

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN LA APTITUD DE RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA

Classification of soils according to the aptitude of irrigation in the Experimental Station Patacamaya

Ever Rolando Vargas Curaca¹; Rolando Céspedes Paredes²

RESUMEN

Los primeros estudios sobre la clasificación de suelos con fines de riego se iniciaron en los Estados Unidos de Norte América en 1902, expandiéndose a otros países en los siguientes años. La incorporación de métodos de riego para la producción es limitada por el escaso conocimiento de la relación agua-suelo. El área donde se instale el método de riego, definirá los rendimientos en función a las características que considera el estudio, es por estas razones que el objetivo de la investigación es clasificar los suelos en la Estación Experimental Patacamaya según la aptitud de riego, mediante la determinación de las características físicas, químicas e hidráulicas de los suelos agrícolas, así como clasificar y mapear los suelos del área de estudio según la aptitud de riego. La metodología consistió en la zonificación de las unidades fisiográficas, evaluación de la calidad del agua, evaluación de las características físicas y químicas de los suelos. Los resultados muestran que en las 39.46 ha estudiadas, las características físico-químicas de suelos son: Clases texturales franco arenosos y franco arcillo arenosos especialmente de capa arable o primer horizonte del suelo, tierra no salinos, tienen profundidad efectiva moderada de 0 a 100 cm; baja Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C); materia orgánica baja a media; fertilidad media a alta; pH neutro a ligeramente alcalino de escala (7.08 a 7.80). Según la clasificación de suelos para aptitud para riego, 15.72 ha corresponden a la Clase 2 con limitaciones de suelo y drenaje; 23.74 ha corresponden a la Clase 3 con limitaciones de suelo y drenaje.

Palabras clave: Unidades fisiográficas, perfiles del suelo, aptitud de riego, prueba de infiltración

ABSTRACT

The first studies on the classification of soils for irrigation purposes began in the United States of America in 1902, expanding to other countries in the following years. The incorporation of irrigation methods for production is limited by poor knowledge of the water-soil relationship. The area where the irrigation method is installed, will define the yields based on the characteristics considered by the study, it is for these reasons that the objective of the investigation is to classify the soils in the Patacamaya Experimental Station according to the irrigation aptitude, by means of the determination of the physical, chemical and hydraulic characteristics of agricultural soils, as well as classifying and mapping the soils of the study area according to the irrigation aptitude. The methodology consisted of the zoning of the physiographic units, evaluation of water quality, evaluation of the physical and chemical characteristics of soils. The results show that in the 39.46 studied, the physical-chemical characteristics of soils are: Sandy loam and sandy loam textural classes especially of arable layer or first soil horizon, non-saline land, have moderate effective depth of 0 to 100 cm; Low Cation Exchange Capacity (C.E.C); low to medium organic matter; medium to high fertility; Neutral to slightly alkaline pH scale (7.08 to 7.80). According to the classification of soils for aptitude for irrigation, 15.72 ha correspond to Class 2 with soil and drainage limitations; 23.74 ha correspond to Class 3 with soil and drainage limitations.

Keywords: Physiographic units, soil profiles, irrigation aptitude, infiltration test.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. evervargas279@gmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. rolocespedes@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Los primeros estudios sobre la clasificación de suelos con fines de riego se iniciaron en los Estados Unidos de Norte América en 1902, expandiéndose a otros países en los siguientes años. Al pasar del tiempo, los proyectos de riego fueron más complejos y extensos a nivel de perfil técnico, debido a la especificidad que contemplan en su desarrollo (Rossiter, 1998).

La incorporación y/o mejoramiento de los sistemas de riego contribuyen al desarrollo agropecuario disminuyendo los riesgos climáticos y proporcionando agua para asegurar las cosechas, de esta forma fortalecer la seguridad alimentaria y la oferta de alimentos al mercado, cambiando radicalmente la productividad del suelo. Adicionalmente, posibilita el aumento de los ingresos agrícolas de las familias campesinas y productores en general.

Actualmente, se aplica riego a un 10% de la superficie cultivada en Bolivia, el 90% restante, depende de la provisión regular de precipitaciones, acuíferos subterráneos, vertientes y glaciares (Painter, 2009). La incorporación de los sistemas de riego con un estudio previo de aptitud de suelos permite mayores rendimientos en la producción, brindando así condiciones para tener una agricultura sostenible.

