

El Mensaje de Conservación de las Instalaciones Restauradas del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical

Ariel E. Lugo y Jeannette Rullán¹

Resumen

Durante un periodo de aproximadamente 20 años, el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical y sus colaboradores desarrollaron e implementaron un plan de instalaciones que abarcaba tanto las instalaciones nuevas, como las restauradas. Entre las instalaciones restauradas, el edificio histórico de la sede institucional recibió una Certificación Dorada por Liderazgo en el Diseño de Eficiencia Energética y Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés) y felicitaciones de la Oficina Estatal de Preservación Histórica por la forma en que se llevó a cabo la restauración. Es inusual que los edificios históricos se certifiquen de esta manera. Las nuevas instalaciones, tanto en la sede institucional como en la Estación de Investigación de Campo de Sabana, mejoraron la capacidad del Instituto para cumplir con su misión, a la vez que mejoraron la seguridad y comodidad de los empleados en sus actividades diarias. El reciclaje de materiales durante la construcción y el rendimiento de las instalaciones respecto a los usos de aguas potables y pluviales, la energía y los materiales, ilustran la aplicación de la ética de conservación del Servicio Forestal y el mensaje que le ofrece al público como parte de su misión.

Palabras claves: Operaciones sustentables, edificio histórico, instalaciones para la investigación, infraestructura verde, arquitectura tropical.

¹ **Ariel E. Lugo** es el Director del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Calle Ceiba 1201, Jardín Botánico Sur, Río Piedras, PR 00926. **Jeannette Rullán** es Principal en la firma de arquitectos RMA Architects, P.S.C., P.O. Box 10992, Caparra Station, San Juan, PR 00922-0992.

Introducción

El 18 de julio de 2012, Tom Tidwell, Jefe del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, junto con Miguel Muñoz, Presidente de la Universidad de Puerto Rico, abrieron al público el edificio restaurado (Edificio del Instituto) de la sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (Instituto) (fig.1). El día anterior, el Jefe Tidwell inauguró la restaurada Estación de Investigación de Campo de Sabana (fig. 2). El 22 de mayo, empleados pasados y actuales del Instituto formalmente abrieron el estacionamiento verde y los techos verdes (fig. 3). Estas actividades, que formaron parte de las celebraciones del 75 aniversario del Instituto, pueden trazar el comienzo del Instituto en 1939, cuando se le conocía como la Estación Experimental de Bosques Tropicales (véase Wadsworth [1995] para un breve recuento de los primeros 50 años del Instituto). A continuación resumimos los eventos que llevaron a la restauración del Edificio del Instituto y presentamos una visión completa de las instalaciones del Instituto y cómo se convirtieron en parte del mensaje de conservación que el Servicio Forestal le transmite al público. Todas las fotografías en este informe fueron tomadas por María M. Rivera Costa.



Figura 1—Jefe del Servicio Forestal del USDA, Tom Tidwell, el Presidente de la Universidad de Puerto Rico, Miguel Muñoz, Dr. Frank H. Wadsworth, y el Director del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Ariel E. Lugo en el vestíbulo del restaurado edificio del Instituto.



Figura 2—Inauguración de la Estación de Investigación de Sabana el 18 de julio de 2012. De izquierda a derecha: Director Ariel E. Lugo, la ex Alcaldesa de Naguabo, Maritza Meléndez, Jefe Tom Tidwell y el Supervisor del Bosque, Pablo Cruz.



Figura 3—Director Ariel E. Lugo e Ingeniero Juan Vissepó en la apertura del Estacionamiento Verde y los Techos Verdes el 22 de mayo de 2013. Katie Frerker en bicicleta y un Volkswagen anaranjado del 1972 manejado por Skip Van Bloem fueron los primeros dos vehículos en usar el estacionamiento.

Una nota sobre las instalaciones

Las edificaciones modernas deben ser seguras y de acceso universal, especialmente para empleados que pasan mucho tiempo en ellas. Los edificios también deben ser cómodos y funcionales. En el caso de la restauración de las instalaciones del Instituto, los conceptos de acceso universal, seguridad y comodidad avanzaron dos pasos adicionales. Primero, las instalaciones de la sede del Instituto y la Estación de Investigación de Campo de Sabana se hicieron eficientes en el uso de energía y agua y, segundo, también se hicieron ambientalmente responsables al entorno local de su ubicación. Para la sede del Instituto, el entorno local incluye la cuenca del río Piedras, una cuenca urbana con un problema considerable de inundación (Lugo et al. 2013) y la ciudad de San Juan con un efecto de Isla de Calor cuantificable (Murphy et al. 2010, Velázquez Lozada et al. 2006). Por lo tanto, la restauración de las instalaciones en Río Piedras tenía como objetivo mitigar los problemas de inundaciones y los efectos de Isla de Calor. Adicionalmente, como se conoce poco sobre los estándares operativos de los techos verdes tropicales, el Instituto planteó el proyecto como una iniciativa de investigación.

El Edificio del Instituto es el edificio emblemático para el Servicio Forestal en Puerto Rico, y su imagen sirve como logo del Instituto (fig. 4). En el 2002, la Oficina Estatal de Preservación Histórica (SHPO, por sus siglas en inglés) determinó que la totalidad de los 14,431 pies cuadrados del Edificio del Instituto (1341m²) era elegible para incluirse en el Registro Nacional de Lugares Históricos. Desde un principio la idea de restauración se basó en la intención de que la reconstrucción daría paso a un proyecto de demostración de cómo unas instalaciones pueden mantener valores históricos siendo a la vez modernas y estar al día con los adelantos tecnológicos. De hecho, el Edificio del Instituto fue el primer edificio en solicitar certificación por Liderazgo en el Diseño de Eficiencia Energética y Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés) (fig. 5).

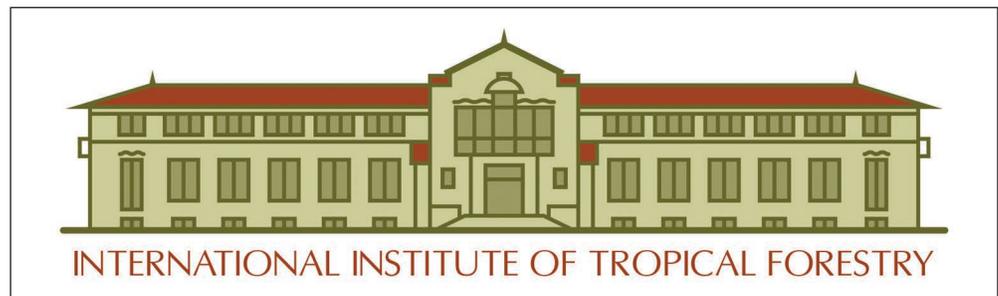


Figura 4—Logo del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical.



Figura 5—Vista desde el corredor del segundo piso del Edificio del Instituto con el encendido ganador de Liderazgo en el Diseño de Eficiencia Energética y Ambiental.

Más aún, el Instituto está conectado al Internet 2 de la Universidad de Puerto Rico y sirvió de demostración para el Servicio Forestal del uso de servidores independientes para el almacenamiento de datos y la tecnología inalámbrica. La investigación en el Instituto está a la vanguardia en varios campos científicos lo que incluye el cambio climático, percepción remota, la dinámica de cuencas hidrográficas tropicales y la ecología social. El Instituto también alberga la biblioteca Frank H. Wadsworth, que funciona como una biblioteca electrónica con conexión a otras bibliotecas a niveles nacional e internacional. A la vez, mantiene la colección más amplia de documentos en papel sobre bosques tropicales en el neotrópico.

La propiedad de Río Piedras

La sede del Instituto está ubicada en un terreno alquilado a la Universidad de Puerto Rico. La propiedad es una colina de 5.09 acres (2.06 ha) dentro de los predios del Jardín Botánico de la Universidad de Puerto Rico y la Estación Experimental Agrícola. El esquema del lugar antes de la restauración (fig. 6) incluía edificios demolidos, modificados o restaurados. La elevación en el sitio fluctúa desde 22 a 31 m sobre el nivel del mar. Los suelos están compuestos de arcillas expansivas impermeables. El tope de la colina se niveló para acomodar el edificio cuando se comenzó la construcción. La escorrentía desde la propiedad discurría por las laderas hacia las calles del Jardín Botánico para afluir por desagües pluviales, otros estanques del Jardín Botánico, dos arroyos sin nombres y luego en el río Piedras. El río Piedras recoge agua pluvial desde una cuenca de 49 km² dentro del municipio de San Juan. El río descarga en la bahía de San Juan después de su convergencia con el caño Martín Peña. Cuando el río está crecido, inunda las áreas bajas de la cuenca, lo que afecta vecindades residenciales, comerciales e industriales, así como la infraestructura de la ciudad.

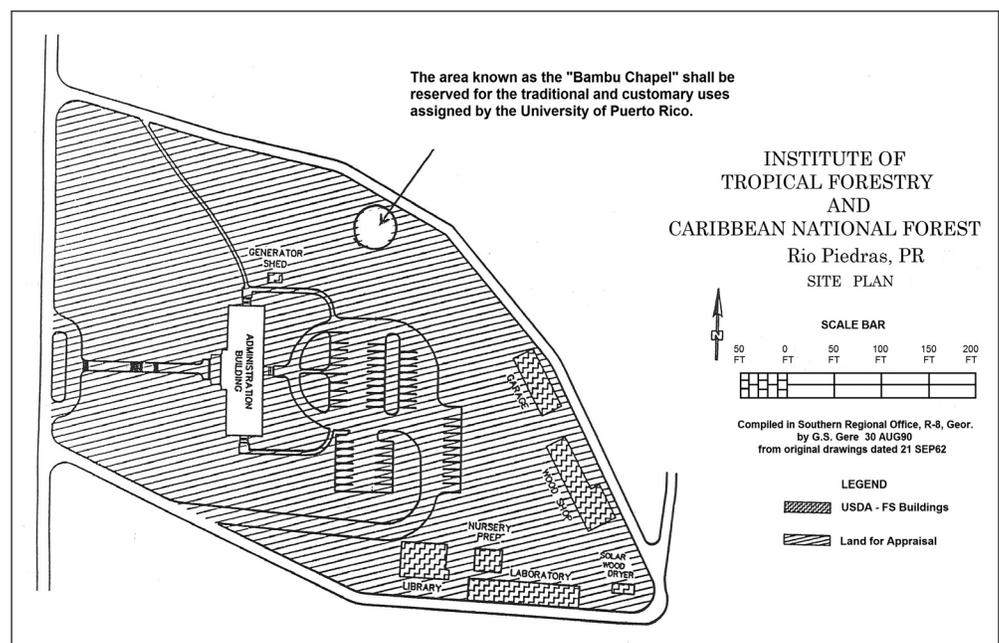


Figura 6—Distribución espacial de las instalaciones en la sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical antes de la restauración o el reemplazo de edificios.

Diseño original del edificio de la sede institucional

William Ellis (W. Ellis) Groben, un arquitecto del Servicio Forestal, diseñó el Edificio del Instituto en 1939 (fig. 7). La construcción comenzó en 1941 y se completó en 1942. Para seguir la tradición de otros notables profesionales del Servicio Forestal, Groben influyó en el enfoque de la agencia hacia el diseño con lo que se



Figura 7— Dibujo de la fachada del edificio firmado por W. Ellis Groben en 1939. El dibujo original está expuesto en el edificio del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical.

conocía como los “dictámenes Groben” y en 1940 distribuyó dentro de la agencia un informe titulado *Architectural trends of future Forest Service buildings*. En ese informe indicó que los diseños arquitectónicos deberían “...representar las tradiciones, ideales y propósitos del Servicio Forestal (p. 17).”

Groben abogaba por que se adaptara la arquitectura de los edificios a sus propósitos utilitarios y al medioambiente del lugar en que serían construidos. El

entorno arquitectónico a que se refería Groben para una agencia como el Servicio Forestal con su alcance nacional de operaciones incluía ambientes de praderas, desiertos, alpinos y boscosos. Groben creía en la planificación extensa en el diseño de un edificio, hasta incluir la orientación del edificio con respecto al sol y vientos predominantes, entre otros factores (fig. 8).



Figura 8—El diagrama de Groben sobre la orientación de edificios (Grosvenor 1999).

