

Determinación de las constantes Hídricas de Jujuy y Salta a nivel de Asociación, para el monitoreo del agua en el suelo

Determination of the constants Hidricas of Jujuy and Salta association level, for monitoring soil water

Alabar, F¹; Hurtado, R¹; Arias, P²; Mayo, H¹; Hormigo, D³, Moreno, C¹, Portal, M¹; Valdiviezo Corte, M¹; Spescha L⁴., y Riquelme, A¹.

¹*Cátedra de Agroclimatología*, ²*Cátedra de Edafología* y ³*Cátedra de Topografía*. FCA-UNJu. Alberdi 47 (4600). San Salvador de Jujuy. Argentina. ⁴*Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas*. UBA. Av. San Martín 4453. CABA. Email: davisalabar@hotmail.com

Resumen

Unas de las principales causas de la variación de los rendimientos de los cultivos, es la disponibilidad de agua en el suelo. A pesar de la importancia de la humedad del suelo para la estimación de los rendimientos de los cultivos, la determinación fiable de esta variable a escala regional, a través de mediciones puntuales convencionales, es compleja. La información requerida por los modelos de balance hídrico es variable y depende de su complejidad. Entre la información necesaria para la modelización del agua en el suelo, están las precipitaciones, la evapotranspiración y las constantes hidrológicas. La primera se la obtiene por mediciones de diferentes lugares, la segunda por estimaciones, mientras que al no disponer de mediciones de humedad del suelo in situ, las constantes hidrológicas del suelo se estiman a partir de datos de sus propiedades físicas. El objetivo del presente trabajo es estimar las constantes hidrológicas del suelo, correspondiente a las asociaciones de suelos para las provincias de Jujuy y Salta. Las constantes hídricas estimadas a nivel de asociación, expresan la gran variación edáfica que presentan los suelos en ambas provincias a las diferentes profundidades estudiadas (30, 70, 100 cm y profundidad efectiva).

Palabras claves: Noroeste Argentino, Asociaciones, constantes hídricas,

Summary

One of the main causes of the variation in crop yields is the availability of water in the soil. Despite the importance of soil moisture for estimating crop yields, reliable determination of this variable at regional level through conventional spot measurements, it is complex. The information required by water balance models is variable and depends on its complexity.

Among the information required for modeling soil water are precipitation, evapotranspiration and hydrological constants. The first is the measurements obtained by different places, the second on estimates, while the absence of measurements in situ soil moisture, soil hydrological constants are estimated from data on their physical properties. The aim of this study is to estimate soil hydrological constants corresponding to soil associations for the provinces of Jujuy and Salta. The estimated constant water level association, expressed the great soil variation in soils in both provinces to different depths studied (30, 70, 100 cm and effective depth).

Keywords: Argentine Northwest, Associations, constant water.

Introducción

El incremento en la demanda mundial de alimentos y energía y el monitoreo del rendimiento de los cultivos, es esencial para la seguridad alimentaria. Argentina es uno de los seis productores de trigo, maíz y soja más importantes (PNUD, 2009). Sin embargo, al igual que en varios países, la principal causa de la oscilación en los rendimientos de los cultivos es la dependencia de la variabilidad de la humedad del suelo, tanto para los que crecen con riego o sin él. Dado que estos cultivos desempeñan un papel considerable en la alimentación a nivel mundial, la predicción del rendimiento antes de la cosecha es fundamental para apoyar las políticas de exportación e importación. A pesar de la importancia de la humedad del suelo para la estimación de los rendimientos de los cultivos, la determinación fiable de esta variable a escala regional, a través de mediciones puntuales convencionales, es compleja. Generalmente estos métodos son caros y están disponibles en un número limitado de estaciones. Por otra parte, pueden existir elevadas incertidumbres debido a que muchos factores influyen en la variabilidad espacial de la humedad del suelo (por ejemplo, cambios en la topografía, tipos de suelo y profundidad del nivel freático); por lo tanto, la aplicabilidad a escala regional es limitada (Crow y otros, 2005; Grayson y Western, 1998).

La información requerida por los modelos de balance hídrico es variable y depende de su complejidad. En el Noroeste Argentino los recursos de información son escasos en general, y gran parte de los datos requeridos no estén disponibles (Antelo y Fernández Long, 2013).

Entre la información necesaria para la modelización del agua en el suelo, están las propiedades físicas, biológicas e hídricas del mismo. La información básica sobre las primeras suele estar disponible, como es el caso de la composición granulométrica, el contenido de

materia orgánica y la densidad aparente o la porosidad (Martínez Fernández y Ceballos Barbancho, 2001).

Los parámetros para racionalizar su uso en agricultura son las precipitaciones, la evapotranspiración y las constantes hidrológicas. El primero se obtiene por mediciones en diferentes lugares, la evapotranspiración, por estimaciones, mientras que al no disponer de mediciones de humedad del suelo *in situ*, las constantes hidrológicas del suelo se estiman a partir de sus propiedades físicas.

La región del noroeste argentino al poseer una elevada variabilidad temporal y espacial de los elementos meteorológicos y climáticos, ocasionada fundamentalmente por la altura y el relieve, produce importantes oscilaciones de la disponibilidad de agua en el suelo.

Las zonas productivas de mayor importancia de las provincias de Jujuy y Salta presentan un clima templado con una estación seca muy marcada. El régimen de precipitación es típicamente monzónico, donde el 80% o más de la precipitación se produce en el semestre cálido (octubre-marzo). En el semestre frío, queda distribuido el remanente (9 al 20 %).

Los principales cultivos en ambas provincias son: tabaco, caña azúcar, cítricos, soja, maíz y algunos frutales subtropicales. Dichas producciones representan un porcentaje importante del PBI provincial. La mayor parte de la superficie cultivada de los principales cultivos, se realiza bajo riego, por las características climáticas de la región. En consecuencia, la estimación de la reserva de humedad de agua del suelo adquiere una importancia notoria.

En las últimas dos décadas se han desarrollado técnicas para la detección de la humedad del suelo basadas en el uso de sensores remotos (Batlivala y Ulaby, 1977; Chauhan y otros, 2003; Du y Ulaby, 2000; Dubois y otros, 1995; Jackson y otros, 1977 a; Jackson y otros, 1996 c; Moran y otros, 1994; Sandholt y otros, 2002; Wang y Qu, 2009). Estos se apoyan en la información de bandas óptico-térmicos y de microondas del espectro electromagnético. Los sensores de microondas tienen la capacidad para monitorear en superficie bajo todas las condiciones meteorológicas, mientras que los sensores ópticos térmicos lo hacen sólo en condiciones de cielo despejado. La principal desventaja de los sensores pasivos de microondas es la resolución espacial (25-40 km), por lo que sólo se puede utilizar para estimar la humedad del suelo en grandes superficies. Esta limitación se ha superado parcialmente con sensores de microondas activos, que tienen una mejor resolución espacial (10-30 m), aunque con intervalos de repetición entre 15 y 25 días (Mallick y otros, 2009). Por

otra parte, los sensores de microondas pueden supervisar solamente cerca de la superficie del suelo (0-10 cm) (Eagleman y Li, 1976; Jackson y otros, 1982 b; Shutko, 1982), característica que condiciona la estimación del rendimiento de los cultivos debido a que la vegetación puede extraer agua a mayor profundidad. Actualmente los esfuerzos se están realizando en la utilización de sensores que miden en las bandas de infrarrojos ópticos térmico, por poseer una resolución espacial y temporal adecuada para el monitoreo de la humedad del suelo y la condición de los cultivos.

Sin embargo, la absorción de agua por las plantas no sólo depende de la habilidad de las raíces y del estadio en que se encuentra, sino también de la capacidad del suelo para retenerla.

Para estimar la disponibilidad de agua del suelo se utilizan constantes hídricas como la capacidad de campo (CC), punto de marchitez (PM) y como consecuencia, el agua útil (AU) (Oszust y otros, 2010), las que se obtienen por medición *in situ* o estimación de sus propiedades físicas. Las mediciones *in situ* requieren de instrumental especializado o de procedimientos desarrollados en laboratorio, por lo que su determinación resulta costosa en tiempo y recursos.

Para ello, se han desarrollado funciones que relacionan las variables del suelo con el contenido de agua volumétrico con los potenciales hídricos seleccionados, las cuales se denominan ecuaciones de pedotransferencia (EPT) (Damiano y Taboada, 2000). Por ejemplo, Pineda y Vilorio (1997) en Venezuela, establecieron ecuaciones que estiman la CC y PM a partir de regresiones lineales, considerándose una alternativa válida para estimar la retención de humedad del suelo. En Argentina, Damiano y Taboada (2000) realizaron estudios comparativos de EPT, demostrando que las mismas estiman aceptablemente los límites de retención de agua a partir de un mínimo de información disponible en la cartografía de suelo. Mastromauro (2014) evaluó las EPT desarrolladas desde el año 1979 hasta 1996, para estimar constantes hídricas en tres suelos de la provincia de Córdoba, determinando que para los límites inferiores y superiores de retención de agua en el suelo, las ecuaciones son aceptables para condiciones a campo.

Correlaciones estadísticas entre la textura y el potencial hídrico del suelo pueden proporcionar estimaciones lo suficientemente precisas para gestionar el uso del agua. Este estudio fue desarrollado por Saxton (2009) y consisten en EPT similares a las reportadas previamente, pero que incluyen más variables para su obtención. El sistema predictivo fue programado en

un modelo gráfico computarizado denominado SPAW (Suelo-planta-atmosfera-agua, Versión 6.02).

Varios métodos desarrollados en los últimos años han demostrado que las EPT, son un sistema predictivo que integran el amplio conocimiento disponible de las variables físicas del suelo con la retención del agua edáfica.

Alabar y otros, (2014) determinó las constantes hidrológicas para veintenas asociaciones de suelos de los valles templados y cálidos de la provincia de Jujuy utilizando el programa SPAW a partir de la información disponible en el Sistema de Información Geográfica del estudio de “Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy) Nadir y Chafatinos, 1990” (Osinaga y Paoli, 2009).

En consecuencia, una alternativa a la escasez de información con mediciones directas, para representar la gran variabilidad espacial del contenido de agua en ambas provincias, son las EPT contenidas en el software SPAW.

El objetivo del presente trabajo es estimar las constantes hidrológicas correspondientes a las asociaciones de suelos, para las provincias de Jujuy y Salta, descritas en el estudio de suelos mencionado precedentemente. Esta información, junto con la precipitación y evapotranspiración, son fundamentales para sistematizar el uso del agua. Los resultados encontrados en este estudio servirán de base para el diseño de un aplicativo del Servicio de Agroclimático de Jujuy (SIAJ) que permitirá estimar cada constante hídrica según su coordenada geográfica.

Materiales y métodos

La Figura 1, muestra la región en estudio correspondiente a las provincias de Jujuy y Salta, cuyas coordenadas geográficas extremas son: $21^{\circ} 47'$ y $26^{\circ} 24'$ S; y $62^{\circ} 00'$ y $69^{\circ} 30'$ W.

