

16.592 e
Esp.

METODOLOGÍA EN LOS ENSAYOS DE YUCA A NIVEL DE FINCA:
(UNA EVALUACION INTERMEDIA)

John K. Lynam *

Introducción

La reaparición de la investigación sobre el manejo de fincas en su nueva faceta como investigación de sistemas agrícolas (ISA) se inspira en dos factores: el primero de ellos tiene como base el intento por entender la disminución de la tasa de adopción de las variedades enanas de trigo y arroz y su adopción menos que total y, el segundo, la necesidad de sacar a la Revolución Verde de las áreas de riego y moverla hacia las áreas más variables y complejas con disponibilidad de lluvias. La expresión Investigación de Sistemas Agrícolas ha cubierto un amplio espectro de actividades de investigación, cada una de las cuales presenta el denominador común de que el sistema agrícola es la unidad operativa en la investigación.

La función de los ensayos a nivel de finca realizados por el Programa de Yuca del CIAT difiere considerablemente de la mayor parte de la literatura existente sobre sistemas agrícolas. Los ensayos con yuca constituyen una parte integral del desarrollo de tecnología y del proceso de evaluación, en tanto que la mayoría de las ISA se concentran en la selección y modificación de las tecnologías existentes; la función principal de la ISA en el pasado ha sido la transferencia de tecnología. Además, los ensayos con yuca se desvían del cuerpo principal de la ISA en otro aspecto fundamental, cual es el enfoque hacia el cambio tecnológico en un solo cultivo o sistema de cultivo pero analizando dentro de un contexto de sistemas agrícolas. La investigación sobre el desarrollo tecnológico organizado siguiendo los patrones de la ISA requieren de una característica o limitante dominante en el sistema agrícola, como lo son los sistemas de riego o los sistemas agrícolas en los ecosistemas semiáridos. De lo contrario, la heterogeneidad de los sistemas agrícolas obliga a que se haga una alta inversión en áreas de proyectos de ISA descentralizados. La integración de un componente de ISA en un programa de investigación de un cultivo es una alternativa de menor costo y tiene la ventaja de que el componente varietal se integra mucho mejor a la investigación.

Cuál entonces es la base para introducir un componente de ISA en un programa de investigación de cultivo? La razón fundamental surge naturalmente de los objetivos y de la organización del proceso de investigación y de la complejidad de producir variedades mejoradas para las áreas con precipitación disponible. Además de mejorar por aumentos en el rendimiento mediante la búsqueda de resistencia a enfermedades

* Economista, Programa de Yuca, CIAT.

y plagas, la otra dirección fundamental ha sido la de adelantar actividades de mejoramiento genético en la búsqueda de tipos de planta más eficientes (Evans, 1980; Donald y Hamblin, 1976)*/. El riego y el uso moderado a alto de insumos han sustituido tradicionalmente a la menor tolerancia al estrés, pero esto se torna más difícil e incierto en condiciones de disponibilidad de lluvias. La combinación de esta tendencia general en el mejoramiento genético con la tendencia hacia el desarrollo independiente de componentes tecnológicos de cultivo (agronómicos y varietales) y un gran elemento de incertidumbre, es inherente al asunto sobre lo que serán los rendimientos a nivel de finca en una área objetivo heterogénea. Entonces, es lógico que, como etapa final en el proceso de selección y evaluación, las variedades y las prácticas agronómicas se combinen y evalúen mejor a nivel de finca. Además, como el último criterio de evaluación es la adopción por los agricultores, los factores económicos tales como las relaciones de precios insumos/producción, limitantes de capital, etc., tienen lógicamente mejor cabida en esta etapa en el proceso de evaluación.

Sin embargo, los ensayos a nivel de finca cumplen más que una función de evaluación o validación. Los ensayos también cumplen una función de investigación, cual es la de refinar la identificación y la medición de factores limitantes del rendimiento. Dichos limitantes del rendimiento pueden ser ocasionados por factores edáficos o biológicos, factores del sistema agrícola o condiciones del mercado. Este ligamiento de información entre el nivel de la estación experimental y el nivel de finca convierte al programa de diseño y evaluación de tecnología en un proceso iterativo.

Metodología

El objetivo principal de los ensayos de yuca a nivel de finca es proporcionarle información al proceso de diseño y evaluación de tecnología y de servir de verificación del sistema de prueba y evaluación. Pese a que las funciones de investigación y validación se traslapan en cierta medida, el desarrollo de la metodología permite hacer la distinción entre las dos. La distinción principal radica en la definición y el flujo de tecnología que se va a probar. Los ensayos a nivel de finca, como parte del sistema de prueba y evaluación (Figura 1), trabajan con base en un flujo de variedades y prácticas culturales de la estación experimental hacia su prueba a nivel de finca. Entonces, en términos de la función de validación, la tecnología que se está probando se define principalmente según lo que esté disponible en la red

*/ Por tipo de planta eficiente se entiende la mayor parte del producto de la fotosíntesis que se destina al crecimiento de órganos de la planta que determinan el rendimiento económico en contraposición con otros órganos. El mejoramiento del rendimiento está basado en este cambio en la distribución de los productos de la fotosíntesis en contraposición con el mejoramiento de la eficiencia en la elaboración de productos de la fotosíntesis en sí misma (Evans, 1980).

de pruebas. Por otra parte, la función de investigación se relaciona básicamente con la identificación y medición de los factores determinantes y limitantes del rendimiento. La tecnología se prueba como parte del proceso de identificación de factores limitantes; la definición de la tecnología en este caso surge primero a nivel de finca o región. La diferencia esencial en las dos funciones se refleja en la etapa de diseño de los ensayos a nivel de finca y en la cantidad de información que entra a ese diseño (Figura 2).

La investigación a nivel de finca ha sido subvalorada, en cierto grado, en términos de su aporte al proceso de investigación debido a su especificidad en lo que respecta a localización. Sin embargo, cualquier investigación experimental que mida rendimientos o diferencias en rendimiento y que trate de extrapolar sus resultados al nivel de finca debe especificar las condiciones en las cuales se puede hacer dicha extrapolación. En efecto, los ensayos a nivel de finca proporcionan alguna base para hacer dicha extrapolación. Pero, aún más que esto, la investigación a nivel de finca, reconociendo la especificidad de su localización, trata de manejar directamente el problema; en particular, la metodología de los ensayos a nivel de finca está diseñada para manejar la variación. Los ensayos a nivel de finca trabajan dentro del marco de una distribución del rendimiento (distribución que generalmente no es normal). El medio para tratar el problema de la especificidad de la localización es comprender cuáles son los factores que determinan la distribución del rendimiento y, posteriormente, relacionar estos factores con la distribución conocida (espacial o temporal) de estos factores.

Selección de las Localidades. Dado el problema de la especificidad de la localización, la primera etapa de la metodología se centra en la selección de las localidades. Este proceso tiene como base el entendimiento de la variación en el área objetivo por medio de la estratificación del área objetivo. La selección de las localidades dependerá de la importancia de los diferentes estratos en relación con las prioridades de investigación. El número de localidades dependerá de los recursos presupuestales disponibles para los ensayos a nivel de finca. Las prioridades de investigación en el programa de Yuca se basan en la zona edafoclimática, el mercado (o uso final) y, en cierta medida, el tamaño de la finca. La selección de las localidades dependerá, entonces, de una estratificación prioritaria del área objetivo y de un ordenamiento prioritario de las prioridades de investigación. En 1981 se inició la estratificación del área objetivo con base en factores edafoclimáticos; se tiene planeada la estratificación con base en factores económicos y cubriría un análisis de conglomerados o de factores de los datos censales utilizando variables tales como las presentadas en el Cuadro 1. Por consiguiente, dado un ordenamiento de prioridades de investigación, las localidades se podrían seleccionar con base en ellas y, además, existiría la base de datos para extrapolar los resultados de los ensayos a nivel de finca al área objetivo más extensa.

Desafortunadamente, cuando se iniciaron los ensayos a nivel de finca aún no se había comenzado el análisis del área objetivo y la

selección de las localidades tuvo que hacerse sobre una base relativamente *ad hoc*. En el Cuadro 2 se describen las localidades; primero fueron seleccionadas con base en características del mercado y segundo, con base en la zona edafoclimática. Finalmente, los ensayos fueron sesgados sistemáticamente hacia agricultores en pequeña escala.

