



Programa de Tierras de Regadío Eliminación del nitrógeno en los cultivos Coeficiente de conversión Protocolos estándar

Índice

¿Qué es un coeficiente de conversión de eliminación de nitrógeno de los cultivos?	2
¿Qué coeficiente de conversión del cultivo debo usar?	3
¿Cuáles son los protocolos estándar para desarrollar un coeficiente de conversión del cultivo? .	4
Protocolos para el muestreo del campo	5
Protocolos de muestreos en instalaciones de envasado (alternativas a la toma de muestras en el campo)	8
Prepare las muestras para enviar al laboratorio	8
¿Cómo informo mis coeficientes de conversión del cultivo?	10
¿Qué registros necesito para mantener el Plan de Explotación?	10
Guía para el análisis de laboratorio	10

¿Qué es un coeficiente de conversión de eliminación de nitrógeno de los cultivos?

La Orden Agrícola¹ incluye los coeficientes de conversión de eliminación del nitrógeno de los cultivos (coeficiente de conversión del cultivo) para los cultivos realizados que representan el 93% de todas las hectáreas cultivadas en la región de la costa central. Los investigadores de la Extensión Cooperativa de la Universidad de California (UCCE) trabajan actualmente en el desarrollo de coeficientes de conversión del cultivo para cultivos adicionales. Este esfuerzo aumentará la cobertura de los coeficientes de conversión del cultivo aproximadamente a un 97% de todos los acres cultivados en la región de la costa central. Este trabajo finalizará en diciembre de 2023.

El coeficiente de conversión del cultivo es el contenido de nitrógeno en el peso fresco del material cultivado. El coeficiente de conversión del cultivo multiplicado por el peso del material cultivado retirado del campo se usa para calcular el nitrógeno que se elimina en el campo a través de la cosecha o de otros métodos de retiro del material cultivado (RHARV 2, 3).

RHARV = coeficiente de conversión del cultivo x material cultivado retirado

- **R_{HARV}** es la cantidad de nitrógeno eliminado del campo a través de la cosecha o de otros métodos de retiro del material cultivado.
- **Coeficiente de conversión del cultivo** es el coeficiente específico de cada cultivo utilizado para convertir unidades de material retirado por acre a unidades de nitrógeno eliminado por acre.
- **Material vegetal retirado** es la cantidad de material que contiene nitrógeno eliminada del campo, en unidades de libras por acre.⁴ El material de cultivo retirado en libras debe ser

¹ Orden Agrícola N.º R3-2021-0040

https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water_issues/programs/ilp/regulatory_information.html

² Resolución Agrícola, página 26, párrafo 14

https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water_issues/programs/ilp/docs/ag_order4/2021/ao4_order.pdf

³ Resolución Agrícola, Anexo B – MRP, página 8-9, párrafo 16

https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water_issues/programs/ilp/docs/ag_order4/2021/ao4_att_b.pdf

⁴ Para los cultivos que se embalan en el campo y para cultivos retirados en forma de “cajas”, se necesita implementar un protocolo que permita calcular los pesos promedio del material cultivado que se retira en las cajas o unidades de embalaje.

determinado por los productores o los consultores mediante el pesaje del material fresco cosechado o empleando otros métodos⁵ e información generados durante la cosecha.⁶

¿Qué coeficiente de conversión del cultivo debo usar?

Los productores deben usar un coeficiente de conversión del cultivo proporcionado por la Junta de Agua de la Costa Central dentro del Programa de supervisión e informe de la Resolución Agrícola (consulte la Tabla MRP-47) o desarrollar y usar su propio coeficiente de conversión del cultivo. Para los cultivos que aún no tienen coeficientes de conversión del cultivo aprobados, los productores deben elegir un coeficiente de conversión de la Tabla MRP-4 para un cultivo similar al suyo, o bien desarrollar un coeficiente de conversión para su propio cultivo. Los productores que deciden desarrollar su propio coeficiente de conversión deben hacerlo a partir de un resultado de laboratorio obtenido de muestras de su cultivo recolectadas en sus propios campos, siguiendo los protocolos estándar descritos en el resto de este documento. Los productores deben mantener los datos recopilados y la justificación utilizada para determinar el coeficiente de conversión de su cultivo individual en el Plan de Explotación. Esta información debe enviarse a la Junta de Agua de la Costa Central cuando se solicite.

