

Mejores Prácticas de Manejo en el Área Agrícola de los Everglades: Controlando el Fósforo en Partícula y Sedimentos en Canales¹

T. A. Lang, S. H. Daroub, O. A. Diaz, A. F. Rodriguez y V. M. Nadal²

Introducción

Los cambios a largo plazo en el ecosistema de los Everglades son una preocupación crítica en el desarrollo de un plan de restauración para esta región. El exceso de precipitación que se evacúa del Área Agrícola de los Everglades (EAA) es una fuente importante de agua para las Áreas de Conservación de Agua (WCA) y para el Parque Nacional de los Everglades en el sur de la Florida. Sin embargo, algunas preocupaciones crecientes que surgieron con respecto a la calidad del agua proveniente del EAA, específicamente los niveles de fósforo (P) y el impacto ambiental a los pantanos de los Everglades, condujeron al desarrollo de un programa regulatorio en el EAA que requiere que el nivel de P en el agua de drenaje que sale de esta área agrícola sea reducido por lo menos en un 25% con relación a los niveles históricos (LOTAC 1990; Whalen et al. 1992). Los agricultores del EAA han respondido al reto de alcanzar esta reducción en las cargas de P implementando una serie de Mejores Prácticas de Manejo en sus fincas, las que incluyen la supervisión de las aguas drenadas de cada finca para calcular volúmenes de flujo y concentraciones de P.

El Distrito de Manejo del Agua del Sur de la Florida (SFWMD) ha desarrollado una tabla que enumera las Mejores Prácticas de Manejo que han sido diseñadas para

reducir el P en partícula y las cargas de sedimentos en aguas de drenaje de las fincas del EAA (Sievers et al. 2003). El propósito de este documento es explicar y discutir estas prácticas para el control del P en partícula y sedimento en aguas de drenaje. Estas prácticas son herramientas importantes en los esfuerzos para mejorar la calidad del agua en esta región. Este artículo de EDIS es uno de una serie de documentos que trata de explicar las razones fundamentales detrás de las principales Mejores Prácticas de Manejo empleadas para reducir las cargas de P en las fincas del EAA.

En los sistemas de drenaje en áreas agrícolas, el P puede ser transportado en forma soluble y/o en partículas (Sharpley and Halvorson 1994). El P en partículas consiste en todas las fases sólidas que incluyen P absorbido por las partículas del suelo y material orgánico transportado durante la escorrentía. Estudios conducidos por investigadores de UF/IFAS en las fincas del EAA han demostrado que una porción significativa de la carga total de P en las aguas de drenaje que salen de las fincas es en la forma de partículas (Izuno and Rice 1999; Stuck et al. 2001). Estudios más recientes han confirmado que el P en partículas representa entre el 20% y el 70% del P total exportado de las fincas del EAA (Daroub et al. 2003). Cualquier esfuerzo con el objetivo de reducir el P en partícula y sedimentos en aguas de drenaje

1. Este documento, SL228SP, es uno de una serie de publicaciones del Departamento de Ciencias del Suelo y del Agua, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida (UF/IFAS Extension). Fecha de primera publicación: agosto 2007. Revisado julio 2013 y febrero 2017. Visite nuestro sitio web EDIS en <https://edis.ifas.ufl.edu>.

2. T. A. Lang y O. A. Diaz, investigadores asociados, S. H. Daroub, profesora, A. F. Rodriguez, estudiante de posgrado y V. M. Nadal, químico principal; UF/IFAS Centro de Educación e Investigación de los Everglades, Belle Glade, FL.

del EAA son muy importantes para reducir aún más las cargas totales de P a nivel de fincas. Así, el uso de cualquier práctica dirigida específicamente a la reducción de P en partícula puede influenciar considerablemente la carga total de P que sale de las fincas.