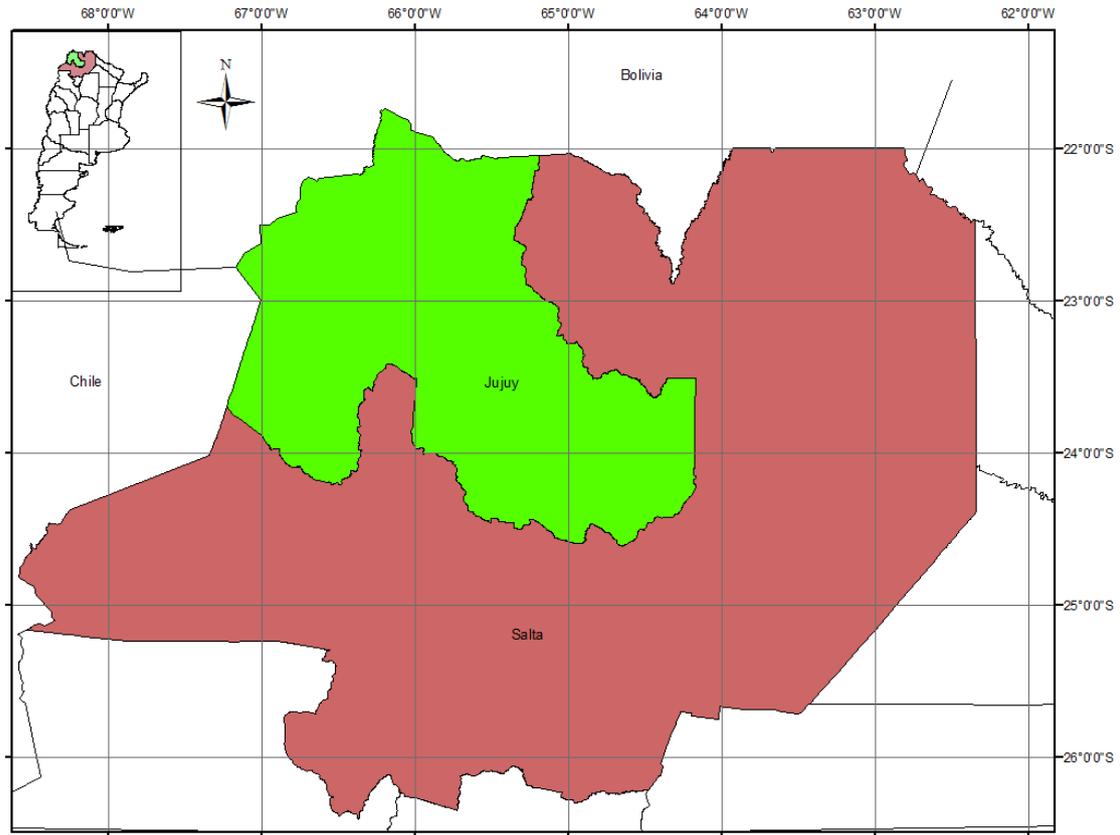


Figura 1: Región de estudio correspondiente a las provincias de Jujuy y Salta.

Las asociaciones para los suelos que se determinaron las contantes hidrológicas quedan diferenciadas en la figura 2, que corresponden al trabajo de Osinaga y Paoli (2009).

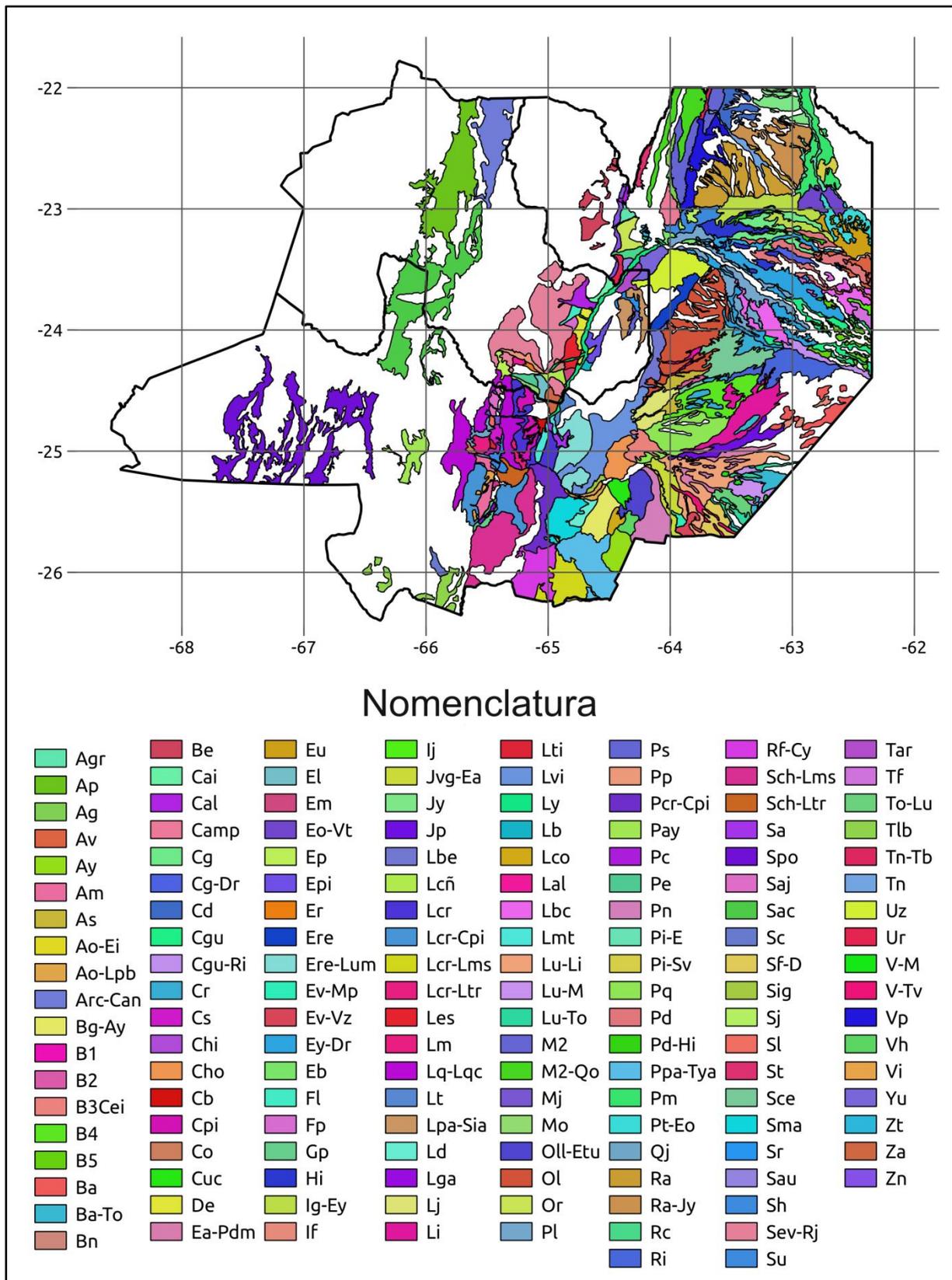


Figura 2: Asociaciones de suelo de las provincias de Jujuy y Salta clasificadas por Osinaga y Paoli, (2009) en las que se determinó las constantes hídricas.

Las asociaciones están representadas por series de suelos clasificadas como dominantes, subordinados e incluidos. La serie que interviene en un porcentaje igual o mayor al 60 % es dominante y le otorga el nombre a la Asociación. Cuando la representación es del 40%, se corresponde con suelos subordinados y consideran incluidos, cuando no superan más de un 15%. Para el cálculo de las constantes hídricas se consideró la serie de suelo dominante de cada asociación y para su estimación se utilizaron los datos de porcentaje de arena, arcilla, materia orgánica y conductividad eléctrica (mmhos. cm^{-1}), de cada horizonte.

Con el software SPAW (Suelo-planta-atmósfera-agua, Versión 6.02; Saxton, 2009) se procedió al cálculo de las constantes CC y PMP expresadas en porcentaje volumétrico.

Dada la variabilidad de la profundidad de muestreo de los perfiles (entre 30 y 220 cm) la lámina de agua (mm) se determinó para las profundidades de 30, 70, 100 cm y profundidad efectiva (profundidad hasta donde se pueden desarrollar las raíces de las plantas, determinado en el análisis de suelo). Los índices de compactación y porcentaje de grava se fijaron en uno y cero por ciento, respectivamente, debido a que no se disponía de dicha información.

La selección de la profundidad de 30 cm, se realizó debido que la mayoría de los suelos de Quebrada y Puna se encuentran desarrollo hasta esa profundidad coincidiendo con la profundidad de mayor volumen radicular. Los 70 cm fueron seleccionados como profundidad media de desarrollo de los suelos de los valles templados y cálidos, y los 100 cm, porque es la requerida por la mayoría de los balances hidrológicos utilizados para caracterizar entre otras cosas los diferentes tipos de clima.

A cada asociación le corresponde un grupo de tierra, identificado con cinco letras mayúsculas y combinaciones entre dos, que describen características de los grupos que la constituyen. El grupo A: Constituyen áreas de primer orden para el desarrollo agrícola, con al menos 50% de la superficie cubierta por suelos de clase a (ligeras limitaciones de erosión, anegabilidad, drenaje y salinidad y/o sodicidad, fáciles de corregir) y el restante varía en su aptitud, lo que permite implantar de un elevado número de cultivos con prácticas comunes de manejo. El grupo B: son suelos caracterizados para el desarrollo agrícola como de segundo orden. El 50 % del área está cubierta por suelos de clase a, b (ligeras y eventualmente moderadas limitaciones que se corrigen con prácticas culturales sencillas) y c (limitaciones moderadas a algo severas, pero aún son arables) con dominancia del segundo. La implantación de un número elevado de cultivos se puede realizar con técnicas auxiliares de ingeniería de suelo. Los de grupo C: son áreas de tercer orden para el desarrollo agrícola. El 50 % de la superficie

está representada por suelos de clase c. Lo cual implica un manejo especial con aplicaciones de tratamientos constantes e intensivos de tipo zonal (desagüe, drenaje etc.). El grupo D: En general solo admiten una planificación pecuaria y forestal por las limitaciones que presentan los suelos. El grupo E: son suelos de clase e (severas limitaciones en el relieve, drenaje, erosión, anegamiento, profundidad efectiva, salinidad, sodicidad), que resultan no aptos para la agricultura.

Los grupos que consideran combinaciones de letras (grupo B-C; C-D y D-E) presentan características de ambos. Por ejemplo, el grupo B-C considera que un 50 % de los suelos de la asociación constituyen áreas de segundo orden para el desarrollo agrícola. Está compuesto por suelos de las clases a, b y c, con dominancia de la clase b pero las prácticas de manejo deben ser especiales y aplicadas con tratamientos constantes e intensivos (Osinaga y Paoli, 2009).

Resultados

Los datos de las constantes hídricas (CC, PM y AU) se agruparon por provincia, según la profundidad del perfil analizado (30, 70, 100 cm) y profundidad efectiva, (Cuadros 1, 2, 3, 4, 5 y 6)

En las figuras 3 y 4 se detallan las asociaciones, que disponen de información de análisis de suelo de ambas provincias, para la determinación de las constantes.

Las áreas en blanco de las figuras, corresponden a suelos que no poseen análisis físico-químico, o tienen severas limitaciones para la agricultura o presentan limitaciones para la estimación de las constantes con el software SPAW (Suelo-planta-atmosfera-agua, Versión 6.02). Entre las principales restricciones para la agricultura, se encuentran las asociaciones que tienen series de suelos dominantes con afloramientos (Af) como rocas volcánicas del tipo dacitas, andesitas, rocas piroclásticas (tobas e ignimbritas), rocas sedimentarias (areniscas, areniscas silificadas, limolitas, conglomerados, pizarras, etc), y algunos sedimentos marinos.

De las 170 asociaciones clasificadas por Osinaga y Paoli (2009), se determinó las constantes hídricas de 102, debido a las limitaciones ya mencionadas. 42 asociaciones (con asterisco en todos los cuadros) fueron estimadas a partir de información de Nadir y Chafatino (1995), que no estaban disponibles en Osinaga y Paoli (2009).

Cuadro 1: Asociaciones, nomenclaturas y constantes hídricas (CC, PM y AU) para 30 y 70 cm de la provincia de Jujuy.