Existen tres (3) opciones para determinar qué coeficiente de conversión del cultivo utilizar:

1. Seleccionar un coeficiente de conversión del cultivo de la Tabla MRP-4.
2. Seleccionar un coeficiente de conversión del cultivo provisto en la Tabla MRP-4 para un cultivo similar al que está haciendo (es decir, características, etapas de crecimiento y nivel de absorción de nitrógeno similares). Por ejemplo, el coeficiente de conversión del cultivo de un tipo de lechuga puede ser representativo de un tipo de lechuga diferente.

⁵ Los productores que tienen cultivos en macetas, bandejas y plantas producidas con cualquier otro tipo de producción en recipientes, como viveros e invernaderos, deberán desarrollar una metodología para estimar de manera constante el peso promedio del material vegetal retirado en unidades de libras por acre para la elaboración de informes. Además, los sistemas de producción en recipientes suelen retirar la tierra o los medios de cultivo (como los medios de cultivo de turba y perlita) del interior de las macetas o las bandejas junto con las plantas cosechadas. Si ese es el caso, la cantidad de nitrógeno presente en el suelo o el medio de cultivo debería contabilizarse como una forma de nitrógeno eliminado.

⁶ Para calcular con precisión un coeficiente de conversión de nitrógeno en los cultivos y la cantidad eliminada de los campos, se debe tener en cuenta el peso (en libras) del material vegetal descartado (desechos) en una instalación de envasado.

⁷ Resolución Agrícola, Anexo B, Tabla MRP-4, página 36

https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water_issues/programs/ilp/docs/ag_order4/2021/ao4_att_b.pdf

3. Desarrollar y usar un coeficiente de conversión del cultivo propio siguiendo los protocolos estándar de este documento. Consulte la sección de este documento titulada “¿Cuáles son los protocolos estándar para desarrollar un coeficiente de conversión del cultivo?”

¿Cuáles son los protocolos estándar para desarrollar un coeficiente de conversión del cultivo?

Esta sección incluye los protocolos estándar que se deben seguir para desarrollar un coeficiente de conversión del cultivo. Estos protocolos estándar se desarrollaron en coordinación con investigadores de la UCCE, profesionales idóneos y laboratorios y se pusieron a disposición del Departamento de Alimentación y Agricultura de California (CDFA) para su revisión y la formulación de observaciones.

Hay dos valores que se deben determinar para desarrollar un coeficiente de conversión del cultivo:

1. El contenido de la materia seca del cultivo (%) y
2. El contenido de nitrógeno del cultivo (%).

Se usa la siguiente fórmula para calcular el coeficiente de conversión del cultivo:

Coeficiente de conversión del cultivo = (contenido de materia seca (%) × contenido de nitrógeno (%)) ÷ 10,000

1. Determine el contenido de materia seca del cultivo en el material cosechado (contenido de materia seca (%))

Los laboratorios determinan el contenido de la materia seca pesando una muestra de material cosechado fresco/húmedo (para determinar el “peso húmedo”) y vuelven a pesarlo después de que la misma muestra se secó por completo (para determinar el “peso seco”). Los dos resultados se usan para calcular el porcentaje de contenido de materia seca mediante la siguiente fórmula.

Contenido de materia seca (%) = (peso seco ÷ peso húmedo) x 100

2. Determine el contenido de nitrógeno del cultivo en el material cosechado (contenido de nitrógeno (%))

El laboratorio analiza el contenido de nitrógeno (%) en la muestra seca, que representa el porcentaje del contenido de nitrógeno en la materia seca del material cosechado.