Hasta donde sepamos, el Edificio del Instituto fue el único edificio tropical que diseñó Groben,

pero es obvio que el Edificio del Instituto es un reflejo de su vocabulario para la arquitectura. La forma del portal principal, el uso de tejas en el techo, el diseño y despliegue de las ventanas son elementos recurrentes en la obra de Groben. Todos estos elementos también están presentes en sus diseños a lo largo de la nación. Un ejemplo destacado es el diseño de Groben para la Estación de Guardabosques de Pagosa Springs del Bosque Nacional San Juan en Colorado (Groverner 1999:24). Estas características incorporadas por Groben en el diseño del Edificio del Instituto tienen relevancia en la restauración de las instalaciones que emprendimos y hoy, todavía tienen efecto sobre la belleza y el funcionamiento del edificio.

Planificación para la restauración del edificio

Todas las unidades del Servicio Forestal desarrollan planes para las instalaciones y el Instituto no es una excepción. Durante los 1980, cuando el Instituto era parte de la Estación Experimental de los Bosques del Sur, el ingeniero Tom Chappell visitó Puerto Rico para desarrollar un plan maestro a largo plazo para el Instituto. Su trabajo se incluyó en la publicación *Integrated facilities master plan for Research, State and Private Forestry, and the National Forest System in Puerto Rico* publicada por la Región del Sur del Servicio Forestal en octubre del 1991. En aquel momento, Lugo se mostró escéptico ante el ejercicio ya que no podía visualizar la implementación de un plan tan extenso dentro del tiempo de su incumbencia en el Instituto. El plan incluía numerosas instalaciones nuevas para la sede institucional (fig. 9) y la Estación de Investigación de Campo de Sabana localizada en el Bosque Experimental de Luquillo, conocido también como el Bosque Nacional El Yunque. Resultó que en 1990 el Congreso de los Estados Unidos de América pasó la Ley Agrícola que autorizaba la existencia del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical y el Instituto se convirtió en una unidad independiente dentro del Servicio Forestal. El Instituto pudo contratar su propio ingeniero, Juan Vissepó. Durante los próximos 20 años, Juan Vissepó implementó el plan en su totalidad, para convertir el Instituto en una de sólo dos unidades en la agencia que realmente completó un plan maestro para instalaciones.

Juan Vissepó tuvo la habilidad de anticipar las futuras mejoras necesarias para las instalaciones, visualizar su utilización para el Instituto y conseguir los fondos necesarios para la construcción. Tomó ventaja de los reglamentos para acceso universal y la seguridad obligados por la Ley de Estadounidenses con Discapacidades del 1990. Proponer proyectos pequeños y de bajo costo formó parte de la fórmula de Juan para atraer al Instituto fondos para la construcción. Los proyectos se discutían con empleados del Instituto, quienes sugerían ampliaciones o modificaciones que iban más allá de las perspectivas de acceso universal y la seguridad. Al hacerlo, el producto final de la restauración de las instalaciones superó lo que se consideró al

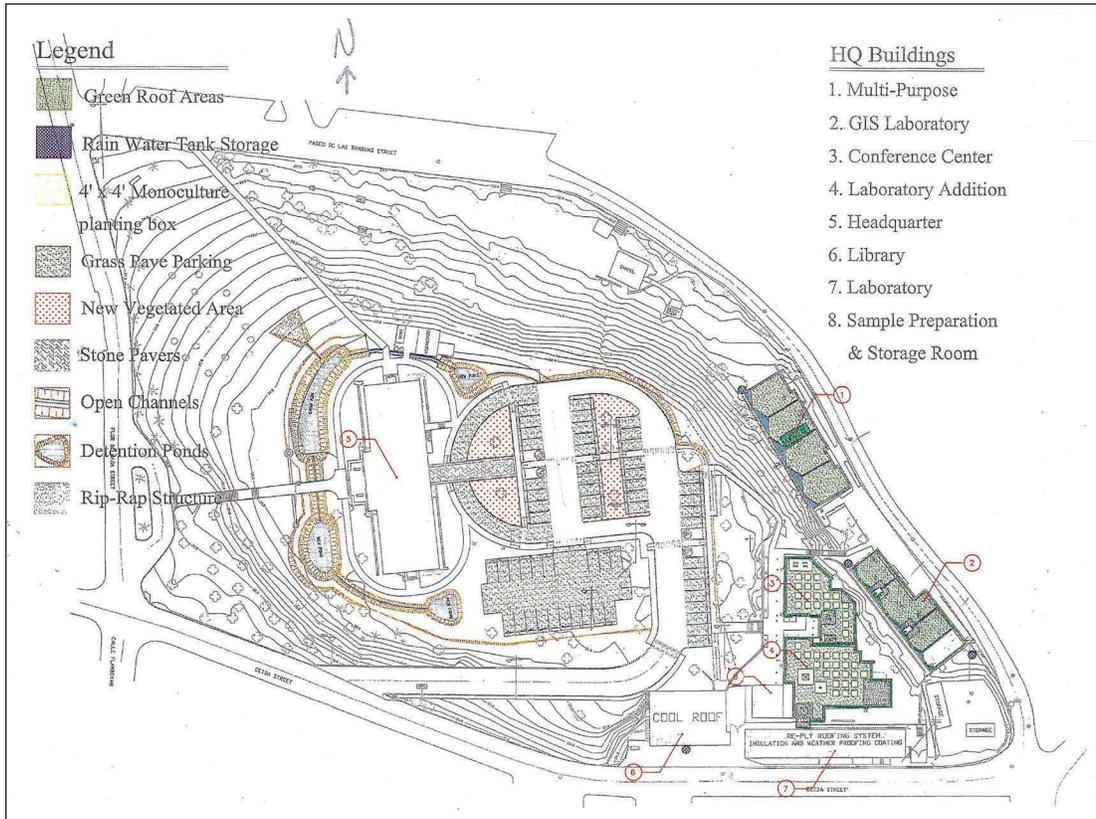


Figura 9—Distribución de espacio de las instalaciones actuales, estacionamiento verde y techos verdes en la sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical.

principio cuando se basó sólo en conceptos de reglamentación. Vissepó también estableció colaboraciones duraderas con otros profesionales que se convirtieron en colaboradores claves en la restauración de las instalaciones del Instituto en la sede y en la Estación de Investigación de Campo de Sabana.

Estos colaboradores del Servicio Forestal y del sector privado incluyeron al Arquitecto Regional para la Región 8, Maurice Hoelting; Jerry Carlson, inicialmente el Ingeniero de la Estación de Investigación del Sur y luego pasó a ser el Ingeniero para la Oficina de Investigación y Desarrollo en Washington; la arquitecta Jeannette Rullán, principal en la firma RMA Architects, PSC²; y el Ingeniero de la Estación de Investigación del Sur, Mark McDonough. El Ingeniero Regional de Instalaciones en la Región 8 Peter LaShoto y el Ingeniero de Sistemas de Edificaciones en la Región 8 Jack Vithayapun apoyaron a estos colaboradores principales. LaShoto ofreció asesoramiento en asuntos referentes al programa de LEED y Vithayapun diseñó el sistema de aire acondicionado *Fresh-Air*.

² El uso de marcas o nombres comerciales en esta publicación sirve como información para el lector y no significa endoso por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de ningún producto o servicio.

Varios funcionarios a cargo de contratos en el Servicio Forestal y empleados administrativos del Instituto prestaron apoyo a los arquitectos e ingenieros que trabajaron en el diseño y supervisión de la restauración de todas las instalaciones del Instituto. Estos incluyen los oficiales de contratación para la Región 8 Marcia O'Connor, Christy Smith y Cassandra Caey 8; oficial de contratación para el Forest Products Laboratory Mike Belovsky; y el especialista en contratación para la Región 6 Dan Mayer. Dentro del Instituto se estableció un equipo de apoyo administrativo que incluyó a la especialista en contratación Amelia Dávila; la agente de compras Yolanda Padilla; la oficial de presupuesto Rosa Ávila; la recepcionista Maricarmen Parrilla; y en la etapa posterior del proyecto, el oficial administrativo del Instituto Adolfo Menéndez. El Instituto también tenía otros tres ingenieros en los proyectos de construcción: Marivel Cano quien se enfocó en la construcción en la Estación de Investigación de Campo de Sabana; Celso Ruiz, un ingeniero aprendiz; y Guillermo Aponte, un Ingeniero Civil de la Región 8 asignado el Bosque Nacional El Yunque.

Este grupo de profesionales excelentes, que trabajó en combinaciones diferentes por los últimos 20 años, diseñó y construyó un Laboratorio de Química nuevo (completado en octubre del 2001), un Edificio Multiuso con un gimnasio moderno para empleados (completado en abril del 2005), un Centro de Conferencias de Transferencia de Tecnología,³ (completado en septiembre del 2003) y un Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) y Percepción Remota, inaugurada por la entonces Jefe Asociada Sally Collins el 26 de agosto de 2004. En adición, un antiguo estacionamiento y un edificio que incluía una cafetería, se renovaron para establecer la biblioteca del Instituto nombrada Frank H. Wadsworth, inaugurada el 29 de mayo del 1996 por el Jefe del Servicio Forestal, Jack Ward Thomas. Esta biblioteca se renovó en el 2011 para convertirla en una más eficiente en el uso de la energía.

Notablemente, no fue hasta el 2002 que tuvimos planes extensos para la restauración del Edificio del Instituto. Aunque el concepto de mejorar el acceso universal al Edificio del Instituto y ampliar las instalaciones en Río Piedras había sido incluido en el plan maestro de instalaciones integradas de la Región del Sur, la idea de restaurar el edificio se desarrolló lenta y fortuitamente. Por ejemplo, en los 1990, algunas de las tejas del techo del edificio del Instituto habían caído de la fachada al oeste, justo frente a la puerta de la entrada principal del edificio. Esto nos obligó a clausurar el acceso al edificio por esta puerta y no fue hasta el 2012 que se usó esa entrada (fig. 10). Todo acceso peatonal al edificio se hacía a través de la entrada al este del edificio, frente al estacionamiento.

³ Hemos propuesto que este edificio lleve el nombre de José Marrero, el primer científico puertorriqueño en el Instituto.



Figura 10—Por muchos años la puerta de entrada principal este del Edificio del Instituto permaneció cerrada al paso peatonal. En esta foto del 2012, las antiguas astas que iniciaron la conversación sobre la restauración del edificio yacen sobre el suelo y las nuevas han sido instaladas.

La reducción de personal significó la pérdida de la capacidad del Instituto para izar y arriar las banderas diariamente. El historiador y empleado del Instituto, Carlos Domínguez Cristóbal, levantó la preocupación del honor que se le debería rendir a las banderas e indicó que el Código de la Bandera de los Estados Unidos requería que si las banderas habrían de permanecer izadas durante la noche, tendrían que estar iluminadas. Lugo le pidió a Juan Vissepó que se encargara del asunto y él sugirió que deberíamos pintar el edificio a la misma vez que se implementara la solución eléctrica de iluminar las banderas. Pronto nos enteramos que para pintar el edificio tendríamos que remover la pintura de plomo vieja; cosa que requería de un procedimiento especial. También, debido a que el edificio tenía más de 50 años, remover la pintura y luego pintar de nuevo necesitaría permisos adicionales. Se necesitaba un permiso para remover y deshacerse de la pintura de plomo, otro para pintar el edificio histórico y otro de la Universidad de Puerto Rico, donde ubicaba el edificio. También se necesitaban permisos de construcción del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Por otra parte, SHPO necesitaba un estudio “del estado según comprobado” en cumplimiento con la Sección 106 de la Ley Nacional de Preservación Histórica antes de considerar nuestra solicitud de un permiso para pintar el edificio. Se contrató a Jeannette Rullán para desarrollar el análisis histórico y presentarlo a SHPO en cumplimiento con la Sección 106, tanto para el Instituto como para la Estación de Investigación de Campo de Sabana, donde también teníamos intención de restaurar un edificio histórico y ampliar las instalaciones.

En algún momento durante el proceso laberíntico de solicitudes y aprobaciones de permisos, Juan Vissepó sugirió que se restaurara el Edificio del Instituto en

su totalidad, incluso las tejas del techo, (fig. 11) y convertir el edificio en uno de eficiencia energética así como con acceso universal, ya que hasta ese momento no lo era. Dedujo que sería mejor hacer un estudio completo con todas las posibilidades de restauración para SHPO. Tal nivel de trabajo necesitaba de más estudios y mayor participación profesional en el diseño. El Instituto identificó y contrató a Jeannette Rullán como la planificadora global del proyecto de restauración del Edificio del Instituto. Richa Wilson, arquitecta en las oficinas del Servicio Forestal en Washington, fue instrumental en verificar el análisis histórico preparado por RMA Architects, P.S.C. para el Edificio del Instituto y la Estación de Investigación de Campo de Sabana. También acordamos solicitar una certificación LEED de plata para el Edificio del Instituto.

