

Diseño urbano para un bosque urbano resistente al viento¹

Edward F. Gilman, Traci Partin, Allyson Salisbury, Richard Hauer, Ryan Klein, Michael Andreu, Andrew Koeser, and Alyssa Vinson²

Introducción

Los investigadores que visitaron lugares después de un huracán encontraron que muchos incidentes de caídas de árboles pudieron haberse prevenido con un diseño y manejo adecuados. Muchos árboles de gran tamaño fueron ubicados muy cerca de bordillos, aceras, cimientos y superficies pavimentadas. Estas condiciones dieron como resultado la caída de árboles tras vientos fuertes.

Un sistema fuerte de raíces es uno de los factores esenciales que permite a los árboles mantenerse en pie ante la fuerza de vientos huracanados en paisajes urbanos, donde con frecuencia el espacio para el crecimiento de las raíces es limitado.

El espacio limitado para el desarrollo de las raíces representa un desafío para la creación de paisajes sostenibles. En este documento se analizarán estrategias para fomentar sistemas radiculares fuertes en árboles recién plantados y para conservar las raíces de árboles ya establecidos. Asimismo, se presentarán otros elementos de diseño orientados a la resistencia al viento, como la agrupación de árboles y la selección adecuada de especies.

Las investigaciones demuestran que, cuanto mayor sea el espacio disponible para el enraizamiento de los árboles, menor será la probabilidad de que estos caigan. Los sistemas radiculares que crecen sin ser desviados por bordillos, aceras, pavimentos u otras estructuras del suelo urbano tienen la oportunidad de desarrollar una base de soporte sólida para el árbol. Las raíces principales cercanas al tronco deben ser rectas. Si estas raíces son desviadas o cortadas durante las obras de construcción, el riesgo de fallo aumenta significativamente. Los árboles que crecen en grupos presentan tasas de supervivencia más elevadas que aquellos que se encuentran de forma aislada. Asimismo, los grupos de árboles desvían el viento, por lo que

ofrecen una mayor protección a los edificios cercanos en comparación con los árboles aislados.

Un buen diseño incluye diseñar el espacio del subsuelo para soportar los árboles y también escoger los adecuados. Sin embargo, muchos paisajes ya están establecidos. En consecuencia, es importante diseñar soluciones para situaciones ya existentes donde los árboles pueden estar en conflicto con el paisaje.

Situaciones preexistentes de diseño

Cada día, las personas pasan junto a árboles que crecen en conflicto con el paisaje existente: el estacionamiento del supermercado, las aceras, los patios delanteros de sus casas, y así sucesivamente. En cada una de estas situaciones, cuando los árboles tienen un espacio limitado para crecer, el pavimento comienza a interferir con la expansión de las raíces entre 10 y 20 años después de la plantación (Figura 1). El problema puede comenzar como una grieta en la superficie del pavimento, que atrae raíces en crecimiento y eventualmente resulta en que toda una sección sea levantada. Esto puede presentar un peligro de tropiezo para los peatones que pasan por allí. Los árboles grandes que maduran en espacios pequeños harán una de dos cosas: crecer y perturbar la estructura o decaer y eventualmente morir.

Esto último es poco práctico y no útil porque el costo de plantar un árbol en un área urbana puede ir desde unos cientos a miles de dólares. La remoción y resiembra de árboles es otro gasto, y aún así no se logra el objetivo del diseño. En el escenario anterior, en el cual el árbol continúa creciendo en conflicto con el pavimento, a menudo se cortan las raíces de anclaje grandes cuando se repara el pavimento (Figura 2). Muchos gestores de árboles urbanos han aprendido por experiencia que cortar raíces estructurales o de soporte es una mala decisión porque hace que el árbol sea inestable. Los árboles con raíces cortadas se han caído y han dañado

casas y vehículos, e incluso han muerto personas por esta causa. Debe quedar claro que, por el bien de la resistencia al viento, cortar o dañar el sistema de raíces que ancla el árbol no es una opción. Los árboles que carecen de sus raíces principales de soporte a menudo representan un riesgo alto o inaceptable en el paisaje.

Cuando sea necesario la poda de raíces, la indicación general es conservar todas las raíces dentro de un área de aproximadamente cinco veces el diámetro del tronco. Por ejemplo, si el diámetro del tronco es de 2 pies, no se deben podar raíces alrededor de 10 pies del tronco. Aunque esto no garantizará que el árbol permanezca en pie, es mejor que cortar más cerca del tronco.