Los resultados de laboratorio para el contenido de nitrógeno de la muestra se proporcionan sobre la base del peso seco. Se utiliza este valor, junto con el porcentaje de materia seca (que se calcula midiendo el peso húmedo y el peso seco en el horno

de la muestra), para calcular el coeficiente de conversión del cultivo. Los resultados del laboratorio deben incluir tanto el contenido de materia seca (%)⁸ como el contenido de nitrógeno (%) en la materia seca⁹.

3. Calcule el coeficiente de conversión del cultivo

Ejemplo de cálculo del coeficiente de conversión del cultivo cuando el laboratorio informa tanto el contenido de materia seca (%) como el contenido de nitrógeno (%):

Contenido de materia seca (%) informado = 4.7 %

Contenido de nitrógeno (%) informado = 3.5 %

Coeficiente de conversión del cultivo = (4.7 % de contenido de materia seca x 3.5 % de contenido de nitrógeno ÷ 10,000

= 0.001645

Protocolos para el muestreo del campo

Antes de recolectar cualquier muestra, siga el paso uno y dos a continuación:

1. Seleccione un laboratorio de la lista proporcionada por la Junta de Agua de la Costa Central.¹⁰ Contacte al laboratorio con anticipación para confirmar la disponibilidad y asegurarse de que cuentan con protocolos establecidos para medir tanto el contenido de materia seca (%) como el contenido de nitrógeno (%) de la muestra vegetal en un plazo oportuno.
2. Confirme u obtenga del laboratorio todo el material necesario para preparar las muestras para su envío, como bolsas plásticas, rotuladores para etiquetar las bolsas, una hoja de datos organizada de forma clara para registrar la información de la muestra y un formulario de cadena de custodia de la muestra. Algunos laboratorios

⁸ Si el informe del laboratorio incluye el contenido húmedo (%) en lugar del contenido seco (%), el contenido seco (%) se puede calcular de la siguiente manera: contenido seco (%) = 100 – contenido húmedo (%).

⁹ Los laboratorios solo proporcionan el contenido de materia seca (%) y el contenido de N (%) a los productores que envían muestras para analizar con el fin de calcular los coeficientes de conversión del cultivo. El productor debe informar al laboratorio que está enviando muestras a analizar para obtener el “Coeficiente de conversión de nitrógeno para la Región 3”.

¹⁰ Incluye laboratorios que cuentan con certificación o participan en el Programa de Pruebas de Competencia de América del Norte, el [Programa NAPT](#), (coordinado por la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo) o el programa de Competencia Agrícola en el Laboratorio del Dr. Robert Miller, administrado en conjunto con [Collaborative Testing Services, Inc.](#)

también proporcionan una caja refrigeradora de transporte (heladera portátil) y bolsas de hielo azules.

3. Etiquete las muestras como “Coeficiente de conversión de nitrógeno para la Región 3” para garantizar que los laboratorios suministren tanto el contenido de materia seca (%) como el contenido de nitrógeno (%) de la muestra vegetal en sus resultados. También etiquete cada muestra con un identificador único (por ejemplo, AW#) de modo que el identificador pueda reportar los resultados para cada muestra.
4. Complete el formulario de la cadena de custodia e incluya “Coeficiente de conversión de nitrógeno para la Región 3” y el nombre único de cada muestra. En la sección análisis, proporcione la siguiente información para los métodos de análisis: contenido de materia seca (%) y contenido de nitrógeno (%) y el cultivo (caléndulas o pepinos, por ejemplo).
5. A continuación, siga los siguientes procedimientos para proporcionar una muestra al laboratorio. El laboratorio solo analiza una pequeña muestra del material vegetal. Por lo tanto, el primer paso al recolectar una muestra es obtener una cantidad manejable (o un tamaño de muestra manejable) de una muestra representativa del área de cultivo del material cosechado. La muestra no debe exceder el volumen de una bolsa plástica sellada de 1 galón. Una muestra representativa del área de cultivo es una pequeña cantidad (subconjunto) del material que refleje las mismas propiedades que existen en una población más amplia del material cosechado de un campo o cultivo. Para obtener una muestra representativa del área de cultivo para enviar al laboratorio para su análisis, siga las pautas listadas a continuación:
6. Recolecte muestras del cultivo “en el momento de la cosecha”¹¹, ni antes ni después de la cosecha¹², para asegurarse de obtener una muestra representativa de los materiales cosechados. La concentración de nitrógeno en el cultivo cosechado es un valor acumulativo de la cantidad absorbida durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo. En situaciones en las que el período de cosecha se extiende durante varias semanas, será necesario calcular un coeficiente de conversión de nitrógeno promedio para ese cultivo utilizando los coeficientes de conversión de nitrógeno del cultivo calculados para el material cosechado recolectado al principio, en el medio y al final del período de cosecha. El cálculo de un coeficiente de conversión de nitrógeno promedio para el cultivo es particularmente importante en situaciones en las que el cultivo está plantado en bloques con diferentes fechas de siembra y, por lo tanto, diferentes fechas de cosecha, y para cultivos con períodos de cosecha que se

