



## Reseña

# PRINCIPALES BENEFICIOS QUE SE ALCANZAN CON LA PRÁCTICA ADECUADA DEL DRENAJE AGRÍCOLA

## Review

### Main benefits reached by the adequate practice of agricultural drainage

**Ricardo Polón Pérez**<sup>✉</sup>, **Michel Ruiz Sánchez**, **José M. Dell'Amico Rodríguez**, **Donald Morales Guevara**, **Eduardo Jerez Mompié**, **Miguel Á. Ramírez Arrebato** y **Lázaro A. Maqueira López**

**ABSTRACT.** Drainage is one of the most important agricultural practices for soil improvement, avoiding flooding and it is an effective way to increase crop yields; thus, these are among others the advantages of its practice in the worldwide agriculture. Drainage enables not only to remove bad conditions but also reduces to a minimum the possibilities of plants to be attacked by pests and diseases. Soil fertility enhances when its physical properties improve and the conditions are favorable for its formation processes, which guarantees a high harvest production. Likewise, soil productivity depends on the degree of drainage and agricultural measurements performed. They both assure harvest yield increments twice or three times, compared with non-drained, marshy or flooded soils.

**RESUMEN.** El drenaje es una de las prácticas agrícolas más importantes para el mejoramiento de los suelos, evitar las inundaciones y una vía efectiva para incrementar los rendimientos agrícolas de los cultivos son, entre otras, las ventajas de su práctica en la agricultura mundial. Con el drenaje se eliminan las malas condiciones y se reducen al mínimo las posibilidades de que las plantas sean atacadas por plagas y enfermedades. Con el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo así como las condiciones favorables para los procesos de su formación aumenta la fertilidad, lo que garantiza una alta producción de las cosechas. Igualmente, la productividad del suelo depende del grado de avenamiento y las medidas agrícolas realizadas. Ambas aseguran el aumento del rendimiento de las cosechas entre dos y tres veces, en comparación con los terrenos no drenados, empantanados o inundados.

**Key words:** soil improvement, drainage, drought resistance, soil fertility, yield

**Palabras clave:** mejora de suelos, drenaje, resistencia a la sequía, fertilidad del suelo, rendimiento

## INTRODUCCIÓN

La existencia de agua excesiva, tanto en la superficie como en el perfil del suelo, frecuentemente influye de

manera negativa en los resultados agrícolas que se esperan de una zona dada. En ocasiones, a lo anterior se suma la presencia de tenores salinos o alcalinos en magnitudes inadmisibles para los cultivos comerciales, lo cual contribuye a empeorar la situación imperante en esa zona. Es por ello que la búsqueda de soluciones de drenaje adecuadas para estas situaciones ha sido siempre de gran interés para los agricultores, dado que por esta vía pueden lograr a veces, con inversiones relativamente pequeñas, incrementos superiores al 20 % en los rendimientos agrícolas en las áreas que se recuperen (1).

Es sabido que las plantas respiran por sus hojas y raíces; por consiguiente, la presencia del aire en el suelo y su renovación es indispensable. El contenido mínimo de aire en el suelo, necesario para el desarrollo normal de las plantas, depende del tipo de suelo y planta.

Cuando los terrenos están saturados, se demoran los trabajos preparativos para la siembra y, además, las labores en él se hacen difíciles. Estas dificultades se pueden vencer con el drenaje. La capa activa del suelo aumenta (se hace más gruesa) cuando las áreas están avenadas, dando la posibilidad de que el sistema

Dr.C. Ricardo Polón Pérez y M.Sc. Miguel A. Ramírez Arrebato, Investigadores Auxiliares; M.Sc. Michel Ruiz Sánchez y Lázaro A. Maqueira López, Investigadores de la Estación Experimental de Arroz Los Palacios, Pinar del Río; Dr.C. José M. Dell'Amico Rodríguez y Dr.C. Donald Morales Guevara, Investigadores Titulares; Dr.C. Eduardo Jerez Mompié, Investigador Auxiliar del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

✉ rpolon@inca.edu.cu

radical de las plantas se desarrolle bien, alcanzando más profundidad, lo que es importante para su nutrición. Los suelos húmedos y fríos representan un ambiente favorable para el desarrollo de los causantes o portadores de enfermedades. Con el drenaje se eliminan las malas condiciones y se reducen al mínimo las posibilidades de que las plantas sean atacadas por plagas y enfermedades.

El objetivo de la presente reseña es brindar información a los especialistas sobre la importancia que tiene la práctica del drenaje agrícola en la formación, el mejoramiento y la productividad del suelo, así como su uso adecuado y el efecto que tiene en el incremento del rendimiento de los cultivos, como una forma de resistencia a la sequía para los suelos arcillosos, una alternativa de actualidad para paliar el fenómeno de la sequía agrícola, que tanto daño le está ocasionando a la agricultura cubana en los últimos decenios.

## OBJETO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE

Bajo el término «drenaje» se entiende el proceso por el cual se logra eliminar toda el agua libre de la superficie de la zona cultivada, así como controlar el nivel de las aguas subterráneas altas por medio de medidas hidrotécnicas. El drenaje tiene como objetivo controlar la circulación del agua en el suelo, de tal forma que los poros queden libres de exceso de agua, lo que permitirá dar paso al aire que es tan necesario para el desarrollo normal de las plantas, los procesos microbiológicos y la formación de suelos.

La máxima capacidad de retención de agua depende del tipo de suelo, de su composición física, o sea, su estructura y textura, y puede variar entre los límites del 50-80 % del volumen total de los poros. Cuando al suelo se le proporciona agua en exceso, se produce un grado de saturación grande que empeora el régimen de «agua-aire». Pero la capacidad de retención del agua no

es el único índice que señala la existencia de aguas superfluas que influyen sobre los procesos aeróbicos. Así, por ejemplo, cuando el contenido de humedad está alrededor del 30 % en relación con el peso seco, en los suelos estructurales el humus típico es normal, mientras que en los no estructurales areno-arcillosos, esta humedad es demasiada (2).