Asociación	Nomenclatura	Constantes Hídricas (mm)						Grupo
		CC (30 cm)	PM (30 cm)	AU (30 cm)	CC (70 cm)	PM (70 cm)	AU (70 cm)	
Abra Pampa	(Ap)	85	56	29	153	94	59	B
Arroyo Colorado - Cangrejillos	(Arc-Can)	105	65	40	S/D	S/D	S/D	D
San Antonio de los Cobres*	(Sac)	47	26	22	S/D	S/D	S/D	D
Barro Negro	(Bn)	118	69	48	265	155	110	B
Caimancito	(Cai)	63	22	41	177	85	92	B
Calilegua	(Cal)	41	12	29	S/D	S/D	S/D	B
Don Enrique	(De)	80	44	36	166	85	81	D
El Milagro	(El)	48	15	34	115	39	76	B
El Mollar	(Em)	59	29	30	124	58	66	B
El Paño	(Ep)	97	40	57	276	171	106	C
El Piquete	(Epi)	71	31	41	185	87	98	A
El Remate	(Er)	92	44	48	253	151	102	C
Florencia	(Fl)	83	40	43	203	110	93	B
Fraile Pintado	(Fp)	70	27	43	169	71	98	B
La Cañada	(Lcñ)	48	29	19	94	51	43	C
La Cruz	(Lcr)	93	33	60	231	101	130	E
La Esperanza	(Les)	83	38	44	172	82	90	E
La Quesera - La Quesera Chica	(Lq-Lqc)	96	42	54	188	85	103	B
Lapachal - Siete Aguas	(Lpa-Sia)	59	28	31	124	56	68	E
Lavayén	(Ly)	100	34	66	232	84	148	D
Lobatón	(Lb)	52	18	34	114	40	75	C
Los Alisos	(Lal)	81	39	42	201	104	97	A
Monterrico	(Mo)	70	33	37	156	79	78	B
Palma Sola	(Ps)	44	14	30	104	34	71	A
Palpalá	(Pp)	99	50	50	238	127	112	B
Perico	(Pe)	77	31	46	185	79	106	B
San Alejo	(Saj)	107	67	40	254	162	92	C
Santa Rita*	(Sr)	79	46	33	198	119	79	D
Sevenguial -Rio Jordán*	(Sev-Rj)	89	47	41	202	111	91	D
Talar*	(Tar)	71	10	62	180	26	154	C
Urizar*	(Uz)	78	40	38	167	78	89	A
Yuchán*	(Yu)	78	37	41	S/D	S/D	S/D	C
Zapallar*	(Za)	125	87	38	258	173	84	C

S/D: Profundidad de la asociación, sin datos de análisis de suelo.

Cuadro 2: Asociaciones, nomenclaturas y constantes hídricas (CC, PM y AU) para 100 cm de la provincia de Jujuy.

Asociación	Nomenclatura	Constantes Hídricas			Grupo
		CC (100 cm)	PM (100 cm)	AU (100 cm)	
Abra Pampa	(Ap)	256	165	91	B
Barro Negro	(Bn)	373	217	156	B
Caimancito	(Cai)	267	136	131	B
El Milagro	(El)	145	48	97	B
El Mollar	(Em)	166	76	90	B
El Paño	(Ep)	378	225	153	C
El Piquete	(Epi)	254	117	137	A
El Remate	(Er)	357	213	144	C
Florencia	(Fl)	286	156	129	B
Fraile Pintado	(Fp)	241	105	136	B
La Cañada	(Lcñ)	114	58	56	C
La Cruz	(Lcr)	335	153	183	E
La Esperanza	(Les)	239	115	125	E
La Quesera - La Quesera Chica	(Lq-Lqc)	232	106	126	B
Lapachal - Siete Aguas	(Lpa-Sia)	166	74	92	E
Lobatón	(Lb)	164	56	108	C
Los Alisos	(Lal)	253	131	122	A
Palma Sola	(Ps)	146	46	100	A
Palpalá	(Pp)	350	190	160	B
Perico	(Pe)	254	106	148	B
San Alejo	(Saj)	365	235	130	C
Talar*	(Tar)	289	80	208	C
Urizar*	(Uz)	221	93	128	A
Sevengüal -Rio Jordán*	(Sev-Rj)	289	160	128	D

Cuadro 3: Asociaciones, nomenclaturas y constantes hídricas (CC, PM y AU) para la profundidad efectiva de la provincia de Jujuy.

Asociación	Nomenclatura	Prof. Efectiva (cm)	Constantes Hídricas (mm)			Grupo
			CC	PM	AU	
Abra Pampa	(Ap)	100	256	165	91	B
Arroyo Colorado - Cangrejillos	(Arc-Can)	40	135	83	52	D
San Antonio de los Cobres *	(Sac)	30	47	26	22	D
Barro Negro	(Bn)	100	373	217	156	B
Caimancito	(Cai)	100	267	136	131	B
Calilegua	(Cal)	35	47	14	33	B
Don Enrique	(De)	40	101	54	47	D
El Milagro	(El)	100	145	48	97	B

El Mollar	(Em)	100	166	76	90	B
El Paño	(Ep)	70	276	171	106	C
El Piquete	(Epi)	100	254	117	137	A
El Remate	(Er)	70	253	151	102	C
Florencia	(Fl)	100	286	156	129	B
Fraile Pintado	(Fp)	100	241	105	136	B
La Cañada	(Lcñ)	70	94	51	43	C
La Quesera - La Quesera Chica	(Lq-Lqc)	100	232	106	126	B
Lavayén	(Ly)	40	134	47	87	D
Lobatón	(Lb)	70	114	40	75	C
Los Alisos	(Lal)	100	253	131	122	A
Monterrico	(Mo)	90	194	99	95	B
Palma Sola	(Ps)	100	146	46	100	A
Palpalá	(Pp)	100	350	190	160	B
Perico	(Pe)	100	254	106	148	B
San Alejo	(Saj)	70	254	162	92	C
Santa Rita*	(Sr)	40	108	64	44	D
Sevengual -Rio Jordán*	(Sev-Rj)	40	115	62	53	D
Talar*	(Tar)	70	180	26	154	C
Urizar*	(Uz)	100	221	93	128	A
Yuchán*	(Yu)	56	153	74	80	C
Zapallar*	(Za)	70	258	173	84	C

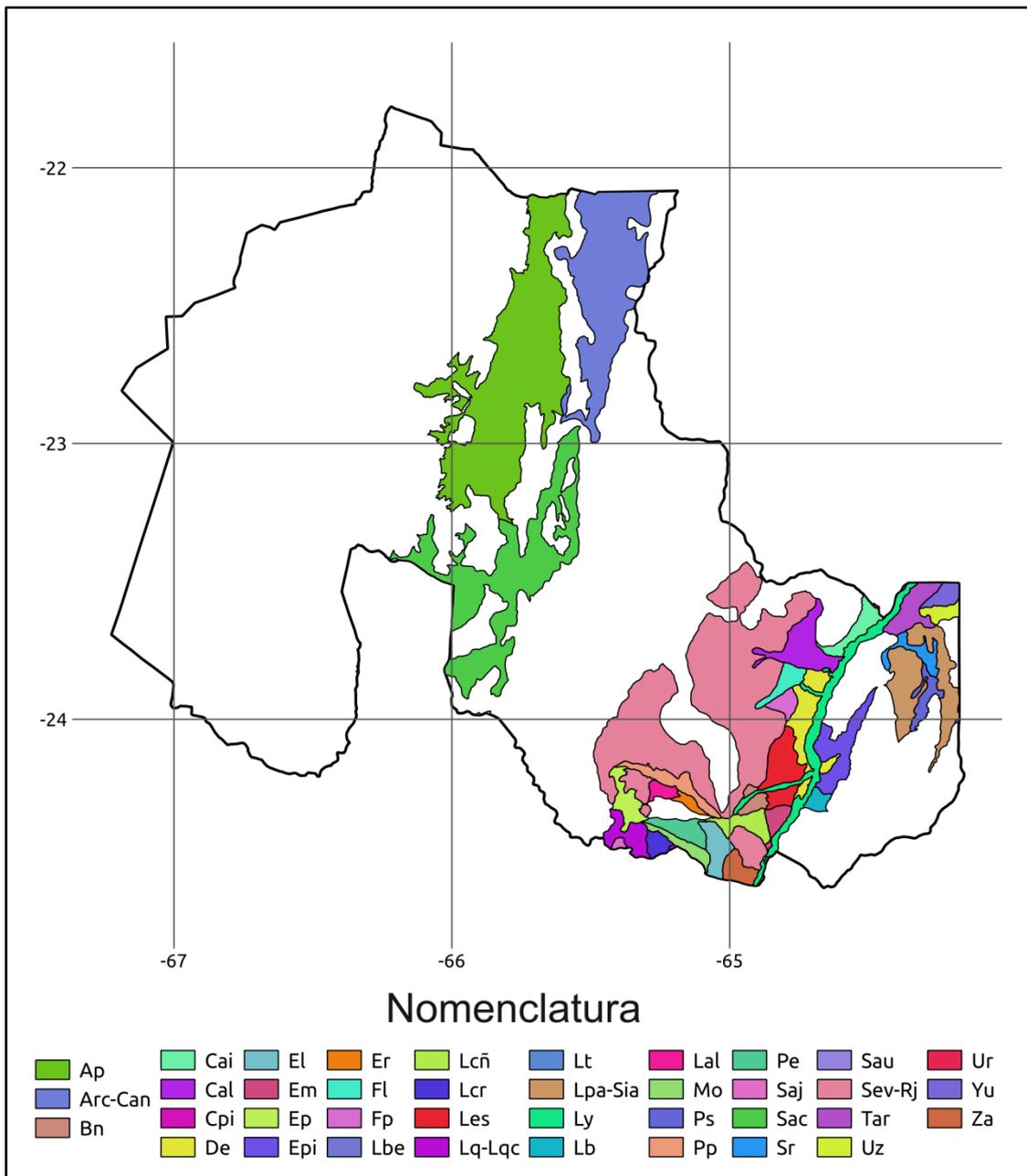


Figura 3: Asociaciones de suelo de la provincia de Jujuy con información disponible para la determinación de las constantes hídricas.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 (Anexo), y los cuadros 1, 2 y 3, muestran la distribución de la capacidad de campo para las profundidades de 30, 70, 100 cm y profundidad efectiva respectivamente, en la provincia de Jujuy. Se observa que la retención de agua es diferente para cada asociación de suelo (Oszust y otros, 2010). La mayor C.C. a los 30 cm, se encuentra en la región de Valles Templados al sur de la provincia, en suelo de clase C correspondientes a la Asociación Zapallar (Za) con 125 mm. A 70 cm la CC es de 276 mm en suelos de grupo C de la Asociación El Paño (Ep), situada en parte del departamento San Antonio y a 100 cm

esta constante es de 378 mm. El valor extremo de C.C a profundidad efectiva (100 cm) se ubica en suelo de grupo B en la Asociación Barro Negro (Bn), departamento San Pedro, con 373 mm.

Las menores retenciones corresponden para las profundidades de 30 cm y efectiva (35 cm) con 41 y 47 mm respectivamente, en suelos de grupo B de la Asociación Calilegua (Cal). La menor C.C para las profundidades de 70 y 100 cm, se comparte en la Asociación La Cañada (Lcñ) con 94 y 114 mm respectivamente, en suelos de grupo C.

Con respecto al agua útil, los valores extremos para los 30 cm, corresponden a la Asociación Lavayen (Ly) con 66 mm, en suelos de grupo D, la cual se ubica al borde del río del mismo nombre. Los valores extremos para 70 y 100 cm, se encuentran en suelos de grupo C de la Asociación Talar (Tar), con 154 y 208 mm respectivamente. El mayor valor de agua útil para la profundidad efectiva (100 cm) corresponde a la Asociación Pálpala (Pp) de suelo de grupo B, con 160 mm.

La Asociación La Cañada (Lcñ) presenta los menores valores de agua útil para 30, 70 y 100 cm, con 19, 43 y 56 mm respectivamente, mientras que para la profundidad efectiva (30 cm) el menor valor de agua útil corresponde a la Asociación San Antonio de los Cobres (Sac), con 22 mm, en suelos de grupo D.

Cuadro 4: Asociaciones, nomenclaturas y constantes hídricas (CC, PM y AU) para 30 y 70 cm de la provincia de Salta.

Asociación	Nomenclatura	Constantes Hídricas						Grupo
		CC (30 cm)	PM (30 cm)	AU (30 cm)	CC (70 cm)	PM (70 cm)	AU (70 cm)	
Abra Grande	(Agr)	70	36	34	136	65	72	B
Aguay	(Ag)	57	24	33	133	60	74	B
Alto verde	(Av)	59	26	33	166	86	80	A
Amasuyo	(Ay)	88	34	54	154	47	107	D
Ampascachi	(Am)	53	20	33	111	43	68	C
Apolinario Saravia	(As)	37	17	20	85	38	48	B
Arrocera-El Pantanillo	(Ao-Ei)	73	39	34	117	57	59	C
Arrocera-La Población	(Ao-Lpb)	73	39	34	117	57	59	C
Bajo Grande-Amasuyo	(Bg-Ay)	106	59	48	264	162	102	D
Bañados 1	(Bñ1)	115	66	50	262	139	123	D
Bañados 2	(Bñ2)	115	66	50	262	139	123	D

Bañados 3	(Bñ3)	115	66	50	262	139	123	D
Bañados 3-Ceibalito	(Bñ3-Cei)	115	66	50	262	139	123	D
Bañados 4	(Bñ4)	115	66	50	262	139	123	D
Bañados 5	(Bñ5)	115	66	50	262	139	123	D
Barilari	(Ba)	85	40	45	181	79	102	C
Barilari-Tolloche	(Ba-To)	85	40	45	181	79	102	C
Bermejo	(Be)	50	22	28	117	54	62	C
Campichuelo	(Cam)	91	53	38	218	104	115	C
Campo Argentino	(Cg)	64	33	31	181	105	77	A
Campo Argentino-Dragones	(Cg-Dr)	64	33	31	181	105	76	A
Campo Durán	(Cd)	63	29	34	151	78	74	B
Campo General Güemes	(Cgu)	101	39	62	238	97	141	C
Campo Gral. Guemes-Rivadavia	(Cgu-Ri)	101	39	62	238	97	141	C
Campo Redondo	(Cr)	78	40	38	164	74	90	A
Cerrillos	(Cs)	72	35	37	184	98	86	C
Chicoana	(Chi)	82	37	45	S/D	S/D	S/D	B
Chorroarín	(Cho)	59	28	31	153	76	76	C
Cobo	(Cb)	65	29	36	130	60	70	B
Corral de Piedra	(Cpi)	59	30	29	154	81	73	D-E
Corralito	(Co)	99	50	49	254	149	105	C
Curú Curú	(Cuc)	75	41	34	155	84	70	B
El Arenal-Puesto del Medio	(Ea-Pdm)	42	20	23	96	45	52	B
El Cruce	(Eu)	107	46	61	251	112	139	A
El Milagro	(El)	48	15	34	115	39	76	B
El Moro-Vuelta los Tobas	(Eo-Vt)	82	30	52	193	72	121	B
El Paño	(Ep)	97	40	57	278	170	108	C
El Rey	(Ere)	92,4	45,3	47,1	S/D	S/D	S/D	E
El Rey-Lumbreras	(Ere-Lum)	92,4	45,3	47,1	S/D	S/D	S/D	E
El Vencido-Macapillo	(Ev-Mp)	103	49	54	257	146	110	D
El Vencido-Vizcachera	(Ev-Vz)	103	49	54	257	146	110	D
El Yacón-Dragones	(Ey-Dr)	125	87	38	288	196	91	E
Embarcación	(Eb)	106	53	53	S/D	S/D	S/D	C
Guachipas	(Gp)	110	56	55	256	130	125	C
Güemes	(Gü)	104	53	51	241	124	116	A
Hickmann	(Hi)	85	44	41	178	85	94	A
Iguana-El Yacón	(Ig-Ey)	86	43	43	190	117	73	D
Infierno	(If)	88	23	66	190	44	146	C
Ingeniero Juárez	(Ij)	67	28	39	163	70	94	C
Joaquín V. González-El Arenal	(Jvg-Ea)	90	33	57	197	68	129	A
Joyín	(Jy)	119	70	48	284	177	107	B-C
Jumi Pozo	(Jp)	49	22	27	89	39	50	C
La Bebida	(Lbe)	98	56	42	202	113	90	B-C

La Cruz	(Lcr)	93	33	60	231	101	130	E
La Cruz-Corral de Piedra	(Lcr-Cpi)	93	33	60	231	101	130	E
La Cruz-La Mesada	(Lcr-Lms)	93	33	60	231	101	130	E
La Cruz-La Troja	(Lcr-Ltr)	93	33	60	231	101	130	E
La Merced	(Lm)	53	21	32	134	56	78	B
La Quesera-La Quesera Chica	(Lq-Lqc)	96	42	54	188	85	103	B
La Trampa	(Lt)	27	10	17	S/D*	S/D*	S/D*	B
Lapachal-Siete Aguas	(Lpa-Sia)	59	28	31	124	56	68	E
Las Delicias	(Ld)	87	33	54	182	69	114	A
Las Garzas	(Lga)	62	31	30	132	68	63	C-D
Las Lajitas	(Lj)	79	40	39	217	125	92	B
Las Lianas	(Li)	112	61	50	255	154	101	D
Las Víboras	(Lvi)	49	20	30	96	38	59	E
Lavayén	(Ly)	100	34	66	232	84	148	D
Lomas Coloradas	(Lco)	47	19	28	108	41	67	E
Los Blancos	(Lbc)	102	44	58	S/D	S/D	S/D	C
Los Matos	(Lmt)	83	37	46	195	85	109	B
Luján-Las Lianas	(Lu-Li)	68	21	47	162	45	116	B-C
Luján-Mayo	(Lu-M)	68	21	47	162	45	116	B-C
Luján-Tolloche	(Lu-To)	68	21	47	162	45	116	B-C
Madrejones 2	(M2)	95	44	51	262	161	101	E
Madrejones 2-Quijarro	(M2-Qo)	95	44	51	262	161	101	E
Mojotoro	(Mj)	59	19	40	S/D	S/D	S/D	NC
Olleros - El Tunal	(Oll-Etu)	74	33	41	186	89	97	B-C
Olmedo	(Ol)	60	32	27	133	69	64	B
Orán	(Or)	58	23	35	S/D	S/D	S/D	B
Padre Lozano	(Pl)	93	49	44	239	129	110	B
Paso de la Cruz-Corral de Piedra	(Pcr-Cpi)	113	69	44	275	176	99	D
Payogasta	(Pay)	41	19	22	95	50	45	D
Peña Colorada	(Pc)	62	25	37	142	63	79	B
Pilanco	(Pn)	61	23	37	126	45	82	A
Pin Pin-El Ñato	(Pi-Eñ)	111	54	57	254	126	128	D
Pin Pin-Santa Victoria	(Pi-Sv)	111	54	57	254	126	128	D
Piquete Cavado	(Pq)	108	60	48	241	127	113	B
Pluma de Pato	(Pd)	51	8	43	73	13	60	D
Pluma de Pato-Hickmann	(Pd-Hi)	51	8	43	73	13	60	D
Puente de Plata-Taco Yala	(Ppa-Tya)	97	32	64	209	65	144	B
Puesto Monteagudo	(Pm)	113	54	59	258	124	135	B
Puesto Trampeadero - El Moro	(Pt-Eo)	85	34	51	196	77	119	B
Ranchos	(Ra)	67	31	37	167	82	85	A
Ranchos-Joyín	(Ra-Jy)	67	31	37	167	82	85	A
Río Colorado	(Rc)	114	80	34	S/D	S/D	S/D	B

Rivadavia	(Ri)	106	55	51	239	125	114	D
Rosario de la Frontera-Chiliyaco	(Rf-Cy)	102	51	50	235	124	111	C
Sacha-La Troja*	(Sch-Ltr)	76	33	42	164	81	83	E
Sacha-La Mesada*	(Sch-Lms)	76	33	42	164	81	83	E
Saladillo	(Sa)	79	25	53	S/D	S/D	S/D	B
Salar Pocitos	(Spo)	47	29	18	S/D	S/D	S/D	D
San Alejo	(Saj)	107	67	40	254	162	92	C
San Antonio de los Cobres*	(Sac)	47	26	22	S/D	S/D	S/D	D
San Carlos*	(Sc)	69	39	30	164	93	71	B-C
San Felipe-Desvio*	(Sf-D)	53	30	23	116	62	54	C
San Ignacio*	(Sig)	41	15	26	99	38	61	B
San José*	(Sj)	16	3	13	S/D	S/D	S/D	C
San Lorenzo*	(Sl)	95	47	48	263	164	100	C
San Telmo*	(St)	87	37	50	185	78	107	B
Santa Cecilia*	(Sce)	30	5	26	69	14	56	C-D
Santa María*	(Sma)	83	42	41	170	85	85	C
Saucelito*	(Sau)	93	34	60	218	79	139	C
Senda Hanchada*	(Sh)	127	83	43	296	194	102	D
Sumalao*	(Su)	73	31	42	181	81	100	C
Talar*	(Tar)	71	10	62	180	26	154	B
Teniente Fraga*	(Tf)	101	57	44	249	159	90	D
Tolloche-Luján*	(To-Lu)	41	14	27	112	33	80	B
Tolombón*	(Tlb)	14	1	13	S/D	S/D	S/D	D-C
Tonono*	(Tn)	42	15	26	67	24	43	D
Tonono-Tobantirenda*	(Tn-Tb)	78	19	60	177	34	143	C
Urizar*	(Uz)	78	40	38	167	78	89	A
Urundel*	(Ur)	108	64	44	256	155	101	B
Valle-Mayo*	(V-M)	139	102	37	326	239	86	D
Valle-Talavera*	(V-Tv)	139	102	37	326	239	86	D
Vespucio*	(Vp)	63	26	37	159	71	88	B
Vinal Huacho*	(Vh)	89	46	44	220	119	101	C
Viñaco*	(Vi)	39	5	34	97	13	84	C
Yuchán*	(Yu)	78	37	41	S/D	S/D	S/D	C
Zanja del Tigre*	(Zt)	46	18	29	128	52	76	B
Zapallar*	(Za)	125	87	38	258	173	84	C
Zenta*	(Zn)	63	22	41	174	81	93	C

S/D: Profundidad de la asociación, sin datos de análisis de suelo.

S/D*: Profundidad de la asociación con datos de análisis de suelo, pero con limitaciones en el Software.

Cuadro 5: Asociaciones, nomenclaturas y constantes hídricas (CC, PM y AU) para 100 cm de la provincia de Salta.

Asociación	Nomenclatura	Constantes Hídricas			Grupo
		CC (100cm)	PM (100cm)	AU (100 cm)	
Abra Grande	(Agr)	164	72	92	B
Aguay	(Ag)	211	107	103	B
Alto verde	(Av)	229	116	113	A
Amasuyo	(Ay)	196	56	140	D
Ampascachi	(Am)	175	66	110	C
Arrocera-El Pantanillo	(Ao-Ei)	150	74	76	C
Arrocera-La Población	(Ao-Lpb)	150	74	76	C
Bajo Grande-Amasuyo	(Bg-Ay)	382	239	143	D
Bañados 1	(Bñ1)	355	179	176	D
Bañados 2	(Bñ2)	355	179	176	D
Bañados 3	(Bñ3)	355	179	176	D
Bañados 3-Ceibalito	(Bñ3-Cei)	355	179	176	D
Bañados 4	(Bñ4)	355	179	176	D
Bañados 5	(Bñ5)	355	179	176	D
Barilari	(Ba)	246	101	145	C
Barilari-Tolloche	(Ba-To)	246	101	145	C
Bermejo	(Be)	205	111	95	C
Campichuelo	(Cam)	326	167	159	C
Campo Argentino	(Cg)	253	142	111	A
Campo Argentino-Dragones	(Cg-Dr)	253	142	111	A
Campo Durán	(Cd)	220	119	101	B
Campo General Güemes	(Cgu)	337	139	198	C
Campo Gral. Guemes-Rivadavia	(Cgu-Ri)	337	139	198	C
Campo Redondo	(Cr)	224	95	129	A
Cerrillos	(Cs)	268	146	122	C
Chorroarín	(Cho)	223	112	111	C
Cobo	(Cb)	171	79	92	B
Corral de Piedra	(Cpi)	217	114	103	D-E
Corralito	(Co)	371	224	147	C
El Arenal-Puesto del Medio	(Ea-Pdm)	140	66	74	B
El Milagro	(El)	145	48	97	B
El Paño	(Ep)	380	224	156	C
Guachipas	(Gp)	362	178	184	C
Güemes	(Gü)	339	181	158	A
Hickmann	(Hi)	235	101	134	A
Iguana-El Yacón	(Ig-Ey)	261	174	87	D

Infierno	(If)	265	59	206	C
Jumi Pozo	(Jp)	107	47	60	C
La Cruz	(Lcr)	335	153	183	E
La Cruz-Corral de Piedra	(Lcr-Cpi)	335	153	183	E
La Cruz-La Mesada	(Lcr-Lms)	335	153	183	E
La Cruz-La Troja	(Lcr-Ltr)	335	153	183	E
La Merced	(Lm)	181	76	105	B
La Quesera-La Quesera Chica	(Lq-Lqc)	232	106	126	B
Lapachal-Siete Aguas	(Lpa-Sia)	166	74	92	E
Las Garzas	(Lga)	190	101	89	C-D
Las Lajitas	(Lj)	300	171	129	B
Las Víboras	(Lvi)	132	51	81	E
Olleros-El Tunal	(Oll-Etu)	265	126	139	B-C
Padre Lozano	(Pl)	337	170	167	B
Payogasta	(Pay)	148	92	56	D
Peña Colorada	(Pc)	196	87	109	B
Pilancho	(Pn)	173	59	114	A
Pin Pin-El Ñato	(Pi-Eñ)	361	179	182	D
Pin Pin-Santa Victoria	(Pi-Sv)	361	179	182	D
Piquete Cabado	(Pq)	307	149	158	B
Puente de Plata-Taco Yala	(Ppa-Tya)	301	92	209	B
Puesto Monteagudo	(Pm)	354	152	203	B
Rivadavia	(Ri)	352	201	150	D
Rosario de la Frontera-Chiliyaco	(Rf-Cy)	327	169	158	C
San Alejo	(Saj)	365	235	130	C
Santa Cecilia*	(Sce)	102	22	80	C-D
Santa María*	(Sma)	234	117	117	C
Senda Hanchada*	(Sh)	428	285	143	D
Sumalao*	(Su)	273	127	146	C
Talar*	(Tar)	289	80	208	B
Tolloche-Luján*	(To-Lu)	169	47	122	B
Tonono*	(Tn)	86	31	55	D
Tonono-Tobantirenda*	(Tn-Tb)	251	46	205	C
Urizar*	(Uz)	221	93	128	A
Vinal*Huacho*	(Vh)	322	179	143	C
Viñaco*	(Vi)	139	19	121	C

Cuadro 6: Asociaciones, nomenclaturas y constantes hídricas (CC, PM y AU) para la profundidad efectiva de la provincia de Salta.

Asociación	Nomenclatura	Prof. Efectiva	Constantes	Grupo
------------	--------------	----------------	------------	-------

		(cm)	Hídricas (mm)			
			CC	PM	AU	
Abra Grande	(Agr)	100	164	72	92	B
Aguay	(Ag)	100	211	107	103	B
Alto verde	(Av)	100	229	116	113	A
Amasuyo	(Ay)	40	105	38	67	D
Ampascachi	(Am)	70	111	43	68	C
Apolinario Saravia	(As)	90	106	46	61	B
Arrocera-El Pantanillo	(Ao-Ei)	70	117	57	59	C
Arrocera-La Población	(Ao-Lpb)	70	117	57	59	C
Bajo Grande-Amasuyo	(Bg-Ay)	40	146	84	61	D
Bañados 1	(Bñ1)	40	152	84	68	D
Bañados 2	(Bñ2)	40	152	84	68	D
Bañados 3	(Bñ3)	40	152	84	68	D
Bañados 3-Ceibalito	(Bñ3-Cei)	40	152	84	68	D
Bañados 4	(Bñ4)	40	152	84	68	D
Bañados 5	(Bñ5)	40	152	84	68	D
Barilari	(Ba)	70	181	79	102	C
Barilari-Tolloche	(Ba-To)	70	181	79	102	C
Bermejo	(Be)	70	117	54	62	C
Campichuelo	(Cam)	70	218	104	115	C
Campo Argentino	(Cg)	100	253	142	111	A
Campo Argentino-Dragones	(Cg-Dr)	100	253	142	111	A
Campo Durán	(Cd)	100	220	119	101	B
Campo General Güemes	(Cgu)	70	238	97	141	C
Campo Gral. Güemes-Rivadavia	(Cgu-Ri)	70	238	97	141	C
Campo Redondo	(Cr)	100	224	95	129	A
Cerrillos	(Cs)	70	184	98	86	C
Chorroarín	(Cho)	70	153	76	76	C
Cobo	(Cb)	100	171	79	92	B
Corralito	(Co)	70	254	149	105	C
Curú Curú	(Cuc)	77	164	89	75	B
El Arenal-Puesto del Medio	(Ea-Pdm)	100	140	66	74	B
El Cruce	(Eu)	95	341	156	185	A
El Milagro	(El)	100	145	48	97	B
El Moro-Vuelta los Tobas	(Eo-Vt)	91	252	94	158	B
El Paño	(Ep)	70	278	170	108	C
El Vencido-Macapillo	(Ev-Mp)	40	137	66	71	D
El Vencido-Vizcachera	(Ev-Vz)	40	137	66	71	D
Embarcación	(Eb)	70	133	60	74	C
Guachipas	(Gp)	70	256	130	125	C
Güemes	(Gü)	100	339	181	158	A

Hickmann	(Hi)	100	235	101	134	A
Iguana - El Yacón	(Ig-Ey)	40	114	61	54	D
Infierno	(If)	70	190	44	146	C
Ingeniero Juárez	(Ij)	70	163	70	94	C
Joaquín V. González-El Arenal	(Jvg-Ea)	78	221	79	143	A
Joyín	(Jy)	85	345	216	129	B-C
Jumi Pozo	(Jp)	70	89	39	50	C
La Bebida	(Lbe)	70	202	113	90	B-C
La Merced	(Lm)	100	181	76	105	B
La Quesera-La Quesera Chica	(Lq-Lqc)	100	232	106	126	B
La Trampa	(Lt)	31	28	10	18	B
Las Delicias	(Ld)	70	182	69	114	A
Las Garzas	(Lga)	40	72	40	33	C-D
Las Lajitas	(Lj)	100	300	171	129	B
Las Lianas	(Li)	40	149	85	64	D
Las Tienditas	(Lti)	20	54	29	25	D
Lavayén	(Ly)	40	134	47	87	D
Los Blancos	(Lbc)	50	168	73	95	C
Los Matos	(Lmt)	94	260	110	149	B
Luján-Las Lianas	(Lu-Li)	70	162	45	116	B-C
Luján-Mayo	(Lu-M)	70	162	45	116	B-C
Luján-Tolloche	(Lu-To)	70	162	45	116	B-C
Mojotoro	(Mj)	30	59	19	40	NC
Olleros-El Tunal	(Oll-Etu)	70	186	89	97	B-C
Olmedo	(Ol)	78	145	74	71	B
Orán	(Or)	50	87	32	54	B
Padre Lozano	(Pl)	100	337	170	167	B
Paso de la Cruz-Corral de Piedra	(Pcr-Cpi)	40	154	96	58	D
Payogasta	(Pay)	40	55	27	28	D
Peña Colorada	(Pc)	100	196	87	109	B
Pilancho	(Pn)	100	173	59	114	A
Pin Pin-El Ñato	(Pi-Eñ)	40	148	74	75	D
Pin Pin-Santa Victoria	(Pi-Sv)	40	148	74	75	D
Piquete Cavado	(Pq)	100	307	149	158	B
Pluma de Pato	(Pd)	40	56	9	47	D
Pluma de Pato-Hickmann	(Pd-Hi)	40	56	9	47	D
Puente de Plata-Taco Yala	(Ppa-Tya)	100	301	92	209	B
Puesto Monteagudo	(Pm)	100	354	152	203	B
Puesto Trampeadero-El Moro	(Pt-Eo)	71	199	78	121	B
Quijano	(Qj)	5	15	5	10	C
Ranchos	(Ra)	84	202	99	102	A
Ranchos-Joyín	(Ra-Jy)	84	202	99	102	A

Río Colorado	(Rc)	60	227	163	64	B
Rivadavia	(Ri)	40	136	67	69	D
Rosario de la Frontera-Chiliyaco	(Rf-Cy)	70	235	124	111	C
Saladillo	(Sa)	60	161	54	106	B
Salar Pocitos	(Spo)	32	50	31	19	D
San Alejo	(Saj)	70	254	162	92	C
San Antonio de los Cobres*	(Sac)	30	47	26	22	D
San Carlos*	(Sc)	70	164	93	71	B-C
San Felipe-Desvio*	(Sf-D)	70	116	62	54	C
San Ignacio*	(Sig)	72	102	39	62	B
San Jose*	(Sj)	55	29	5	23	C
San Lorenzo*	(Sl)	70	263	164	100	C
San Telmo*	(St)	80	209	89	120	B
Santa Cecilia*	(Sce)	40	42	8	34	C-D
Santa Maria*	(Sma)	70	170	85	85	C
Saucelito*	(Sau)	70	218	79	139	C
Senda Hanchada*	(Sh)	40	166	106	59	D
Sumalao*	(Su)	70	181	81	100	C
Talar*	(Tar)	100	289	80	208	B
Teniente Fraga*	(Tf)	40	138	81	56	D
Tolloche-Luján*	(To-Lu)	100	169	47	122	B
Tolombon*	(Tlb)	47	21	1	20	D-C
Tonono*	(Tn)	40	48	17	31	D
Tonono-Tobantirenda*	(Tn-Tb)	70	177	34	143	C
Urizar*	(Uz)	100	221	93	128	A
Urundel*	(Ur)	70	256	155	101	B
Valle-Mayo *	(V-M)	40	186	137	49	D
Valle-Talavera*	(V-Tv)	40	186	137	49	D
Vespucio*	(Vp)	84	194	88	106	B
Vinal Huacho*	(Vh)	70	220	119	101	C
Viñaco*	(Vi)	70	97	13	84	C
Yuchán*	(Yu)	56	153	74	80	C
Zanja del Tigre*	(Zt)	88	166	67	99	B
Zapallar*	(Za)	70	258	173	84	C
Zenta*	(Zn)	70	174	81	93	C

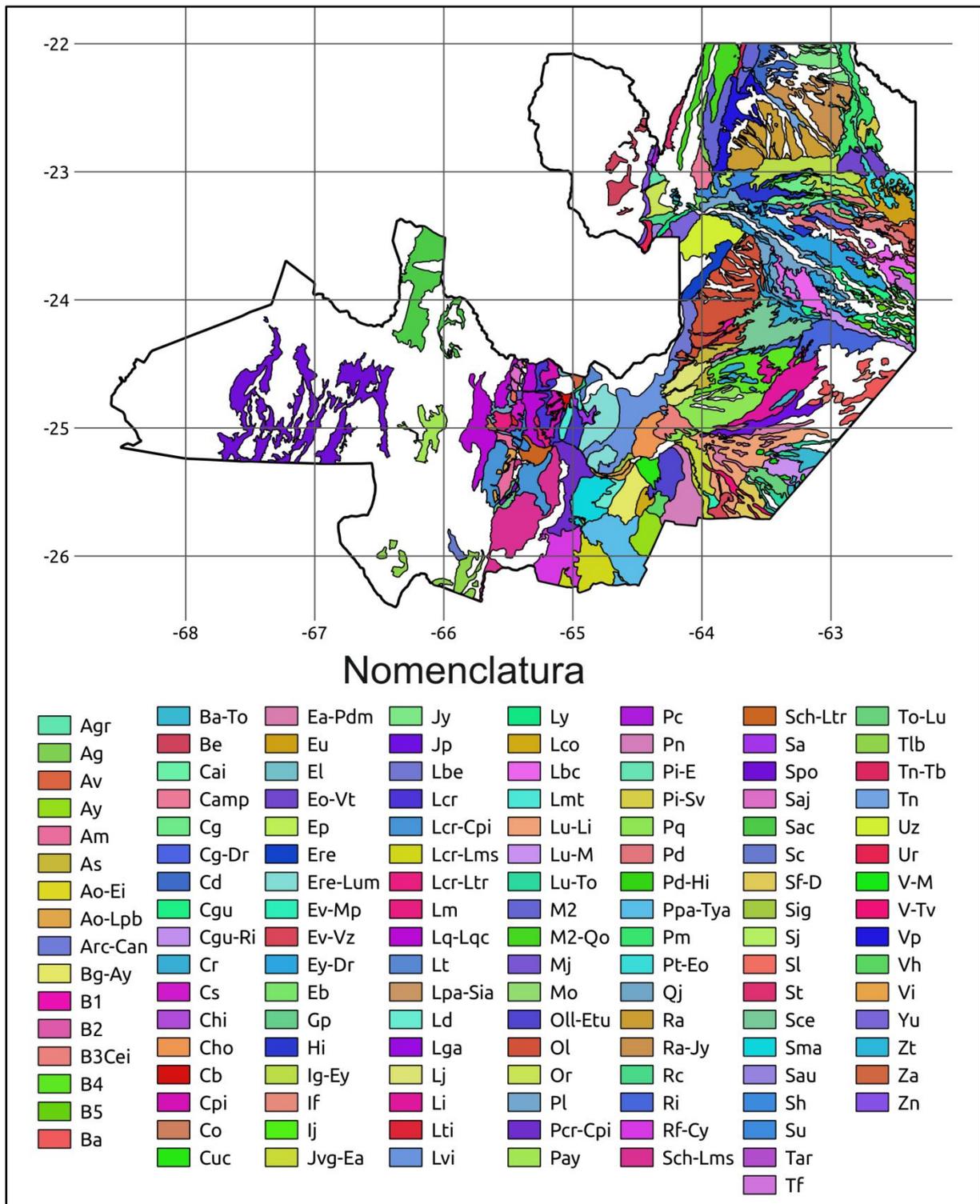


Figura 4: Asociaciones de suelo de la provincia de Salta con información disponible para la determinación de las constantes hídricas.

Las figuras 9, 10, 11 y 12 (Anexo), y cuadros 4, 5 y 6, muestran la distribución de la capacidad de campo para las profundidades de 30, 70, 100 cm y profundidad efectiva respectivamente, en la provincia de Salta.

Los valores extremos de capacidad de campo para los 30 y 70 cm, se sitúan en suelos de grupo D de las Asociaciones Valle-Mayo (V-M) y Valle-Talavera (V-M), con 139 y 326 mm, respectivamente. La mayor C.C a un metro, se ubica en suelos de grupo D de la Asociación Senda Hanchada (Sh) con 428 mm. A una profundidad efectiva de un metro, el valor extremo de C.C, se encuentra en suelos de grupo B de la Asociación Puesto Monteagudo (Pm), con 354 mm.

La menor retención de agua del suelo, para las profundidades de 70 y 100 cm, se presenta en suelos de grupo D de la Asociación de Tonono (Tn) con 67 y 86 mm, respectivamente. Los menores valores de C.C. a 30 cm y profundidad efectiva (5 cm), se ubican en suelos de grupo D-C y C de las Asociaciones Tolombón (Tlb) y Quijano (Qj), con valores de 14 y 15 mm, respectivamente.

La Asociación Puente de Plata-Taco Yala (Ppa-Tya) presenta los mayores valores de agua útil a 100 cm con 209 mm, en suelos de grupo B. En Salta, el mayor valor de A.U. para la profundidad de 30 cm, se encuentra en suelos de grupo D de la Asociación Lavayén (Ly) con 66 mm, mientras que para la profundidad de 70 cm el mayor valor corresponde a suelos de grupo B de la Asociación Talar (Tar), con 154 mm.

Las Asociaciones Tonono (Tn) y La Cañada (Lcñ), suelos de grupo D y C respectivamente, presentan los menores valores de agua útil, con 43 mm a 70 cm de profundidad, mientras que el menor valor de A.U. para 30 cm, se ubica en las asociaciones de Tolombon* (Tlb) y San Jose (Sj) con 13 mm, en suelos de grupo D-C y C, respectivamente.

La Asociación Tonono (Tn) con suelos de grupo D, presenta el menor valor de agua útil con 55 mm, a una profundidad de 100 cm; mientras que para la profundidad efectiva (5 cm), el menor valor se ubica en la Asociación Quijano (Qj), con 10 mm.

Conclusión

Los valores promedios de C.C., no presentan grandes diferencias, a 30, 70 y 100 cm, y varían entre 78-80, 186-189 y 256-259 mm, para la provincia de Jujuy y Salta, respectivamente.

La profundidad efectiva media en Jujuy es superior a la de Salta. Ello estaría relacionado fundamentalmente por la variabilidad de suelos analizados en esta última provincia. En Jujuy, la mayor proporción de suelos considerados en este estudio corresponden a la Región de Valles Templados y Subtropicales, lo cual le confiere una mayor homogeneidad a las

constantes hídricas estimadas. Es así que los valores promedios de C.C., se encuentra entre 197 y 173 mm para las profundidades medias de 77 y 68 cm, respectivamente.

El agua útil media acumulada a 30, 70 y 100 cm es de 41-42, 93-96 y 128-135 mm, para la provincia de Jujuy y Salta, respectivamente.

Las constantes hídricas estimadas a nivel de asociación, expresan la gran variación edáfica que presentan los suelos en ambas provincias. A partir de las constantes hídricas obtenidas, y junto con los datos de evapotranspiración, precipitaciones y la metodología del balance hídrico, se hará posteriormente un seguimiento de la marcha de agua del suelo en Jujuy y Salta.

Agradecimientos:

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto Sector de la UNJu, Estimación del agua en el suelo para las provincias de Jujuy y Salta con sensores remotos, y programa de Beca estímulo a la vocación científica 2015.

Referencias bibliográficas:

Alabar, F.; Hurtado, R.; Arias, P; Valdiviezo Corte, M.; Moreno, C.; Mayo, H.; Portal, M.; Riquelme, A. 2014. Determinación de las constantes hídricas de los suelos de los valles templados y cálidos de Jujuy. Acta de Reunión Binacional Uruguay - Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología. Piriápolis, Uruguay. Pág: 103-104.

Antelo, M.R.; Fernández Long, M.E. 2013. Caracterización agroclimática del agua en el suelo en Buenos Aires y Patagonia. Consultado en: http://www.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/03_026_Antelo.pdf. Fecha de consulta: 20/04/2016.

Batlivala, P.P.; Ulaby, F.T. 1977. Feasibility of monitoring soil moisture using active microwave remote sensing. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Chauhan, N.S.; Miller, S.; Ardanuy, P. 2003. Spaceborne soil moisture estimation at high resolution: a microwave optical/IR synergistic method. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Crow, W.T.; Ryu, D.; Famiglietti, J.S. 2005. Upscaling of field-scale soil moisture measurements using distributed land surface modelling. *Adv. Water Resour.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Damiano, F.; Taboada, M.A. 2000. Predicción del agua disponible usando funciones de pedotransferencia en suelos Agrícolas de la Región Pampeana. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.* Vol. 18, Nº 2: 77-88.

Du, Y.; Ulaby, F.T.; Dobson, M.C. 2000. Sensivity to soil moisture by active and passive microwave sensors. *IEEE Trans. Geosci.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Dubois, P.C.; Zyl, J.; Engman, T. 1995. Measuring soil moisture with imaging radars. *IEEE Trans. Geosci.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Eagleman, J.R.; Li, W.C. 1976. Remote sensing of soil moisture by a 21-cm passive radiometer. *J. Geophys.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Grayson, R.B.; Western, A.W. 1998. Towards areal estimation of soil water content from point measurement: time and space stability of mean response. *J. Hydrol.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Jackson, R.D.; Reginato, R.J.; Idso, S.B. 1977. Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. *Water Resour.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Jackson, T.J.; Schmugge, T.J.; Wang, J.R. 1982. Passive microwave sensing of soil moisture under vegetation canopies. *Water Resour.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Jackson, T.J.; Schmugge, J.; Engman, E.T. 1996. Remote sensing applications to hydrology: soil moisture. *J. Hydrol.* Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Mallick, K.; Battacharya, B.K.; Patel, N.K. 2009. Estimating volumetric surface moisture content for cropped soils using a soil wetness index based on surface temperature and NDVI. *Agricultural and Forest Meteorology*. Consultado en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192309000574>. Fecha consultada: 22/06/2016.

Martínez Fernández, J.; Ceballos Barbancho, A. 2001. Estimación de propiedades hídricas de los suelos mediante el uso de funciones de edafo-transferencia. Consultado en http://abe.ufl.edu/carpenna/files/pdf/zona_no_saturada/temas_de_investigacion_v5/11.pdf. Fecha de consulta: 19/05/2016.

Mastromauro, M. 2014. Evaluación de funciones de pedotransferencia para la estimación de constantes hídricas en tres suelos del Centro de la provincia de Córdoba, Argentina. Trabajo Final para optar al grado académico de Especialista en Producción de Cultivos Extensivos. Consultado en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1547>. Fecha de consulta: 20/05/2016

Moran, M.S., Clarke, T.R., Inoue, Y., Vidal, A. 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Nadir, A.; Chafatinos, T. 1990. Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo I (86 pág.) y Tomo II (123 pág.). Ed. UNSa. Ciudad de Salta.

Nadir, A.; T. Chafatinos. 1995. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo I (428 pág.). Ed. UNSa. Ciudad de Salta.

Osinaga, R.; Paoli, H. 2009. Adecuación a un Sistema de Información Geográfica del estudio de “Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy) Nadir y Chafatinos, 1990”. Consultado en: <http://inta.gob.ar/documentos/adecuacion-a-un-sistema-de-informacion-geografica-del-estudio-los-suelos-del-noa-salta-y-jujuy-nadir-a.-chafatinos-t.-1990/>. Fecha de consulta: 01/01/2016.

Oszust, J.D.; Wilson M.G.; Sasal M.C. 2010. Obtención del punto de marchitez permanente para el cálculo de agua útil para trigo y soja en suelos molisol y vertisol. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. E.E.A. Paraná. Consulta en:

<http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-obtencin-punto-de-marchitez-permanente-para-clcu.pdf>. Fecha de consulta: 30/04/2016.

Pineda, C.; Vilorio, J. 1997. Funciones de pedotransferencia para estimar la retención de humedad en suelos de la cuenca del lago de Valencia. Revista de la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo y del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Vol. 5, N° 1 y 2: 39-45.

PNUD (United Nations Development Programme). 2009. Caracterización de la producción agrícola en Argentina frente al cambio climático. Consultado en: <http://www.undp.org.ar/docs/prensa/brief-06-cambios.pdf>. Fecha de consulta: 12/06/2016.

Sandholt, I.; Rasmussen, K.; Andersen, J. 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. Remote Sens. Environ. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Saxton, K. 2009. Soil-Plant- Atmosphere-Water Field & Pond hidrology. USDA. Agricultural Research Service. Consultado en: <http://ars.usda.gov/ba/anri/hrsl/ksaxton>. Fecha de consulta: 24/12/2015.

Servicio de información agroclimática de Jujuy (SIAJ). En: <http://www.siaj.fca.unju.edu.ar/>

Shutko, A.M. 1982. Microwave radiometry of lands under natural and artificial moistening. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Wang, L.; Qu, J.J. 2009. Satellite remote sensing applications for surface soil moisture monitoring: a review. Front. Earth Sci. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. Vol. 28. Pág.181-192.

Anexo:

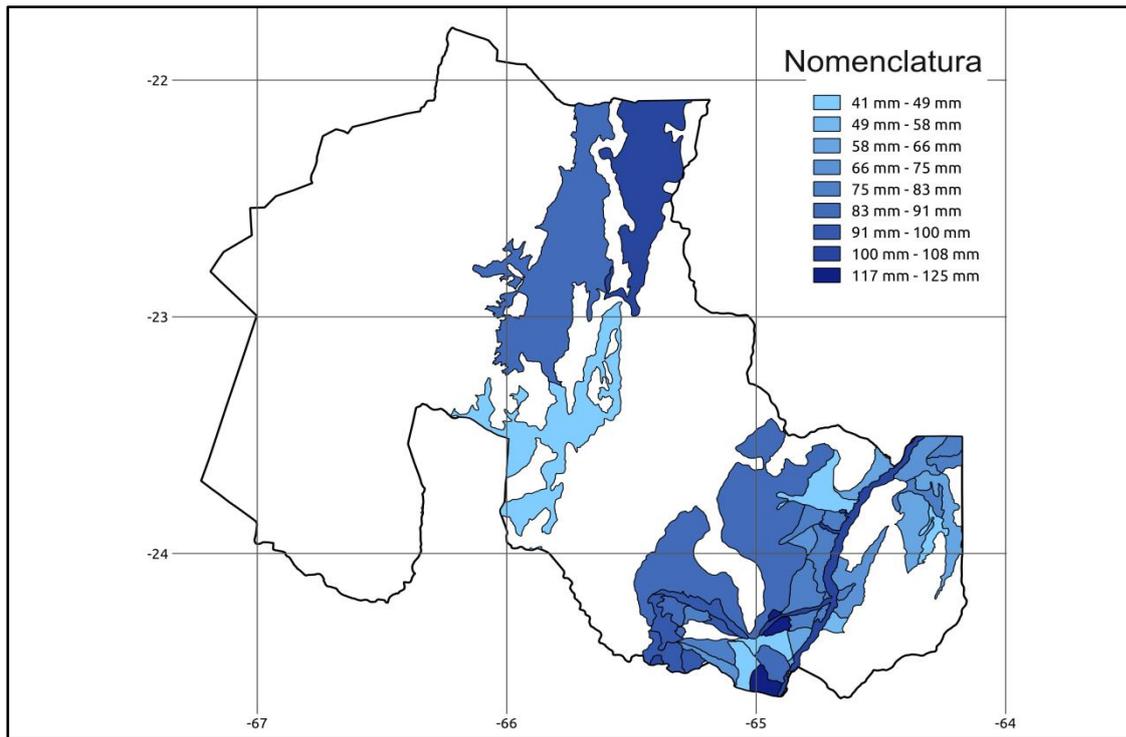


Figura 5: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad de 30 centímetros, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Jujuy.

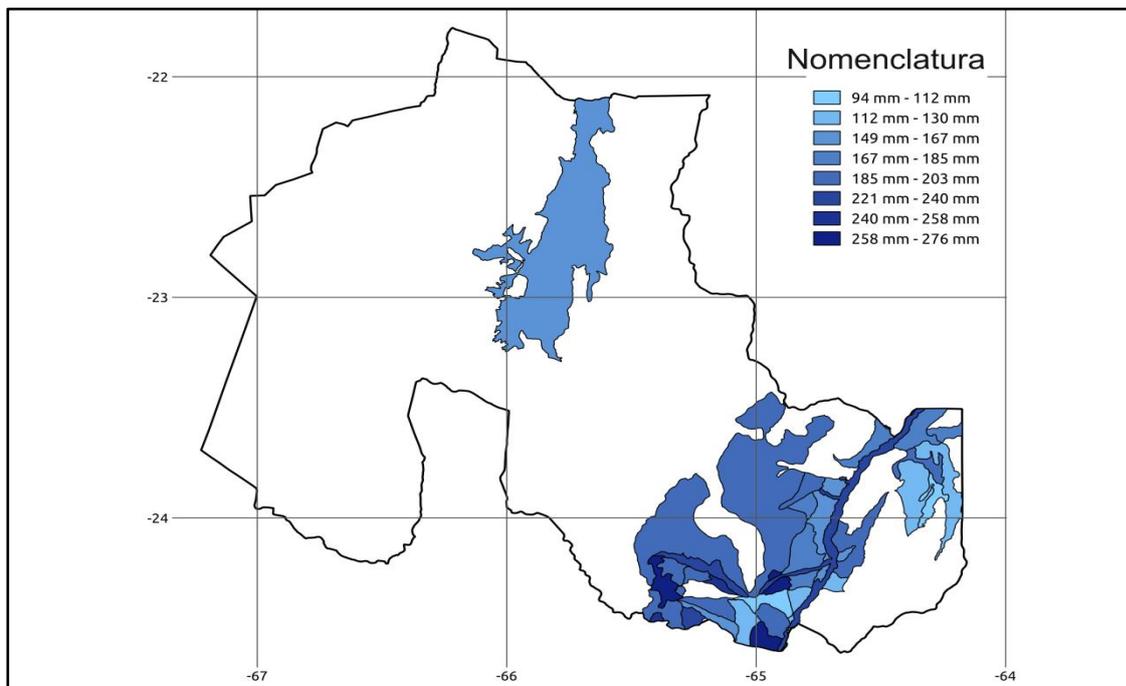


Figura 6: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad de 70 centímetros, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Jujuy.

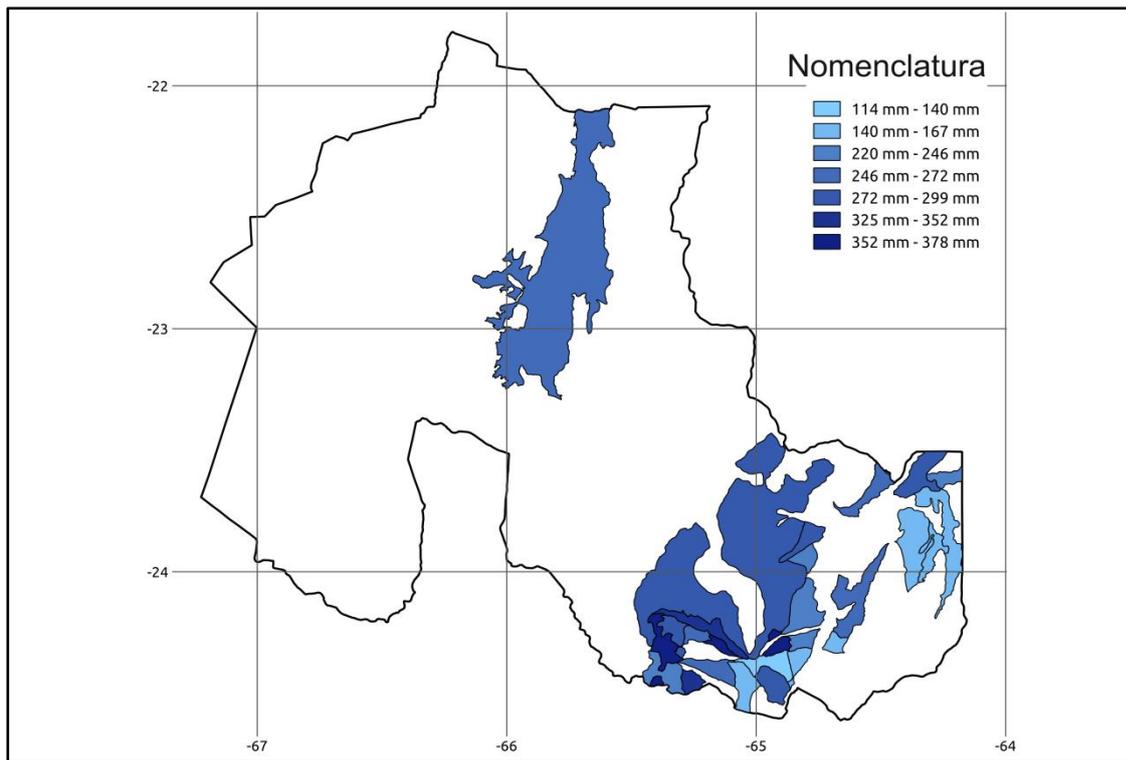


Figura 7: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad de un metro, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Jujuy.

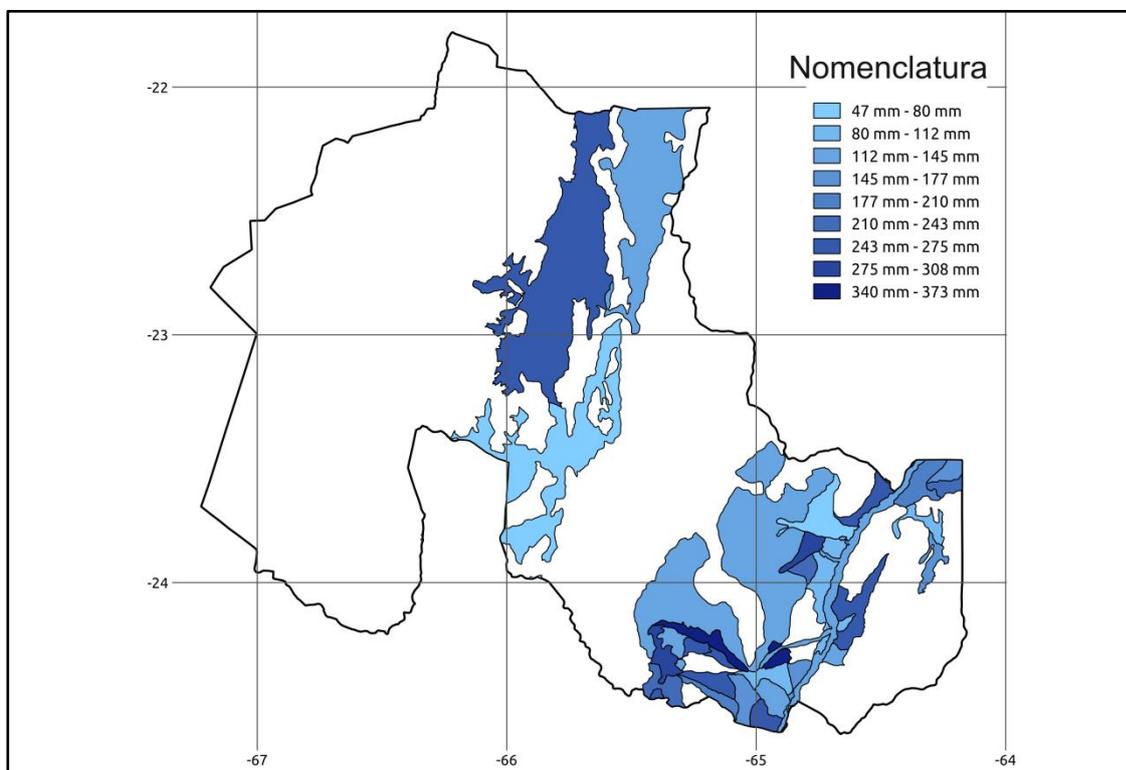


Figura 8: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad efectiva del suelo, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Jujuy.