Nivelación de Campos

Aun cuando muchos de los campos agrícolas en el EAA son relativamente planos y uniformes, antes de sembrar los cultivos principales del área, como por ejemplo caña de azúcar, césped, vegetales y arroz, los campos requieren nivelación adicional por maquinaria de precisión para nivelar terrenos (equipo de nivelar terrenos guiados por láser y GPS; Figura 1). La razón principal para nivelar los campos como una práctica para la reducción de las cargas de P es que reduce el potencial de la erosión de los suelos en zanjas de campos y canales de drenaje después de fuertes lluvias. Un campo nivelado tiene menos riesgo de que ocurra erosión en láminas y surcos, lo que es especialmente importante ya que los campos agrícolas del EAA están a menudo expuestos a las intensas lluvias que regularmente ocurren en el sur de la Florida.



Figura 1. El nivelado de los campos reduce la erosión en láminas y mejora el manejo del agua.

Un beneficio secundario a la reducción de la carga de P por el nivelado de los campos es la mejora en el drenaje y mayor eficiencia en la irrigación de los campos agrícolas. Los campos nivelados drenan e irrigan más uniformemente, reduciendo la probabilidad de drenar o irrigar de manera inapropiada áreas más bajas o más altas en el campo. El drenaje excesivo de un campo no nivelado, agrega innecesariamente a la carga de P que sale de la finca debido al aumento del volumen de agua de drenaje requerido para drenar adecuadamente el campo. Igualmente, la irrigación excesiva para humedecer adecuadamente las áreas elevadas del mismo campo, puede incrementar la posibilidad de reducción de cosechas en las áreas bajas, resultando en

un aumento de los requisitos de agua para una irrigación adecuada.

En la producción de caña de azúcar, los campos son usualmente nivelados antes de plantar un cultivo de cobertura tal como arroz, o después de la cesación de un campo en barbecho inundado. Esto mejora el manejo del agua del cultivo de arroz, así como el siguiente cultivo de caña. La maquinaria de nivelación dirigida por láser ha sido usada por años en el EAA, actualmente hay unos cuantos agricultores del EAA que usan una maquinaria de nivelación dirigida por GPS más robusta debido a su mejor rendimiento bajo cualquier condición del tiempo.

Bermas en los Bancos de Zanjas de Campo y Canales Principales

El objetivo principal de esta práctica de manejo es reducir la escorrentía en los campos agrícolas y así evitar el transporte de suelos, material orgánico y otros nutrientes hacia las aguas de drenaje de la finca. La implementación de esta práctica requiere la construcción de pequeñas bermas paralelas a los bancos de las zanjas y canales que rodean los campos del EAA (Figura 2). Durante la construcción de bermas a lo largo de zanjas de campo, parte del suelo orgánico a lo largo de los bancos es usado para construir un pequeño borde que bloquee la escorrentía proveniente de los campos agrícolas. El agua que se pueda acumular en la superficie de los campos es en consecuencia forzada a infiltrarse en el suelo, eliminando así el transporte de suelo a través de erosión en láminas y surcos después de fuertes lluvias. Cuando el material rocoso excavado de las zanjas de campos está disponible, una capa de roca quebrada, más tarde cubierta con suelo, es puesta a lo largo de los bancos de las zanjas para construir una berma pequeña y así ayudar a la infiltración del agua en el suelo.

Las bermas construidas al lado de canales de drenaje también controlan el material transportado por eventos de escorrentía a lo largo de los caminos que de otra forma terminarían en las aguas de los canales de drenaje. Estos materiales de los caminos pueden estar contaminados con residuos de fertilizantes y pesticidas constituyendo una fuente de contaminación para las aguas de la finca. Los caminos con bermas a lo largo de los canales deben ser nivelados para tener una ligera inclinación en dirección a los campos agrícolas y lejos de los canales para asegurar que cualquier movimiento de agua fuera de los caminos sea en dirección a los campos y no a los canales.