Los suelos húmedos son más fríos que los de humedad normal, causa por la cual los últimos se caracterizan por su menor termopropiedad y mayor capacidad térmica. Es sabido que para calcular 1 g de agua de 15-16°C, es decir, 1°C, se necesita una caloría; para calcular 1 g de aire 0.24 calorías y para calcular 1 g de partículas duras de suelo 0.20-0.25 calorías.

La capacidad térmica de las partículas del suelo lleva a que una gran parte de la energía térmica facilite la evaporación del agua, consecuencia de lo cual el suelo se enfría más (3).

Con la mejora del régimen hídrico, aire-agua del suelo, cambia también el medio ecológico de los procesos biológicos, el propio suelo y las sustancias nutritivas que se descomponían cuando faltaba el aire pueden ser ahora en estas nuevas condiciones aprovechadas por el sistema radical de las plantas; igualmente mejora el régimen térmico del suelo cuando disminuye la humedad, como resultado de lo cual el desarrollo de las plantas es más intensivo. El drenaje tiene como objetivo la eliminación del agua libre, tanto de la superficie del terreno como de la zona ocupada por las raíces de las plantas, que de no eliminarse llevarán a su saturación. Hay que saber que, en la mayoría de las regiones que se deben drenar, las precipitaciones durante el período vegetativo de los cultivos no son suficientes para su desarrollo normal, así como para la obtención de altos rendimientos por unidad de área. En casos semejantes, es indispensable admitir que el agua se acumule en los períodos que preceden a los cultivos y eliminar solamente el exceso.

En función de los objetivos anteriormente expuestos y las condiciones locales, se deberán realizar las siguientes medidas hidromeliorativas (3, 4):

1. protección de las áreas, mediante diques y canales de cinturón, de las aguas que escurren de las laderas y los ríos
2. evacuación de las aguas exteriores y las que están en la capa superficial del suelo en el tiempo más breve posible, en canales de drenajes no profundos
3. hacer descender el nivel de las aguas subterráneas por medio de canales de drenajes profundos o drenes
4. cuando los cultivos establecidos necesitan una buena humedad del suelo, es decir, a su capacidad de campo (en el tiempo de seca), se pueden establecer los canales de drenaje reguladores o esclusas, con el objetivo de aumentar el nivel de agua y, además, evitar que esta vaya a parar al mar, perdiéndose cuando es tan necesaria; estas esclusas se van colocando cada cierto tramo en el canal y la distancia puede ser de 1 km, con mayor o menor espaciamiento, dependiendo de la pendiente del canal, con lo que se asegura un nivel estable del agua.

No hay que olvidar que los terrenos no se pueden recuperar solamente por medio de diques y canales de cinturón, sino también por medio de canales abiertos, cubiertos y otras obras.

El drenaje es de gran importancia para la conservación y fertilidad del suelo. El efecto económico sería mayor si paralelamente se llevaran a cabo medidas agrotécnicas y meliorativas que favorecerían la estructura del suelo, que es de gran importancia para los cultivos agrícolas.

Cabe decir que el grado de drenaje no debe ser arbitrario, sino que debe responder a las necesidades de las plantas durante sus etapas de desarrollo y a las exigencias de la economía agrícola.

## EL DRENAJE: SU IMPORTANCIA PARA LA ECONOMÍA Y SALUD PÚBLICA

El drenaje es un proceso técnico en que se logra tanto la eliminación de las aguas libres de la superficie de un terreno dado, como de las aguas subterráneas que alcancen un nivel alto y lleguen hasta la capa activa. Al hacer descender el nivel de las aguas subterráneas a unos 0.50 o 1.00 m, la mayor parte de los poros de la capa activa quedan libres de agua, siendo ocupada por aire, lo cual favorece los procesos químicos y microbiológicos en el suelo (5). De esta forma, se crean condiciones beneficiosas para el desarrollo de los cultivos, así como para su selección, con vistas a su importancia para la economía nacional. El drenaje no afecta la fertilidad del suelo, todo lo contrario, con su aplicación se pueden lograr rendimientos muy altos (hecho comprobado con la práctica). Los rendimientos en los terrenos drenados y no drenados son diferentes para los distintos países y regiones, así como para una misma región. Esto depende del tipo de suelo, la agrotecnia aplicada, las condiciones del clima de la región y el tipo de cultivo.

De los datos publicados sobre los rendimientos en terrenos drenados, se nota que la diferencia es considerable con los no drenados.

En Rusia, por ejemplo, en terrenos drenados (con canales abiertos), se han logrado los siguientes incrementos en los rendimientos con respecto a los no drenados (6, 7).

- ⇒ heno de 6 100 a 19 200 kg.ha<sup>-1</sup>
- ⇒ col de 38 000 a 57 000 kg.ha<sup>-1</sup>
- ⇒ zanahoria y hortalizas de 30 000 a 45 000 kg.ha<sup>-1</sup>

Según académicos rusos (8), el aumento en la producción de la cosecha de algunos cultivos en suelos pesados mejorados mediante el drenaje es de la forma siguiente:

- ⇒ cereales de 50-100 %
- ⇒ tubérculos de 90-200 %
- ⇒ hierbas de 40-80 %

En Eslovaquia, los aumentos en rendimientos de algunos cultivos expresados en porcentaje aparecen en la Tabla I (5).

En los primeros años después de realizado el drenaje, los rendimientos son mayores, pero pasados dos o tres años, estos se reducen hasta alcanzar los señalados en la Tabla I.

El drenaje influye tanto en la cantidad como en la calidad de los cultivos, que se expresa en el aumento de peso en comparación a si no se realizara drenaje; para algunos de ellos ese peso expresado es como sigue (7, 9):

- ⇒ trigo 2.7 %
- ⇒ millo 2.6 %
- ⇒ centeno 4.5 %
- ⇒ avena 8.7 %

El mejoramiento en la calidad del forraje influye sobre la producción de la leche y mantequilla.

