Contribution ID : **27** Type : **not specified**

Mapeo de extracción de nutrientes en un contexto de agriculturización: el caso de la Región Pampeana Austral Argentina

Palabras clave: avance agrícola; problemas ambientales; pérdida de nutrientes; sistemas de información geográfica; gestión ambiental.

Introducción

Las crecientes demandas globales estimularon la producción de granos en Sudamérica, especialmente en el Cono Sur (Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay). Por esto, entre 1991 y 2011, los cuatro países aumentaron la producción de trigo, maíz y soja en aproximadamente 85, 230 y 380%, respectivamente. Este aumento se basó principalmente en una fuerte expansión de la superficie sembrada (especialmente con soja), a partir de la incorporación de nuevas áreas y del cambio de uso de la tierra, destacándose una drástica reducción de las áreas bajo pasturas. Además, el incremento en el rendimiento de los cultivos desempeñó una función clave (García, 2015).

Si bien la agricultura moderna logró tener éxito al aumentar la producción de fibras y alimentos, también generó problemas ambientales a diferentes escalas (Cabido, 2008). La agricultura argentina se desarrolló inicialmente basándose en la alta fertilidad natural de los suelos, con bajo uso de fertilizantes y, en el caso de la Región Pampeana (RP), con rotaciones de cultivos anuales y pasturas perennes que permitieron mantener una tasa de pérdida de fertilidad moderada. Sin embargo, a partir de los ‘90 se intensificó la expansión de la agricultura con reducción de los períodos bajo pasturas, pasando a un modelo de agricultura continua. Aunque en esa época se expandió el uso de fertilizantes, esto no fue suficiente para disminuir los impactos negativos de las altas tasas de extracción de nutrientes para mantener la producción sobre la fertilidad. Así, el deterioro progresivo de la capacidad de abastecimiento de nutrientes como resultado de pérdidas de MO y de balances negativos, con extracciones superiores a las aplicaciones, generó deficiencias de distintos macronutrientes, fundamentalmente de los primarios, siendo el N y P los más afectados (García y Díaz Zorita, 2015). Según Lallana y Lallana (2017) estos nutrientes, en conjunto con el K, son los más estudiados ya que poseen una elevada importancia dentro de la fisiología vegetal.

La Región Pampeana Austral (RPA) manifiesta una fuerte tendencia a la expansión e intensificación agrícola gracias a la aptitud de gran parte de sus suelos para cultivos anuales. Asimismo, conforma una de las cinco subregiones que integran la RP, en función de la clasificación realizada por Viglizzo et al. (2002), considerando la calidad de los suelos y las precipitaciones; y constituye un ejemplo del avance de la superficie agrícola, exhibiendo también numerosos problemas ambientales. Abarca a 21 partidos del centro sur de la provincia de Buenos Aires (Figura 1), ocupando 82.530 km2, y se caracteriza por ser una pradera llana con suave declive al mar, pero atravesada por un cordón serrano, el sistema de Tandilia; que alcanza altitudes máximas de 500 msnm, generando que se registren pendientes pronunciadas en diferentes sectores de la región.

Ante esto, el trabajo propone: a) analizar la evolución de la superficie agrícola sembrada, producción y rendimiento de la RPA, entre 1989/90 y 2019/20; b) analizar espacialmente la extracción de los macronutrientes N, P y K para las campañas 1989/90, 2002/03 y 2019/20, considerando aquellos partidos donde se desarrolla la agricultura. En el marco de un sistema de información geográfica (SIG) es posible integrar la información obtenida para cada partido a partir de agrupamientos de los distintos valores de extracción, permitiendo generar mapas de exportación para la RPA. Así, los SIG se convierten en herramientas de análisis espacial de gran relevancia para estudiar y diagnosticar problemas ambientales, y proponer medidas para su gestión.

Figura 1. Ubicación del área de estudio

Fuente: Elaboración personal.