¹¹ El cultivo se considera "en el momento de cosecha" cuando el productor decidió recolectar y los equipos de cosecha están trabajando en el campo. En el caso de producción en recipientes, las muestras se deben tomar antes del envío o venta de las plantas/producto.

¹² La única excepción es para los cultivos que deben ser muestreados en las instalaciones de envasado. Consulte la sección debajo sobre la recolección de una muestra en una instalación de envasado

extienden durante varios meses. En todos los casos, la compañía, el laboratorio, la consultora o el productor que está tomando las muestras debe completar y conservar toda la información relativa a los eventos de toma de muestras, por ejemplo, un mapa de muestreo, las ubicaciones, información sobre el tomador de la muestra, la fecha y los protocolos de muestreo, el número de muestras tomadas, etc.

7. Tome una muestra en un área típica¹³ que sea representativa del campo cultivado, o bien porciones de muestra del material del cultivo cosechado en múltiples zonas del campo (es decir, en 4 lugares o más, como mínimo).¹⁴ Combine (es decir, componga) las múltiples muestras y submuestras en una única muestra para el análisis en laboratorio.
8. La muestra debe incluir todas las partes de la planta que normalmente se retiran del campo (o se envían, en una producción en recipientes). Si se retiran otros materiales del cultivo en otros momentos del año (por ejemplo, la eliminación de la poda), deberán muestrearse por separado para que el nitrógeno eliminado en esos tejidos también se incluya en el coeficiente de conversión del cultivo calculado. Recolecte muestras de la poda de distintas zonas del campo.
9. La muestra debe estar libre de tierra o de otros contaminantes que pudieran influenciar el peso de la muestra o el contenido de nitrógeno. Sacuda la muestra para remover cualquier residuo de tierra o límpiela con un paño.
10. Tome la suficiente cantidad de material vegetal en la muestra para que se pueda tomar una submuestra representativa de la muestra total. Por ejemplo, es posible que se necesite menos material para un cultivo de cereales que haya pasado por una cosechadora que para un cultivo de sandías, debido a los diferentes métodos de cosecha y al tamaño relativo de los granos individuales y de las sandías.
11. La toma de submuestras suele requerirse para reducir el tamaño de la muestra a un tamaño de muestra manejable. Por ejemplo, en el caso de la lechuga, la muestra completa podría incluir 10 cabezas o más, lo cual es demasiado material para enviar al laboratorio. Para hacer una submuestra adecuada de la cabeza de una lechuga, corte la muestra en forma vertical para asegurarse de que la muestra representa todos los tejidos (más viejos y más jóvenes) de la cabeza.¹⁵ Después de cortar las cabezas,

¹³ En el caso de la producción en recipientes, se considera un área típica a un banco o una zona de producción al aire libre (en pies cuadrados). El área típica debe ser representativa de los diferentes recipientes, bandejas de plantas, macetas, etc.

¹⁴ Las pautas generales elaboradas para medir el contenido de nitrógeno (N) en tejidos vegetales especifican un mínimo de 20 hojas.