En el 2002, RMA Architects, P.S.C. preparó y presentó para la evaluación de SHPO la documentación sobre el Edificio del Instituto. Los hallazgos del informe indican que el Edificio del Instituto es el único edificio en el complejo de la sede institucional que ha mantenido su integridad estructural y arquitectónica. El Edificio del Instituto plasma las características propias del estilo de arquitectura neocolonial española. Es históricamente significativo por su asociación con la presencia del Instituto en la Isla y las contribuciones significativas del Instituto, en términos generales, a nuestra historia. En el 2002, SHPO decidió que la totalidad de los 14,431 pies cuadrados del Edificio del Instituto (1,341m²) era elegible para incluirse en el Registro Nacional de Lugares Históricos.



Figura 11—Restauración de las tejas del Edificio del Instituto. Noten las nuevas ventanas.

En el 2004, SHPO aprobó el proyecto de restauración y dijo “Nuestra oficina se complace en recibir y analizar proyectos que cumplen con los estándares de restauración establecidos por la Secretaría de lo Interior, por medio de la reparación; hace posible y eficiente el uso contemporáneo a la vez que preserva esas porciones y características de la propiedad significativas por sus valores históricos, arquitectónicos y culturales. Esta iniciativa es un buen ejemplo de esa práctica.” En enero del 2005, el Instituto inscribió el proyecto con el Concilio de Edificios Verdes de los Estados Unidos (USGBC, por sus siglas en inglés), convirtiéndose en el primer proyecto LEED inscrito en el Caribe.

En el 2007 una baliza luminosa para las astas, que gira conforme a la posición de la bandera y que sólo ilumina la bandera izada, fue instalada para reducir los efectos de la luz hacia el cielo, para así cumplir con reglamentos. Este trabajo exigía que el asta casero tuviera que sustituirse por un asta que aceptara la baliza luminosa. Además, ya para julio del 2007 se había removido todo material nocivo y se comenzó a pintar el edificio.

El ingeniero Vissepó también sugirió que convirtiéramos el estacionamiento a uno que retuviera el agua y a los techos más eficientes en energía. Esto requería desarrollar un sistema de recolección de agua de lluvia, control de aguas pluviales en el sitio e implementación de techos verdes con vista a la eficiencia energética. RMA Architects, P.S.C., con la ayuda de la arquitecta paisajista Linda Barfield preparó un diseño conceptual para el manejo de agua en el sitio. RMA Architects, P.S.C. contrató los servicios de Gregory L. Morris para llevar a cabo un estudio hidrológico e hidráulico para manejar todas las aguas pluviales dentro del sitio. Esto resultó ser un reto mayor debido a la poca permeabilidad del suelo arcilloso. No teníamos idea de dónde saldrían los fondos para estos proyectos, pero tan pronto tuviéramos fondos queríamos estar preparados para actuar rápidamente con todo ya planificado y listo para el proceso de contratación.

En el 2008, la Ley de Recuperación y Reinversión de los Estados Unidos fue decretada por el Congreso de los Estados Unidos y el Instituto sometió propuestas para varios proyectos, incluso la restauración del Edificio del Instituto (fig. 12), los techos verdes de la sede institucional (fig. 13), un estacionamiento verde (fig. 14) y la restauración y construcción de un dormitorio nuevo (fig.15) y laboratorio de investigación en la Estación de Investigación de Campo de Sabana (fig. 16). El Instituto recibió fondos para lo que luego se convirtió en el programa de construcción más grande bajo la Ley del 2008 de todas las estaciones de investigación del Servicio Forestal. Este financiamiento nos encaminó hacia la implementación de todos los planes ideados para el Instituto.



Figura 12—Restauración del Edificio del Instituto.



Figura 13—Preparación del techo verde para sembrar el material de vegetación verde para el laboratorio de Sistema de Información Geográfica y de Percepción Remota.



Figura 14—Progreso del trabajo preparativo en el estacionamiento verde.



Figura 15—Nueva instalación de dormitorio en la Estación de Investigación de Sabana después de construcción.



Figura 16—Restauración y construcción del laboratorio de investigación en la Estación de Investigación de Campo de Sabana.

En el 2009, el Instituto contrató la firma de RMA Architects, P.S.C. para preparar los planos de un proyecto verde que incluiría techos verdes, manejo de aguas pluviales en el sitio y la recolección de agua de lluvia. En el Caribe no había información técnica sobre techos verdes de manera que el proyecto se diseñó como un proyecto de investigación-experimento para obtener conocimiento empírico que pudiera ser de beneficio al público y a la comunidad científica. El ingeniero Juan Vissepó consiguió fondos adicionales de la división de Investigación y Desarrollo del Servicio Forestal para comprar e instalar sensores que recopilarían datos de los techos verdes. El especialista en techos verdes, David L. Aponte Dones, presidente de Puerto Rico Green Design, Inc., fue instrumental en el diseño y construcción de los techos verdes y Jorge Torres Scandali en el diseño del sistema de recolección de agua pluvial. Nick Smith de ZinCo USA Firestone Waterproofing Products y Peter Philippi de Rooflite también contribuyeron a estos proyectos. Pedro Cortés & Asociados, una firma de ingenieros civiles, preparó los documentos de construcción para las mejoras al sitio identificadas en el estudio hidrológico preparado por la oficina de Greg Morris. Pedro Cortés trabajó con Tatiana Proctor de la oficina de Greg Morris para afinar el trabajo propuesto que incluía estacionamiento verde, nivelación y el sistema de recolección de agua pluvial y retención que se contemplaron en el estudio hidrológico revisado emitido en el 2010.

Juan Vissepó y el arquitecto Maurice Hoelting fueron instrumentales en la coordinación y actualización de los planos y especificaciones del proyecto con nueva tecnología y en la búsqueda de alternativas para bajar los costos del proyecto de restauración. Trabajaron con el ingeniero Jack Vithayapun para re-diseñar el sistema de aire acondicionado ya que el mismo formaba gran parte de la totalidad del costo del proyecto. El diseño remodelado del aire acondicionado es de eficiencia energética, bajo costo y al deshumidificar a un 50 por ciento, ha mejorado la calidad del aire y la comodidad de empleados y visitantes. Además, el esquema del diseño de flujo de aire de retorno permite que espacios no acondicionados se sientan acondicionados para lograr comodidad a lo largo del edificio.

Características de los techos verdes

Se instalaron 12,600 pies cuadrados (1,171 m²) de techos verdes en cuatro edificios de la sede institucional: el Laboratorio de GIS y Percepción Remota, el Anexo del Laboratorio de Química (fig. 17), el Centro de Conferencias de Transferencia de Tecnología y el Edificio Multiuso (fig. 18). Antes de construir los techos verdes, todos los techos del Instituto contaban con techos frescos, salvo el antiguo laboratorio de química y el Edificio del Instituto. Por lo tanto, los techos verdes se instalaron encima de techos frescos (fig. 19). Los techos de los laboratorios de GIS y Percepción Remota y de Química se subdividieron en siete secciones separadas de techos verdes y una sección de techo fresco. Para los techos frescos se utilizó una



Figura 17—Techos verdes del Centro de Conferencias de Transferencia de Tecnología.



Figura 18—Techos verdes del laboratorio de Sistema de Información Geográfica y de Percepción Remota.



Figura 19—Disposición de materiales sobre los techos frescos como preparación para el techo verde del laboratorio de Sistema de Información Geográfica y de Percepción Remota.

membrana de monómero de etileno propileno dieno (MEPD) para aislar el techo y aumentar el reflejo. En los techos verdes, se instalaron membranas MEPD negras sobre los techos frescos. Estas membranas tienen un grosor de 90 mil o 2.29 mm. Los techos verdes fueron diseñados y mantienen las normas establecidas por la Asociación Nacional de Contratistas de Techos, el Método Estándar de los Estados Unidos para Evaluar Materiales (techos verdes para ciudades saludables) y las pautas alemanas FLL para la planificación, realización y mantenimiento de las áreas con techos verdes. El proyecto incluía una capa sobre el techo fresco de retención/protección para la humedad, una hoja de filtraje, un medio de cultivo y material vegetal, un sistema de recolección de agua lluvia, monitorización y mantenimiento.

La capa de retención/protección para la humedad sirvió de protección al impermeabilizar el techo. La capa consistía de material confeccionado de fibra reciclada imputrescible para la retención de agua y nutrientes y para su protección. El grosor de esta capa era de 0.2 pulgadas (5 mm), un peso de 0.1 lb/pulgada² (470 g/m²), una capacidad de retención de agua de aproximadamente 0.12 gal/pie² (5 L/m²), resistente al bitumen y biológica y químicamente neutral. El sistema de drenaje era de polietileno reciclado con abrevaderos retenedores de agua y aperturas para la ventilación y evaporación. El sistema de drenaje también contenía un canal de desagüe en la parte inferior. El sistema es resistente al bitumen y resiste compresión a más de 24.7 lb/pulgada² o 170kN/m² (1.73 kg/cm²). La capacidad para retención de agua es de aproximadamente 0.1 gal/pie² (4 L/m²), altura de aproximadamente 1.6 pulgada (40 mm) y peso de aproximadamente 0.5 lb/pie² (2.2 kg/m²).

Una capa de filtraje sirve de aislamiento entre el sub-piso del sistema de techo verde y el medio de cultivo (tierra). Este material está hecho de polipropileno termal consolidado imputrescible. Cuando hay una columna de agua de 4 pulgadas (10.16 cm) la tasa de flujo de agua es de aproximadamente 228 gal/minutos por pies² (155 L/m²s). El tamaño de la apertura es d90% (110 μm) con un peso de aproximadamente 0.02 lb/pie² (100 g/m²). Se utilizó suelo ligero (Rooflite A) como medio de cultivo, una mezcla de material ligero no-orgánico y materia orgánica. Rooflite A está diseñado para reducir el proceso de compactación, proveer conductividad hidráulica y establecer un balance entre el agua y el aire para asegurar el arraigo de las plantas. Se seleccionaron 22 especies y se sembraron cerca de 16,000 plántulas. La profundidad del suelo variaba a lo largo de los techos de manera que se pudiera analizar los efectos del volumen de tierra frente al comportamiento del techo. Las profundidades incluyeron 2, 3, 4, 5, 6, 8, y 10 pulgadas (5.1, 7.6, 10.2, 12.7, 15.2 y 20.3 cm, respectivamente). Como barrera de protección se utilizó una formada de piedra pómez importada desde México.

El sistema de recolección de agua pluvial consistía de un sistema de drenaje, bombas y cisternas (fig. 20). El drenaje traslada toda el agua de lluvia desde el techo hacia dos cisternas de 2,400 galones o dos de 1,000 galones (9,085 o 3,785 L, respectivamente) (el tamaño depende del área del techo) ubicadas a los lados de los edificios. La capacidad total para almacenaje de agua de las cuatro cisternas es 6,800 galones (25,738 L). Cuando están llenas, el desborde de las cisternas fluye hacia las franjas verdes circundantes. Las cisternas están equipadas de tal manera que se puede utilizar el agua para la jardinería y la limpieza general en el Instituto. Además, una bomba eléctrica de $\frac{3}{4}$ hp puede retornar el agua desde las cisternas al techo donde un sensor de humedad en el suelo indicaría la falta de agua para las plantas en el techo verde. El mantenimiento conlleva deshierbar, mantener el equipo y el funcionamiento general de los techos. El sistema de monitorización se describe después.



Figura 20—El sistema de recolección pluvial del techo ubicado de la biblioteca Frank H. Wadsworth. La foto exhibe la tubería de desagüe desde el techo a la cisterna azul, la bomba que devuelve el agua hacia el techo durante sequías y la cisterna azul donde se almacena el agua.

Características del estacionamiento verde

El objetivo de este proyecto para el Servicio Forestal era demostrar que el agua lluvia puede manejarse en el sitio, aún bajo las peores condiciones de suelo. Además, el proyecto pretendía demostrar estrategias de diseño que pueden reducir el efecto de Isla de Calor y la contaminación lumínica.

