

AMBIENTES PROTEGIDOS PARA EL ALMACENAMIENTO TEMPORAL Y EL SECADO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN EL CAMPO¹

Marco Vinicio Gutiérrez-Soto², Néstor Chaves-Barrantes², Juan Carlos Hernández-Fonseca³,
Rodolfo Araya-Villalobos², Diego Ureña-Solís²

RESUMEN

Ambientes protegidos para el almacenamiento temporal y el secado del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el campo. El objetivo de este trabajo fue evaluar ambientes protegidos bioclimáticos para el almacenamiento temporal y el secado de frijol en el campo, en Pérez Zeledón y Buenos Aires, Costa Rica, durante la estación lluviosa del año 2007. El diseño propuesto es una modificación de las estructuras rústicas empleadas por los agricultores, y utiliza la ventilación cruzada y materiales reflectivos, mediante la elevación del piso donde se coloca el frijol y la eliminación de paredes laterales. Se evaluaron tres colores de coberturas plásticas: transparente, negro y gris, de 0,0038 cm de grosor, y se empleó como tratamiento testigo el diseño con plástico transparente usado por los agricultores (cuatro tratamientos). Se midió la temperatura y la humedad en el interior del material vegetal colocado dentro de las estructuras (0,20 y 1,25 m de profundidad) y en el ambiente exterior durante 16 días, con dos periodos de mediciones de ocho días consecutivos cada uno y tres repeticiones (tres fincas). Se evaluó además el contenido de humedad y el tiempo de cocción de los granos. Los materiales plásticos reflectivos y el diseño bioclimático mejoraron el microclima en el interior de las estructuras de almacenamiento y se redujo significativamente el tiempo de cocción de los frijoles, en comparación con los diseños tradicionales con plástico transparente empleado por los agricultores.

Palabras clave: Calidad de los granos, coberturas sintéticas, diseño bioclimático, fmejoramiento participativo, tiempo de cocción.

ABSTRACT

Shelters for the temporal storage and drying of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the field. The objective of this work was to evaluate sheltered environments for temporal storage and drying in the field of common beans harvested in hill-side agriculture in Mesoamerica.. This study was conducted in Pérez Zeledón and Buenos Aires during the rainy season of year 2007. The proposed design modifies the rustic structures traditionally used by farmers, includes cross-ventilation, floor elevation, removal of lateral walls, and low-cost, locally-available materials. We also applied principles of energy balance and used reflective materials that reduced energy and heat load. Three colors of plastic covers were evaluated: transparent, black and gray, of 0,0038 cm thickness. The control treatment was the design and plastic cover used by farmers (four treatments). We measured temperature and relative humidity inside (0,20 and 1,25 m depth) and outside the shelters during 16 days, over two measurement periods of 8 consecutive days each, in three farms (replications). Seed humidity and cooking time were also evaluated. Reflective plastic materials and the bioclimatic design deployed significantly improved the microclimate within the shelters, and resulted in substantial reductions in cooking time of bean seeds in comparison with the traditional design with transparent plastic used by farmers.

Key words: Seed quality, synthetic cover materials, bioclimatic design, participative plant breeding, cooking time.

¹ Recibido: 8 de diciembre, 2008. Aceptado: 16 de noviembre, 2009.

² Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Fabio Baudrit, Apdo. 183-4050 Alajuela, Costa Rica. Teléfonos: (506) 2433-8284, 2511-7798, Fax: (506) 2433 9086. surdo26@racsa.co.cr; nfchaves@gmail.com; ldie2001@yahoo.com; avillalo2005@hotmail.com

³ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica Agropecuaria (INTA). San José, Costa Rica. j.hernandez@costarricense.cr

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa alimenticia más importante para el consumo humano directo a nivel mundial, y es cultivado mayormente en minifundios con pocos insumos, bajo un amplio rango de sistemas de producción y ambientes. En los trópicos americanos, el cultivo del frijol está sujeto a numerosos factores limitantes de naturaleza biológica, edáfica y climática (Pastor-Corrales y Schwartz 1994). El frijol se cultiva mayormente bajo la modalidad de agricultura dependiente de la lluvia, frecuentemente en terrenos poco fértiles, con pendientes pronunciadas, donde la degradación ambiental debida a la erosión hídrica y eólica es más severa (Bertsch y Monreal 1996).