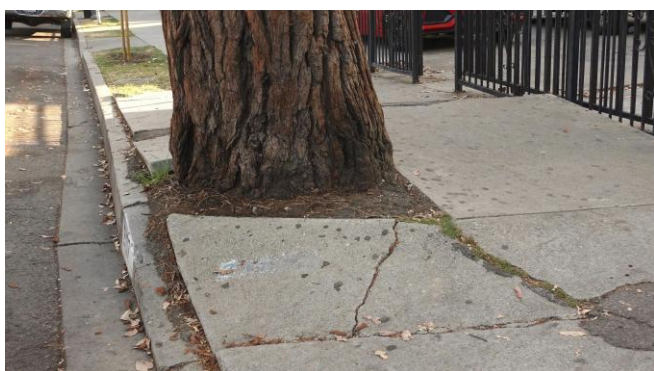


Figura 1. Acera ubicada demasiado cerca del cuello de raíz de un árbol grande.

Crédito: Adobe Stock, Simone

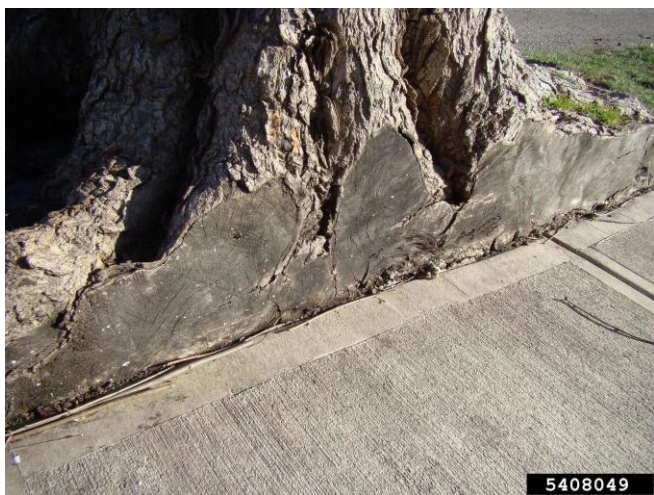


Figura 2. Estas raíces de los árboles fueron cortadas durante la reparación de la acera y el bordillo, lo que las hace propensas a derrumbarse durante un huracán.

Crédito: UF/IFAS, Dr. Ed Gilman

Soluciones de diseño para situaciones donde las raíces están en conflicto con el paisaje

En lugar de cortar las raíces, existen muchas técnicas diferentes que se han utilizado y que no interfieren con el sistema radicular del árbol. Varios de estos se discuten a continuación.

Instalar un material de superficie diferente

Se pueden usar otros materiales distintos al concreto para las aceras. Algunos ejemplos son granito triturado, grava, superficie de caucho, tarima de madera, ladrillo en arena y asfalto (Figura 3). Los adoquines porosos y el asfalto poroso se han utilizado con éxito en estacionamientos. Un beneficio potencial de estos materiales de superficie alternativos es que proporcionan algo de aireación al suelo debajo, a diferencia del concreto, que atrapa la humedad y puede favorecer que las raíces crezcan directamente debajo y rompan el pavimento. La mayoría de estos materiales son flexibles, por lo que es menos probable que se agrieten debido al crecimiento de las raíces que una superficie rígida como el concreto. Reparar estos materiales de superficie alternativos también puede ser menos costoso que las superficies duras tradicionales.

Piedra molida

Materiales de superficie como grava, piedra caliza o polvo de piedra permiten el crecimiento y la expansión continuos de las raíces. La superficie se puede reparar fácilmente a medida que las raíces continúan expandiéndose en diámetro. La roca triturada es económica y fácil de instalar, y la superficie es porosa. Es mejor usarlo en superficies planas porque la lluvia puede causar erosión en terrenos inclinados. El uso de adoquines de ladrillo puede proporcionar una ruta para los peatones que caminan desde el estacionamiento hacia el otro lado de la calle. Las piedras desplazadas necesitarán ser reemplazadas ocasionalmente y pueden ser un inconveniente al usar equipos como un soplador de hojas (Gibbons, 1999).