Diseño de los Ensayos a Nivel de Finca. La siguiente etapa en la metodología incluye el proceso de estratificación de los agricultores, el desarrollo de hipótesis sobre los principales factores limitantes y el diseño de los ensayos a nivel de finca, un proceso que es interactivo con estudios tipo encuesta a nivel de finca y/o análisis de los resultados de los ensayos a nivel de finca (Figura 2). La forma como un programa de investigación a nivel de finca entra primero a este proceso interactivo depende precisamente de las necesidades del programa de investigación y de si la función es principalmente validación o investigación. El Cuadro 3 presenta tres estrategias alternativas y las implicaciones para el proceso de diseño de los ensayos. Cuando la función es principalmente la validación, el diseño de los ensayos a nivel de finca se derivarán (al menos inicialmente) de tecnologías identificadas a nivel de estación experimental y se mantendrá en todas las localidades una cierta constancia en el diseño. Cuando la función es más de naturaleza investigativa, el diseño puede surgir directamente de una hipótesis investigativa inicial sobre los factores limitantes del rendimiento a nivel regional, en cuyo caso será necesario como primer paso una encuesta de fincas o el diseño puede tratar de evaluar la importancia de factores limitantes particulares en las distintas localidades, en cuyo caso el diseño tendrá elementos comunes a la medición de los factores limitantes y elementos particulares de las diferentes localidades.

En su comienzo en 1977, los ensayos de yuca a nivel de finca se concibieron como pruebas de validación pero, con base en los resultados iniciales, el diseño de los ensayos evolucionó hacia una función de investigación. La hipótesis operante en el Programa de Yuca es que los rendimientos se encuentran principalmente limitados por la escasa habilidad genética de rendimiento de las variedades tradicionales. Sin embargo, dentro de una zona edafoclimática particular, la relación entre los rendimientos reales a nivel de finca y el rendimiento potencial de las variedades mejoradas dependerá de varios componentes del manejo, comunes a la mayoría de los sistemas de cultivo de yuca (Cuadro 4). Estos componentes del manejo junto con la variación en los factores limitantes edáficos y biológicos determinan la distribución del rendimiento en la zona. Además, el empleo o la restricción del uso de estos componentes del manejo están determinados por los requerimientos del sistema agrícola y de mercado. Por consiguiente, los rendimientos no están determinados principalmente por el manejo independiente del sistema de cultivo de yuca y surge la necesidad de la investigación de sistemas agrícolas en la evaluación de la tecnología para yuca, particularmente la interacción entre variedades mejoradas y estos componentes del manejo; es decir, los ensayos a nivel de finca se centran en la evaluación de la estabilidad de las variedades mejoradas en el sistema (Cock, 1981) y la habilidad del sistema agrícola para mantener los mayores niveles de rendimiento de estas variedades en el tiempo.

El diseño o la identificación de tratamiento en los ensayos de yuca a nivel de finca se basan, por consiguiente, en el objetivo de evaluar la interacción de variedades mejoradas y componentes de manejo en condiciones de la variación edáfica de las distintas regiones. La identificación de los tratamientos se basa principalmente en las hipótesis sobre los principales componentes del manejo presentados en el Cuadro 4 y del uso particular de estos componentes en cada una de las zonas. Para comprender la estabilidad de los componentes varietales y de manejo en el ámbito de la variación edáfica en cada zona se requiere que el número de ensayos sea de un mínimo de 15, a menos que las fincas se puedan estratificar con base en otra información.

La experiencia ha demostrado que la varianza fuera de los tratamientos en los ensayos a nivel de finca es considerable y, con frecuencia, se funde con la varianza de los tratamientos. Como el objetivo es evaluar el rendimiento potencial de nueva tecnología de una finca a otra en una región -- esto supone que, por lo menos inicialmente, la nueva tecnología identificada para una región será homogénea por extensión en dicha región -- cada finca se concibe mejor como una repetición */ y se obtiene más información (el diseño es más eficiente) mediante la repetición del ensayo de una finca a otra que dentro de las parcelas de un agricultor. Se pueden utilizar varios métodos estadísticos para analizar la fuente de variación fuera de tratamiento, los cuales pueden ser empleados para estratificar las fincas y evaluar de manera más sistemática la interacción entre la variación del rendimiento fuera de tratamiento y los factores limitantes en la productividad de la tecnología.

Análisis de los Ensayos a Nivel de Finca. La prueba eventual de la pertinencia de una nueva tecnología es su adopción por parte del agricultor. Como los ensayos a nivel de finca hacen parte del sistema global de evaluación de la tecnología, la evaluación es *ex ante* en su naturaleza pero el criterio de evaluación sigue siendo la adopción potencial por parte del agricultor. Por definición, la evaluación *ex ante* de la adopción debe enfocarse hacia aquellos factores que influyen en la adopción por el agricultor; es decir, la evaluación debe simular en gran medida su proceso de decisiones. Los criterios de evaluación son principalmente económicos; es decir, rentabilidad relativa entre tratamientos, el ajuste de la tecnología en el sistema agrícola (en particular, su compatibilidad con las limitaciones de recursos) y las consideraciones del riesgo versus las ganancias de ingresos. Los ensayos proporcionan los coeficientes de insumo - producción de las nuevas alternativas tecnológicas; los datos sobre precios, disponibilidad de recursos, otras actividades agrícolas, etc., provienen de los registros de manejo de las fincas mantenidos durante el curso del año de cultivo.

*/ Cada finca se debe considerar como una muestra al azar o estratificada de la población de fincas que producen yuca en la región.

El análisis de los resultados de los ensayos a nivel de finca se realiza en un proceso de tres etapas. El primer nivel de análisis es la significancia convencional de la diferencia en rendimiento entre tratamiento (ANOVA). Si los tratamientos no son significativos pero aún existen variaciones grandes en los rendimientos de los tratamientos, se investiga la estratificación *a priori* y estadística de la finca. Por ejemplo, la respuesta a los fertilizantes puede depender del tipo de suelo y del sistema de rotación. Si hay suficientes grados de libertad después de la estratificación, la muestra reducida vuelve a ANOVA. La primera etapa no tiene en cuenta la toma de decisiones por el agricultor. Su propósito principal es evaluar la estabilidad de los efectos de los tratamientos en condiciones variables de producción, definir los factores que resultan en variación de rendimiento y retornar esta información para el rediseño de los ensayos o al programa de investigación (Figura 3).

El segundo nivel de análisis determina si los tratamientos son más rentables que las prácticas de los agricultores. La rentabilidad relativa define la ganancia de ingresos para el agricultor. La nueva tecnología que pueda resultar en un aumento en rendimiento, puede ser menos rentable que la del agricultor debido a un mayor uso de insumos. Esta etapa del análisis proporciona esencialmente una medida de la viabilidad económica de un mayor uso de insumos. También, cuando hay diferencias en los precios de la producción debido a factores de calidad, la evaluación de la rentabilidad puede estrechar considerablemente la superioridad de las nuevas variedades. Como el Programa de Yuca se centra en el aumento de los ingresos del agricultor por medio de variedades mejoradas con solamente cambios menores en el uso de insumos, la rentabilidad de las tecnologías dependerá esencialmente de los rendimientos y de cualquier descuento en los precios debido a diferencias en la calidad. Esto último es particularmente importante en la determinación del potencial de la yuca para entrar a mercados alternativos y para competir con la yuca que entra a mercados tradicionales con precios más altos.

Casi más importante que el análisis de la rentabilidad es la siguiente fase: el análisis de la factibilidad de la nueva innovación dentro de un contexto global de finca. Como se indicó en el Cuadro 4, las prácticas de manejo óptimas (y por consiguiente el rendimiento y/o la producción) se encuentran potencialmente restringidas por varias consideraciones del sistema agrícola o del sistema de mercadeo. Sin embargo, los factores limitantes son difíciles de moldear en modelos de programación lineal de sistemas de producción de yuca. Las actividades de cultivo generalmente están limitadas en las áreas productoras de yuca y la yuca tiende a dominar en la solución sin límites artificiales que simulen los factores limitantes del mercado. Modelar la óptima época de cosecha se dificulta por la naturaleza del problema en el cual están implicados múltiples años y los factores de riesgo inherentes en el problema. Finalmente, modelar restricciones impuestas al despacho del producto al mercado es difícil desde una perspectiva de la toma de decisiones por el agricultor y, nuevamente sólo puede entrar como un elemento probabilístico en la función de objetivo. Sin embargo,

la solución a estos problemas proporcionará entonces una base para simular el impacto en los ingresos y en los patrones de producción por la apertura de mercados alternativos **/*.