¹⁵ En cultivos en los que se cosechan múltiples tejidos/partes, cada tejido/parte debe estar proporcionalmente representado como parte de la muestra completa. En casos en que las partes no se puedan mezclar o no puedan analizarse juntas (tal vez por diferencias de textura, como en el caso de

mezcle todo el material muestreado y extraiga rebanadas de las cabezas de la mezcla al azar hasta que tenga un tamaño de muestra manejable para enviar al laboratorio.

12. Si la muestra es perecedera y se desea evitar el deterioro y los procesos que puedan alterar la cantidad original de nitrógeno eliminado del campo, es importante proteger las muestras/submuestras de la humedad externa, la pérdida de humedad interna y la contaminación hasta que sean entregadas a un laboratorio calificado.
13. En algunos casos, como en los cultivos de trigo o semillas, donde el contenido de humedad se mide y se conoce en el momento de la cosecha, los productores deben enviar muestras al laboratorio que incluyan la información sobre el contenido de humedad.

Protocolos de muestreos en instalaciones de envasado (alternativas a la toma de muestras en el campo)

En algunos casos, las muestras se pueden obtener en las instalaciones de envasado, donde las cosechas se suelen muestrear para determinar la calidad del cultivo, siempre que la muestra se tome el mismo día en que se realizó la cosecha del campo. Las muestras se pueden obtener en instalaciones de procesamiento si la muestra es representativa del cultivo de los campos, como se describió en los protocolos de toma de muestras en el campo anteriores. No obstante, se producirá alguna pérdida de humedad, lo que generará aumentos proporcionales en el porcentaje de nitrógeno de la muestra. Para minimizar la pérdida de humedad, se deben preparar las muestras lo antes posible.

Prepare las muestras para enviar al laboratorio

- a. Las muestras y submuestras deben colocarse de inmediato en bolsas (provisas por el laboratorio o bolsas de plástico sellables de 1 galón, bolsas herméticas como las Ziploc o las Glade resellables) que estén selladas para retener toda la humedad de la muestra de la planta.
- b. Las muestras se deben mantener a 40 grados Fahrenheit (°F) o menos (pero no congeladas) y entregarse (o enviarse) al laboratorio de un día para el otro o antes, de ser posible. Siempre que sea posible, evite tomar muestras los viernes, sábados o domingos porque los laboratorios no están abiertos durante el fin de semana para recibir las muestras. Si toma las muestras un viernes, sábado o domingo, consérvelas en bolsas de plástico selladas en el refrigerador y envíelas o entréguelas el siguiente lunes.

las partes leñosas y carnosas de las plantas), subdivida las muestras y procese las partes dispares por separado. Posteriormente, se pueden calcular las contribuciones de las partes al peso fresco (peso húmedo) y al contenido porcentual de N (nitrógeno).

- c. Las muestras y submuestras se deben enviar o entregar al laboratorio en una heladera portátil con hielo azul y llegar frescas. NO usar hielo húmedo.

Análisis de laboratorio

- d. El laboratorio determinará el peso fresco/húmedo y el peso seco de las muestras (excluyendo el peso de la bolsa). Estos procedimientos requieren el uso de una balanza calibrada con una precisión de 0.1 gramos y un horno de secado por convección. También requiere de recipientes para contener las partes de las plantas durante el procesamiento, y herramientas (por ej., cuchillos, procesadoras de alimentos, molinos) para preparar las muestras para el análisis.
- e. Las muestras se pesan para determinar su peso fresco/húmedo y, a continuación, se colocan en un horno de secado por convección. Las muestras se colocan en el horno (sin la bolsa) a 60 grados Celsius (°C; o a 140 °F) durante 48 horas o hasta que se sequen por completo. Después del período de secado inicial, las muestras se retiran, se pesan y se vuelven a colocar en los hornos por otro período de secado. No menos de 24 horas adicionales. Las muestras deben estar crujientes cuando estén totalmente secas. Si aún están gomosas, es posible que necesiten de 12 a 24 horas más de secado. El secado del material vegetal puede llevar varios días para algunos materiales cosechados, algunos cultivos pueden requerir la molienda del material cosechado antes del secado (por ej., las zanahorias). Después del período de secado secundario, retire las muestras del horno y vuelva a pesar. El secado está completo si el cambio porcentual del peso del material seco es <5 %. Calcule el cambio porcentual del peso del material seco utilizando la fórmula a continuación:

$$\% \text{ de cambio del peso del material seco} = [(\text{peso seco inicial} - \text{peso seco secundario}) \div \text{peso seco inicial}] \times 100$$