El estacionamiento de 3,951 m² se diseñó como un sistema hidrológico que detiene, sin producir escorrentía, toda la lluvia producida en un evento de lluvia de 1 pulgada (25.4 mm) por 24 horas. Se diseñó el estacionamiento para que no se produjera escorrentía para 89 por ciento de los días lluviosos del año. El diseño sobrepasó los requisitos de la Reglamentación Número 3 de la Junta de Planificación del Estado Libre Asociado de Puerto Rico que estipula que la escorrentía después de construcción no podrá ser mayor a la producida antes de construcción. La Tabla 1 demuestra la descarga pico en los límites aguas abajo del estacionamiento. La descarga en los límites aguas abajo del proyecto no significa que la descarga saldrá fuera de nuestra propiedad ya que más allá del punto de descarga del sistema del estacionamiento se encuentra una hondonada sobre una pendiente en los terrenos del Instituto por donde pasa la escorrentía. Esta última hondonada también infiltra y evapora el agua antes de que eventualmente discurra fuera de la propiedad. Más aún, se diseñó para que todos los días, media pulgada (12.7 mm) de agua de lluvia se atrapa y fuera tratada por el sistema. Este nivel de lluvia es el límite más allá de donde se produce escorrentía dentro del sistema. El agua atrapada es agua tratada ya que no produce escorrentía ni sedimentos y como resultado, produce agua de una gran calidad. El nivel de 100 por ciento de captura y tratamiento ocurre todos los días, salvo por un 5 por ciento de los días lluviosos del año cuando ocurren eventos de mayor precipitación.

Tabla 1—Pico de descarga del sistema hidráulico del estacionamiento en los límites del sistema aguas abajo

Condición	Pico de Descarga (pies ³ /s)		
	2-años	25-años	100-años
	<i>Cubic feet per second</i>		
Antes del Proyecto	2.2	4.9	6.5
Después de Construcción	1.6	3.2	5.6
Por ciento de Reducción	27	35	14

Los componentes del sistema del Estacionamiento Verde (véase fig. 9) incluyen áreas verdes para estacionamiento, dos hondonadas con vegetación, aceras y carriles de concreto para tránsito, canales de agua abiertos, cuatro charcas de retención (fig. 21) y una capa disipadora de grava (fig. 22). Esta capa está localizada a la salida del sistema sobre la última pendiente con vegetación para ayudar a reducir la erosión y permitir la infiltración de cualquier exceso de agua pluvial. Las superficies en concreto de los carriles de tránsito y las aceras del estacionamiento producen escorrentía y reflejan mejor la luz que los bituminosos originales, para reducir así el efecto de Isla de Calor. Las áreas verdes y las hondonadas con vegetación



Figura 21—Construcción de las aceras de concreto, canales abiertos y charcas de retención frente al Edificio del Instituto. El sistema de salida es la caja de concreto a la extrema derecha. El color rojo del agua se debe al sedimento producido durante la construcción. El cubo de mármol al centro de la foto es un monumento calibrado con las coordenadas de posición geográfica de este lugar. El nombre del monumento en español es Monumento Conmemorativo de los 100 años y Punto de Control Geodésico de Alta Precisión.



Figura 22—Salida para el sistema hidrológico del Estacionamiento Verde. Las piedras disipan la energía de las aguas salientes antes de que fluyan hacia abajo por el césped, que sirve de hondonada verde que absorbe y evapora el agua.

absorben la luz solar e infiltran la lluvia, para también contribuir a la reducción del efecto de Isla de Calor y la escorrentía desde el estacionamiento.

El sistema de escorrentía del estacionamiento ha sido diseñado para canalizar las aguas de escorrentía hacia canales de recolección en la periferia del estacionamiento y dirigir estas aguas a las charcas de retención conectadas entre sí. Las paredes de concreto evitan que el agua se vierta fuera de la propiedad. Las aguas de escorrentía del estacionamiento sólo fluyen a través del sistema de canales hacia las charcas de retención y entonces a la capa disipadora para desde allí llegar a la hondonada de vegetación frente al edificio. Cuando se llenan las charcas de retención, se vierten sobre una estructura que conecta a la capa disipadora y a la hondonada con vegetación en la pendiente frente a la propiedad. Las charcas de retención también reciben escorrentía desde el techo y las áreas aledañas al Edificio del Instituto. Las superficies que reciben flujo rápido hacia las charcas y fuera del sistema hacia la pendiente de las hondonadas están bordeadas de piedras para reducir la erosión.

Para reducir la contaminación lumínica, se modificaron las luminarias exteriores antiguas para obtener reducción en el deslumbre, retroiluminación y en el reflejo hacia arriba de la luz. Se hizo lo mismo para las nuevas luces de seguridad y las balizas de las banderas iluminan hacia abajo, para iluminar solamente las banderas.

Pared verde

El 5 de julio del 2011, Mary Jeane Sánchez, encargada del Laboratorio de Química del Instituto, propuso la idea de construir una pared verde entre el Laboratorio de Química y el Centro de Transferencia de Tecnología (fig. 23). La pared se diseñó e instaló por la compañía Flower Box of Puerto Rico en agosto del 2011. El sistema consiste de un substrato compuesto de material reciclado y un sistema automático de riego. El objetivo inicial era que las plantas (bromelias y helechos) delectaran las iniciales del Instituto (IITF) pero se descartó la idea debido a que se esperaba que el costo de mantener control de la sucesión de plantas (helechos que desplazarían las bromelias) pudiera ser muy alto. Escogimos la opción de menos mantenimiento que permitía la expansión de los helechos y el resultado ha sido un espacio vertical de helechos y otras plantas que ocupan menos espacio en la pared. Este fue el primer esfuerzo del Instituto de utilizar la vegetación en las superficies de los edificios para reducir la temperatura interna y por motivos estéticos.



Figura 23—La pared verde entre el Laboratorio de Química y Conferencias de Transferencia de Tecnología se instaló en julio del 2011. Véase el contraste entre la siembra original (a) y la actual (b).

Reciclaje

La restauración del Edificio del Instituto utilizó el 98 por ciento de todos los elementos estructurales y 78 por ciento de elementos no-estructurales del edificio. Sin embargo, el 22 por ciento de los elementos internos removidos se donó, reusó o recicló de manera tal que minimizara la participación de empleados del Instituto. Por tanto, la estrategia de reciclaje que se utilizó en las áreas de construcción de Río Piedras y Sabana minimizó los costos de seguros y demolición, así como los de acarreo y vertederos (fig. 24). Hasta donde conocemos, es la primera vez que se utiliza la iniciativa de donar materiales para reducir el acarreo de desechos y su disposición en vertederos. No obstante, demostró ser económicamente beneficioso tanto para la agencia como para las entidades benéficas.

Los siguientes ejemplos ilustran el esfuerzo de reciclaje (tabla 2). Se volvió a utilizar la madera en la construcción; algunos cables eléctricos se utilizaron de nuevo en el edificio; las ventanas de aluminio se reciclaron a través de un programa comercial; se donaron los techos acústicos; las lámparas se donaron, usaron de nuevo o reciclaron; se donaron los aires acondicionados; la tierra que se excavó para el hueco del ascensor se usó como relleno en la construcción; el concreto que se removió antes de excavar el hueco para el ascensor se trituró y utilizó por la familia de Luis Álvarez Ruíz; y las antiguas astas se donaron al Centro de Diagnóstico y Tratamiento en Luquillo. La Universidad de Puerto Rico recibió equipo de aire acondicionado, mobiliario y la unidad central de aire acondicionado. La escuela Abraham Lincoln de Corozal recibió mobiliario y techos acústicos. La Oficina para el Manejo de Emergencias del Municipio de Río Grande recibió equipos



Figura 24—Edificio del taller de carpintería en la Estación de Investigación de Sabana durante el proceso de demolición y reciclaje.

Tabla 2—Materiales donados o reciclados como parte del al restauración del Edificio Principal de la Sede Institucional y la Estación de Investigación de Sabana del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical

Material Donado o Reciclado	Organización Receptora
Mobiliario y plafones	Esc. Abraham Lincoln—Corozal
Mobiliario y A/C de pared	Esc. Manuel López Cepero—Río Piedras
Plafones, A/C de pared y mobiliario	Manejo de emergencia—Río Grande
Mobiliario, A/C pared, puertas cristal	UPR—Servicios Generales
Plafones y varetas de aluminio	Hogar Rafaela Ybarra—Río Piedras
Plafones	Iniciativa Comunitaria—San Juan
A/C de pared	Iniciativa Comunitaria—Juncos
Cortinas verticales, puertas, abanicos de pared	Reciclaje—Municipio de Las Piedras
A/C de pared, lámparas, Abanico techo, mobiliario	Alcaldía—Municipio de Las Piedras
Mobiliario	Esc. Benito Medina—Las Piedras
Astas de las banderas	CDT—Luquillo
Material de aprovisionamiento	Alcaldía—Las Piedras
Mobiliario Laboratorio en Sabana	Esc. Mata de Plátano
Taller de carpintería de Sabana	Cooperativa de Villa del Sol—Toa Baja
Equipos electrónicos	Se recicló con Ecologic—Quebradillas
Ventanas de aluminio	Se recicló con Borinquen Metal—Santurce

A/C = aire acondicionado.

de aire acondicionado, techos, puertas en madera, marcos de puertas, puertas de cristal y cortinas.

Un ejemplo de reciclaje que se destacó fue la reubicación del Edificio del Taller de Carpintería en la Estación de Investigación de Campo de Sabana; una estructura de madera que por décadas se utilizó por el Bosque Nacional y el Instituto. En el 2010, los empleados del Instituto celebraron las fiestas de fin de año en esa estructura. Después de esa actividad la estructura completa fue movida por una cooperativa comunitaria a Toa Baja, Puerto Rico donde se utilizaría como un centro comunitario para la comunidad Villa del Sol.

El reciclaje de materiales de construcción se llevó a cabo a través del programa de reciclaje del Instituto encabezado por Maribelís Santiago Márquez, química del Instituto. Por más de una década, el Instituto ha reciclado papel, cartuchos de tinta, cartón, aluminio, baterías, directorios telefónicos, teléfonos celulares, espejuelos, bombillas fluorescentes, aceite de motor, equipo electrónico, material vegetal para compostas orgánicas y residuos peligrosos. El programa también coordinó la donación y distribución de juguetes para el Día de Reyes. Los empleados del Instituto, en colaboración con la Universidad de Puerto Rico y otras instituciones gubernamentales y no-gubernamentales llevan a cabo el programa de reciclaje.

Celebramos una ceremonia especial para disponer de las antiguas banderas de los Estados Unidos y Puerto Rico. Seguimos el protocolo de banderas según se estipula en el Código de la Bandera de los Estados Unidos y el Reglamento 5282 del 3 de agosto del 1995 del Departamento de Estado de Puerto Rico. El protocolo exige una ceremonia solemne, digna y privada para disponer de las banderas y utilizamos el método de entierro. El mismo se hizo frente a la Biblioteca Frank H. Wadsworth (figs. 25a y 25b).

Una larga espera

La construcción de todas las instalaciones tomó casi 6 años. El retraso significativo se debió a muchos factores entre los cuales se encuentran financiamiento, contratación, cumplimiento por parte de contratistas y la compra de ventanas (fig. 26).