El análisis de los ensayos a nivel de finca proporciona, de esta manera, la base para el rediseño de los ensayos del siguiente año, la información de retorno para el programa de investigación y la intervención de políticas de planeación (tales como el desarrollo de mercados alternativos) acompañando al lanzamiento de la tecnología. Los asuntos metodológicos del diseño y del análisis de los ensayos a nivel de finca se ilustrarán con resultados presentados en la siguiente sección.

Resultados Ilustrativos

Los objetivos y el diseño de los ensayos de yuca a nivel de finca han evolucionado desde su comienzo en 1977; los ensayos se centran ahora en tres objetivos cercanamente relacionados:

1. Entender los factores que determinan los rendimientos en sistemas tradicionales de producción de yuca;
2. Determinar los cambios necesarios que se requieren en estos sistemas para sostener el mayor nivel de rendimiento de las nuevas variedades; y
3. Determinar los cambios que se requieren en estos sistemas para adaptarlos a las necesidades de los nuevos mercados industriales.

En la mayoría de los casos, la extensión y adopción de variedades mejoradas de alto rendimiento en América Latina estarán ligadas con algún tipo de capacidad de procesamiento, lo cual implicará, en la mayoría de las áreas, el desarrollo de nuevos mercados y la inversión en capacidad de procesamiento. Los ensayos a nivel de finca tratan, por consiguiente, de prever los cambios en los sistemas tradicionales de producción necesarios para hacer esta transición. Igualmente, como se requiere una medida realista de los rendimientos para evaluar la viabilidad económica de las inversiones proyectadas, los ensayos también se enfocan explícitamente hacia la comprensión de los factores determinantes del rendimiento y la identificación de las condiciones apropiadas en las cuales se pueda medir con precisión el rendimiento esperado a nivel de finca. Los ensayos a nivel de finca constituyen la etapa final en la evaluación del rendimiento varietal y sirven de verificación del sistema de pruebas y evaluación.

Los ensayos a nivel de finca se iniciaron en Media Luna en la costa del Caribe de Colombia. El área es una zona típica de producción de yuca, caracterizada por agricultores pequeños, condiciones de producción relativamente marginales (hasta el grado en que la yuca fue una de las pocas alternativas potenciales de cultivo) y un acceso relativamente bueno a los mercados (en este caso, el mercado urbano del producto fresco en Barranquilla y una fábrica de almidón en gran escala). Los objetivos y el diseño de los ensayos evolucionaron con el

**/* El esfuerzo de desarrollo de modelos apenas se ha iniciado

tiempo en respuesta a conflictos entre los resultados y las hipótesis iniciales.

En su comienzo, los ensayos se diseñaron para evaluar la adopción real, siendo la hipótesis que las variedades y las prácticas culturales estaban listas para su extensión directa a los agricultores. El presupuesto común de que la ventaja en rendimiento a nivel de la estación experimental o del ensayo regional se traduciría en adopción a nivel de finca, fue rápidamente insostenible. Por consiguiente, los objetivos de los ensayos evolucionaron sucesivamente de la evaluación de la adopción real a la validación de la ventaja en rendimiento a nivel de finca y, finalmente, a la evaluación sistemática de los factores que determinan el rendimiento y la adopción, con el fin de especificar más apropiadamente los requerimientos de tecnología (Cuadro 5).

La ventaja en rendimiento debido a un paquete agronómico de mínimos insumos se estableció en una etapa temprana (Cuadro 6). Sin embargo la identificación de una variedad mejorada que fuera más rentable que la variedad local y el establecimiento de las condiciones en las cuales se debería hacer esta evaluación del rendimiento (y de la rentabilidad) era más difícil. La primera serie de ensayos establecieron la importancia de los factores de calidad para determinar a qué mercados podrían entrar las variedades, y, por lo tanto, o su precio diferencial o su imposibilidad de ser vendidas. Los años posteriores permitieron establecer que, tanto el rendimiento como las características de calidad, dependían del tipo de suelo (Cuadro 7), época de siembra (Cuadro 8) y época de cosecha (Cuadros 8 y 9). El nivel promedio de rendimiento y la clasificación de las variedades según su rendimiento con frecuencia cambiaron al evaluarlos en diferentes tratamientos de estos tres factores. Sin embargo, en el ensayo de 1980-81 se identificó un híbrido que era más rentable que la variedad local, por lo menos en una combinación particular de estos factores (Cuadro 8).

Además, el logro del máximo rendimiento estaba restringido, en la mayoría de los casos, por limitaciones impuestas al manejo dado por el agricultor por objetivos del sistema agrícola o del sistema de mercadeo de nivel más alto (en el Cuadro 10 se presentan los factores que determinan el rendimiento y las restricciones en su manejo). Para evaluar la llamada brecha en el rendimiento en yuca se requiere, por lo tanto, primero identificar los factores que determinan el rendimiento, establecer en segundo lugar las restricciones económicas al manejo de estos factores y, en tercer lugar, relacionar esto con la población de agricultores (como se ilustra en el ejemplo sintetizado en la Figura 4). Los ensayos a nivel de finca aún se encuentran en la primera etapa de este proceso, estableciendo cada uno de estos factores dos o tres a la vez, debido principalmente a limitaciones de espacio */. Para establecer

*/ El tamaño actual de los ensayos oscila entre 0.25-0.50 ha, una restricción grande en términos del espacio de estas fincas en pequeña escala y en términos del material de siembra cuando se introducen nuevas variedades.

eventualmente la brecha en rendimiento inherente en la Figura 4, se requerirá un ensayo factorial incompleto muy grande basado en una estratificación adecuada de los agricultores.

Los ensayos a nivel de finca en Mondomo, en el Departamento del Cauca, se iniciaron de la misma manera que los ensayos de validación, probando el paquete de mínimos insumos, de fertilizantes y variedades mejoradas. La selección de variedades se basó en resultados de ensayos regionales en Santander de Quilichao (1070 m de altitud versus aproximadamente 1400 m para la localidad de los ensayos a nivel de finca). Se encontró que las variedades no se adaptaron, debido aparentemente al ligero diferencial de temperatura. Además, las diferencias en el rendimiento en los tratamientos no fueron significativas, siendo la varianza entre fincas significativamente mayor que la varianza entre tratamientos (Cuadros 11 y 12).

Con el fin de analizar los efectos de los tratamientos, la varianza tenía que ser controlada, especialmente incluyendo otra información que respondiera por la variación en rendimiento. Los análisis iniciales del suelo indicaron niveles de fósforo muy bajos, alta saturación de aluminio y niveles de potasio bajos a moderados. Además, los agricultores en la zona trataban de controlar la disminución de la fertilidad del suelo mediante un sistema de enrastramiento a largo plazo. El efecto del sistema de enrastramiento en los rendimientos se podía observar mediante el ordenamiento de los resultados con base en un índice simple de enrastramiento (Cuadro 12). La correspondencia entre los dos era muy alta.

Alternativamente, se aplicó regresión múltiple a los resultados con variables adicionales para los factores edáficos. En el Cuadro 13 se presentan diferentes especificaciones del modelo. Todos los modelos varietales son significativamente diferentes (es decir, menores) que la variedad local Algodona. El tratamiento de la semilla no dió un efecto significativo en el rendimiento. Por otra parte, se encontró que los coeficientes en las variables edáficas dependían en alto grado si se incluía o no el modelo de enrastramiento */. Sin embargo, los resultados del modelo fueron estables cuando las variables fósforo y potasio se expresaron solamente como un término interactivo y junto con el índice de rotación dieron el R^2 más alto. Nuevamente, la variable rotación fue crítica para explicar la varianza del rendimiento y, en el modelo eventual, determinó si había o no una respuesta significativa a la fertilización. La estratificación de los agricultores y la repetición del análisis de varianza indicó una respuesta significativa a los fertilizantes cuando el término de duración del enrastramiento era inadecuado (Cuadro 14).

*/ La condición multicolineal puede ser un problema en este caso, pero la correlación simple entre el modelo de enrastramiento y los factores edáficos no fue alta.