En la región donde se ubica la Estación Experimental Patacamaya (Altiplano Central) existe una elevada inseguridad alimentaria debido a sus recursos socioeconómicos y varios factores climáticos, entre estos las altas variaciones de temperatura, escases de agua (en distribución y cantidad) y altos riesgos de sequía durante el periodo de crecimiento de las plantas. La incorporación de los sistemas de riego con un estudio previo de aptitud de suelos permite mayores rendimientos en la producción, brindando así condiciones para tener una agricultura sostenible. La incorporación de métodos de riego para la producción es limitada por el escaso conocimiento de la relación agua-suelo. El área donde se instale el método de riego, definirá los rendimientos en función a las características que considera el estudio.

Es por tales razones que el objetivo de la investigación fue clasificar los suelos según la aptitud de riego en la Estación Experimental Patacamaya, mediante la caracterización de los aspectos relacionados con el riego, determinación de las características físicas, químicas e hidráulicas de los suelos agrícolas; y

clasificación y mapeo de los suelos del área de estudio según la aptitud de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La Estación Experimental Patacamaya, se encuentra en la provincia Aroma, Quinta Sección del municipio de Patacamaya del departamento de La Paz, a una altura de 3786 m s.n.m. Se ubica en el Altiplano Central, siendo representativa, por sus condiciones agroclimáticas áridas. Geográficamente se halla a los 17° 15' de Latitud Sur y a los 67° 55' de Longitud Oeste.

Metodología

De acuerdo a los objetivos propuestos, la presente investigación es de tipo descriptivo, transversal y no experimental, debido a la naturaleza de los componentes del objeto de estudio, tomando en cuenta las características de colecta, análisis e interpretación de la información (Fernández, 2011).

Zonificación de unidades fisiográficas de estudio

Para la identificación de las zonas o áreas a muestrear, se utilizó la técnica de zonificación de áreas potenciales productivas. El trabajo de campo se inició con el reconocimiento "in situ" del área de estudio, contrastando con el mapa base elaborado preliminarmente. En la fase se efectuó algunas correcciones de la delimitación resaltando que la Universidad Mayor de San Andrés cuenta con 500 hectáreas, de las cuales la Facultad de Agronomía realiza trabajos de investigación en 50 hectáreas.

Se realizó una caracterización general con respecto al riego, se estudiaron los siguientes puntos:

- Recursos hídricos, de donde proviene el agua que se utiliza en la Estación Experimental Patacamaya.
- Se realizó el muestreo de agua, obtenidos del pozo principal que provee de agua para riego a la Estación.
- Calidad de agua, se hizo un análisis de agua de riego para determinar su calidad. Analizando concentraciones de sales solubles (Ca, Na, Mg, K, Cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonatos), pH, CE y elementos tóxicos (Boro, Amonio, Nitratos y Fosfatos) en los laboratorios del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN).

Características físicas y químicas de los suelos agrícolas de la Estación Experimental Patacamaya

En predios de la Estación Experimental Patacamaya se determinó 23 puntos para la apertura de calicatas donde en cada unidad fisiográfica se asignó un número de puntos (calicatas) según el área ocupada para efectuar el estudio de los perfiles de suelo.

La descripción de perfiles de suelo consistió en observar y registrar las características morfológicas de cada horizonte y capa constituyente de los suelos en cada punto de estudio definido dentro de cada unidad de terreno (fisiografía). La descripción fue efectuada conforme al manual de "Descripción de perfiles de la FAO". Las variables observadas fueron: espesor de horizonte y capa, textura, estructura, consistencia en seco, húmedo y mojado, porosidad y otras características como presencia de grava, piedra, moteaduras, películas de arcilla, carbonatos, raíces, etc. (FAO, 1990).

Concluida la descripción de perfiles de suelo, se efectuó el muestreo de suelo en cada punto de evaluación para los respectivos análisis físico-químicos. El procedimiento aplicado consistió en la colecta de muestras del primer horizonte (capa arable) (Gabriels y Lobo, 2011), la cantidad fue de aproximadamente de 1 kg, siendo etiquetadas y embaladas para su envío al laboratorio de suelos del IBTEN.