Durante la evaluación de la Sección 106, SHPO había autorizado que el Instituto reemplazara las ventanas de madera por otras más duraderas siempre y cuando se mantuviera el diseño histórico original. Uno de los requisitos para la certificación LEED es que las ventanas tienen que cumplir con el Manual de la Asociación Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aires Acondicionados (ASHRAE 90.1, por sus siglas en inglés) y estar certificadas por el Consejo Nacional de Clasificación de Ventanaje (NFRC, por sus siglas en inglés). No existían fabricantes en Puerto Rico, a nivel nacional, ni en Europa que pudieran

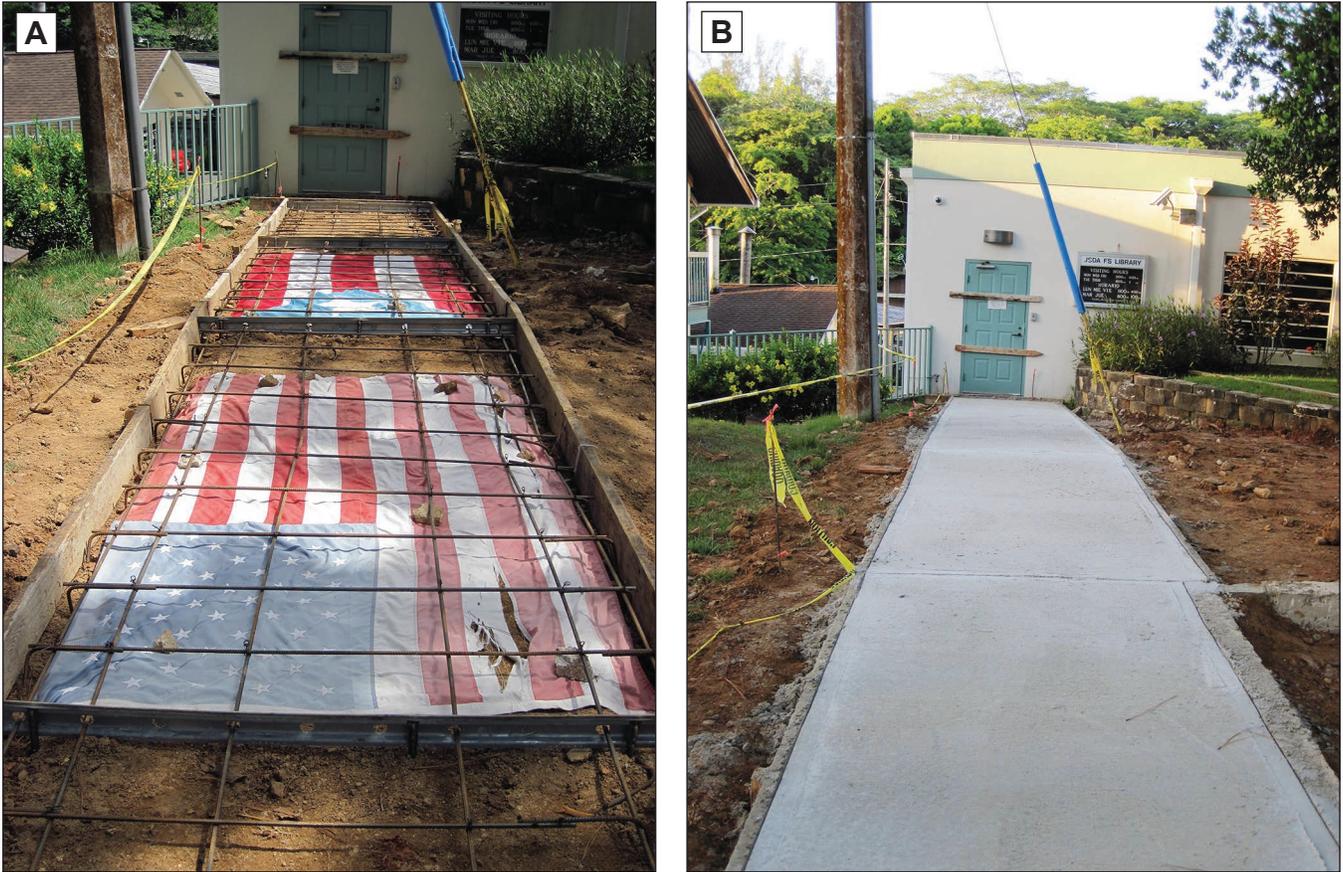


Figura 25—Enterramiento de las banderas de los Estados Unidos y del Estado Libre Asociado de Puerto Rico en el camino que llega a la biblioteca Frank H. Wadsworth durante (a) y después (b) del proceso.



Figura 26—Progreso de la construcción en el Edificio del Instituto.

proveer ventanas certificadas por NFRC con las proporciones históricas y el diseño original del Edificio del Instituto. A través del Capítulo del Caribe del USGBC, Jeanette Rullán coordinó un seminario al que se le invitó a todos los fabricantes de puertas y ventanas en la isla para que conocieran los nuevos códigos y cómo solicitar certificación NFRC para sus productos. Este esfuerzo no tuvo éxito ya que las prácticas de edificios verdes no se conocían o se consideraban costosas e innecesarias.

Paul Lambert, director de Storm King Windows & Doors, Inc., acordó fabricar una ventana a la medida para el Instituto. Debido a que las secciones de sus ventanas no podían alcanzar las proporciones originales, Paul Lambert viajó a Europa varias veces para encontrar piezas que se pudieran ensamblar para alcanzar esas proporciones necesarias. La compañía Storm King Windows & Doors, Inc., no tenía la capacidad para preparar bocetos de diseños, de manera que RMA Architects prestó el apoyo necesario. El proceso fue uno largo y a base de ensayos y errores hasta que se logró el diseño final. Storm King Windows & Doors, Inc., reforzó con persianas de aluminio los tubos de PVC para simular el diseño original de las ventanas y se construyeron las ventanas y puertas del exterior en Ciales, Puerto Rico. Las ventanas están certificadas por NFRC y son altamente eficientes en energía (fig. 27). Los marcos son de metal cubiertos con PVC y reducen la transmisión del calor de afuera a través del marco. Las ventanas son de cristal doble con argón en el espacio entre los cristales, para reducir aún más la transferencia del calor a través de las ventanas.



Figura 27—Montaje de las ventanas en el Edificio del Instituto.

Los empleados de la sede institucional pasaron cinco años en oficinas provisionales que incluyó el alquiler de tráilers (fig. 28) y regresaron al edificio restaurado el 23 de abril del 2012. También hubo retraso para los techos verdes ya que el primer contratista no pudo seguir las especificaciones y se declaró en bancarrota. La construcción del estacionamiento verde fue otro reto y tomó más de lo esperado. Los empleados y visitantes pudieron estacionarse en el estacionamiento verde 13 meses después de haber regresado al restaurado Edificio del Instituto.



Figura 28—Tráilers alquilados que por cinco años se utilizaron como oficinas temporales.

La propiedad de Sabana

La propiedad de Sabana cubre 1.29 acres (0.51 ha) en la parte más oriental del Bosque Nacional El Yunque/bosque experimental de Luquillo. La propiedad tiene una larga historia de utilización por el Servicio Forestal. Hubo un tiempo en que el Civil Conservation Corps (Cuerpo Civil de Conservación) se entrenaba allí. Posteriormente se utilizó para procesar troncos utilizados en un aserradero aledaño. La propiedad de Sabana también albergó la oficina de distrito y la casa del guardabosque; ambos edificios se construyeron en el 1938 y cualifican como Edificios Históricos. Aquí, en un edificio de madera, se fabricaron los rótulos para el bosque nacional. A eso del 1995, el supervisor del bosque transfirió el uso de la propiedad al Instituto y se utilizó el sitio como oficinas para los científicos en los campos de

vida silvestre, micología y taxonomía. Esta transferencia coincidió con la expansión de las instalaciones del bosque Nacional en el sector Catalina. Para esa época, la antigua casa del guardabosque se utilizaba como dormitorio mientras que la antigua oficina de distrito se utilizaba como oficina para los técnicos de campo del Instituto, quienes trabajaban mayormente en el programa experimental de las cuencas de Bisley.

En la Estación de Investigación de Campo de Sabana renovamos el edificio histórico originalmente diseñado como residencia para el Guardabosque de Distrito y que después se usó como dormitorio. Un nuevo dormitorio para hasta 20 personas se añadió a la estación de investigación, así como un laboratorio para procesar muestras (fig. 29).



Figura 29—Dormitorio terminado (derecha) y oficinas para científicos (izquierda) en la Estación de Investigación de Sabana.

¡Por fin, éxito: mira lo que hemos hecho!

El Edificio del Instituto

El edificio se re-diseñó para comodidad, salud, seguridad y acceso universal (fig. 30). Otro de los objetivos de la restauración fue recobrar las terminaciones y diseño de espacios históricos y limitar el uso de materiales nuevos. El interior del edificio está diseñado para asegurarles suficiente espacio a los empleados para cumplir con su trabajo, a la vez que ofrece espacio público y áreas de descanso. Hay una oficina dedicada a los archivos de investigación del Instituto, y el sótano que en el pasado se utilizó como taller de imprenta, espacio para oficina (Ariel Lugo ocupó oficina allí en el 1963) y salón de reuniones, hoy día tiene usos múltiples, según surja la necesidad. Todas las paredes y techos falsos se quitaron para cambiar la altura del



Figura 30—Fachada principal del Edificio del Instituto terminada. Los pasamanos señalan el paso de los canales de desagüe que originan en el Estacionamiento Verde.

techo de 8 pies a 13 pies (2.44 a 3.96 m) y revelar las superficies de concreto originales al edificio. Las paredes existentes se revistieron de aislantes y cartón-yeso para colocar la infraestructura eléctrica y de comunicaciones y aislar las paredes del calor exterior y oficinas contiguas. El cartón-yeso también es resistente al hongo y proporciona un ambiente sano para empleados y visitantes. Las escaleras originales ubicadas en la parte norte del edificio se habían tapado para extender el espacio para oficinas. Durante la restauración, se destapó el área, demolimos las escaleras y construimos nuevas escaleras con sus ventanas exteriores para cumplir con el código de construcción que estipula tener disponibles los medios de salida.

Se incorporó un ascensor con eficiencia energética a la estructura original para conectar los tres pisos y para cumplir con los requisitos de acceso universal. Durante la construcción, se descubrió un portal en el primer piso cuya función original era de recepción y reubicamos a la recepcionista en ese espacio. La infraestructura del edificio se encuentra en los pasillos suspendida de los techos desde donde se distribuye a las oficinas individuales.

El ambiente lumínico se planificó cuidadosamente. La luz natural entra al edificio a través de las ventanas y puertas exteriores (fig. 31). Las puertas de las oficinas tienen paneles de cristal para permitir que la luz natural ilumine los pasillos. Todos los accesorios de luz son de eficiencia energética y pueden ser programados para producir luz consistente con la intensidad necesaria para que los empleados trabajen



Figura 31—Luz natural que entra por los pasillos del Edificio del Instituto desde las puertas del exterior.

con seguridad. La mayoría de las luces prenden y apagan por medio de detectores de movimiento. Para evitar la contaminación lumínica, se tomó en cuenta tanto la ubicación como la altura de las luminarias, para evitar que la luz salga hacia el exterior por las ventanas.

El ático y las paredes exteriores del edificio han sido fuertemente aislados y herméticamente sellados por el diseño de las ventanas. Se instalaron aislantes de base biológica debajo de la placa del techo para alcanzar un valor-R en aislamiento según lo requiere el código de energía. Se instaló una barrera de vapor en el interior de las paredes del exterior y se cubrieron con un aislante con un valor-R

de 13 y cartón-yeso. Las ventanas y puertas tienen vidrio doble para cumplir con los estándares ASHRAE de 90.1 y 0.25 en coeficientes de acumulación de calor solar (estándares establecidos para la Zona 1 que incluye Hawái, Guam, Puerto Rico y las Islas Vírgenes). El vidrio doble reduce grandemente el traslado de carga térmica hacia el edificio. Durante el día, las ventanas están mucho más calientes en el exterior que en el interior. Los aislantes de las paredes exteriores, aislantes en el ático, junto con las ventanas y puertas sumamente eficientes, contribuyeron a obtener un edificio con envoltura térmica de alto rendimiento. Las mejoras al exterior del edificio redujeron la carga térmica por un 20 a 25 por ciento y por un 10 por ciento adicional al reducir el uso de aire acondicionado. La envoltura térmica de alto rendimiento redujo la necesidad de espacios bajo aire acondicionado, lo que a su vez reduce de manera significativa el uso de energía.

El edificio opera con todas las puertas y ventanas cerradas. Sin embargo, en ocasiones donde haya fallo eléctrico y el generador tampoco funcione (el Instituto cuenta con tres generadores para impulsar las instalaciones del Instituto en casos de emergencia), todas las ventanas y puertas exteriores del Edificio del Instituto abren para permitir que la ventilación natural cruzada recorra la instalación. Cuando esto sucede, el edificio opera con luz y ventilación naturales, como fue originalmente diseñado por Groben.

Las unidades individuales de aire acondicionado se instalaron en cada oficina para permitirles a los usuarios el control de la temperatura en su espacio. Un sistema centralizado de aire fresco supele aire deshumidificado a las áreas acondicionadas para mejorar la calidad interna de aire y aumentar la comodidad y bienestar del habitante. El aire fresco se deshumidifica a un 50 por ciento de humedad relativa para que el aire acondicionado funcione a una temperatura mayor y así reducir el consumo de energía. El aire frío dentro de esas oficinas que utilizan aire acondicionado contribuye a mantener los pasillos frescos al escaparse por debajo de las puertas y cuando se abren y cierran las puertas. Las oficinas y pasillos están bajo presión positiva de aire y extractores ubicados en los baños (presión negativa) extraen el aire de los pasillos y lo arroja fuera del edificio por el ático. Abanicos de techo en todas las oficinas y pasillos circulan el aire y ayudan en la ventilación de los espacios.