Al igual que en Media Luna, en los ensayos de Mondomo se encontró que los factores de calidad y el rendimiento variaron con base en los factores de manejo. Como se muestra en el Cuadro 15 se encontró que el contenido de almidón y el contenido de HCN variaron con base en el nivel de fertilidad del suelo. A pesar de que se incluyeron variedades "dulces" en los ensayos, las cuales mantuvieron esta característica en los mayores niveles de fertilidad, en condiciones de un enrastramiento corto, los niveles de HCN ascendieron por encima del nivel crítico de 100 ppm. Por consiguiente, mantener la calidad se torna más difícil entre más alto sea el estrés en el cual se cultive la yuca. La capacidad para manejar estos factores de calidad depende de restricciones dentro del sistema agrícola, tales como el período del enrastramiento en relación con el tamaño de la finca y su importancia en los mercados finales.

Aunque el análisis de los ensayos a nivel de finca muestra los tipos de resultados que se pueden obtener de la evaluación entre la variación entre tratamiento y entre la variación entre fincas, aún falta el concepto de la variación entre localidades. Esto último sólo es factible cuando la evaluación se enfoca en una tecnología o variedad que presente una adaptación relativamente amplia. Dicho enfoque fue utilizado en la investigación de factores limitantes por el IIRI (IIRI, 1979); sin embargo, en yuca es poco factible que haya mucha similitud en la introducción de tecnología en diferentes localidades. Sin embargo, el enfoque es útil en términos de lo que se puede aprender de un análisis comparativo. También, en esfuerzos más avanzados de desarrollo de modelos (por ejemplo, modelos tipo mercado - equilibrio espacial), los ensayos se utilizaron para evaluar cambios en la ventaja comparativa de producir para distintos mercados finales, particularmente en los que las diferencias en calidad constituyan un factor.

Con el ánimo de hacer un análisis comparativo, los ensayos a nivel de finca de 1980-81 se diseñaron para evaluar el efecto de diferentes épocas de siembra y cosecha como determinantes del rendimiento. La escogencia de las épocas de siembra y cosecha se hizo con base en los requerimientos particulares del sistema agrícola de cada localidad. Los resultados tomados conjuntamente muestran ganancias en rendimiento por el almacenamiento de la yuca en el suelo (el aumento porcentual en la rentabilidad es aún mayor) pero que este almacenamiento implica un mayor riesgo (Cuadro 16). Los factores de riesgo incluyen riesgo de producción, como en Mondomo en donde ocurrió pudrición radical debido a una alta precipitación fuera de lo normal, o en Media Luna en donde la calidad de las raíces tiende a disminuir.

Más importante aún es el riesgo del mercado que, además del riesgo de una disminución en el precio durante el transcurso del período de cosecha, incluye el acceso al mercado. Los agricultores en las diferentes regiones han adoptado distintas estrategias de mercadeo. En el Socorro los agricultores se enfrentan a un mercado fresco muy limitado en el cual los compradores cambian de precios durante el transcurso del día de mercado a medida que estiman el suministro que va entrando al mercado. Los agricultores rara vez cosechan más de 150-200 kg para cualquier día de mercado. Los agricultores en los Llanos (para el

mercado fresco de Bogotá) y de Mondomo (para las plantas de almidón en pequeña escala) venden sus lotes por contrato. Por consiguiente, los agricultores no están interesados en rendimientos más altos y los compradores están más interesados en la continuidad de suministros que en los aumentos en rendimiento. En Media Luna, los agricultores pueden vender yuca al mercado fresco urbano en el cual existe un premio considerable en el precio o al mercado industrial de almidón. El problema lo constituye el acceso al mercado fresco al cual le venden cuando quiera que existe una oportunidad de mercadeo. Los agricultores le venden casi exclusivamente al mercado fresco al comienzo del período de cosecha y al mercado de almidón al final, cuando se aproxima la época de siembra.

Por consiguiente, la conclusión es que los rendimientos de yuca varían marcadamente dependiendo de la época de siembra y, especialmente, de la época de cosecha. Sin embargo, la yuca se cosecha por lo general más temprano que lo que podría considerarse como óptimo debido a factores limitantes de mayor nivel en el sistema agrícola y de mercadeo. En la medida en que se desarrollen mercados alternativos y unidades de procesamiento en pequeña escala, habrá cabida a ganancias sustanciales en la eficiencia debido a mejores eslabones entre los sistemas de producción de yuca y los sistemas de procesamiento de la misma.

Conclusiones

La investigación de sistemas agrícolas unida a la generación o evaluación de tecnología se puede utilizar para varios propósitos diferentes tales como la definición de los requerimientos del diseño de tecnología, la validación y prueba de tecnología, la identificación del componente o paquetes tecnológicos apropiados para extensión o la planeación y evaluación del proyecto. Aunque son relativamente distintos, hay sin embargo un traslape considerable en estos objetivos y, por ello, los programas de ISA con frecuencia tienden a tratar de hacerlo todo. La puesta en marcha y el diseño de un programa ISA exitoso requiere que los objetivos sean claros. Con relación a los objetivos del diseño de tecnología o validación de tecnología estos se alcanzan mejor como parte de un programa de investigación, el cual, en la mayoría de los casos, será un programa de investigación de un cultivo.

Aún dada esta diferenciación, la discusión de los ensayos de yuca a nivel de finca adelantados por el CIAT ha demostrado también que el diseño de la metodología dependerá igualmente de la etapa particular de desarrollo del programa de investigación (es decir, si el enfoque es esencialmente hacia las funciones de investigación o si es hacia la función de validación) y las características particulares del cultivo o sistemas de cultivo. Los ensayos de yuca a nivel de finca se iniciaron en un programa de investigación que tenía seis años de edad y en un cultivo que tenía un historial de investigación relativamente corto. Como los aumentos en rendimiento se buscaban por medio del desarrollo varietal con aumentos mínimos en insumos de apoyo, los primeros asuntos enfrentados incluyeron el ligamiento de los ensayos a nivel de finca con el sistema de prueba varietal y el desarrollo de un sistema apro-

piado para medir los rendimientos que reflejara los factores limitantes en el sistema de producción de yuca.

Lo que este proceso permitió aclarar rápidamente fue que era imposible en una región particular especificar un estimativo puntual incondicional del rendimiento para una variedad determinada asociado con el paquete de mínimos insumos. Existía una distribución muy marcada del rendimiento y para entender lo que significaba dicha distribución (y, por consiguiente, lo que serían los rendimientos promedios), se requería o que se estableciera un gran número de ensayos montados al azar en fincas o que los factores causantes de la variación del rendimiento se pudieran identificar y relacionar con datos secundarios más fácilmente disponibles. En contraposición con los ensayos agronómicos más tradicionales, la metodología estaba orientada hacia el entendimiento de las variaciones considerables en los estimativos de rendimiento. Una conclusión básica, y parcialmente obvia, que surgió de estos ensayos iniciales fue que la variación del rendimiento y de la calidad era mucho mayor entre fincas que entre tratamientos.

Esta distribución del rendimiento era causada por variación en los factores limitantes del rendimiento tanto edáficos como bióticos y por factores limitantes del sistema agrícola y mercadeo en el manejo del cultivo de la yuca (Cuadro 4). Los agricultores no alcanzaban un rendimiento óptimo ni desde el punto de vista físico, ni siquiera desde el punto de vista presupuestal, debido a limitaciones de mayor nivel en factores tales como la época de siembra, la época de cosecha, el período de enrastramiento y el control de malezas (por ejemplo, en los casos en que entraba en conflicto con la cosecha de café en Mondomo). Además, son dichos factores de manejo en contraposición con el uso de insumos comprados, los que determinan principalmente el rendimiento. La producción de yuca se presta para el uso mínimo de insumos comprados. El control de enfermedades e insectos es, en general, o prohibitivamente costoso o inefectivo debido al ciclo largo del cultivo de la yuca. La aplicación de fertilizantes debe competir con una rotación de rastrojo. Además, debido a su sistema radical ineficiente (aminorado por la infestación de micorrizas) la aplicación de fertilizante tiende a ser grande con el fin de generar una respuesta en rendimiento. Los agricultores pueden enfrentar factores limitativos de capital y/o tener alternativas que den un mejor retorno a la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, una estrategia de manejo de la fertilidad del suelo será crítica para la efectividad de las variedades mejoradas.

La rentabilidad y, por consiguiente, la adopción potencial de las variedades mejoradas dependerá críticamente del tipo de mercado final disponible, puesto que el tipo de mercado determinará si los requerimientos de calidad son estrictos. Los resultados de los ensayos a nivel de finca indican que será difícil (y costoso) producir variedades de alto rendimiento que tengan las características de calidad necesarias para competir con las variedades tradicionales en los mercados frescos del sector urbano. Las condiciones de estrés en las cuales generalmente se cultiva yuca afectan adversamente las características de calidad tales como los contenidos de almidón y HCN, como también afectan el rendimiento.