Figura 3. Después de agregar tierra sobre las raíces que están causando que el pavimento se levante, vuelva a verter la acera. Use un material de base inferior como grava o refuerce el concreto con varillas de acero para evitar que las raíces levanten el pavimento.

Crédito: Adobe Stock, krsprs

Adoquines porosos

- Esta solución se utiliza principalmente para áreas pavimentadas como estacionamientos (Figura 4). Las superficies porosas son una buena idea para áreas propensas a inundaciones porque permiten que parte del agua se filtre para una distribución más uniforme y pueden ayudar a reducir los problemas de escorrentía. Este es un detalle de diseño especialmente importante para Florida y la Costa del Golfo, que son propensas a fuertes lluvias tropicales.

Se debe añadir tierra alrededor de las raíces para preparar una base para los adoquines. La arena gruesa funciona muy bien como base para los adoquines porosos porque se compacta y, al mismo tiempo, permite suficiente espacio de aire entre las partículas para el movimiento del aire. Asegúrese de que el nivel del suelo no se baje durante el proceso de construcción, porque esto dañará las raíces.



Figure 4. Los adoquines permeables permiten que el agua se filtre en el suelo, en lugar de escurrirse.

Crédito: Adobe Stock, heerim studio

Rellenar y volver a verter la acera

Como muchas otras soluciones, esto puede ser una solución a corto plazo que a menudo requiere reparaciones en el futuro. Tal vez usar materiales alternativos para la base, como grava o trozos de caucho (en lugar de tierra) y luego volver a verter el concreto, evitará que las raíces crezcan directamente bajo la pavimentación y la levanten. Reforzar el concreto con varillas de acero puede extender la vida de la acera o entradas de vehículos al obligar a las raíces en expansión a levantar toda la losa. Esto puede prevenir grietas porque la raíz puede deformarse y aplastarse bajo la losa en lugar de levantarla.

Puenteo

Se pueden utilizar materiales de superficie como adoquines de concreto entrelazados, plataformas de madera, aceras de caucho o metal para salvar las raíces.

Redirigir

Cuando sea posible, desviar la acera es una excelente opción si hay espacio. Esta solución se utiliza para muchos árboles en áreas urbanas. Asegúrese de poner en marcha un mecanismo que evite que los contratistas dañen las raíces principales de soporte durante la reparación de la acera.

Nuevo diseño/construcción: diseñando el sitio justo

Un buen diseño debería proporcionar suficiente espacio de suelo para apoyar el crecimiento de las raíces del árbol. El volumen de suelo requerido depende del tamaño esperado del árbol. Desafortunadamente, muchos árboles son comprimidos en espacios de suelo que son lo suficientemente grandes para el cepellón en

el momento de la plantación, pero que son demasiado pequeños para el crecimiento futuro de las raíces. Esta es una de las principales razones del pobre crecimiento e inestabilidad de los árboles en huracanes.

Las prácticas de diseño que existan tendrán que cambiar significativamente para proporcionar a los árboles la cantidad adecuada de espacio para el suelo. Una especificación de diseño típica puede requerir un volumen de 200 pies cúbicos de suelo para los árboles, mientras que de 2,000 a 3,000 pies cúbicos sería una cantidad ideal. ¡Esta es una diferencia drástica! La tabla y las soluciones de diseño presentadas aquí intentan encontrar un compromiso entre estos dos extremos.

Requerimientos del suelo

Para las situaciones donde el área para plantar está rodeada por superficies pavimentadas, la Tabla 1 provee recomendaciones sobre la cantidad mínima de suelo a proporcionar según el tamaño del árbol al madurar. Hay dos componentes del espacio del suelo: 1) el volumen total de suelo necesario para sostener un árbol durante un período razonable, y 2) el área de suelo abierto necesaria inmediatamente alrededor del tronco para acomodar el crecimiento del ensanchamiento del tronco. El espacio de suelo abierto es suelo que no está cubierto por una superficie sólida y dura, como una acera, pavimento o edificio.