- f. El peso neto de las muestras secadas en horno (peso seco) debe medirse inmediatamente después de retirar las muestras del horno para evitar la rehidratación (el tejido seco absorbe humedad del aire rápidamente). El peso seco es el peso sin la bolsa.
- g. El porcentaje de contenido de materia seca de las muestras se calculará a partir del peso fresco/húmedo y el peso seco de las muestras cosechadas usando la siguiente fórmula.

$$\text{contenido de materia seca (\%)} = (\text{peso seco} \div \text{peso húmedo}) \times 100$$

¿Cómo informo mis coeficientes de conversión del cultivo?

Los coeficientes del cultivo se informan como parte del Informe resumido sobre el plan de gestión de nutrientes y riego (INMP) de su rancho. Se prevé que el formulario del Informe resumido sobre el INMP estará disponible en GeoTracker a fines de 2022. Se proporcionará información y datos adicionales del Informe resumido sobre el INMP a fines de 2022.

¿Qué registros necesito para mantener el Plan de Explotación?

En su Plan de Explotación debe conservar los registros, los métodos utilizados y toda la información pertinente. Como mínimo, los registros deben incluir todos los resultados, la información y las comunicaciones del laboratorio que hizo el análisis, la cadena de custodia que documenta todas las muestras presentadas a los laboratorios, una lista de todos los protocolos de toma de muestras en el campo para medir el peso fresco/húmedo y el contenido de materia seca (%) según los métodos 1 y 2 mencionados anteriormente, cultivo, ubicación y período del muestreo.

Cuando se le solicite, se deben enviar todos los registros relativos a la determinación de los coeficientes de conversión del cultivo a la Junta de Agua de la Costa Central.

Guía para el análisis de laboratorio

1. Los laboratorios deben proporcionar el contenido de materia seca (%) y el contenido de nitrógeno (%) en la materia seca. Los laboratorios deben mantener una cadena de custodia.
2. La metodología recomendada para medir el contenido de nitrógeno es el método de combustión seca estándar o método seco.¹⁶ Se recomienda el método de combustión seca estándar (Dumas) porque hace un recuento de todas las formas químicas o moleculares de nitrógeno diferentes y el análisis es rápido, dura solo seis minutos.
3. Si el laboratorio debe secar productos azucarados, frutas azucaradas, productos oleaginosos, frutas descarozadas y otros tipos de tejidos, tenga en cuenta lo siguiente: se deben tomar muestras de las semillas y de los carozos por separado. Para frutas o materiales azucarados, generalmente el material vegetal se mezcla y luego se seca por congelación (no se pueden secar directamente, por lo que, primero se muelen hasta formar una pulpa con una licuadora o procesadora de alimentos y, a continuación, se seca la pulpa). Los materiales oleaginosos no se pueden moler

¹⁶ Normalmente se utiliza el analizador LECO CN928. Es un determinador de carbono y nitrógeno/proteína mediante macrocombustión que utiliza un entorno de oxígeno puro en un horno de combustión cerámico horizontal de alta temperatura diseñado para manejar muestras de masa macroscópica.

directamente porque el aceite se adhiere a la cuchilla, por lo que, se muelen de manera gruesa y se agrega polvo de celulosa (u otra sustancia con contenido de nitrógeno cero) en una proporción de 1:1 para absorber el aceite y luego la muestra se puede moler más fácilmente. Después, la mezcla de la muestra con la celulosa se muele y se analiza. Cuando se le agrega el polvo de celulosa, será necesario volver a convertir el contenido de nitrógeno (%) de la procesadora en el contenido de nitrógeno (%) del material original. Cuando la proporción es exactamente 1:1, el contenido de nitrógeno (%) informado por el instrumento debe multiplicarse por dos.