

Proyecto Life Nitratos

Parte II. Estudio de mineralización y lavado del nitrógeno con el Modelo LIXIM en Landazuría

Rodrigo Antón Sobejano, Alberto Lafarga Arnal,
Beatriz Preciado Biurrun, Jesús Irañeta Goicoa,
Inmaculada Lahoz García, Isabel Gárriz Ezpeleta
y Maite Rodríguez Lorenzo
(INTIA)

Jokin del Valle de Lersundi
(Dpto. de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y
Administración Local. Gobierno de Navarra)

Eric Justes
(INRA, Toulouse, Francia)

Este artículo enlaza con el publicado en la última edición de Navarra Agraria nº 199: "Repercusión de las prácticas agrícolas de regadío en la contaminación de las aguas de la Cuenca de Landazuría" y pretende ahondar en el interés de aplicar unas buenas prácticas de manejo de los cultivos para hacer compatibles los objetivos de rentabilidad y medioambientales.

INTIA lleva muchos años estudiando la fertilización y sus consecuencias a distintos niveles: económico, de sostenibilidad ambiental, etc. En la actualidad tiene en marcha dos proyectos financiados por la Unión Europea, Life Nitratos y Life sigAGROasesor, relacionados en todo o en parte con este tema.

El proyecto Life Nitratos - "Repercusión de las prácticas agrarias en la contaminación por nitratos de las aguas continentales" - surge con el objetivo de estudiar el impacto de la actividad agraria, tanto agrícola como ganadera, en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. El estudio del impacto ganadero se está llevando a cabo en la Cuenca de Oskotz Muskitz y el impacto de la agricultura intensiva se analiza en la Cuenca de Landazuría, ambas en Navarra. Del tema ganadero se habló ya en el número 195 (ver www.navarraagraria.com) y en la pasada edición se presentó el estudio de la Cuenca de Landazuría.

Como novedad hay que señalar que en esta cuenca agrícola se está trabajando con un nuevo sistema de análisis del lavado del nitrógeno en el suelo, denominado modelo LIXIM, que permite afinar más en los resultados lo que redundará en una mejora de las recomendaciones a los agricultores. Nuestro interés es ir mostrando los resultados del trabajo a medida que avanza el proyecto y así compartir el conocimiento que se está generando.



MÁS INFORMACIÓN

<http://www.navarraagraria.com/n195/arnitratos.pdf>

<http://www.navarraagraria.com/n199/arlife2.pdf>



INTIA trabaja para definir y promover unas buenas prácticas agrícolas y ofrecer herramientas de ayuda a la decisión, con el convencimiento de que se puede mejorar la rentabilidad de la actividad agraria a la vez que se reduce el impacto en el agua de drenaje. Por esa razón, este proyecto Life Nitratos está abierto a la participación del sector agrario ya que, por parte de los técnicos que lo han impulsado, se considera que ésta es la fórmula idónea para realizar una máxima difusión de los resultados y poner en práctica las conclusiones.

Uno de los objetivos más importantes del proyecto es conocer la contribución del suelo a la nutrición nitrogenada de los cultivos. Sabemos que la materia orgánica del suelo se va mineralizando progresivamente y pone a disposición de las plantas una cantidad determinada de nitrógeno mineral que no habrá que aportar con los fertilizantes.

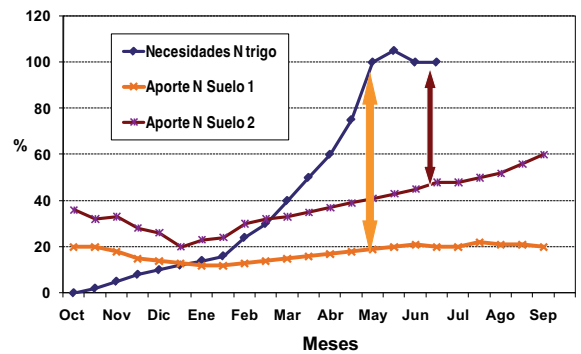
La **Velocidad de Mineralización de la materia orgánica** depende, por una parte, de la calidad del suelo y su contenido en materia orgánica y, por otra, de las condiciones de humedad y temperatura de ese suelo.

A modo de ejemplo, puede observarse en el gráfico 1 la mineralización y por tanto **el aporte de nitrógeno mineral** de dos suelos de diferente fertilidad. Se plasma en este gráfico la importancia de conocer el N que aporta el suelo para el ajuste de la fertilización nitrogenada.