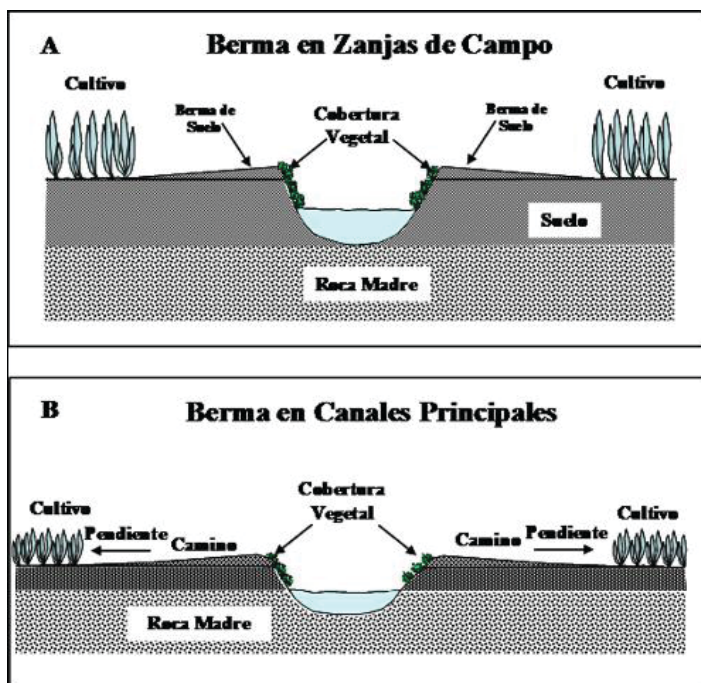


Figura 2. Diagrama esquemático de A) bermas en las orillas de zanjas de campo y B) bermas en las orillas de canales principales.

Colectores y Trampas de Sedimento en Canales Principales

El objetivo principal de esta Mejor Práctica de Manejo para el control de sedimentos es profundizar y/o ensanchar una sección de un canal principal de drenaje a cierta distancia de la bomba de drenaje para reducir la velocidad de la corriente y atrapar las partículas de sedimento más pesadas antes de que sean exportadas fuera de la finca. Dependiendo de la configuración de los canales de la finca, los colectores de sedimentos se construyen generalmente a una distancia de 100 a 1000 pies (o más) en dirección contraria a la corriente de la estación de la bomba de drenaje. Las dimensiones del colector dependerán del tamaño del canal, el rango de flujo de operación de la bomba de drenaje y de la velocidad final que se quiere obtener en el flujo de drenaje en el canal (Figura 3). Los colectores de sedimento contruidos en dirección contraria a la corriente de bombas de drenaje se deben limpiar regularmente para mantener su efectividad. El mantenimiento y limpieza de los colectores de sedimento se deben combinar con el programa regular de limpieza de canales y zanjas de drenaje de la finca, colocando el sedimento de nuevo en los campos de producción. Los colectores y trampas de sedimentos en otras áreas geográficas diferentes al sur de la Florida han demostrado remover del 60 al 90% de los sedimentos suspendidos en las aguas de drenaje (Robbins and Carter 1975). Brown et al. (1981) reportaron que la eficacia de la intercepción de P y sedimentos de un estanque para atrapar sedimentos está directamente correlacionada con la capacidad de retención de

sedimento. Ellos reportaron que las trampas de sedimento eran capaces de remover del 65 al 76% del sedimento, y del 25 al 33% del P total que entra en la trampa. La efectividad de las técnicas de atrapar sedimentos en el EAA no ha sido suficientemente probada o verificada. Sin embargo, datos reportados en algunos estudios en el EAA (Stuck et al. 2001) señalan que estas técnicas de atrapar sedimentos en canales de drenaje no darán los mismos resultados observados en otras partes de los Estados Unidos. La mayoría del material en partícula en las aguas de drenaje que salen de las fincas en el EAA es muy ligera, y se suspende fácilmente, requiriendo un tiempo largo de residencia en los colectores o trampas de sedimentos en los canales de drenaje para poder ser eliminados de la columna de agua. Sin embargo, hay una fracción considerable de la carga de P en partícula que sale de las fincas del EAA que es más pesada y puede ser receptiva a ser removida por esta técnica de atrapar sedimentos (Stuck et al. 2001; Daroub et al. 2003).