En cuanto al uso del agua, se remplazaron los antiguos inodoros por otros que utilizan 0.8 galones por descarga (3.0 L por descarga), urinales que utilizan 0.125 galones por descarga (0.5 L por descarga) y mezcladoras de baño automáticas que utilizan 0.5 galones por minuto (1.9 L/min). Estas unidades altamente eficientes tienen como consecuencia un ahorro significativo en el agua potable y la reducción en la disposición de aguas sanitarias. Se redujo la descarga de aguas sanitarias por

59.5 por ciento a 23,266 gal/año (6,147 L/año) y el uso de agua potable se redujo por 67.3 por ciento a 30,070 gal/año (7,945 L/año). El sistema a base de gas para el control de incendios fue reemplazado por otro que no perjudica la capa de ozono. El Instituto también tiene dos tanques para agua potable con una capacidad combinada de 3,000 gal (11,356 L).

Para la protección de la calidad interior de aire, todos los productos utilizados durante la construcción tenían poco o ningún producto de compuesto orgánico volátil (VOC, por sus siglas en inglés). Además, todas las acciones que se tomaron con los techos, paredes, ventilación, iluminación, tipo de pintura y mantenimiento del edificio prácticamente eliminaron la posibilidad de que ocurriera el síndrome de edificio enfermo en el edificio del Instituto. Utilizamos un mantenimiento diario del edificio que se le conoce como “mantenimiento verde” debido a que se evita utilizar productos que pudieran ocasionar alergias o efectos negativos a los empleados o público que nos visita. Por ejemplo, todos los productos que se utilizan para la limpieza son bajos en VOC, algunos son no-ácidos, los limpiadores multipropósitos no contienen amoníaco, y otros productos no tienen fragancias y son libres de olor, así como lo fue con la pintura utilizada en el edificio. Las ventanas se limpian con un paño seco, para evitar el uso de cualquier líquido que pudiera afectar a los empleados. Más aún, los productos que utilizamos durante la construcción no dejan residuos que futuras generaciones tendrán que enfrentar, como nosotros lo tuvimos que hacer con la pintura a base de plomo o los paneles de asbesto.

Originalmente el diseño del edificio era en forma de “E” pero sólo se construyó el edificio rectangular que hoy existe. Por lo tanto, la entrada localizada al este del edificio que da acceso desde el estacionamiento carecía de protección de la intemperie en el diseño original. La fachada del edificio se restauró a su diseño original, salvo por una cubierta a dos aguas sobre la puerta principal hacia el estacionamiento (fig.32a). Los empleados y visitantes usaban mucho esta puerta como entrada y salida ya que daba acceso al estacionamiento y a otras instalaciones en el complejo de edificios, de manera que al correr los años se le añadió un techo a la entrada como protección contra la lluvia. Optamos por mantener esta estructura pero hubo que diseñarla de tal manera que sería obvio a usuarios que era sólo una añadidura. Esta acción sigue las directrices de restauración sugeridas por el arquitecto Camillo Boito, cuya atención está enfocada hacia la restauración de edificios antiguos. Algunos usuarios del edificio del Instituto critican esta parte de la restauración y se oponen a la estética de la estructura (fig. 32b).



Figura 32—El Edificio del Instituto tenía una entrada al oeste con vista al estacionamiento (a) que no era parte del diseño original del edificio. Mantuvimos la función de esta entrada con la instalación de una estructura nueva (b) que no ha sido pintada como lo pedía el diseño debido a limitaciones presupuestarias.

Estacionamiento Verde

A primera vista, el Estacionamiento Verde puede hacer que el observador casual lo confunda con un césped común. A pesar de que el estacionamiento tiene cabida para 62 vehículos, todos los espacios, salvo cuatro reservados para personas con discapacidades, están cubiertos por grama verde. Los espacios para personas con

discapacidades tienen una superficie de concreto. Debajo de la cubierta de grama verde, el estacionamiento tiene tres capas de materiales. A una profundidad de aproximadamente 1 pie (31 cm), la base del estacionamiento está compuesta por suelo sub-grado compactado. Sobre este suelo sub-grado hay una capa entre 6 y 12 pulgadas (15 y 31 cm) de grava arenosa compactada. Sobre esta grava arenosa compactada hay una red de anillos plásticos negros rellenos de arena de concreto limpia (fig. 33). Las dimensiones de los anillos son $50 \times 50 \times 2.5$ cm. Se aplicó una mezcla de Hidro Crecimiento debajo de los anillos. Se utilizaron dos especies de grama para fijar la superficie y proveer cobertura verde (Fig. 34). Estas capas de material sólido proveen la superficie rígida necesaria para sostener automóviles y maximizar la infiltración de agua durante aguaceros fuertes. El estacionamiento está inclinado hacia charcas de retención y canales que recogen y detienen las escorrentías.



Figura 33—El Estacionamiento Verde tiene varias capas de material. Los anillos plásticos negros, vistos en la acera, se añadieron a estas capas para reforzar el sistema.

Con el tiempo, el mantenimiento del Estacionamiento Verde no conservó la grama verde debido a varios factores que incluyen sombra, lento crecimiento y lluvias fuertes que socavaron y arrastraron la superficie superior del estacionamiento dejando expuestos los cilindros plásticos en muchas áreas. No obstante, el sistema todavía realiza su función hidrológica aunque ya no es verde.



Figura 34— Se utilizó dos especies de grama como cubierta verde del Estacionamiento Verde.

Paisaje

Con la construcción de charcas y estacionamientos verdes el paisaje que rodea el edificio cambió. Históricamente el entorno del Edificio del Instituto estaba libre de vegetación después de construcción. Pronto se estableció un paisaje tradicional de césped y después se sembraron árboles. Debido a que la investigación del Instituto estaba fuertemente dirigida hacia la silvicultura tropical, los árboles inicialmente sembrados eran un reflejo de esa investigación e incluyeron pinos (*Pinus caribaea*), caoba (*Swietenia macrophylla*), eucalipto (*Eucalyptus deglupta*), hibisco (*Hibiscus elatus*) y otras especies de árboles similares, útiles por su producción de madera a través de la silvicultura de plantación. Con el tiempo, a medida que los árboles maduraron y morían, se reemplazaban con especies de árboles nativos como palma real (*Roystonea borinquena*), moca (*Andira inermis*), úcar (*Bucida buceras*), ausubo (*Manilkara bidentata*), algarrobo (*Hymenaea courbaril*), maricao (*Byrsonima spicata*) y otras. Un ausubo destacado es un espécimen sembrado por José Marrero unos sesenta años atrás y que hoy día es un árbol grande en el lado norte de la propiedad. Un inventario realizado en el 1997 reflejó 63 especies de árboles y 242 árboles dentro de la propiedad (tabla 3). Dos de los árboles son Campeones de Puerto Rico inscritos en el American Forests Champion Tree Register (Registro de Árboles Campeones de Bosques Norteamericanos). Estos campeones son un *Eucalyptus deglupta* alto (fig. 35) y *Pterocarpus indicus* (fig. 36) de gran diámetro. Hoy día, los empleados están autorizados a sembrar especies nativas en el sotobosque de

Tabla 3—Especies de árboles encontrados en los terrenos de la sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical

Especie	Nombre Común	Origen
<i>Acacia mangium</i>	mangium, sabah salwood	NA
<i>Albizia procera</i>	Albizia, white siris	NA
<i>Alstonia macrophylla</i>	alstonia	I
<i>Andira inermis</i>	moca, cabbage angelin	N
<i>Araucaria bidwillii</i>	bunya-bunya	I
<i>Araucaria columnaris</i>	Araucaria, candelabro, columnar pine, New Caledonia pine	NA
<i>Bambusa longispiculata</i>	bambu, longispiculata	I
<i>Bambusa textilis</i>	bambu, textilis	I
<i>Bambusa tulda</i>	bambu, tulda	I
<i>Bambusa tuldoides</i>	bambu, tuldoides	I
<i>Bauhinia multinervia</i>	bauhinia blanca, baujinia	NA
<i>Bombacopsis quinata</i>	pochote	I
<i>Bucida buceras</i>	ucar, oxhorn bucida	N
<i>Byrsonima spicata</i>	maricao, doncella	N
<i>Calophyllum inophyllum</i>	maría grande, kamani, Alexandrian laurel (Hawaii), beauty-leaf	NA
<i>Cariniana legalis</i>	cariniana	I
<i>Catalpa longissima</i>	roble dominicano, Haiti catalpa	I
<i>Cecropia obtusifolia</i>	cecropia exótica	I
<i>Cecropia schreberiana</i>	yagrumo hembra, trumpet tree	N
<i>Ceiba pentandra</i>	ceiba, cotton-silk tree	I
<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	palma areca, golden-fruited palm	I
<i>Cinnamomun camphora</i>	canela, camphorwood	I
<i>Clitoria fairchildiana</i>	clitoria	NA
<i>Cordia alliodora</i>	capa prieto, spanish elm	N
<i>Cordia laevigata</i>	cereza	N
<i>Cyathea arborea</i>	helecho gigante, giant tree fern	N
<i>Delonix regia</i>	flamboyan, flamboyant tree	NA
<i>Dialium guianensis</i>	dialium	NA
<i>Eucalyptus deglupta</i>	deglupta	I
<i>Ficus americana</i>	jaguey	EN
<i>Flindersia australe</i>	flindersia	I
<i>Hibiscus elatus</i>	majó, mahoe	NA

Tabla 3—Especies de árboles encontrados en los terrenos de la sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (continuado)

Especie	Nombre Común	Origen
<i>Hibiscus pernambucensis</i>	majahua	NA
<i>Hymenaea courbaril</i>	algaroba	N
<i>Inga laurina</i>	guama, Sweet pea	N
<i>Khaya senegalensis</i>	caoba	NA
<i>Leucaena leucocephala</i>	leucaena, giant leucaena	NA
<i>Maesopsis eminii</i>	musizi	NA
<i>Manilkara bidentata</i>	ausubo, bulletwood	N
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	flamboyan amarillo, yellow flamboyant	NA
<i>Pimenta racemosa</i>	malagueta, bay-rum tree	N
<i>Pinus caribaea</i>	pino hondureño, Honduras pine	NA
<i>Piper aduncum</i>	higuillo, Piper	N
<i>Pterocarpus indicus</i> <i>forma echinatus</i>	terocarpus, prickly narra	I
<i>Pterocarpus indicus</i> <i>forma indicus</i>	terocarpus, smooth narra	I
<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	terocarpus, Burma padauk	NA
<i>Ptychosperma macarthurii</i>	palma de Macarthur, Macarthur palm	I
<i>Roystonea borinquena</i>	palma real, Puerto Rican royal palm	EN
<i>Schefflera morototoni</i>	yagrumo macho	N
<i>Spathodea campanulata</i>	tulipan africano, African tulip tree	NA
<i>Swietenia macrophylla</i> <i>× mahagoni</i>	caoba hibrida, hybrid mahogany	NA
<i>Swietenia mahagoni</i>	caoba dominicana, small leaf mahogany	NA
<i>Tabebuia heterophylla</i>	roble	N
<i>Tabaebuia rosea</i>	roble de Venezuela	I
<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	primavera	N
<i>Tecoma stans</i>	ginger thomas	N
<i>Terminalia ivorensis</i>	idigbo	NA
<i>Terminalia oblonga</i>	smooth bark terminalia	NA
<i>Thespesia grandiflora</i>	maga	EN
<i>Toona ciliata</i>	cedro de Himalaya, burma toon	I
<i>Trema micranthum</i>	trema	N
<i>Triplaris cumingiana</i>	triplaria	NA
<i>Xanthostemon chrysanthus</i>	yellow stamon, golden penda	I

Nota: esta información corresponde a un inventario que en el 1997 realizaron los empleados del Instituto María Rivera, Janet Rivera y Juan Ramírez. Fuentes para información de especie lo fueron Molina and Alemañy (1997) y Little et al. (1974). Los códigos de origen de especie son: N = nativo, E = endémico, I = introducido, and NA = naturalizado.



Figura 35—*Eucalyptus deglupta* (eucalipto) que crece en los terrenos del Instituto, ha sido registrado como Árbol Campeón, mayormente por su altura.



Figura 36—*Pterocarpus indicus* que crece en los terrenos del Instituto, ha sido registrado como Árbol Campeón, mayormente por su diámetro.

árboles maduros de pino y eucaliptus con la intención de que el paisaje se convierta en uno que refleje las plantas nativas y la zona de vida subtropical húmeda donde se encuentra el Instituto.