Propiedades hidráulicas de los suelos

Se utilizó el método de los cilindros infiltrómetros propuesto por Reichardt (1990), el cual consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior, se procedió a realizar ocho pruebas de infiltración ubicando estas mismas en las unidades fisiográficas seleccionadas, realizándose tres repeticiones.

Análisis del suelo en laboratorio

Esta fase de trabajo consistió en la realización de los análisis de suelo en laboratorio. Los parámetros físicos fueron textura, densidad real y densidad aparente, mientras que los parámetros químicos fueron el pH en agua (relación 1:5), pH en cloruro de potasio (relación 1:5), cationes de cambio (acetato de amonio 1 N), presencia de carbonatos, conductividad eléctrica

(relación 1:5), materia orgánica, nitrógeno total, fósforo asimilable, análisis de extractos de suelo, relación de suelo/agua pH, conductividad eléctrica (C.E.), cationes solubles (Na, K, Ca, Mg), aniones solubles (SO₄, Cl, HCO₃), capacidad de intercambio catiónico y boro soluble o disponible.

Análisis de la información

Obtenida la información en las diferentes fases del presente trabajo de investigación, se prosiguió con la interpretación de resultados relevados en campo y laboratorio, después se interpretó los ensayos de infiltración con el método de cilindros de doble anillos concéntricos en el programa de Excel 2016, determinando la velocidad de infiltración básica y la acumulada respectivamente.

Para la clasificación de suelos para la aptitud de riego se consideraron los factores físicos (suelo, topografía y condiciones de drenaje). Para determinar áreas cultivables y no cultivables se utilizó los lineamientos del sistema de clasificación de (Oficina de recuperación de suelos de los Estados Unidos) volumen V (USDA) (USBR.) (1973), que considera seis clases de riego, diferenciadas en subclases de riego según presenten limitaciones de los factores de suelo, topografía y drenaje que son considerados como los actores más importantes en la clasificación (Valverde, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recursos hídricos

Las aguas subterráneas son el principal recurso hídrico de la Estación Experimental Patacamaya, actualmente existe un pozo subterráneo con aproximadamente 70 metros de profundidad, es la principal fuente de agua disponible para el riego de los cultivos. La Estación Experimental se ubica en una llanura aluvial rodeada por serranías, las precipitaciones en el lugar son mínimas y en periodos marcados (inferiores a los 480 mm/año), la evaporación es otro de los factores que evita la retención y almacenamiento de humedad, alcanzando una evapotranspiración promedio anual de 1436 mm.

Calidad de agua para riego

De acuerdo a los sistemas de clasificación de aguas (USDA) y usando los datos de la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de sodio se establece que el

agua de riego en el pozo principal pertenece a la clase C2-S1, lo cual indica que las aguas son de calidad media respecto a la salinidad y sodicidad, por lo que no presentan restricciones de uso para el riego de los cultivos, teniendo poca probabilidad de que se desarrolle salinidad o que se alcance niveles peligrosos de sodio intercambiable en el suelo.

Tabla 1. Calidad de agua para riego proveniente del pozo principal en la Estación Experimental Patacamaya.

Parámetro	Unidades	Pozo principal
pH	-	6.79
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S cm}^{-1}$	550.00
Sodio	mg L^{-1}	91.74
Potasio	mg L^{-1}	7.23
Calcio	mg L^{-1}	13.31
Magnesio	mg L^{-1}	3.24
Cloruros	mg L^{-1}	76.18
Carbonatos	mg L^{-1}	0.00
Bicarbonatos	mg L^{-1}	131.43
Sulfatos	mg L^{-1}	26.29
Sólidos suspendidos	mg L^{-1}	0.20
Sólidos totales	mg L^{-1}	389.33
Sólidos disueltos	mg L^{-1}	387.86
Boro	mg L^{-1}	0.47
Relación de adsorción de sodio	-	5.84
Clase de agua		C2S1

Balance hídrico local

La Figura 1 muestra la evapotranspiración de referencia calculada mediante dos métodos Hargreaves y Sanami (1985) y Penman Monteith (1948). Se puede observar que existen diferencias entre ambos métodos, ya que para el cálculo intervienen variables climáticas como la radiación solar, temperatura, precipitación, velocidad del viento entre otros, por lo que estos valores son altos a diferencia del método de Hargreaves, para su cálculo es necesario emplear las variables de temperatura máxima, temperatura mínima y la duración de la insolación solar, todos ellos dieron valores inferiores de evapotranspiración respecto al anterior método de Penman Monteith.