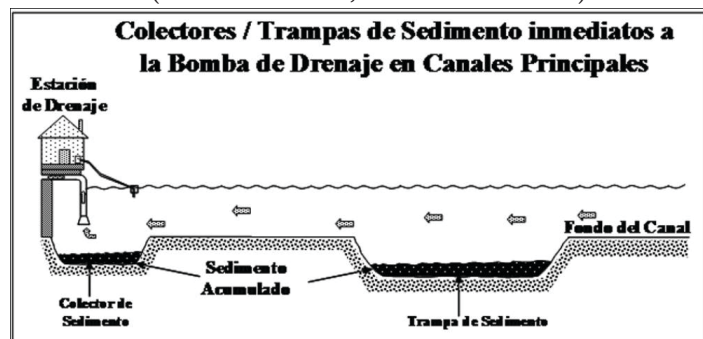


Figura 3. Diagrama esquemático de un colector y una trampa de sedimentos en un canal principal.

Colectores de Sedimentos en Zanjas de Campo

La construcción de colectores en zanjas de campo ha resultado ser una de las Mejores Prácticas de Manejo más usadas para el control de sedimentos en el EAA. Las dimensiones de los colectores en zanjas de campo pueden variar de finca a finca, pero es básicamente una cavidad de cerca de 20 pies de largo, 6 pies de ancho y de 3 a 5 pies de profundidad, excavado en el manto rocoso justo antes de la boca de los tubos que drenan directamente en los canales principales de la finca (Figura 4 y Figura 5). El objetivo principal de esta Mejor Práctica de Manejo para el control de sedimentos es atrapar los sedimentos más pesados que han sido depositados en las zanjas de campo durante la preparación de los campos, por erosión producida por el viento o por el transporte de suelo por medio de escorrentía, antes de que sean transportados a canales de drenaje principales. Los agricultores que utilizan colectores de sedimento en las zanjas de campo han observado que esta es una práctica eficaz que reduce considerablemente la cantidad de sedimento que de otra forma alcanzaría los

canales principales de drenaje y potencialmente serían descargados fuera de la finca. Sin embargo, los colectores en las zanjias de campos necesitan ser limpiados por lo menos cada dos años para poder mantener su efectividad. El mantenimiento y limpieza de los colectores de sedimento se deben combinar con el programa regular de limpieza de canales y zanjias de la finca colocando el sedimento de vuelta en los campos adyacentes.

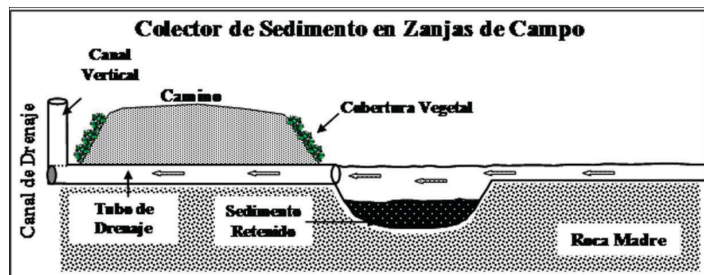


Figura 4. Diagrama esquemático de un colector de sedimentos en una zanja de campo.



Figura 5. Típico colector de sedimento en una zanja de campo.

Limpieza Regular de Canales y Zanjias de Campo

Sondeos de la cantidad de sedimentos en la red de canales de drenaje en fincas del EAA han demostrado que los sedimentos tienden a acumularse en las regiones inmediatas a las estructuras de drenaje (Daroub et al. 2003). Los resultados de estos sondeos han reportado que hay suficiente P acumulado en los sedimentos de muchos de estos canales capaces de suplir P en partícula por varios años, si estos sedimentos no son eficazmente removidos.

Dependiendo del sistema hidráulico específico de cada finca y de su manejo, los canales de drenaje tienen generalmente una capa de sedimento liviano muy fino acumulado en la interfaz entre la cama de sedimento y la columna de agua que generalmente tiene un alto contenido de P.