Techos frescos y verdes

Todos los techos del complejo de la sede del Instituto fueron convertidos inicialmente a techos frescos con la excepción del Edificio del Instituto, que cuenta con un techo de tejas, y el edificio original del Laboratorio de Química. Para la restauración del Edificio del Instituto, se aplicó un alto nivel de aislantes al ático. Los techos frescos son techos que reciben tratamiento con una superficie blanca que refleja la energía solar para así mantener la temperatura del techo más baja que en los techos tradicionales; esto reduce los efectos de Isla de Calor. Convertimos 1,171 m² del área del techo fresco a techos verdes. Inicialmente se habían sembrado veintidós especies de plantas sobre estos techos. Las plantas se dispusieron en monocultivo y periódicamente desyerbadas por un año. Las plantas originales se compraron en México. Algunas especies se cultivaron de semillas mientras otras se sembraron como plántulas. El crecimiento ha sido rápido y muchas especies florecen copiosamente, para crear una bella alfombra multicolor sobre los techos (fig. 37). Muchos insectos y pájaros ahora visitan o viven en los techos verdes. Semillas de los árboles aledaños, en particular *Spathodea campanulata*, eucaliptus, *Leucaena leucocephala* y *Cecropia schreberiana* germinan abundantemente en los techos y sus plántulas son removidas durante el proceso de mantenimiento.



Figura 37— Los techos verdes pueden ser bellos.

La Estación de Investigación de Campo de Sabana

Construimos un nuevo dormitorio para 20 personas e incluye todo lo adicional para apoyar este nivel de alojamiento y trabajo de campo. También se construyó un laboratorio nuevo para la preparación de muestras, de manera que las muestras de suelo, plantas y agua pueden ser ordenadas, secadas, molidas o filtradas en Sabana antes de enviarse para análisis al laboratorio de química en Río Piedras. Un laboratorio para procesar muestras de agua también se mejoró. La construcción en Sabana incluyó un generador nuevo para ocasiones de fallos eléctrico así como un mejorado sistema para las aguas sanitarias. Se mejoró el estacionamiento, así como el paisaje y las comunicaciones electrónicas.

Investigación Nueva

Pronto nos dimos cuenta que el estacionamiento y techos verdes le presentaba al Instituto una nueva oportunidad para investigación. Los trópicos carecen de estándares para el establecimiento y operación de techos verdes, lo que incluye la profundidad y composición recomendable de suelo, especies de plantas adecuadas y evaluación de la efectividad del techo verde en sí. Por lo tanto, incluimos un esquema de monitorización en el contrato para poder trazar su efectividad en tres renglones: los balances de energía, agua y nutrientes. Para lograr este objetivo colocamos dos estaciones de clima Campbell en los techos para monitorizar la temperatura del aire, la humedad, velocidad de vientos, incidencia de energía y la lluvia (fig. 38). También se colocaron sensores hidrológicos y de temperatura sobre la superficie del suelo, dentro del volumen del suelo y en la superficie del techo. Estas mediciones se hicieron en los techos frescos y verdes. Se colocó un sensor hidrológico en las charcas de retención justo antes del drenaje hacia las hondonadas al frente del Edificio del Instituto. El Instituto también ha tenido en operación desde el 2002 una estación de clima justo debajo del desagüe de las charcas de retención (fig. 39).

El diseño del programa de monitorización incluyó 2 medidores de precipitación, 13 sondas de temperatura, 7 sensores de humedad, 1 para velocidad del viento y otro para dirección del viento, 3 radiómetros y un sensor de flujo de calor. Todos estos sensores y las estaciones de clima (80 sensores en total) están conectados a dos registradores de datos Campbell programados para leer cada sensor. Los datos se transmiten a la página red de la compañía Campbell, desde donde periódicamente se recobra y almacena en un servidor del Instituto. Datos en tiempo real pueden ser mostrados al público en una pantalla plasma.



Figura 38—Una de dos estaciones de clima Campbell en los techos verdes. Estas estaciones monitorizan la temperatura y humedad del aire, la velocidad del viento, incidencia de energía y la lluvia.



Figura 39—Sensores de datos climatológicos (temperatura y lluvia) son partes de la estación de clima frente al Edificio del Instituto operado por el Instituto.

El sistema de sensor mide siete parámetros, que nos permite describir las condiciones bajo las cuales crecen las plantas. Estas condiciones incluyen temperatura de aire y suelo, humedad de aire y suelo, el diferencial energético entre la atmósfera y la superficie de los techos y el balance de energía y agua del sistema.

Para nutrientes esperamos tomar muestras de todas las aguas (lluvia, agua del suelo, escorrentía y escorrentía desde el estacionamiento) y llevarlas a nuestro laboratorio de química. Allí analizaremos para aniones (fluoruro, cloruro, sulfato, bromuro, nitratos y fosfatos), cationes (litio, sodio, amonio, potasio, magnesio y calcio), pH, materia orgánica disuelta y conductividad. Con estos datos clasificaremos calidad de agua y, cuando se une al balance de agua, podremos estimar el balance de nutrientes para el sistema fresco y verde.

Se sembraron las plantas de tal manera que pudiéramos investigar la efectividad de las especies individuales de plantas y la parcela donde permitimos que el proceso de dispersión natural de la especie, su asentamiento y crecimiento determinen la cobertura. La única excepción a permitir los procesos naturales de dispersión es cuando removemos las plántulas de árboles que germinan en los techos.

Algunos Resultados

Una pregunta fundamental acerca de la restauración de nuestras instalaciones tiene que ver con su efectividad para reducir el consumo de energía y agua en el Instituto. Nuestro análisis preliminar muestra una reducción significativa en el consumo de electricidad en la biblioteca Frank H. Wadsworth cuando se compara el primer año de operaciones después de la restauración con el último año de operaciones previo a la restauración (fig. 40). El promedio de consumo mensual de energía era 55 por ciento del consumo mensual correspondiente antes de la restauración. Estas reducciones en el consumo de energía y agua se deben a los múltiples elementos de conservación en la restauración (véase a continuación) del cual la reducción en el aire acondicionado surge como el más notable. Sin embargo, a pesar de la reducción en el uso de aire acondicionado, los edificios restaurados operan con un confort visible para empleados y visitantes.

Conservación de agua:

- 0.5 gal/min (1.9 L/min) grifos de lavamanos que abren/cierran automáticamente.
- 0.8 gal/min (3.0 L/min) inodoro de bajo flujo
- Escorrentía de los techos que recoge de la lluvia se recicla y usa de nuevo.
- Charcas de retención, canales abiertos, hondonadas abiertas, canales de concreto y Sistema de estacionamiento verde por una estructura invisible que maximiza la infiltración y reduce los contaminantes y la cantidad de escorrentía.

Eficiencia energética:

- Certificados de energía renovable Green-e para 121,800 Kwh o 70 por ciento de consumo esperado
- Luces encienden/apagan automáticamente
- Se maximiza la luz natural
- Bombillas son de eficiencia energética
- Los techos y el estacionamiento reducen el retorno del calor a la atmósfera.
- Los aislantes en las paredes del edificio y las ventanas de eficiencia energética optimizan el uso del Sistema Fresh Air.

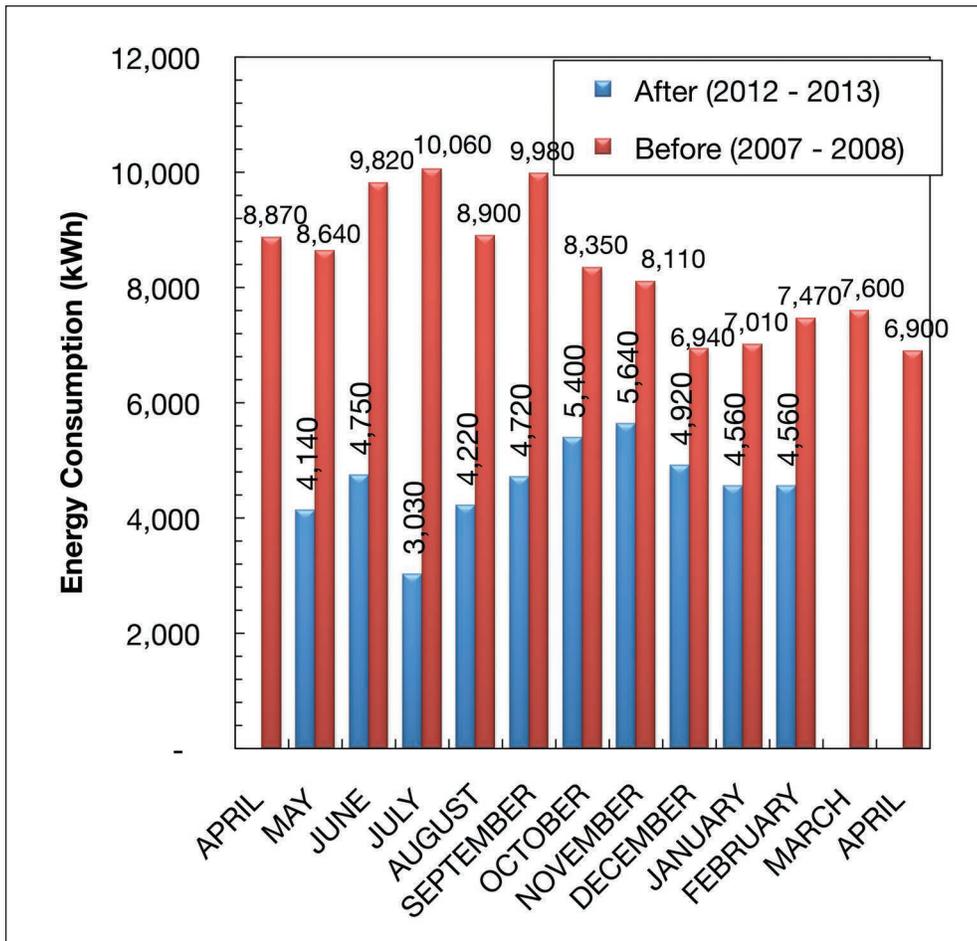


Figura 40—Tasa mensual de consumo de energía en la biblioteca Frank H. Wadsworth el último año en que operó antes de la restauración y el primer año después de la restauración.

- Control independiente de las unidades de aire acondicionado en cada oficina permite su uso solo cuando necesario.
- Dependencia reducida en los aires acondicionados
- Sistemas de Fresh-Air y extracción mantienen las oficinas frescas y controlan la humedad. El sistema Fresh Air hace posible que las áreas del pasillo y vestíbulo se mantengan frescas y cómodas, sin la necesidad de unidades de aires acondicionados adicionales para estas áreas.

La temperatura de los techos siempre está más baja que la temperatura ambiente durante el día y más alta que la temperatura ambiente durante la noche (fig. 41). Esto es así aun cuando la temperatura del techo se mide en suelo superficial. Según aumenta la profundidad, la variación en temperatura diurna es menos variable, con pequeños aumentos durante el día. Durante los momentos más calurosos del día, la

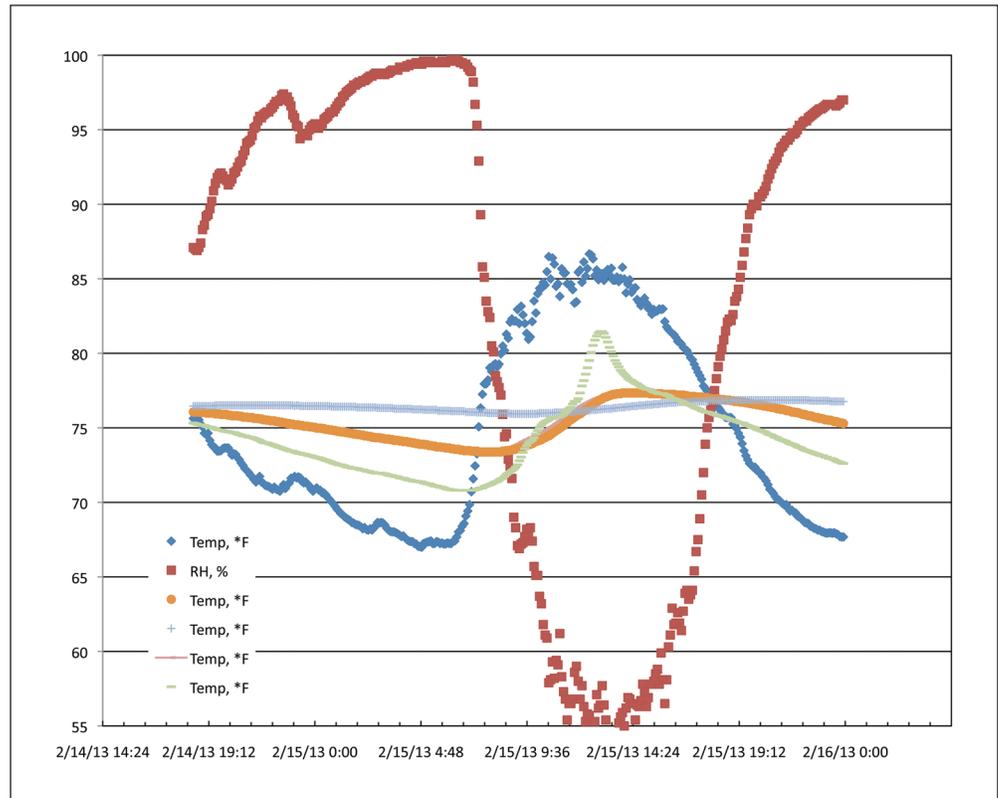


Figura 41—Ciclo de temperatura y humedad del air, suelo y superficie de los techos verdes y frescos de la sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. La línea roja traza la humedad relativa del aire. La línea azul traza la temperatura del aire. Las otras línea trazan las temperaturas del suelo en los techos.

temperatura del techo es casi 10 °F más fresca que la temperatura ambiente. Por la noche, los techos pueden estar 10 °F más cálidos que la atmósfera. Las diferencias en temperatura entre el techo verde y la temperatura ambiente significan menos carga al control interno de la temperatura del edificio y, por lo tanto, ahorros en energía.