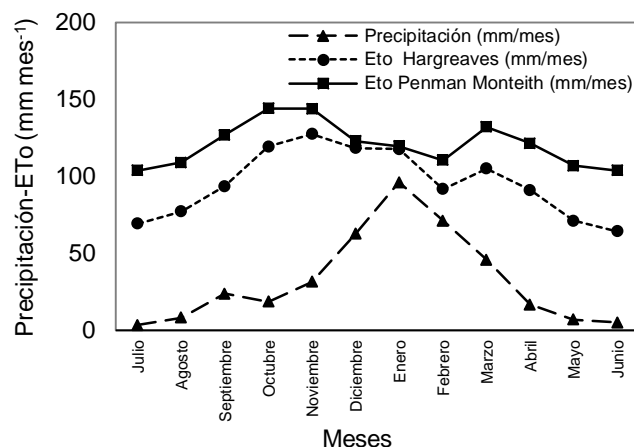


Figura 1. Balance hídrico local determinado por Penman Montheit y Hargreaves.

En ningún mes del año se satisface las necesidades hídricas del lugar, en los meses de diciembre, enero y febrero es donde existe mayor precipitación, pero es menor a la evapotranspiración calculada. Durante los meses secos se alcanza niveles altos de evapotranspiración que limitan la actividad agrícola.

Zonificación con fines de riego

De acuerdo a los datos analizados de precipitación, temperatura y humedad relativa, de la EEP, dando como resultados de precipitación de 389.19 mm según datos obtenidos de SENAMHI (2012-2018) con 7 a 8 meses secos, de temperatura media de 10.1°C y de un índice de humedad del 0.56, considerando estos datos el área donde se ubica la Estación se clasifica como una zona árida a semiárida, entonces el riego es necesario.

Evaluación de suelos

Las texturas de los diferentes perfiles de estudio en la Estación Experimental Patacamaya varían entre franco arenoso (FA) y franco arcillo-arenoso (FYA), predominando los suelos arenosos que son propios de la zona estudiada. En la Tabla 2 se puede observar que las densidades aparentes de cada unidad de estudio fluctúan entre 1.40 cm^3 y 1.71 cm^3 que corresponden al perfil C-22 y C-7 respectivamente, el promedio de

densidad aparente de todos los perfiles de estudio es de 1.48 gr cm^{-3} que corresponde a suelos poco compactados. La mayor parte de los perfiles en estudio tienen una porosidad menor al 50%, de acuerdo a Chillón (1997), esto concuerda, pues mientras mayor es la densidad aparente menor es la porosidad y mientras menor la densidad aparente mayor la porosidad.

Tabla 2. Propiedades físicas de los perfiles en estudio de la Estación Experimental Patacamaya.

Nº de calicata	Profundidad efectiva (cm)	Textura	Densidad aparente (gr cm^{-3})	Porosidad (%)
C-1	> 100	FA	1.5	42.4
C-2	> 100	FA	1.4	43.5
C-3	> 100	FA	1.4	43.3
C-4	> 100	FA	1.5	41.5
C-5	> 100	FA	1.6	37.6
C-6	> 100	FA	1.5	42.3
C-7	80	FA	1.7	32.9
C-8	80	FYA	1.6	39.1
C-9	90	FA	1.5	39.8
C-10	90	FYA	1.3	49.1
C-11	90	FYA	1.2	51.6
C-12	90	FYA	1.4	44.6
C-13	85	FYA	1.4	43.6
C-14	80	FYA	1.5	40.2
C-15	90	FYA	1.5	42.1
C-16	90	FA	1.6	36.9
C-17	90	FYA	1.6	37.2
C-18	>100	FYA	1.4	45.6
C-19	95	FYA	1.3	48.0
C-20	90	FYA	1.6	36.0
C-21	90	FYA	1.5	40.1
C-22	>100	FA	1.4	45.1
C-23	>100	FA	1.4	45.1

Propiedades químicas de los suelos en estudio

En relación al rango de pH de 0 a 14 se identificó valores que se encuentran entre 7.08 corresponde a la muestra 3 (M-3) y 7.8 correspondiente a la muestra 2 (M-2). Estos valores se encuentran en el rango de pH neutro excepto la M-2 que se inclina hacia el rango del pH básico (Figura 2).