Este material altamente orgánico y liviano es fácilmente suspendido y transportado durante operaciones de drenaje (Stuck et al. 2001). Por lo tanto, un programa diligente de limpieza de canales es una práctica esencial para eliminar el sedimento que se ha acumulado evitando así su transporte fuera de las fincas (Figura 6). La limpieza de los canales se debe conducir en la época de poca actividad en la finca o si es posible conjuntamente con operaciones de irrigación para poder relocalizar el sedimento suspendido corriente arriba en la parte posterior de la finca. El crecimiento biológico en las aguas de los canales de las fincas en el EAA ha sido señalado como la fuente principal de P en partícula en las aguas de drenaje; por lo tanto, cualquier esfuerzo dirigido a la limpieza regular de las secciones de canal que se encuentran directamente inmediatas a las estructuras de drenaje es muy importante. Además, las operaciones de drenaje durante o inmediatamente después de limpiar los canales deben ser evitadas para no expulsar aguas con una alta concentración de sedimentos.



Figura 6. Limpieza de suelos y sedimentos acumulados en zanjias de campo.

Drenaje Retardado en Campos Cercanos a Estaciones Principales de Drenaje

Retardar y prevenir el drenaje excesivo de los campos cercanos a las bombas de drenaje de la finca es otra de las Mejores Prácticas de Manejo para el control de sedimentos en el EAA. La implementación de esta práctica implica la instalación de tubos de drenaje con canales verticales en las zanjias de los campos cercanos a las bombas principales de drenaje y la colocación subsecuente de tableros dentro de los canales verticales para restringir el flujo de agua y retardar el drenaje (Figura 7). El propósito de esta práctica es tener la flexibilidad de usar tableros en los canales verticales para retardar las tasas de drenaje en los campos cercanos a las bombas de drenaje y permitir que los campos

más lejanos se drenen a tasas y profundidades similares a los campos más cercanos. Esta práctica reduce la cantidad de agua que sale de los campos cercanos a la bomba de drenaje. El uso de esta práctica reduce la necesidad de drenar de más los campos cercanos a la bomba de drenaje para alcanzar un drenaje más uniforme de los campos que se encuentran más lejos.



Figura 7. El uso de tableros en canales de drenaje verticales reduce el drenaje en campos cercanos a las estaciones de drenaje.

Una meta secundaria de esta práctica es disminuir la velocidad del agua en las zanjás y canales cercanos a la bomba principal de drenaje. Si las velocidades de las corrientes de drenaje en las zanjás y canales cercanos a la bomba de drenaje no son disminuidas por restricción del flujo (en este caso a través de la instalación de tableros en los canales verticales), las altas velocidades tienen el potencial de transportar P en partícula y sedimentos desde las zanjás de campo hasta los canales principales y eventualmente fuera de la finca. Los tubos de drenaje de campos localizados a distancias más lejanas de la bomba de drenaje no están sujetos a las mismas velocidades del flujo de agua que aquellos que se encuentra más cerca, ya que en la mayoría de los casos, la diferencia en el nivel del agua en el canal y el nivel del agua en las zanjás de campo (diferencia de altura) no es tan grande como la diferencia entre el nivel del agua en la zanja y el nivel del agua en el canal principal cercano a la bomba de drenaje.

Uso de Cultivos de Cobertura

Un cultivo de cobertura es cualquier cultivo sembrado para proveer protección al suelo y reducir al mínimo pérdidas del suelo por erosión, sin importar si el cultivo de cobertura será incorporado más adelante en el suelo. El Servicio de Conservación de los Recursos Naturales define cultivos de cobertura como: “hierbas, leguminosas u otras plantas herbáceas establecidas para cubiertas estacionales

y propósitos de conservación”. Los cultivos de cobertura son generalmente sembrados con el propósito de prevenir la erosión de los campos causada por el viento y el agua. Los cultivos de cobertura pueden ser plantas herbáceas anuales, bi anuales o permanentes sembradas como un cultivo puro o mezcladas durante todo o una parte del año. Otras ventajas de los cultivos de cobertura son la fijación de nitrógeno como en el caso de las leguminosas, y la ayuda a suprimir la población de malezas, insectos y ciertas enfermedades nocivas a los cultivos. Cuando los cultivos de cobertura son plantados con el objetivo de reducir la lixiviación de nutrientes después del cultivo principal, son normalmente llamados “cultivos de retén”. Para una finca que produce predominantemente vegetales en el EAA dos ejemplos de posibles cultivos de retén pueden ser caña de azúcar y arroz.