- ⇒ Las vacas que se alimentan con heno de terrenos no drenados (6, 8) producen por 100 kg de heno 37.3 L de leche y 1.80 kg de mantequilla
- ⇒ Las vacas que se alimentan con heno de terrenos drenados producen por 100 kg de heno 84.5 L de leche y 2.0 kg de mantequilla

El avenamiento por drenes cerrados, comparado con el de canales abiertos, además de favorecer los rendimientos tiene las ventajas siguientes (9):

- a) no ocupa parte de las áreas cultivadas, que es muy importante para cada país
- b) no obstaculiza la mecanización, tratamiento mecanizado del suelo y los cultivos
- c) el mantenimiento es más simplificado

d) es más eficaz

Según los datos de proyectos de drenaje con canales cubiertos, que se usan ampliamente, el costo del avenamiento de una hectárea varía entre los límites siguientes (10):

- En Alemania 300-1000 euros.ha<sup>-1</sup>
- En Rusia 300-3000 rublos.ha<sup>-1</sup>

El costo del drenaje puede reducirse a 1500 rublos.ha<sup>-1</sup> según las investigaciones realizadas. Además, el drenaje presenta gran interés para otros renglones de la economía nacional, por ejemplo, para la construcción de plantas industriales (drenaje profundo), de caminos y vías ferroviarias, con el fin de protegerlos de los derrumbes de tierra. El drenaje se aplica también en la construcción de las terminales aéreas, poblaciones, etc., con el fin de protegerlos de las inundaciones.

En Cuba, practicando el déficit hídrico en el suelo drenado en el cultivo del arroz, en comparación con el testigo de aniego permanente (suelo no drenado), se alcanzó un rendimiento agrícola adicional de 1.0 t.ha<sup>-1</sup> respecto al testigo con suelo no drenado, es decir, bajo aniego permanente, según la Tabla II (11).

El drenaje se practica así mismo para mejorar el régimen de los pantanos y obtener turba, que es de gran importancia para la economía de un país.

El drenaje de áreas estancadas y pantanos no profundos limita las fuentes favorables para el desarrollo de los mosquitos, que causan una de las enfermedades más peligrosas para la salud de los seres humanos, como es la provocada por los mosquitos de la familia Anopheles, «el paludismo».

**Tabla I. Aumento en los rendimientos de algunos cultivos en Eslovaquia**

Tipo de cultivo	Cosecha (kg.ha <sup>-1</sup> )		Aumento (%)
	Antes del drenaje	Después del drenaje	
Millo	1400-1600	2100-2200	43-50
Centeno	1700-2200	2200-3200	30-46
Avena	1300	1900	46
Remolacha	16000-22000	27000-40000	70-80
Trigo	1500	1950	30
Papas	10000	18000	80
Heno	1000	18000	80

**Tabla II. Comportamiento del rendimiento agrícola ( $t \cdot ha^{-1}$ ), las malezas y precipitaciones. Período poco lluvioso 1995-1996. Provincia Pinar del Río**

Variantes	Rendimiento agrícola	Malezas ( $m^2$ )	Precipitación (mm)
Déficit hídrico (suelo drenado)	5.1	19	0
Aniego permanente (no drenado)	4.0	21	0
ES	0.07***	-	-

Medias con letras comunes por columna no difieren significativamente para  $p \leq 0.05$ , según Dócima de Rango Múltiple de Duncan

Las aguas estancadas y plantas acuáticas constituyen un medio favorable para el desarrollo de los mosquitos, así como también se crean condiciones para su desarrollo en: valles, pantanos intermitentes, cauces de ríos empantanados y tramos de ríos y canales con poca pendiente, y cauces de ríos donde el agua se mueve con baja velocidad (0.25-0.30 m/s) o casi no se mueven (12).

El avenamiento de los pantanos y valles mediante sistemas y canales de drenaje, la aceleración del escurrimiento superficial, rectificación de los ríos, así como la desecación y nivelación de cauces de ríos que antes existían contribuye mucho a eliminar las fuentes peligrosas, donde se desarrollan los mosquitos portadores del paludismo. Pero los métodos mencionados no son los únicos para combatir al enemigo más peligroso a la salud de los seres humanos. Se necesitan otras medidas hidromeliorativas, como son las consistentes en controlar (13):

1. la velocidad del agua en los ríos y las zanjas abiertas se ve afectada cuando el nivel del agua es bajo en su lecho, solo mediante la limpieza general de sus cauces, eliminando la vegetación y azolves, que son factores que afectan la capacidad conductiva de los ríos y canales, convirtiéndolos en un ambiente propicio para el desarrollo del mosquito
2. el nivel de agua en el embalse, de tal modo que las aguas subterráneas en las zonas se mantengan a un nivel constante.

En el pasado, en Cuba (12) el paludismo estaba muy difundido.

Para limitarlo se han llevado a cabo medidas hidromeliorativas como la construcción de canales de drenajes, evacuación de aguas superficiales y el avenamiento de pantanos en las provincias de La Habana, Pinar del Río, Matanzas, Oriente y otras más.

El mantenimiento correcto de los canales de drenaje es una de las medidas fundamentales en la lucha contra el paludismo. Por eso, estos deben controlarse *in situ*, manteniéndolos limpios de vegetación y malezas, así como efectuar reparaciones a todas las obras en ellos. Igualmente, se debe controlar el drenaje y la velocidad de la corriente.

El cumplimiento de estas tareas exige gastos de materiales, pero garantiza que las poblaciones se vean libres de esa peligrosa enfermedad y puedan trabajar mejor ayudando de esta forma al desarrollo del país.