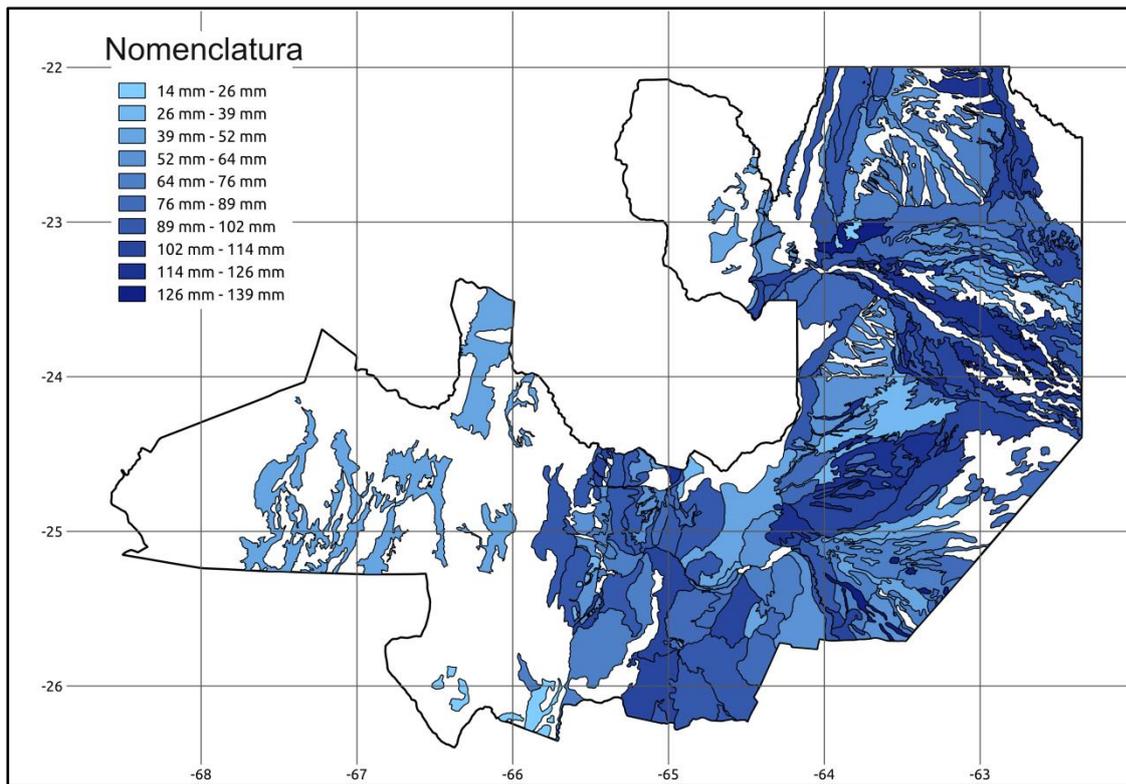


Figura 9: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad de 30 centímetro, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Salta.

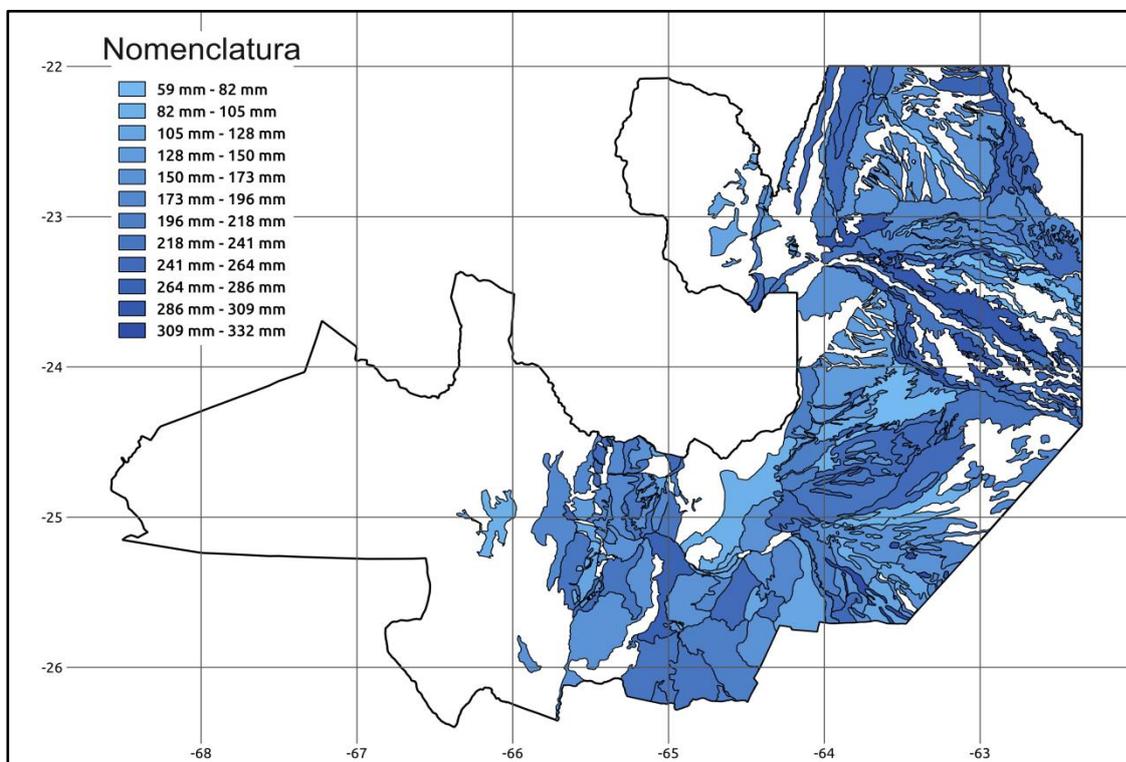


Figura 10: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad de 70 centímetro, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Salta.

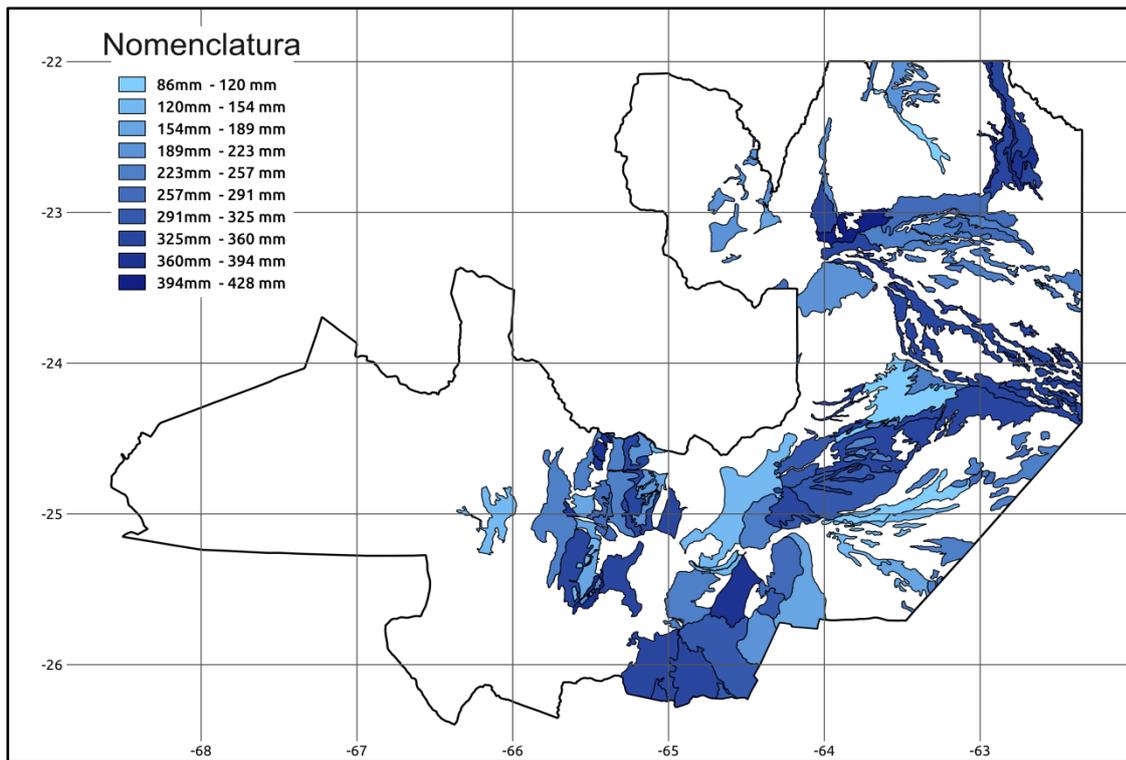


Figura 11: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad de un metro, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Salta.

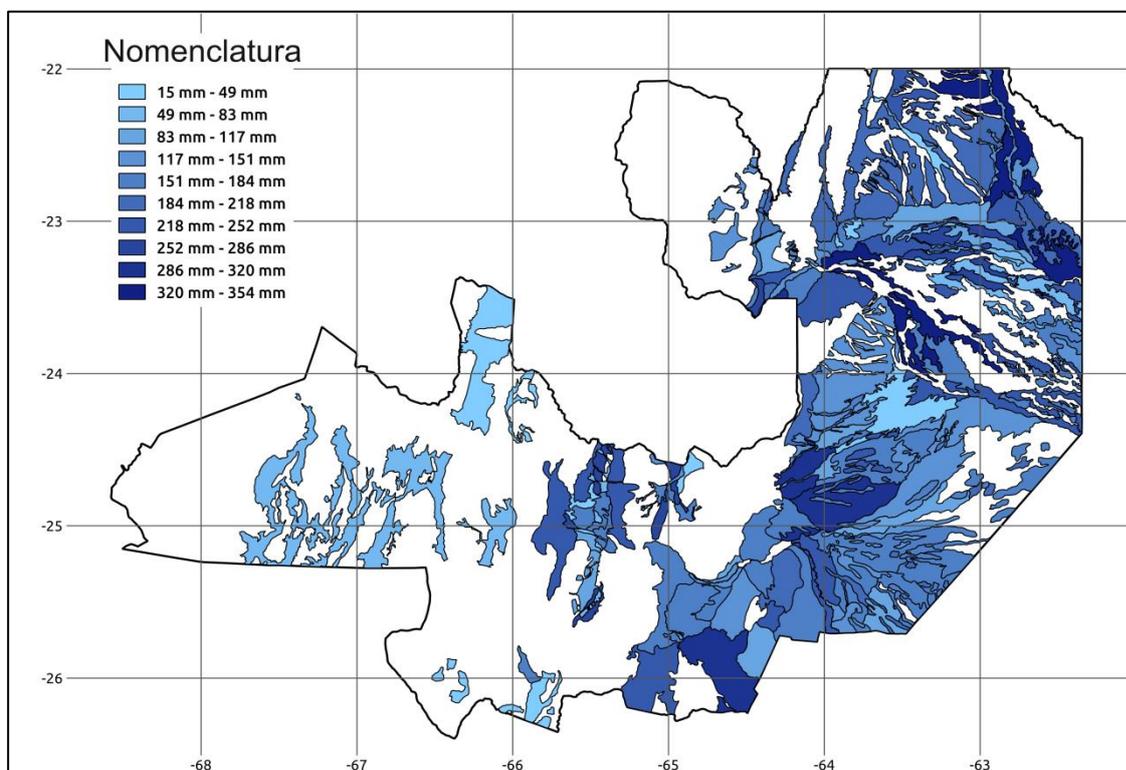


Figura 12: Distribución espacial de la capacidad de campo (milímetros) para la profundidad efectiva del suelo, de las asociaciones de suelos analizadas en la provincia de Salta.