Las variedades mejoradas tendrán a ser adoptadas más rápidamente en aquellas áreas en donde exista una capacidad de procesamiento de la yuca; es decir, en donde las características de calidad no son tan rígidas. En la mayoría de los casos en América Latina, excepto en Brasil, se requerirá para ello el desarrollo de mercados alternativos. Entonces, la evaluación de la adopción potencial de las variedades mejoradas y la evaluación del desarrollo potencial de mercados alternativos se convierten en problemas relacionados. Los precios utilizados en el análisis tendrán que provenir de análisis de demanda; la viabilidad económica de la yuca en los mercados alternativos provendrá de los resultados de los ensayos a nivel de finca. Entonces, los ensayos a nivel de finca evolucionarán eventualmente como una herramienta para la evaluación *ex ante* de proyectos integrados de producción de yuca y desarrollo de mercados. Los ensayos también tendrán que ligar los requerimientos de los nuevos mercados con un análisis de los cambios necesarios en los sistemas de producción. Los ensayos de yuca a nivel de finca proporcionan así el eslabón clave entre el sistema de pruebas varietales y la expansión planeada de la producción y utilización de yuca.

Cuadro 1. Tipos de Variables Utilizadas en la Estratificación del Area Objetivo de Sistemas de Producción de Yuca.

<u>Características</u>	<u>Variables</u>
<u>Características Edafoclimáticas</u>	
<u>Características del Sistema de Producción</u>	
Tamaño de Finca	Tamaño Promedio de Finca % de agricultores con menos de 10 ha.
Tenencia de fincas	Propietarios de fincas como % de todos los agricultores
<u>Características del cultivo de yuca</u>	
Mano de obra	Area de yuca por finca Area de yuca como % del área cultivada Monocultivo de yuca como % del área total de yuca
Fuente de potencia	Población económicamente activa por finca Población económicamente activa por área cultivada
<u>Características del sistema de mercado</u>	
Precio	Precio de yuca Precio de yuca en comparación con cultivo competitivo
Comercialización	% de producción comercializada
Procesamiento	% de producción procesada
Costo de mercadeo	Distancia al mercado principal
Dinámica del mercado	% de cambio en área de yuca con el tiempo % de cambio en el precio de yuca con el tiempo

Cuadro 2. Localidades y Características de las Zonas en Donde Actualmente se Realizan los Ensayos a Nivel de Finca en Colombia.

Localidad	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Características del suelo			Tamaño promedio de finca (ha)	Cultivo principal competitivo	Mercado principal
			Bray II-P (ppm)	K (meq/100 g)	pH			
<u>Costa Norte</u>								
Medía Luna	10	1400	3.9	0.08	6.0	5.8	Ajonjolí	Urbano fresco y almidón en gran escala
<u>Cauca</u>								
Mondomo	1450	2402	1.6	0.12	4.3	15.1	Café	Almidón en pequeña escala
<u>Santander</u>								
Palmas del Socorro	1225	2560	2.5	0.20	4.0	5.9	Caña	Subsisten- cia
<u>Llanos Orientales</u>								
San Martín	350	2500	3.1	0.10	4.6	60.0	Café	Urbano fresco

Cuadro 3. Diferenciación del Diseño de los Ensayos a Nivel de Finca con Base en el Objetivo de Investigación

Enfoque de Investigación	Características del Diseño del Ensayo	Ejemplo
Enfoque por localidad o sitio:		
Evaluación de limitación específicas locales o validación dentro de una localidad	Los tratamientos siguen las características del sistema de producción de la región.	Evaluación de tecnología en nueva zona edafoclimática, ej. Cuenca del Amazonas.
Identificación de Limitaciones de una localidad a otra.	Diseño general de evaluación de un solo factor limitante; tratamientos específicos con base en las características del sistema de producción de la región.	Evaluación de la estabilidad de nuevas variedades dentro del sistema; evaluación comparativa de sistemas de producción.
Validación de una localidad a otra	Diseño factorial completo o incompleto con tratamientos constantes	Evaluación de variedades por amplia adaptabilidad; prueba de un paquete de mínimos insumos.

Cuadro 4. Determinantes del Rendimiento y la Producción en Sistemas de Cultivo de Yuca.

Componentes del Sistema de cultivo de yuca	Interacción varietal	Interacción edafoclimática	Determinantes de mayor nivel	
			Sistema agrícola	Sistema de mercado
Manejo de la fertilidad del suelo	??	Alta	Limitación de capital rotación de cultivos Limitación de tierra/ sistema de enrastramiento Asignación de "calidad de tierras"	Relación de precios producción/ fertilizantes. Interacción fertilizantes/ calidad.
Control de erosión	Baja	Alta	Rotación de cultivos/asignación de tierra Sistema de Tenencia	
Cultivos intercalados	Moderada	Moderada	Limitaciones de mano de obra Limitaciones de flujo de caja	Relaciones de precios de la producción
Control de malezas	Moderada	Moderada	Limitaciones de mano de obra	Salarios
Manejo de estacas	??	Baja/moderada	-	-
Manejo de plagas	Alta	Alta	Limitaciones de capital ^{1/}	Relaciones de precio producción/ pesticidas Cambios en calidad
Epoca de cosecha	Moderada	Moderada	Limitaciones de mano de obra Usos competitivos de la tierra	Precio estacional de la producción Acceso al mercado
Epoca de siembra	??	Alta	Asignación de recursos a otros cultivos	Precio estacional de la producción
Características varietales de calidad	Alta	Moderada/Alta	Manejo de la fertilidad	Descuentos en el precio de la producción Acceso al mercado

^{1/} Debido al largo ciclo de cultivo es dudoso que los fungicidas, pesticidas, etc. constituyan una opción.

Cuadro 5. Media Luna: Evaluación de los Objetivos y el Diseño de los Ensayos de Yuca a Nivel de Finca

Año	Objetivos	Características del diseño	Resultados
1977-78	Evaluar adopción real de variedades nuevas más tecnología de mínimos insumos.	Dos selecciones y una variedad local con tres tratamientos; cada tratamiento evaluado en distinta finca.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Importancia de las características de calidad en la adopción (contenido de almidón). 2. Retorno en rendimiento al paquete mínimos insumos. 3. Impráctica la evaluación de la adopción; es necesario rediseñar los ensayos.
1978-79	Validar variedades de amplia adaptación y prácticas culturales recomendadas.	Dos selecciones y una variedad local con paquetes de mínimos insumos y paquetes de mínimos insumos más fertilizantes.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rendimiento y diferencia en respuesta a fertilizantes con base en el tipo de suelo. 2. El concepto de amplia adaptabilidad no se aplicó a Media Luna. 3. Contenido de almidón influenciado por factores ambientales como el tipo de suelo. 4. Respuesta en rendimiento al paquete de mínimos insumos pero el fertilizante no fue rentable.
1979-80	Seleccionar híbridos y evaluar rendimiento y calidad en función de la época de cosecha	Una variedad local y tres híbridos con seis épocas de cosecha	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alta dependencia del rendimiento y la calidad de la época de cosecha. 2. La clasificación de las variedades cambia en función de la época de cosecha. 3. La selección varietal ligada en forma más eficiente al ensayo regional
Cuadro 5. (Continuación)			
Año			
1980-81	Evaluación varietal en función de diferentes épocas de siembra y cosecha.	Variedad local e híbrida evaluadas en tres sistemas de manejo con dos fechas de siembra cada una con dos fechas de cosecha.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variedad híbrida más rentable que la variedad local, aún con descuentos en precios. 2. Interacción sustancial entre la respuesta a fertilizantes y el control de malezas. 3. La época de siembra y de cosecha influye en alto grado en el rendimiento. 4. El híbrido responde mejor al fertilizante con buen manejo.
1981-82	Evaluar respuesta en rendimiento y a fertilizante en función de un sistema de enrastramiento y tipo de suelo	Variedad local e híbridas evaluadas en seis tratamientos con fertilizantes con tres sistemas de enrastramiento y dos tipos de suelo.	Falta su cosecha.

Cuadro 6. Media Luna: Productividad y contenido de almidón de variedades locales y del CIAT con prácticas agronómicas mejoradas ^{1/} y prácticas agronómicas mejoradas más fertilizante.