## HISTORIA DEL DRENAJE

En Mesopotamia, 500 años a. n. e., existieron sistemas de riego y drenaje. Las aguas impetuosas de los ríos Tigris y Éufrates se desbordaban e inundaban los valles, causando desastres a los que habitaban sus riveras. La población que sufría los desastres y las inundaciones se vio obligada a buscar medios para salvarse de ellos. Con este objetivo se levantaban terraplenes (diques), que impedían el desbordamiento de los ríos y en los valles se trazaban canales (para drenaje interior), con los que evacuaban las aguas superfluas de las parcelas. En realidad, los canales y diques mencionados fueron las primeras medidas hidromeliorativas de drenaje.

Igualmente, en el antiguo Egipto, los datos históricos señalan que la irrigación y el drenaje alcanzaron niveles muy altos (drenaje en el valle del Nilo). Los vestigios de los sistemas de drenaje, tales como los diques y represamientos de ríos, grandes canales artificiales y depósitos de agua, son un testimonio de que los egipcios conocían y aplicaban bien la técnica para la lucha contra las inundaciones.

En China, las medidas hidromeliorativas se conocen desde hace 2 200 años a. n. e. El arqueólogo alemán Rijttjofen opina que los chinos conocían la operación de las aguas desde épocas muy remotas, teniendo primordialmente las medidas hidromeliorativas en este país, carácter preventivo, es decir, la población luchaba contra los desastres que causaban las aguas de los ríos.

El pueblo de la India rendía culto a los ríos, lo que confirma una vez más que el riego y drenaje eran bien entendidos en este país, construyéndose sistemas de drenaje que abarcan más de 300 000 ha (6).

Las medidas hidromeliorativas alcanzaron un alto nivel de desarrollo a principios del siglo XX en Italia, con el desagüe del lago Pantanos.

Las necesidades de desagüe en toda la Europa Media siempre han sido mayores que las de riego, causa por la cual se daba mayor atención al drenaje.

En Checoslovaquia, en el siglo X de nuestra era, trataban de aumentarse las áreas cultivadas y fue necesario realizar el drenaje de terrenos turbosos.

El drenaje también ha sido relacionado estrechamente con la construcción de criaderos para el desarrollo de la piscicultura, que ya a finales del siglo XVI ocupaba 180 000 ha. Como consecuencia de las actividades de drenaje y el desarrollo de la piscicultura, se logró lo siguiente (6, 13):

- ♦ se aumentaron las áreas cultivadas
- ♦ el agua de los terrenos drenados se aprovechaba para los criaderos de peces

- ♦ se evitaba la inundación de los terrenos adyacentes a los lagos y ríos.

Hoy en día, los criaderos de peces en Eslovaquia ocupan un área de 71 500 ha, tendiendo a alcanzar unas 73 000 ha en un futuro próximo.

Actualmente, en Eslovaquia, existen más de 88 900 ha drenadas, de las cuales un 41 % son canales abiertos y un 59 % son drenes cerrados.

En Rusia, los medios hidromeliorativos se conocían desde 10 mil años a. n. e. En la parte europea de la Rusia Antigua (reinos de Vovgora, Vladimirosoo y Moscú), se efectuaba el drenaje de áreas turbosas; sin embargo, las actividades hidromeliorativas organizadas y a nivel de estado se inician en la época del rey Pedro I, cuando ya se realizaron obras de drenaje en las áreas de la costa del Golfo de Finlandia, para la construcción de San Petersburgo, otras ciudades y fortalezas.

Luego, hasta finales del siglo XIX, el interés hacia la hidromelioración decae. En el siglo XX, cuando se anuló el régimen de servidumbre, surge de nuevo el interés hacia el drenaje. La Gran Revolución de Octubre lleva a la propiedad colectiva de la tierra y a la nacionalización de todos los recursos hidráulicos. En un período muy breve se crean escuelas técnicas, surgen campos para experimentaciones e institutos científicos y de investigación. El nuevo régimen favorece el desarrollo de los medios hidromeliorativos. De manera que las áreas drenadas en este país después de 1917 aumentan considerablemente.

El desarrollo del drenaje en función del tiempo de su construcción se divide en tres etapas (6):

1. abarca el período hasta la Gran Revolución de Octubre, 1917
2. abarca el período desde 1918 hasta la Segunda Guerra Mundial
3. abarca el período desde 1945 hasta 1965.

Lo más característico de la primera etapa es que el drenaje de las áreas se realizó sin proyecto (sistemas no ingenieriles).

En la segunda etapa (1917-1941), las áreas drenadas aumentan rápidamente a 1 200 000 ha más, que fue posible gracias a la preocupación del gobierno ex soviético y a Lenin, que consideraba la hidromelioración como una medida de gran importancia. En este período, junto con el avenamiento de las áreas, se construyeron obras hidroeléctricas y se fomentó la navegación.

Durante la Segunda Guerra Mundial (1941-1945), en muchas regiones de Rusia cesaron todas las actividades relacionadas con el drenaje agrícola. Además, las tropas hitlerianas destruyeron muchos de los sistemas de riego y drenaje, causa por la cual en este período la política hidrológica queda paralizada.

El tercer período en el desarrollo del drenaje se inicia inmediatamente después de terminada la Segunda Guerra Mundial, es decir, 1946-1952, durante el cual las áreas drenadas alcanzan 6 200 000 ha.

En lo que se refiere al desarrollo del drenaje en la República Popular de Bulgaria, se puede decir que, en el siglo XIV, los turcos conquistan los pueblos que habitaban la península Balcánica, trayendo consigo el arroz de Asia Menor, comenzando su cultivo en los valles del río Maritza y sus afluentes: Topolvetza, Leida Yana, Striama y otros. El riego se efectúa en este período de manera muy primitiva, ya que existían solo canales que conducían el agua directamente de los embalses. En aquella época no se conocían las cajas distribuidoras ni tampoco los canales colectores.

La técnica primitiva en la explotación de las áreas agrícolas provocaba el empantanamiento de los terrenos bajos, que junto con los arrozales se convierten en un medio favorable para la procreación de mosquitos y transmisión del paludismo. Esto ocurre porque en aquella época los que explotaban las áreas agrícolas no pensaban en el drenaje y su interés consistía en aprovechar las áreas fértiles, así como explotar a la población búlgara para obtener grandes ganancias.