Los granos de frijol cosechados, son además propensos al endurecimiento, particularmente si se reduce su humedad rápidamente y en condiciones de altas temperaturas, lo que provocan aumentos del tiempo de cocción y reducen la calidad y el precio de los granos (Mora 1982 y 1989). Breves períodos bajo condiciones inadecuadas de almacenamiento pueden conducir al rápido deterioro de los granos del frijol y otras leguminosas, antes de que éstos alcancen las redes de conservación y distribución de alimentos (Mora 1982, Reyes-Moreno *et al.* 2000). La domesticación de *P. vulgaris* ha incluido la pérdida de la latencia de los granos y el consecuente viviparismo (Bewley y Black 1994), y aunque la eliminación de la latencia permite la germinación sincronizada y la reducción del tiempo de cocción, también puede resultar en la germinación precoz dentro de las vainas si los granos están cerca de su madurez fisiológica, o durante el almacenamiento, si las condiciones de humedad permiten la imbibición.

Dadas las limitaciones financieras y ambientales involucradas en la producción de granos básicos como el frijol, es necesario implementar soluciones tecnológicas simples y sostenibles, que garanticen la conservación de la calidad post-cosecha de los productos luego de un costoso y largo proceso de producción en el campo. En el caso del frijol común, el almacenamiento temporal en el campo y el secado inicial de los granos son realizados por los agricultores con estructuras rústicas (PRIAG 1996) que causan alta temperatura, rápidas reducciones de la humedad de los granos, alto tiempo de cocción, y pérdidas

de la calidad, la viabilidad, y el valor nutricional de los mismos. En esta especie, se recomienda la cosecha cuando el contenido de agua de los granos está entre 18-20%, su trillado entre 14-15%, y su almacenamiento con 12% de humedad. Sin embargo, si los granos se calientan excesivamente durante el secado, los riesgos de endurecimiento aumentan considerablemente (CIAT 1980). Mora (1982) ha advertido que la relación entre el contenido de agua y el tiempo de cocción de los frijoles no es única, sino que es afectada por varios factores como la velocidad y la temperatura de secado, y Sánchez-Trejos (2006) ha señalado también los efectos del tipo y duración del almacenamiento sobre la calidad nutricional del frijol.

La construcción y el funcionamiento de secadores solares o de leña, carbón u otros combustibles fósiles recomendados para el secado de los frijoles (Mora 1981) implican costos energéticos, financieros y ambientales que los hacen insostenibles en la agricultura de subsistencia y en otros agro-ecosistemas que operan con pocos insumos externos, en sitios donde la degradación ambiental ha causado la pérdida de los recursos renovables locales. En contraposición, las estructuras tradicionalmente empleadas por los agricultores para la protección pasiva y el secado controlado de los granos en el campo, demuestran principios fundamentales del diseño bioclimático (Gwinner *et al.* 1996, van Lengen 2004), e incluyen la reducción de la carga energética, el uso de materiales aislantes, y la ventilación cruzada.

En este trabajo se evaluó el desempeño de un diseño pasivo que utiliza el clima natural para el secado y la protección temporal de frijoles en el campo. Se implementó un ambiente protegido diseñado con base en principios físicos simples y consideraciones bioclimáticas (van Lengen 2004, Stagno y Gutiérrez-Soto 2005), que además involucró a los agricultores en el proceso de diseño e implementación en sus propias fincas. El diseño mejorado utiliza el clima natural para promover la ventilación y el secado, protege la cosecha de la lluvia y el rocío, y reduce el endurecimiento de los frijoles y las pérdidas post-cosecha. El ambiente protegido modificado introduce un piso permeable elevado y coberturas reflectivas que reducen la carga energética y amortiguan la temperatura. Es además ambientalmente sostenible, duradero, multi-uso, semi-permanente, fácil de ensamblar, y compuesto en su mayoría de materiales naturales y sintéticos reutilizables y de bajo costo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio del estudio y condiciones agroclimáticas