Variedad y tratamiento	Rendimiento (ton/ha)		Contenido de Almidón (%)	
	Media	Desviación estandar	Media	Desviación estandar
	ton/hectárea		%	
Secundina				
prácticas agronómicas mejoradas	12.1a ^{2/}	3.9	33.0a	1.1
prácticas agronómicas mejoradas + fertilizante	13.1	4.6	30.8ab	2.9
CMC 40				
prácticas agronómicas mejoradas	15.4a	5.7	23.8c	2.5
prácticas agronómicas mejoradas + fertilizante	15.7ab	3.5	19.6c	6.4
M Col 22				
prácticas agronómicas mejoradas	13.7a	3.1	27.1b	1.9
prácticas agronómicas mejoradas + fertilizante	17.5b	4.4	29.0b	2.3

^{1/} Incluye una población de plantas de 10.000/ha, selección de estacas y tratamiento de estacas.

^{2/} Las cifras seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes (p = 0.05).

Nota: El nivel promedio de rendimiento con tecnología tradicional fue de 7.1 ton/ha.

Cuadro 7. Media Luna: Resultados de ensayos agronómicos desglosados por tipo de suelo.

Tipo de suelo	Aplicación de fertilizantes	Variedades					
		Secundina		CMC 40		M Col 22	
		Rendimiento	Almidón	Rendimiento	Almidón	Rendimiento	Almidón
Rojo	no	12.4	33.5	17.8	24.6	15.1	27.3
Rojo	sí	15.7	32.1	18.1	23.3	18.3	29.5
Blanco	no	11.3	31.6	8.4	21.5	9.5	26.6
Blanco	yes	7.9 ^{1/}	29.3	13.2	15.8	16.6	28.5

^{1/} Sólo incluye una observación en la cual el rendimiento se redujo significativamente.

Cuadro 8. Media Luna: Efecto de la época de siembra, época de cosecha y control de malezas en el rendimiento de dos variedades.

Tratamiento	Siembra de febrero (273 días)		Siembra de mayo (345 días)		Siembra de julio (357 días)		Siembra de septiembre (357 días)	
	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)
Buen control de malezas								
Secundina								
Tradicional	6.5	-	10.0	32.8	9.0	38.1	7.7	34.1
Mejorado	12.4	33.4	16.5	32.4	9.4	35.5	11.6	33.5
Fertilizado	11.1	33.7	14.4	35.9	10.4	35.6	14.3	34.2
CM 342-170								
Tradicional	20.9	-	20.4	20.6	15.6	31.3	13.6	29.6
Mejorado	17.2	29.9	21.4	25.3	16.9	29.9	20.4	29.6
Fertilizado	23.5	28.6	29.8	24.1	19.8	28.6	20.4	28.8
Control de malezas pobre								
Secundina								
Tradicional	2.8	-	6.1	31.3	4.2	33.3	5.2	36.2
Mejorado	7.7	33.5	10.5	32.1	4.2	34.8	3.4	33.6
Fertilizado	7.1	31.9	9.6	31.0	3.3	33.2	7.2	36.4
CM 342-170								
Tradicional	11.4	-	9.5	28.0	9.6	29.6	13.8	31.7
Mejorado	17.7	32.2	19.6	28.0	12.9	30.3	17.2	32.3
Fertilizado	16.2	29.3	16.7	28.3	11.4	26.8	19.1	30.9

Cuadro 9. Media Luna: Características varietales en función de diferentes épocas de cosecha, 1979-80.

Características varietales	Meses después de cosecha					
	10	11	12	13	14	15
Precipitación (mm)	0	3	50	170	240	180
Rendimiento de raíces (ton/ha)						
Secundina	8.4	7.7	8.6	9.1	12.2	12.3
CM 323-375	7.6	6.6	7.8	9.6	16.0	16.0
CM 305-38	5.7	5.4	5.8	6.6	7.4	10.4
CM 391-2	6.6	3.6	3.8	7.7	9.0	10.2
Contenido de materia seca (%)						
Secundina	36.6	33.1	32.3	32.2	41.4	34.5
CM 323-375	28.5	22.5	23.6	23.1	25.6	23.7
CM 305-38	28.9	27.3	25.9	24.6	28.0	22.7
CM 391-2	29.8	26.8	27.2	21.1	33.2	30.2
Pudrición de raíces (% del total de raíces)						
Secundina	0.8	1.0	0.7	0.3	1.1	0.4
CM 323-375	4.1	13.3	6.3	2.8	4.5	4.5
CM 305-38	4.8	10.4	10.9	4.1	3.0	5.6
CM 391-2	2.2	18.3	14.1	5.8	4.3	1.0
Contenido de fibra (%)						
Secundina	2.8	2.6	4.8	N.A.	3.4	4.0
CM 323-375	3.1	3.6	5.3	N.A.	3.9	3.3
CM 305-38	3.2	4.1	N.A.	N.A.	4.4	6.4
CM 391-2	3.3	3.4	6.4	N.A.	4.5	3.3

Cuadro 10. Media Luna: Determinantes del Rendimiento y la Calidad de la Yuca y Restricciones sobre el Control de los Agricultores de estos factores.

Determinante del Rendimiento	Restricción en el control por los Agricultores
Epoca de Siembra	Disponibilidad de alquiler de tractores Capacidad para cosechar el cultivo anterior
Epoca de Cosecha	Acceso al mercado Espectativas de precios
Tipo de suelo: rojo o blanco	Distribución del suelo Sistema de enrastramiento
Período de enrastramiento	Tamaño de finca Precio de los fertilizantes
Manejo de estacas	Disponibilidad de agua Epoca de cosecha
Control de malezas	Disponibilidad y precio de mano de obra Topes estacionales de mano de obra
Enfermedades e insectos	Medidas de control no rentables

Cuadro 11. Mondomo: Resultados del Rendimiento y Materia Seca para las Variedades y Tratamientos Fertilizados Probados en los Ensayos a Nivel de Finca, 1979-80.

Tratamiento de Fertilización	Variedad		
	Algodona	Americana	CM 323-375
Rendimiento de raíces(ton/ha)			
Cal + Fertilizante	10.3 a	6.3 a	5.5 a
Solo Fertilizante	10.4 a	4.9 a	6.2 a
Solo Cal	9.3 a	4.8 a	4.7 a
Testigo	9.1 a	4.9 a	3.1 a
Contenido de materia seca(%)			
Cal + Fertilizante	36.8 a	35.9 a	37.6 a
Solo Fertilizante	36.6 a	33.7 a	36.2 a
Solo Cal	36.1	35.1 a	36.4 a
Testigo	35.4	34.3 a	37.5 a

1/ Las medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de P = 0.05.

Cuadro 12. Mondomo: Rendimientos de Algodona y Americana en Relación con la Historia del Terreno y el Tamaño de la finca

Rendimiento de raíces (ton/ha)		Historia Previa del Terreno		Índice de Rotación 1/ Finca (ha)	
Americana	Algodona				
t/ha	t/ha				ha
8.5 a ^{4/}	16.6 a	1 año de yuca; 15 años de rastrojo		13	44.8
<u>2/</u>	13.7 b	2 años de rastrojo; 1 año de yuca; 10 años de rastrojo		10	12.6
<u>3/</u>	11.4 bc	10 años de rastrojo		10	19.2
6.6 ab	8.7 cd	8 años de rastrojo		8	4.5
6.2 b	6.9 d	6 años de rastrojo		6	5.8
3.5 c	6.5 de	2 años de rastrojo		2	15.1
4.6 c	4.7 e	2 años de yuca; 8 años de rastrojo		4	5.0
2.7 c	<u>2/</u>	2 años de yuca; 2 años de rastrojo		- 2	12.6

1/ Calculado como el número de años en rastrojo menos dos veces el número de años anteriores en yuca.

2/ El mismo agricultor pero diferentes historias del terreno para las dos variedades.

3/ Tratamiento perdido

4/ Las medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de $P = 0.05$.