La procreación de mosquitos en los arrozales trajo como resultado que, después de la Primera Guerra Mundial, los órganos sanitarios prohibían el cultivo del arroz. Esto duró alrededor de 20 años y es en 1936 que por primera vez se discute el problema sobre el desagüe de áreas empantanadas e inundadas (se trata de terrenos empantanados adyacentes a los arrozales, valles y terrazas del Río Danubio, pantanos del Mar Negro y otros pantanos en el interior del país). Los datos estadísticos señalan que estas áreas abarcan más de 245 000 ha o 5.14 % de los terrenos que se cultivaban (áreas muy fértiles que no se explotaban). El drenaje en la República Popular de Bulgaria siempre ha sido un problema de gran importancia, ya que las áreas de cultivo son muy limitadas.

Antes de la revolución de 1944, se realizaron las medidas de drenaje (14) siguientes:

- a) rectificación de ríos 154.5 km
- b) construcción de diques de defensa 173.8 km
- c) áreas protegidas contra anegación 39 800 ha
- d) drenaje de áreas inundadas 32 050 ha

A finales del 1958 se realizaron las siguientes actividades de drenaje:

- a) corrección de ríos 661.9 km
- b) construcción de diques preventivos 307.7 km
- c) áreas protegidas contra la anegación 87 789 ha
- d) drenaje de áreas anegadas 73 317 ha

En el plan prospectivo 1963-1980 de *Vodproyekt*, se previeron trabajos de nivelación, con el fin de ganar terrenos para cultivar unas 71 000 ha y 2 645 km para la rectificación de ríos.

## HISTORIA DEL DRENAJE EN CUBA

Realmente el drenaje tuvo poca importancia en Cuba hasta el descubrimiento del transmisor del paludismo, enfermedad que afectaba mucho en aquella época. Se vio que los terrenos empantanados constituían

una fuente favorable para el desarrollo de este transmisor, por lo que se comenzaron a construir en diferentes zonas del país, fundamentalmente en La Habana y en la antigua provincia de Oriente, canales de drenaje con el objeto de sanear dichas zonas y eliminar la enfermedad.

Se conoce poco sobre la construcción de otras obras de drenaje, pero podemos añadir que, en 1942, cerca del límite occidental de la costa sur de la provincia de La Habana; en la región de Playa Guanímar, se construyó una red de drenaje sobre una superficie de cerca de 1.000 ha, que tiene tres canales maestros excavados dentro de 1 km que salen al mar.

No es hasta el triunfo de la Revolución que se comienza a dar al drenaje la importancia que tiene para el país (15). Ya en 1959-1960 se elaboró el proyecto de desecamiento y cultivo de arroz para 22,100 ha de pantanos en la Ciénaga de Zapata.

En 1961-1962 se elaboraron proyectos para el desecamiento de unos macizos pequeños, con una superficie de 15 000 ha, mediante el bombeo mecánico en las provincias de La Habana, Matanzas y otras (12).

En 1962, se realizaron las siembras experimentales de maíz, tomate, berenjena, malanga y fruta bomba en una superficie de 60 ha en el municipio Aguada de Pasajeros, antigua provincia de Las Villas.

En 1962 se realizaron trabajos de drenaje en la región de Playa del Rosario sobre una superficie de 4000 ha. También se construyeron canales en la región de Playa Cajío sobre una superficie de 3 250 ha (11).

Posteriormente, se han construido en Cuba numerosas obras de drenaje, que incluyen la protección de áreas cañeras, el control de inundaciones, la actualización de lagunas de oxidación, protección de centrales, diques de protección, rectificación de ríos y otras. Como ejemplo, en la provincia de Camagüey se han realizado obras de drenaje, que benefician un área total de 96,283 ha con una longitud aproximada de

canales de 237.83 km y un movimiento de tierra alrededor de 7 907 379 m<sup>3</sup>. Además, están en proyecto otras obras importantes para el desarrollo agropecuario de la provincia. De estas obras, pertenecen a la rectificación de ríos 6 056 ha, beneficiadas con 33 km de longitud y 500,000 m<sup>3</sup> de movimiento de tierra (15).

En el país, en los últimos 25 años, se han realizado otros trabajos relacionados con el drenaje, para mejorar y recuperar la productividad de los suelos dedicados a la producción agrícola.

En la provincia de Guantánamo, se han realizado importantes trabajos de drenaje, con el fin de lavar las sales en el perfil de los suelos salinos, para un mejor desarrollo de los cultivos agrícolas en esa zona del país. El Instituto de Riego y Drenaje llevó a cabo algunos trabajos, para la recuperación de suelos con problemas de salinidad, alcalinidad y con mal drenaje en las provincias de Holguín y Granma, así como otros por esta misma institución en el norte de la provincia de Villa Clara, en zonas con drenajes deficientes, para el buen desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, entre otros de importancia económica para el país durante las décadas de los 80 y 90 con grandes éxitos.

## VENTAJAS DEL DRENAJE

El drenaje de los terrenos es de gran importancia para el mejoramiento del suelo, ya que influye favorablemente sobre (9):

1. la aireación correcta
2. la temperatura
3. sus propiedades físicas
4. los procesos microbiológicos
5. la formación del suelo
6. la nutrición
7. las tierras arcillosas para que resistan mejor la sequía
8. una penetración más profunda de las raíces
9. facilita el cultivo
10. la desaparición en gran parte de los peligros ocasionados por las plantas indeseables y enfermedades que atacan a los cultivos

## INFLUENCIA DEL DRENAJE SOBRE LA AIREACIÓN

Es sabido que las plantas respiran por sus hojas y raíces; por consiguiente, la presencia del aire en el suelo y su renovación es indispensable. El contenido mínimo de aire en el suelo, necesario para el desarrollo normal de las plantas, depende del tipo de suelo y planta.

