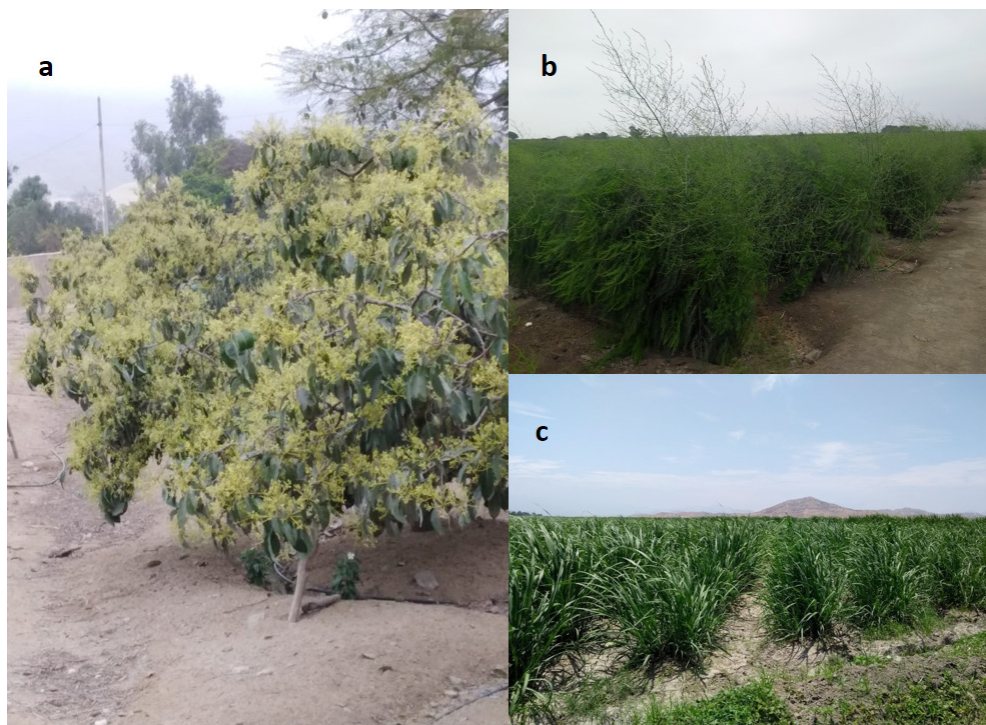


Fig. 3. Principales cultivos en la provincia de Trujillo: a. *Persea americana* Mill. "palto"; b. *Asparagus officinalis* L. "espárrago"; c. *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar".

Conclusiones

La mayor parte de los suelos aquí incluidos corresponden a los suelos aluviales irrigados, de drenaje libre; potencial y económicamente, representan a suelos fluvisoles, regosoles y litosoles. Constituyéndose la provincia de Trujillo en el primer productor a nivel regional de *Persea americana* Mill. "palto", *Asparagus officinalis* L. "espárrago" y *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar".

En la cuenca baja o valle existen las tierras de mejor calidad para las actividades agrícolas, de esta área geográfica se identificó una superficie de tierras aptas para la agricultura de 10500 ha; sin embargo, en esta zona se ha mejorado el riego de tierras existentes y se ha

incrementado o se incrementarán a corto plazo nuevas áreas como parte del proyecto especial Chavimochic cuya infraestructura hidráulica ha sido concluida hasta el valle Moche.

El estudio de suelos en el valle Moche, corresponde a tierras con fuertes a excesivas problemas de salinidad y/o mal drenaje, que requiere de inversiones relativamente elevadas para su recuperación. Además existen suelos afectados por ligeros problemas de salinidad (salinidad incipiente), dentro de las zonas afectadas por las sales y/o drenaje.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Trujillo donde trabajo y me brinda las facilidades de realizar investigaciones en mi especialidad;

asimismo, a la Universidad Privada Antenor Orrego por la oportunidad de poder publicar nuestros trabajos de investigación.

Contribución de los autores

AMGP: Desarrollo integral de la investigación y del manuscrito.

Conflicto de intereses

El autor no tiene conflicto de intereses.