La pérdida del suelo debido a erosión por viento o escorrentía es significativamente más notable en campos de barbecho que son dejados sin sembrar o desprotegidos durante los meses de la primavera y del verano. Los campos que son dejados sin sembrar después de la preparación del suelo son especialmente vulnerables a pérdidas serias de suelo debido a la erosión por el viento y escorrentía, convirtiéndose en fuentes potenciales de material orgánico en las aguas de drenaje que puede seriamente contribuir a la carga total de P que sale de la finca. La siembra de cultivos de cobertura en campos de barbecho es una de las Mejores Prácticas de Manejo para el control de sedimentos que ha sido aprobada para ser implementada en el EAA. Los cultivos en campos inundados como el arroz y la inundación de campos de barbecho han probado ser muy efectivos en la reducción de las pérdidas de suelo debido a la erosión por el viento y el agua y en la reducción de la oxidación de los suelos orgánicos (Figura 8). La incorporación de cultivos de cobertura altos en biomasa en los suelos orgánicos tiene el beneficio adicional de aumentar el contenido de material orgánico del suelo, haciéndolo más estable y menos propenso a la erosión.

Instalación de Tubos de Drenaje Elevados

El uso de tubos de drenaje elevados es otra de las Mejores Prácticas de Manejo usada para el control de sedimentos que ha sido ampliamente aceptada e implementada por los agricultores del EAA. La técnica de implementación de esta práctica es instalar los tubos de drenaje que conectan las zanjás de campo con los canales adyacentes a una altura previamente calculada y medida sobre el fondo de la zanja o canal para reducir la posibilidad de transporte

de sedimento durante el drenaje de los campos, evitando que estos sean expulsados fuera de la finca (Figura 9). Esta práctica de control de sedimento puede ser combinada con la construcción de una trampa de sedimento a la entrada del tubo de drenaje para aprovechar la intercepción de los sedimentos en la trampa. El sedimento acumulado en la trampa o depresión alrededor de la entrada del tubo de drenaje debe ser removido con regularidad para que la práctica permanezca efectiva. El mantenimiento y limpieza debe ser incluido en el programa regular de limpieza de canales y zanjias de la finca y cualquier material removido durante la limpieza colocado nuevamente en los campos adyacentes.



Figura 8. Un cultivo de cobertura como el arroz reduce la erosión y oxidación de los suelos orgánicos.



Figura 9. Los tubos de drenaje instalados por encima del fondo de las zanjias de campo reduce el transporte de sedimentos.

Los tubos de drenaje elevados sirven como una barrera efectiva contra el transporte de sedimentos y partículas de suelo más pesadas que pueden entrar a las corrientes de drenaje de las zanjias de campo bajo condiciones de alta

velocidad. Las altas velocidades en las aguas de drenaje en zanjias de campo generalmente se dan cuando se tienen condiciones de drenaje de alto flujo y lluvias intensas al mismo tiempo. La instalación de tubos de drenaje que estén ligeramente elevadas con relación al fondo de la zanja y en conjunto con trampas de sedimento son dos medidas efectivas para reducir el transporte de sedimento fuera de las fincas en el EAA.