Las directrices sobre el suelo en la Tabla 1 son recomendaciones mínimas destinadas a suelos de buena calidad y bien drenados. Cuando el suelo presenta limitaciones como compactación, nivel freático alto, drenaje deficiente, etc., proporcione más espacio o elija árboles de pequeño tamaño al madurar. Aunque estas recomendaciones son significativamente diferentes de una especificación típica, se necesita mucho más espacio para las raíces para que los árboles sean más estables en el paisaje y se consideren un diseño resistente al viento. Para distancias y anchos de plantación específicos de cada especie, consulte “*ENH 1328, How Much Space Does My Shade Tree Need?*” (Hilbert et al. 2020).

Tabla 1. Requisitos de suelo para los árboles según su tamaño al madurar

Tamaño del árbol al madurar	Área total del suelo	Distancia desde la superficie pavimentada
Altura mediana, menos de 30 ft.	10 ft. por 10 ft.	2 ft.
Altura media o extensión menor que 50 ft.	20 ft. por 20 ft.	6 ft.
Gran altura o extensión mayor que 50 ft.	30 ft. por 30 ft.	10 ft.
Medidas para cuando la profundidad del suelo con capacidad de enraizamiento es de 3 pies o más. Para suelos con menos de 3 pies de profundidad, se recomiendan árboles de crecimiento más pequeño.		

Soluciones de diseño para situaciones urbanas donde el espacio es limitado

Existen muchas opciones para aumentar el área de suelo para árboles en paisajes del centro de la ciudad, centros comerciales y otras situaciones urbanas donde el pavimento está muy cerca del tronco. Esta sección enumerará opciones para aumentar el área de suelo en este tipo de entorno o para hacer un mejor uso del suelo existente en el sitio.

Paso 1- Plantar árboles en el espacio abierto disponible

Vea cuidadosamente la Figura 5— note el tamaño limitado del recorte en el que está plantado el árbol. Si se plantan en el césped abierto, los árboles tienen una mejor oportunidad de crecer grandes, proporcionar sombra a las personas que usan el espacio y reducir los costos de enfriamiento de los edificios cercanos. En cambio, tendrán una vida útil más corta debido al espacio limitado para crecer. Las rejillas para árboles como la mostrada causan más daño que beneficio. Los adoquines son una mejor opción.

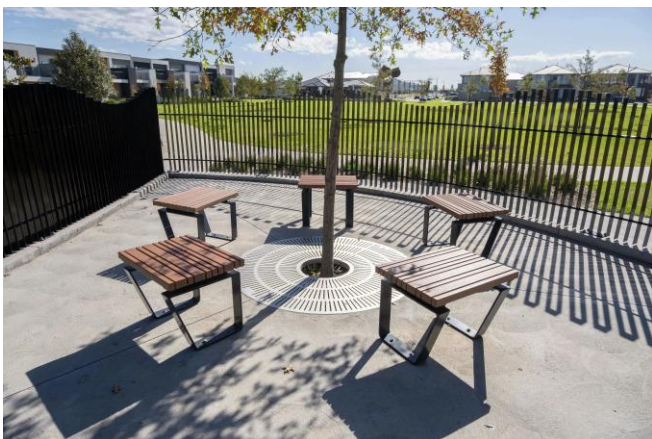


Figura 5. Ubique los árboles en el sitio de manera que tengan acceso al mayor espacio de suelo. Estos árboles prosperarían mejor si se plantan en el espacio abierto al fondo.

Crédito: Adobe Stock, Doublelee

Estamos acostumbrados a ver árboles plantados en una delgada franja de césped entre la acera y la calle (Figura 6). Las aceras a menudo se desplazan y se rompen a medida que las raíces aumentan de diámetro. No solo es costoso reparar el daño a la acera por la expansión de las raíces, sino que los árboles serían más estables si se plantaran en el espacio abierto del otro lado de la acera. Esta es una solución simple que puede reducir los casos de árboles que se caen. Cuando hay menos bordillos alrededor del árbol, el árbol crece más rápido y tiene un sistema de raíces más equilibrado. El árbol se vuelve más estable porque el ensanchamiento de la raíz puede desarrollarse completamente sin obstrucciones de la acera ni del bordillo.



Figura 6. En lugar de plantar en la delgada franja de tierra entre la acera y la calle, plante árboles en el espacio abierto al otro lado de la acera.