La investigación se llevó a cabo durante la estación lluviosa del año 2007, en fincas de productores ubicadas en Veracruz (9° 06' N; 83° 32' O, 539 m), Las Delicias de Pejibaye, Pérez Zeledón (09° 06' N; 83° 31' O; 662 m), y Concepción de Pilas, Buenos Aires (09° 05' N; 83° 29'; 706 m), Costa Rica. Estas comunidades se destacan por su importancia en la producción de frijol, maíz y ganado en la región Brunca de Costa Rica. Cerca del 100% de los productores cultivan granos básicos en sus sistemas de producción, en fincas menores a 5 ha y ubicadas en terrenos con pendientes pronunciadas. En la zona habitan 400 agricultores y sus familias, que siembran aproximadamente 2.000 ha de frijol, 730 ha de maíz, y 300 ha de arroz (Araya y Hernández 2006). Los suelos son ultisoles de baja fertilidad en su mayoría. El área cultivada promedio es 1-5, 2 y 0,2 ha de frijol, maíz y arroz, respectivamente. El sistema de siembra del frijol es a espeque, con densidades de 150.000-160.000 plantas/ha. Sobresale el uso de diversas variedades de frijol simultáneamente, tanto variedades rojas como negras, aunque la mayoría de las áreas sembradas están dedicadas a la producción de cultivares de grano rojo.

El clima se clasifica como tropical lluvioso, e incluye las zonas de vida del bosque muy húmedo tropical en terrenos altos, bosque húmedo tropical en los terrenos más bajos, y bosque húmedo tropical de transición a seco al pie de la Fila Costeña. La precipitación promedio anual es 1.700-1.800 mm, con estaciones lluviosa (abril a noviembre) y seca (diciembre a marzo) bien definidas. Se presenta una disminución en la precipitación a mediados de julio, aprovechada por los productores para realizar la cosecha del frijol. La temperatura promedio es de 22-23 °C, con temperaturas máximas de 28 °C y mínimas de 18 °C. La frontera agrícola en esta zona ha desplazado los parches boscosos a distancias considerables, lo que ha causado cambios climáticos locales y la carencia de materiales para la construcción (Araya y Hernández 2006).

Diseño

El ambiente protegido mejorado es consistente con los principios estructurales y funcionales encontrados

en los diseños tradicionales, que utilizan los recursos naturales para la solución de sus problemas cotidianos (Figura 1). Las mejoras partieron del examen crítico de las estructuras construidas por los agricultores, conocidas popularmente como “ranchos” (PRIAG 1996), y su mejoramiento a través de la manipulación del balance de energía y la utilización de las propiedades reflectivas de los materiales (Figura 2) (Brown y DeKay 2001). El diseño evaluado posee estética y estructura conceptual moderna (Seale y Wolfe 1981), e incluyó materiales locales de bajo costo. La ventilación cruzada fue mejorada mediante la elevación del piso y la eliminación de las paredes laterales. La adaptabilidad del modelo propuesto a relieves irregulares y la facilidad para su instalación y remoción fueron evaluadas en pruebas preliminares realizadas en la Estación Experimental Fabio Baudrit en Alajuela.



Figura 1. Principios estructurales y funcionales involucrados en el diseño de ambientes protegidos construidos por los aborígenes mesoamericanos, que incluyen alta diversidad arquitectónica, la manipulación del balance de energía, el levantamiento de las estructuras sobre el suelo, la ventilación cruzada, y el uso de materiales aislantes biodegradables, localmente disponibles como barro y zacate. Jardines de la Universidad de Chapingo, México. 2004.

En el campo, se cosecharon plantas de frijol de la variedad Cabécar de color rojo claro (Rosas *et al.*