El contenido de aire, expresado en porcentaje, respecto al volumen del suelo (10, 14, 16) debe ser para:

- ♦ los pastos de 6-10 %
- ♦ las gramíneas de 15-20 %
- ♦ el centeno y la remolacha de azúcar de 15-20 %.

El contenido de aire en el suelo ( $\lambda$ ) es contrario a su humedad, lo que se puede expresar del modo siguiente:

$$\lambda = A - \alpha \cdot \sigma \quad \text{en \%}$$

donde:

A: conductividad del suelo (%) respecto a su volumen e igual a su porosidad P expresada (%)

$\alpha$ : peso volumétrico del suelo

$\sigma$ : humedad del suelo (%) respecto a su peso seco.

De la ecuación se deduce que mediante el drenaje la humedad del suelo se puede reducir a  $\sigma - \sigma_0$ , gracias a lo cual los poros libres dan entrada al aire  $\alpha(\sigma - \sigma_0)$ . De ahí queda claro que se puede obtener una aireación adecuada de los suelos, tanto ligeros como pesados, mediante el drenaje (en el último caso se necesita un drenaje intensivo). La diferencia entre la permeabilidad, antes y después del drenaje ( $\sigma - \sigma_0$ ) debe ser mayor en los suelos pesados.

Con el descenso del nivel de las aguas subterráneas, los poros del suelo quedan libres de agua y se llenan de aire, mejorando su aireación. Por eso, en los suelos pesados que se van a drenar, el nivel de las aguas subterráneas debe mantenerse a gran profundidad para evitar su efecto perjudicial.

## **INFLUENCIA DEL DRENAJE SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

Con el avenamiento se logra mejorar la estructura del suelo, su porosidad y propiedades físicas, ya que su acción provoca una mejor aireación y evita que se acumule agua en el suelo. Gracias al drenaje, la capa superior del suelo se hace más resistente y accesible para la maquinaria agrícola, siendo más fácil de cultivar.

## **INFLUENCIA DEL DRENAJE SOBRE LOS PROCESOS MICROBIOLÓGICOS**

Los microorganismos que juegan un papel importante en la formación del suelo pueden vivir y ejercer su acción positiva únicamente en presencia de materias nutritivas, agua, temperatura adecuada y oxígeno para su respiración. Cuando el nivel de las aguas subterráneas va descendiendo, los poros de la capa superior quedan libres de agua y se llenan de aire, por lo que ya el carácter de los procesos microbiológicos se altera (cambia). Los microorganismos agrícolas (útiles para la agricultura) se desarrollan bien cuando el contenido de agua en el suelo varía entre 50 y 75 % respecto a su porosidad (17, 18).

## **INFLUENCIA DEL DRENAJE SOBRE EL CULTIVO DEL SUELO**

Cuando los terrenos están saturados, se demoran los trabajos preparativos para la siembra y las labores en él se hacen difíciles. Estas dificultades se pueden vencer con el drenaje. La capa activa del suelo aumenta (se hace más gruesa) cuando las áreas están avenadas, dando la posibilidad de que el sistema radical de las plantas se desarrolle bien, alcanzando más profundidad, lo que es importante para su nutrición.

Los suelos húmedos y fríos representan un ambiente favorable para el desarrollo de los causantes

o portadores de enfermedades. Con el drenaje se eliminan las malas condiciones y se reducen al mínimo las posibilidades de que las plantas sean atacadas por plagas y enfermedades.

## **INFLUENCIA DEL DRENAJE SOBRE EL RENDIMIENTO DE LAS COSECHAS**

Con el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo y las condiciones favorables para los procesos de formación de suelo aumenta la fertilidad, lo que garantiza una alta producción de las cosechas. Igualmente, el rendimiento del suelo depende del grado de avenamiento y las medidas agrotécnicas realizadas. Estas dos medidas garantizan aumentar el rendimiento de las cosechas en comparación con los terrenos no avenados, empantanados o inundados (5, 19).

Se puede decir que el aumento del rendimiento de las áreas drenadas se hace ilimitado con la aplicación de una agrotecnia correcta y el mantenimiento de los sistemas de drenaje.

## **VALORACIÓN DEL EMPLEO DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO (TOPO) EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE ARROZ EN LA EMPRESA ARROCERA SUR DEL GÍBARO**

Una de las problemáticas que enfrenta actualmente la producción arroceras nacional es la referida a la existencia de charcos y lagunas en las superficies de las terrazas arroceras. Por este concepto se afecta como promedio del 4 al 15 % de la superficie neta. Se calcula, como consecuencia de ello, que se dejan de obtener cerca de 60 000 t de arroz cáscara húmedo (20).

Entre los factores que influyen en esta situación, se deben destacar las malas condiciones de nivelación de la superficie de las terrazas (aún

en las niveladas en agua), la prolongada permanencia de las semillas bajo láminas de agua, las excesivas profundidades de siembra de las semillas, la no eliminación de los zanjillos de los diques, la mala ejecución de los entronques, etc. (21, 22, 23).

Este zanjillo fue conformado con diferentes equipos e implementos, tales como: motoniveladoras, retroexcavadoras, zanjeadoras u otros medios, que garantizaran que la profundidad del suelo fuera superior a la de los tubos formados por el topo.

El trabajo desarrollado al respecto en la Estación Experimental del Arroz «Sur del Jíbaro» y en la Brigada de Producción «Cedro» de la Empresa Arroceras Sur del Jíbaro demostraron que la utilización del drenaje topo puede contribuir a la disminución del área perdida por conceptos de charcos y lagunas y, en consecuencia, a un incremento de los rendimientos agrícolas (0.5 t.ha<sup>-1</sup>), como indica la Tabla III (21).