Crédito: Adobe Stock, Doublelee

Paso 2— Si no hay espacio abierto, proporcione más tierra apta para raíces

Las aceras en áreas céntricas de alto tráfico deben diseñarse para soportar el peso de los vehículos de emergencia. Por lo tanto, el suelo debajo de la acera se compacta para prevenir el asentamiento y la formación de grietas en la acera. Sin embargo, los árboles prosperan mejor en suelos sueltos y porosos que fomentan el crecimiento de las raíces. Estos dos objetivos—aceras estables y suelo suelto para las raíces— típicamente entran en conflicto entre sí a menos que diseñemos el espacio de manera adecuada. Entonces, ¿cómo se crea una superficie de uso estable y al mismo tiempo espacio para que los árboles crezcan?

Los caminos de raíces son canales estrechos de suelo suelto que proporcionan un pequeño camino para el aire que fomenta el crecimiento de las raíces bajo el pavimento. Se utiliza una máquina de zanjas para cortar una abertura a través del suelo compactado. Luego se colocan esteras de aireación en las zanjas, que se rellenan con suelo suelto una vez que la estera está en su lugar. Las raíces tienden a seguir los caminos porque proporcionan un canal para el flujo de aire junto a la estera; las raíces siguen el aire. Fomentar que las raíces se extiendan debajo del pavimento puede ayudar a prevenir que las raíces se enreden en el pequeño recorte de la acera, lo cual es una causa común de que los árboles se caigan durante los huracanes. Este método se prefiere sobre simplemente proporcionar un recorte o caja de tierra, aunque no aumenta significativamente la cantidad de espacio para el suelo.

Las franjas de plantación son secciones largas de suelo sin pavimento encima que proporcionan mucho más volumen de suelo para los árboles que los caminos para raíces. Esta es una consideración de diseño necesaria porque es importante mantener el tráfico peatonal fuera del suelo abierto alrededor de estos árboles para prevenir la compactación del suelo. Dada esta consideración, las franjas de plantación pueden ser más prácticas en áreas menos concurridas. Plantar césped y flores en la base del árbol hace que sea mucho más probable que los árboles reciban riego adecuado y podría mejorar el crecimiento del árbol, aunque esto puede atraer a personas a sentarse o caminar sobre el césped. Nunca apile suelo sobre el cepellón ni sobre el tronco.

El ancho mínimo de una franja de plantación, o ubicación de plantación entre un bordillo y la acera, debe considerar el tamaño esperado del árbol y el hábitat típico al que el árbol es nativo (Hilbert et al., 2020). A medida que aumenta el tamaño esperado del árbol, se necesita más espacio para crecer. Por ejemplo, se deben diseñar franjas de plantación de un mínimo de 12 pies (especies de tierras altas) a 14 pies (especies de humedales) para cultivar árboles más grandes (diámetro del tronco de 40 pulgadas). Esto proporcionaría aproximadamente de 4,5 a 5,5 pies de espacio de crecimiento más allá del tronco del árbol. El espacio diseñado desde el principio minimizará los daños futuros en la infraestructura, permitirá alcanzar los tamaños de árbol esperados y aumentará la resistencia a la caída durante un huracán.

Suelo estructural

El suelo estructural está diseñado para soportar el peso de aceras, carreteras, peatones y vehículos, así como para proporcionar un sustrato de suelo bien aireado para el crecimiento de las raíces de los árboles. En el suelo estructural, el peso se transfiere de un agregado (roca) a otro, con suficiente suelo para casi llenar el espacio entre los agregados. Los agregados son rocas angulares que normalmente tienen aproximadamente 1 pulgada de diámetro. Las raíces crecen bien en el suelo entre los agregados, el cual no está compactado porque la carga se transfiere a las rocas.

Esta técnica se está utilizando en áreas urbanas debido a su efectividad en soportar tráfico pesado y permitir el crecimiento de árboles en situaciones urbanas difíciles. El proceso de mezclar el suelo puede ser laborioso y debe hacerse con mucho cuidado. Debido a que el 80 por ciento del volumen del suelo estructural consiste en rocas, se necesita una gran cantidad para cumplir con el volumen adecuado de los requisitos de las raíces.

Aceras suspendidas

La suspensión de aceras o aceras en voladizo (cantilever) puede proporcionar un gran volumen de suelo para los árboles y resolver el problema de la compactación. No existe contacto entre la parte inferior de la losa de la acera y el suelo; las losas descansan sobre soportes y pilotes. Esto permite que el alcorque o área de plantación se rellene con un suelo de alta calidad y bien aireado.