Literatura citada

- Arnhold, S.; D. Otieno; J. Onyango; T. Koellner; B. Huwe & J. Tenhunen.** 2015. Soil properties along a gradient from hillslopes to the savanna plains in the Lambwe Valley, Kenya. *Soil and Tillage Research* 154: 75-83.
- Ceddia, M. B.; S. R. Vieira; A. L. O. Villela; L. S. Mota; L. H. C. Anjos & D. F. Carvalho.** 2009. Topography and spatial variability of soil physical properties. *Scientia Agricola* 66(3):338-352
- Comerma, J. & D. Machado.** 2001. Planificación del uso de los Recursos Naturales en las Cuencas Hidrográficas. Inc. XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Cuba, 20 pp
- De Pedraza, J.** 1996. Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda. Madrid-España, 414 pp
- Díaz, H. B. M.; V. H. Plascencia; R. R. Arteaga & P. M. Vázquez.** 2000. "Estudio y zonificación agroclimáticos en la región Los Altos de Chiapas, México", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm 42, Instituto de Geografía, UNAM, México, 7-27 pp
- Doorenbos, J. & A. H. Kassam.** 1979. Yield response to water, *Irrigation and Drainage Paper* 33 FAO, Roma. FAO. Roma, 193 pp
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** 1997. "Zonificación agroecológica. Guía general", *Boletín de suelos*, núm. 73, Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Roma, Italia.
- Instituto Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (INRENA).** 2008. Proyecto de obras de control de Bloques de riego en el Valle Chicama. Estudio de preinversión a nivel de perfil. INRENA-Ministerio de Agricultura. Lima-Perú, 73 pp
- Kreznor, W.; R. Kenneth; W. Banwart & D. L. Johnson.** 1989. Soil, Landscape, and Erosion Relationships in a Northwest Illinois Watershed. *Soil Science Society of America*. 53 (6): 1763-1771
- Lugo-Hubp, J. I.** 1989. La geomorfología en México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. *Revista Ciencia y Desarrollo* 87:69-79
- Ministerio de Agricultura (MINAG).** 2010a. Proyecto Obras de control y medición de agua por Bloques de Riego en el Valle Guadalupito. MINAG/ANA. Lima- Perú, 10 pp
- Ministerio de Agricultura (MINAG).** 2010b "Dinámica Agropecuaria 1997 - 2009". Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos, Ministerio de Agricultura. Lima-Perú
- Mzuku, M.; R. Khosla; R. Reich; D. Inman; F. Smith & L. MacDonald.** 2005. Spatial Variability of Measured Soil Properties across Site-Specific Management Zones. *Soil Science Society of America*. 69:1572-1579.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).** 1973. Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa. Cuenca del río Moche. Lima-Perú. Vol (1): 493
- Ospina, A.; G. Elizalde; J. Viloria & J. Ochoa.** 2004. Balance Morfodinámico de la Cuenca Alta del Río Guárico, Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio, 120 pp
- Pachepsky, A.; D. J. Timlin & W. J. Rawls.** 2001. Soil Water Retention as Related to Topographic Variables. *Soil Science Society of America* 65 (6): 1787-1795.
- Parra, V. J. G.** 1989. Zonificación agroclimática para la producción de la caña de azúcar en algunos estados de México, tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Centro de Edafología, Montecillo, Estado de México, 108 pp
- Porta, J.; M. López-Acevedo & C. Roquero.** 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente 2da. Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, 850 pp.
- Rivas, M.; B. Rodríguez & J. Palerm.** 2008. El sistema de jollas, una técnica de riego no convencional en la Mixteca. *Boletín del Archivo Histórico del Agua*. Año 13, Número especial, 6-16.
- Ruiz, V. J.** 1998. "Zonificación agroecológica del maíz de temporal en los valles centrales de Oaxaca. I. Determinación del potencial productivo", *Terra* 16 (3): 269-275

- Robinson, T. C. & U. Uehlinger.** 2003. Using artificial floods for restoring river integrity. *Aquat. Sci.* 65:181–182.
- Tijerina, C. L. & S. C. A. Ortiz.** 1990. Manual de la metodología para evaluar la aptitud de las tierras para la producción de cultivos básicos en condiciones de temporal. Programa de Agrometeorología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, 113 pp
- Tricat, J.** 1969. La epidermis de la tierra. Editorial Labor. Barcelona-España, 177 pp
- Villa, C. M. M.; I. M. A. Inzunza & V. E. Catalán.** 2001. “Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo”, *Terra*, 19 (1):1-7
- Zegarra, E. & J. Tuesta** .2009 “Shock de precios y vulnerabilidad alimentaria de los hogares peruanos”. Documento de Trabajo, GRADE.