Cuadro 13. Mondomo: Determinantes del Rendimiento Según su Medición En Análisis de Regresión Múltiple

Variable	Coeficientes estimados			
	1	2	3	4
Intercepto	11675***	12941***	8057***	12889***
Factores Edáficos:				
Fósforo	- 3625***	- 187	-	-
Potasio	15351***	3122	-	-
Materia orgánica	- 49	293	- 49	303
Calcio	- 1010	- 3405***	- 272	- 3346***
P* K	-	-	2661***	986**
Variedades				
Americana	- 4019***	- 3141***	-4674***	-3191***
CM 323-375	- 5042***	- 4072***	-5812***	-4140***
M Col 1684	- 6800***	- 5749***	-7560***	-5822***
CMC 59	- 3993***	- 2491***	-3908***	-2485***
Tratamiento de las estacas	419	433	422	434
Fertilizantes	905*	921*	908	917**
Modelo de enrastramiento	-	- 6349***	-	-6424***
R ²	.55	.64	.49	.65

Nota: Los asteriscos denotan el nivel de significancia del coeficiente de la siguiente manera:

*** $P > .01$; ** $P > .05$; * $P > .10$

Cuadro 14. Mondomo: Respuesta de Algodona a los Fertilizantes en Relación con el Período del Enrastrajamiento.

Tratamiento de fertilidad	Ciclo de Rotación:	
	Adecuado (Índice de rotación > 6)	Acortado (Índice de rotación ≤ 6)
Fertilizante + Cal	11.3 a	7.7 a
Fertilizante	11.1 a	8.9 a
Cal	12.1 a	2.5 b
Testigo	11.0 a	4.2 b

Nota: Las cifras con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes a un nivel de $p = 0.05$.

Cuadro 15. Mondomo: Efecto del Sistema de Enrastrajamiento y Fertilización en la Calidad de Raíces.

Variedad	Enrastrajamiento adecuado ^{1/}				Enrastrajamiento acortado ^{2/}			
	Fertilizado		No Fertilizado		Fertilizado		No Fertilizado	
	Materia seca %	HCN ppm	Materia seca %	HCN ppm	Materia Seca %	HCN ppm	Materia seca %	HCN ppm
Algodona								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	34.5	-	35.2	-	30.7	-	26.6	-
Cosecha de junio	36.0	328	26.9	335	31.8	219	29.7	623
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	41.9	94	42.3	128	37.0	243	37.4	317
Cosecha de diciembre	32.4	85	33.8	107	32.0	251	30.5	285
CMC 92								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	37.3	37.7	37.7	-	30.2	-	26.2	-
Cosecha de junio	33.7	182	27.9	83	29.8	154	32.9	409
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	38.3	195	37.1	306	39.3	287	35.6	624
Cosecha de diciembre	34.3	181	33.4	258	32.1	365	32.2	350
Barranquilla								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	38.7	-	37.0	-	29.7	-	28.8	-
Cosecha de junio	37.2	113	37.2	167	34.1	122	29.0	253
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	37.0	80	37.0	165	36.6	111	36.0	139
Cosecha de diciembre	32.2	30	34.3	46	30.2	92	33.3	93
Sata Dovia								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	35.2	-	34.5	-	28.8	-	29.4	-
Cosecha de junio	41.3	71	36.3	179	33.9	123	33.5	194
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	34.5	107	37.5	207	34.8	266	37.0	224
Cosecha de diciembre	34.7	43	37.3	37	35.7	110	34.7	154

^{1/}Para la siembra de marzo, parcela 2; para la siembra de sept. parcela 4.

^{2/}Para la siembra de marzo, parcela 1; para la siembra de sept. parcela 3.

Cuadro 16. Efecto de la Epoca de Siembra y Epoca de Cosecha en el Rendimiento y Rentabilidad de la Yuca ^{1/}

Región y Variedad	Primera siembra		Porcentaje de cambio en:		Segunda siembra:		Porcentaje de cambio en:	
	Iniciación cosecha	Terminación cosecha	Rend.	Rentabilidad	Iniciación cosecha	Terminación cosecha	Rend.	Rentabilidad
	ton/ha		%		ton/ha		%	
Media Luna:								
Secundina								
Sin fertilizar	12.4	16.5	33	50	9.4	11.6	27	42
Fertilizada	11.1	14.4	30	65	10.4	14.3	38	89
CMC 342-170								
Sin fertilizar	17.2	21.4	24	32	16.9	20.4	21	27
Fertilizada	23.5	29.8	27	36	19.8	20.4	3	4
Mondomo:								
Algodona								
Sin fertilizar	11.4	9.5	- 17	- 27	16.9	26.9	59	80
Fertilizada	22.3	2.4	- 89	-	19.5	30.8	58	90
Barranqueña								
Sin fertilizar	15.4	9.2	- 40	- 56	5.2	9.1	75	444
Fertilizada	17.7	20.7	17	28	12.5	13.5	8	18
CMC 92								
Sin fertilizar	9.1	3.6	- 60	-	12.1	30.9	155	242
Fertilizada	18.3	3.6	- 80	- 70	14.5	36.2	150	288
Socorro:								
Chile								
Sin fertilizar	12.9	21.5	67	38	21.5	16.9	- 21	- 28
Fertilizada	13.4	26.3	96	105	23.3	18.5	- 21	- 29
CMC 92								
Sin fertilizar	10.6	16.2	53	39	2/	2/	-	-
Fertilizada	13.4	22.3	66	69	2/	2/	-	-
HMC 2								
Sin fertilizar	4.6	17.5	280	-	2/	2/	-	-
Fertilizada	14.7	15.7	7	68	2/	2/	-	-
Llanos								
Chirosa								
Sin fertilizar	11.2	18.0	61	86	N.I.	N.I.	-	-
Fertilizada	13.4	14.9	11	18	N.I.	N.I.	-	-
Cupa								
Sin fertilizar	5.8	7.1	22	50	N.I.	N.I.	-	-
Fertilizada	7.9	10.3	30	80	N.I.	N.I.	-	-

N.I. = no incluido como tratamiento
 1/ = tratamiento de alto manejo
 2/ = estacas destruidas en el transporte

Figura 1. Proceso de Desarrollo de Tecnología de Yuca

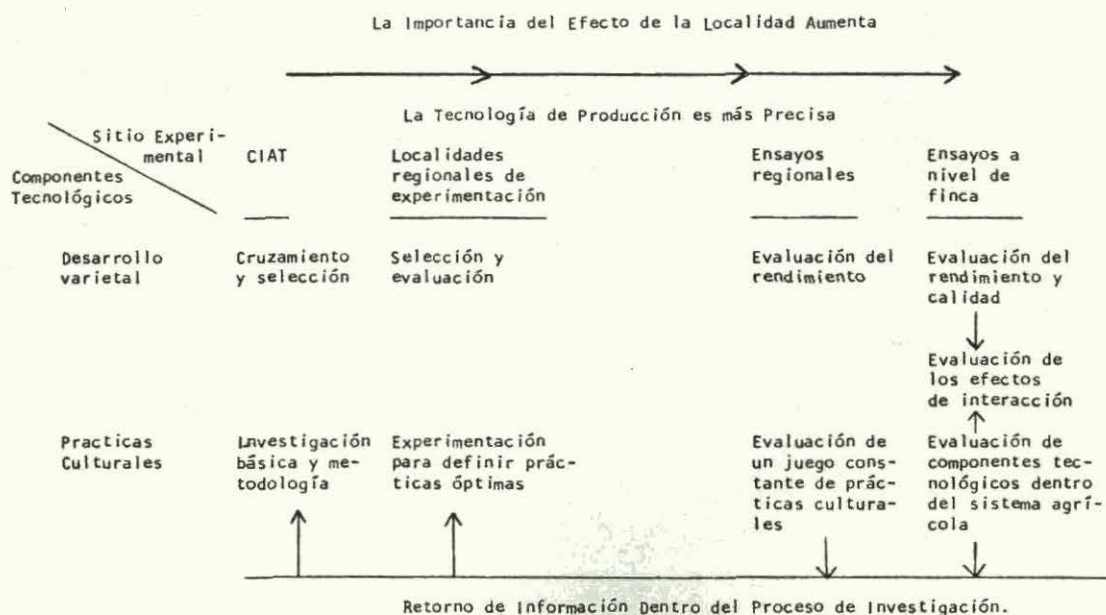


Figura 2. Diagrama del Flujo de la Metodología de los Ensayos de Yuca a Nivel de Finca