Estabilización de los Bancos de los Canales con Vegetación

Los bancos de zanjias y canales descubiertos o sin ninguna vegetación pueden ser fuentes potenciales de sedimento que pueden ser erosionados y transportados a las aguas de drenaje durante fuertes lluvias. El objetivo principal de esta Mejor Práctica de Manejo para el control de sedimentos es reducir la cantidad de sedimento que es removida de los bancos por la escorrentía protegiéndolos con una cubierta vegetativa (Figura 10). El crecimiento vegetativo, especialmente de hierbas tales como Bermuda, Bahia, o St. Augustine puede ser utilizado para estabilizar y proteger los bancos de las zanjias y canales. El tipo de planta a ser usado debe poseer un extenso sistema radicular capaz de retener el suelo en su lugar y ser vigoroso para proveer a las plantas con suficiente humedad durante la estación seca de la primavera. Estas plantas deben también mantener una cubierta y un crecimiento saludable durante todo el año para proteger efectivamente los bancos de los canales contra la erosión. Los bancos de los canales deben ser mantenidos y cortados regularmente para controlar las malezas y reducir la densidad de la cubierta vegetal que generalmente es preferida por roedores e insectos nocivos a los cultivos adyacentes.



Figura 10. Estabilización de los bancos de los canales con vegetación.

Uso de Barreras de Retención de Malezas y Retenedores de Basura

Como se ha indicado previamente, una parte significativa de la carga total de P que sale de la cuenca del EAA es en la forma de P en partícula (Izuno et al. 1991; Izuno and Rice 1999). Estudios por Stuck et al. (2001) han demostrado que las malezas acuáticas flotantes en los canales de drenaje tienen un contenido de P similar al de los sólidos suspendidos y exportados fuera de las fincas durante operaciones de drenaje. La turbulencia de las aguas de drenaje también es capaz de desprender y transportar fracciones significativas de estas malezas acuáticas, lo que le permite que contribuya directamente a la exportación de P fuera de la finca. Los resultados de los estudios del transporte de sedimento y del ciclo del P en plantas acuáticas flotantes proveen una fuerte evidencia de que las plantas acuáticas flotantes pueden ser la fuente principal del P en partícula exportado de las fincas en el EAA (Stuck et al. 2001; Daroub et al. 2003). Por lo tanto, el control del crecimiento de vegetación acuática flotante en los canales principales, especialmente en las zonas cercanas a las bombas de drenaje, es una práctica muy importante para el control de P en partícula y sedimentos en el EAA.

El material orgánico y flatulento proveniente de plantas acuáticas muertas (detrito de las plantas), es fácilmente suspendido en la columna de agua durante la época de mayor actividad de drenaje en la finca. Este material tiene generalmente un alto contenido de P y es difícil de controlar con prácticas convencionales de control de sedimentos. Un programa agresivo de control de la vegetación acuática flotante es el método más eficaz para reducir la fuente de material en partícula con un alto contenido de P. La instalación de barreras de retención de malezas y retenedores de basura (Figura 11) colocados sobre la superficie y a una distancia considerable de la bomba de drenaje (la distancia de instalación dependerá del tamaño del canal principal), son recomendables para reducir la cantidad de P en partícula transportado fuera de las fincas durante las operaciones de drenaje.

El control químico de infestaciones densas de malezas acuáticas flotantes, aunque no es recomendable, es a menudo la única opción disponible para lograr una moderada o completa reducción del crecimiento y control de la masa total de malezas flotantes. La desventaja del control químico es el incremento en la cantidad de material orgánico proveniente de las plantas muertas que es fácilmente transportado durante operaciones de drenaje. Si la aplicación de herbicidas se puede sincronizar con períodos

intensos de riego a finales de la primavera, entonces la mayor parte del material orgánico de las plantas muertas se puede trasladar y depositar lejos de la bomba de drenaje. El uso subsecuente de herbicidas para el control de malezas acuáticas debe ser limitado a tratamientos de malezas en pequeñas áreas para reducir al mínimo el impacto de los químicos y minimizar el crecimiento de las malezas.

Para información concerniente a prácticas específicas para el control de malezas acuáticas, consulte las numerosas publicaciones de EDIS en el manejo de malezas acuáticas por V. Vandiver, Jr, K. Langeland, y otros en <https://edis.ifas.ufl.edu/>.