En ambas campañas de siembra del cultivo, la preparación del suelo se realizó en seco, efectuando el pase del drenador topo con el tractor Zetor Cristal 8045 en forma de abanico, dando tres o cinco pases por terraza a una profundidad entre 30 y 50 cm, en dependencia de la desnivelación del terreno, haciendo que cada uno de los tubos formados por el topo desembocaran hacia la parte más baja, donde se conectaron a un zanjillo construido dentro de la terraza, paralelo al canal terciario de drenaje.

Este zanjillo fue conformado con diferentes equipos e implementos, tales como: motoniveladoras, retroexcavadoras, zanjeadoras u otros medios, que garantizaran que la profundidad del suelo fuera superior a la de los tubos formados por el topo.

Como se observa en la Tabla IV, el porcentaje de área perdida por charcos y lagunas disminuyó cuando se utilizó el drenaje topo (0,8 %), respecto al que no se le aplicó (4,1 %).

Al mismo tiempo, se produjo un aumento del número de plántulas/m<sup>2</sup>, a pesar de que no hubo diferencias en el tiempo de ejecución del primer riego (22).

En la Tabla V se expresa cómo en la campaña de frío 1983-1984 respecto a la de frío 1985-1986, se produjo un incremento de los rendimientos del orden de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> promedio, lo cual estuvo determinado no solamente por la utilización del drenaje topo, sino también por una elevación general del nivel de la agrotecnia, en particular, la más rápida ejecución del primer riego (20).

Al observar la Tabla VI, se puede apreciar que en 1986 se produjo una disminución de 2,75 % del área perdida por concepto de charcos y lagunas, como resultado del trabajo del drenaje topo, ya que esas áreas evaluadas se encuentran localizadas en la misma brigada y con las mismas labores aerotécnicas (20).

## IMPACTOS AMBIENTALES DEL RIEGO Y DRENAJE

Los proyectos de riego y drenaje manejan las fuentes de agua, a fin de promover la producción agrícola.

**Tabla VI. Área perdida por charcos y lagunas en 1986**

Tratamiento	Evaluada (ha)	Pérdida (%)
Sin drenaje topo	160	8.45
Con drenaje topo	56	5.70
Diferencia	-	2.75

Hay muchos tipos de riego diferentes, dependiendo de la fuente del agua (superficial o subterránea), su forma de almacenamiento, los sistemas de transporte y distribución, y métodos de entrega (aplicación en el campo).

Desde hace mucho tiempo, se ha utilizado el agua superficial (principalmente los ríos) para el riego y, en algunos países, desde hace miles de años; todavía constituye una de las principales inversiones del sector público. Los proyectos de riego en gran escala, que utilizan el agua freática, son un fenómeno reciente, a partir de los últimos 30 años. Se encuentran principalmente en las grandes cuencas aluviales de Paquistán, India y China, donde se utilizan pozos entubados, para aprovechar el agua freática conjuntamente con los sistemas de riego que emplean el agua superficial (24).

El método principal de entrega (para cerca del 95 % de los proyectos en todo el mundo) es el de superficie (riego por inundación o surco); el agua se distribuye por gravedad en la zona que va a ser regada. Otros sistemas emplean rociadores y riego de goteo. El riego por aspersión rocía las gotas de agua en la superficie de la tierra, simulando el efecto de la lluvia. El riego de goteo libera gotas o un chorro fino a través de los agujeros de una tubería plástica, que se coloca sobre o debajo de la superficie de la tierra. Aunque sean tecnologías nuevas relativamente, que requieren una inversión inicial más grande y manejo más intensivo que el riego de superficie, el riego por aspersión y el de goteo promete mucho potencial, para optimizar la eficiencia de uso del agua y reducir los problemas relacionados con el riego.

La saturación y salinización de los suelos son problemas comunes con el riego superficial. A nivel mundial, se ha estimado que, cada año, el riego saca de la producción una cantidad de terreno, que es igual a la porción que entra en servicio bajo riego, debido al deterioro del suelo, principalmente, la salinización. La saturación es causada, principalmente, por el

**Tabla III. Influencia de la aplicación del drenaje topo en la reducción del área perdida por charcos y lagunas y, en los rendimientos agrícolas, frío 1985-1986 variedad Caribe I**

Campo	Total sembrada (ha)	Pérdida por charcos y lagunas (ha)	Pérdida (%)	Tiempo de duración del primer riego (días)	(t.ha <sup>-1</sup> )
131 con drenaje topo	24.7	2.4	9.7	2	3.9
132 sin drenaje topo	24.9	5.9	23.7	3	3.4

**Tabla IV. Influencia de la aplicación del drenaje topo en la reducción del área perdida por charcos y lagunas. Primavera 1986**

Campo	Total sembrada (ha)	Pérdida por charcos y lagunas (ha)	Pérdida (%)	Tiempo de duración del primer riego (días)	Plántulas por m <sup>2</sup> antes de aplicar el herbicida surcopur
13 sin drenaje topo	35.29	4.1	11.6	3	157
14 con drenaje topo	31.54	0.8	2.5	3	221

**Tabla V. Resultados comparativos de la influencia del drenaje topo y otras medidas agrotécnicas en el incremento del rendimiento agrícola variedad J-104**

Campo	Total sembrada (ha)	Frío 1983-1984 Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> ) sin drenaje topo	Frío 1983-1984 Tiempo del 1er riego (días) sin drenaje topo	Frío 1985-1986 Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> ) con drenaje topo	Frío 1985-1986 Tiempo del 1er riego (días) con drenaje topo
Del 85 al 90	278.8	-	-	-	-
Media	46.5	5.4	4.83	6.9	3.16

drenaje inadecuado y riego excesivo y, en un grado menor, por fugas de los canales y acequias. El riego exagera los problemas de la salinidad, que naturalmente son más agudos en las áreas áridas y semiáridas, donde la evaporación superficial es más rápida y los suelos más salinos. La saturación concentra las sales absorbidas de los niveles más bajos del perfil del suelo en la zona de arraigamiento de las plantas. La alcalinización (acumulación de sodio en los suelos) es una forma, especialmente perjudicial, de salinización que es difícil de corregir. Aunque los suelos de las zonas áridas y semiáridas tienen una tendencia natural de sufrir salinización, muchos de los problemas relacionados con el suelo podrían ser atenuados si se instalan sistemas adecuados de drenaje. El drenaje es el elemento crítico para los proyectos de riego y, muy a menudo, se lo planifica y se lo maneja mal. Se puede reducir la saturación y salinización mediante el uso del riego por aspersión o goteo, porque se aplica el agua más precisamente y se pueden limitar las cantidades más fácilmente a los requerimientos de los cultivos (24).