El segundo efecto significativo a considerar en el suelo viene derivado de **la cantidad de agua que recibe**, bien sea de lluvia o de riego. No hay que olvidar que el agua disuelve el nitrógeno nítrico existente en el suelo y por tanto puede arrastrarlo con ella, bien a través de drenajes o de escorrentías. De ahí, la importancia de evitar excesos de riego que provocarán lavados de nitrógeno o evitar los aportes de nitrógeno antes de periodos de lluvia previsiblemente significativos.

En definitiva, partiendo de la base de que la mineralización y el lavado o lixiviado son los procesos dominantes en el ciclo del N en suelos agrícolas, resulta importante contar con una herramienta que permita estimar el N disponible en un momento concreto y durante el ciclo de ese cultivo para ajustar la fertilización nitrogenada.

Gráfico 1: N aportado y disponible por 2 suelos distintos.



Las flechas indican las necesidades de N procedente de abonos minerales en cada caso.

El Modelo LIXIM pretende ser esa herramienta que integre la mineralización y el lavado de N simultáneamente considerando las condiciones de humedad, suelo, clima, etc. Puede utilizarse a nivel de parcela o cuenca.

MODELO LIXIM Y SUS CARACTERÍSTICAS

LIXIM (Mary et al. 1999) es una herramienta de cálculo que utiliza las mediciones del contenido en agua y nitrógeno mineral sobre varias capas del suelo para la estimación de la mineralización de nitrógeno orgánico.

Permite calcular la mineralización neta de N en el campo sobre un suelo desnudo, sin planta. Cuenta con un modelo de transporte de agua y N mineral. La mineralización depende de las condiciones de temperatura y humedad del suelo. Realiza los cálculos diariamente. Este cálculo de la mineralización de nitrógeno tiene en cuenta la lixiviación de nitratos a partir de los datos de lluvia y de riego.

1.- Simplificación del ciclo del N

El modelo LIXIM está basado en la dinámica del N en

el suelo para estimar la **Mineralización** y el **Nitrógeno lavado o lixiviado**.

En la figura 1 se muestra el ciclo completo del Nitrógeno. Como se puede ver, en este ciclo del N intervienen muchos factores cuyo control exhaustivo resulta muy difícil de llevar a cabo. Para simplificar el modelo se van eliminando distintos factores hasta centrarnos en los que tratamos de estudiar.

- ♦ Primero, se elimina el aporte de fertilizantes nitrogenados en el área donde se va a realizar el estudio (marcados en color naranja). De esta forma dichos aportes no interfieren en el contenido del N del suelo.
- ♦ Además se puede plantear el estudio sobre un suelo desnudo, sin cultivo, de esta forma nos olvidamos de la entrada o extracción (salida) de N al sistema por parte de un cultivo. (conceptos en color verde de la figura 1)
- ♦ Finalmente, se considera que las pérdidas gaseosas (volatilización y desnitrificación) son despreciables por su muy escasa cuantía (en color azul).

En la figura 2 se muestra el resultado del ciclo del N tras estas simplificaciones.

2.- Balances de agua y Nitrógeno: Evaluación de mineralización y lixiviación (lavado)

El contenido y flujo del agua en el suelo constituyen un factor fundamental porque es el motor tanto de la mineralización - si el suelo está seco no hay actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica - como del drenaje y por tanto de las pérdidas por lavado o lixiviado del N. En consecuencia, es **crucial realizar balances de agua previos** para calcular la intensidad de mineralización, el drenaje producido y el lavado de nitratos. Entendiendo el comportamiento del agua en el sistema se puede tratar de explicar el lixiviado de N.

LIXIM cuenta con un modelo de transporte de agua, otro para transporte de nitrato y otro para la mineralización, todos ellos muy relacionados.

3.- Requisitos del sistema: suelo, clima

El programa LIXIM parte de considerar el suelo en 3-4 capas sucesivas de una profundidad entre 20-30 cm

Figura 1. Ciclo completo del Nitrógeno

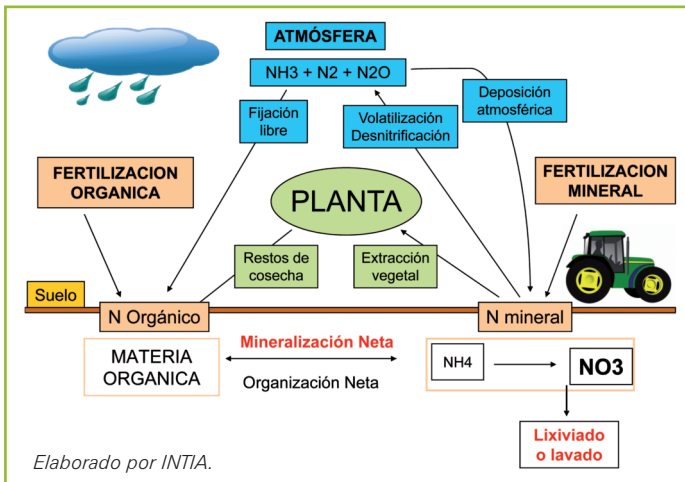


Figura 2. Ciclo simplificado del N con el que trabaja el Método Lixim



cada una de ellas. Necesita para cada una de estas capas de suelo una serie de datos con los que va a simular y medir el flujo continuo de agua y nitrógeno entre cada capa y la siguiente.

Es necesaria una caracterización inicial del suelo y un posterior seguimiento periódico del agua y nitrógeno medido en cada capa de suelo, así como un balance de entradas y salidas con la misma periodicidad.

Figura 3. Caracterización inicial y seguimientos periódicos



La caracterización inicial

Requiere de análisis físico - químico de ese suelo así como del contenido en materia orgánica. Este último parámetro parece determinante si tenemos en cuenta que en función del contenido de materia orgánica en el suelo se producirá una mayor o menor mineralización.

El seguimiento periódico

Consiste en medir la evolución del contenido de Nitrógeno mineral en una porción de suelo que, como ya se ha descrito, se mantiene desnuda (sin cultivo) y sin aportes de fertilizantes nitrogenados. **Con esto, se entiende que la evolución del contenido de nitrógeno mineral en ese suelo será consecuencia del proceso natural de mineralización de la materia orgánica.**

El modelo exige un registro de los aportes de agua, precipitación y riego en el suelo para estimar las pérdidas por lixiviación y valorar los efectos que pueda producir en la mineralización.

Al final, **el cálculo se realiza por diferencia entre dos fechas (inicial y final)** ya que el resto de entradas y salidas están controladas. El modelo estima una mineralización potencial y lo va corrigiendo con los datos reales introducidos de nitrógeno mineral y humedad.

4.- Avances que supone el Modelo LIXIM

El modelo utiliza como unidad del paso del tiempo el día normalizado en lugar del día natural. No obstante, los días estandarizados no se utilizan en el cálculo de la mineralización. Se utilizan a posteriori para relacionar mineralización y tiempo estandarizado para ver si la relación es lineal. Si la relación es lineal significa que la humedad del suelo y la temperatura son los dos factores principales que explican las variaciones de mineralización en el tiempo. La pendiente de esta relación muestra la mineralización potencial de nitrógeno en el suelo, que es en gran parte debido a la acción del nitrógeno orgánico y de las características físico-químicas del terreno.

Día natural ➡ Día del calendario natural. Son 365 días anuales (o 366 en año bisiesto).

Día normalizado ➡ Día que definimos en función de unos parámetros de temperatura y humedad, asignándoles un valor.

Si las condiciones ambientales de un día natural coinciden justamente con las definidas por nosotros para un día normalizado, se puede decir que 1 día natural = 1 día normalizado. En cambio, si las condiciones ambientales

están por debajo o por encima de las que nosotros definimos, nos encontramos que un día natural puede tener menos de un día normalizado o más de un día normalizado.

En nuestro caso, considerando unas condiciones de 15º de temperatura y una humedad que corresponde a la humedad en CC en ese suelo (16% de contenido de humedad), calculamos que los 215 días naturales que ha durado este ensayo corresponden con 226 días normalizados, es decir, ha habido más días normalizados que normales. Analizándolo en detalle se aprecia que, en los meses de verano, entre el 2 de julio y el 24 de septiembre que son 85 días naturales corresponden con 167 días normalizados. Mientras que desde el 24 de septiembre hasta fin de ensayo, 2 de febrero, son 130 días naturales que corresponden con 60 días normalizados.

RESULTADOS PRELIMINARES EN LA CUENCA DE LANDAZURÍA

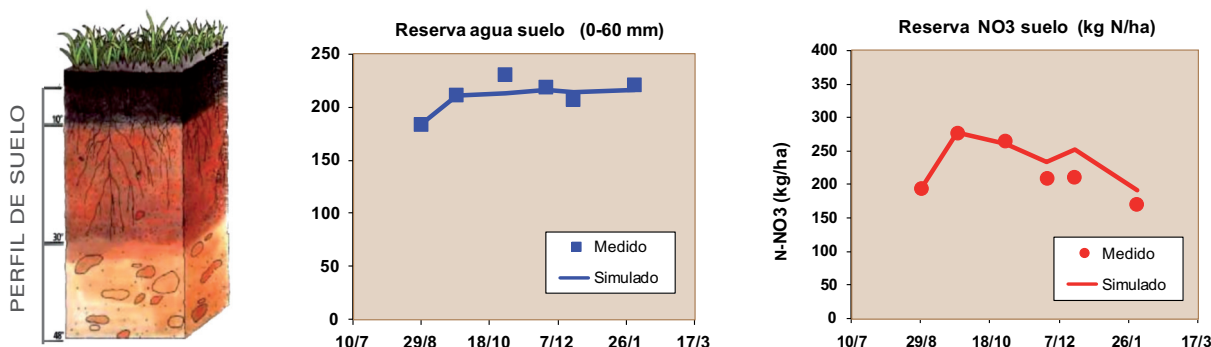


Análisis de mineralización en parcela en Landazuría.