Al suspender la acera se evitan los problemas de compactación del suelo, de modo que las raíces puedan expandirse sin afectar ni levantar el pavimento u otros elementos duros del entorno urbano. Un producto, Silva Cells®, es un ejemplo de esta técnica de acera suspendida.

Paso 3—Plantar árboles en grupos

Además del espacio para las raíces, una consideración clave de diseño para un paisaje resistente al viento es plantar los árboles en grupos (Figura 7). La definición de agrupación consiste en cinco o más árboles que comparten el mismo volumen de suelo. El objetivo es crear un bosque urbano saludable con una combinación de árboles jóvenes y maduros que aporten beneficios como cobertura de copa y protección frente a vientos fuertes.

Los daños a edificios y otras estructuras suelen ser menos graves en propiedades con una alta densidad de árboles que en aquellas donde los árboles están aislados y separados por grandes distancias.



Figura 7. Los árboles agrupados en un paisaje son más resistentes a los daños causados por el viento y proporcionan protección adicional a las estructuras cercanas.

Crédito: Adobe Stock, Production Perig

Nuevo diseño/construcción: seleccionando el árbol correcto

Cuando el espacio disponible en el suelo es limitado, o bien es poco profundo (con menos de 2 o 3 pies de profundidad), rocoso o de mala calidad, se deben plantar árboles de crecimiento reducido (aquellos que alcanzan una altura máxima inferior a unos 35 pies). Existe una fascinante variedad de árboles pequeños — actualmente subutilizados en las plantaciones urbanas—, si bien algunos de ellos no están disponibles en tamaños grandes. Aunque son de menor estatura que los árboles de gran desarrollo, los árboles pequeños pueden proporcionar ciertos beneficios en términos de

sombra. En lugar de plantar un árbol grande en un espacio reducido —donde podrían producirse daños considerables si el árbol cayera derribado por el viento durante un huracán—, la opción preferible es optar por un árbol más pequeño, que tiene mayores probabilidades de sobrevivir a un huracán (vea [Choosing Suitable Trees for Urban and Suburban Sites: Site Evaluation and Species Selection](#)). Algunas investigaciones han encontrado que ciertas especies de árboles, incluyendo muchas palmas nativas, toleran los huracanes (vea [Selecting Species for Wind Resistance: Coastal Plain](#) y [Tropical and Subtropical](#)).

¹ Este documento es el ENH1056S, de la serie de publicaciones de la School of Forest, Fisheries, and Geomatics Sciences, UF/IFAS Extension. Traducido al español en 2026. Visite el sitio web <https://ask.ifas.ufl.edu/> para encontrar la versión actualizada de esta publicación.

² Edward F. Gilman, professor emeritus, Department of Environmental Horticulture; Traci Partin, former horticultural information specialist, UF/IFAS Department of Environmental Horticulture, Gainesville, FL; Allyson Salisbury, assistant teaching professor, urban forestry, Rutgers Department of Ecology, Evolution, and Natural Resources, New Brunswick, NJ; Rich Hauer, professor emeritus, urban forestry, UWSP College of Natural Resources, Stevens Point, WI; Ryan Klein, profesor asistente en arboricultura, School of Forest, Fisheries, and Geomatics Sciences; Michael Andreu, profesor asociado, sistemas forestales, School of Forest, Fisheries, and Geomatics Sciences; Andrew Koeser, profesor asociado de manejo de paisaje, School of Forest, Fisheries, and Geomatics Sciences, UF/IFAS Gulf Coast Research and Education Center; Alyssa Vinson, agente de Extensión II, M.S., silvicultura urbana, UF/IFAS Extension Hillsborough County; UF/IFAS Extension, Gainesville, FL 32611.

El Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) es una Institución con Igualdad de Oportunidades autorizada para proporcionar investigación, información educativa y otros servicios solo a personas e instituciones que operan en cumplimiento con las leyes y políticas federales y estatales aplicables de no discriminación. Para obtener más información sobre cómo obtener otras publicaciones de UF/IFAS Extension, comuníquese con la oficina UF/IFAS Extension de su condado. U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida, IFAS, Florida A&M University Cooperative Extension Program y Boards of County Commissioners Cooperating. Andra Johnson, decano de UF/IFAS Extension.