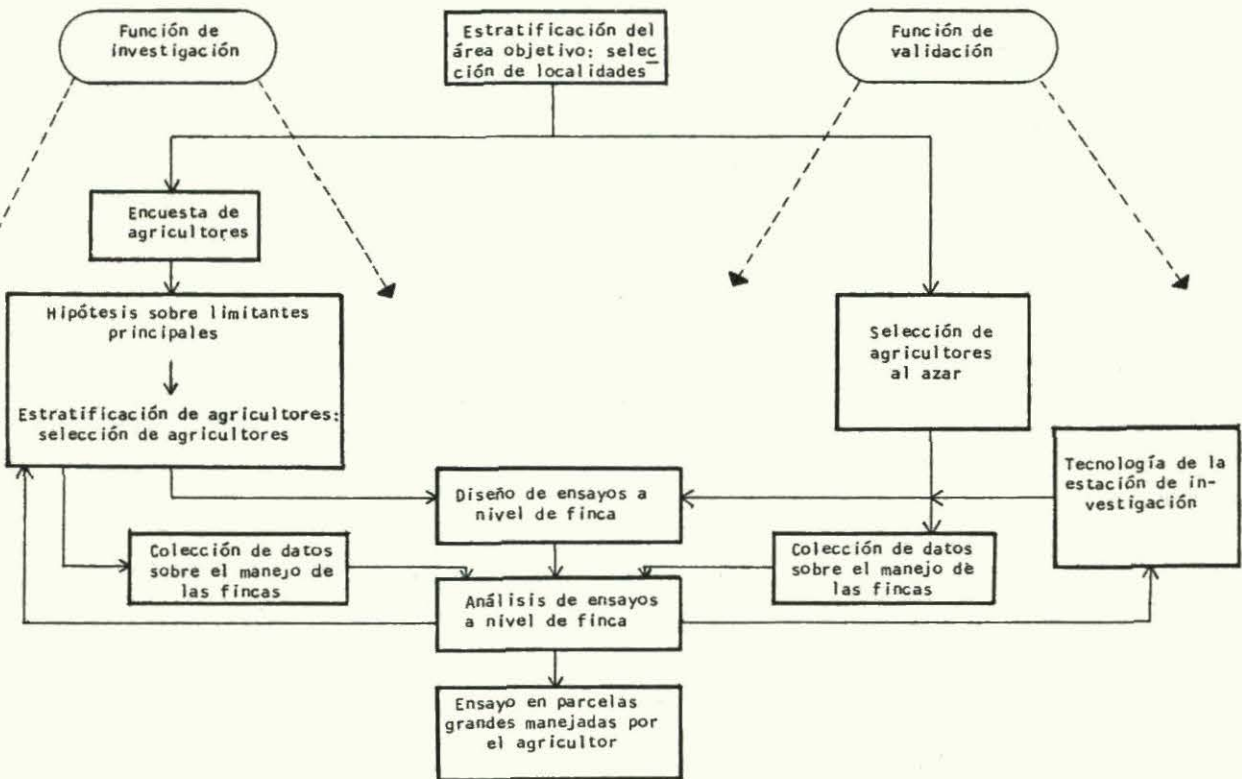


Figura 3. Diagrama de Flujo para la Evaluación de Nueva Tecnología de Ensayos a Nivel de Finca.

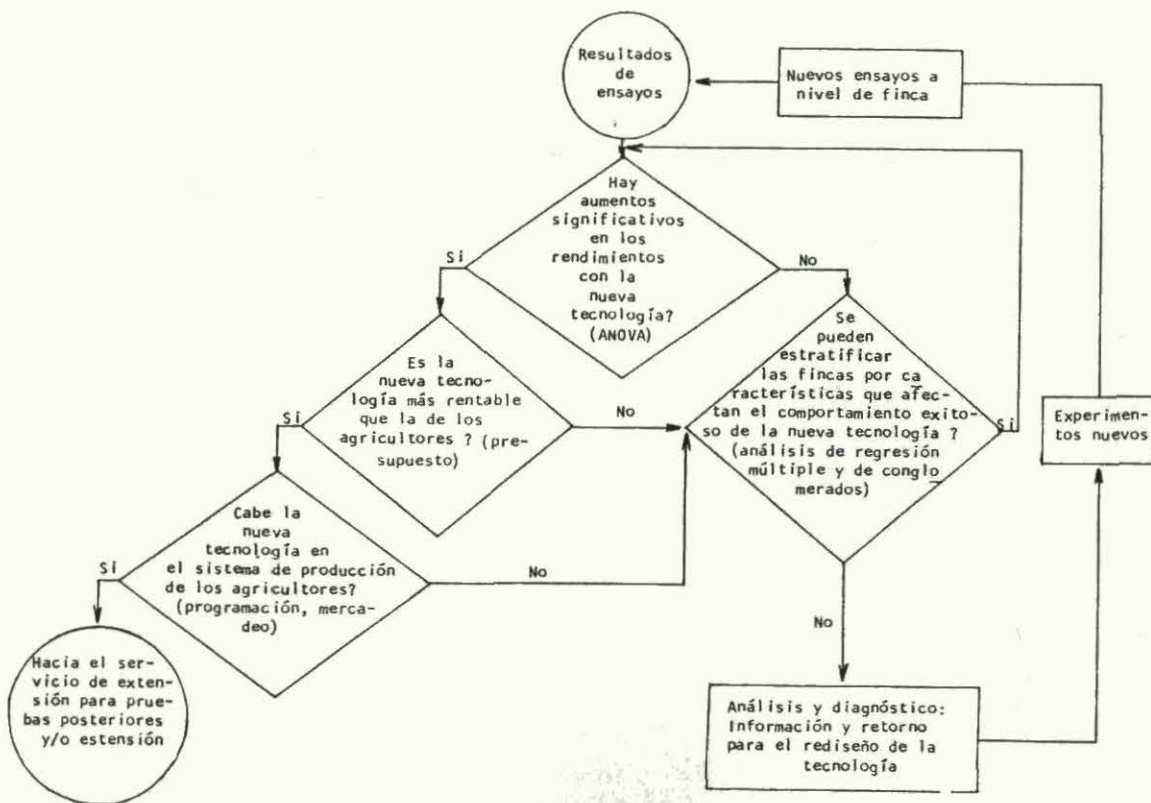
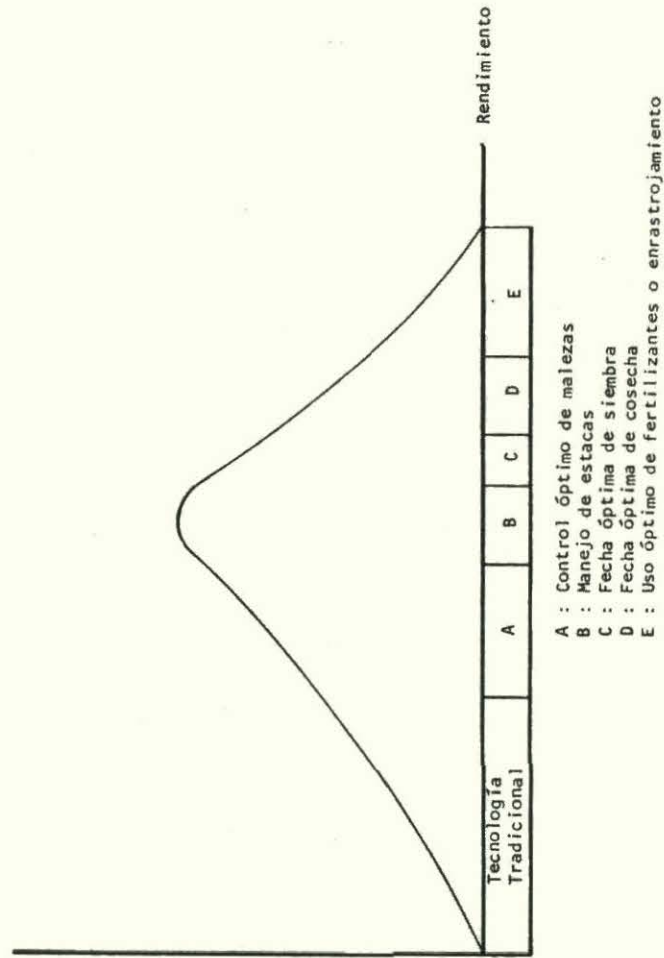


Figura 4. Distribución del Rendimiento en Función de una Brecha en Rendimiento Fundamental

Porcentaje de agricultores o área



BIBLIOGRAFIA

1. Cock, J.H. (1981). "Stability of Performance of Cassava Genotypes", mimeo.
2. Donald, C.M. and J. Hamblin (1976). "The Biological Yield and Harvest Index of Cereals as Agronomic and Plant Breeding Criteria", *Advances in Agronomy* (28):361-405.
3. Evans, L.T. (1980). "The Natural History of Crop Yield", *American Scientist* (68): 338-397.
4. IRRI (1979). Farm-level Constraints to High Rice Yields in Asia: 1974-77, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.