Dentro del proyecto Life Nitratos en Landazuría se está haciendo un estudio de mineralización en varias parcelas o UGCs (Unidad de Gestión de Cultivo). En colaboración con varios agricultores, el estudio se ubica en parcelas en las que se mantiene un manejo normal. De esta forma, podemos acercarnos a estimar la mineralización real que se está dando en esas UGCs y podemos dar un valor medio a la Cuenca.

A modo de ejemplo y como resultados preliminares, presentamos una de las UGC en la que se ha realizado este estudio (la UGC es la R3). El ensayo de mineralización por LIXIM se ha realizado entre junio de 2012 y febrero del 2013. En esa parcela se cultivó entre julio y agosto maíz dulce.

Gráficos 1 y 2. Evolución de Humedad y de Nitratos en un perfil de suelo de 0 a 90 cm

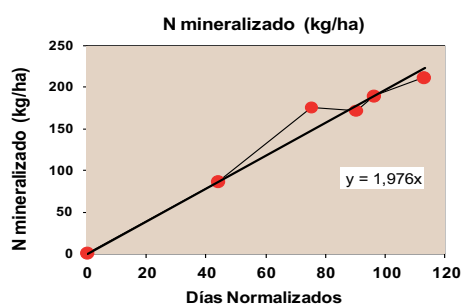


Las gráficas 1 y 2 muestran la evolución de Humedad y de Nitratos en un perfil de suelo de 0 a 90 cm a lo largo de todo el ensayo.

La gráfica 3 muestra la recta de mineralización en esa parcela a lo largo del tiempo. El valor de Y de la recta representa la velocidad de mineralización reflejada en kg de Nitrógeno mineral por día normalizado.

Con este análisis, estimando el número de días normalizados que ha tenido el año 2012 en Landauría y sacando una media de la velocidad de mineralización de las distintas parcelas en estudio, obtendremos una **curva de mineralización anual** en la cuenca.

Gráfico 3. Velocidad de mineralización en kg de N mineral por día normalizado



AGRADECIMIENTOS

INTIA y los demás socios del proyecto (GANASA y CRANA) quieren agradecer a través de la revista Navarra Agraria la buena predisposición y el apoyo técnico recibido por parte del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) y del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario de La Rioja (CIDA).

Este proyecto está siendo **financiado con fondos públicos europeos del Programa Life+** y el Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del **Gobierno de Navarra, a partes iguales.**

EN RESUMEN

Se presenta en este artículo el programa LIXIM como herramienta en estudio para evaluar la mineralización del suelo y el lavado o lixiviado de nitrato. Se ha de tener en cuenta que la lixiviación bajo suelo desnudo es aún mayor que en el cultivo. La lixiviación se calcula para estimar correctamente la mineralización del nitrógeno en el suelo. Si quisiéramos calcular la lixiviación cultural del cultivo utilizaríamos otros modelos de simulación como STICS, que simula la dinámica de absorción de nitrógeno mineral por la planta.

El conocimiento de la mineralización, es decir, el aporte de N útil del suelo para el cultivo **es fundamental para ajustar la fertilización nitrogenada.**

La profundización en la comprensión de la dinámica y lixiviado o lavado de nitrato en el suelo resulta vital para minimizar las pérdidas de N.

En definitiva, **todo avance que contribuya a un uso más eficiente del N resulta beneficioso para la sociedad:**

- ♦ En primer lugar, **reduce las emisiones** derivadas de la síntesis de amoníaco, fuente de los fertilizantes nitrogenados cuyo uso eficiente estamos proponiendo ya que resulta muy costoso energéticamente.
- ♦ **Es un ahorro económico** para los agricultores.
- ♦ **Reduce el lixiviado o lavado** y, en consecuencia, la contaminación de las aguas por nitratos.

Bibliografía de consulta:

MARY B.; BEAUDOIN N.; JUSTES E.; MACHET J. M. *Calculation of nitrogen mineralization and leaching in fallow soil using a simple dynamic model.* European Journal of Soil Science n° 50 pp 549-566.

IRAÑETA GOICOA, J.; y otros. *Varios.* Ver Navarra Agraria.