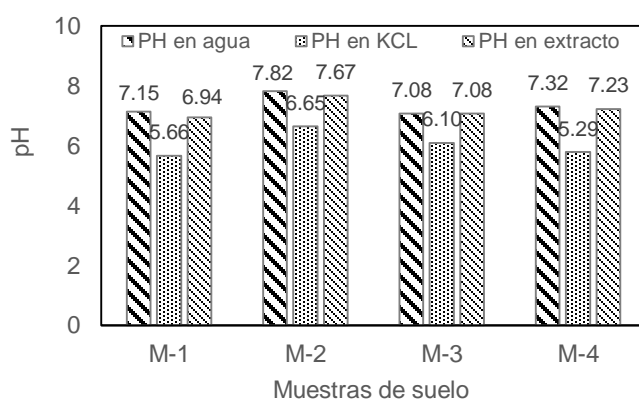


Figura 2. Rangos de pH en las muestras de suelo evaluadas.

La conductividad eléctrica para las 4 muestras de suelo (Figura 3) para la relación de suelos 1:5 los valores de conductividad eléctrica son menores a 1 dS m^{-1} , estos valores indican que los suelos de la Estación Experimental Patacamaya no son salinos.

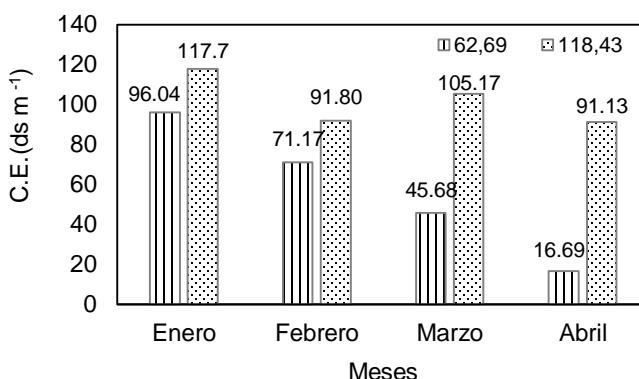


Figura 3. Conductividad eléctrica en las muestras de suelo evaluadas.

En la Figura 4, se observan los cationes de cambio para cada muestra de suelo, para calcio los valores obtenidos están en el rango de 4.33 a $11.28 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo, dando una disponibilidad del nutriente baja en la muestra 1 (M-1) de suelo, contrastando con M-2 que es la muestra de suelo que tiene mayor disponibilidad del nutriente con un promedio de $6.41 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo; para el magnesio se obtuvieron valores entre $1.1 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo y $2.31 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo

considerando estos valores adecuados y altos en la disposición del nutriente con un promedio de $1.35 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo; para el sodio se obtuvieron valores que se encuentran en el rango adecuado con valores de 0.32 a $0.42 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo dando una buena disponibilidad del nutriente; para el potasio se tiene valores de disponibilidad muy alta con 1.09 y $2.38 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo respectivamente, dando como promedio $1.51 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo considerado como disponibilidad alta.

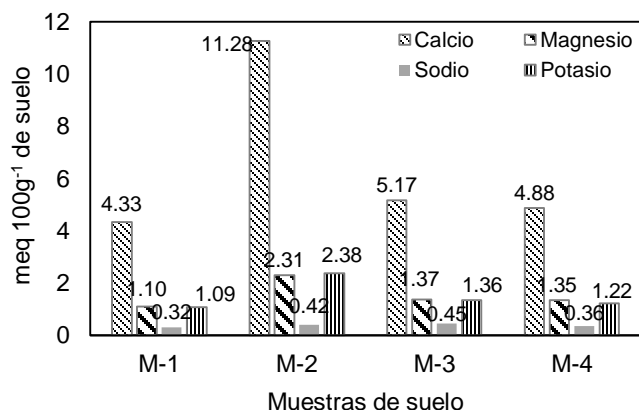


Figura 4. Cationes de cambio en las muestras de suelo evaluadas.

