

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA ÚTIL EN SERIES DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.

POR

JUAN PABLO HERNÁNDEZ

Resumen

La hidrología de los suelos estudia el ciclo del agua dentro del perfil edáfico. El balance hidrológico determina en gran medida el resultado final de la producción agropecuaria. La capacidad de un suelo para conservar el agua es un parámetro muy importante a la hora de relacionarlo con la producción vegetal, por lo que resulta clave investigar los factores y procesos que la definen. Es así que se plantea como objetivo general evaluar y caracterizar la disponibilidad de agua útil de suelos agrícolas de la Provincia de Entre Ríos. Al respecto en el **capítulo 1**, se realiza un estudio sobre los factores y procesos que dan origen a los suelos de la Provincia de Entre Ríos, relacionado con la capacidad de conservar agua útil, siendo esta una de las principales limitantes para la producción agropecuaria en nuestra provincia. La alta proporción de suelos del tipo vertisólicos de texturas finas, dominados por las arcillas del tipo esmectitas, caracterizados por sus limitantes físicas para la producción agropecuaria como la pobre aireación, la alta resistencia a la penetración y una escasa profundidad de enraizamiento, afectan negativamente la capacidad para almacenar agua y se ve reducida la proporción de agua disponible para los vegetales. Si bien en condiciones naturales poseen alta estabilidad estructural los mismos pueden ser afectados severamente por el manejo agrícola, deteriorándose su calidad física. Los suelos, poseen una elevada proporción de micro y mesoporos con alta energía matricial y escasos macroporos, lo que dificulta la circulación de agua a flujo saturado y la aireación. Dicha condición se acentúa aún más debido a la presencia de horizontes subsuperficiales argílicos, con alta proporción de arcilla, afectando negativamente la capacidad de retener agua dentro del rango de agua útil. Estos suelos se encuentran bajo un régimen hídrico con dos regiones climáticas bien definidas: una pequeña franja al norte que corresponde al clima subtropical húmedo de llanura y, otra que cubre el resto del territorio y corresponde al clima templado húmedo de llanura. Aun cuando las precipitaciones anuales promedian los 1100 mm, durante los meses de diciembre, enero y febrero se presentan deficiencias hídricas importantes, en los cuales la evapotranspiración supera a la precipitación efectiva en valores absolutos, siendo entre diciembre y enero donde se presentan los déficit más importantes que afectan a la producción agropecuaria en condiciones de secano, repercutiendo enormemente en los rendimientos. En el **capítulo 2**, se explica cómo se seleccionaron y muestrearon series de suelo de importancia agrícola distribuidas sobre el territorio provincial. Con el fin de analizar y caracterizar el comportamiento hídrico de los suelos de Entre Ríos, los perfiles fueron caracterizados de acuerdo a los criterios expuestos en las Normas de Reconocimiento de Suelos, realizando una descripción morfológica de sus horizontes, considerando sus límites, espesor, color, textura, estructura, con el fin de clasificar los

suelos y establecer la profundidad del solum. De los 11 perfiles de suelo estudiados, 6 correspondieron al orden Molisol, 4 al Vertisol y 1 al Alfisol. Posteriormente, en laboratorio, las muestras de suelo se analizaron para establecer los contenidos de agua útil del perfil, los cuales variaron entre 72 mm y 265,31 mm. La determinación de los parámetros que definen el agua útil resulta compleja si se consideran los costos y los tiempos operativos necesarios para su realización. Es así que, al momento de tomar decisiones en base a los análisis hidrológicos de suelo, es muy interesante y ventajoso poder hacer estimaciones de las constantes hídricas en base a parámetros más simples. Ese fue el objetivo estudiado en el **capítulo 3**, en el cual se determinó, mediante ecuaciones de pedotransferencia, la relación entre las constantes hídricas, Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) y las variables de fácil acceso como la textura, el contenido de materia orgánica y la densidad aparente. Se trabajó sobre un total de 179 muestras de diferentes series de suelo de la Provincia de Entre Ríos, en las que se determinaron los siguientes parámetros/variables edáficas: capacidad de campo y punto de marchitez permanente mediante las ollas de Richard utilizando las presiones de 0,33 atm y 15 atm respectivamente; análisis granulométrico por el método de la pipeta de Robinson, el cual determina los porcentajes de arcilla (<2 µm), limo (2-50 µm) y arena (50-2000 µm); contenido de carbono orgánico por el método de Walkley y Black; y densidad aparente a través del método del cilindro. Se realizó un análisis de componentes principales para obtener las variables que mejor explicaran el contenido de humedad a CC y PMP, resultando seleccionada para el caso del PMP la variable arcilla, mientras que los contenidos de materia orgánica, de arcilla y la densidad aparente se relacionaron con la CC. Una ecuación del tipo logística fue la curva de ajuste que mejor explicó el comportamiento entre el % de arcilla y el valor de PMP. Se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\%PMP = \frac{44,62}{1+20,0071e^{(-0,0979(arc)}} , \text{ donde \%PMP representa el valor porcentual de humedad gravimétrica en el punto de marchitez permanente y (arc) es el contenido de arcilla en \%.$$