Materiales y métodos

Se consideraron los valores correspondientes a cebada cervecera, girasol, maíz, soja, sorgo y trigo, ya que componen los principales cultivos del agro argentino (CEP, 2020). La información sobre la superficie sembrada (ha) y producción (t), se obtuvo para el período 1989/90-2019/20 mediante bases de datos estadísticos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA), dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación; y posteriormente se estimaron los rendimientos (t ha-1). Los datos se adquirieron para cada partido de la RPA, con excepción de Monte Hermoso, ya que no presenta desarrollo de actividad agrícola. Así, la sumatoria de los resultados de cada uno de estos conforma el valor total para la RPA.

Respecto a la extracción de nutrientes, los cálculos fueron realizados para tres campañas: 1989/90, momento a partir del cual comenzó a evidenciarse un notable avance de la agricultura dentro de la RP; 2002/03, considerando que desde esta campaña cobró relevancia el rol de la siembra directa y se profundizó la expansión del proceso de agriculturización; y 2019/20, ya que se trata de los datos oficiales más actualizados.

Inicialmente, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica de investigaciones relacionadas con la cantidad de N, P y K extraídos en los granos producidos (kg t-1). Posteriormente, estos valores fueron multiplicados por la producción alcanzada, obteniendo así la cantidad de nutrientes extraída (kg) por cultivo en cada partido. Una vez logrados esos resultados, se efectuó una sumatoria de los valores de extracción de cada nutriente por cultivo en los diversos partidos, consiguiendo el valor total de extracción de N, P y K en cada uno de ellos. Por último, la adición de los valores de cada partido, permitió conocer el total de extracción de cada nutriente en la RPA, para cada una de las tres campañas.

Finalmente, con el objetivo de exhibir la distribución espacial de la extracción de nutrientes, se confeccionaron mapas temáticos en el marco de un SIG (QGIS 3.16.1). Para ello, los valores alcanzados fueron integrados al software mediante la creación de tablas de atributos, y luego se efectuó una configuración en intervalos mediante el método natural breaks, que identifica los puntos de corte entre clases a través del algoritmo de optimización de Jenks; de modo de poder visualizar áreas de mayor y menor extracción. En este sentido, el software obtiene clases con homogeneidad interna y máximas variaciones entre ellas, para el número de intervalos especificado previamente. Los límites entre clases se definen considerando las diferencias importantes (saltos) en la distribución de las frecuencias del indicador por período seleccionado (Jenks, 1967).

Resultados y discusión

Variación de la superficie sembrada, producción y rendimiento

Al analizar la Figura 2, pudo observarse un aumento del 36,3% de la superficie sembrada entre las campañas 1989/90 y 2019/20, sin apreciarse la existencia de saltos importantes. Lo indicado concuerda con lo sucedido a nivel país, donde se estima un aumento del 50% de la superficie agrícola en los últimos 50 años (Cruzate y Casas, 2012), y con el proceso de agriculturización evidenciado en la RP durante las últimas décadas. Para el período comprendido entre 1989/90 y 2002/03, el crecimiento fue del 23,23%; mientras que, para 2002/03 y 2019/20 alcanzó un 10,61%.

En cuanto a los rendimientos, de manera general, se manifestaron crecimientos y decrecimientos a lo largo de las campañas, destacándose una tendencia al aumento. Así, entre 1989/90 y 2019/20 existió un incremento del 25,22%. Por otra parte, entre 1989/90 y 2002/03 se observaron valores relativamente estables, a excepción de un pico en 1997/98, alcanzando una disminución del 15,22%. Para 2002/03 y 2019/20, se exhibió una situación inversa, con un notable aumento (47,7%). A partir de la campaña 2008/09 (menor valor histórico), comenzó a plantearse un crecimiento notorio hasta 2010/11, momento en el cual, si bien existieron altibajos, los valores se mantuvieron elevados.

Respecto a la producción, entre las campañas 1989/90 y 2019/20 se registró un acrecentamiento del 70,7% y, en general, se verifica una tendencia similar a la evidenciada por los rendimientos. Para el período comprendido entre 1989/90 y 2002/03 el incremento fue del 4,33%, destacándose un pico en 1997/98, el cual se corresponde al máximo registro de rendimiento del período. Entre 2002/03 y 2019/20, el ascenso de la producción fue del 63,6%. No obstante, este crecimiento no se mantuvo estable, sino que presentó un abrupto descenso en 2008/09, al igual que ocurrió con el rendimiento. Tal escenario podría deberse, entre otras razones, a la importante suba en los costos en las semillas y agroquímicos que comenzó en la campaña 2007/2008 (Pierri, 2018) y a la profunda sequía que afectó al sector (Arceo, 2017).