Figura 11. Las barreras de retención (a) y los retenedores de basura (b) mantienen malezas acuáticas y otros materiales orgánicos lejos de las bombas de drenaje.

Resumen

Las prácticas para el control del P en partícula y sedimentos son integrales para el esfuerzo de cada finca en el EAA para reducir las cargas de P que salen de las fincas. Las prácticas principales de control brevemente discutidas en esta publicación son:

- Nivelación de campos
- Bermas en las zanjas y canales

- Colectores y trampas de sedimento en canales principales
- Colectores de sedimento en zanjales de campo
- Limpieza regular de canales y zanjales de campo
- Drenaje retardado cerca de las estaciones de bombeo
- Uso de cultivos de cobertura
- Instalación de tubos de drenaje elevados
- Estabilización de bancos de canales con vegetación
- Uso de barreras de retención de malezas y retenedores de basura

Para información adicional concerniente a las Mejores Prácticas de Manejo para el control de P en el EAA, por favor contacte a su agente de Extensión del condado o el personal de IFAS en el Centro de Investigación y Educación de los Everglades en Belle Glade, Florida o el Departamento de Suelo y Agua de la Universidad de la Florida en Gainesville.

Reconocimientos

Los autores están agradecidos por la ayuda financiera del Distrito de Protección Ambiental del Área Agrícola de los Everglades y el Departamento de Protección del Medio Ambiente del Estado de la Florida que ha permitido la preparación de este documento, así como también la conducción de los estudios asociados a las Mejores Prácticas de Manejos descritos aquí. La gratitud también se extiende a John Menhennett y Luis Girado por proveer algunas de las fotos presentadas en esta publicación y a la señorita Lucia Orantes por su valiosa ayuda en la traducción.

Referencias

Brown, M.J., J.A. Bondurant, and C.E. Brockway. 1981. "Ponding surface drainage water for sediment and phosphorus removal." *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 24:1478–1481.

Daroub, S.H., J.D. Stuck, T.A. Lang, O.A. Diaz, and M. Chen. 2003. "Implementation and verification of BMPs for reducing P loading in the EAA." Final Project Report submitted to the Everglades Agricultural Area Environmental Protection District and The Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL.

Izuno, F.T., C.A. Sanchez, F.J. Coale, A.B. Bottcher, and D.B. Jones. 1991. "Phosphorus concentrations in drainage waters in the Everglades Agricultural Area." *J. Environ. Qual.* 20:608–619.

Izuno, F.T., and R.W. Rice. 1999. "Implementation and verification of BMPs for reducing P loading in the EAA."

Final project report submitted to the Florida Department of Environmental Protection and the Everglades Agricultural Area Environmental Protection District, Tallahassee, FL.

LOTAC. 1990. Lake Okeechobee Technical Advisory Council Final Report. Tallahassee, Fla., Florida Department of Environmental Protection.

Robbins, C.W., and D.L. Carter. 1975. "Conservation of sediment in irrigation runoff." *J. Soil Water Conserv.* 30:134–135.

Sharpley, A.N., and A.D. Halvorson. 1994. "The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality." In R. Lal and B.A. Stewart (eds.) *Soil Processes and Water Quality*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Sievers, P., D. Pescatore, S. Daroub, J.D. Stuck, J. Vega, P. McGinnes, and S. Van Horn. 2003. "Performance and Optimization of Agricultural Best Management Practices." *In Water Year 2002, Everglades BMP Program Annual Report*, South Florida Water Management District, West Palm Beach, FL.

Stuck, J.D., F.T. Izuno, K.L. Campbell, A.B. Bottcher, and R.W. Rice. 2001. "Farm-level studies of particulate phosphorus transport in the Everglades Agricultural Area." *Trans. ASAE* 44:1105–1116.

Whalen, P.J., J. VanArman, J. Milliken, D. Swift, S. Bellmund, D. Worth, T.D. Fontaine, L. Golick, and S. Formati. 1992. "Surface water improvement and management plan for the Everglades." South Florida Water Management District, West Palm Beach, FL.