El análisis de materia orgánica y nitrógeno total muestra (Figura 5) el valor mínimo obtenido en la muestra M-1 con 1.13% ; el valor máximo obtenido en la muestra M-2 con 2.07% . Teniendo una clasificación de bajo a moderado; para el nitrógeno total muestra un comportamiento uniforme en cada unidad teniendo el valor mínimo en la muestra M-1 y M-4 con 0.07% y el máximo en la muestra M-2 con 0.12% considerados de disponibilidad moderada a alta respectivamente.

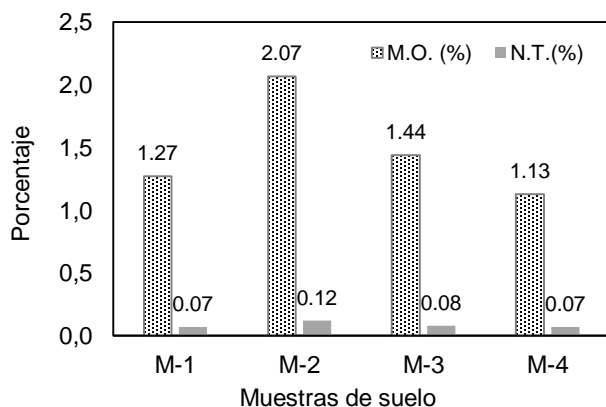


Figura 5. Materia orgánica y nitrógeno total en las muestras de suelo evaluadas.

Los valores fósforo asimilable (Figura 6) tienen un valor mínimo para la muestra M-1 con 18.50 ppm y el valor máximo en la muestra M-2 con 125.29 ppm , considerados de disponibilidad moderada a muy alta, los valores de fósforo asimilable para M-3 fue 27.60 ppm y para M-4 fue 35.45 ppm . Señalando que existe buena disponibilidad exceptuando la muestra M-2 que da un valor superior.

Velocidad de infiltración básica

De acuerdo a la Tabla 3 los suelos de la Estación Experimental Patacamaya tienen una infiltración moderada a moderadamente rápida, las pruebas de infiltración I-3, I-5, I-6, I-7, I-8 tienen una VIB moderada de 2.96 , 4.20 , 3.36 , 5.82 y 4.74 cm h^{-1} respectivamente, según los datos obtenidos se puede indicar que estos suelos son aptos para el riego por superficie, pero considerando métodos idóneos que faciliten una buena infiltración y almacenamiento de agua.

Tabla 3. Velocidad de infiltración básica y su clasificación.

Prueba de infiltración	VIB (cm h^{-1})	Clasificación
I-1	6.84	Moderadamente rápida
I-2	9.96	Moderadamente rápida
I-3	2.96	Moderada
I-4	7.25	Moderadamente rápida
I-5	4.20	Moderada
I-6	3.63	Moderada
I-7	5.82	Moderada
I-8	4.74	Moderada

Los suelos de las pruebas de infiltración I-1, I-2 y I-4 no presentan problemas de encharcamiento o escorrentía superficial debido a su alto nivel de velocidad de infiltración, pero debido a esta alta velocidad puede existir problemas de pérdidas de nutrientes por lavado al interior de los suelos con elevada pérdida de agua por drenaje profundo, se sugiere la implementación de métodos de riego que cumplan con la lámina y tiempo de riego requeridos antes de que ocurra una percolación profunda.

Clasificación de suelos según la aptitud de riego

Clase II: Son suelos moderadamente bien adaptados para una agricultura bajo riego, presenta una superficie de 15.72 ha y constituye el 39.83% del área clasificada (Tabla 4). Presenta una textura franca arcillo arenoso con una profundidad efectiva moderadamente profunda, con una capacidad de retención de humedad moderada. Su permeabilidad es moderadamente lenta,

existe riesgo de anegamiento superficial y con un nivel freático profundo. No presenta limitaciones por salinidad, alcalinidad y contenido de carbonatos, presenta problemas leves de afloramientos rocosos. La pendiente es inferior al 5% por lo tanto no se toma en cuenta el factor topografía.