Por todo lo expuesto anteriormente, se puede concluir que la práctica del drenaje en el momento adecuado, tanto al suelo como a los cultivos, les reporta muchos beneficios, mejorando y conservando los suelos, además de incrementar los rendimientos agrícolas de los cultivos.

## REFERENCIAS

1. Cuba, MINAG. Instituto de Riego y Drenaje. Nivelación de campos arroceros con deficiente drenaje utilizando rayos láser. 2002, p. 1-2.
2. Cherkosov, A. Melioración agrícola para mejoras de las cosechas. Ucrania, Kiev, 2010, p. 21-25.
3. Martinienko, Y. Sistema y obras de desecación para la región de Novocherkas. *Obras Hidrotécnicas*, 2009, p. 21-24.
4. Martinienko, Y. Yacencia de las aguas subterráneas y su nivel dinámico. *Obras Hidrotécnicas*, 2004, p. 13-16.
5. Penkova, M. Melioración y su influencia en la fertilidad del suelo y su productividad en las cosechas. *Obras Hidrotécnicas*, 2010, p.17-19.
6. Averianov, S. F. Drenaje biológico y norma de drenaje para mejoras de suelos agrícolas y el rendimiento de algunos cultivos en regiones del sur de Rusia. 2010, p. 14-17.
7. Averianov, S. F. Uso del agua procedente de sistemas de drenajes en el desarrollo de la piscicultura y la calidad de los forrajes diferentes zonas Rostov del Don. Rusia. *Obras Hidrotécnicas*, 2010, vol. 1, no. 1, p. 3-8.
8. Vielisco, M. Influencia de distintos sistemas de drenaje en la mejora del suelo y en el rendimiento de cultivos. *Obras Hidrotécnicas*, 2010, vol. 3, no. 2, p. 2-4.
9. Tomin, E. P. Mecanización y trabajos de mejoramiento de suelos en zonas con exceso de humedad. Rusia. *Drenaje Agrícola*, 2010, p. 3-31.
10. Ducuchaev, B. Drenaje biológico y norma de desecación para mejoras de suelos agrícolas en regiones del Kuban. *Obras Hidrotécnicas*, 2010, p. 9-13.
11. Polón, R. /et al./ La aplicación del estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento en el cultivo del arroz. *Cultivos Tropicales*, 1995, vol. 16, no. 2, p. 18-20.
12. Dueñas, R.; Assenov, D. y Alonso, N. El Riego. Edición Revolucionaria. 1985, p. 18-405.
13. Martinienko, Y. Espaciamiento de los drenes y su efecto en la desecación y aireación de los suelos con diferentes niveles de humedad en la región de Novocherkas. Rusia. *Obras Hidrotécnicas*, 2010, vol. 3, no. 2, p. 12-17.
14. Martinienko, Y. Sistema de desecación, sus elementos. *Obras Hidrotécnicas*, 2005, p. 6-12.
15. Cuba, MINAG. Instituto de Riego y Drenaje. Resumen del Balance de áreas bajo riego. 2003, p. 1-6.
16. Popov, B. A. Estudio de diferentes distancias de separación de los drenes en un suelo turboso y su efecto en la aireación del suelo. *Obras Hidrotécnicas*, 2009, vol. 3, p. 5-8.
17. Kostiaikov, A. N. Novedades de la melioración de los suelos (En Ruso) 1951, p. 184-190.
18. Saitsev, Y. A. Efecto del drenaje de los suelos en los procesos microbiológicos del suelo al Sur de Rusia. *Obras Hidrotécnicas*, 2009, vol. 1, no. 2, p. 4-6.
19. Kostiaikov, A. N. Fundamentos de hidromelioraciones. Edición y Cultura, Sofía, Bulgaria (En Búlgaro) 1956, p. 16-35.
20. Cuba, MINAGRI. Instructivos Técnicos del Cultivo de Arroz. 2009, p. 1-10.
21. Alemán, L. Experiencia de la nivelación en agua. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Arroz*, 1981, vol. 4, no. 1, p. 95-103.
22. Alemán, L.; Peña, R.; Sanzo, R.; Saborit, R.; Hernández, J.; Mason, B. y Turro, A. Valoración de áreas perdidas por charcos y lagunas y su influencia en la producción de arroz. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Arroz*, 1986, vol. 3, no. 2.
23. Alemán, L.; Sanzo, R.; Saborit, R.; Antigua, G.; Pena, R.; Turro, A.; Mason, B.; Pérez, M. y Diakite, M. Influencia de diferentes factores sobre la población del cultivo de arroz en la etapa de germinación. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Arroz*, 1987, vol. 10, no. 1.
24. Tomin, E. P. Mecanización y trabajos de mejoramiento de suelos en zonas con exceso de humedad. Rusia. *Drenaje Agrícola*, 2010, p. 3-31.

Recibido: 1 de febrero de 2010

Aceptado: 10 de diciembre de 2010

### ¿Cómo citar?

Polón Pérez, Ricardo; Ruiz Sánchez, Michel; Dell'Amico Rodríguez, José M.; Morales Guevara, Donald; Jerez Mompié, Eduardo; Ramírez Arrebato, Miguel A.; Maqueira López, Lázaro A. Principales beneficios que se alcanzan con la práctica adecuada del drenaje agrícola. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 2, p. 52-60. ISSN 0258-5936