Con valores de $r=0,8185$, $p < 0,05$ y $R^2 = 0,6910$ se demuestra que hay una correlación positiva entre las variables arcilla y PMP. Esto explica por qué los suelos con mayor contenido de arcilla acusarán mayores valores de PMP, comportamiento que se debe a que la fracción granulométrica más fina favorece la presencia de microporos y mesoporos, aumentando la superficie específica de la matriz del suelo y a la vez, reduciendo la capacidad de absorción de agua por parte de las plantas. Para el caso del contenido de humedad a capacidad de campo se realizó una regresión lineal múltiple, obteniéndose la siguiente ecuación de ajuste con un R^2 de 0,72 ($p < 0,05$): $\%CC = 18,42 + 0,90(arc) - 8,84(DAP) + 0,87(MO)$, siendo arc el % de arcilla, DAP la densidad aparente del suelo y MO la materia orgánica. Esto determina que el contenido de humedad gravimétrica a CC se relaciona de forma positiva con los contenidos de arcilla y de materia orgánica y de forma negativa con la densidad aparente del suelo. En el **capítulo 4**, se realizó la evaluación de la productividad agrícola de las series de suelo representativas de la provincia de Entre Ríos, teniendo en cuenta las clases de aptitud de suelos propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU, las cuales van del I al VIII. También se utilizó el software de uso libre AquaCrop® desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el cual simula la respuesta

al rendimiento de los cultivos teniendo en cuenta el agua como un factor limitante para la producción de los mismos. Dado que en Entre Ríos no se presentan suelos de Clase I, se tomó como referencia la serie de suelo “Pergamino” ubicada en la provincia de Buenos Aires. Para ejecutar el Software se utilizaron los datos de cada serie de suelo seleccionada, junto a los valores de rendimientos para los cultivos de maíz, trigo y soja y los datos climáticos correspondientes a la Estación Agroclimática de la EEA INTA Paraná en el período comprendido entre los años 2009 y 2018. Se observó una relación lineal directa entre la profundidad enraizable estimada por AquaCrop® y el rendimiento promedio de los últimos 10 años, con un incremento en la productividad de 29,7 kg/ha por cada cm de profundidad enraizable para el caso del maíz y de 13,1 kg/ha a 14,6 kg/ha para los cultivos de trigo y soja respectivamente. Estos suelos se encuentran limitados por restricciones como la erosión, por exceso de agua tanto temporario como permanente, por limitaciones en la aireación debido a la baja proporción de macroporos y por limitaciones en la zona de exploración de raíces debido a horizontes densos o duros.

Esta investigación permitió determinar la naturaleza del ciclo hidrológico del suelo. Se caracterizaron a campo y en laboratorio 11 perfiles de suelos de la provincia de Entre Ríos, analizando los parámetros físicos que definen la dinámica del agua y su relación con la productividad agrícola. A partir de ello se validaron para los suelos de Entre Ríos ecuaciones de pedotransferencia, lo que permitirá a los potenciales usuarios estimar los contenidos de agua gravimétrica a CC y PMP a partir de variables sencillas de obtener. Esto significa una gran herramienta al momento de decidir estrategias de manejo agrícola. Finalmente, ejecutando el software AquaCrop® de FAO se confirmó que los suelos poseen limitaciones físicas que afectan a la productividad de los cultivos. Se necesita continuar con los estudios de campo para evaluar a campo la profundidad enraizable de los principales cultivos (trigo, soja y maíz) para los diferentes tipos de suelo evaluados, de forma tal de validar estos modelos en situaciones reales de producción.