Figura 2. Variación de la superficie sembrada, producción y rendimiento entre 1989/90 y 2019/20

Referencias: eje izq.: superficie sembrada (en millones de ha) y producción (en millones de t); eje der.: rendimiento (t ha-1). **Fuente:** Elaboración personal en base a datos del SIIA.

Extracción de nutrientes

La Tabla 1 presenta los valores de extracción promedio de nutrientes, referidos a los diferentes cultivos evaluados; y la Figura 3, los valores de producción alcanzados por cada uno de ellos a lo largo de las diversas campañas.

Tabla 1. Extracción promedio de nutrientes por cultivo

Fuente: Elaboración personal en base a INPOFOS (1999), Ciampitti y García (2007), Fontanetto y Keller (2011) y Cruzate y Casas (2012).

Figura 3. Variación en la producción histórica de los cultivos considerados

Referencias: Producción (en millones de t). **Fuente:** Elaboración personal en base a datos del SIIA.

Una vez efectuados los cálculos correspondientes, se alcanzó el valor total de extracción de cada nutriente por partido, para cada una de las tres campañas, tal como exhiben las Figuras 4, 5 y 6.

Figura 4. Extracción de N para 1989/90, 2002/03 y 2019/20

Fuente: Elaboración personal.

Figura 5. Extracción de P para 1989/90, 2002/03 y 2019/20

Fuente: Elaboración personal.

Figura 6. Extracción de K para 1989/90, 2002/03 y 2019/20

Fuente: Elaboración personal.

En la campaña 1989/90, el mayor nivel de extracción de N, P y K ocurrió en el partido de Tres Arroyos, con 15.512,62, 3.211,55 y 3.478,56 t, respectivamente. Esta misma tendencia volvió a producirse en 2002/03, con valores de 17.545,11, 3.567,54 y 4.062,27 t, respectivamente. Respecto a lo sucedido en 2019/20, Lobería se destacó como el partido con la extracción de N (30.385,39 t) y K (9.013,10 t) más elevadas, mientras que Tres Arroyos presentó el valor más alto en relación al P (4.881,91 t). Al analizar estos resultados, puede establecerse que aquellos partidos con mayor extracción de nutrientes, son los mismos que presentan los valores más elevados de producción. Sumado a ello, se destaca que el partido de Tres Arroyos es el que posee la mayor superficie sembrada en las tres campañas evaluadas, y que el N es el más extraído en todos los partidos a lo largo del tiempo.

En relación a los resultados obtenidos para el total de la RPA (Figura 7), puede plantearse una clara tendencia respecto al alza de la extracción de los tres nutrientes. Para el período 1989/90-2002/03, se produjo un incremento del 14,11% de extracción de N, 7,55% del P y 18,58% del K. En 2002/03-2019/20, los aumentos fueron del 77,33, 57,10 y 114,75%, respectivamente. La extracción total de nutrientes ascendió un 13,89% en el primer período, y un 80,81% en el segundo.

Aunque el primer escenario manifiesta una clara disminución en el valor de los rendimientos, se produce un incremento en la producción, como resultado del aumento de la superficie agrícola, traduciéndose esto en una mayor extracción de nutrientes. Respecto al segundo, este coincide con un acrecentamiento de la superficie sembrada y de los rendimientos, generando una mayor producción y extracción. Esta situación se asemeja a lo planteado por Cruzate y Casas (2012), quienes afirman que el crecimiento en la extracción de nutrientes en la RP se originó debido al incremento en la producción, como consecuencia de una mayor superficie sembrada y un mayor rendimiento de los cultivos.

Figura 7. Extracción de N, P y K en la Región Pampeana Austral para las tres campañas seleccionadas

Referencias: Extracción en miles de t. Fuente: Elaboración personal.