Clase III. Pobrementemente adaptado para la agricultura bajo riego con severas limitaciones que requieren un manejo especial, presenta una superficie de 23.74

hectáreas y constituye el 60.16% del área clasificada (Tabla 4). Son zonas que presentan una textura franca arcillo arenosa siendo una de las limitantes, a moderadamente fina, con una profundidad efectiva de profundo, la permeabilidad de rápida a moderadamente rápida, drenaje interno moderado, saturado hasta 3 días y medio saturado por pocos días, el drenaje superficial de moderadamente rápido a rápido y respecto a la capacidad de retención de humedad es moderada.

Tabla 4. Clasificación de suelos según la aptitud de riego.

Categoría	Clase	Sub-clase	Superficie (ha)	Porcentaje	Perfil
Arable regable	2	2sd	1.20	3.04	PC-4
		2sd	0.75	1.90	PC-5
		2sd	1.62	4.11	PC-8
		2sd	1.20	3.04	PC-9
		2sd	0.97	2.46	PC-10
		2sd	0.83	2.10	PC-11
		2sd	1.23	3.12	PC-20
		2sd	1.90	4.82	PC-21
		2sd	4.27	10.82	PC-22
		2sd	1.75	4.43	PC-23
Arable regable	3	3sd	3.51	8.90	PC-1
		3sd	2.26	5.73	PC-2
		3sd	2.79	7.07	PC-3
		3sd	0.71	1.80	PC-6
		3sd	0.73	1.85	PC-7
		3sd	0.88	2.23	PC-11
		3sd	1.73	4.38	PC-12
		3sd	1.79	4.54	PC-13
		3sd	1.22	3.09	PC-14
		3sd	1.40	3.55	PC-15
		3sd	0.55	1.39	PC-16
		3sd	1.11	2.81	PC-17
		3sd	1.93	4.89	PC-18
		3sd	3.13	7.93	PC-19
Total área estudiada			39.46	100	
Superficie total (ha)			39.46	100	

La Figura 6 muestra la clasificación de los suelos según la aptitud de riego, distribuida en el área de estudio que comprenden 39.46 ha. Identificando las

clases de suelos encontradas distribuida en las seis unidades fisiográficas.

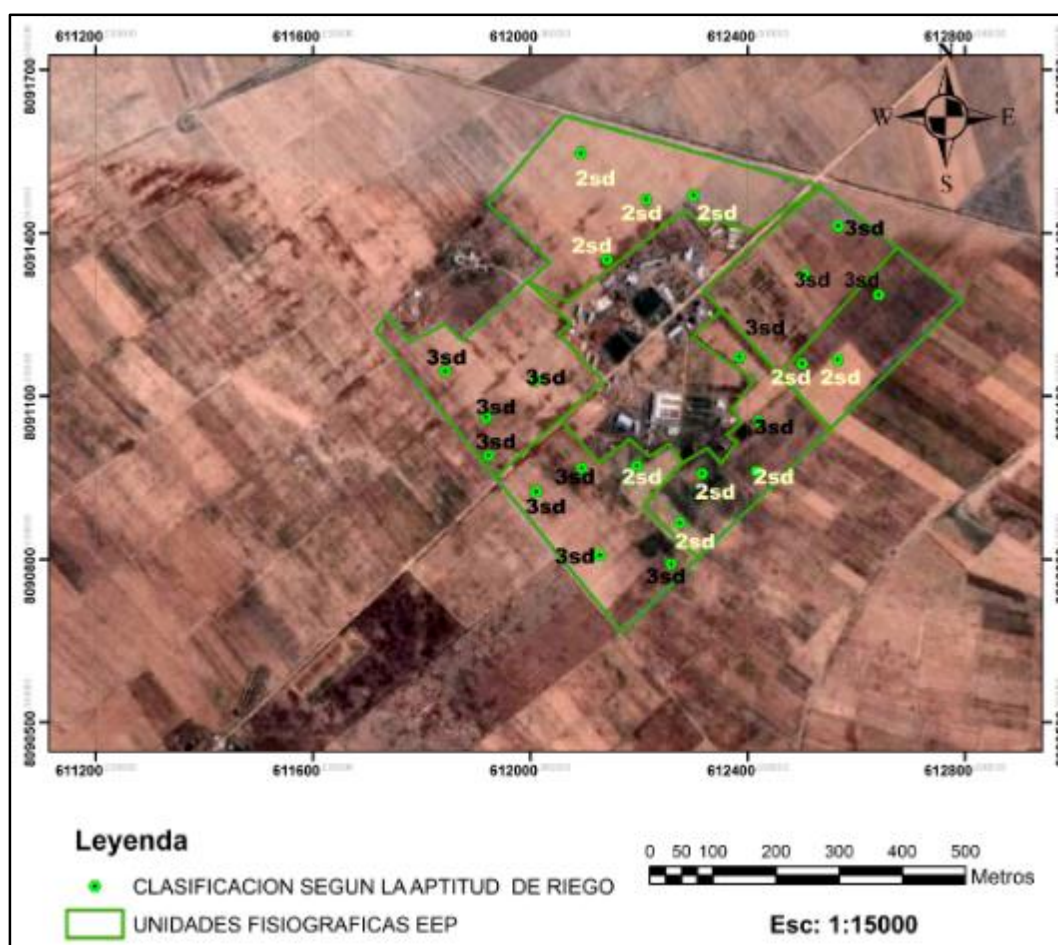


Figura 6. Distribución clasificación de los suelos según la aptitud de riego.

CONCLUSIONES

En las 39.46 ha estudiadas, las características físico-químicas de suelos son: Clases texturales franco arenosos y franco arcillo arenosos especialmente de capa arable o primer horizonte del suelo, tierra no salinos, tienen profundidad efectiva moderada de 0 a 100 cm; capa arable poco profundo de 20 a 35 cm; llanura altiplánica (0 a 3%) de pendiente; baja capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica baja a media; fertilidad media a alta; pH neutro a ligeramente alcalino de escala (7.08 a 7.82).

La infiltración en los suelos de la Estación Experimental Patacamaya es moderada a moderadamente rápida los cuales deben ser considerados para optar por métodos de riego que se acomoden a las características de la región.

Según la clasificación de suelos para aptitud para riego, 15.72 ha corresponden a la Clase 2 con limitaciones de suelo y drenaje, representando el

39.24% del área; 23.74 ha corresponden a la Clase 3 con limitaciones de suelo y drenaje, representando el 60.16% del área.

Bibliografía

- Chilon, E. 1997. Manual de edafología: prácticas de campo y laboratorio. Ec. CIDAT. La Paz, Bolivia. pp. 261-285.
- FAO. 1990. Evaluación de tierras para la agricultura en regadío: directivas. Boletín de suelos de la FAO 55. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 289 Pág.
- Fernández, C. (2011). Metodología de la investigación. Segunda edición. Mc. Graw. Hill. Ineramericana editores. México. 501 p.
- Gabriels, D.; Lobo D. 2011. Métodos para determinar la granulometría y la densidad aparente del suelo. 12 p.

Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2): 96-99.

Painter, J. 2009. Bolivia siente los efectos del calentamiento global. BBC Mundo. Disponible en www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia.shtml

Penman, H. L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proceedings of the Royal Society of London*, A193: 120-146.

Reichardt, K., 1990. A agua en sistemas agrícolas. Editora Manole Ltda. Sao Paulo, Brasil. 186 p.

Rossiter, D. 1998. Notas del curso “Evaluación de tierras” (en línea). Traducido por Proyecto Class. Cochabamba, Bolivia. Consultado 20 de noviembre 2012. Disponible

en <http://www.itc.nl/rossiter/teach/le/s494toc.htm>

Valverde, J. 2007. Riego y drenaje. 2da reimpresión. EUNED. San José, Costa Rica. pp. 8-9.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), 2018. SISMET – Base de datos Oficial del SENAMHI. Bolivia.

United States Department of the Interior Bureau of Reclamation (USDA). 1973. Oficina de recuperación de suelos de los Estados Unidos. Volumen V.

Artículo recibido en: 13 de agosto 2019

Aceptado en: 2 de diciembre 2019