Hemos observado que la escorrentía desde nuestra propiedad ya no inunda las calles del Jardín Botánico como lo hacía antes de la construcción del sistema de retención del estacionamiento. Durante lluvias intensas hemos observado que la escorrentía sale de nuestra propiedad pero no ocurren inundaciones, ya que la escorrentía la maneja el sistema de desagüe pluvial. Para ese periodo, la intensidad de lluvia máxima ha sido más de 250 mm a lo largo de dos semanas (fig. 42). En varias ocasiones el sistema ha drenado agua hacia la hondonada fuera de la capa disipadora, saturado la hondonada y producido escorrentía limitada (pero no inundación) hacia el Jardín Botánico.

Las cisternas en el techo se desbordan durante periodos de lluvia, particularmente si el agua almacenada no ha sido usada, lo que permite que la cisterna esté casi llena al principio de un evento de lluvia.

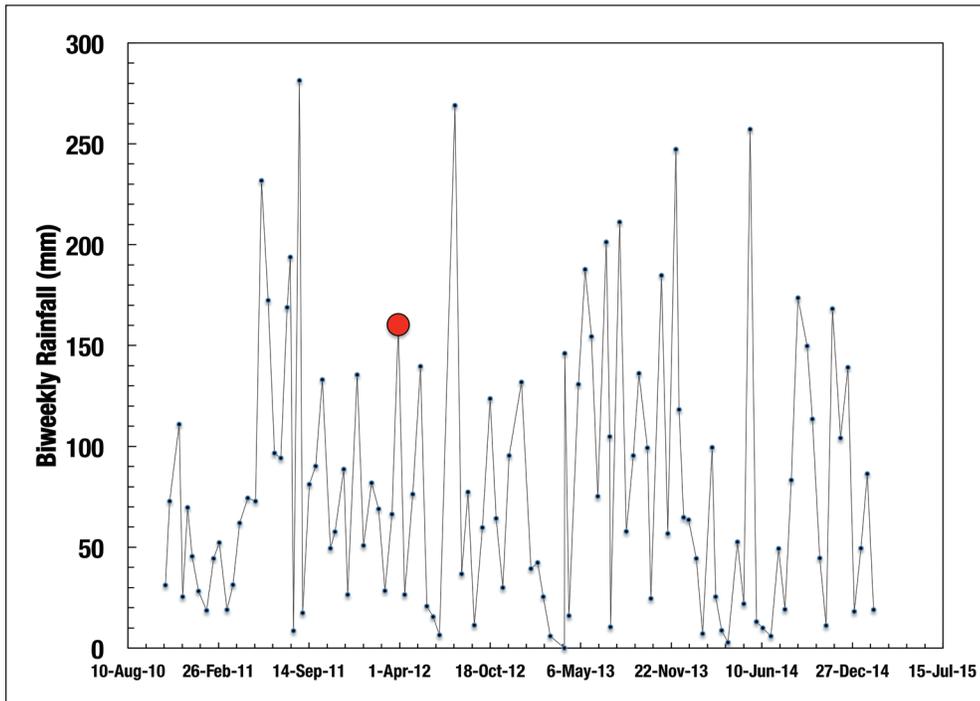


Figura 42—Registro de precipitación desde una estación frente al edificio principal de la sede institucional (cortesía de Grizelle González). El punto rojo señala cuándo el sistema de manejo de escorrentía del estacionamiento verde comenzó operaciones.

El Mensaje de Conservación de las Instalaciones del Instituto

En la búsqueda del ser humano de soluciones a sus múltiples problemas ambientales, se necesitarán ciertas acciones de conservación, no importa el problema ambiental. Las mismas tienen que ver con la conservación de recursos tan vitales como espacio, agua, energía y materia. Todos estos recursos están limitados a nivel mundial y todos se necesitan para mantener la actividad humana. Cualquier enfoque utilizado para definir las relaciones futuras entre el ser humano y los sistemas ecológicos requieren el uso óptimo de estos recursos.

La restauración de las instalaciones del Instituto abordó el uso óptimo de estos cuatro elementos vitales y limitantes. Hemos demostrado que una organización puede hacer una declaración de conservación por medio de la forma en que se diseña, construye y maneja las instalaciones y programas de un edificio. Las instalaciones pueden ejercer un efecto de mitigación de los problemas de la conservación de agua y energía, inundación urbana, cambios ambientales, reciclaje de materiales, reducción de la contaminación de agua y los efectos de Isla de Calor. Nuestros esfuerzos fueron premiados por una Certificación de Oro LEEDS, inusual para un edificio histórico. Invitamos al público que nos visite y vea cómo el diseño, construcción y manejo de nuestras instalaciones han contribuido a la conservación de recursos y mitigación de problemas ambientales fundamentales en Río Piedras, San

Juan y Sabana. Sabemos que podemos hacer más en nuestro sitio, pero celebramos lo que hemos hecho hasta ahora que se puede resumir a continuación.

Nuestras instalaciones:

- Son seguras y saludables desde el punto de vista de los empleados y visitantes;
- Conservan energía y agua;
- Contribuyen al manejo de escorrentía en Río Piedras, una ciudad asediada por las inundaciones. Manejar las escorrentías superficiales también beneficia nuestros vecinos y la comunidad;
- Reduce el retorno de radiación hacia la atmósfera, para ayudar a reducir el efecto de Isla de Calor sobre San Juan;
- Optimiza el uso del espacio;
- Recicla agua, nutrientes y materiales;
- Sirve como lugar de investigación y demostración para aprender y mejorar aún más el uso eficiente de los recursos en paisajes urbanos; y
- Son costo-efectivas para los contribuyentes que financian el Instituto.

Reconocimientos

Todo el trabajo que realiza el Instituto se lleva a cabo con la colaboración de la Universidad de Puerto Rico. En el trabajo descrito en esta publicación muchos otros colaboradores dentro y fuera del gobierno y dentro y fuera del Servicio Forestal fueron esenciales para el éxito de la restauración de las instalaciones y han sido identificados por nombre y posición en la descripción principal de este escrito. Agradecemos también a las siguientes personas por su colaboración adicional con este manuscrito: Adolfo Menéndez, Administrador del Instituto; José Ortega, arquitecto paisajista con el Bosque Nacional El Yunque; Juan Vissepó, ingeniero del Instituto, (retirado); Amelia Dávila, oficial de contratación del Instituto; Rosa Ávila, oficial de presupuesto del Instituto; Gisel Reyes, especialista en Información Técnica con la Biblioteca Nacional del Servicio Forestal; David Aponte Dones, quien hizo posible la colección y análisis de datos de los techos verdes; Olga Ramos, especialista en GIS del Instituto, recuperó y manejó los datos ambientales de los techos verdes; Maribelís Santiago Márquez, química del Instituto; María Rivera Costa, especialista en biología general; Miriam Salgado, ayudante de operaciones en la Estación de Investigación de Sabana; Maricarmen Parrilla, recepcionista del Instituto; David L. Aponte, Carolyn A. Pabón, ingeniero de instalaciones del Instituto; Grizelle González, científica y encargada de proyectos de investigación y Jorge Morales, especialista en información técnica. La traducción al español del original en inglés es de Mildred Alayón. María Rivera Costa tomó las fotos.

Literatura Citada

- Groben, W.E. 1940.** Architectural trend of future Forest Service buildings.
Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Division of Engineering. 17 p.
- Grosvenor, J.R. 1999.** A history of the architecture of the USDA Forest Service.
EM-7310-8. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Engineering Staff. 299 p.
- Little, E.L.; Woodbury, R.O.; Wadsworth, F.H. 1974.** Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands, volume 2. Agric. Handb. 449. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1024 p.
- Lugo, A.E.; Nytch, C.J.; Ramsey, M. [Inédita].** An analysis of US Army Corps of Engineers documents supporting the channelization of the Río Piedras. *Acta Científica* 27.
- Lugo, A. E.; Ramos González, O.M.; Rodríguez Pedraza, C. 2011.** The Río Piedras watershed and its surrounding environment. FS-980. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 46 p.
- Molina, S.; Alemañy, S. 1997.** Species codes for the trees of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Gen. Tech. Rep. SO 122. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 67 p.
- Murphy, D.J.; Hall, M.H.; Hall, C.A.S.; Heisler, G.M.; Stehman, S.V.; Anselmi-Molina, C. 2010.** The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. *International Journal of Climatology*. 31(8): 1222–1239.
- Velázquez-Lozada, A., González, J.; Winter, A. 2006.** Urban heat island effect analysis for San Juan, Puerto Rico. *Atmospheric Environment*. 40: 1731–1741.
- Wadsworth, F.H. 1995.** A forest research institution in the West Indies: the first 50 years. In: Lugo, A.E.; Lowe, C., eds. *Tropical forests: management and ecology*. New York: Springer Verlag: 33–56.

Conforme a la ley Federal sobre derechos civiles y los reglamentos y políticas sobre los derechos civiles del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, por sus siglas en inglés), se decreta que USDA, sus Agencias, oficinas y empleados, y las instituciones que participan o administran los programas de USDA están prohibidos de discriminar en base a raza, color, origen nacional, religión, género, identidad de género (incluso expresión de género), inclinación sexual, discapacidad, edad, estado civil, situación familiar/parentesco, ingresos por programas de asistencia pública, opinión política, o represalias por actividades anteriores de derechos civiles (no todas las bases aplican a todos los programas) en ningún programa o actividad que se lleve a cabo o esté financiado por USDA. Las reparaciones y plazo límite para radicar quejas pueden variar por programa o incidente.

Para información sobre los programas para personas con discapacidades que requieran de métodos de comunicación alternos (e.g., Braille, caracteres grandes, audio-cinta, Lenguaje de Señas Estadounidense, etc.) debe comunicarse con la Agencia responsable o con el Centro TARGET de USDA al (202) 720-2600 (voz y teletipo TTY) o comuníquese con USDA a través del Servicio Federal de Retransmisión al (800) 877-8339. Información sobre los programas pueden también estar disponibles en otros idiomas además del inglés.

Para radicar una queja de discrimen en el programa debe completar el formulario USDA Program Discrimination Complaint Form, AD-3027, que se puede encontrar en cualquier oficina de USDA y/o descargar desde http://www.ascr.usda.gov/complaint_filing_cust.html o escribir una carta dirigida a USDA donde proveerá toda la información solicitada en el formulario. Para solicitar copia del formulario de radicación de queja, llame al (866) 632-9992. Someta su formulario completado a USDA por (1) correo: U.S. Department of Agriculture, Office of the Assistant Secretary for Civil Rights, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, D.C. 20250-9410; (2) fax: (202) 690-7442; o (3) correo electrónico: program.intake@usda.gov.

USDA es un proveedor, empleador y acreedor con igualdad de oportunidades.



Federal Recycling Program
Printed on Recycled Paper