Consideraciones finales

El estudio confirma el importante avance del proceso de agriculturización evidenciado en la RP, pasando de 2.715.200 ha en 1989/90 a 3.700.795 ha en 2019/20. Este escenario vino acompañado de mayores rendimientos y aumento en la producción, verificados especialmente en las últimas campañas, gracias a las mejoras tecnológicas de la agricultura moderna. Como contrapartida, se registraron notables extracciones de macronutrientes, sobre todo de N.

En las campañas 1989/90 y 2002/03, Tres Arroyos constituye el área con mayor extracción de la totalidad de los nutrientes. En 2019/20 este partido vuelve a manifestarse como la zona que más P exporta, mientras que Lobería ocupa el primer lugar en relación a N y K.

Para poseer una visión real acerca de la pérdida de nutrientes en la región, sería necesario utilizar la información recabada en conjunto con datos concernientes a la variación de la superficie fertilizada, fertilizantes empleados y dosis de aplicación; con el fin de llevar a cabo balances de nutrientes en distintos cortes temporales.

Finalmente, se concluye que el empleo de SIG facilitó la visualización de diferentes niveles de extracción de nutrientes en la RPA, tanto en el espacio como en el tiempo; demostrando ser una herramienta de trabajo esencial para arribar a la resolución de variados problemas ambientales y a la gestión estratégica de recursos naturales (Vázquez Rodríguez, 2018).

Bibliografía

Arceo, N. (2017). Más de dos décadas de expansión de la producción cerealera y oleaginosa en la Argentina. Realidad Económica, 305, 64-91.

Cabido, M. (2008). Impacto de la agricultura sobre la extensión, distribución y biodiversidad de ecosistemas naturales. En O. Solbrig y J. Adámoli (Eds.), Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable (pp. 185-223). Buenos Aires, Argentina: Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.

CEP (Centro de Estudios para la Producción). (2020). Informe de coyuntura agrícola. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Desarrollo Productivo.

Ciampitti, I., y García, F. (2007). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I: Cereales, Oleaginosos e Industriales. Archivo Agronómico No. 11. IPNI Cono Sur.
Cruzate, G., y Casas, R. (2012). Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, 6, 7-14.
Fontanetto, H., y Keller, O. (2011). Fertilización en sorgo. Recuperado de: http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/610.pdf
García, F. (2015). Agricultura en el Cono Sur ¿Qué se conoce, qué falta por conocer? Siembra, 2, 103-115.
García, F., y Díaz-Zorita, M. (2015). La fertilidad de los suelos y el uso de nutrientes en la producción agrícola extensiva de Argentina. En R. Casas y G. Albarracín (Eds.), El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina (pp. 183-198). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: FECIC.
INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fosforo) (1999). Requerimientos nutricionales de los cultivos. Archivo Agronómico No. 3.
Jenks, G. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. International Yearbook of Cartography, (7), 186-190.
Lallana, V., y Lallana, M. (2017). Manual de prácticas de fisiología vegetal. Paraná, Argentina: Universidad Nacional de Entre Ríos.
Pierri, J. (2018). Resultados económicos en la producción de granos bajo el signo del agronegocio en Argentina: un análisis crítico. Ciclos, 29(50), 3-27.
Vázquez Rodríguez, R. (2018). Uso de sistemas de información geográfica libres para la protección del medio ambiente. Caso de estudio: manipulación de mapas ráster con datos climáticos. Universidad y Sociedad, 10(2), 158-164. Recuperado de http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus
Viglizzo, E., Pordomingo, A., Castro, M., y Lértora, F. (2002). La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla? Ciencia Hoy, 12(68), 38-51.

Primary author(s) : Mr SEQUEIRA, Nahuel David (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Estudios Sociales de América Latina); Ms DAGA, Daiana Yael (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Estudios Sociales de América Latina); Dr VAZQUEZ, Patricia (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Estudios Sociales de América Latina); Dr SACIDO, Mónica (Cátedra de Forrajes. Fac. de Cs. Agrarias. Universidad Nacional de Rosario); Ms SOMOZA, Ailín (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Estudios Sociales de América Latina)

Presenter(s) : Mr SEQUEIRA, Nahuel David (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Estudios Sociales de América Latina)

Session Classification : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales

Track Classification : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales