

IV. LOS AGROECOSISTEMAS

El estudio de los agroecosistemas requiere de técnicas de muestreo diferentes a las de los cultivos extensivos que ocupan grandes extensiones de terreno debido a que se caracterizan por su diversidad biológica y por la importancia de las interacciones ecológicas de los organismos involucrados, de manera que dichas características deberán de ser tomadas en cuenta a la hora de la toma de muestra.

Los microorganismos del suelo (microflora y microfauna) cumplen diversas funciones dentro de los agroecosistemas, entre las que se tienen: descomposición (mineralización y humificación), fijación de nitrógeno, biodisponibilidad de nutrimentos (principalmente fósforo), formación de agregados, producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, etc. La actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno molecular y la formación de micorrizas que favorece la absorción de agua y nutrimentos para las plantas, son dos de las actividades de las bacterias y hongos, que hacen que los agrónomos y biólogos les presten atención.

Uno de los sistemas agroforestales-pecuarios que permanecen en las zonas rurales del país y aún en algunas zonas urbanas es el solar. En ellos se produce una gran diversidad de plantas de muy diverso uso, tales como medicinal, alimenticio, forrajero, ornamental, maderable y religioso. Además de la cría de animales de traspatio. Una de las características de este sistema de producción es que los animales funcionan como transformadores de productos de desechos agrícolas o caseros, además de productos no comerciales (hierbas, semillas, cáscaras, insectos, etc.) estos últimos cosechados por los propios animales en sus recorridos cotidianos. A últimas fechas, se le ha reconocido al solar y a la producción de traspatio, importancia en la alimentación familiar, así como su función de amortiguamiento con respecto a los demás sistemas de producción de las familias rurales, como son la milpa y el uso de la vegetación. En los solares, sin duda, los

animales juegan un importante papel en el reciclaje de nutrimentos y en el almacenamiento y conversión de materia y energía, como también por su papel como ahorro y fuente de dinero en casos urgentes.

La milpa es el agroecosistema de mayor importancia en el mundo debido a su extensión ya que se calcula que alrededor de 300 millones de campesinos utilizan este sistema productivo para la obtención de su alimento. Esta forma de producción presenta diferentes formas geométricas, una peculiar dinámica temporal y diferencias en los cultivos acompañantes del maíz, lo cual lo hace un agroecosistema complejo, difícil de caracterizar. En este apartado se presenta un capítulo en el que se describe una técnica de muestreo de maíz en parcelas de campesinos.

Los planes de manejo de los recursos naturales requieren la participación de profesionista con perfiles diversos, tanto de los técnicos especializados en el conocimiento biológico de los sistemas productivos en el caso de las actividades agropecuarias, forestales y de manejo de la vida silvestre, como de los técnicos en cuestiones económicas y sociales, ya que, en la toma de decisiones, la cultura y los aspectos económicos determinan en gran medida la adaptación y adopción de las nuevas opciones productivas.

Por esto en este apartado se presentan capítulos incluyendo estos temas.

11

RENDIMIENTO DE MAÍZ EN MILPAS DE CAMPESINOS

Bernard Triomphe

Introducción

La agricultura campesina de subsistencia está constituida por un gran número de productores que trabajan con un nivel diverso de tecnología y ocupan grandes superficies de terreno. Además existe una gran heterogeneidad entre los productores en aspectos ecológicos (generalmente basada en la diversidad biológica), sociales (de organización de productores, tradiciones, etc.), y económicos (insumos agrícolas externos). Este tipo de agricultura tan diversificada requiere el entendimiento y propagación de técnicas de medición del rendimiento de maíz y de otros cultivos en parcelas de campesinos.

Adicionalmente, las parcelas de productores de subsistencia se encuentran en suelos de alta heterogeneidad espacial, como los suelos someros (Leptosol), suelos con escaso desarrollo pedogénico (Cambisol) y en suelos con algún nivel de inclinación del terreno.

El rendimiento de un cultivo es fundamental en la investigación agrícola, ya que sin esto las interpretaciones agronómicas son incompletas. En el mismo sentido, a nivel práctico, en la administración tanto a nivel de familia como de rancho, el conocimiento sobre el rendimiento agronómico es fundamental en la toma de decisiones.

El rendimiento de maíz se expresa en unidad de masa por unidad de superficie, comúnmente como kg ha^{-1} . Es sencillamente, una cantidad física de producto (en kg) obtenida en una determinada área (ha). En teoría bastaría pesar o conocer la cantidad total del cultivo producido (maíz por ejemplo) en una parcela y medir o conocer el área para tener el dato exacto; sin embargo, con un poco más de detalle en la medición, se puede generar información agronómica de gran utilidad

en la comparación de rendimientos de los cultivos por varios campesinos, el daño por enfermedades y plagas e información sobre las actividades agrícolas (como la densidad de siembra, tiempo y tamaño de surcos, tipo y forma de las hileras, etc.). Además, para hacerse una adecuada toma de muestra se requiere el conocimiento de la heterogeneidad ambiental (principalmente suelo y cultivos).

Por otro lado, la estimación del rendimiento agronómico –área y producción– basadas en la declaración del productor no es recomendable, ya que la experiencia indica que es una técnica no confiable (Poate, 1988). Una estimación errónea del rendimiento ocasionaría una evaluación subjetiva. Es por esto que se requiere encontrar una forma precisa, rápida y barata para estimar el rendimiento en forma cuantitativa y precisa.

La técnica propuesta en este capítulo esta basada en la medición de rendimientos en una serie de sitios pequeños de muestreo que conjuntamente proporcionan una estimación razonable del rendimiento a nivel de toda la parcela, así como de su variabilidad interna.

En este capítulo se describen los principios y los pasos a seguir para poder realizar estimaciones cuantitativas de rendimiento de maíz en parcelas de campesinos. La técnica está enfocada al maíz, aunque los mismos principios podrían adaptarse a la cosecha de otros cultivos.

Es importante destacar que bajo condiciones particulares de suelos y cultivos se requerirá la modificación de esta técnica. La base para decidir cualquier modificación requiere una justificación agronómica.

Datos de la parcela

En primer lugar, se recomienda la inclusión de una descripción de los problemas que pudieron haber afectado la producción durante el ciclo agrícola, tales como vientos, invasión de ganado, plagas, etc. Asimismo, se recomienda registrar las prácticas realizadas en la parcela durante este mismo ciclo (tipo de práctica, fechas en que se hizo, insumos usados, problemas encontrados al realizarla, empezando desde la preparación del terreno hasta la fecha del muestreo).

Es aconsejable, conocer: a) La historia de la parcela sobre los últimos 10 años cuando menos; b) El año en el que se cortaron los árboles (tumba); c) El último periodo de descanso y su tiempo de duración; y d) Información sobre los niveles de rendimiento obtenidos en la parcela en años anteriores. Para adquirir esta información, es necesario entrevistarse con el dueño de la parcela en algún momento, durante o después de la cosecha (Cuadro 1).

Tipo de muestreo

El muestreo sistemático es el más recomendable, tomando las muestras un intervalo de distancia a lo largo de una o varias diagonales dentro de la parcela (Figura 1). La decisión en cuanto al número de sitios y diagonales depende del tamaño y forma de la parcela. Basta una sola diagonal para tomar las muestras de una parcela de forma cuadrada o rectangular de menos de 0.5 ha. Para parcelas de formas irregulares, o de gran tamaño (mayores a 0.5 ha), puede ser necesario seguir cuando menos dos diagonales.

Cuadro 1

Agricultor_____	Comunidad_____	Fecha_____
Muestreo_____		
Área sembrada de maíz:_____	Área cosechable_____	Variedad:_____
¿Existen áreas sin producción alguna dentro de la parcela? Sí_____ No_____		
En caso afirmativo, ¿Que área representa?_____		
Razón por no haber producido:_____		
Opinión del campesino sobre esta cosecha (en comparación con lo que según él, tendría que darse en esta parcela normalmente): muy por debajo_____ algo por debajo_____ normal_____ algo mejor_____ mucho mejor_____		
Si la producción no fue normal, eventos y /o razones que influenciaron en la producción (lluvias, vientos, plagas, retrasos en las prácticas, daño por ganado, etc.)_____		

Importancia del “acame” a nivel de la parcela:		
Nada o muy poco_____ por partes solamente_____ común_____ fuerte_____		
¿Que tan representativos de la parcela fueron los sitios de muestreo al parecer en términos de la producción? peor_____ mas o menos_____ igual_____ mejor_____		
¿Qué tanto maíz se sacó en elote antes de la cosecha en esta parcela? (registrar el número aproximado de elotes)_____		
¿Se cosecharon otros cultivos en la parcela? Sí_____ No_____		
En caso afirmativo completar el cuadro siguiente		
Cultivo_____ calabaza_____	fríjol común_____	otros frijoles (¿cuál)_____
otros 1_____ otros 2_____		
Presente_____		
Asociado_____		
Época cosecha_____		
Cantidades cosechadas_____		

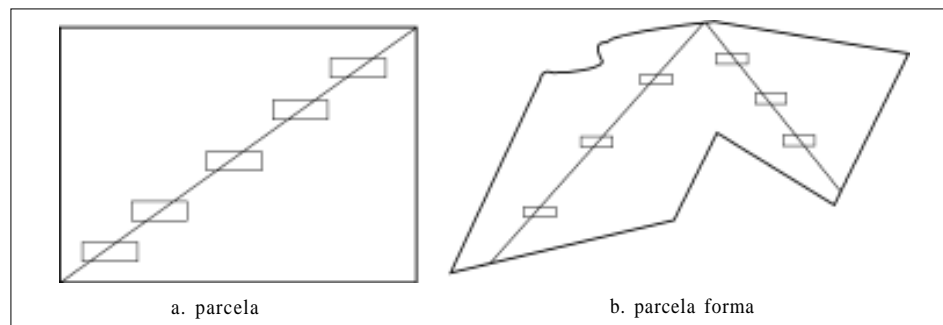
Información general de toda la parcela

En total, es recomendable tomar muestras en cinco sitios por parcela; sin embargo, debe tenerse en cuenta el tamaño de la parcela. Por ejemplo, tres o cuatro sitios en parcelas de menos de 0.5 ha y de seis a siete en parcelas de más de 1.5 ha, donde también habría la necesidad de definir, cuando menos, dos diagonales de muestreo (Figura 1).

Momento de la toma de muestra

La madurez fisiológica de la planta es el momento adecuado para la medición del rendimiento (cuando el llenado de grano ha terminado y que puede observarse el “punto oscuro” en su base); sin embargo, es igualmente válido realizar esta medición antes de que el productor comience a levantar la cosecha, solo que se corre el riesgo de perder información debido a la pérdida del producto por múltiples factores como por ejemplo, enfermedades y plagas.

Figura 1



Ubicación de los sitios de muestreo dentro de una parcela

Es deseable que se reúnan las siguientes condiciones: 1) Que el equipo técnico esté listo (material, formatos, y que ya haya hecho una prueba inicial para familiarizarse con el método de muestreo); 2) Acuerdo previo con los agricultores de la comunidad para elaborar un calendario de cosecha.

Determinación del área de muestreo

En el caso de siembras en hileras o surcos, el área de muestreo de uno de los sitios puede ser de tres surcos de ancho por 10 m de largo, tomado en cuenta la distancia entre surcos (DS) de ahí que el área de muestreo (AM) es:

$$AM = (3) (10) (DS)$$

Para determinar la DS de forma precisa, se mide la distancia entre seis surcos, incluyendo obviamente los tres que vamos a cosechar. Al considerar seis surcos, se promedia cinco veces la distancia entre surcos, lo cual le confiere mayor representatividad a la medición. La cinta métrica debe quedar perpendicular a los surcos, para no sobrestimar la medida.

Por ejemplo, si se determina que la distancia entre seis surcos es de 4.5 m, la distancia promedio entre surcos es $4.5/5$ o sea 0.9 m, el área de toma de muestra será de:

$$(3) (10 \text{ m}) (0.9 \text{ m}) = 27 \text{ m}^2$$

En cuanto a los 10 m de longitud sobre el surco, es necesario separar claramente las plantas que quedan incluidas al inicio y al final de los 10 m. Esto puede lograrse doblando dos o tres plantas de cada lado. Se recomienda usar un mecate de 10 m equipado con un gancho de metal para marcar los 10 m. El gancho se coloca sobre la primera planta del surco. Otra opción es la utilización de un palo, pintado en un color brillante, que se coloca al inicio de los 10 m.

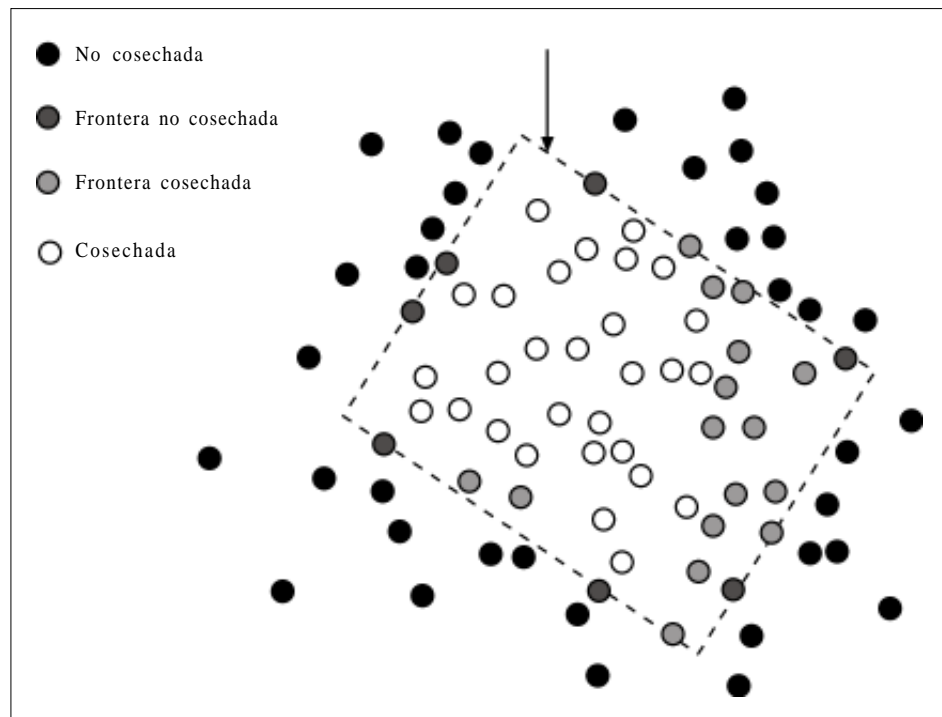
Si el agricultor no sembró en hileras, o si no hay forma de identificarlas, se debe delimitar un área rectangular con una cinta métrica de aproximadamente de 24 m^2 (4 m x 6 m) ó 28 m^2 (4 m x 7 m), según convenga (Figura 2).

En la medida de lo posible, la cinta debe pasar en medio de las plantas que vienen cayendo en la frontera entre el área de muestreo y a la vez, quedar lo mas recta posible, con el objetivo de minimizar el número de plantas cuya pertenencia al área es ambigua, ya que están justo en la cinta. Sólo la mitad de estas plantas deben incluirse en la estimación de rendimiento.

Medición de la producción de maíz

Para agilizar el trabajo de muestreo, se recomienda conformar un equipo de tres personas como mínimo. Si se cuenta con material y hay la posibilidad con más técnicos, es recomendable formar más grupos de tres personas, cada uno encargado de parcelas o puntos de muestreo específicos. Los participantes deben conocer la técnica y su papel en el equipo. La participación de los mismos dueños de las parcelas en la cosecha es muy recomendable.

Figura 2



Muestreo de maíz en una parcela de siembra irregular o no geométrica

El material necesario para el muestreo es: a) Formatos de toma de datos Cuadro 2; b); Lápiz; c) Tres mecates de 10 m con gancho o estaca (para amarrarlos); d) Balanza de reloj con soporte, con capacidad de 20 kg y precisión de ± 50 g; e) Sacos para pesar las mazorcas y mecate para amarrarlos; y f) Bolsas grandes de *nylon* y marcador permanente. Al llegar al punto de muestreo, dos personas se encargan de definir el área (marcando los límites, midiendo las distancias), mientras la tercera puede empezar a contar la densidad. Posteriormente, las tres personas cosechan y juntan las mazorcas en un lugar adecuado para el pesaje. En este momento, una persona se encarga de apuntar los datos requeridos en el Cuadro 2, mientras que las otras dos van preparando el pesaje, alineando las mazorcas y contándolas, de allí se saca la submuestra de 10 mazorcas (Figura 3).

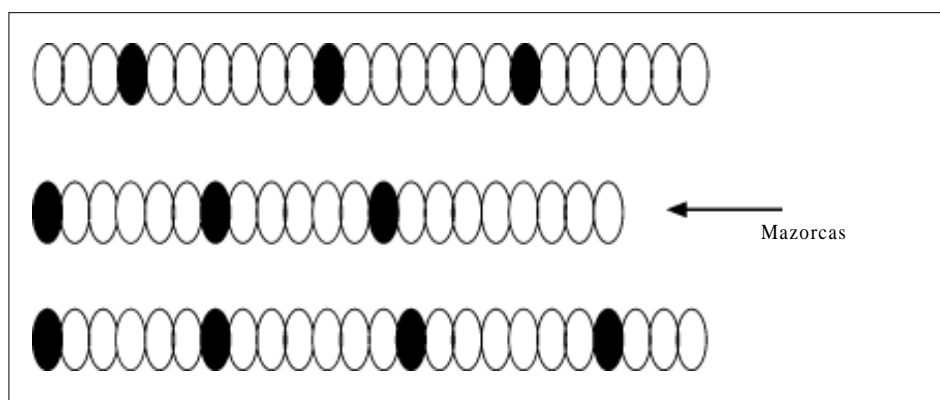
Una vez definida y medida el área de muestreo, se cosechan las mazorcas y se realizan las mediciones siguientes:

1. Contar el número total de plantas en los tres surcos de 10 m de longitud o al interior del área seleccionada según el caso, considerando las plantas

“acamadas” o dañadas. Las plantas dobladas que pertenecen a surcos fuera del área de interés no deben ser considerados.

2. Cosechar las mazorcas y amontonárlas en un mismo lugar. no olvidar apuntar el numero de mazorcas perdidas o ausentes. Por ejemplo, se encuentran elotes sin ningún grano, lo que es común en parcelas donde hubo mucho “acame” y consecuentemente daño por ratones. Otro caso es cuando se distingue claramente que el agricultor cosechó unas cuantas mazorcas.

Figura 3



Selección de mazorcas al azar

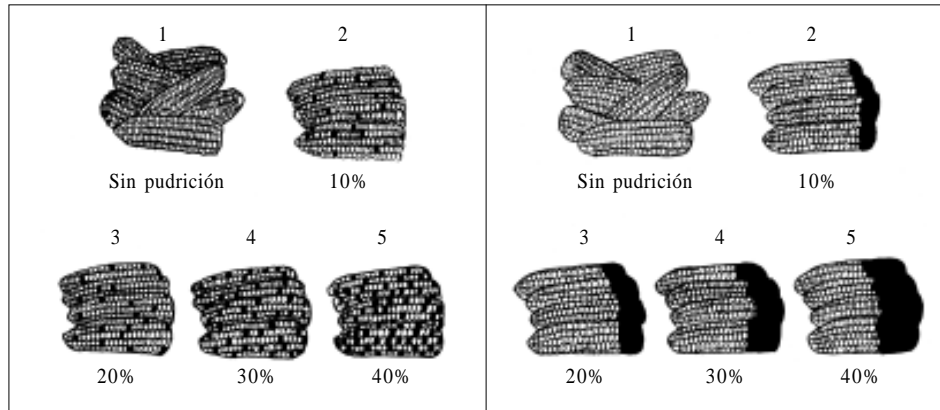
3. Separar las mazorcas sanas (o con daño menor al 10%) y las mazorcas dañadas.
4. Pesar los dos grupos de mazorcas por separado.
5. Alinear y contar el numero de mazorcas sanas. Seleccionar una muestra de 10% de mazorcas.

Por ejemplo, si había 70 mazorcas sanas, siete de ellas se colocan en una bolsa de plástico sellada e identificada con el nombre del agricultor, comunidad y fecha, hasta completar el muestreo en toda la parcela.

6. Alinear y contar las mazorcas dañadas o perdidas y estimar el porcentaje promedio de daño.

Se atribuye visualmente un porcentaje de daño a cada mazorca, se suman los porcentajes y se divide esta suma por el numero de mazorcas dañadas. Para calibrar con respeto a la estimación visual de daños, la Figura 3 puede ser de utilidad. Además, del porcentaje de daño, es importante identificar el tipo de daño (pájaros, mapache, hongos, etc.).

Figura 4



Mazorcas con daño en la base (A) y con daño irregular (B)

En algunos casos, hay una proporción alta de mazorcas dañadas, lo que justifica utilizar una muestra compuesta de mazorcas, para representar tanto a las mazorcas sanas como a las mazorcas dañadas al momento del desgrane y de los demás cálculos sobre la muestra.

Al finalizar el muestreo de una parcela, se sella la bolsa con la muestra compuesta de 50 mazorcas.

Todas las determinaciones que se hacen sobre las muestras compuestas pueden hacerse en la comunidad o en el laboratorio. Se requiere un lugar con mesa, sillas y espacio suficiente para guardar y trabajar con las muestras.

Datos sobre las mazorcas

Es aconsejable no dejar pasar mucho tiempo para hacer estas mediciones, para evitar problemas de almacenamiento tales como pudrición de la muestra, daños de gorgojo y ratones, etc.

Una vez reunidas las 50 mazorcas (el número exacto depende de cuanto sitios se muestrearon) de los sitios de muestreo en una parcela, se pesa la muestra on una insertidumbre de 50 g o menor.

Las mazorcas se desgranán evitando no esparcir mazorcas o grano u olote. Cuando hay mazorcas y granos dañados mayor al 20%, es recomendable separar los granos dañados de los granos sanos. Al finalizar el desgrane, se pesan los olotes y el grano. Con base en el peso total y el peso de grano u olote, es fácil calcular la proporción de desgrane (*i.e.* peso de granos / peso total 50 mazorcas enteras con sus olotes).

El paso siguiente es determinar el peso específico de grano y el porcentaje de humedad. Hay dos casos posibles según la disponibilidad de material:

Si cuenta con equipo portátil para la determinación de humedad y de una balanza de precisión (1 g o 0.1 g), balanza de triple brazo o balanza electrónica portátil. En este caso, se determina la humedad inmediatamente después de desgranar (sobre 2 submuestras), y se cuentan y pesan dos veces 100 granos. Esos 100 granos se escogen de un puñado de granos sanos sacados al azar en la muestra desgranada (o sea, hay que descartar los granos podridos al momento de contarlos). Es relativamente fácil y rápido hacer el conteo juntando los granos en diez conjuntos de diez. No vale la pena determinar el peso específico y la humedad del grano dañado, al menos de que estos últimos representan mas del 20% de la muestra.

En el caso de no contar con el material de campo para la determinación de la humedad, se colocan alrededor de 200 gramos de maíz en una bola de nylon sellada e identificada para transportarse al laboratorio para la realización de las determinaciones arriba mencionadas.

En el caso de no contar con un equipo para la determinación de la humedad, se estima el grado de humedad del grano utilizando un horno, colocando la muestra a 60° C durante dos días, teniendo el cuidado de registrar el peso antes y después de secar la muestra.

Cálculo de los rendimientos

El rendimiento de maíz puede calcularse con base en el producto de los componentes individuales, como son mazorcas y granos, por lo cual el rendimiento puede calcularse con la siguiente formula:

$$R = (NP \text{ ha}^{-1}) (NM \text{ P}^{-1}) (NG \text{ M}^{-1}) (P1g)$$

Donde:

R= rendimiento en kg ha-1

NP ha⁻¹= numero de plantas ha-1

NM P⁻¹ = numero de mazorcas por planta

NG M⁻¹= numero de granos por mazorca

P1g= peso especifico de un grano.

Cuadro 2

Fecha de muestreo _____	Agricultor _____		Comunidad _____			
Sitio de muestreo	# 1	# 2	#3	# 4	#5	# 6
Datos de campo						
1. Determinación del área						
distancia entre seis surcos						
Área de muestreo (m2)	m2	m2	m2	m2	m2	m2
2. Conteo de plantas y mazorcas						
Núm total de plantas	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Acame (%)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Núm mazorcas perdidas	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Num mazorcas dañadas	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Daño (%)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Tipo de daño	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3. Peso en campo						
Mazorcas sanas	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Mazorcas dañadas	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4. Observaciones						
	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Muestra de 50 mazorcas

Peso total (a) _____

Peso de grano Total (b): _____ Sano _____ Dañado _____

Peso de olote _____

Desgrane (b/a) _____

Peso de 100 g 1) _____ 2) _____ 3) _____ Promedio _____

Humedad (%) 1) _____ 2) _____ 3) _____ Promedio _____

Formato para datos de rendimiento de cultivos

Sin entrar en detalle, el conocimiento de los componentes permite tener una idea de las causas biológicas de las diferencias de rendimiento de una parcela a otra, o dentro de una misma parcela: a) Problemas de densidad; b) Presencia de suelos diferentes; c) Problemas de fertilidad; c) Problemas de llenado de granos; etcétera.

Es recomendable realizar un muestreo preliminar con el fin de conocer las particularidades del terreno y del o los cultivos.

Para pasar de las mediciones de campo en cada sitio de muestreo a un dato de rendimiento a nivel de una hectárea, hay tres etapas principales: estimar el peso de grano “útil” en cada sitio, sumar estos pesos de los sitios y multiplicar por un factor de corrección de área.

La fórmula general es la siguiente (tanto a nivel de un solo sitio como a nivel de toda una parcela):

$$\text{Rendimiento} = \text{Peso útil de grano} \times \text{factor de corrección por área}$$

Un ejemplo, primero a nivel de un sitio de muestreo y después calculando el rendimiento en kg ha-1 a nivel de la parcela.

El peso útil del grano se refiere a la cantidad de maíz que podría aprovecharse realmente con base en la cosecha. Para pasar del peso de campo al peso útil, hay que ajustar por tres factores, como son: 1) El desgrane; 2) El daño en las mazorcas; y 3) La humedad del grano.

Peso útil = Peso del grano sano + peso del grano dañado pero recuperable”, o sea

$$\text{Peso Útil} = (\text{Peso campo de las mazorcas sanas} \times \text{Desgrane} \times \text{FCH}) + (\text{Peso de campo de las mazorcas dañadas} \times (1 - \text{daño}) \times \text{desgrane} \times \text{FCH})$$

Donde FCH= Es el factor de corrección por humedad.

Este último se determina así: $(110 - H \%) / 88$, en donde H % es la humedad medida o estimada del grano, y 88 viene de la humedad de referencia usual para expresar rendimiento (12%).

Por ejemplo, si se tienen los siguientes datos:

Peso de las mazorcas sanas = 15.3 kg

Peso de las mazorcas dañadas = .08 kg

Daño = 0.40 (40%)

Desgrane = 0.75 (75%)

Humedad del grano = 22%

Tara = 0.150 kg

El peso útil sería:

$$PU = (15.3 - 0.15) \times 0.75 \times [(100 - 22)/88] + \{(0.8 - 0.15) \times (1 - 0.40) \times 0.75 \times [(100 - 22)/88]\} = 10.3 \text{ kg}$$

El factor de corrección (FC) para transformar los datos del sitio de muestreo a hectárea, es de $(10000/\text{área de muestreo total})$, donde el denominador es la sumatoria de las áreas de los sitios de muestreo individuales.

Por ejemplo, si los sitios de muestreo tenían áreas de 25, 27, 28, 26.5 y 29 m², el área total muestreo fue de 135.5 m², y el factor de corrección es $10000/135.5$ m², es decir, es:

$$FC = 10000/135.5 = 73.8007$$

Ahora es posible calcular el rendimiento en kg ha⁻¹, asumiendo que los pesos útiles fueran 10.3, 6.4, 8.4, 5.1 y 7.3 kg, respectivamente en los 5 sitios de muestreos, entonces el rendimiento promedio fue:

$$37.5 \text{ kg} \times 73.8007 = 2767 \text{ kg ha}^{-1}.$$

Los cálculos necesarios para calcular los demás componentes del rendimiento a nivel de la parcela son los siguientes (asumiendo que todos los datos son promedios a través de sitios de muestreo):

- Número de plantas ha⁻¹ = Número total de plantas / Área de muestreo
 - Número de mazorcas planta⁻¹ = Número total de mazorcas / número total de plantas
 - Número de granos mazorca⁻¹ = Peso de grano de una muestra de 50 mazorcas / 50 Peso específico de grano (este cálculo puede hacerse tanto con base en datos corregidos por humedad seco, como en base a datos de campo).
- Peso específico de grano = (Peso de 100 granos) / (100 x FCH)

Referencias

- Bolaños J. s/f. Fisiología del maíz. Documento borrador, PRM, Guatemala CIMMYT, 1985. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. México D.F.
- Navarro H. 1984. L'analyse des composantes du rendement du maïs. Tesis doctoral, INAPG, Paris, Francia.
- Poate D. 1988. A review of methods for measuring crop production for smallholder producers. *Experimental Agriculture*, 24:1-14.

12

ARVENSES

Jesús Arturo Caamal Maldonado

Introducción

El término arvense¹ posiblemente no sea reconocido por aquellos profesionales o investigadores que no estén directamente involucrados con los sistemas de producción agrícola; sin embargo, si se menciona el nombre de malezas inmediatamente viene a la mente la imagen de tales especies vegetales que se encuentran siempre presentes en las parcelas agrícolas.

Las malezas o malas hierbas, como son ampliamente conocidas las arvenses, son consideradas casi siempre como elementos indeseables en los sistemas de producción convencionales², por lo que en primera instancia es común pensar que deberían ser eliminadas por completo de los campos de cultivo.

A pesar de su mala fama las malezas forman un subsistema que interactúa con los demás elementos del mismo agroecosistema, jugando un papel importante desde el punto de vista ecológico (Hart, 1985). Así, las arvenses forman parte de las cadenas alimenticias como productores primarios, lo que las diferencia de otras “plagas”; asimismo, pueden ser protectoras del suelo contra la erosión, aportando además materia orgánica al mismo; pueden también favorecer la presencia de insectos benéficos, como los enemigos naturales de plagas, etc. De tal suerte, a las malezas se les ha denominado arvenses o especies adventicias, términos que no tienen una connotación negativa, sino que hacen referencia a su presencia natural y constante en los sitios perturbados por las actividades agrícolas.

¹ Arvense: derivado del latín arva: campo cultivado.

² Entiéndase por convencional aquel sistema de producción que emplea básicamente insumos externos al mismo: herbicidas, fertilizantes, etc.

Una vez hecha la necesaria aclaración sobre el papel de las arvenses en los agroecosistemas, debe reconocerse que la mayoría de las veces estas especies compiten con los cultivos, generando una interferencia que afecta el desarrollo de los mismos, disminuyendo en consecuencia su rendimiento (Hart, 1985). La importancia de la competencia con las arvenses depende de cuatro factores: el estadio de desarrollo del cultivo, la cantidad de arvenses presente (básicamente la biomasa acumulada de las mismas), el grado de estrés hídrico o nutrimental y las especies particulares de arvenses.

Algunas arvenses pueden causar más daño que otras, ya sea por la producción de sustancias alelopáticas (metabolitos secundarios que son liberados en la rizósfera) que afecten el desarrollo del cultivo o a otras arvenses, incrementando así su dominancia, o porque son muy eficaces competidoras por agua y nutrientes, lo que en condiciones climáticas limitantes, representa un serio problema.

Debido a la relación de interferencia con el o los cultivos, se han desarrollado diferentes estrategias de control que es preciso tener en consideración por los efectos que tienen sobre la dinámica de las arvenses y sobre los sistemas agrícolas en su conjunto.

La evaluación de los diferentes métodos de control de malezas para evitar su alta proliferación, así como el diagnóstico de la problemática con algunas especies que se han constituido en severos problemas –como *Rottboellia cochinchinensis* y *Cyperus rotundus*, en algunos países centroamericanos y en México (De la Cruz, 1992)– son básicamente los objetivos que se persiguen en la investigación, tanto en campos de productores como en estaciones experimentales. Para el cumplimiento de tales objetivos, la metodología de muestreo de arvenses juega un papel fundamental.

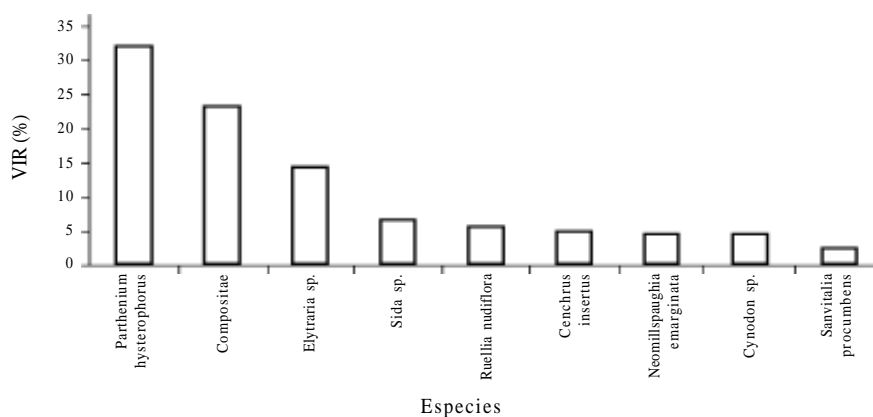
Marco teórico

En nuestro país la situación con el abuso en la utilización de herbicidas puede ejemplificarse con el uso de paraquat en Yucatán. Revisemos rápidamente la situación del sistema de agricultura conocido como roza-tumba-quema (rtq), o milpa, en dicho Estado.

En Yucatán, la reducción del tiempo de descanso del terreno (barbecho), después de dos ciclos consecutivos de cultivo, ha propiciado la disminución de los rendimientos del cultivo principal (maíz), obteniéndose producciones cercanas a los 750 kg/ha de maíz criollo, muy por debajo de la media nacional de 2 t/ha. Relacionado con esta mayor frecuencia de uso de un mismo espacio, hay un incremento de las poblaciones de arvenses, haciendo más difícil su control, lo que ha propiciado el uso recurrente del herbicida paraquat (Arias, 1994).

Además de la reducción drástica de la diversidad de cultivos asociados tradicionalmente al maíz en Yucatán: calabaza (*Cucurbita* sp), ib (*Phaseolus lunatus*), xpelón (*Vigna unguiculata*) por la aplicación del paraquat, hay una disminución igual de grave en la diversidad de arvenses, al hacerse dominantes algunas de ellas por la presión de selección del herbicida, tornándose su control aún más problemático. El caso típico de ello es la especie “altaniza” (*Parthenium hysterophorus*), que alcanza valores de importancia relativa (%) elevados en comparación con otras especies en los terrenos tratados con el mismo producto (Figura. 1).

Figura 1



Dominancia de *Parthenium hysterophorus* en una parcela de maíz después de cinco ciclos de cultivo con la aplicación del herbicida paraquat. Xmatkuil, Yuc. (Caamal y Jiménez_Osornio, 1999).

Las semillas dejadas por altaniza se han hecho cada vez más abundantes en el suelo de las parcelas tratadas paraquat (“banco de semillas”), porque ha sido casi la única especie que ha alcanzado la etapa de floración por haberse hecho dominante sobre las otras especies presentes. (Figura. 2).

A fin de cuentas, el problema con los herbicidas es su uso en muchas ocasiones indiscriminado, que ha generado como se ha visto, la dominancia de ciertas especies. Lo ideal sería incorporar estos productos químicos como elementos complementarios a otras estrategias de control, más adecuadas desde el punto de vista ambiental, de salud pública y de sustentabilidad; es decir, generar un esquema de control integrado.

Muestreo de arvenses

Aspectos que deben considerarse al planear el muestreo

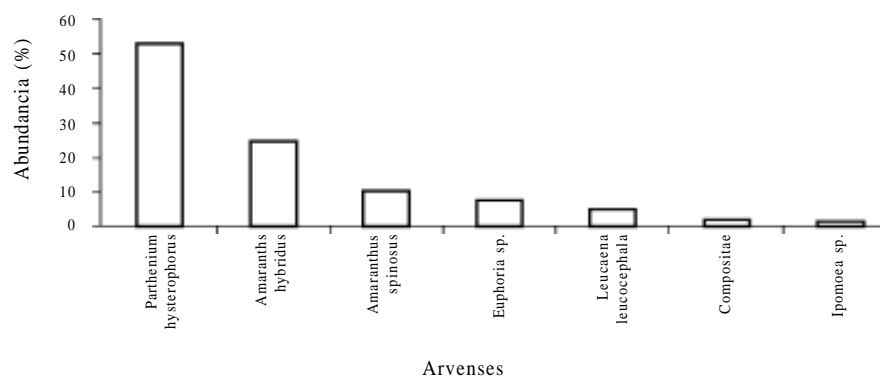
La estructura del subsistema arvenses está determinada tanto por las características fenotípicas de las diferentes especies como por el arreglo espacio-temporal de sus poblaciones.

Con respecto a sus características fenotípicas las arvenses pueden dividirse en dos grupos: de hoja ancha (dicotiledóneas) y de hoja angosta (monocotiledóneas); las estrategias de control, sobre todo aquéllas que implican el uso de productos químicos, tendrán efecto sobre la proporción de cada grupo específico.

En relación con la distribución de las arvenses sobre el terreno es preciso conocer si ésta es aleatoria o agregada, los tiempos en que su abundancia es mayor en el ciclo de cultivo, la producción de semillas, la latencia de las mismas, su viabilidad, etc.

La distribución de las arvenses sobre el terreno: agrupada, aleatoria u homogénea, depende tanto de factores externos o ambientales, como internos (genéticos). Entre los primeros se encuentran: temperatura, humedad, concentración de nutrientes en el suelo, textura del mismo, competencia con otras plantas (cultivo), etc. Los de carácter interno son: forma de la planta, características de reproducción-dispersión de las semillas, latencia de las semillas y viabilidad de las mismas, requerimientos genéticos para la germinación, etc.

Figura 2



Abundancia relativa de arvenses germinadas en el banco de semillas de una parcela de maíz después de cinco ciclos de cultivo con la aplicación del herbicida paraquat. Xmatkuil, Yuc. (Caamal y Jiménez_Osornio, 1999).

El manejo del agricultor (arado, deshierbe, aporque, barbecho, etc.) afecta la distribución y abundancia de las arvenses sobre el terreno. Tómese por ejemplo la labranza, que incide en la dinámica de las semillas en el suelo (semilla activa y en latencia); es una estrategia que implica el manejo del subsistema suelos para el control de las arvenses. En efecto, una de las características más interesantes de las arvenses es su capacidad para producir una gran cantidad de semillas en un periodo corto. Muchas de tales semillas permanecen enterradas en el suelo en estado de latencia, constituyendo así el denominado “banco de semillas.

Si se realiza una labranza profunda, las semillas enterradas emergerán y serán expuestas a las condiciones favorables para su germinación, favoreciendo así su proliferación y competencia con el cultivo. Un diagnóstico certero, a través del muestreo, podría determinar si esta manipulación del suelo es la responsable de los problemas con las arvenses en un terreno en particular, y sugerir un cambio de estrategia, por ejemplo no arar más allá de 10 cm de la capa superficial del suelo (labranza mínima) o bien no arar (labranza cero).

El arreglo espacial de los cultivos también afecta tanto la abundancia como la riqueza específica de las arvenses, así como su propia distribución espacial. En un experimento realizado en Uxpanapa, Ver., se encontró que el arreglo espacial de especies: maíz, ajonjolí y camote (de hábito rastrero), redujo de forma considerable las arvenses; la competencia de los cultivos y la sombra generada por los mismos fueron determinantes en el control. El camote mismo, cubrió como una alfombra las parcelas en que fue intercalado, funcionando como un cultivo de cobertura, con valor comercial por su tubérculo comestible (Caamal, 1985; Caamal y del Amo, 1986, 1987).

Un sistema específico de policultivo se refiere a la intercalación en las parcelas de maíz de leguminosas para el control de arvenses y como aportadoras de nutrimentos, en particular de nitrógeno. De hecho, en algunas comunidades de México y Centroamérica se asocian leguminosas con el maíz (coberturas vivas) como un mecanismo para mantener o mejorar las condiciones del suelo y controlar las arvenses mediante competencia, sombreado o alelopatía.

Mucuna deeringiana es una leguminosa que por su rápido desarrollo alcanza una cobertura total sobre el terreno, produciendo una cantidad considerable de biomasa, ejerciendo un eficiente control sobre las arvenses, aún después de cinco ciclos de cultivo en Xmatkuil, Yuc. (Caamal *et al.*, 2001). La evaluación de especies con tales características, en las condiciones específicas de Yucatán, es prioritaria, tanto en condiciones experimentales como en las propias comunidades campesinas de la región.

En los últimos años se ha enfatizado la necesidad de desarrollar estrategias de control integrado de arvenses que tomen en cuenta tanto su biología como su

ecología; es decir, se pretende evaluar opciones de control ecológicamente deseables. La investigación de tales estrategias permitirá predecir futuras infestaciones, evaluar los efectos de los métodos de control no químicos e integrar modelos operacionales para el manejo de las arvenses.

El control integrado ha tenido gran énfasis en la actualidad, sobre todo por el desarrollo del concepto de umbrales de acción o de tratamiento, que serían aquellos niveles poblacionales de arvenses en los cuales el control se hace necesario, evitando, por ejemplo, aplicar herbicidas cuando no se requiere, haciendo así más racional el uso de agroquímicos. En este sentido el muestreo de arvenses juega un papel fundamental, pues a través de él es como pueden determinarse los umbrales de acción o tratamiento referidos, ya sea para determinar la acumulación de semillas de arvenses en el banco de semillas, o para determinar el grado de infestación y competencia que las arvenses estén ejerciendo directamente sobre el cultivo (Hart, 1985; Reiné, 1999).

Todo lo anterior resalta la importancia del estudio de la dinámica de las arvenses en la evaluación de opciones para lograr una agricultura sustentable; en la evaluación de tal dinámica, juega un papel relevante entender la metodología de muestreo de las arvenses, que dependerá, desde luego, de los objetivos que se busquen en cada investigación particular.

Dinámica de las arvenses en el agroecosistema

Los objetivos en el estudio de la vegetación arvense difieren de acuerdo a las metas que se buscan en los diferentes proyectos. Así, se puede estar interesado en: el mapeo y descripción de la vegetación; establecer un análisis general de las interacciones vegetación-clima-suelo que se presentan en la vegetación arvense de un área particular; determinar los patrones de la sucesión secundaria en campos abandonados, etc.

En esencia, los objetivos que se persiguen en la investigación sobre arvenses son:

Diagnóstico de las condiciones del cultivo en los terrenos de los productores: ¿están causando problemas las arvenses?, ¿hay necesidad de realizar medidas de control? (umbrales de acción), y delimitar las causas del problema con las arvenses (si lo hay): ¿hay sobreuso del terreno?, ¿se aplican malas prácticas de control?, ¿hay arvenses difíciles de controlar?, etc.

Evaluación de métodos de control de las arvenses, en condiciones experimentales y en las propias tierras de cultivo, incluyendo la búsqueda de nuevas estrategias de control ecológicamente apropiadas, basadas en el concepto de manejo integrado (Hart, 1985).

En no pocas ocasiones el diagnóstico revela la dominancia de una especie de arvense que se constituye así en un problema local, que puede alcanzar niveles regionales. Un ejemplo de ello lo constituye la especie caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), que en los países centroamericanos ha generado pérdidas importantes en los sistemas de cultivo (más de 3.5 millones de ha en la región están infestadas por esta especie) (FAO, 1992), por lo que la búsqueda de estrategias de control para resolver esta problemática específica es comunmente el objetivo de la investigación.

El diagnóstico de la problemática generada por las arvenses puede conducir al investigador o promotor a sugerir acciones correctivas o preventivas de las causas que están generando el problema: mal uso de productos químicos, control a destiempo, uso excesivo de un mismo terreno de cultivo, etc. Sin embargo, el diagnóstico es en muchas ocasiones el primer paso que conducirá a una investigación más amplia que implique la búsqueda de alternativas factibles para solucionar el problema concreto.

El problema con las arvenses puede llegar a ser tan importante, que se requiere investigar nuevas formas de control o manejo de las arvenses; para tener éxito en tal búsqueda, el muestreo de las arvenses presentes bajo los esquemas de control evaluados es una herramienta de gran importancia.

Diagnóstico

Para realizar observaciones generales que permitan establecer la interferencia que estén ejerciendo las arvenses sobre el cultivo en los terrenos de los productores, es importante asegurarse que los datos que se colecten sean representativos de cada sitio. Para lograrlo, deben hacerse observaciones o tomarse datos de un número de puntos (cuadrantes) seleccionados de forma aleatoria o sistemática, de acuerdo a las características del terreno. No está de más decir que si se seleccionan puntos que “concientemente” son considerados como representativos, la estimación sobre las variables de interés (frecuencia, biomasa, cobertura de arvenses, etc.), será sesgada.

En el caso de que el objetivo sea determinar la problemática con las arvenses en una comunidad en particular, las muestras colectadas en los campos individuales pertenecientes a cada productor, son promediados y dicho promedio, con su medida de variabilidad (desviación estándar), puede ser confrontado con los obtenidos para los otros campos.

Ahora bien, no todos los espacios agrícolas son entidades homogéneas que puedan ser evaluadas de forma tan aparentemente sencilla como la arriba descri-

ta; más bien, puede decirse que lo contrario es la norma. En efecto, gran parte de los sitios evaluados en una localidad dada (municipio, población, comunidad, etc.) presentan diferentes niveles de heterogeneidad que, por supuesto, debe ser tomada en cuenta a la hora de realizar el diseño de muestreo, para obtener estimaciones insesgadas de la media y la varianza poblacionales.

Es decir, debe ponerse énfasis en el error de muestreo de la metodología empleada (error estándar), cuya magnitud depende de la variabilidad ya citada, del número de observaciones realizadas y del propio método de selección de la muestra.

La variación en las características de la comunidad de arvenses (y en otro tipo de comunidades vegetales) se debe a diversos factores, que afectan la cobertura, densidad y biomasa de las mismas. Entre tales factores están: composición de especies de la comunidad, estacionalidad, historial de uso del terreno, perturbaciones naturales, factores climáticos y edáficos, etc. Tales fuentes de variación podrían usarse para estratificar el espacio para muestrear (muestreo estratificado), de tal suerte que haya una mínima variabilidad dentro de estratos (por ejemplo, similar composición de especies, mismo tipo de suelo, etc.) y una máxima variabilidad entre estratos, en relación con las medidas de interés. Esto es algo similar a lo que se hace cuando se realiza un experimento con un diseño de bloques al azar: se busca homogeneidad dentro de bloques y heterogeneidad entre los mismos.

De tal forma, puede “dividirse” el campo en diferentes secciones, de acuerdo a una medida de variación: En la zona henequenera de Yucatán, por ejemplo, hay una gran heterogeneidad en cuanto a pedregosidad (Bautista, 2001), por lo que deberían efectuarse las mediciones de interés en estratos: pedregosidad baja, media o alta, estimando el porcentaje que cada sección representa del campo entero, para poder realizar un muestreo equitativo.

Finalmente, todas las parcelas evaluadas (de diferentes productores) tendrán una calificación de mayor o menor heterogeneidad, lo que es primordial al momento de realizar la interpretación de los datos obtenidos, y llegar en consecuencia a establecer un diagnóstico certero.

En resumen, debe considerarse que las mediciones realizadas directamente en los terrenos de los productores se ven afectadas por un número de variables correlacionadas que no pueden controlarse (pues no es un experimento el evaluado), por lo que debe cuidarse este aspecto cuando se hagan las interpretaciones y conclusiones de las observaciones realizadas. Esto es de vital importancia sobre todo en el diagnóstico de problemas que afectan al cultivo, pues no tener en cuenta el contexto en que cada campo se desarrolla podría conducir a recomendaciones de manejo erróneas, que en ciertas circunstancias conducirían a pérdidas económicas importantes.

Momento para la toma de muestra

Las arvenses compiten con el cultivo básicamente por luz, agua y nutrimentos; existe un periodo en el estadio de desarrollo del cultivo en el que tal competencia es más deletérea, particularmente en cultivos muy sensitivos a ella, como el maíz. Tal etapa se conoce como periodo crítico de cultivo, y para el maíz se sitúa entre los 15 y 45-60 días después de la siembra, aunque, desde luego hay variaciones debidas al tipo de maíz (variedades mejoradas, híbridos), región, etc.

Durante el periodo crítico de cada cultivo la cantidad de arvenses debe ser monitoreada a través del muestreo, para determinar si hay la necesidad de medidas adicionales de control o para evaluar si los métodos mismos son eficientes para lograr poblaciones bajas de estas especies con bajos costos económicos y ecológicos.

Muy relacionado con lo anterior es que una determinada especie puede ser perjudicial para el cultivo, aún después de pasada la etapa crítica de crecimiento del cultivo, si esta tiene efectos alelopáticos o si ocasiona dificultades para la cosecha (muy difícil penetrar a la parcela por su profuso desarrollo o por la presencia, por ejemplo, de espinas o semillas que causen heridas al campesino: *Amaranthus spinosus* y *Cenchrus insertus*). En casos así, el muestreo durante dicha etapa del cultivo permitirá hacer proyecciones a futuro sobre las necesidades de control, evitando que la infestación de tales especies de arvenses incremente sustancialmente los costos de producción.

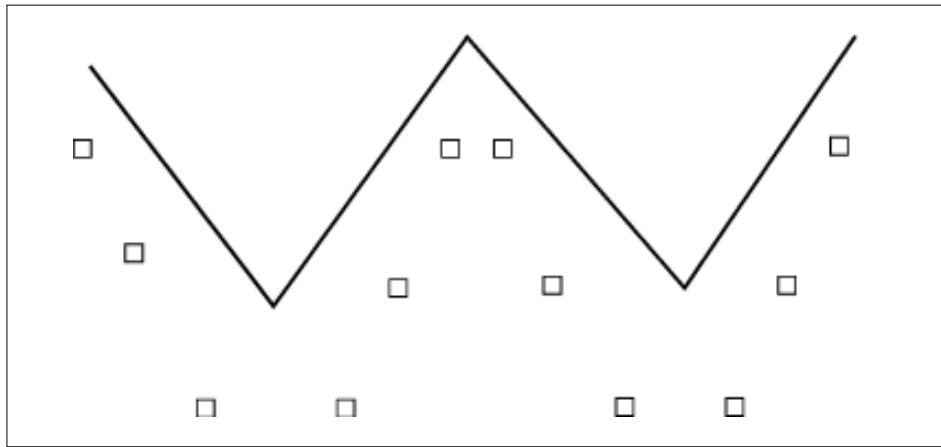
Diseño de muestreo

Un diseño comunmente utilizado para la selección de los puntos por muestrear en campos de productores, se conoce como “zig-zag” o “W”, que cae dentro de la clasificación de muestreo sistemático. Consiste en atravesar el campo caminando diagonalmente, dibujando así una W imaginaria, sobre la cual, a determinadas distancias (de forma sistemática), se localizará un punto de muestreo (Fig. 3).

Si el cultivo principal, por ejemplo, maíz, está sembrado en surcos, puede caminarse un determinado número de pasos y cruzar entonces cierto número de surcos y tomar la muestra, y así sucesivamente hasta que los sitios en que los datos sean tomados puedan ser unidos por una línea imaginaria que forme la W. No debe muestrearse dentro de los límites o bordes del campo, que se establecen midiendo un número similar de pasos que el establecido entre puntos de muestreo sobre la W imaginaria.

La elección de la distancia entre muestras (cada determinado número de pasos) dependerá del número de cuadros necesarios para llevar a cabo la estimación sobre las características básicas de las arvenses. Tal distancia debe ajustarse al tamaño y forma del terreno (ya sea que este sea pequeño o trazado de forma irregular) y ello debe hacerse, desde luego, antes de empezar la caminata por el terreno.

Figura 3

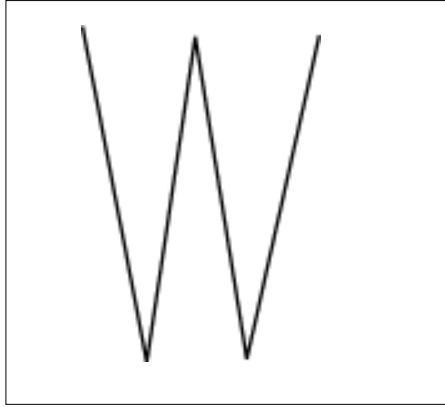


Trazo en forma de "W" para tomar muestras de arvenses. Los cuadritos indican los sitios equidistantes donde se coloca el cuadrante (50 x 50 cm) para las observaciones y/o cosecha de arvenses

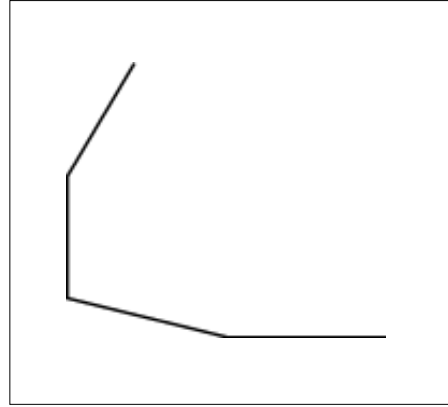
Puede determinarse, por ejemplo, que el número de sitios de muestreo en un campo particular debe ser de diez (cuadrantes) para tener una buena estimación de las variables de interés, y que para lograrlo, asegurando cruzar el campo completamente, se requieran distancias entre cuadrantes de 10 ó 15 pasos (no es necesario que la distancia sea exacta (Figura. 3). En la Figura 4 se presentan diferentes esquemas de muestreo. Dos preguntas básicas deben formularse en relación con ellos: ¿son adecuados? ¿cumplen con la representatividad deseada?

Número de cuadros requeridos para el muestreo

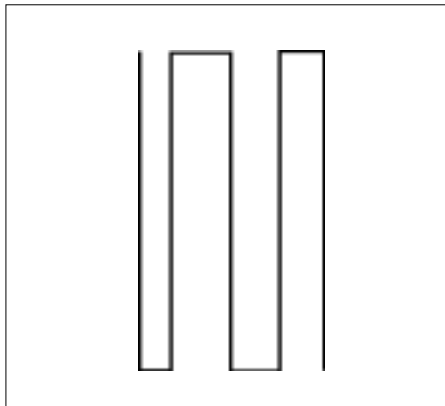
En párrafos anteriores se mencionó la forma de ubicar los sitios de muestro dentro de las parcelas que serían evaluadas y, de manera muy breve, se comentó la necesidad de establecer el número de cuadros requerido para lograr buenas estimaciones de las variables de interés en la investigación con arvenses. Es preciso, entonces, detallar más sobre este último aspecto, que es fundamental en el proceso de muestreo.

Figura 4

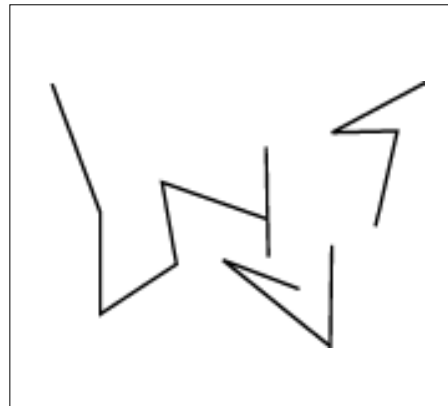
Esquema A



Esquema B



Esquema C



Esquema D

Tipos de esquemas para la selección de los sitios de muestreo de arvenses en parcelas de productores

No obstante la variabilidad de las poblaciones de malezas, es posible tener estimaciones precisas (importante sobre todo si se están evaluando métodos alternos de control de las arvenses), si se determina el número de observaciones necesarias (cuadrantes) en el muestreo a través del coeficiente de variación y la precisión relativa con que se desea estimar la media. La pregunta implícita se resumiría así: ¿cuántas observaciones se requieren para estar “seguros” (con un cierto nivel de confianza: 95%) de que la media de la muestra “represente” a la media verdadera (poblacional).

Existe una ecuación básica para estimar el tamaño de muestra:

$$n=t^2 \times C^2/P^2$$

donde:

n= número de observaciones requeridas en el muestreo (cuadrantes)

t= valor de t en tablas para el nivel de confianza de 95%

C= coeficiente de variación = desviación estándar/media x 100

P= límite dentro del cual se espera que se encuentre la verdadera media (poblacional), expresado como porcentaje de la media muestral.

El valor de t depende del tamaño de la muestra, pero eso es precisamente lo que se desea determinar; no obstante, para el nivel de confianza de 95% una aproximación aceptada es de 2. Así, la ecuación anterior para dicho nivel quedaría así:

$$n= 4C^2/P^2$$

La ecuación anterior implica conocer de antemano el coeficiente de variación lo que no siempre es posible, por lo que se requiere estimarlo. Hay varias formas de aproximarse a su valor:

- a) Usar en la ecuación el valor de C derivado de estudios anteriores. En muchos casos tales estudios no existen, fundamentalmente por que la evaluación que se plantea será de primera vez y no hay evaluaciones previas.
- b) A través de la desviación estándar (S) derivada de análisis previos. Este caso es parecido al anterior, pero aquí habría que estimar la media que se obtendría en el estudio por realizarse para poder calcular el coeficiente:

$$C= (S/media) \times 100$$

- c) Lo ideal sería contar con datos de un estudio preliminar (“en blanco”) realizado *ex profeso* para determinar la variabilidad del sitio antes de realizar la investigación principal (por ejemplo, efectividad de métodos distintos de control de arvenses). Esta información permitiría conocer de forma directa la desviación estándar de la media (Sx) o error estándar, lo que implica evaluar la variabilidad asociada con el tamaño de la muestra (número de muestras tomadas en el trabajo preliminar):

$$Sx: S/\text{raíz cuadrada de } n$$

donde:

S= desviación estándar de las observaciones del estudio preliminar

n= número de observaciones con las que se obtuvo la media en el estudio preliminar

Una vez obtenido el error estándar, si su valor está más allá del 10% alrededor de la media, debe calcularse el número de observaciones requerido para que no sobrepase tal límite. Ello se hace por medio de la siguiente ecuación:

$$n= 4S^2/L^2$$

donde:

n= tamaño de muestra (número de cuadros)

S²= varianza

L²= intervalo de confianza (por ejemplo, 25%)

El intervalo de confianza representa el espacio en el que la verdadera media (poblacional) podría ubicarse en relación con la media muestral (hacia arriba o por abajo de esta), con el nivel de confianza ya especificado.

Sin embargo, para estimar el tamaño de la muestra para la evaluación de las arvenses es pertinente considerar la alta variabilidad de sus poblaciones, dado su estado de agregación sobre el terreno. Por ello, se ha considerado la dificultad que implica disminuir los coeficientes de variación de tales poblaciones incrementando el tamaño de la muestra, llegando a la conclusión de que el muestreo necesario debe abarcar solamente del 5 al 10 % del área evaluada.

Una vez que se han “localizado” los sitios de muestreo en el terreno del productor, se realizan las siguientes observaciones básicas para establecer el diagnóstico; es decir, para determinar si la competencia por arvenses es una causa importante del estado del cultivo, o si puede llegar a serlo:

Altura de las arvenses en relación con el cultivo (la proporción de las mismas que son más altas o que cubren al cultivo)

Cobertura del terreno por las arvenses (en porcentaje)

Estadio de desarrollo del cultivo: la densidad de malezas en tal etapa (alta o baja) determinará la reducción o no del rendimiento)

Apariencia de las plantas del cultivo en sitios con alta presencia de arvenses en comparación con las que crecen en sitios con menos proliferación de las mismas; esto sería un indicativo de competencia por agua, luz o nutrimentos, o posibles efectos alelopáticos de algunas malezas específicas sobre el cultivo.

Principales especies de arvenses presentes. Es importante indicar si son de hoja ancha o angosta, anuales o perennes. Ello es necesario, tanto para determinar un posible método de control (se ha hecho con la finalidad de aplicar herbicidas selectivos) o para evaluar la posible presencia de sustancias alelopáticas producidas por algún tipo específico de planta.

En terrenos de productores, las observaciones se deben realizar antes del control específico que el campesino efectúe, sea este manual o químico, o bien, después de haber realizado el control para evaluar el grado de eficacia del método empleado para tal fin.

Desde luego, todo el proceso de diagnóstico deberá conducir al establecimiento de las causas que generaron los problemas encontrados, para buscar o recomendar posibles soluciones (lo que da origen al establecimiento de nuevos objetivos en la investigación).

En el caso de las arvenses, la competencia marcada con el cultivo principal puede deberse a: deshierbe manual inadecuado; deshierbe tardío; aplicación inadecuada del herbicida); presencia de arvenses de difícil control, ya sea manual o químico; desarrollo de resistencia a los herbicidas (*Parthenium hysterophorus* es resistente al paraquat, por ejemplo); siembra tardía después de la preparación del terreno; presencia de especies con efectos alelopáticos sobre el cultivo, lo que afecta la capacidad competitiva de este; uso continuo de un mismo terreno por muchos años (como sucede en muchas regiones tropicales en la actualidad).

En los campos experimentales, la evaluación de los métodos alternativos de control de arvenses se da, desde luego, en condiciones controladas, a través de diseños experimentales en los que se prueban las nuevas opciones y se confrontan con los tratamientos tradicionales de control.

No se detallará aquí lo relacionado con los diseños experimentales seguidos en la investigación sobre arvenses, pero sí es necesario mencionar que básicamente el esquema seguido es el de bloques al azar, que se basa en la misma idea de la estratificación del terreno que se mencionó cuando la investigación se realiza en las propias comunidades campesinas.

Los bloques pueden establecerse transversalmente al gradiente reconocido de variación, como por ejemplo, la pendiente del terreno; otra forma de establecer los bloques es de acuerdo a zonas dentro del terreno que presenten niveles diferentes de alguna característica determinada, como la pedregosidad. En la zona henequenera de Yucatán, donde la cantidad de piedras en los terrenos es muy variable, se forman “parches” de menor a mayor pedregosidad que deben ser considerados a la hora de bloquear.

Herramientas para el muestreo de arvenses

En párrafos anteriores, hablamos de cómo seleccionar los sitios de muestreo y el número de ellos requeridos para realizar el diagnóstico de la problemática con las arvenses en los terrenos de productores y en condiciones experimentales. Sin embargo, aún falta detallar cómo tomar la muestra en cada punto en específico; es decir, qué instrumento o herramienta se requiere para tomar la muestra, y qué información acerca de las características de las arvenses es necesario registrar en el momento del muestreo y cómo debe procesarse la muestra para registrar otras variables de importancia para la evaluación.

Como ya se había mencionado, las medidas básicas en el muestreo de arvenses son: frecuencia, cobertura, densidad y biomasa. La última es de suma importancia en la evaluación de métodos de control de arvenses, pues implica el éxito que las especies tienen en la asignación de recursos y que se transforman en masa viva, lo que les permite competir con el cultivo. Sin embargo, la combinación de las otras permite una inspección detallada de la dinámica de estas especies en el agroecosistema así como seguir los cambios en la flora arvense a lo largo del tiempo, asociados con diferentes esquemas de manejo.

La elección de técnicas para estimar las variables mencionadas anteriormente está determinada por el tipo de vegetación que se esté evaluando; como las arvenses son básicamente herbáceas y trepadoras, se utilizan cuadros de metal o madera con medidas de 50 x 50 cm (0.25 m²). La utilización de cuadrantes es muy común en el estudio de vegetación, pero las dimensiones de los cuadros varían según se trate de arbustos, árboles o hierbas. Los cuadros de las dimensiones citadas para las arvenses, dadas su forma y las características de distribución de estas especies sobre el terreno, permiten su evaluación con precisión (repetibilidad) y certeza (valor verdadero de la población particular de arvenses) (Figura 5).

Aunque se ha mencionado en la literatura que los cuadrantes rectangulares son mejores que los cuadrantes cuadrados, porque al colocarse en el terreno en el sentido de una variación reconocible en el mismo dan estimaciones más confiables; lo cierto es que la variación en el campo no sigue solamente una dirección, sino que es bi o tridimensional, de tal suerte que la forma cuadrada se considera adecuada (Bonham, 1989).

Una vez seleccionados los puntos de muestreo (al azar o de manera sistemática: esquema de “W”), se colocan los cuadros sobre el terreno y se realizan las siguientes observaciones:

Cobertura del total de especies presentes en cada cuadro

Se realiza una estimación visual del porcentaje del área dentro de cada cuadro que es cubierta por las arvenses. De acuerdo con los objetivos del estudio, podría estimarse la cobertura de las especies más conspicuas, o determinar el porcentaje de cobertura de especies de hoja ancha y de hoja angosta (gramíneas, ciperáceas, etc.). Se establece una escala para determinar la cobertura: 0-5%, 5-10%, 10-25%, 25-50%, 50-75% y 75-100%.

Frecuencia de especies de arvenses por cuadro

La frecuencia se refiere a la presencia de una especie determinada en los cuadros de muestreo colocados en cada parcela; el rango de valores posibles que puede tomar va de 0 a 1. Un valor de 0 indica la ausencia de una especie determinada en la parcela evaluada, mientras que un valor de 1 indica que está presente en todos los cuadros de muestreo. Por ejemplo, si la especie *Parthenium hysterophorus* aparece en 9 de 10 cuadros de muestreo en una parcela determinada, su frecuencia absoluta será de 0.9. Esta medida puede expresarse como frecuencia relativa, considerando la frecuencia de la especie determinada entre la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies presentes en los cuadros de muestreo, expresando este valor como porcentaje.

Figura 5



Cuadro de muestreo para arvenses de 50 x 50 cm.

Densidad

La densidad se refiere al conteo del número de individuos por especie presentes en cada cuadro de muestreo, y este valor se expresa como: no. de individuos/área. Por lo general se expresa como: individuos/m². Esta medida se ha empleado ampliamente para la valoración de vegetación arbórea y arbustiva, y en menor medida para vegetación herbácea, como las arvenses. Ello se debe a lo tedioso y lento del proceso de conteo, y se complica por el hecho de que en algunas especies es difícil identificar una planta individual, como sucede con las gramíneas que forman estolones de los cuales se forma una nueva planta, que bien pueden considerarse como un individuo propio. Sin embargo, esta limitante puede acotarse si se define con precisión lo que va a ser considerado como un individuo y respetar durante el muestreo esa decisión.

Biomasa

La medida de la biomasa es un indicativo de cómo los recursos son usados por especies particulares; es decir, qué éxito en cuanto a la asignación de recursos tienen las diferentes arvenses en un terreno de cultivo determinado. Cuando se coloca el cuadrante sobre el terreno se cosechan todas las especies presentes, incluyendo la raíz; es importante considerar que las plantas presentes se refiere a las que están enraizadas dentro del cuadro, o la parte de la planta que esté dentro del área delimitada por el mismo, como en el caso de los bejucos y arvenses rastreras (Figura 5).

Una vez que se cosechan las plantas, se procede a separarlas por especie, contando el número de individuos de cada una de ellas (para la estimación de la densidad), colocándolas posteriormente en bolsas de papel, que serán depositadas en una secadora a una temperatura de 80°C durante 72 hs (peso constante). Al transcurrir dicho tiempo, se procede a pesar el material seco para cada especie, registrando el valor como g/m² (peso seco).

Contando ya con la información de estas características, corresponde al investigador “leer” lo que sus resultados le indican en relación con sus objetivos particulares de estudio y sacar las conclusiones pertinentes.

Los métodos de análisis de la información, sobre todo cuando los datos provienen de experimentos controlados, se basan en el análisis de varianza. Por ejemplo, la biomasa total de arvenses en diferentes tratamientos de control, puede analizarse a través del programa estadístico SAS, o de algún otro programa conocido, utilizando, de ser posible, contrastes ortogonales para la separación de me-

días. Asimismo, la dinámica de las arvenses puede evaluarse a través de los valores de importancia relativa (VIR) de cada especie, como se presentó en la Figura 1, para el caso de la dominancia de *Parthenium hysterophorus*.

En conclusión, se observa que antes del muestreo en sí se siguen los pasos lógicos de conocimiento del terreno y estratificación del mismo de acuerdo a su variabilidad; la actividad en sí de toma de datos en el campo es una parte de todo el proceso de análisis de la vegetación de arvenses.

Tener en cuenta todos los pasos de este proceso permitiría llegar a establecer diagnósticos precisos acerca de la problemática con estas especies, sugerir medidas preventivas o correctivas, y evaluar la eficiencia de métodos de control basados en el manejo más que en la erradicación de las mismas.

Referencias

- Akobundu I. O. 1983. No-tillage weed control in the tropics. In: Akobundu I. O. y Deutsch A. E. (Eds.). No-Tillage Crop Productions in the Tropics. Proceedings, 6-7 august, 1981. Monrovia, Liberia. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, OR, EUA. Pp. 32-44.
- Altieri M. A. 1988. The impact, uses and ecological role of weeds in agroecosystems. In: Altieri M.A. y Liebman M. (Eds.). *Weed management in agroecosystems: Ecological approaches*. CRC Press, Florida, EUA. Capítulo 1.
- Anaya A. L. 1993. La actividad biológica de *Canavalia ensiformis* y *Stizolobium pruriens* como especies controladoras de arvenses dentro de agroecosistemas tropicales sostenibles. Informe. Laboratorio de Ecología Química, Instituto de Fisiología Celular, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Bonham Ch. 1989. Measurements for terrestrial vegetation. John Wiley & Sons. New York, EUA.
- Buckles D. y Barreto H. 1994. Aumentando la sustentabilidad de los sistemas de agricultura migratoria con leguminosas de cobertura: consideraciones técnicas y socioeconómicas. En Taller sobre las políticas para una agricultura sustentable en la sierra de Los Tuxtlas y Santa Marta, Veracruz, 3-4 de marzo, 1994. Veracruz, Veracruz, México. Pp. 123-138.
- Burriel L. C., Cárdenas J. y Locatelli E. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. International Plant Protection Center. Oregon State University, Corvallis, Oregon, EUA.
- Caamal J. A. 1985. Algunos aspectos ecológicos de un sistema agrícola de policultivo en una zona tropical húmeda. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México.
- Caamal J. A., del Amo S. 1986. Comparación de la dinámica de las especies arvenses en sistemas de monocultivo y policultivo. *Biótica*, 11(2):127-136.

- Caamal J. A., del Amo S. 1987. La milpa múltiple como punto de partida de manejo de la sucesión secundaria. *Turrialba*, 37(1):1-25.
- Caamal J. A., Jiménez J. y Valverde B. 1996. Utilización de leguminosas como cobertura para el control de malezas en maíz, en Yucatán, México, como alternativa al sistema de roza-tumba-quema. *Red Gestión de Recursos Naturales, segunda época*, 4:31-37.
- Caamal, A.; Jiménez, J. 1999. El control de arvenses en el sistema de cultivo de maíz en Yucatán, México. En prensa.
- Caamal J. A., Jiménez J., Torres-Barragán A. y Anaya A. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy Journal*, 93(1):27-36.
- Chacón E., Gliessman S. R. 1982. The use of the "nonweed" concept in traditional tropical agroecosystems of southeastern Mexico. *Agroecosystems*, 8(1):1-11.
- Davis J., Woolley J. y Moreno R. 1986. Multiple cropping with legumes and starchy roots. In Francis Ch. (Ed.). *Multiple cropping systems*. Macmillan, New York. EUA. Pp.133-160.
- De la Cruz R. 1992. Las coberturas vivas como ayuda en el manejo de malezas. En IV Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas, 20-24 de abril. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- Escarzaga E. 1987. Determinación del potencial alelopático del "nescafé" (*Stizolobium pruriens* (L) Medic var. *utilis* Wallex Wight) sobre cinco cultivos y tres malezas. Tesis licenciatura. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétaro. Querétaro, Méx.
- FAO. 1992. Taller regional "Manejo de la maleza caminadora". Memorias. Managua, Nicaragua: 18-22 de mayo de 1992. Managua, Nicaragua.
- Fround R. J. 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In: Altieri M. A. y Liebman M. (Eds.). *Weed management in agroecosystems: Ecological approaches*. CRC Press, Florida, EUA. Capítulo 13.
- Hart R. 1985. *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Lafitte H. R. 1994. Identifying production problems in tropical maize: a field guide. CIMMYT. Mexico, D.F. México.
- Liebman M. 1988. Ecological suppression of weeds in intercropping systems: a review. In: Altieri M.A. y Liebman M. (Eds.). *Weed management in agroecosystems: Ecological approaches*. CRC Press, Florida, EUA. Capítulo 12.
- Locatelli E. y Petersen R. 1975. Algunos "trucos" útiles en estadística. IPPC. Oregon State University. Corvallis, Oregon. EUA.
- Merino C., Cruz R., Piaggio G. y Pareja M. 1992. Comportamiento ecológico del banco de semillas de malezas bajo condiciones del trópico húmedo. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 24-25:8-17.
- Obando L. 1987. Potencial alelopático de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud sobre los cultivos de maíz y frijol y las malezas predominantes. Tesis M. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- Patriquin D. G. 1988. Weed control in organic farming systems. In: Altieri M.A. y Liebman M. (Eds.). *Weed management in agroecosystems: Ecological approaches*. CRC Press, Florida, EUA. Capítulo 17.
- Ramakrishnan P. S. 1988. Successional theory: implications for weed management in shifting agriculture, mixed cropping and agroforestry systems. In: Altieri M. A. y Liebman M. (Eds.). *Weed management in agroecosystems: Ecological approaches*. CRC Press, Florida, EUA. Capítulo 11.
- Terán S. 1992. La modernización de la milpa yucateca: utopía o realidad. In: Zizumbo D., Rasmussen Ch., Arias L. M. y Terán S. (Eds.). *La Modernización de la Milpa en Yucatán: Utopía o Realidad*. CICY-DANIDA, México. Introducción. p. 21-25.
- Vandermeer J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge, Gran Bretaña.
- Wilson G. F. y Akapa K. L. 1983. Providing mulches for no-tillage cropping in the tropics. In: Akobundu I. O. y Deutsch A. E. (Eds.). *No-Tillage Crop Productions in the Tropics*. Proceedings, 6-7 august, 1981. Monrovia, Liberia. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, OR, EUA. Pp. 51-65.
- Wilson R. G. 1988. Biology of weed seeds in the soil In: Altieri M.A. y Liebman M. (Eds.). *Weed management in agroecosystems: Ecological approaches*. CRC Press, Florida, EUA. Capítulo 3.
- Zimdahl R. 1979. *Weed-crop competition*. A review. International Plant Production Center, Oregon State University, EUA.

13

ANIMALES DE TRASPATIO

José C. Segura Correa¹

Introducción

La situación económica y nutrimental de un gran sector de la población mexicana es cada día más grave. En lo que respecta a la población rural, ésta presenta un elevado índice de desnutrición, afectando este problema en mayor grado a los niños. La Encuesta Nacional de Alimentación en el Medio Rural 1989 indica que el 49% de los niños menores de cinco años sufre de algún grado de desnutrición (Ku-Vera, 1995). Entre los agrosistemas más importantes para el sustento de las familias rurales o marginadas están los solares o huertos familiares que se desarrollan alrededor de la vivienda. Como características distintivas de estos sistemas se destacan la alta diversidad y la riqueza de especies, siendo su función, en la mayoría de los casos, la obtención de alimentos complementarios a la dieta familiar (De la Torre y Torres, 1978).

En México la producción agropecuaria es sustentada en parte, por productores campesinos, que utilizan pequeñas parcelas de tierra o los patios de sus casas, empleando para su manejo recursos limitados y mano de obra familiar (Berdugo, 1987). Estas unidades familiares de producción funcionan con una lógica distinta a la de una empresa capitalista; ellas realizan sus actividades agropecuarias, no como un negocio comercial sino para autoconsumo o venta en caso de una necesidad económica apremiante.

Dentro de la diversidad de actividades practicadas por estas unidades familiares, tales como la agricultura, la artesanía, venta de mano de obra y otras, se

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil, Apdo. postal 4-116, Mérida, Yucatán, México. CP. 97100.

encuentra la cría de animales de traspatio, también denominada “ganadería de solar”, la cual consiste en la producción de especies domésticas con un mínimo de infraestructura basada en el uso de los recursos excedentes de la unidad familiar y conocimientos empíricos. Una de las características del sistema de producción es que los animales funcionan como transformadores de productos de desechos agrícolas o caseros, además de productos no comerciales (hierbas, semillas, cáscaras, insectos, etc.) estos últimos cosechados por los propios animales en sus recorridos cotidianos. Según Stuart (1993), los productos animales contribuyen con el 9% de las calorías, 10% de las proteínas, 47% de la grasa y más del 10% de riboflavina, niacina y vitamina A de la dieta de la familia rural.

Ante la necesidad de nuestro país de incrementar cada día la producción de alimentos de origen animal y mejorar la dieta de las familias marginadas se hace preponderante mejorar los sistemas de explotación animal a cualquier nivel, por lo que el impulso y desarrollo de la producción animal de traspatio podría desempeñar un papel trascendental en la comunidad. Dicho impulso buscaría, antes que el lucro o la ganancia, la mejora de la dieta de los habitantes del medio rural. Sin embargo, para mejorar la ganadería de traspatio es indispensable que el profesional conozca el sistema de producción, sus componentes biológicos y las posibilidades que se tienen de manejarlos como recursos. Para alcanzar este objetivo se requiere del conocimiento de técnicas de muestreo que permitan a partir de una muestra caracterizar la población. En este texto se discuten los pasos para la realización de un muestreo en poblaciones de animales de traspatio, los tipos de muestreo, aspectos prácticos a considerar, las fórmulas apropiadas para estimar el tamaño de muestra y algunos ejemplos.

Bases teóricas

En general los estudios de la ganadería de traspatio pueden estar dirigidos hacia un conocimiento general del sistema, que involucra la medición de muchas variables a la vez, o un conocimiento de un aspecto particular que involucra el estudio de sólo unas pocas variables. Las caracterizaciones de sistemas están relacionadas normalmente a encuestas complejas que involucran el conocimiento de aspectos socioeconómicos, de manejo, alimentación, salud, reproducción etc. de la producción animal de traspatio en una región, como los estudios realizados por Berdugo (1987) o en sistemas de producción animal comercial por Osorio (1972), Segura (1980), Anderson et al. (1990). Los estudios de aspectos particulares del sistema se refieren a aquellos en los cuales se quiere conocer, por ejemplo, la población animal según las especie y estratos de edad, determinar el peso de los

lechones al destete, la frecuencia de mortalidad de lechones, la preferencia de las familias por una especie o raza o la prevalencia de viruela en pavos etc., por citar algunos.

Sin embargo, sea el interés el conocimiento general o particular, los objetivos del estudio deben ser establecidos claramente. Si las preguntas para el logro de los objetivos son mal planteadas los resultados serán de poco valor. El establecimiento claro y preciso de los objetivos de investigación son de enorme ayuda. Así mismo, es conveniente que todos los datos colectados en la encuesta sean relevantes a los propósitos de la investigación y que ningún dato esencial sea omitido.

La información a obtener de un estudio de muestreo de sistemas de producción animal, puede lograrse a través de métodos indirectos o directos. Por ejemplo, la información sobre la prevalencia de viruela en pavos menores de 10 semanas se puede obtener a través de preguntarle a las amas de casa si sus animales han padecido o no la enfermedad (método indirecto) o a través del examen clínico externo (método directo) por el encuestador. Otro ejemplo, sería preguntar al ama de casa cuantas gallinas tienen (método indirecto) o a través del conteo de las aves por el entrevistador (método directo).

Después de tener bien claro los objetivos de la investigación es importante elaborar la encuesta o la hoja de registro de la información, la cual debe de ser probada antes de su aplicación extensiva. Así mismo, la población objetivo y las unidades de muestreo deben de estar claramente definidas. Por ejemplo, para la caracterización de la producción animal de traspatio la población de interés podría ser todas las familias de las comunidades de la región centro de un estado, de un municipio o de una comisaría. Es importante también conocer la diferencia entre lo que es una unidad de muestreo y una unidad de interés. Aclaremos estos conceptos con un ejemplo. Suponga que se desea estimar el tamaño de camada de las marranas en traspatio en una comunidad, pero no se tiene una lista de todas las marranas (unidad de interés) sólo de los predios o casas en esa comunidad. Entonces podemos seleccionar predios de la comunidad (unidades de muestreo) y todas o algunas marranas de cada casa. La lista de las unidades de muestreo constituye lo que se conoce como marco de muestreo. En ocasiones, las unidades de muestreo y las unidades de interés coinciden. Por ejemplo, cuando se desea conocer el número de habitantes por casa en una comunidad rural, en este caso, las unidades de muestreo y de interés son las mismas.

Otro ejemplo podría aclarar más aun la diferencia entre unidades de muestreo y unidades de interés. Suponga que se desea conocer la seroprevalencia de *salmonella* spp en gallinas adultas de la zona henequenera de Yucatán. Aquí la unidad de interés es la gallina, sin embargo, es difícil obtener una lista de todas las gallinas (población de interés). Tal vez se pueda obtener una lista de las casas

de las comunidades de la zona henequenera (marco de muestreo) y seleccionar al azar un número apropiado de casas (de acuerdo a una fórmula para calcular el tamaño de muestra) y dentro de casa tomar muestras de sangre de las gallinas.

El siguiente paso es determinar cuantas unidades de muestreo y/o interés deben ser medidos para obtener buenos estimadores de los parámetros (medias, varianzas, porcentajes) de las variables de interés (tamaño de camada, número de gallinas, porcentaje de familias que vacunan etc.).

Para estimar el tamaño de muestra se requiere conocer la varianza de la variable de interés, la precisión que se desea del estimador y el nivel de confianza deseado. Cuando la varianza es desconocida, como ocurre la mayoría de las veces, un estimador de esta podría obtenerse de un estudio piloto.

Los resultados de un muestreo están siempre sujetos a cierto grado de incertidumbre como consecuencia de que sólo se estudia una parte de la población y a que existen errores de medición atribuibles a la colección de los datos de campo. La precisión deseada (máximo error aceptable en el estudio) en los resultados se determina con base en la experiencia del investigador, aunque en muchas características biológicas las precisiones de 5 o 10% son las más usadas. Es decir, se quiere un estimador cuya diferencia con respecto al parámetro no sea mayor del 5 o 10%. Así por ejemplo, si la media de peso al destete de los cerdos es de 14 kg a los 42 días y se quiere una precisión del 5%, se dice que la diferencia entre el estimador y el parámetro no debe ser mayor de 0.7 kg, con una probabilidad o nivel de confianza dado. En las ciencias agropecuarias y de la salud los niveles de confianza del 95 o 99% son los más utilizados.

Finalmente el tamaño de muestra depende del tipo de muestreo o sea de la forma en que se obtienen las muestras. Brevemente, si las unidades de muestreo se seleccionan al azar de una lista de unidades de muestreo, entonces el muestreo es simple al azar. Si la población se divide en estratos (por ejemplo, regiones, tipo de tenencia de la tierra) y dentro de cada estrato se selecciona una muestra aleatoria de unidades de muestreo, el tipo de muestreo es estratificado al azar. Si las unidades a muestrear son grupos de unidades de interés (conglomerados, por ejemplo ranchos, familias, parcelas) y se muestrean todas las unidades de interés de cada grupo, el muestreo se denomina muestreo por conglomerados; pero, si sólo se toma una muestra de las unidades de interés de cada grupo, el muestreo es multi-etápico.

A continuación se proporciona información sobre las características de cada uno de los diseños de muestreo, sus fórmulas para el cálculo de tamaño de muestra y ejemplos de su uso.

Muestreo simple al azar

Consiste en la selección aleatoria de “**n**” unidades de una población objetivo, de tal manera que cada una de éstas tenga la misma oportunidad de ser escogida y se usa principalmente cuando la población es homogénea. Para elegir las unidades de muestreo, se hace una lista de todas las unidades de la población (marco de muestreo) y se obtienen las unidades que constituirán la muestra a través de un sorteo o por tablas de números aleatorios. El propósito de esto es asegurar que cada unidad tomada tenga la misma probabilidad de ser seleccionada y que la muestra sea representativa de la población en estudio.

Como ejemplos del muestreo simple aleatorio se pueden citar:

1. Seleccionar de una lista de lechones un número de ellos para estimar su peso promedio al destete.
2. Seleccionar de una lista de camadas de lechones en una comunidad una muestra para determinar el promedio de tamaño de camada.
3. Seleccionar de una lista de animales aquellos que serán sangrados para estimar el porcentaje de seropositivos (seroprevalencia de una enfermedad).
4. Seleccionar, en una región con manejo similar las unidades a entrevistar para estimar la producción de huevos por patio.

Tamaño de muestra para estimar la media o el total de una población

Para obtener el tamaño de muestra para estimar la media aritmética o el total de una población finita mediante un muestreo simple se necesita conocer: la variabilidad esperada en la variable de interés; el nivel de precisión requerido; el nivel de confianza deseado; y el tamaño de la población.

El tamaño de muestra se calcula suponiendo que la población es infinita y ajustando luego por el tamaño real de la población. En un muestreo simple al azar la fórmula para calcular el tamaño de muestra para una variable cuantitativa en una población infinita es:

$$n_{\infty} = \frac{Z^2 DE^2}{d^2}$$

donde: **n** = Tamaño de muestra para una población infinita; **DE** = Desviación estándar esperada; **Z** = Valor crítico de la tabla de la distribución de Z al nivel de confianza deseado; **d** = Nivel de precisión deseado.

Para obtener el tamaño de muestra de la población objetivo, se multiplica el valor de n por el ajuste por tamaño de población y se obtiene el tamaño de muestra apropiado, de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$n = \frac{n_{\infty}}{1 + \frac{n_{\infty}}{N}}$$

donde: n = Tamaño de muestra para la población finita; n_{∞} = Tamaño de muestra para la población infinita; N = Tamaño de la población.

Ejemplo. Determinar el tamaño de muestra para estimar el promedio de peso de la camada en lechones criados bajo condiciones de traspatio, considerando una precisión de 2 kg y una confiabilidad del 95% ($Z = 1.96$) en una comunidad con 200 marranas. La varianza se estimó en $DE^2 = 120 \text{ kg}^2$.

Los tamaños de muestra para las población infinita y finita o real son:

$$n_{\infty} = \frac{3.84 * 600}{25} = 92 \text{ camadas} \qquad n = \frac{115}{1 + \frac{115}{200}} = 73 \text{ camadas}$$

Es decir se deben muestrear 73 de las 200 camadas para obtener un estimador de media de peso de la camada al destete con una precisión de 2 kg y un nivel de confianza del 95%.

Estimación de la media de una población e intervalo de confianza.

Una vez determinado el tamaño de muestra apropiado, se obtiene la información de las unidades de interés y se estima la media de la población.

La media de la muestra y su error estándar (EE) se calculan como:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \qquad EE = \sqrt{\frac{DE^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)}$$

donde: $(1 - n/N)$ es el factor de corrección para una población finita.

Para propósitos prácticos, cuando $n/N < 0.05$ (es decir menor del 5%) el factor de corrección puede ser ignorado. El intervalo de confianza para la media se calcula como:

$$\bar{y} - t(EE) < m < \bar{y} + t(EE)$$

donde: t = Valor crítico de la distribución de t de Student correspondiente al tamaño de muestra y con el nivel de significancia deseado. Cuando n es mayor de 200, el valor crítico de t se aproxima al valor crítico de la distribución de Z .

Nota: En el ejemplo anterior, se consideró que DE^2 era 120 kg². Sin embargo, en muchos casos, el valor de la varianza de la población se desconoce. ¿Qué se hace en ese caso? Se calcula a partir de los datos de un estudio piloto. Se recomienda una muestra de tamaño 30 o mayor.

Estimación del total de una población e intervalo de confianza

Un segundo parámetro que a menudo se estima es el total de la población (Y). Por ejemplo, se quiere estimar el consumo de pollo por familia en una comunidad. La idea básica es emplear la relación: $Y = \text{Total} = N\mu$ y usar el estimador de la media de la población, \bar{y} , para estimar el total. El total estimado de la población se obtiene como:

$$\hat{Y} = N\bar{y} = N \frac{\sum y}{n} \text{ y la varianza del total se obtiene con la fórmula:}$$

$$DE^2(\hat{Y}) = N^2 \frac{DE^2}{n} \left(\frac{N-n}{N} \right)$$

donde: DE^2 es la varianza de la muestra y $DE^2_{(\hat{Y})}$ es la varianza del total estimado.

Las fórmulas para el error estándar e intervalo de confianza del total son:

$$EE_{(\hat{Y})} = \sqrt{DE^2_{(\hat{Y})}}$$

$$\hat{Y} - t^* EE_{(\hat{Y})} < Y < \hat{Y} + t^* EE_{(\hat{Y})}$$

Ejemplo: Estimar el número de huevos que consumen por día todos los niños de 6 a 12 años de una comunidad, donde la población es de $N=2000$ niños. Suponga que se selecciona una muestra aleatoria de $n=100$ niños y el promedio de huevos consumidos para la muestra es de 0.8 huevos. Entonces, si el tamaño de muestra es el apropiado, el total de huevos que se consume diariamente sería,

$$\hat{Y} = N\bar{y} = 2000(0.8) = 1,600 \text{ huevos.}$$

Si $DE = 0.3$ huevos, es la desviación estándar de la muestra para la variable consumo diario de huevo, entonces la varianza estimada y error estándar del total de huevos es:

$$DE^2(\hat{Y}) = 2000^2 \frac{0.3^2}{100} \left(1 - \frac{100}{2000}\right) = 3,420 \text{ y}$$

$$EE^2(\hat{Y}) = \sqrt{DE^2(\hat{Y})} = \sqrt{3,420} = 58.5 \text{ litros} = 58.5 \text{ huevos}$$

El intervalo de confianza al 95% de confianza para el total sería:
 $1,600 - 1.98 (58.5) < m < 1,600 + 1.98 (58.5) = 1,484.17 < m < 1,715.83$

Es decir, el consumo total de huevos en la población se encuentra entre 1,484.17 y 1,715.83 huevos.

Tamaño de muestra para estimar una proporción o prevalencia en una población

Otro parámetro para el cual con frecuencia se requiere una estimación es la proporción o prevalencia (P) en una población. Este parámetro es de interés cuando se desea estimar la prevalencia de una enfermedad, la proporción de familias que tienen gallineros en sus patios o la proporción de familias que vacunan a sus animales. La prevalencia es el porcentaje de individuos enfermos en una población en un momento dado.

Para obtener el tamaño de muestra para estimar una proporción se requiere conocer: La prevalencia esperada; nivel de precisión requerido; nivel de confianza deseado y el tamaño de la población. Al igual que para el caso de una variable continua se calcula primero el tamaño de muestra para una población finita y luego se ajusta por el tamaño real de la población.

$$n_{\infty} = \frac{Z^2 pq}{d^2} \text{ y } n = \frac{n_{\infty}}{1 + \frac{n_{\infty}}{N}}$$

donde: n_{∞} = Tamaño de muestra para una población infinita; Z = Valor de Z para el nivel de confianza requerido (e.g. 1.96 para 95%); p = prevalencia esperada; $q = 1-p$, y d = precisión (máximo error) deseada y n = tamaño de muestra para la población objetivo.

Ejemplo. Una muestra piloto de $n = 50$ familias se selecciona de $N = 4000$ y se encuentra que 30 de ellos vacunan a sus animales. ¿De qué tamaño deberá ser la muestra para estimar el porcentaje de familias que vacunan en la población, con una precisión del 5% y una confiabilidad del 99%?

La solución consiste en calcular la proporción de familias que vacunan en la muestra, es decir: $p = 30/50 = 0.6$; $q = 1-p = 1-0.6=0.4$; además, $d = 0.05$; y $Z = 2.58$, valor de la tabla de Z de dos colas y 99% de confianza.

Por lo tanto, los tamaños de muestra para la población infinita y finita son:

$$n = \frac{2.58^2(0.6)(0.4)}{0.05^2} = 639.2 \text{ y } n = \frac{639}{1 + 639/4000} = 551$$

Es decir se requieren muestrear 551 familias.

Estimación de una proporción o prevalencia en una población e intervalo de confianza.

Suponga que se desea estimar la proporción de ovejas con parásitos internos en una comunidad; entonces la proporción de ovejas infectadas se obtiene dividiendo el número de ovejas positivas entre el total de ovejas muestreadas.

Las fórmulas para estimar la varianza, error estándar e intervalo de confianza de una proporción de muestreo p son:

$$DE_p^2 = pq \left(1 - \frac{n}{N}\right); \quad EE_p = \frac{DE_p}{\sqrt{n-1}} \quad \text{y} \quad p - t(EE_p) < P < p + t(EE_p)$$

Ejemplo: Se desea determinar la prevalencia de diarrea en crías de un hato de ganado *Holstein* en el trópico. Una muestra de 250 animales de $N = 1000$ indicó que 50 animales presentaron diarrea. Entonces, la prevalencia estimada (p) y su EE son:

$$p = \frac{a}{n} = \frac{50}{250} = 0.20 \quad DE_p^2 = pq \left(1 - \frac{n}{N}\right) = (0.20)(0.80) \left(1 - \frac{n}{N}\right) = 0.152$$

$$EE_p = \frac{DE_p}{\sqrt{n-1}} = \frac{0.152}{\sqrt{49}} = 0.022$$

El intervalo de confianza para P al 95% sería:

$$p - t^*EE_p < P < p + t^*EE_p \quad 0.20 - 1.96(0.022) < P < 0.20 + 1.96(0.022) = 0.157 < P < 0.243$$

Es decir, no se conoce la prevalencia en la población porque no se muestrearon todas las crías, pero se puede asegurar con un 95% de confianza que se encuentra entre 15.7% y 24.3%.

Muestreo estratificado al azar

Suponga que se quiere estimar el número de pavos de traspatio por casa en la zona centro de Yucatán y cabría esperar de que en el medio rural el número de animales por casa sea mayor que, en las casas conurbanas. Cuando el muestreo simple al azar se aplica a una distribución como ésta, existe la posibilidad de que ninguna o cuando más unas cuantas de las casas rurales aparezcan en la muestra; como consecuencia, la muestra puede o no ser representativa de la población. ¿Qué se recomienda? Las casas podrían ser divididas en rurales y conurbanas y posteriormente elegir cierto número de casas dentro de cada uno de los grupos. El proceso de dividir la población en subgrupos y seleccionar una muestra aleatoria de cada estrato, de combinar estas submuestras en una sola, y estimar los parámetros de la población de estudio se denomina *Muestreo Estratificado al Azar*. La división de la población en estratos debe considerar la variable de interés; así, si se quiere medir la producción de huevos de gallina en los sistemas de traspatio del estado de Yucatán, quizá sea conveniente estratificar según la región (Centro, Oriente y Sur).

Hay varias razones para utilizar este tipo de muestreo: 1.- Puede incrementar la precisión. 2.- Asegura el muestreo de cada estrato de la población disponiéndose así de información por separado para cada uno de los estratos. 3.- Las condiciones administrativas o físicas pueden hacer más fácil la obtención de los datos, ya que generalmente es difícil estratificar con respecto a la variable bajo consideración. Algunos de los ejemplos siguientes pueden servir de base para familiarizarse con la idea de estratificar una población.

- Una comunidad puede estratificarse de acuerdo con el nivel de ingreso de los productores o según el tamaño del patio.
- Un región puede dividirse para fines de conocer las características familiares en: población urbana, semiurbana y rural.
- Un estado puede ser dividido para fines de conocer las características de los

hatos ganaderos en regiones (oriente, centro y sur) o según el tipo de productores (particulares, ejidatarios y comuneros).

Tamaño de muestra para estimar la media o el total de una población

Para obtener el tamaño de muestra para estimar la media o el total de una población mediante un muestreo estratificado al azar, se necesita conocer: La variación por estrato en la variable de interés; el nivel de precisión requerido; el nivel de confianza deseado y el tamaño de cada estrato.

Para calcular el tamaño de muestra se utiliza la fórmula,

$$n = \frac{NZ^2 \sum N_e DE_e^2}{N^2 d^2 + Z^2 \sum N_e DE_e^2}$$

donde: **n** = Tamaño de muestra; **N** = Tamaño de la población; **N_i** = Número de individuos en el estrato **i**; **DE_e²** = Varianza del estrato **i**; **d** = Precisión deseada y **Z** = Valor crítico de la distribución de **Z**.

Ejemplo: Se desea conocer la ganancia de peso (GP) de borregos *Pelibuey* en una localidad, a través de una encuesta. Se sabe, que la GP depende, entre otras cosas, del sistema de alimentación, por lo que la lista de rebaños se dividió en tres grupos: manejo extensivo con pasturas nativas (estrato I), manejo extensivo con pasturas mejoradas (estrato II) y manejo semi-intensivo (estrato III). Se sabe además que existen 520, 870 y 180 ranchos en cada uno de los estratos.

Como se desconocían las GP en la población y en los estratos, se hizo un muestreo piloto. Una encuesta de aproximadamente el 5% de los ganaderos de cada estrato (26, 44 y 10) proporcionó las siguientes medias y desviaciones estándar para los estratos I, II y III, respectivamente, 140 ± 37 , 180 ± 30 y 210 ± 35 g. Basado en estos datos se calculó el tamaño de muestra con una precisión de 5 g y una confiabilidad del 95%.

Solución:

$$n = \frac{NZ^2 \sum N_e DE_e^2}{N^2 d^2 + Z^2 \sum N_e DE_e^2} = \frac{1570(1.96^2)[520(37)^2 + 870(30)^2 + 180(35)^2]}{1570^2(5)^2 + \{1.96^2[520(37)^2 + 870(30)^2 + 180(35)^2]\}} = 152$$

Es decir se necesitan muestrear 152 ranchos.

Una vez elegido el tamaño de muestra n existen varias maneras de asignar las muestras a cada uno de los estratos, de tal manera que se obtenga una cantidad de información a un costo mínimo.

La mejor asignación del tamaño de muestra es influida por tres factores: 1-El tamaño del estrato. Por ejemplo, una muestra de 30 elementos en una población de 300 proporciona mayor información que una muestra del mismo tamaño en una población de 3000 elementos. 2.- La variación dentro de cada estrato. La variación debe ser considerada ya que una población heterogénea requiere de un tamaño de muestra mayor para obtener la misma información que una población más homogénea. 3- El costo de obtener una observación dentro de cada estrato. El costo de obtener una observación varía de estrato a estrato, menores tamaños de muestra podrían tomarse de los estratos más costosos. Esto es así porque el objetivo es mantener los costos del muestreo al mínimo.

Asignación de la muestra proporcional al tamaño del estrato

Cuando la fracción de muestreo es la misma para todos los estratos, la estratificación se conoce como “Estratificación Proporcional”. La distribución proporcional del total de la muestra en cada estrato es:

$$n_i = \frac{N_i}{N} n$$

donde: n_i es el tamaño de la muestra para el estrato “i”; n = tamaño de muestra para la población y N_i = tamaño del estrato i .

Ejemplo: El tamaño total de la muestra para la población del ejemplo anterior fue de 152 y el tamaño de cada estrato de 520, 870 y 180; por lo tanto el tamaño de la población fue de 1570.

El tamaño de muestra para el estrato I, II y III sería:

$$n_1 = \frac{520}{1570} 152 = 50 \quad n_2 = \frac{870}{1570} 152 = 84 \quad n_3 = \frac{180}{1570} 152 = 18$$

Asignación óptima de costo mínimo

Cuando el costo de obtener una observación varía de un estrato a otro, es posible tomar un tamaño de muestra menor en los estratos más costosos, siendo la fórmula apropiada para la asignación de las muestras la siguiente:

$$n_i = n \left(\frac{\frac{N_i DE_i}{\sqrt{C_i}}}{\sum \frac{N_i DE_i}{\sqrt{C_i}}} \right)$$

donde: n_i = tamaño de muestra para el estrato i ; n = tamaño de muestra para la población; N_i = tamaño del estrato i ; DE_i = desviación estándar para el estrato i ; C_i = costo de obtener una observación en el estrato i .

Ejemplo: Utilice la información del ejemplo anterior, pero suponga ahora que el costo de tomar una muestra en la región I, II y III es de: \$49, \$25 y \$25, respectivamente. ¿Cuál es el tamaño de muestra para cada estrato?

$$n_1 = \frac{N_1 DE_1 / \sqrt{C_1}}{N_1 DE_1 / \sqrt{C_1} + N_2 DE_2 / \sqrt{C_2} + N_3 DE_3 / \sqrt{C_3}} n = \frac{520(74) / \sqrt{49}}{520(74) / \sqrt{49} + 870(30) / \sqrt{25} + 180(35) / \sqrt{25}} 152 = 60$$

$$n_2 = \frac{N_2 DE_2 / \sqrt{C_2}}{N_1 DE_1 / \sqrt{C_1} + N_2 DE_2 / \sqrt{C_2} + N_3 DE_3 / \sqrt{C_3}} n = \frac{870(30) / \sqrt{25}}{520(74) / \sqrt{49} + 870(30) / \sqrt{25} + 180(35) / \sqrt{25}} 152 = 74$$

$$n_3 = \frac{N_3 DE_3 / \sqrt{C_3}}{N_1 DE_1 / \sqrt{C_1} + N_2 DE_2 / \sqrt{C_2} + N_3 DE_3 / \sqrt{C_3}} n = \frac{180(5) / \sqrt{25}}{520(74) / \sqrt{49} + 870(30) / \sqrt{25} + 180(35) / \sqrt{25}} 152 = 18$$

Es decir, en las regiones I, II, y III se deben muestrear 60, 74 y 18 elementos, respectivamente.

Estimación de la media de una población e intervalo de confianza

Los primeros pasos en la estimación de la media de una población estratificada, consisten en calcular las medias para cada estrato y luego combinarla en una media general.

La media de la población (μ) se estima dividiendo la suma de los totales de cada estrato entre el tamaño de la población (N).

$$\hat{\mu} = \frac{N_1 \bar{y}_1 + N_2 \bar{y}_2 + \dots + N_k \bar{y}_k}{N_1 + N_2 + \dots + N_k} = \frac{\sum N_e \bar{y}_e}{N}$$

donde: N_1, N_2 y N_3 son el total de unidades de interés en cada uno de los estratos y $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3$ son las medias obtenidas para cada estrato; N = total de las observaciones en los estratos, es decir $N = \sum N_i$

El error estándar e intervalo de confianza se calculan como:

$$EE = \frac{1}{N^2} \sum N_e(N_e - n_e) \frac{DE_e^2}{n_e} \quad \text{y} \quad \hat{\mu} \pm t * EE$$

donde: D_i^2 es la varianza estimada para cada uno de los estratos y n_i es el tamaño de muestra del estrato “i”.

Ejemplo: Suponga que al entrevistar a 50, 84 y 18 productores de las regiones I, II y III, respectivamente, se obtuvieron los promedios de ganancia de peso, y DE de: 141 ± 36 , 183 ± 28 y 211 ± 34 g. Sea $N_1 = 520$, $N_2 = 870$ y $N_3 = 180$, el número de rebaños en los estratos I, II y III. Se desea estimar el promedio de peso al destete de borregos *Pelibuey* en la población y su intervalo de confianza.

Solución: la media de la población y su EE es de acuerdo con las fórmulas:

$$\hat{\bar{Y}} = \frac{\sum N_i \bar{y}_i}{N} = \frac{520(141) + 870(183) + 180(211)}{1570} = 172.3 \text{ g}$$

$$EE = \sqrt{\frac{1}{1570^2} \left[520(520 - 50) \frac{36^2}{50} + 870(870 - 84) \frac{28^2}{84} + 180(180 - 18) \frac{34^2}{18} \right]} = 243$$

El intervalo de confianza con una probabilidad del 95 % es:

$$\bar{Y} \pm t(EE) = 172.3 \pm 2(2.43) = 172.3 \pm 4.86 \text{ g}$$

Es decir, la media de la población se encuentra entre 167.4 y 177.29 g.

Estimación del total de una población e intervalo de confianza

El total producido por estrato se obtiene multiplicando el número de animales en el estrato por el promedio estimado en el estrato para la variable de interés. Mientras que el total estimado de la población \hat{Y} se obtiene sumando los totales estimados para cada uno de los estratos.

El error estándar del total se obtiene multiplicando el tamaño de la población por el error estándar de la muestra.

Ejemplo: Suponga que se desea estimar los kilogramos destetados en cada estrato del ejemplo anterior. Para ello se requiere el total de kilogramos de destetes en los estratos I, II y III. Suponga que el promedio de kg destetados en el estrato I, II y III son 141 kg, 183 kg y 211 kg, entonces los totales de kilos por estrato son:

$$Y_1 = N_1 \bar{y}_1 = 520(141) = 73320 \text{ kg} \quad Y_2 = N_2 \bar{y}_2 = 870(183) = 159210 \text{ kg} \quad \text{y} \\ Y_3 = N_3 \bar{y}_3 = 180(211) = 37980 \text{ kg}.$$

El error estándar es $Ee_t = N(EE) = 1570(2.43) = 3815.1 \text{ kg}$

El intervalo de confianza al 95% de confianza para los kilogramos de destete producidos en la población objetivo es : $270510 \pm 2(3815)$. Es decir, los kilogramos de destete producidos en la población se encuentran entre 262880 y 278140 kg con un 95% de confianza.

Tamaño de muestra para estimar la proporción o prevalencia en una población

Cuando el interés es estimar una proporción se utiliza la fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 \sum N_i p_i q_i}{N^2 d^2 + Z^2 \sum N_i p_i q_i}$$

donde: n = Tamaño de muestra; N = Tamaño de la población ; N_i = Número de elementos en el estrato "i"; p_i = prevalencia estimada en el estrato "i"; $q_i = 1 - p_i$; d = precisión deseada y Z = valor crítico de tablas de la distribución normal estándar.

Ejemplo: Se quiere estimar la prevalencia de mastitis en un hato de doble propósito y otro de producción intensiva de leche. Sea $N_1 = 1500$ vacas Cebú x *Holstein* (CxH) y $N_2 = 700$ vacas *Holstein* (Ho). Se selecciona una muestra aleatoria de 80 vacas CxH y 60 vacas Ho y se obtiene que 14 vacas CxH y 12 Ho tienen mastitis. ¿De qué tamaño deberá ser la muestra para estimar la prevalencia (P) con una precisión del 5% y una confiabilidad del 95%?

Solución: El total de vacas es: $N = N_1 + N_2 = 1500 + 700 = 2200$; mientras que las prevalencias en los estratos son:

$$p_1 = 14/80 = 0.175; q_1 = 1 - 0.175 = 0.825; \\ p_2 = 12/60 = 0.20; q_2 = 1 - 0.20 = 0.80;$$

El tamaño de muestra sería:

$$n = \frac{2200(1.96)^2[1500(0.175)(0.825) + 700(0.20)(0.80)]}{2200^2(0.05)^2 + 1.96^2[1500(0.175)(0.825) + 700(0.20)(0.80)]} = 224$$

Para la asignación de las muestras a cada uno de los estratos se usan las mismas fórmulas que para las variables continuas.

Estimación de una proporción o prevalencia e intervalo de confianza

La prevalencia en el estrato “i” se estima dividiendo el número de casos (animal u objeto con el rasgo de interés) entre el total de unidades en la muestra.

La prevalencia en la población (P) se estima por: $P = \frac{\sum N_i p_i}{N}$

donde: n = Tamaño de muestra total; n_i = Tamaño de muestra del estrato “i”; p_i = Prevalencia en el estrato “i”; y N_i = Tamaño del estrato “i”.

Los intervalos de confianza para cada uno de los estratos se estiman utilizando la fórmula para el muestreo simple al azar.

La varianza estimada de la prevalencia es:

$$V_p = \frac{1}{N^2} \left[\sum N_i (N_i - n_i) \left(\frac{p_i q_i}{n_i - 1} \right) \right]$$

El EE se obtiene de la raíz cuadrada de V_p , es decir $EE = \sqrt{V_p}$

El intervalo de confianza para la prevalencia en la población (P) se obtiene sumando y restando a la prevalencia de la muestra (p) el valor de t(EE).

$$p - t(EE) < P < p + t(EE)$$

Ejemplo: En el estudio de una población, la cual se dividió en estrato rural y conurbano con $N_1=800$ y $N_2=500$ parvadas, respectivamente, se muestrearon $n_1=100$ y $n_2=50$ parvadas, en las cuales se encontraron $a_1=20$ y $a_2=16$ animales con viruela. Calcular las prevalencias en los estratos, la prevalencia general y su intervalo de confianza.

La prevalencia en el estrato I es: $p_1 = \frac{a_1}{n_1} = \frac{20}{100} = 0.20$

La prevalencia en el estrato II es: $p_2 = \frac{a_2}{n_2} = \frac{16}{50} = 0.32$

La prevalencia en la muestra (todos los estratos) es:

$$p_i = \frac{\sum n_i p_i}{n} = \frac{100(0.20) + 50(0.32)}{150} = \frac{20 + 16}{150} = 0.24$$

La prevalencia estimada en la población es:

$$P = p_e = \frac{\sum N_e p_e}{N} = \frac{800(0.20) + 500(0.32)}{1300} = \frac{160 + 160}{1300} = 0.246$$

Nota. Si las muestras se hubieran tomado proporcionales al tamaño de cada estrato, la prevalencia en la muestra y la esperada en la población serían las mismas

La varianza estimada de la prevalencia es:

$$V_p = \frac{1}{N^2} \left[\sum N_i (N_i - n_i) \left(\frac{p_i q_i}{n_i - 1} \right) \right]$$

$$V_p = \frac{1}{1300^2} \left[800(800 - 100) \frac{0.20(0.80)}{100 - 1} + 500(500 - 50) \frac{0.32(0.68)}{50 - 1} \right] = \frac{1}{1690000} [905.05 + 999.18] = 0.001127$$

El EE se obtiene de la raíz cuadrada de V_p

$$E = \sqrt{V_p} = \sqrt{0.001127} = 0.033$$

El intervalo de confianza para el ejemplo es:

$$0.246 - 2(0.033) < P < 0.246 + 2(0.033) = 0.18 < P < 0.31$$

En conclusión, aunque no se conoce la prevalencia real en la población, se puede asegurar con una confianza del 95% que ésta se encuentra entre 0.18 y 0.31.

Muestreo por conglomerados

Cuando el tamaño de la población no es muy grande, cualquier método de muestreo puede usarse sin dificultad; sin embargo, cuando el tamaño de la población si lo es o las unidades están muy dispersas, algunos procedimientos presentan dificultades para su aplicación, tales como: 1.- La dificultad de preparar una lista de todas las unidades de muestreo. 2.- El alto costo de realizar una encuesta o medición de una serie de unidades dispersas y numerosas. 3. Las dificultades administrativas de un plan de muestreo donde las unidades de muestreo están distantes.

Por ejemplo, cuando se desea estimar los pesos al destete de todos los cerdos en traspatio (o la prevalencia de una enfermedad) en el estado de Yucatán; para usar el muestreo simple al azar se necesita una lista de todos los animales destetados y para fines prácticos, esto es imposible de adquirir. Para aplicar el muestreo estratificado, el estado de Yucatán tendría que dividirse en regiones con condiciones ambientales y manejo de animales similares. Sin embargo, aquí surge nuevamente el problema de las listas por región y suponiendo que éstas existan, el número de comunidades a visitar podría hacer prohibitivo el costo de la encuesta por lo disperso de las unidades de muestreo. El manejo administrativo podría llegar a ser molesto y tardado.

La encuesta podría realizarse más fácilmente en términos de preparación, costo y administración si las unidades a ser muestreadas estuviesen constituidas por conglomerados o grupos de unidades de interés. Es decir, en el muestreo por conglomerados, la unidad de muestreo es más grande que la unidad de interés (p.e. la unidad de muestreo es la casa y la unidad de interés la camada). Los conglomerados de individuos a menudo ocurren naturalmente (p.e. familias, camadas, corrales, hatos, etc.) o pueden ser formados artificialmente (p.e. los municipios son conglomerados geográficos). El conglomerado puede ser seleccionado por los métodos sistemático, al azar simple o estratificado con la condición de que todos los individuos en la unidad de muestreo sean medidos o examinados.

Por lo tanto, debido a la limitada disponibilidad de marcos de muestreo y al alto costo de transporte, generalmente es imposible y no es práctico seleccionar una muestra simple al azar de animales de una población. La única solución en la mayoría de los estudios es tomar una muestra de conglomerados seleccionados aleatoriamente de una lista y muestrear a todos los individuos de cada conglome-

rado. Esto conduce a un incremento en el tamaño de muestra en comparación con el muestreo simple aleatorio, ya que el error estándar aumenta debido a que las unidades de interés dentro de cada conglomerado no son independientes (es decir, están correlacionadas). Una regla práctica consiste en considerar de dos a cuatro veces el tamaño de muestra para un muestreo simple al azar. Aun que lo más correcto es estimar el tamaño de muestra adecuado.

A continuación se proporcionan las fórmulas para calcular el número de conglomerados que se necesitan muestrear para estimar el promedio o total de alguna variable cuantitativa y para estimar prevalencias.

Número de conglomerados para estimar la media o el total de una población

Una fórmula para calcular el número de conglomerados (**m**) es:

$$m = \frac{Mt^2s_c^2}{Nd^2 + t^2s_c^2}$$

donde: **M**= Número de conglomerados en la población; **t**= Valor crítico de la tabla de t de *Student* con un número infinito de grados de libertad; **d**= Precisión deseada.

$$\bar{N} = \frac{\sum N_i}{M} = \text{Tamaño promedio de los conglomerados en la población.}$$

$$s_c^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}n_i)^2}{(m-1)n_i} = \frac{\sum n_i(\bar{y}_i - \bar{y})^2}{m-1} = \text{Cuadrado medio (varianza) entre con-}$$

glomerados.

y_i = Total de todas las observaciones en el conglomerado **i**. Por ejemplo la producción de leche por rancho.

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{\sum n_i} = \text{Promedio general de la variable de interés en los conglomerados}$$

muestreados.

m^* = Número de conglomerados en la muestra piloto o utilizados para estimar s_c^2 .

n_i = Número de elementos en los conglomerados seleccionados $i=1,2,...m$.

Ejemplo: ¿Cuál es el número de conglomerados necesarios para estimar el promedio de producción de leche/vaca en bovinos de doble propósito en una región, con una precisión de 0.3 litros y 95% de confianza?. Dado que se desconoce la varianza entre conglomerados se procede a realizar un estudio piloto en 25 de 420 hatos, el cual indica que la varianza entre conglomerados, estimada con la fórmula abajo proporcionada es:

$$s_c^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y}n_i)^2}{(m-1)n_i} = \frac{525.425}{24} = 118.363$$

Por lo tanto, el número de conglomerados necesarios para estimar el promedio de producción de leche es:

$$m = \frac{Mt^2s_c^2}{Nd^2 + t^2s_c^2} = \frac{420(1.96)^2 21.893}{2520(0.3)^2 + 1.96^2(21.893)} = \frac{35309.03}{310.869} = 113.58$$

donde: $M=420$ = total de conglomerados en la población; $t=1.96$; $d=0.3$ litros; $m=25$

El promedio de animales por conglomerado en la población (\bar{N}) se estimó por el promedio de animales en los conglomerados muestreados.

El total estimado de elementos en la población es: $M\bar{N} = M\bar{n} = 420(6) = 2520$.

Es decir se deben muestrear 129 hatos y todos los animales de cada hato para obtener una precisión de 0.3 litros y 95% de confianza en el estimador.

Estimación de la media de una población e intervalo de confianza.

La media de la población (\bar{Y}) en un muestreo por conglomerados se estima dividiendo la suma de los totales de cada conglomerado entre el total de unidades de interés medidas:

Las fórmulas para calcular el error estándar e intervalo de confianza para un muestreo por conglomerados son:

$$EE = \sqrt{\left(\frac{M-m}{Nm}\right) s_c^2} = \sqrt{\left(\frac{420-25}{2520(25)}\right) 21.893} = 0.37$$

$$\bar{y} - t * EE \leq \mu \leq \bar{y} + t * EE$$

y

Ejemplo: Suponga que para estimar la media e intervalo de confianza de la media de la producción de leche por vaca, se tiene la siguiente información:

$$\sum_{i=1}^m y_i = 48.0 + 60.5 + 22.0 + \dots + 20 = 654.0 = \text{Total de litros producidos.}$$

$$\sum_{i=1}^m n_i = 7 + 12 + 4 + \dots + 8 = 150 = \text{El número de vacas medidas.}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{\sum n_i} = \frac{654}{150} = 4.36 \text{ litros} = \text{Promedio de litros/vaca.}$$

Por lo tanto, el EE_c para la producción de leche/vaca es:

$$EE = \sqrt{\left(\frac{M-m}{Nm}\right) s_c^2} = \sqrt{\left(\frac{420-25}{2520(25)}\right) 21.893} = 0.37 = 0.35 \text{ litros}$$

El intervalo de confianza al 95% es:

$$4.36 - 1.96(0.35) \leq \mu \leq 4.36 + 1.96(0.35) = 3.67 \leq \mu \leq 4.71$$

Es decir no se conoce con exactitud el promedio de producción de leche por vaca en la población pero se puede asegurar con un 95% de confianza que el parámetro se encuentra entre 3.67 y 4.70 litros.

Estimación del total de una población e intervalo de confianza

El total de una población se puede estimar a través de la siguiente fórmula:

$$\underline{N\bar{y} = N \frac{\sum y_i}{\sum n_i}}$$

donde: \hat{Y} = Total de la población; N= Número de elementos en la población o estimado por $\underline{M\bar{n}}$

El error estándar del total y su intervalo de confianza se estiman como:

$$\underline{EE_t = N \sqrt{\left(\frac{M-m}{Nm}\right) s_c^2}} \quad \underline{y - t * EE_t \leq Y \leq y + t * EE_t}$$

Ejemplo: Estimar el total de leche producida por los 420 ranchos que constituyen la población de la cual se tomó la muestra de 25 ranchos del ejemplo anterior.

El total de leche producida en la población para el ejemplo es el resultado de multiplicar el promedio estimado de litros de leche/vaca por el número total de vacas en la población; es decir:

$$\underline{N\bar{y} = 2520 * 4.36 = 10,987.2 \text{ litros}}$$

donde $N=M\bar{n}=420(6)=2520$.

Para el ejemplo, el EE_t y su intervalo de confianza al 95% son:

$$\underline{EE_t = 2520 \sqrt{\left(\frac{420-25}{2520(25)}\right) 21.893} = 2520 * 0.37 = 932.4 = 882 \text{ litros y}}$$

$$\underline{10,987 - 1.96 * 932.4 \leq Y \leq 10,987 + 1.96 * 932.4 = 9122.2 \leq Y \leq 12,851 \text{ litros}}$$

Es decir, la producción total de leche estimada en la región es de 10,987 litros con un intervalo de 9,258 a 11,869 litros.

Cálculo del número de conglomerados para estimar una proporción o prevalencia en una población

Para el cálculo del número de conglomerados a muestrear (**m**) para estimar la prevalencia en una población se utiliza la misma fórmula que para estimar un promedio:

$$m = \frac{Mt^2 s_c^2}{Nd^2 + t^2 s_c^2}$$

Excepto que se obtiene de la siguiente forma:

$$s_c^2 = \frac{\sum (a_i - \hat{p}n_i)^2}{(m-1)n_i} = \frac{\sum n_i (p_i - \hat{p})^2}{m-1}$$

donde: n_i = Número de elementos en los conglomerados seleccionados $i = 1, 2, \dots, m$ y a_i = total de casos en el conglomerado **i**. Por ejemplo, el total de animales enfermos en un rancho. p_i = prevalencia en el conglomerado “i”.

$$\hat{p} = \frac{\sum a_i}{\sum n_i} = \text{Prevalencia general en los conglomerados seleccionados.}$$

m^* = Número de conglomerados en la muestra piloto o utilizados para estimar s_c^2 .

Comúnmente la varianza entre conglomerados se desconoce, por lo que se estima de estudios previos o se calcula de un estudio piloto.

Ejemplo: Se desea calcular el tamaño de muestra para estimar la prevalencia de viruela en 800 traspatios de una comunidad, considerando una precisión del 5% y 95% de confianza. Un estudio piloto de 30 camadas proporciona una varianza entre conglomerados s_c^2 de:

$$s_c^2 = \frac{\sum (a_i - pn_i)^2}{(m-1)n_i} = \frac{92348}{30-1} = 0.3184$$

Dado que \bar{N} no se conoce, se estimó a través de \bar{n} $M = 800$; $t = 1.96$;

$$d = 0.05 = 5\%; m = 30 \text{ y } \hat{p} = \frac{\sum a_i}{\sum n_i} = 0.29$$

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{m} = \frac{217}{30} = 7.23$$

De aquí que, el número de conglomerados para estimar la prevalencia es:

$$m = \frac{Mt^2s_c^2}{Nd^2 + t^2s_c^2} m = \frac{800(1.96)^2(0.3184)}{5784(0.05)^2 + 1.96^2(0.3184)} = \frac{978.1248}{15.6826} = 62.4$$

Es decir se deben muestrear 56 camadas, de las 800 camadas, para estimar la prevalencia con un 95% de confianza y una precisión del 5%.

Estimación de una proporción o prevalencia e intervalo de confianza

La prevalencia en la población se estima dividiendo el número de casos o resultados favorables entre el total de unidades medidas:

El error estándar e intervalo de confianza para una proporción se estiman a través de las siguientes fórmulas:

$$EE_p = \sqrt{\left(\frac{M-m}{M}\right)\left(\frac{1}{m\bar{N}^2}\right) \frac{\sum_{i=1}^m (a_i - \hat{p}n_i)^2}{m-1}}$$

$$\hat{p} - tEE_p \leq P \leq \hat{p} + tEE_p$$

Ejemplo: Suponga que se obtiene la siguiente información de un estudio en el que se desea conocer el porcentaje de familias que tienen cerdos en traspatio:

$$\sum a_i = 63 = \text{Número de familias que tienen cerdos}$$

$\sum n_i = 217 =$ Número total de familias encuestadas

La proporción estimada para el ejemplo es: $\hat{p} = \frac{\sum a_i}{\sum n_i} = \frac{63}{217} = 0.29$ y su

error estándar e intervalo de confianza son:

$$EE_p = \sqrt{\left(\frac{800-30}{5784(30)}\right)} 0.3184 = 0.0376 \quad \text{y}$$

$$0.29 - 1.96(0.0354) < P < 0.29 + 1.96(0.0354) = 0.22 < P < 0.36$$

Es decir, en la comunidad estudiada la proporción de familias que tienen cerdos se encuentra entre 22 y 36% con un 95% de confianza y precisión absoluta del 5%.

Muestreo por multietapas

Un conglomerado en ocasiones contiene muchos elementos para obtener una medida de cada uno, o contiene elementos muy parecidos que con medir algunos se obtiene información de todo el conglomerado. Cuando cualquiera de estas situaciones ocurre puede obtenerse una muestra probabilística de elementos de cada conglomerado, lo que resulta en un muestreo en dos o más etapas (multi-etapas).

Como se mencionó anteriormente, dentro de cada conglomerado, las unidades son más similares que entre conglomerados ya que existe correlación entre ellos. Por ejemplo, si una gallina en una casa tiene viruela es más probable que otros animales en la misma tengan la enfermedad que los de otras casas. Por lo tanto, esto conduce a que la muestra tenga una varianza más pequeña que la población total. Esta reducción en la varianza tiene el efecto de disminuir la confianza en el resultado y por lo tanto, el tamaño de muestra debe ser mayor. Una regla práctica es incrementar el tamaño de muestra de dos a cuatro veces más que el tamaño obtenido para el muestreo simple al azar.

Los pasos a seguir para obtener estimadores de la población en el muestreo multi-etapas son: 1.- Se selecciona una muestra al azar de **m** conglomerados del

total de conglomerados (**M**). 2.- Luego de cada uno de los **m** conglomerados elegidos se seleccionan al azar **n_i** unidades de interés del total **N_i** de cada conglomerado. 3.- Se estiman los parámetros deseados para cada conglomerado elegido. 4.- Se obtienen los parámetros para la población total.

Ejemplo: suponga que una región se divide en **M** municipios (unidades primarias de muestreo), de los cuales se obtiene una muestra de **m** municipios. Cada municipio consiste a su vez de **N** subunidades (predios) de las cuales se obtiene una muestra de tamaño **n** para cada uno de los municipios. Entonces hay **MN** unidades en la población y **mn** en la muestra. El plan en este caso es un muestreo en dos etapas. Cuando las unidades de muestreo se seleccionan de esta manera, se necesita solamente una lista de los **M** municipios y una lista de los predios en los **m** municipios seleccionados. Por lo tanto, puesto que los predios seleccionados son conglomerados en municipios es más fácil visitarlos que si fueran predios en toda la región. Otro ejemplo, sería el caso cuando se quiere hacer un estudio para estimar la población de gallinas en una comunidad: Lo ideal es hacer un muestreo a nivel de casas; pero suponga que no existen datos confiables a ese nivel; sólo existe una lista de comisarías. Se pueden seleccionar entonces varias comisarías y dentro de cada una se pueden seleccionar las casas.

En estudios de muestreo multi-etapas comúnmente primero se calcula el número de unidades de interés a muestrear dentro de cada conglomerado (**b**) y el tamaño de muestra (**n**) y luego se obtienen el número de conglomerados a muestrear (**m**).

Número de unidades de interés a medir por conglomerado

No hay duda de que es mejor muestrear el número máximo posible de conglomerados y que éstos deben seleccionarse al azar. Sin embargo, si la limitante es por recursos económicos existen fórmulas para calcular el número de unidades de interés a medir en cada conglomerado. Para esto, se necesita conocer los costos: de llegar a cada conglomerado, de medir cada unidad de interés, el costo de cada prueba (en estudios epidemiológicos) y conocer la varianza entre y dentro de conglomerados.

Para obtener el número de unidades de interés (**b**) a muestrear dentro de cada conglomerado se puede utilizar la fórmula proporcionada por *Snedecor* y *Cochran* (1978):

$$b = \sqrt{\left(\frac{C_e}{C_d}\right)\left(\frac{1-r_e}{r_e}\right)}$$

donde: \mathbf{b} = Número promedio de unidades de interés en cada conglomerado; C_e = Costo de tomar una muestra en dos conglomerados; C_d = Costo de muestrear dos unidades de interés en un mismo conglomerado; r_e = Correlación entre unidades dentro de los conglomerados.

Esta fórmula permite balancear el efecto de la variación dentro de conglomerados y el costo relativo de muestrear unidades y llegar al conglomerado. Mientras más relacionadas estén las unidades, más pequeño es \mathbf{b} , y un mayor número de conglomerados serán necesarios. Si lo más costoso es llegar al conglomerado en comparación con el costo de muestrear cada unidad de interés, entonces \mathbf{b} es más grande y el número de conglomerados será menor. Basado en estudios previos C_e es de 5 a 10 veces mayor que C_d . Los valores de r_e varían de acuerdo con el carácter a estudiar y podrían obtenerse de la literatura o calcularse de un estudio piloto.

Ejemplo: suponga que la correlación intraconglomerados para el peso al destete en lechones o para alguna enfermedad es $r_e = 0.40$ y el costo de muestrear dos animales en dos granjas es 10 veces más caro que muestrear dos animales en una misma granja. Entonces el número promedio de animales a muestrear en cada granja es:

$$\mathbf{b} = \sqrt{\frac{10(1 - 0.4)}{0.4}} = \sqrt{15} = 3.87 \approx 4$$

El número de animales por conglomerado debe tomarse, de preferencia, proporcional al tamaño del conglomerado. Esta práctica tiene muchas ventajas operacionales y satisface una de las suposiciones básicas del muestreo aleatorio, el cual establece que todas las unidades de interés tengan la misma probabilidad de ser seleccionados.

Para obtener la correlación intraconglomerados (r_e) se usa la fórmula abajo proporcionada, que utiliza las componentes de varianza obtenidas de un análisis de varianza como el proporcionado en el Cuadro 1

$$r_e = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_d^2}$$

donde: $\hat{\sigma}_d^2$ = CMW = Cuadrado medio del error; CMB = Cuadrado medio entre

conglomerados; $\hat{\sigma}_c^2 = \frac{CMB - CMW}{k}$ y $k = \left(\frac{1}{m-1}\right)\left(n - \frac{\sum n_i^2}{n}\right)$ promedio

ponderado del número de elementos muestreados por conglomerado

Cuadro 1

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Esperanza de Cuadrados Medios
Conglomerados	19	4.2516	0.2238=CMB	$\hat{\sigma}_d^2 + k\hat{\sigma}_e^2$
Error	300	55.7484	0.1858=CMW	$\hat{\sigma}_e^2$

Análisis de varianza para los datos de mastitis en ganado de doble propósito.

$$k = \frac{1}{19} \left(320 - \frac{6134}{320} \right) = 15.8 \quad \hat{\sigma}_e^2 = \frac{0.2238 - 0.1858}{15.8} = 0.0024$$

$$r_e = \frac{0.0024}{0.0024 + 0.1858} = 0.013$$

Tamaño de muestra y número de conglomerados para estimar una media o total en una población

La precisión deseada en el estudio es un criterio importante para decidir el tamaño de muestra apropiado. Sin embargo, para un número dado de unidades de interés en la muestra, la precisión de una muestra de conglomerados es usualmente inferior a la obtenida de una muestra al azar simple, debido a la correlación entre individuos de un mismo conglomerado. Como ya se dijo anteriormente, 10 animales de un mismo hato proporcionan menos información que 10 animales de 10 diferentes hatos. Por lo tanto, la reducción en la precisión debe considerarse en el cálculo del tamaño de muestra para un muestreo por conglomerados o multi-etapa. El efecto de diseño (**D**) mide el sesgo introducido en el diseño de muestreo al seleccionar sujetos cuyos resultados no son independientes. Esto resulta en una estimada menor de la varianza porque los sujetos son más similares con respecto al factor estimado que si fueran seleccionados al azar. El efecto de diseño es 1 (es decir no hay efecto) cuando se utiliza el muestreo simple al azar o muestreo sistemático *insesgado*.

El valor de **D** varía de acuerdo con la variable estudiada. Por ejemplo, normalmente en muestreos por conglomerados de nutrición o de cobertura de inmunización, **D** se toma como 2, pero podría ser mayor en encuestas donde la variable a medir tenga coeficientes de variación elevados o en encuestas de prevalencias

de enfermedades contagiosas como las diarreas. Una medida del aumento del EE de la estimada debido a procedimiento de muestreo usado, está dada por D el cual se estima como:

$$D = \frac{EE_c^2}{EE^2} \quad \text{o bien como: } D = 1 + (b-1)r_c$$

donde: EE_c = Error estándar para un muestreo multi-etapas; EE = Error estándar para un muestreo simple aleatorio; b = Número promedio de animales muestreados por conglomerado y r_c = Correlación intraconglomerados.

Ejemplo: Suponga que $r_c = 0.69$ y que se muestrearon 6 animales/rancho, entonces, el efecto de diseño es: $D = 1 + (6-1)0.69 = 1 + 3.45 = 4.45$

Es decir, el tamaño de muestra para un muestreo multi-etapas debe ser 4.45 veces mayor que el tamaño de muestra para un muestreo simple al azar.

Cálculo del tamaño de muestra

Una vez conocido D, el tamaño de muestra se obtiene multiplicando este valor por el tamaño de muestra para el muestreo simple al azar (n_{msa})

$$n_{msa} = \frac{4.45(1.96)^2 4.8024}{0.3^2} = 912$$

donde: DE^2 = Varianza esperada en la muestra; d = Precisión deseada; Z = Valor crítico de la distribución del estadístico Z

Ejemplo: Suponiendo una varianza para producción de leche/vaca de 4.8024 l^2 , una precisión $d = 0.3$ l y efecto de diseño $D = 4.45$; el tamaño de muestra para un muestreo aleatorio simple, n_{msa} , sería:

$$n = D * n_{msa} = \frac{D * Z^2 * DE^2}{d^2} \text{ vacas}$$

Dado que se muestrearon en promedio seis vacas por rancho, el número de conglomerados, m , es:

$$m = \frac{n}{b} = \frac{912}{6} = 152 \text{ ranchos}$$

Desafortunadamente, el efecto de diseño se desconoce antes de realizar el muestreo porque r_e en la población se desconoce. Sin embargo, pueden utilizarse los resultados de r_e publicados en la literatura, los cuales varían de 0 a 1. Normalmente los rasgos asociados con caracteres reproductivos presentan valores de r_e más bajos que los rasgos de crecimiento y por lo tanto requieren de mayores tamaños de muestra.

Estimación de una media o total en una población

La media calculada de una muestra, es un estimador insesgado de la media de la población por lo tanto se puede estimar como:

$$\bar{y} = \frac{\sum N_i \bar{y}_i}{\sum N_i}$$

donde: \bar{y}_i = Media aritmética para el conglomerado i y N_i = Número de elementos en el conglomerado i .

El error estándar se obtiene de la siguiente fórmula:

$$EE_c = \sqrt{\left(\frac{M-m}{M}\right)\left(\frac{1}{m\bar{N}}\right)s_c^2 + \left(\frac{1}{mM\bar{N}}\right)\sum\left(\frac{N_i - n_i}{n_i}\right)s_{di}^2}$$

donde: M = Número de conglomerados en la población; m = Número de conglomerados seleccionados en un muestreo simple al azar y $N = M\bar{n}$ = Total real o estimado de elementos en la población.

$$s_c^2 = \frac{\sum N_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{m-1} \quad s_d^2 = \frac{\sum (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{(n_i - 1)} \quad i=1,2,...m$$

Un estimador insesgado del total de la población esta dado por: y su error

estándar por:
$$Y = M \frac{\sum N_i \bar{y}_i}{m}$$

El intervalo de confianza al 95% es: $\bar{y} - t * EE \leq \mu \leq \bar{y} + t * EE$

La media \bar{y} , total Y y errores estándares EE_c para el ejemplo se obtienen como:

$$\bar{y} = \frac{\sum N_i \bar{y}_i}{\sum N_i} = \frac{70(48) + 120(60.5) + \dots + 80(20)}{1500} = \frac{6540}{1500} = 4.36$$

$$Y = M \frac{\sum N_i \bar{y}_i}{m} = 420 \frac{6540}{25} = 109872 \text{ litros}$$

$$EE_c = \sqrt{\left(\frac{420 - 25}{420}\right) \left(\frac{1}{25(60)}\right) 218.93 + \left(\frac{1}{25(420)60}\right) 416.576} = 0.37$$

El EE del total se podría estimar del EE del promedio de litros/vaca como:

$$EE_t = M \bar{N} EE_c = 420(60)0.37 = 9324 \text{ litros.}$$

Tamaño de muestra y número de conglomerados para estimar una proporción o prevalencia

Como se mencionó anteriormente, cuando se conoce D , el tamaño de muestra es el resultado de multiplicar su valor por el tamaño de muestra para el muestreo simple al azar (n_{msa})

$$n = D * n_{msa} = D \frac{Z^2 * DE^2}{d^2}$$

donde: p es la prevalencia; $q = 1 - p$; d es la precisión deseada y Z el valor crítico de la distribución del estadístico Z .

Ejemplo: Se desea determinar el número de conglomerados y tamaño de muestra a utilizar en un muestreo al azar en dos etapas.

El tamaño de muestra para un muestreo simple al azar en una población infinita con una prevalencia estimada en 0.30, un nivel de confianza del 95%, una precisión del 5% y tamaño de población de 4000, es:

$$n_{\infty} = \frac{Z^2 pq}{d^2} = \frac{1.96^2 (0.3)(0.7)}{0.05^2} = \frac{0.8064}{0.0025} = 322.56 = 323$$

Tamaño de muestra para una población de 4000 elementos:

$$n = \frac{n_{\infty}}{1 + \frac{n_{\infty}}{N}} = \frac{323}{1 + \frac{323}{4000}} = \frac{323}{1.08075} = 299$$

Entonces si se supone un $r_c=0.05$ y el costo de muestrear dos animales en dos ranchos es 10 veces mayor que muestrear dos animales en un mismo rancho; el promedio de animales a medir en cada rancho es:

$$b = \sqrt{\frac{10(1 - 0.05)}{0.05}} = 14$$

y el efecto de diseño es: $D = 1 + (b-1) r_c = 1 + (14-1)0.05 = 1.65$

Por lo tanto, el tamaño de muestra para el muestreo en dos etapas es: $1.65(321) = 530$ animales y el número de conglomerados necesarios: $m = n/b = 530/14 = 37.9 = 38$

Es decir se deben muestrear 530 animales en 38 ranchos.

Estimación de una proporción o prevalencia e intervalo de confianza

La prevalencia en la población es diferente si los elementos a muestrear en cada conglomerado se toman en forma proporcional al tamaño del conglomerado o si se toma el mismo número de animales en cada conglomerado.

Cuando el cálculo de la prevalencia en un muestreo de dos etapas con unidades tomadas proporcional al tamaño del conglomerado la prevalencia se estima por:

$$\hat{p} = \frac{\sum N_i p_i}{\sum N_i} \text{ y su EE se obtiene como:}$$

$$EE_p = \sqrt{\left(\frac{M-m}{M}\right)\left(\frac{1}{m\bar{N}}\right)s_c^2 + \left(\frac{1}{mM\bar{N}}\right)\sum\left(\frac{N_i - n_i}{n_i - 1}\right)p_i q_i}$$

donde: m = Número de conglomerados muestreados; M= Número de conglomerados en la población; \bar{N} = Tamaño promedio de los conglomerados en la población

$$s_c^2 = \frac{\sum N_i(p_i - \hat{p})^2}{m - 1}$$

N_i = Total de unidades de muestreo en el conglomerado “i”

n_i = Unidades de muestreo medidas en los conglomerados seleccionados.

$$p_i = \frac{a_i}{n_i} \quad q_i = 1 - p_i$$

La fórmula para calcular el intervalo de confianza es: $\hat{p} \pm tEE_p$

Ejemplo: Suponga que se tienen M=200 hatos de los cuales se seleccionan 20. De cada uno de estos 20 hatos se seleccionan al azar el 10% de los animales. Calcular la prevalencia e intervalo de confianza.

La prevalencia estimada para la población es:

$$\hat{p} = \frac{\sum N_i p_i}{\sum N_i} = \frac{200(0.300) + 300(0.067) + \dots + 130(0.385)}{3200} = \frac{800}{3200} = 0.25 \text{ y su error estándar:}$$

$$EE_p = \sqrt{\left(\frac{200-20}{200}\right)\left(\frac{1}{20 \cdot 160}\right)2.162 + \left(\frac{1}{20 \cdot 200 \cdot 160}\right)35.8} = \sqrt{0.000664} = 0.0269$$

Entonces, el intervalo de confianza para la prevalencia al 95% es:

$$IC = \hat{p} \pm tEE_p = 0.25 + 1.96(0.0269) = 0.25 + 0.0527$$

Es decir la prevalencia en la población se encuentra aproximadamente entre 0.20 y 0.30, con un 95% de confianza.

Cuando la información se obtiene de un mismo número de unidades de interés en cada conglomerado, independiente del tamaño del conglomerado, la prevalencia general se estima como:

$$\hat{p} = \frac{\sum N_i p_i}{N_i} = \frac{200(0.375) + 300(0.125) + \dots + 130(0.3125)}{3200} = \frac{864}{3200}$$

donde: N_i es el número de unidades de interés en cada conglomerado y p_i es la prevalencia estimada en cada conglomerado.

La fórmula para calcular EE_p es la misma que para el caso anterior, sólo que al cambiar el valor \hat{p} de cambiará el valor de EE_p .

Referencias

- Acosta L. E., Flores J. S. y Gómez-Pompa, A. 1993. Uso y manejo de plantas forrajeras para cría de animales de solar en Xocén, Yucatán, México. *Biótica, nueva época*, 1:63-68.
- Anderson S., Santos J., Boden R. y Wadsworth J. 1990. Characterization of cattle production systems in the state of Yucatán. Proceedings of the Dual Purpose Cattle Production Research. Universidad Autónoma de Yucatan-International Foundation for Science. Yucatán, México. Pp. 150-161.
- Berdugo R. J. G. 1987. Estudio de la ganadería familiar en el municipio de Sucilá, Yucatán. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México.
- De la Torre C. y Torres B. 1978. Huertos en Coatlán del Río Morelos. In: Gliessman S. R. (Ed.). Seminarios Regionales sobre Agroecosistemas. Colegio Superior de Agricultura Tropical, Tabasco. pp. 53-59.
- Espinoza S. I., Magaña M. M. y Berdugo R. J. 1990. Estudio descriptivo de la ganadería bovina de traspato en la comunidad de Oxkutzcab, Yucatán, México. Memoria de la Reunión de Investigación Pecuaria/Tabasco 90. Villahermosa, Tabasco, 12-16 de noviembre de 1990. p. 512-514.
- Grande C. J. D. 1982. Estudio descriptivo de la producción avícola en el ejido Vicente Guerrero, Teapa, Tabasco. Tesis profesional. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco.
- Herrera-Castro N., Gómez-Pompa A., Cruz-Kuri L. y Flores J. S. 1993. Los huertos familiares mayas en X-uilub, Yucatán, México. Aspectos generales y estudio comparativo entre la flora de los huertos familiares y la selva. *Biótica, nueva época*, 1:19-36.

- Kú-Vera J. C. 1995. Ganadería de traspatio: una alternativa para combatir la desnutrición rural. *Cuadernos de Nutrición*, 18(1): 7-18
- Lozano R. L. 1982. Análisis de la explotación avícola a nivel tradicional en el poblado C-28 del Plan Chontalpa, Tabasco. Tesis Profesional. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco.
- Osorio A. M. M. 1972. Estudio preliminar para el Mejoramiento Genético del Ganado en el Estado de Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco.
- Ortega L. M., Avendaño S., Gómez-Pompa A. y Ucan-Ek, E. 1993. Los solares de Chunchucmil, Yucatán, México. *Biótica, nueva época*, 1:37-51.
- Rejón A. M., Honhold N., Dajer A. A. y Lara L. J. 1991. Diagnóstico comparativo de los aspectos socioeconómicos, de manejo y salud animal de la ganadería de traspatio en dos localidades del estado de Yucatán: San Pedro Chimay y Tekik de Regil de los municipios de Mérida y Timucuy. Informe de Investigación. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Segura C. J. C. 1980. Diagnóstico de la ganadería bovina en el estado de Yucatán. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco.
- Smith A. J. 1990. The integration of rural poultry production into de family food supply system. In: Godoy R., Segura J. C. y Arellano A. (Eds.). Memoria de la II Reunión sobre Producción Animal Tropical. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp. 101-113.
- Snedecor G. W. y Cochran W.G. 1978. *Métodos Estadísticos*. CECSA. México.
- Stuart J. W. 1993. Contribution of dooryard gardens to contemporary Yucatecan maya subsistence. *Biótica, nueva época*, 1:53-61.

14

DIAGNÓSTICO RURAL PARTICIPATIVO

Jorge Santos Flores y G. Molina C

Bases conceptuales

La Metodología de Investigación Participativa (MIP) como un enfoque para la investigación rural, tiene sus inicios en los años 70 con el Diagnóstico Rápido Rural (DRR). Surge como una respuesta a las limitaciones que tienen los procesos de investigación y extensión tradicionales para el sector agropecuario rural, que han trabajado con la idea de que existen soluciones prefabricadas para el desarrollo y que pueden ser impuestas por profesionales externos. Estos enfoques tradicionales han tenido muy poco impacto en la forma de vida de la población rural, pues han considerado que las tecnologías implementadas son suficientes por si solas para lograr eficiencia en la producción de alimentos, ignorando otros aspectos del sistema como la complejidad de los sustentos rurales, variabilidad constante y sobre todo la capacidad de la gente para la adaptación tecnológica.

La MIP evoluciona a partir de varios enfoques, los principales son: Investigación Participativa Activista, Análisis de Agroecosistemas, Antropología Aplicada, la Investigación de Sistemas de Producción (ISP) y el Diagnóstico Rural Rápido (Pretty *et al*, 1995). Estos enfoques han contribuido con su filosofía a encontrar el camino para guiar la investigación agropecuaria hasta métodos para lograr la interacción con los habitantes rurales y los grupos que se dedican a la investigación y desarrollo. Es importante recalcar que la Investigación Participativa es una evolución directa y modificada del DRR. De este enfoque ha tomado sus principales métodos para la investigación. En la actualidad incluye etapas de diagnóstico, diseño de experimentos, implementación y monitoreo, evaluación de los resultados y difusión de los mismos. Su uso se ha extendido y ha ganado reconocimiento en varios centros de investigación, instituciones de desarrollo y ONG's a través del mundo.

El enfoque participativo considera que tanto la producción de conocimientos como la generación de soluciones potenciales, deben ser compartidos con aquellas personas cuyas estrategias de vida forman el sujeto de la investigación. Propone invertir los enfoques que tradicionalmente son de arriba-abajo, hacia uno más centrado en la diversidad local y de métodos que estén bajo planes dirigidos hacia un proceso de aprendizaje. Así mismo, reconoce a la participación de la comunidad como un medio para incrementar la eficiencia productiva, siendo la idea central que si la gente se involucra es muy probable que apoyen una innovación o servicio, y ve a la participación comunitaria como un derecho para realizar acciones colectivas, promoción de auto-fortalecimiento, para la organización de instituciones locales, etc. Es imperativo para este enfoque lograr que los habitantes rurales sean autogestivos, protagonistas en la solución de sus problemas y menos dependientes de decisiones, servicios y recursos externos a la comunidad.

El propósito de este capítulo es mostrar las técnicas más utilizadas en la etapa inicial de la Investigación Participativa, llamada Diagnóstico Participativo.

El diagnóstico participativo

El Diagnóstico Participativo (DP) es la fase inicial de la MIP y puede ser definido como una actividad semiestructurada, realizada en el campo por un equipo interdisciplinario y diseñada para obtener información oportuna e hipótesis sobre sustentos de la comunidad (Anderson y McCracken, 1994). Es un proceso de investigación colectiva en la cual la comunidad y el equipo de investigadores generan conocimientos y establecen propuestas preliminares para actividades de desarrollo.

A diferencia de los diagnósticos tradicionales que segmentan la realidad campesina en aspectos económicos, sociales, ambientales, etc., y realizan solamente una descripción de la comunidad, el DP busca conocerla como un sistema, entender como funciona desde el punto de vista del campesino y la lógica con la que maneja y aprovecha los recursos naturales disponibles. De esta forma se podrá llegar a la identificación de problemas y posibles soluciones para fortalecer su sistema de producción. Este proceso se logra mediante diálogo directo con la gente de la comunidad.

Para llegar a la comprensión sistémica de la comunidad es necesario abarcar los siguientes aspectos durante el proceso del DP:

- El ecosistema: los recursos naturales disponibles, su ubicación en el espacio, tendencias de cambio, erosión, calidad del agua, etc.

- Los sistemas de producción: los diferentes usos de la tierra y agua, sistemas de cultivo y crianza, tendencias de degeneración de los recursos, etc.
- Las relaciones sociales: la organización social, la toma de decisiones, la diferenciación socio-económica y por género.
- El contexto institucional: la vigencia y funcionamiento de las organizaciones locales e instituciones externas.

Características principales

EL DP (como todo el proceso de Investigación Participativa) tiene ciertas características que la distinguen de otras metodologías, las más importantes son:

- La metodología. La metodología se basa en el uso semi-estructurado y sistemático de un conjunto de técnicas que hacen posible la recolección de información, facilitando a la comunidad su propia generación, análisis e interpretación de resultados.
- Participación de la comunidad. Se dá énfasis a la participación comunitaria en el proceso de aprendizaje y en el complemento entre el conocimiento y perspectivas locales y la de los investigadores. Consultando personas de la localidad en el trabajo de DP y usando las técnicas participativas, se logra que las prioridades comunitarias sean expresadas, tomadas en cuenta y analizadas junto con las prioridades de los investigadores.
- Complementariedad-flexibilidad con otros enfoques. El DP es uno de los varios enfoques que existen para la investigación y desarrollo rural. Es complemento a otros enfoques; no fué diseñado para sustituirlos. El empleo de DP está basado en un marco de ciertas técnicas pero con una flexibilidad que permita el uso de cualquier otra en combinaciones diferentes, si es que la situación (investigación) lo requiere. Esto es, a pesar de la naturaleza informal y participativa de las técnicas empleadas durante DP, pueden ser utilizados procedimientos mas formales como los análisis estadísticos, estudios antropológicos, análisis de costos-beneficios, simulación, etc., como apoyo a la situación que se este confrontando.
- Investigación de Información cualitativa. A diferencia de la metodología científica que legitima únicamente las técnicas cuantitativas, el DP permite una investigación con base en información cualitativa; recoge el conocimiento local, cuyo análisis servirá para identificar los problemas y los potenciales a partir de la percepción de los campesinos; por esta razón los resultados son únicos y no se pueden replicar en otros lugares. Los métodos cualitativos se

parecen en su procedimiento, pero los contenidos y las acciones por emprender son únicas a esa comunidad; pueden servir de ejemplo y de incentivo para emprender acciones semejantes pero no podrán ser repetidos en otro lugar con el mismo resultado. Tal y como se mencionó anteriormente, la complementariedad con otras técnicas puede darse si así se requiere. Analizando la información obtenida y los resultados provisionales en el DP, puede necesitarse un conocimiento más cuantitativo y otra metodología puede verificar ésta y obtener otros datos. Existen ocasiones en que el DP puede complementar y ser hecho al lado de sistemas formales y cuantitativos de revisión y evaluación.

- Triangulación de información. Esta es la forma en la cual se valida la información obtenida. Las técnicas participativas se emplean de una forma combinada comparando los resultados de una técnica con los resultados de otra. A través del fortalecimiento y la optimización de las fuentes de información, el equipo facilitador y las técnicas participativas, se hace más concreta la recopilación de información.
- Actores en el DP. Campesinos, técnicos facilitadores (equipo interdisciplinario) y otros relacionados. En este enfoque de investigación, el campesino y el técnico adquieren un rol especial; aquí, el campesino es el protagonista, mientras que el investigador es un facilitador del diálogo; posibilita la comunicación entre los pobladores y es un vínculo entre el campo y el mundo exterior. También pueden intervenir otros actores, como Instituciones de gobierno, ONG's u otras instituciones que de alguna forma ayudan al trabajo en la comunidad.

La calidad del proceso de DP depende de las interacciones entre el equipo de investigadores y la gente de la comunidad, es por eso que los facilitadores, como catalizadores de las actividades, deben conocer perfectamente la metodología y las técnicas participativas y desarrollarse como una persona con capacidades para promover la concientización, organización, asesoramiento y fortalecedor del proceso; así mismo tener actitudes de paciencia, respeto y humildad frente a la gente de la comunidad.

El equipo facilitador debe estar conformado por:

- personas de diferentes disciplinas, para poder comprender la diversidad del sistema comunal;
- que haya gente de ambos sexos, pues en algún momento será necesario trabajar en la comunidad por separado mujeres de hombres. También en ocasiones las mujeres campesinas no sienten confianza o sus esposos no les permiten hablar con hombres;

- debe haber alguna persona que hable el idioma de la localidad para servir de traductor y se facilite la interpretación de ideas. Hay ocasiones que la gente solo habla su idioma local.
- Crea mayores expectativas que un diagnóstico tradicional; el seguimiento es necesario. Durante el proceso del DP se generan preguntas, hipótesis y propuestas que son estímulos para trabajo posterior con la comunidad.

Etapas y actividades del DP

En el Diagrama 1 se presentan las etapas y actividades correspondientes para el DP. Hay una etapa inicial o de preparación que involucra principalmente al equipo de facilitadores; una vez hecho esto, se reúne para elaborar el plan de trabajo. Entre los puntos más importantes a tratar están: establecer los objetivos, seleccionar la comunidad, revisar la información secundaria existente. Es de utilidad relacionarse con instituciones u organizaciones que hayan o estén trabajando en la comunidad, ya que son fuente de información que puede facilitar la entrada a la población y el contacto con la gente.

Otros puntos importantes son seleccionar las técnicas participativas a utilizar, delegar responsabilidades entre los integrantes del equipo y preparar el material de campo y los recursos necesarios.

Una vez realizado esto, viene la etapa medular del DP que es el trabajo con la comunidad, aplicando las técnicas participativas. El paso inicial es una reunión que tiene como propósito la explicación de la razón del proyecto, la motivación a la participación y la aclaración de expectativas.

Se continua con la identificación de los objetivos de la comunidad; con este momento se explica a los miembros de la comunidad participante, el propósito del DP y la importancia de que la propia gente exponga sus ideas. Puntualizar en la importancia de su participación en todo el proceso. Se establecen también los acuerdos de cooperación entre el proyecto y los participantes para llevar a buen término todas las actividades.

El siguiente paso es ya la aplicación de las técnicas participativas con la finalidad de conocer y analizar el sistema comunal. Se da un proceso de aprendizaje mutuo: campesino-facilitador. Esto permite identificar los problemas que afectan a la comunidad y cuales son las oportunidades o alternativas que podemos encontrar. Con esto es posible ya tener una lista de propuestas o posibles hipótesis de desarrollo, que en un paso siguiente se priorizan. Se establece así la o las hipótesis finales a desarrollar en una siguiente fase de la investigación participativa.

Diagrama 1

Etapas	Actividades
Preparacion	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del equipo técnico • Selección de la comunidad • Objetivos del equipo facilitador • Análisis de información secundaria • Establecer relaciones con otros actores que trabajen en la comunidad: Instituciones ONG's • Preparación logística
Trabajo con la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los objetivos de la comunidad • Aprendizaje y análisis de la información • Identificación de los problemas y las oportunidades • Identificación de propuestas preliminares • Identificación de las prioridades • Evaluación y devolución del conocimiento a la comunidad

Etapas y actividades del Diagnóstico Participativo

Una vez teniendo la propuesta final, viene ya la etapa final del diagnóstico que es la evaluación de todo el proceso del DP y devolución a la comunidad de la información generada. Como se había comentado, el DP necesita seguimiento; es necesario echar a andar la propuesta final de desarrollo, la cual podría tomar la forma de un nuevo proyecto de investigación pero orientado a la búsqueda / implementación de soluciones a los problemas identificados por la comunidad.

Técnicas participativas

Las técnicas de obtención y análisis de información que pueden ser utilizadas para el DP, son de variada naturaleza, aunque están operativamente basadas en dinámica de grupos. Pueden tener objetivos diferentes: de visualización e interpretación (por ejemplo: mapas, modelos, diagramas, etc.), descripción de vivencias (por ejemplo: entrevistas semiestructuradas, charlas grupales, historias, etc). Las técnicas del DP se aplican no solamente a diagnósticos iniciales, sino al realizarse tareas de evaluación, planificación y monitoreo de actividades locales de desarrollo.

A continuación se presenta una lista de las técnicas participativas reportadas en la literatura:

- Lectura de fotografías aéreas

- Observación directa
- Entrevistas semi-estructuradas
- Discusión en grupo
- Informantes clave
- Mapas y modelos
- Calendarios estacionales
- Diagramas históricos
- Caminatas y diagramas de corte transversales (transectos)
- Ordenamiento por preferencia
- Investigaciones de las categorías de la riqueza
- Ordenamiento cuantitativo
- Vídeo y carteles
- Drama y teatro
- Talleres y discusión intensivos
- Diagramas de Venn
- Lluvia de ideas
- Diagrama de parcela
- Árbol de problemas
- Árbol de soluciones
- Inventario de posibles temas para la búsqueda de opciones

No todas ellas son usadas en cada actividad de diagnóstico. Algunas técnicas son usadas en ciertas combinaciones para una determinada actividad durante el proceso de investigación. Esto es, se usan de acuerdo con el tema a tratar en forma creativa, flexible y no como una receta .

Del listado de técnicas participativas citado anteriormente son, la entrevista semi-estructurada (considerada la base metodológica de la mayoría de las técnicas del DP), mapas y modelos, calendarios estacionales, transectos, diagramas históricos, y diagramas de Venn, son mas utilizadas durante el DP, y por tanto, tema de estudio en el presente capítulo.

Entrevistas semi-estructuradas

Es el fundamento de la mayoría de las técnicas del DP. Consiste en entrevistas a individuos o grupos de individuos acerca de un tema. Su experiencia, opinión, la historia autobiográfica, pueden ser algunos de los temas a tratar. En la entrevista solo se determinan los temas a ser tratados; nuevas preguntas o temas surgen como consecuencia de las respuestas obtenidas.

Los tipos mas comunes de entrevistas semi-estructuradas incluyen: entrevistas individuales, entrevistas a grupos elegidos y entrevistas a grupos generales

El objetivo es aprender por medio de los entrevistados, y permitir oportunidades para obtener y discutir información nueva e inesperada.

La utilidad radica en que es el principal medio de aprendizaje de un equipo de DP. Los siguientes son los componentes claves de una entrevista semi-estructurada:

- Las entrevistas son informales y conversacionales, pero son cuidadosamente controladas por los investigadores;
- Los entrevistadores usan una lista de prueba preparada para guiar la entrevista;
- Los entrevistadores deben evitar realizar preguntas inducentes.
- Los entrevistadores en general trabajan en pequeños equipos interdisciplinarios.
- Los entrevistadores hacen un registro detallado de la entrevista durante la misma o inmediatamente después.
- Los entrevistadores comprueban cada tema para ir mas allá de las respuestas típicas: juzgan cuidadosamente y comprueban las respuestas dadas en cada pregunta, y por medio de una investigación hecha de cada tema según las diferentes formas de encuestar.

Pasos a seguir:

1. Preparar una lista de los temas y subtemas en los que se basará la entrevista. Al principio será muy amplia, pero tendrá que ser detallada mas adelante cuando el equipo centre su investigación en un número limitado de asuntos o temas.
2. El entrevistador debe preparar sus instrumentos (plumones, lápiz, cuaderno de campo, etc).
3. Dividir las tareas dentro de los miembros del equipo entrevistador; uno que controle la entrevista, uno o dos que tomen apuntes, otro que observe la entrevista e identifique limitaciones y errores en la aplicación de la técnica , y posteriormente señale formas posibles de mejoramiento.
4. Decidir los temas a tocar en la entrevista (de la lista total) y el orden en que se abordarán. Ser flexibles en esto.
5. Tratar de no llegar en autos oficiales. Estacionar el auto y caminar.
6. Elegir la mejor hora para la entrevista; tratar de no interrumpir las actividades laborales de los informantes.
7. Evaluar previamente la situación en que la entrevista será llevada a cabo. ¿Estarán todos los informantes en una buena situación para contribuir con respuestas?, ¿Será mejor sentarse?, ¿Es posible que el investigador cause

molestia?, son algunas de las situaciones a considerar antes de salir a realizar la entrevista. Lo anteriormente esta muy relacionado con la forma de vida de la comunidad objetivo de estudio.

8. Comenzar saludando en la forma habitual; proseguir con la presentación de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo, y luego explicar el propósito de la visita. Ser honesto y no dar promesas de beneficios futuros.
9. Decir que se está aquí para aprender. Pasar algún tiempo en conversación casual antes de comenzar el interrogatorio. Comenzar a preguntar haciendo referencia a algo visible; empezar por lo físico y moverse a lo abstracto más adelante.
10. El entrevistador debe sentirse seguro y a gusto con la tarea, tener buen ánimo, observar con interés, escuchar con atención, seguir la secuencia de la conversación sin perder de vista sus temas.
11. Al tomar notas no molestar al entrevistado. Primero es importante pedir permiso para hacerlo. Usar libretas pequeñas de apuntes y no grandes hojas.
12. Después de la entrevista dar las gracias al entrevistado. Preguntar si tienen alguna pregunta por hacer.

Sugerencias

- No realizar preguntas que inducan a una respuesta. Es decir, preguntas que llevan a responder si o no, no preguntar: “¿Cree Ud. Que si usa el pesticida X su producción de maíz aumentará?”; mejor preguntar: “¿Qué opina Ud. del posible resultado con el uso del pesticida X en su producción de maíz?”.
- Cuando sea necesario obtener mas detalles, mayor elaboración o mas profundidad en el tema, investigar en las respuestas del entrevistado utilizando las siguientes herramientas: ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Quién?, ¿Para que?, ¿Cómo? (McCracken, 1991).
- Formular preguntas sobre un mismo tema; agotarlo e iniciar sobre otro tema, según sea el caso.
- La entrevista no es el momento para dar instrucciones, pero durante la conversación se puede mostrar conocimiento sobre el tema, no para imponerlo sino como un aporte a la conversación.
- Existe dificultad en el uso del tiempo para hacer la entrevista y para transcribir los contenidos. La riqueza de la entrevista resulta de la profundidad; pero el entrevistador no tendrá la oportunidad de realizar muchas entrevistas. Por esta razón se puede combinar la entrevista con otras técnicas gráficas que registren inmediatamente la información (por ejemplo, usando hojas de rotafolio).

- Formar una opinión personal sobre las respuestas. Tratar de emitir inmediatamente un juicio sobre si la información proporcionada es un hecho, opinión o rumor. Registrar la opinión.

Mapas y modelos tridimensionales

Son dibujos (mapas) y representaciones (modelos) de los rasgos físicos de un área. Son utilizados para entender la percepción de los campesinos sobre su propia realidad, ya que ellos mismos dibujan su entorno en sus propias categorías.

El objetivo es proporcionar una síntesis y una visión general de los recursos y de las condiciones locales.

Muchas veces se usan los mapas al comienzo de un DP como ayuda para ubicar ríos, casas, cultivos, bosques, cerros y carreteras. También puede servir para profundizar conocimientos específicos; por ejemplo, en los mapas se pueden ubicar a los campesinos experimentados, a los mejores ganaderos, a las mujeres que curan con hierbas, los artesanos, etc. Esto facilita la búsqueda posterior de las personas más experimentadas para hacer un gráfico histórico, por ejemplo.

Se pueden utilizar mapas y modelos en los siguientes contextos:

- Al comenzar un estudio exploratorio de un área desconocida.
- Para involucrar desde el comienzo a la gente de la localidad en una investigación participativa por medio del uso de mapas o la confección de modelos en una actividad grupal.
- Para conocer las diferentes percepciones que se tienen de un medio ambiente local, pidiéndole a varias personas por separado que construyan un mapa de su comunidad y así poder comparar las representaciones que produzcan.
- Proporcionar una referencia que se utilizará en discusiones y reuniones posteriores.

Pasos a seguir

a) Elaboración de mapas

- Acordar con anticipación la fecha en que se realizará la actividad, para que el campesino planifique su tiempo y sus tareas. Sin embargo, esto puede suceder espontáneamente.
- Antes de empezar se explica el tema, la mecánica y la utilidad de los mapas.

- Para hacer los mapas se necesita papel grande (cartulina u otro papel de por lo menos 60 x 80 cm). Los mapas también pueden hacerse en el piso, con material natural como tierra, platas, maderitas o simplemente trazando con un palo en el suelo.
- Los mapas pueden hacerse de forma individual y/o grupal. Cuando se realiza en forma individual, se deja que el campesino vaya dibujando su comunidad, pone carreteras, caminos, casas, cerros, terrenos de cultivo, etc. Es conveniente tener una idea clara de qué aspectos ir preguntando al dibujante mientras va construyendo el mapa. Esto permite al campesino ir buscando situaciones, detalles, etc., pues mientras va dibujando las preguntas le ayudan a recordar y consecuentemente a incorporar mas información. Hay que tener mucho cuidado de no dar consejos.
- Cuando el campesino termine se debe revisar el dibujo y se pide una explicación del contenido, los detalles, para que después no sea mal interpretado.
- Cuando se hace un mapa en grupo, el proceso varía; se va construyendo con dibujos el mapa de la comunidad y el grupo señala discrepancias, precisiones y contradicciones. Es más un proceso de conceptualización y discusión más que hacer un mapa legible. El mapa sirve de foco para la discusión y como punto de partida para exponer las causas de los problemas y encontrar alternativas de acción. El mapa como producto de la discusión contiene datos sobre la comunidad y, además, refleja discrepancias y conflictos existentes.

a) Modelos tridimensionales

- Usar dentro de lo posible, materiales locales (polvo de color, piedras, ladrillos, conchas, etc.).
- Permita tiempo suficiente para la construcción; siéntese con los constructores mientras ellos están haciendo el modelo, y escuche sus explicaciones de porque lo construyen en la forma que lo hacen. Observe que es lo que ponen primero. No se entrometa en la construcción, ni de consejos de cómo construir el modelo.
- Una vez que el modelo esté terminado dibújelo en papel. Si es posible tome una fotografía del modelo terminado.

Sugerencias

- Desarrollar las técnicas en el terreno mismo, con gente de la localidad.
- Tener disponible marcadores de punta gruesa y en varios colores; esto estimula la confección de dibujos claros. Tener buena disponibilidad de los mismos.

- También puede utilizarse pizarras, ya que ellas permiten hacer cambios en los dibujos con facilidad. Sin embargo, es necesario hacer un registro de la versión final en un formato permanente.
- En el terreno mismo o en los hogares de los entrevistados, puede dibujarse en la tierra o utilizarse materiales locales en la construcción de mapas y modelos, si es que esto es usual en la localidad, pues existe la posibilidad de que la gente se sienta más cómoda utilizando un lápiz y papel.
- Permitir que la gente de la localidad oriente el desarrollo de las técnicas como ellos quieran .
- Si fuera posible, llevar una fotografía aérea del área, utilícela durante sesiones de confección de mapas para comprobar la información. Sin embargo no trate de corregir a los dibujantes mientras están confeccionando el mapa.
- Al comienzo puede ocurrir que el campesino no quiera dibujar por vergüenza. Insista con el criterio de que se necesita conocer la zona así como el campesino la ve, se le debe explicar que no importa la calidad del trazo sino las características de la comunidad que se plasman en el mapa.
- Cualquier técnico puede tentarse, tomar los lápices y hacerle el dibujo al campesino, si lo hace, pierde la oportunidad de acercarse a su percepción y va imponiendo su criterio técnico.
- Los investigadores deben tomar en cuenta que los mapas de los campesinos no corresponden a los mapas que se conocen como productos de los topógrafos. Para el campesino las dimensiones van en relación con su persona o con su comunidad.
- El mismo contorno del mapa puede copiarse y utilizarse para producir mapas adicionales que muestren diferentes tipos de información.
- Para revelar las percepciones de diferentes personas sobre las cosas importantes en su medio ambiente, pida a varias personas que dibujen un mapa de los alrededores que le son familiares. Compare los diferentes mapas producidos, y converse con las personas que confeccionaron los mapas sobre los rasgos más acentuados y los rasgos omitidos en los mapas.

Limitaciones

- La producción de mapas y modelos puede convertirse en una tarea demorosa y elaborada si no se mantiene bajo control. La tendencia de las personas que tienen habilidad artística o que han sido entrenadas en el dibujo técnico, es que dibuja mapas con demasiada exactitud, y en forma muy detallada y estética.
- Los mapas y modelos pueden ocultar la realidad. Áreas de tierra que están en disputa o terrenos ocupados ilegalmente, pueden ser representados como una

visión “oficialmente aceptable” del área; esto es especialmente cierto cuando la gente de la localidad no confía en los investigadores que vienen de fuera.

- La proporción relativa de diferentes partes del mapa o modelos puede ser bastante diferente a la realidad. Puede ocurrir que lugares importantes (tales como áreas de vivienda, lugares sagrados o el centro de la comunidad) sean dibujados desproporcionadamente grandes. El mapa o el modelo no deberá ser considerado como una copia exacta a escala de la realidad.

Calendarios estacionales

Son diagramas que muestran la estacionalidad de algunos componentes del sistema de vida u otras variables que tengan un patrón estacional.

El objetivo de su realización es el de ampliar el alcance de la investigación más allá del periodo de aplicación de ésta. Explorar las diferentes condiciones y los diferentes usos que se dan a los recursos en diferentes épocas del año.

Estas representaciones proporcionan la dinámica del tiempo en la realidad del campo. La vida transcurre en ciclos; existen ciclos generacionales, de una persona o una familia. También existen los ciclos agrícolas en los cuales podemos ver la rotación de los cultivos a través de varios años. En los ciclos se pueden apreciar las actividades agropecuarias y recreo de las personas, los recargos de trabajo, la situación interna de las personas, la historia de una comunidad, de una coyuntura, la situación económica, los cambios que recuerdan los ancianos y la comparación con la situación actual.

Los ciclos permiten la posibilidad de ver la interrelación de diferentes aspectos, por ejemplo, la relación entre clima, producción, migración y enfermedades. Teniendo en forma paralela estos aspectos, se hacen deducciones acerca de la interrelaciones entre los problemas.

Los posibles contextos en los que se utiliza el calendario estacional incluyen:

- La investigación de patrones estacionales de lluvias, uso de las aguas, uso de la tierra, manejo de la ganadería; demanda de mano de obra; problemas de salud; oportunidades de ingreso, etc.
- La identificación de períodos de tensión, cuando un número de problemas se presentan al mismo tiempo.
- La identificación de las diferentes condiciones de estacionalidad que enfrentan diferentes grupos dentro de una comunidad
- La identificación de la mejor época del año para introducir nuevas actividades (tomando en consideración los periodos de mayor trabajo, los periodos en que la gente sale a trabajar fuera, los problemas de salud, etc.)

Pasos a seguir

1. Antes de la elaboración del calendario se realiza una entrevista con un campesino o con un grupo de ellos. Con él o ellas se determina cuando es el inicio de un ciclo: el inicio del año agrícola, la fecha de nacimiento, el horario del día (el punto de partida del calendario no necesita ser el primero de enero) y se recopila la información sobre ciclo vital, anual o diario. El periodo se divide en unidades pequeñas relevantes al evento que se está considerando (días, meses, épocas del año, etc.).
2. Cuando las ideas hayan sido expuestas elaboramos conjuntamente el gráfico bajo la dirección de los campesinos.
3. Aunque se pueden hacer gráficos con materiales en el piso, el uso de papel y lápices de color tiene la ventaja de ser transportables.
4. Después se recoge la información en un dibujo, el cual sirve de base para la discusión grupal. Para describir los ciclos se va preguntando por varios factores (según la naturaleza del ciclo a describir), cuyos valores y frecuencia se describen en el diagrama.
5. En el ciclo anual se pueden establecer relaciones entre lluvias, crédito, enfermedades, mano de obra alimentos disponibles, etc. En el ciclo vital se ven relaciones entre deudas, problemas sociales, enfermedades cambios tecnológicos como fuente de análisis de épocas históricas, inclusive el sentimiento personal se puede trazar para comprender los cambios históricos.
6. Lo más importante durante la elaboración de los ciclos es la propia reflexión del campesino y la discusión del grupo.

Sugerencias

- Use los términos locales del periodo / ciclo bajo descripción cuando los habitantes de la localidad están dibujando o discutiendo sobre un diagrama.
- Cuando las tendencias estacionales no pueden ser cuantificadas, pueden obtenerse estimaciones aproximadas por medio de comparaciones de cada mes con un máximo o mínimo identificado en el ciclo, siguiendo la metodología del ordenamiento cuantitativo; por ejemplo, pueden obtenerse patrones de trabajo estacionales haciendo la pregunta ¿Cuál es el mes mas ocupado?. Después se pregunta por el segundo mes mas ocupado y se compara que tan diferente es del primero (la mitad, un cuarto), y continuando hasta completar todos los meses. Es obvio que este proceso es mucho mas sencillo si son los mismos informantes los que están construyendo el calendario.

- La estacionalidad de los sistemas de vida, de los recursos disponibles y de las épocas difíciles pueden ser investigados mas profundamente por medio de la construcción de una serie de calendarios con diferentes factores de cambio. De esta manera los nexos existentes entre diferentes partes del sistema se hacen más claros.
- No se debe tomar al calendario como lo más importante, sino la discusión y el proceso de aprendizaje que se produce. El calendario es el producto que resume una vasta cantidad de información.
- Es posible que convenga recabar la información de cada proceso productivo por separado, e integrarla después en uno, dos o tres calendarios estacionales que combinen ciertos temas.
- Aunque generalmente un cronograma estacional se inicia en enero, puede haber razones para iniciarlo al llegar las lluvias o las siembras. En ocasiones servirá un calendario de 18 meses en vez de 12, en donde se pueda representar mas de un ciclo anual, permitiendo así una cierta repetición de las tendencias.

Limitaciones

- Los calendarios tendrán una tendencia a mostrar variaciones anuales “normales” o “promedios”. La diferencia de año a año pueden perderse.
- Los diagramas que combinan un número de calendarios diferentes pueden llegar a ser bastante complejos y pueden ser difíciles de presentar en una reunión de comunidad. Puede ser mejor mostrar los calendarios individualmente, uno a la vez.

Transectos

Los transectos o cortes transversales son los perfiles de la comunidad o de la finca donde están expuestos los diferentes usos y calidades de las diferentes zonas. El dibujo de los cortes va combinado con una caminata que atraviesa el territorio de la comunidad o de la finca, que permite ver la naturaleza, las construcciones, la infraestructura y los cultivos de cerca. Así se van detectando los problemas de la comunidad.

El objetivo de la técnica es conocer el rango de diferentes condiciones, problemas y oportunidades en cada parte del área de estudio. Familiarización con el area de estudio.

Características y utilidad

- Al comienzo de un diagnóstico la caminata misma obliga al investigador a visitar las áreas más remotas, las que se dejan de lado con mas facilidad. A menudo, durante estas caminatas, se descubren patrones inesperados de uso de terreno o actividades interesantes que se están llevando a cabo.
- Para verificar un mapa o un modelo del área construido anteriormente.
- Para facilitar un muestreo estratificado de los informantes, deteniéndose a diferentes intervalos durante la caminata para entrevistar a familias que viven en diferentes localidades.
- El resumen diagramático de la caminata es un medio útil para destacar áreas con problemas u oportunidades específicas que luego se incluyen en el informe. Es un buen complemento al mapa.
- Tipo de información que se puede recabar:
 - El análisis de los recursos naturales, al dibujar los usos del suelo, los cultivos, la ganadería, los problemas, los potenciales.
 - Datos económicos de productividad, de migraciones, de productos comerciales y de flujo de productos, gente y capitales.
 - Información sobre la organización social; donde hay agricultores individuales, donde se realizan trabajos comunales, donde viven las autoridades, donde se localizan los servicios públicos
 - También se puede representar los cambios históricos en el uso de los recursos naturales.

Pasos a seguir

La elaboración del transecto consiste en 2 pasos principales. Primero, el recorrido por el campo, buscando atravesar el territorio de un extremo a otro; segundo, el dibujo del perfil donde se incluye toda la información y zonificación percibida y descrita por los campesinos. A menudo resulta útil construir primero un mapa o modelo del área para ayudar a identificar mejor los caminos a seguir en la caminata por la zona y así incluir en ella los diferentes usos que se da al terreno.

- El recorrido se hace con un grupo pequeño de miembros del equipo de investigadores e informantes campesinos (informantes clave). Antes de iniciar el recorrido, el grupo va trazando en el mapa (anteriormente elaborado) un corte transversal por el terreno que abarque la diversidad de zonas de vida y producción de la comunidad. Si la comunidad es grande y variada, se pueden

formar varios grupos que elaboren varios cortes. El recorrido permite conocer la zona, ver los problemas, hablar con otros pobladores, acompañar a los campesinos cuando laboran en sus terrenos. Estas caminatas pueden durar desde unas pocos minutos a varios días; todo depende de la escala del área en cuestión y de la cantidad de detalle que se necesite.

- Después del recorrido, un miembro del equipo va haciendo el perfil con un campesino conocedor de la zona. Juntos van llenando las diferentes categorías de uso del suelo, cultivos ganados, bosques, casas, etc. Se utiliza un papel grande y se coloca en la pared. Una vez trazado el perfil global, abajo se señalan las zonas y se rellenan las categorías establecidas. Al final se revisa el producto para corregirlo y añadir nuevos aspectos.

Sugerencias

- Hacer una selección de los temas para tratar en los perfiles.
- No limitar el área a una ruta en línea recta; pueden ser rutas en zigzag o circulares. Lo más importante es visitar un rango de zonas diferentes.
- Dedicar tiempo para determinar bien las diferentes zonas de producción.
- Un corte transversal requiere tiempo. Calcular, según el tamaño de la comunidad, el tiempo para caminar pausadamente de lindero a lindero. Después se necesitan de unas horas para dibujar el corte y para poner las leyendas respectivas.
- Invitar a algunos habitantes de la localidad en la caminata. Su conocimiento del área es un componente vital de la investigación.
- Durante el camino hacer preguntas, dibujos, tomar fotografías y notas que sirvan de registro de la caminata.
- Anotar aquellas características de cada área que son relevantes al estudio que se está realizando. No tratar de documentar cada rasgo observado, usar generalizaciones cuando sea apropiado. Incluir una lista de los problemas y oportunidades de lugares específicos en la zona.
- No proponer, durante el recorrido y el llenado del perfil, términos técnicos que parecen familiares; el objetivo es detectar la visión campesina: que clases de suelo existen, cómo los denominan, cuáles son los criterios de selección que usan y los posibles usos que les dan.

Limitaciones

El hacer un transecto apresuradamente puede significar perder las diferencias más sutiles que se dan en diferentes áreas, así como los paisajes inesperados.

Un diagrama de transecto no puede representar todos los problemas. Es mejor incluir en otro tipo de diagrama, los problemas o las oportunidades que no tienen una ubicación geográfica claramente definida.

Es posible que el diagrama de transecto completo tenga utilidad como un registro sumario del equipo de investigadores, y que no sea apropiado para ser presentado a una audiencia analfabeta.

Diagramas históricos

Son representaciones de tendencias y cambios a largo plazo, que incluyen eventos del pasado. Una variante de la técnica incorpora posibilidades en el futuro.

El objetivo de esta técnica consiste en identificar los cambios del pasado e imaginar los posibles cambios en el futuro en las actividades y condiciones, y comenzar a analizar las razones de estos cambios.

Es una técnica mediante la cual se presentan, paralelamente, secuencias evolutivas de distintos procesos y de esta manera se visualiza la historia local y su relación con otros contextos. Un ejemplo, determinar en los últimos cuarenta años lo que ha pasado con la tierra, el agua, la ganadería y la producción agrícola. Esto nos ayuda a visualizar problemas, cómo se han generado, desde cuando, las tendencias y las interacciones con aspectos ecológicos, sociales, legales, etc. Los diagramas históricos también se pueden establecer basándose en historias de vida; para ello se recurre a campesinos reconocidos por su experiencia.

Los diagramas pueden construirse durante o después de las entrevistas con miembros de la comunidad, en el contexto del estudio sobre:

- La revisión de actividades realizadas previamente y las condiciones de vida en la comunidad.
- La exploración de futuros proyectos con la gente de la localidad.
- La puesta en marcha de algún proyecto de desarrollo planeado en el contexto de actividades previas (éxitos o fracasos) y otros eventos futuros que se sabe que ya han sido planeados.

Pasos a seguir

El gráfico se elabora , considerando las siguientes reglas:

1. El entrevistador y el (los) entrevistado (s) se ponen de acuerdo para reconstruir una secuencia de procesos considerados relevantes por el o los entrevistados.

2. Se inicia con una fecha, la cual se coloca en un primer casillero a la izquierda. De arriba hacia abajo se colocan los intervalos de tiempo a considerar (década, veintena, etc.).
3. En la siguiente columna se representan con un código especial cada uno de los periodos de vida que el entrevistado considera importante, haciendo coincidir con la secuencia de los periodos de tiempo establecidos. Una tercera columna puede llenarse con el / los temas relacionados a cada periodo de tiempo (por ejemplo, uso de la tierra, producción animal, acontecimientos sociales, etc.) y considerados de importancia para los objetivos de investigación.
4. Se completa el gráfico al llenar las columnas, siguiendo la cronología de los eventos.

Sugerencias

El equipo formula la cronología basándose en discusiones con grupos pequeños (de ocho a doce miembros) de la comunidad, incluyendo hombres y mujeres, con especial atención a los viejos. Con eso se estimula el intercambio de conocimientos entre generaciones y para dar voz a diferentes sectores de la población.

La revisión de información secundaria puede indicar algunos eventos importantes a nivel regional, que también pueden emplearse como material para elaborar preguntas generadoras.

Para facilitar la elaboración del calendario, se recomienda escribir cada evento en la mitad de una hoja carta (a modo de tarjetitas), indicando en la parte de arriba el año en que ocurrió; se puede pegar en la pared en orden cronológico y al final leer el conjunto completo para ver si falta algo o si existe algún error u omisión. Otra opción es hacer la cronología dibujada, con representaciones ideográficas sencillas: vacas, caras, árboles etc., esto puede ser muy útil en el caso de indígenas monolingües.

Es importante que un miembro del equipo de investigadores anote la historia, y después se acompañe el dibujo con su leyenda en la memoria o reporte final del estudio.

Los gráficos históricos requieren un procesamiento muy trabajoso. Por eso es conveniente realizarlo en varias sesiones de entrevistas. En una primera fase se toma nota de la historia de vida, en general, y en la siguiente sesión se puede ir configurando los temas que están interrelacionados. En una tercera se elabora el gráfico y se corrige.

Todos los detalles son muy importantes. Nunca hay que corregir ni interferir al campesino con el argumento “eso no”. Es recomendable empezar con ancianos y ancianas, luego seguir con los jóvenes. Así se completa una visión con la perspectiva de género y generacional.

Limitaciones

Estos diagramas son útiles para mostrar cambios visibles, especialmente aquellos que son importantes para los entrevistados. Sin embargo son menos útiles y menos confiables para descubrir cambios más sutiles como por ejemplo la calidad de vida, la condición de la mujer, o las actitudes adoptadas frente a intervenciones externas.

Los ejercicios de diagramas confían en un alto grado en la memoria de la gente, por lo que son mejores cuando se hacen en discusiones de grupo o se repiten con diferentes individuos para permitir así una comprobación adicional.

Diagramas de Venn

Es un diagrama que muestra las instituciones y grupos informales que toman decisiones dentro de una unidad administrativa y las interacciones entre ellas. La técnica se emplea para representar con círculos de diferente tamaño la importancia que tienen las instituciones y los grupos sociales para la comunidad y con una línea muestra la distancia con que se percibe esta institución.

El objetivo que se persigue es la identificación de los grupos e instituciones que operan en una comunidad y la magnitud de su interacción y cooperación.

Los diagramas de Venn son un tipo de mapa institucional y son útiles en el contexto de:

- Aprender la importancia tanto de grupos formales como informales dentro de una comunidad y su interacción. En especial cuando se investiga el significado relativo de la estructura del poder formal y de las unidades no formales para la toma de decisiones.
- Destacar las oportunidades para una mejor comunicación y establecer actividades conjuntas entre los grupos.
- Destacar los problemas emanados de la inexistencia o no involucramiento de ciertos grupos sociales e instituciones en la vida comunitaria.

Limitaciones

- Un diagrama de Venn es un cuadro muy simplificado de algo que es posiblemente una situación compleja y dinámica. Se utiliza más como centro de atención en una discusión y como medio para revelar la percepción de la comunidad sobre la participación de diferentes instituciones en la vida comunitaria, que como un método de análisis de mayor profundidad.

- Los entrevistados pueden sentir que deberían dibujar el diagrama para mostrar el estado oficial de la cuestión, el que puede ser bastante diferente a la realidad misma.
- Es posible que los grupos menos formales y menos obvios sean ignorados y que se representen únicamente a las instituciones oficiales.

Pasos a seguir y sugerencias

1. Preparar el material: una hoja de papel o cartulina del tamaño que quepa en una mesa, círculos de cartulina de color de diferente tamaño (5,10,15 y 20 cm de diámetro), tijera, marcador y goma. Los círculos también se pueden hacer durante el proceso de implementación de la técnica.
2. El primer paso consiste en hacer un círculo donde se señale la institución, persona o grupo que funcione como punto de partida para destacar la magnitud de las relaciones e interacciones. Enseguida se nombran todas las instituciones o grupos sociales que existen en la comunidad. Para cada nombre se escoge un círculo que varía de tamaño según la importancia que le otorga el campesino. Después se colocan alrededor del círculo inicial o de punto de partida anteriormente descrito. Según la magnitud de la interacción, se escoge una distancia entre el círculo inicial y los otros círculos. Cuando hay dos instituciones o grupos convergentes con idéntica importancia e interacción, se colocan los círculos sobreponiendo uno sobre el otro.
3. En la medida que se avanza con la tarea, se revisa que grupos o instituciones hemos olvidado. Al final, se pegan los círculos.
4. El tamaño de cada círculo representa la importancia relativa de la institución que representa.
5. Los círculos se colocan juntos según la cantidad de cooperación y contacto que se sabe existe entre las instituciones. Un mayor traslape significa una mayor cantidad de trabajo que comparten.
6. Las instituciones mas remotas, las menos significativas, se coloca en la periferia del diagrama.
7. El cuadro final es analizado conjuntamente

Algunas sugerencias adicionales

- Los diagramas de Venn se construyen mejor durante entrevistas con personas de la localidad que están bien informadas.
- Es útil repetir este ejercicio con un número de diferentes entrevistados, para comprobar la información.

- Puede ocurrir que el campesino no mencione su institución. Se debe crear confianza para que el campesino se sienta libre de poner los círculos del tamaño y la distancia que él crea conveniente, aún cuando pueda resultar una crítica a su propia institución.
- Los diagramas de Venn parecen muy simples cuando se ve el proceso de elaboración y el resultado; de una ojeada se puede observar quien trabaja en la comunidad y con que aceptación. Lo mas importante es el diálogo y la discusión que se genera y que va exponiendo posibles conflictos y problemas entre grupos e instituciones.
- Algo que es importante tener en cuenta al realizar la técnica, es la dificultad de explicar con pocas palabras la tarea; es decir, como señalar la importancia y la cercanía de las instituciones con los círculos de diferentes tamaños.

Referencias

- Anderson S. y Mc Craken J. 1994. Diagnóstico Participativo: Un Manual Aplicado de Técnicas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mimio.
- Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA). 1997. Investigación para el desarrollo rural. Diez años de experiencia del CICA. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- GOPA-IAK GZT. 1998. Proyecto Desarrollo Rural Cajamarca. I Taller de Arranque, campaña 1998-99: Desarrollo Participativo de Tecnologías, 27 de Noviembre al 6 de diciembre, Cajamarca, Perú.
- Instituto de los Recursos Mundiales. Grupo de Estudios Ambientales A.C. (GEA) 1993. El proceso de evaluación Rural Participativa. Una propuesta metodológica. GEA. México D.F.
- Mc Craken J. 1991. Diagnóstico rural rápido: Un manual. México. Mimio.
- Pretty J., Guijt I., Thompson J., y Scoones I. 1995. Participatory learning and action. A trainer's guide. International Institute for Environment and Development, Londres, Inglaterra.
- PRODAF GZT. 1994. Nuestro congreso. Manual de diagnóstico rural participativo para la extensión campesina. Santiago de Puriscal, Costa Rica.

15

MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL

Germán A. Zárate-Hoyos*

Introducción

El entendimiento de los factores que influyen en el manejo de los recursos naturales con el fin de incorporar indicadores de sostenibilidad, requiere la realización de estudios tanto en el ámbito ecológico como en el social y económico entender la complejidad social y económica de los poblados y zonas rurales obliga a buscar instrumentos que puedan captar sus peculiaridades. La ausencia de datos a escala nacional sobre estas cuestiones, ha motivado el uso de datos a nivel de municipio o poblados para captar características del medio rural, como por ejemplo, las unidades de producción y consumo con sus variadas actividades diversificadas. Conociendo las características sociales y económicas es posible el planteamiento de opciones de desarrollo sostenible de las poblaciones humanas estudiadas.

En resumen, se requiere la búsqueda de una muestra representativa de los hogares de las comunidades para conocer sus principales elementos y características, considerándolos como unidad de análisis (estructura familiar, educación, emigrantes, actividades productivas y servicios, ingresos y gastos, trabajo familiar, consumo propio y recursos naturales). Con esta información, se puede elaborar lo que se conoce a nivel nacional como una matriz de contabilidad social para pueblos (MCSP) que servirá para: a) Hacer estudios sobre pobreza y sus determinantes; b) Estimar económicamente el impacto de la educación en el mantenimiento de los recursos, en la productividad agropecuaria, en la migración, etc.; c)

* State University of New York at Cortland y El Colegio de la Frontera Norte. Para otros trabajos similares que se están haciendo a nivel rural en México se puede consultar el Programa de Estudios del Cambio Económico y la Sustentabilidad del Agro Mexicano en www.precesam.colmex.mx

Hacer estimaciones estadísticas sobre la no-rekursividad de los resultados sobre los recursos naturales en las decisiones de producción (es decir, modelos simultáneos o simultaneidad de las decisiones)¹

La MCSP es un instrumento muy flexible, adaptable a diferentes sujetos de estudio y para aspectos distintos: nacionales, regionales, de ciudades, de comunidades, etc. Una MCSP es una base de datos para elaborar modelos multisectoriales y hacer simulaciones de cambios en materia de política (ejemplo, los PRODERS en México). Es decir, con un modelo multisectorial pueden medirse los cambios en la estructura socioeconómica de los sujetos de estudio (en nuestro caso, las comunidades y sus hogares), así como de sus relaciones con el exterior provocados por *shocks* exógenos a la comunidad. Además en ellas pueden incluirse los servicios ambientales.

Los modelos multisectoriales son un instrumento poderoso de análisis cuantitativo, que no cuenta con las limitaciones de los modelos puramente microeconómicos de los hogares. Un ejemplo de modelo multisectorial es el de multiplicadores. En este capítulo se exponen los lineamientos para la elaboración de una MCS, acompañado de un ejemplo realizado en el municipio de Hocabá en la Zona Henequenera del Estado de Yucatán, México.

Generación de datos por medio de encuestas de hogares

Caracterización general de la comunidad y los hogares

Es de suma importancia conocer algunos datos del universo de estudio, es decir, de todo el pueblo bajo estudio, como:

- Número total de hogares en el pueblo y la composición de hogares
- La composición de la producción agrícola, por ejemplo, si sólo se cultiva maíz o si es intercalada y/o diversificada.
- Los tipos de productores, el tipo de propiedad y el régimen pluvial (temporal o de riego).
- Los impuestos, pagos por servicios y transferencias del gobierno. El tipo de impuestos que pagan los habitantes (si los hay para la producción y para qué cultivos) y los pagos por servicios públicos y las transferencias del gobierno al pueblo, como por ejemplo, PROCAMPO, SOLIDARIDAD, SANIDAD VEGETAL, SALUD ANIMAL, ALIANZA PARA EL CAMPO, MEJORAMIENTO GENÉTICO, GANADO

¹ Taylor y Adelman (1996)

MEJOR, FOMENTO LECHERO, KILO POR KILO, ESTABLECIMIENTOS DE PRADERAS, FERTI-IRRIGACION, ETC.

Con esta información se identifican las principales actividades económicas en la localidad para su posterior agrupamiento, por ejemplo, agricultura (cultivos principales), ganadería, producción de frutales, madera, etc. y otra producción agropecuaria (OPA), así como otras actividades o producción no agropecuaria (OPNA), como artesanías, comercio, alimentos elaborados y otros.

Adicionalmente, el levantamiento de la encuesta también requiere de los siguientes datos

- a) Precios de los insumos e implementos de labranza (semillas, fertilizantes, abonos, etc.), precios de los bienes comprados para el consumo del hogar (aceite, huevos, verduras, etc.).
- b) Salario promedio (al día, al mes, etc.) de los jornaleros y de otro tipo de trabajadores.
- c) Costo de los servicios públicos (luz, renta de teléfono, agua, etc.).
- d) Costo de útiles escolares.
- e) Costo del transporte (a la ciudad más cercana, al lugar en donde está(n) la(s) escuela(s), etc.).
- f) Alquiler de tractores y el costo de la renta por tipo de labores y hectáreas trabajadas con el tractor (lo anterior debido a que el costo de éste puede variar por tipo de cultivo o labor).
- g) Pagos por renta y tenencia de la tierra.

La elaboración de las encuestas

Con los datos socioeconómicos de la encuesta se tendrá una especie de fotografía de todas las actividades económicas de la población durante todo el año en estudio, (en nuestro caso el de 1997), así como de su composición social (por ejemplo, los hogares que poseen tierras, los que no las tienen y reciben su ingreso por el trabajo asalariado de sus miembros, los hogares que se dedican principalmente a la venta de servicios, como el comercio o la venta de alimentos, etc. Las preguntas del componente socioeconómico de la encuesta se refieren a lo que los miembros del hogar hicieron durante el año anterior.

Debido a las limitaciones en recursos humanos y monetarios, la encuesta se hace a una muestra representativa de los hogares de las comunidades (10%). Para ello, es necesario contar con un mapa de la comunidad que es el universo para

seleccionar en forma aleatoria los hogares que se encuestarán y que darán una muestra representativa de los hogares del pueblo².

En caso de algún error en el mapa, se puede generar, de una forma sencilla, otra nueva muestra con reemplazo. Asimismo, con el mapa puede llevarse un control de los hogares ya encuestados y los que faltan. Al elaborar el mapa, se sabrá cuantos y que tipos de comercios hay en la localidad, así como el tamaño y la importancia de esta actividad.

Para seleccionar una muestra aleatoria se utilizan frecuentemente números aleatorios. Utilizando la tabla de números aleatorios, se numeran los elementos de la población de 1 a N y se toman números aleatorios de tantas cifras como tenga N. El valor del número aleatorio indicará el elemento seleccionado de la población.

Si se quiere generar un número aleatorio, por ejemplo la selección del 10% de una muestra de 20 datos, el caso de una manzana de la comunidad en estudio (20 casa habitación) para levantar una encuesta al 10% de ellos se hace en dos pasos:

- 1° Se numeran las casas habitación del 1 al 20.
- 2° Con las tablas de números aleatorios, se escoge cualquier grupo de números, después se elige una columna o renglón (Cuadro 1).

Cuadro 1

51772	74640	42331	29044	46621
24033	34912	83587	06569	21960
45939	60173	52078	25424	11645
30586	02133	75797	45406	31041
03585	79353	81938	82322	96799

Números al azar

Por ejemplo si $N = 20$ donde las cifras tiene dos dígitos, el número aleatorio debe ser $n \leq 20$, se elige por columna y se selecciona los dos primeros números < 20 . A partir de la primera columna los números aleatorios serán el 03 y 02; si continuamos usando las siguientes columnas, los números serán el 06 y el 11 (Becerril *et.al.*, 1996).

² Se dice que una muestra es aleatoria simple cuando: Cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser elegido. Las observaciones se realizan con reemplazo, de manera que la población es idéntica en todas las extracciones.

Información económica general

Composición de los hogares

La primera página del cuestionario (socioeconómico) es de suma importancia en el levantamiento, pues en ella se capturan datos confidenciales sobre los miembros de la familia. La página incluye los nombres de los miembros del hogar que habitan en la casa encuestada, lo cual es importante para hacer las preguntas del resto del cuestionario pues, sabiendo desde el principio los nombres de los miembros del hogar, se podrá detectar algún olvido del encuestado (por ejemplo, el encuestador, sabiendo que en el hogar habita un adulto llamado “Pedro”, podrá saber si el encuestado dio la información sobre el trabajo de este miembro y, de no haber sido así, hacer las preguntas necesarias para conocer las actividades de Pedro y sus aportes a la producción e ingreso de la economía del hogar).

En esta primera página también se incluyen preguntas sobre las edades de los miembros y el grado de educación, es decir, primaria (grado), secundaria (grado), preparatoria (grado), escuela técnica o universitaria (grado).

Factores de producción

El uso de factores para la producción (tierra, trabajo y capital) deben registrarse tanto en términos monetarios como en términos físicos. Para la tierra, la cantidad (hectáreas) usada en la producción agrícola y ganadera y su valor monetario. Para el trabajo, el número de jornales por actividad agrícola y ganadera (tanto de trabajo familiar como de trabajo asalariado). Para el capital, número y antigüedad de los tractores y otros implementos y su valor al comprarlo y el actual.

Para poder calcular el trabajo promedio total de la población efectuado durante todo el año de 1997, es necesario saber cuantas personas económicamente activas hay en cada hogar. Para las jornadas de trabajo, hay que incluir preguntas sobre los días trabajados en promedio a la semana y durante qué período trabajan más.

Información sobre las actividades agrícolas

- 1) En la producción de cualquier cultivo, hay que hacer hincapié para saber a donde se destina éste; venta local o fuera del pueblo, autoconsumo humano, transferido a otros hogares o a la iglesia y alimento para ganado o como

semilla para la producción. En todos estos casos habrá que recabar la proporción que se destina a cada uno de ellos y el lugar a donde éste es dirigido o a que tipo de hogar se transfirió, por ejemplo si el hogar al que es transferido tiene o no propiedad de tierra o se encuentra en el mismo pueblo.

- 2) Para hacer las respectivas anotaciones de los pagos de la Actividad de Producción a los Factores de Producción, se requiere saber con exactitud si para la producción del cultivo se utilizó maquinaria agrícola (tractor, trilladora, tracción animal o labores manuales), propia o alquilada. En caso que sea alquilada, se requiere saber el valor, así como en donde se alquila (dentro o fuera de la comunidad). Es necesario saber como se traslada la producción, si se exporta, el costo del flete o acarreo y quién lo paga. Es importante saber de donde son los transportistas, de la comunidad o de fuera y a que tipo de hogar pertenece.
- 3) Se requiere saber, el pago correspondiente a los jornales empleados, haciendo énfasis en el lugar de procedencia, es decir, especificar si provienen de la comunidad o no.
- 4) El gasto referente a los insumos empleados en las actividades agrícolas (fertilizantes, herbicidas, etc.), es importante saber en dónde son comprados, dentro o fuera de la localidad, también se requiere contar con los gastos incurridos en esta actividad, así como los jornales utilizados en unidades físicas para cada una de las labores.

Información sobre las actividades ganaderas

Para esta clase de actividad es importante resaltar que se considera el inventario ganadero, así como también los animales vendidos, comprados, transferidos, consumidos en el hogar, muertos y nacidos durante el año. Si hay ventas de animales, hay que preguntar en dónde: ¿En el pueblo, en otros pueblos, etc.?; a quién: si es al rastro para producción de carne, en donde se localiza éste. Si hay carnicería en la localidad habrá que incluirla en el cuestionario.

Por otra parte, si hay animales regalados a otras familias o recibidos por éstas, mencionar qué clase de hogar es (agrícola y no agrícola). Algo similar debe hacerse en el caso de la producción de origen animal (huevos, leche, etc.).

Se requiere contar con los gastos incurridos en esta actividad, así como los jornales y/o el trabajo familiar utilizados. Así mismo será importante hacer un listado con los precios regionales de los animales que ahí existan: buey, vaca, becerro, cerdo, borrego, gallina, caballo, mula, etc.

Información sobre los negocios o actividades comerciales

Como en otros casos, es necesario saber de donde proviene la mercancía, los costos incurridos y si hay contratación de trabajadores y cuanto se les paga, así como el uso de trabajo familiar y dónde realiza las ventas, si es posible saber a que tipo de hogar son vendidas, y si vienen personas de otras comunidades a surtir de productos (esto se puede hacer con una plática con las personas de los negocios y comercios).

Otra información necesaria*Gastos en servicios*

Es necesario saber el costo de cada servicio y en donde es pagado, siendo importantes los gastos en educación.

Bienes que tenían el año pasado

No es necesario un inventario, sino el valor de las compras hechas y en dónde se realizaron. Respecto a los bienes que son regalados, es importante saber quién los regaló (tipo de hogar) y de donde provienen.

Alimento

Como en el caso anterior, sólo se necesita saber la cantidad promedio (semanal o mensual) de los alimentos consumidos por la familia, especialmente en el caso de que sean producidos en el hogar (como huevo, leche, frijol, verduras, etc.). En el caso de que sean comprados sólo es necesario capturar el valor y su origen (el listado detallado que aparece en el cuestionario se hizo con el fin de que los encuestados recuerden sus consumos).

Hay que tener cuidado de no caer en una doble contabilización de los productos agrícolas y animales que son destinados al autoconsumo, es decir comparar la suma de las compras totales en la localidad (precisar en que negocio compra regularmente) y fuera de ésta, con las ventas de los negocios y comercio de la localidad (preguntar a quien le vende regularmente). Esto debido a que, para la MCSP, sólo le interesa el valor de las importaciones y exportaciones, así como las transacciones que se dan dentro de la localidad, es decir, de un hogar a otro.

En el caso de presentarse inflación, en las preguntas sobre los precios hay que incluir tanto a los actuales como los del año anterior. Para valorizar el trabajo familiar se puede preguntar si el trabajo asalariado puede sustituir al familiar. También es necesario considerar las ganancias netas del hogar es decir se debe descontar los inventarios de fin de año.

Transacciones en dinero y en especie

Es importante considerar tanto las ventas de parte de la producción agrícola de los hogares como el autoconsumo; el gasto en dinero y en especie que el hogar hace para contratar peones y en el uso de trabajo familiar, no asalariado, en sus actividades productivas. Es imposible diseñar un cuestionario completo para un pueblo en particular sin conocer de antemano sus peculiaridades especialmente porque las comunidades rurales realizan muchas actividades económicas fuera de la economía monetaria formal (Calva, 1995). Algunas de ellas son las siguientes.

- a) Relaciones entre el pueblo y el exterior. Habrá que saber de antemano los principales vínculos del pueblo con otros lugares de la región:
 - Ventas. Para los casos en que parte de la producción sea vendida o transferida fuera del pueblo, habrá que distinguir los destinos; por ejemplo, a otro pueblo cercano, a otro lugar en el municipio o región, fuera de la región, etc. según los objetivos de la investigación.
 - Compras. Es necesario saber si los sectores importan sus insumos directamente o a través del sector comercio en la población. Vale la pena saber si los bienes producidos por los diversos sectores son también importados.
 - Trabajo. El trabajo asalariado y su origen (local o fuera del pueblo). Si hay habitantes del pueblo que trabajen fuera y en dónde lo hacen. Registrar la migración a otras partes de México o a los Estados Unidos.
- b) *Otras actividades económicas.* Aparte de las actividades agrícolas, qué otras actividades realizan los hogares de la comunidad en conjunto, por ejemplo, ganadería, recolección y venta de frutales, caza de animales silvestres, artesanías, comercio, etc.
- c) *Agua.* Si hay riego, el costo del agua.
- d) *Labores.* Actividades laborales de los miembros del hogar durante el año (es decir, qué hacen en las temporadas de baja demanda de trabajo agrícola).

- e) *Escuela*. Si hay escuela(s) en el pueblo, de qué nivel (jardín de niños, primaria, secundaria, preparatoria, técnica, etc.); si no las hay, a donde van los jóvenes y niños a estudiar.
- f) *Negocios*. El número de negocios y servicios que hay en el pueblo (misceláneas, venta de alimentos para la gente o para los animales, venta de insumos agrícolas, materiales de construcción, carnicerías, pollerías, etc.).
- g) *Mediciones locales*. Equivalencias de las medidas locales, por ejemplo, el equivalente en kilos de un costal.
- h) *Transporte. Negocios de transportistas*. Número total de maquinaria agrícola en la comunidad.
- i) *Otros datos*. Otros datos generales, por ejemplo, población total (sí existe un censo); hectáreas totales destinadas por cultivo; Si hay caja de ahorro y en donde se localiza y de cooperativas; Existencia de agencias gubernamentales (en el pueblo o cerca de él, sí es que sus habitantes hacen uso de sus servicios), como silo de CONASUPO, LICONSA, etc.

En general, es recomendable la realización de visitas previas al levantamiento para conocer algunas de las particularidades de la localidad en estudio que son necesarias conocer de acuerdo con los objetivos principales del estudio.

La matriz de contabilidad social para pueblos (MCSP)

La MCSP está diseñada para identificar las interconexiones complejas entre la producción, las instituciones (incluidos los hogares) y el mundo exterior de un sistema económico. La MCSP es el punto de partida para hacer análisis sobre la economía de una población en su conjunto. La MCSP proporciona el marco para representar la estructura de la economía de un pueblo y la base de datos para los modelos multisectoriales, ya sea de multiplicadores o de equilibrio general.

La MCSP sintetiza e ilustra con precisión los flujos de insumos, productos e ingresos entre los sectores productores de comida y el resto de los sectores productivos del pueblo, los flujos de ingreso entre las actividades productivas y los hogares, el gasto de los ingresos de los hogares en consumo o en inversión y el intercambio de productos y factores de producción entre el pueblo y el “resto del mundo”.

Stone (1959) desarrolló la MCS general como una forma de relación entre las cuentas nacionales de producción y consumo con el análisis de insumo-producto. Los modelos o matrices de insumo-producto o de Leontief ³ ofrecen el conoci-

³ Leontief, W. 1966, *Input-Output Economics*, Oxford University Press, Londres, Inglaterra.

miento del estado entre las vinculaciones y los sectores productivos de un país, región o pueblo. La MCS es una extensión de los modelos de Leontieff, en las cuales se incluyen los ingresos y los gastos de los hogares.

Al igual que a nivel nacional, la MCSP de una población rural es una forma de contabilidad de dos entradas. Presenta entradas contables en las cuentas de ingreso, producción e insumo-producto como entradas de crédito y débito en hojas de balance de ingreso de las instituciones y las actividades. Por convención, las entradas por fila en una MCS representan los ingresos de las cuentas y las columnas los egresos. Las actividades pueden ser la producción agrícola, ganadera y no agropecuaria (o cualquier desagregación de éstas u otra actividad como la recolección de leña). Las instituciones capturadas en las MCS incluyen por lo general distintos grupos de hogares, al gobierno y al resto del mundo.

En los modelos multisectoriales las instituciones son categorías de actores económicos. Se supone que todos los miembros de una categoría de actores interactúan de manera similar con las otras categorías de actores y actividades del pueblo. En una MCS se hacen agregaciones de hogares, el criterio para sumarlos puede ser por tipo o nivel de ingreso o acceso a recursos⁴. En cuanto al gobierno y al resto del mundo, la situación es la inversa pues conviene desagregar a estas instituciones. En cuanto al gobierno, podríamos distinguir los programas de SEMARNAT respecto al resto de las cuentas del gobierno y, como mencionamos, conviene dividir al resto del mundo en resto de la región, resto de México y resto del mundo.

En general las entradas en una MCSP incluyen:

- Las demandas de insumos intermedios por los sectores productivos (es decir la matriz de insumo-producto).
- El ingreso (o valor agregado) pagado por los sectores productivos al trabajo (que puede desagregarse en calificado y no calificado, masculino y femenino, alfabeto y analfabeto, indígena y mestizo, etc.) a la tierra (de riego o de temporal y en valles o en pendientes) y al capital.
- La distribución del ingreso factorial (trabajo, tierra y capital) a los distintos grupos de hogares.
- La distribución de los gastos de los grupos de hogares entre ahorro (en capital físico y humano) y consumo de los bienes y servicios producidos localmente y en el exterior (o importaciones).
- La cuenta del Gobierno recibe ingresos (por ejemplo, vía impuestos) de las actividades productivas y de los hogares. Redirige este ingreso al sistema

⁴ Para homogeneizar las MCSP de las comunidades estudiadas deberán definirse las agrupaciones, una vez que se conozca la estructura socioeconómica de las poblaciones, de la propiedad y de sus recursos naturales.

(por la compra de bienes y servicios locales o mediante transferencias a las actividades u hogares); o lo ahorra o lo usa en transferencias al resto de México o del Mundo (lo último para pagarle a los extranjeros por la compra de bienes y servicios producidos en el exterior o para el pago de la deuda externa).

- El producto total de cada actividad debe ser asignado a algún uso dentro o fuera del pueblo (como insumo para cubrir la demanda intermedia de actividades, para el consumo o demanda final, para la inversión, para cubrir la demanda del gobierno o para la exportación).
- Los ingresos (brutos) totales de cada actividad deben ser asignados a alguna entidad dentro o fuera del sistema o pueblo (para la compra de insumos producidos por otras actividades, para los pagos al trabajo o capital, para las importaciones, para el pago de impuestos y para el ahorro).

Una característica fundamental de una MCSP —que se deriva del sistema de contabilidad de doble entrada— es el requisito de igualdad entre la suma de ingresos (total por fila) y la suma de gastos (total por columna) para cada cuenta del sistema. Las cuentas de una MCSP en las que se asignan los ingresos y gastos son las mismas por el lado de los ingresos y de los gastos, es decir, la MCSP es una matriz cuadrada.

La relevancia de una MCSP se debe a que incorpora las características de un sistema económico completo y de las relaciones entre sus componentes. Además es muy flexible, por lo que en ella pueden incorporarse distintos arreglos institucionales y estructuras económicas. Por último, una MCSP proporciona un marco contable para estudiar distintos temas en materia de planificación y de políticas gubernamentales.

Una MCSP de un pueblo es muy similar a una MCS nacional. Sin embargo, hay dos grandes diferencias entre ellas.

- a) En una MCSP de un pueblo, subcuentas específicas de las instituciones exógenas (gobierno y resto del mundo) no tienen necesariamente que estar balanceadas, mientras que en una MCS nacional estas cuentas siempre tienen que balancearse.

Por ejemplo, un gobierno regional o nacional puede apropiarse de parte del excedente producido en el pueblo o, por el contrario, ser un subsidiador neto del pueblo (es decir, en el primer caso lo que el gobierno obtiene del pueblo es mayor a lo que le aporta al pueblo vía transferencias, etc., mientras que lo opuesto sucede en el segundo caso). En contraste, en una MCSP nacional los ingresos del gobierno siempre se igualan a los egresos.

Otro ejemplo son las remesas que envían los emigrantes a los EUA. a los hogares del pueblo. En este caso las remesas no necesariamente tienen que gastarse en la compra de bienes y servicios extranjeros o en el pago de deuda contraída con estadounidenses (lo cual si es necesario en una MCS nacional). Las remesas pueden usarse para compra de bienes y servicios locales o producidos en el resto de México.

En términos metodológicos, éstos desbalances pueden resolverse mediante el uso de entradas en la MCSP que representen pagos entre las cuentas exógenas o a partir de cuentas agregadas (por ejemplo, combinando algunas cuentas exógenas, cuya suma de transacciones con el pueblo deben estar balanceadas).

- a) La segunda diferencia entre una MCS de un pueblo y una nacional es que en la segunda todas las transacciones están monetizadas, mientras que muchas transacciones en el medio rural no lo están. Son los casos de la producción para el consumo propio; del uso de trabajo familiar o intercambio de trabajo; de los mercados de trabajo y de insumos interconectados; o del acceso a recursos comunitarios. Algunos ejemplos de lo anterior son la mediería o cuando algún miembro o miembros de un hogar trabajan en alguna actividad de otro hogar bajo la condición de que el segundo hogar haga lo propio en otro período, o el uso de tierras comunes para el pastoreo.

La elaboración de MCSP exige la valoración económica de estas transacciones, para lo cual hay que asignar un valor al registro en la MCSP de las transacciones no monetarias de un pueblo. Un procedimiento de valuación del trabajo familiar es, por ejemplo, asignarle el salario local al dato sobre las horas que los miembros le dedican en un año a este tipo de trabajo.

Una matriz de contabilidad social de una comunidad rural

El Cuadro 2 es un ejemplo de una MCSP, en él, las filas representan los ingresos de: 1) las distintas actividades productivas del pueblo; 2) los factores de producción del pueblo; 3) las instituciones; 4 y 5) de las cuentas de capital y 6) del resto del mundo. Las columnas contienen los gastos de estas mismas cuentas. La consistencia de la MCSP exige que los totales de estas filas y columnas se igualen.

La porción noroeste de la MCS contiene las cuentas de actividades del pueblo, es decir, la submatriz de insumo-producto A. Esta submatriz puede estar compuesta de tantas actividades como se desee, siempre y cuando agoten todas las actividades del pueblo. Los elementos de las filas de la submatriz de insumo-

producto recogen las ventas del producto del sector en la fila a otros sectores o a sí mismo (ubicados en las columnas de la submatriz). Por ello a tales entradas se les llama efectos o vinculaciones hacia delante (*forward linkages*). Los elementos de las columnas de la submatriz representan los efectos hacia atrás (*backward linkages*), que son las compras de insumos de un sector (columna) a otros sectores o a sí mismo (fila). En general, entre más grandes los elementos en la fila y columna de un sector, mayor el potencial del sector en cuestión de generar efectos hacia adelante y hacia atrás. El caso extremo es cuando los elementos son cero, que corresponde a una economía de enclave, en donde no hay efecto alguno.

Los multiplicadores calculados a partir de matrices de insumo-producto miden el efecto multiplicativo de cambios en la demanda final de productos sectoriales, cuando el sector de hogares, así como la inversión, el Gobierno y el resto del mundo se tratan como agentes exógenos al sistema. Las figuras 1 y 2 proveen dos ejemplos.

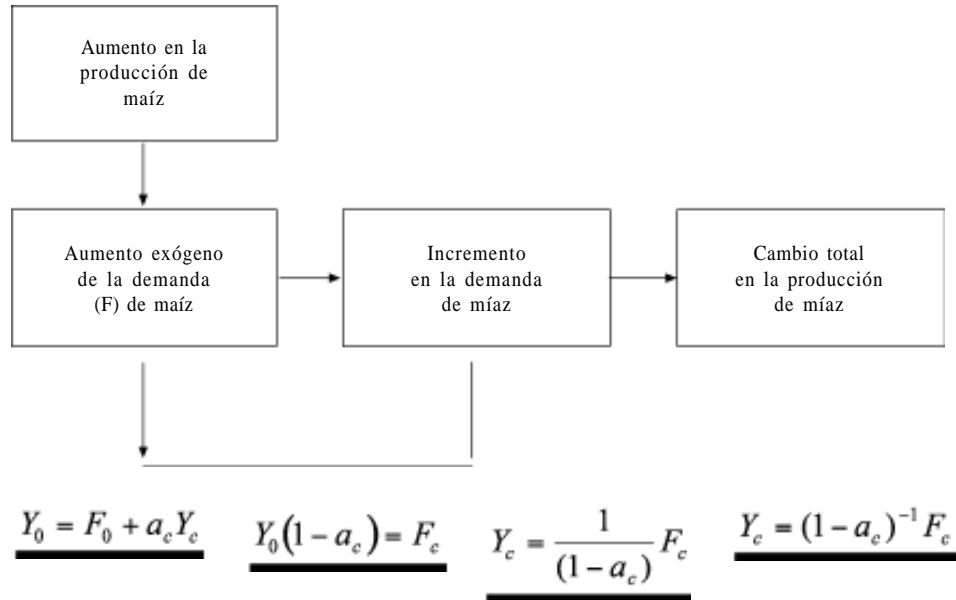
Las actividades productivas del pueblo proporcionan ingresos al trabajo, a la tierra y al capital. La intersección entre las columnas de actividades con las filas de factores (F) muestra la distribución entre los factores del valor agregado producido en el pueblo.

Cuadro 2

GASTOS							
	1	2	3	4	5	6	7
INGRESOS	ACTIVIDADES FISICO	FACTORES HUMANO	INSTITUCIONES MUNDO	CAPITAL	CAPITAL	RESTO	TOTAL
1. ACTIVIDADES a. Milpa b. Solares c. Ganaderia d. Henequen e. Comercio f. Actividades no-agricolas	A (Cuadro de insumo-producto del pueblo)		C, G (consumo de los hogares y del Gobierno)	I	HKI (Inversión en Capital Humano)	X	Ventas Totales
2. FACTORES a. Capital b. Trabajo Familiar asalariado c. Tierra	F (Valor Agregado en la producción)						Valor Agregado Total de los Factores de producción
3. INSTITUCIONES Hogares: a. Extrema pobreza b. Moderada pobreza c. No-pobres Gobierno	AT (Impuestos)	D. (Pagos a los hogares por servicios de trabajo, capital y tierra usados en la Producción)	T, HT. (Pago a los hogares por servicios laborales de los migrantes; transferencias del Gobierno)			R (Remesas de migrantes)	Remesas de migrantes Ingreso de los hogares Ingresos del Gobierno
4. CAPITAL FISICO CAPITAL NATURAL			S. (Ahorro: hogares y Gob en bienes físicos y naturales.				Ahorro total
5. CAPITAL HUMANO			HKI. (Ahorro de los hogares en capital humano)				Ahorro total en capital humano
6. RESTO DEL MUNDO Resto de la región Resto de México	AM (Importaciones)						Importaciones del resto del mundo
7. TOTAL	Pagos Totales	Pagos totales al capital y trabajo	Gastos totales de las Instituciones	Inversión total en capital físico	Inversión total en capital humano	Exportaciones	Totales Ingreso/Gasto

Esquema de una Matriz de Contabilidad Social

Figura 1



En donde Y_c es el producto (maíz), a_c el coeficiente técnico y F_c la demanda final de maíz

El Multiplicador de una economía tipo Robison-Crusoe (Un solo bien: maíz)

Los pagos al capital (o al valor agregado por el capital) incluyen la renta de yuntas, tractores, etc. También contienen la imputación al rendimiento del capital, cuando no hay pagos explícitos o cuando existen mercados interconectados. Los pagos a la tierra están formados por las rentas que se pagan a sus dueños y, al igual que el capital, incluyen imputaciones por su uso cuando no hay pagos explícitos o cuando hay mercados interconectados.

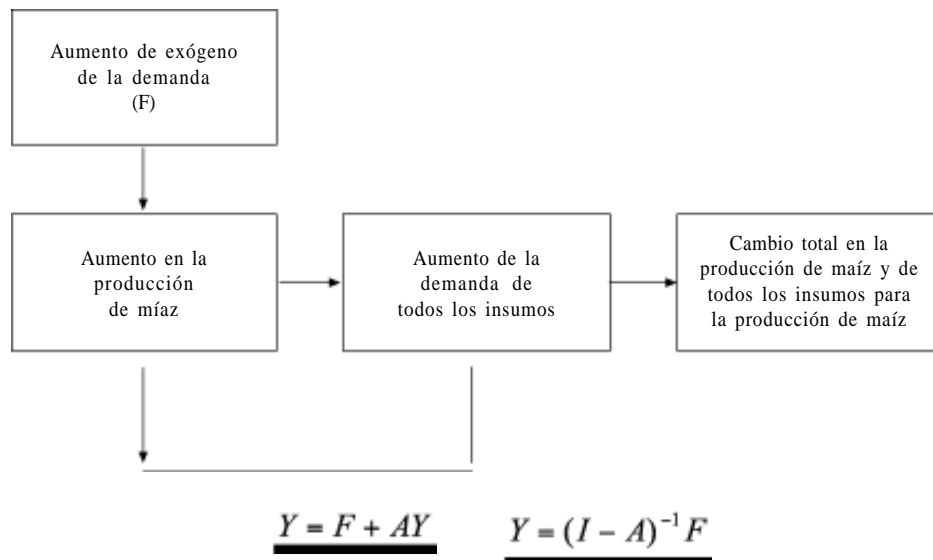
Las cuentas de valor agregado del trabajo incluyen los pagos de salarios y pagos implícitos al trabajo familiar. El trabajo familiar puede valorarse a partir de los salarios vigentes o como la diferencia entre el valor de la producción del sector en cuestión y los costos explícitos e implícitos (en las cuentas nacionales convencionales a lo último se le llama el superávit bruto de explotación).

La suma del valor agregado de los factores es el valor bruto del producto del pueblo (VBP).

Las importaciones de insumos (modernos) para las actividades del pueblo están contenidas en el cruce entre la(s) columna(s) de actividades y la fila Resto del Mundo.

El valor agregado del pueblo se distribuye entre las instituciones (los hogares o las cuentas compuestas). La intersección entre las columnas de factores y las filas de instituciones sintetiza la distribución del valor agregado del pueblo (D). En una economía cerrada esta submatriz sintetizaría la distribución del ingreso del pueblo entre las instituciones. En contraste, en una economía rural abierta, la producción local de valor agregado se suple con el ingreso proveniente del resto del mundo (por ejemplo, con las remesas de los migrantes (R) o con las transferencias del gobierno local, estatal o federal (T)).

Figura 2



En donde Y es un vector de productos, F uno de demanda final y A es la matriz de coeficientes técnicos.

El multiplicador de la producción tipo Leontief

El ingreso total de las instituciones es la suma de lo recibido por ellas, asentado en las filas de las instituciones. Los ingresos de las instituciones se asignan y distribuyen entre el consumo (C), ahorro (S) e impuestos (HT). Los ahorros se asignan a la demanda de inversión (tanto la correspondiente al capital físico como al capital humano).

El ingreso del gobierno proveniente de los impuestos que le pagan las actividades (AT) y los hogares (T) pueden retornar al pueblo en la forma de demanda

gubernamental de bienes y servicios producidos en el pueblo (G), por sus transferencias (T, un impuesto directo “negativo”), por sus gastos en educación y salud o mediante subsidios a la producción (AT, un impuesto indirecto “negativo”). Si, por el contrario, el gobierno le extrae excedente al pueblo, esto se reflejaría en una entrada positiva en la celda del gobierno-resto del mundo (o país).

Es posible que el pueblo exporte alguna parte de su producto a los mercados regionales, nacionales o internacionales, al gobierno o a otras instituciones de mercados nacionales. Estas exportaciones forman lo que se llama el excedente comercial *marketed surplus*, que está contenido en la submatriz X.

Elaboración de una base de datos

Una vez realizadas las encuestas, se procede a la captura electrónica de los datos en una hoja electrónica –base de datos– con el fin de ordenarlos y clasificarlos en lo que será la MCS. Es importante aclarar que todos los datos se registran en una misma “hoja-electrónica”, si se observa el número de las filas de los cuadros donde se ilustran los ejemplos del vaciado o llenado van cambiando, no necesariamente tiene que ser en el mismo orden.

Se considera una “Encuesta Completa” cuando se contestaron todas las preguntas pertinentes a las características del hogar y para cada uno de sus miembros, así como realizar los cálculos correspondientes –dentro del mismo cuestionario–, un ejemplo de ello sería el consumo de alimentos o el trabajo desempeñado por cada uno de los miembros del hogar. Estos cálculos se refieren a: obtener todos los datos anuales, regresando a nuestro ejemplo sobre el consumo de alimentos y/o trabajo desempeñado -regional o local-, dado que estas preguntas se hicieron al consumo promedio por semana y/o al trabajo por semana, mes o año, y los datos son requeridos anualmente, lo que ameritará hacer el cálculo anual.

Para la captura electrónica de los datos de las encuestas en la hoja de cálculo se tomarán los siguientes ejemplos en el orden correspondiente.

Cuadro 3

	A	B	C	D
1	Variable/Encuesta	Encuesta 1	Encuesta 2 ...	Suma
2	EDAD			
3	Edad del jefe	45	38	
4	Menores de 15			
5	Masculino	1	0	
6	Femenino	0	2	

Formato para la captura de información, variable edad

Cuadro 4

	A	B	C	D
1	Variable/Encuesta	Encuesta 1	Encuesta 2 ...	Suma
10	EDAD			
11	Edad del jefe	6	9	
12	Menores de 15			
13	Masculino	0	0	
14	Femenino	1	0	

Formato para la captura de información, variable educación

La familia (información general). El registro para la Edad, Educación (grado escolar) y sexo.

A. Para capturar la edad del jefe de la familia y de los demás miembros del hogar se sugiere el siguiente intervalo “menores de 15 años masculino y femenino” (nota: se registra el número de miembros que caen dentro de este intervalo), “De 15 a 60 años, masculino y femenino y mayores de 60 años, –cabe aclarar que todo esto se sugiere con el fin de homogeneizar todas las bases de datos–, es importante observar que la información del jefe es capturada aparte en “edad del jefe”. En el cuadro anterior se supone que hay un miembro del hogar –Encuesta 1–, con edad menor a los 15 años y de sexo masculino. Y la edad del jefe –para el mismo caso–, de 45 años.

En cuanto a educación, se recomienda el siguiente intervalo: Primero, la educación del jefe –para ilustrar nuestro ejemplo (Cuadro 4) se supone que el jefe de familia de la “encuesta 1” terminó la primaria por lo que se registra “6”, que equivalen a los 6 años o grados de educación primaria. En segundo lugar –por sexo– masculinos con 0 años de educación, de 1 a 3 años, de 4 a 5 años, con 6 años, de 7 a 8 años, con 9 años, de 10 a 11 años, con 12 años y de 12 años en adelante. Finalmente con los mismos intervalos los miembros del hogar por sexo femenino.

B. Trabajo en EEUU y C. Trabajo en otras partes de México. En cuanto al registro de la “Experiencia en migración” se ilustra con el cuadro 5, –retomando nuestro ejemplo ficticio de la Encuesta 1–, suponemos que hay un miembro del hogar que migró a los Estados Unidos hace un par de años –Nota: los años se cuentan a partir del año de estudio hacia atrás, es decir, ¿Cuánto tiempo tiene viviendo allá?–, si para la encuesta se pidieron datos de 1997 y declararon que se fue hace un par de años y no ha vuelto, entonces tiene 2 años en “Experiencia de migración” y es un solo miembro del hogar encuestado, entonces:

Cuadro 5

	A	B	C	D
1	Variable/Encuesta	Encuesta 1	Encuesta 2 ...	Suma
20	Exp. En Migración			
21	Miembros del Hog.			
22	EEUUA años	2	0	
23	N½ de personas	1	0	
24	Méx. Años			

Formato para la captura de información, variable experiencia en migración

Cuadro 6

	A	B	C	D
1	Variable/Encuesta	Encuesta 1	Encuesta 2 ...	Suma
30	Remesas de EEUUA			
31	Dinero	5,720.0	0.0	
32	Especie	300.0	0.0	
33	Remesas de Méx.	0.0	0.0	
34	Dinero	0.0	0.0	

Formato para la captura de información, variable remesas

El registro para la “Experiencia en Migración” al resto de México se registra de igual forma: es decir, México años, N½ de personas. Y para los familiares que no pertenecen al hogar, que tienen su hogar aparte, un ejemplo de ello serían los hermanos (del jefe), primos, tíos etc. y su registro sería Familiares del Jefe: EEUU años, N½ de personas. México años y N½ de personas.

Para el registro de las remesas que envían los miembros y familiares del hogar que han migrado ya sea a los EEUU o al resto de México. Se registrará de la forma siguiente (Cuadro 6): en nuestro ejemplo suponemos que el miembro del hogar encuestado que migró a los EEUU –el que tiene 2 años allá–, envió una ayuda al hogar por \$715 Dólares y una muda de ropa, (ver “Encuesta Completa”), es importante aclarar que la base de datos se construye en valor (dinero y en pesos mexicanos), y las unidades físicas como el número de jornales trabajados se discutirá en su momento. Entonces se calculó \$715.0 Dls. por 8.0 Tipo de Cambio promedio de 1997 igual a \$5,720.0 pesos, y el valor de la muda de ropa \$300.0 pesos, (cálculo de la región en estudio o valor que le da el hogar encuestado ¿Cuanto considera que valdría aquí esta ayuda?). El mismo criterio se sigue para las remesas y ayudas provenientes del Resto de México.

D. Transferencias familiares en 1997. El mismo criterio se utilizará para la ayuda que recibe y otorgan los hogares encuestados, provenientes en la misma localidad –rubro local–, o del pueblo. Transferencias entre hogares, ésta puede

ser en “Dinero” o en “Especie”, un ejemplo de ellos serían las semillas como el maíz, el trigo, sorgo o frijol, según sea el caso, que son regaladas entre los hogares, por mencionar algunos.

E. Tenencia de la tierra. Para este ejemplo se registrará el número de hectáreas con las que cuenta el hogar o jefe de familia, así como el tipo de propiedad: ejidal o privada, de riego o temporal, etc.

F. Producción agrícola. Este apartado es el más detallado. Entre sus componentes se encuentran los siguientes:

- Actividad agricultura. Según las características productivas de la comunidad. Por ejemplo, en la Encuesta 1, supongamos que este hogar produce maíz; se tendrá que registrar en orden. Se registra el total de ha cultivadas –temporal y riego–. Posteriormente se calcula el valor de la producción –precio por cantidad–, las ventas de maíz, al exterior y en la localidad, un ejemplo de este último serían las ventas a un acopiador o al comercio local. Por ejemplo, En un hogar sembraron 3 ha, de las cuales obtuvo 4 toneladas de cada una, lo que sumó un total de 12 a un precio de \$600.0 pesos por tonelada lo que equivalió a un valor de la producción de \$7200. Declaró vender al exterior \$6000 y en el comercio local \$1000, los restantes \$200 los utilizó para el autoconsumo. Se podrá observar (Cuadro 7) que este hogar no utilizó maíz para regalar a otros familiares ni para consumo de animales, así como también almacenó maíz para el siguiente ciclo agrícola.

Se registrarán todos los gastos en los que incurrió el jefe de familia o productor durante su actividad agrícola. Por ejemplo, costo de la tierra (cantidad y origen), pago de tractor o trilladora, pago de peones (cuánto, son de la localidad o de fuera del pueblo, así como el registro de unidades físicas número de jornales u horas); pago de insumos (semillas, fertilizantes, herbicidas, etc.) cantidad, precio y origen; impuestos en la producción y otros gastos en los que haya incurrido, como pago por el riego, traslado de los insumos, etc. Cabe señalar que es necesaria la información aún y cuando hayan sido propios los insumos y los factores, como tierra, trabajo, capital e insumos. El mismo criterio se aplica a los otros cultivos agrícolas, como sorgo, frijol, trigo, etc.

- Producción de frutales. De una forma similar al caso anterior se hará el registro para la producción de frutales, aun y cuando estos sean recolectados por los miembros del hogar, esto también es considerado una actividad productiva por requerir de factores para su producción o recolección. Un ejemplo para ilustrar esto sería la producción de naranjas, el hogar 1 o Encuesta 1

tuvo 0.5 ha con aproximadamente 10 matas de naranja, de las cuales se obtuvo un total de 20 costales, y cada costal pesó alrededor de 30 kg (producción total anual), y el precio de mercado fue de \$2 pesos el kg, por lo que el valor de la producción fue de \$1200 pesos, de los cuales se destinaron \$1000 a la venta en el exterior, \$150 de autoconsumo y \$50 fueron regalados a otros familiares dentro de la misma comunidad (Cuadro 8).

En cuanto al pago de factores, se deberá de considerar el pago por el uso de factores de la producción, trabajo contratado y número de jornales empleados –si es que existió–, uso y valor del capital, valor de la tierra y la ganancia será considerados la retribución al trabajo familiar (Becerril *et al.*, 1996).

G. Animales que tenía usted al final del año pasado y H) Producto de origen animal. En esta sección se hará un registro contable para obtener el valor de la producción o el incremento en el hato ganadero, es decir, se le dará un valor a los animales nacidos, muertos, robados, los que fueron destinados para el consumo humano y los que fueron vendidos, así como los gastos en que incurrió la actividad; pago de factores, gastos en medicina y alimentos. En resumen el sistema contable es: Inventario inicial = inventario final + consumidos por la familia + las ventas - compras - nacidos en el año + los reportados muertos. Con esto se tendrá el valor de la producción o incremento en el hato ganadero más el valor de los productos de origen animal, como la leche, huevos, carne, etc.. La ganancia de esta actividad será considerada la retribución al trabajo familiar, por lo que al valor de la producción se le restarán los gastos en los que incurrió la actividad; medicinas, alimentos, trabajo contratado, alquiler de tierras para el pastoreo, etc.

Cuadro 7

	A	B	C	D
	Variable/Encuesta	Encuesta 1	Encuesta 2 ...	Suma
1	Variable/Encuesta			
40	Actividad Agrícola			
41	ha con riego	2.0	0.0	
42	ha de temporal	1.0	0.0	
43	Valor de la producción	7,200.0	0.0	
44	Ventas al exterior	6,000.0	0.0	
45	Ventas locales	1,000.0	0.0	
46	Autoconsumo	200.0	0.0	
47	Transferido a Familiares	0.0	0.0	
49	Consumo Animal	0.0	0.0	
50	Pago Factores	0.0	0.0	
51	Tractor	450.0	0.0	

Formato para la captura de información, variable actividad agrícola

H. Leña. y J) Caza. Ambas son consideradas actividades productivas, por lo que se registrará el valor de la producción, el destino, y si fue para el autoconsumo o la venta, los gastos en los que incurrió la actividad, así como el tiempo invertido en recolectar o producir leña y caza de animales silvestres, si contrataron peones y el origen de éstos. Es importante aclarar que aún cuando sea destinada al autoconsumo, a la producción se le dará un valor.

I. Producción no agropecuaria (“artesanías”). Se registra el valor de la producción, el destino (consumo o venta en el interior o exterior de la comunidad). Se tratará de forma similar, bajo un sistema contable, valor de la producción menos los gastos incurridos y la ganancia será considerada la retribución al trabajo familiar.

Cuadro 8

	A	B	C	D
1	Variable/Encuesta	Encuesta 1	Encuesta 2.	Suma
60	Producción. Frutales			
61	a ocupadas	0.5	0.0	
62	Valor de la producción	1,200.0	0.0	
63	Ventas locales	0.0	0.0	
64	Ventas al exterior	1,000.0	0.0	
65	Ventas locales	0.0	0.0	
66	Autoconsumo	150.0	0.0	
67	Transferido a familia	50.0	0.0	
68	Pago factores	0.0	0.0	

Formato para la captura de información, variable producción

J) Negocios o comercio. Es importante resaltar el destino y origen de la mercancía. Cabe mencionar que se pondrá un especial énfasis en las ventas de los comercios –destino de la mercancía–, para cotejar con las compras por parte de los hogares.

K) Trabajo local pagado a los miembros de la familia. Es importante resaltar que será de suma importancia el origen, como su nombre lo indica, se refiere al ingreso que es percibido dentro de la comunidad, como puede ser jornaleros –trabajadores que serán contratados por los productores de la localidad, y éstos a su vez contratarán jornaleros en la misma localidad–, secretarías, trabajadoras domésticas, empleados en los comercios y servicios de la comunidad. Es decir, por una parte estarán los comercios y servicios que declaren haber contratado empleados en su actividad, y por el otro estarán los hogares que declaren haber trabajado en los comercios y servicios de la comunidad, al igual que en el caso anterior será importante el origen del mercado laboral para cotejar en el balance de la MCSP.

L) Trabajo regional de los miembros de la familia. Se trata del ingreso que fue obtenido fuera de la comunidad, y para ello tiene que regresar a diario a la comunidad. Un ejemplo de ellos sería el salario de los jornaleros que trabajan en las tierras de otra comunidad, cercano al lugar de origen.

M) Otros ingresos y préstamos. Se registra el ingreso que fue prestado por una caja popular, bancos, crédito a la palabra, etc., así como el dinero que fue ahorrado el año pasado, dentro o fuera de la localidad.

N) Otros gastos en 1997. Se registran los gastos efectuados por los hogares, es importante resaltar los que fueron destinados fuera de la comunidad y los que fueron hechos dentro de ésta. Así como los gastos en educación, es importante resaltar los gastos hechos fuera de la localidad como el transporte, útiles, etc.

O) Gastos en vivienda y otros gastos para la casa. Esta es considerada una inversión por parte del hogar, en remodelar o construir vivienda. Será importante resaltar donde compró los materiales para construcción o remodelación.

P) Bienes que tenían y obtuvieron el año pasado. En este caso serán consideradas las compras que no son comunes –como compra de alimentos, pago de servicios, etc.,– como la compra de un automóvil, herramienta agrícola, blancos, etc., es importante resaltar donde fueron adquiridos.

Q) Comida (compras normales en una semana). Se registra el consumo en alimentos por parte de los hogares, si son hechos dentro de la comunidad será importante capturar en que comercios locales fueron hechas las compras, como se discutió en el punto “L”, esto para cotejar lo declarado por los comercios contra el consumo hecho por los hogares.

3) “Clasificar y agregar las variables” finalmente resta explicar que la suma por variable se realiza por fila, es decir, se habrá observado que la columna “D” en nuestros ejemplos se refiere a la suma de los hogares, con éstas se obtiene el total de producción de maíz –por mencionar algún ejemplo–, de aquellos hogares encuestados que declararon haber producido maíz, con este dato se obtendrá la oferta total de maíz producido por la muestra –hogares encuestados–, y si queremos obtener el total de la oferta a nivel del pueblo tendremos que conocer previamente el total –universo–, de las hectáreas sembradas con maíz que pertenecen al pueblo. Así para cada caso en particular, por ejemplo, “Población total” en la comunidad en estudio: se tendrá que conocer previamente cuantos hogares hay en el pueblo y cuantos fueron encuestados en la muestra, con ello se obtendrá el total poblacional. Cabe señalar que a cada variable –renglón de la base de datos–, le corresponde un número total diferente de factor de expansión.

5) Construcción de la MCSP: Con la suma de estos datos –poblacionales–, se construye la Matriz de Contabilidad Social para Pueblos (MCSP), en síntesis, la “Base de Datos” es la que alimentará de información a la MCSP.

Modelos multisectoriales o modelos de multiplicadores

Para pasar del marco contable proporcionado por una MCSP a un modelo del pueblo en cuestión se necesitan hacer supuestos sobre el comportamiento de los agentes o actores y especificar las funciones de producción.

El supuesto más simple en los modelos de multiplicadores es que la respuesta de los actores ante cambios en el ingreso es estrictamente proporcional al nivel total de actividad en cada cuenta (es decir, a los totales por columna de la MCSP). En la teoría económica esto significa que, por el lado del gasto, los gastos marginales de las instituciones del pueblo son iguales a las participaciones medias derivadas de la MCSP. Por el lado de la producción, el supuesto implica que la tecnología se caracteriza por la existencia de coeficientes fijos de la matriz insumo-producto.

Los supuestos son restrictivos, pero necesarios para estimar multiplicadores de precios fijos basados en una MCS de un pueblo (que son similares a los multiplicadores Leontieff en el análisis de insumo-producto).⁵

La construcción de un modelo multisectorial de un pueblo también requiere especificar cuáles de las cuentas de la MCSP son endógenas y cuáles exógenas. Esto es muy importante para modelar los impactos de cambios sobre la economía de un pueblo, debido a que, en sentido estricto, el modelador sólo tiene la posibilidad de cambiar las variables exógenas y los parámetros del modelo. Las cuentas exógenas capturan las respuestas de los agentes económicos del pueblo ante cambios en las cuentas exógenas o en los parámetros.⁶

En el caso de modelos de pueblos, lo más lógico es que las cuentas exógenas sean el gobierno y el resto del mundo.⁷

Los modelos de multiplicadores basados en MCS de pueblos

Tal como lo afirmó Pyatt (1988), “Solamente existe una ley fundamental de la economía: para cada ingreso, hay un egreso o gasto correspondiente”. Una matriz

⁵ Un modelo de multiplicadores de este tipo puede también tomarse como uno en donde no hay precios. Con su ausencia, los supuestos sobre el comportamiento de los actores y el tipo de tecnología significan, respectivamente, que ante cambios en el ingreso no hay sustitución entre los bienes y servicios demandados, ni entre insumos y factores de producción.

⁶ Un ejemplo de cambio en un parámetro es el suponer que hay un desplazamiento de la función de producción agrícola debido a un deterioro en la calidad de la tierra.

⁷ Si el mercado de capitales del pueblo está totalmente integrado a los mercados de capital externos, esta cuenta también podría tomarse como exógena. Sin embargo, en la mayor parte de las poblaciones rurales del mundo en desarrollo, el mercado de capitales (si es que existe), es local. Esto significa que la inversión está limitada por el ahorro local, por lo que el mercado de capital debe tratarse como una cuenta endógena.

de contabilidad social, o MCS, es una manera sencilla de representar dicha ley. La MCS es una matriz cuadrada diseñada a proporcionar un registro de las transacciones utilizando una forma de contabilidad de entrada sencilla.

Podemos expresar el ingreso total recibido por las cuentas endógenas como Y_n que es:

$$Y_n = n + x \quad (1)$$

Los elementos de la matriz de cuentas endógenas, T_{nn} , pueden ser expresados como propensiones medias al gasto al dividir cada elemento por el total de la columna respectiva, así:

$$T_{nn} = A_n Y_n \quad (2)$$

Al introducir la matriz de propensiones medias A_n , podemos expresarlo así, $n = A_n Y_n$ o bien,

$$Y_n = A_n Y_n + x \quad (3)$$

Resolviendo para Y_n como una función de x , obtenemos

$$Y_n - A_n Y_n = x$$

$$Y_n (1 - A_n) = x$$

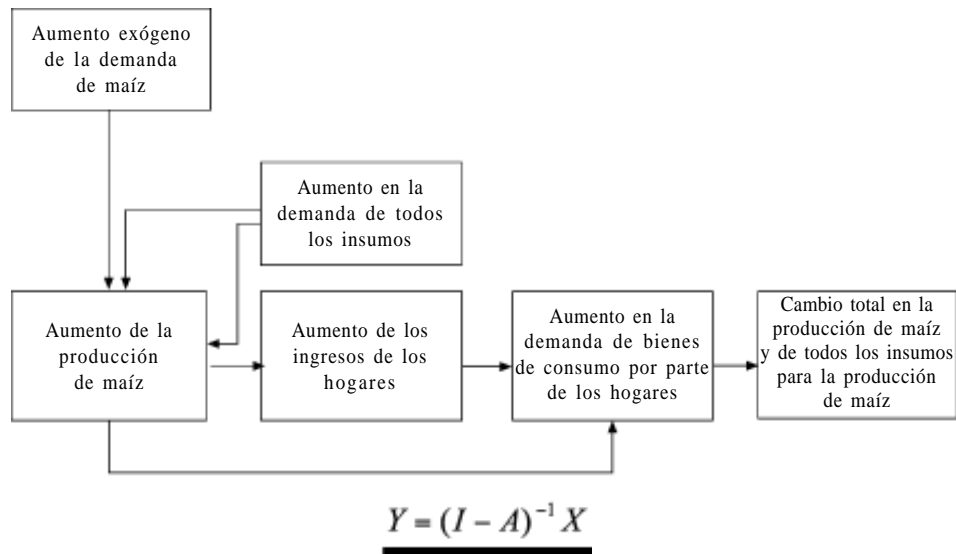
$$Y_n = (1 - A_n)^{-1} x$$

donde $(1 - A_n)^{-1}$ es una matriz de multiplicadores M_a o la matriz de contabilidad de multiplicadores, que puede expresarse de la siguiente manera:

$$Y_n = M_a X \quad (4)$$

La ecuación (4) muestra cómo los niveles de ingreso de las cuentas de factores de producción, las cuentas del sector de hogares y las cuentas de producción son determinados de manera endógena como una función de estas “inyecciones” exógenas. **M_a** es una matriz de contabilidad de multiplicadores. Cada elemento de esta matriz m_{ij} constituye el efecto directo e indirecto de un incremento de una unidad en la cuenta exógena j sobre la cuenta endógena i (Barceinas y Cervini: 1993). La figura 3 es una ilustración gráfica de la idea de un análisis de multiplicadores fijos.

Figura 3



Multiplicador tipo matriz de contabilidad social

En el contexto de una economía rural, supongamos que hay un aumento exógeno en la demanda de los productos exportados por el pueblo. El efecto inicial y directo de tal cambio se da en los componentes productivos de la MCS del pueblo, pues con él, el sector afectado, así como sus vinculaciones productivas, hacen que aumente el producto de las actividades productivas del pueblo. Un modelo Leontief captura este efecto. Sin embargo y en realidad, el incremento en la producción del pueblo aumenta el valor agregado que genera, con el consecuente aumento del ingreso de las instituciones. Parte de este ingreso se gasta en bienes y servicios producidos en el pueblo, lo cual provoca una nueva ronda de efectos dentro del pueblo.⁸

Así entonces, un multiplicador de un pueblo consiste en una serie de rondas de retroalimentaciones múltiples entre las subcuentas de la MCS. Cada inyección nueva de ingreso a la MCS impacta al subsistema local de cuentas para después transmitirse a otros subsistemas de la MCS.⁹

⁸ Otra parte del ingreso local aumentado se gasta en “importaciones”. Esto constituye una fuga para el pueblo, pues reduce la magnitud del impacto en el pueblo de la segunda ronda de efectos.

⁹ Derivaciones formales de la descomposición de los efectos para el caso de multiplicadores basados en MCS nacionales se encuentran en Pyatt y Round (1979) y en Stone (1956).

Limitaciones de los modelos de multiplicadores basados en MCS para pueblos

Los modelos multisectoriales basados en MCSP son superiores a los de insumo-producto y a otros modelos (como los basados en sistemas de gastos); sin embargo, cuentan con limitaciones surgidas de los supuestos que en ellos se hacen sobre los precios, sobre los recursos y la tecnología y sobre las propensiones al gasto de las instituciones.¹⁰

Los modelos basados en MCS en general pueden interpretarse como modelos de precio-fijo, es decir, los multiplicadores calculados suponen que cambios exógenos no afectan a los precios del pueblo.¹¹ Este supuesto es equivalente a proponer que el pueblo no está utilizando plenamente sus recursos, ni tiene restricciones tecnológicas. Alternativamente, al suponer coeficientes fijos en la oferta y al usar propensiones medias fijas al gasto, en éste tipo de modelos los precios relativos son irrelevantes: la existencia de proporciones fijas implica que no hay sustitución posible entre insumos, factores y bienes y servicios. Por el lado de la oferta esto significa que aún cuando cambiaran los precios relativos, no variará la mezcla de insumos para producir más del producto en cuestión ante un aumento en su demanda.

El caso opuesto es el de un modelo neoclásico puro de un pueblo que asume su integración completa con los mercados externos. Bajo este tipo de modelo, los precios de todas las transacciones (en bienes, servicios y factores) están determinados fuera del pueblo y, ante cambios en los precios, hay sustituibilidad entre insumos, factores y bienes y servicios. Un modelo neoclásico supone además que el pueblo usa plenamente sus recursos y que está completamente abierto a los mercados externos (es decir, que es una economía totalmente abierta). Así entonces, ante cualquier cambio exógeno de ingreso, el multiplicador siempre será unitario.

En la figura 4 se ilustran los impactos diferenciados entre un modelo keynesiano (multiplicadores fijos) y uno neoclásico en el precio y cantidad ante un desplazamiento en la función de demanda. El modelo neoclásico también tiene limitantes porque en general la economía de pueblos se caracteriza por estar en un contexto de mercados imperfectos.

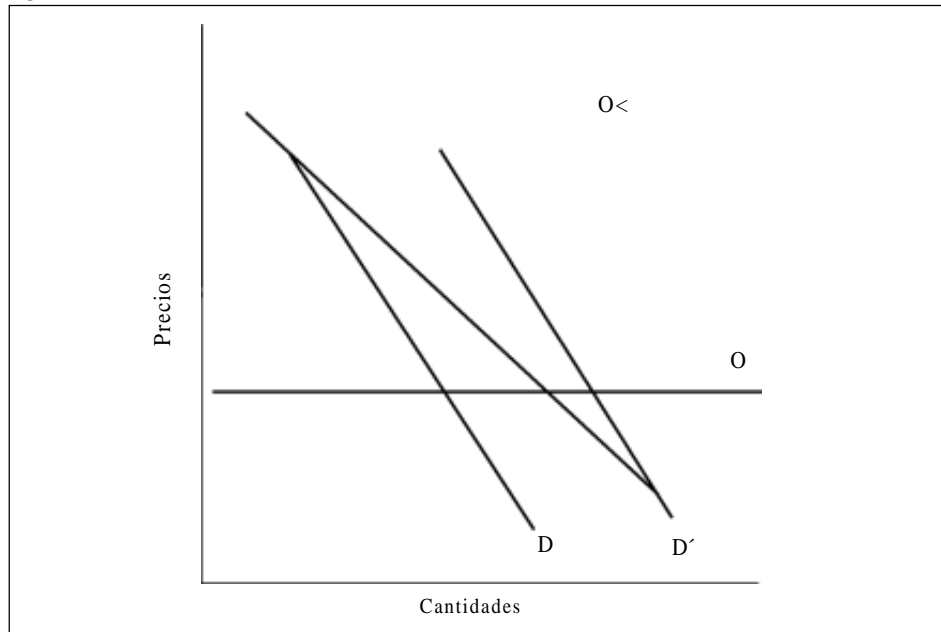
Debido a tales imperfecciones, los precios en el pueblo pueden diferir de los precios de mercado (determinados fuera del pueblo). En consecuencia, la cuestión crítica en las simulaciones que usan MCS de pueblos, es saber qué tanto pue-

¹⁰ Estos supuestos le dan a los modelos basados en MCS un carácter Keynesiano, “jalados” por la demanda. No obstante, algunas de sus limitantes son menos fuertes que las que tienen los modelos de multiplicadores nacionales.

¹¹ La validez de este supuesto depende de qué tan aislada esté la economía de un pueblo de los mercados externos.

dan variar los precios (del pueblo) ante cambios exógenos y si el cambio en los precios induce a modificaciones en la matriz de proporciones .

Figura 4



Modelos keynesiano y neoclásico en el precio y cantidad en la función de cantidades

En general, entre menores sean las restricciones en cuanto a recursos y tecnología en la producción de los pueblos, será más apropiado usar modelos de multiplicadores basados en MCS. Sin embargo (como vimos en la sección 4), existe la posibilidad de imponer en tales modelos “inelasticidades” por el lado de la oferta. Esto se hace incorporando restricciones en la producción en la forma de respuestas de oferta perfectamente “inelástica” en algunos sectores (Taylor y Adelman:1996).

La tercera y última limitante de los modelos de multiplicadores basados en MCS es el supuesto de que las propensiones medias y marginales al gasto son iguales. No obstante, tal limitación puede evitarse al incorporar participaciones marginales (y no medias) en el componente de participaciones al gasto de la MCS, previo al cálculo de M .¹²

¹² Las participaciones de ingreso marginales pueden obtenerse de estimaciones econométricas a partir de modelos de sistemas de gasto.

En un caso particular en el municipio de Hocabá en la Zona Henequenera de Yucatán, en el cual se levantó en 1998 con datos para 1997 una muestra aleatoria de 110 hogares. Estos datos permitieron la construcción de una MCSP de 19x19, que arrojó los siguientes datos.

Cuentas endógenas

Actividades: Hay 6 actividades productivas.

MILPA	Agricultura (milpa, frijol y otros).
SOLARES	Actividad de producción en el solar familiar.
GANAD	Ganadería y otra producción pecuaria.
COMERCIO	Comercios en el pueblo de Hocabá.
HENEQUEN	Actividad agrícola del henequén.
OANA	Otras actividades no-agrícolas.

Factores de producción: Hay 4 factores de producción.

TIERRA	Tierra bajo riego de temporal.
TRABAJO	Trabajo asalariado.
CAPITAL	Equipo, maquinaria, etc.
FAMILIA	Mano de obra familiar.

Instituciones: Hay 3 grupos de hogares.

HOGAR EXTREMA	Hogares en extrema pobreza.
HOGAR MODERAD	Hogares en pobreza moderada.
HOGAR NO POBRE	Resto de hogares del pueblo.

Cuentas de Ahorro: Hay 3 cuentas de ahorro.

AHORRO NATURAL	Inversiones en el bosque y recursos naturales.
AHORRO FISICO	Inversiones en semillas y productos para la producción.
AHORRO HUMANO	Inversiones en educación.

Cuentas exógenas

GOBIERNO	Gobierno.
REGIÓN	Resto del Estado de Yucatán.
RESTO DE MEXICO	Otros estados de México.
RESTO DEL MUNDO	Resto del Mundo.

Esta MCSP para Hocabá muestra las interrelaciones entre las cuentas endógenas y exógenas. Por ejemplo una inversión por parte del gobierno estatal como el programa de PROCAMPO significa un ingreso exógeno para los respectivos hogares, a su vez los hogares gastan este ingreso demandando productos locales (comercios, milpa, etc.) o productos de la región (REGIÓN) dependiendo de la vinculación del pueblo con el exterior. La demanda local se satisface por medio del uso de factores de producción locales que al ser pagados para incrementar la producción reciben a su vez un ingreso. Este ingreso vuelve a circular en la economía de las cuentas de los factores de producción a las cuentas de instituciones (hogares) creando una nueva demanda.

El análisis de multiplicadores es simplemente la suma total de esta circulación de la inyección inicial dentro de la economía local. De esta manera podemos conocer la magnitud de las relaciones entre las actividades endógenas y exógenas para evaluar los efectos externos en el pueblo bajo estudio. Los resultados al igual que la construcción de la MCSP obedece a los objetivos de la investigación, de manera que una vez establecido este, el análisis de multiplicadores es muy simple de llevar a cabo en una hoja de cálculo. Sin embargo los modelos neoclásicos si requieren de mas capacidad de computación por la cual requieren de programas como el General Algorithm Modelling System (GAMS)¹³. El lector puede por lo menos utilizar la MCSP y llevar al cabo el análisis de multiplicadores¹⁴. Los diferentes escenarios y el modelo neoclásico se dejan para un trabajo de mayor detalle.

Agradecimientos

Al Dr. Antonio Yunez-Naude y Javier Becerril del Colegio de México en la elaboración de la MCS para el municipio de Hocabá. A Javier Becerril y Mara Ruiz por la colaboración en el diseño de las encuestas. A Arisbe Mendoza, Lilian

¹³ Ver los trabajos de Taylor y Yunez-Naude (1995), Yunez-Naude (1995), Yunez-Naude *et.al.* (1994) como ejemplos de las diversas aplicaciones de estos modelos.

¹⁴ Ver los trabajos muy ilustrativos de Rodriguez (1995) y Rodriguez *et.al.*, (1995)

Albornoz y Rafael Ortiz Pech por levantar los datos en la comunidad. A María del Carmen Delgado Carranza por la redacción y correcciones al texto.

Referencias

- Barceinas F., y Cervini H. 1993. Análisis de los multiplicadores contables asociados a una matriz de contabilidad social para México. *Análisis Económico*, 11(22).
- Becerril J., Dyer G., Taylor J. E. y Yúnez-Naude A. 1996. *Elaboración de matrices de contabilidad social para poblaciones agropecuarias: El caso de El Chante, Jalisco*. CEE, Documento de Trabajo VI. El Colegio de México. México D.F. México.
- Calva J. 1995. Razones y principios de una política integral incluyente de los campesinos. In: Moreno E. *et al.* (Eds.). *El sistema de poscosecha de granos en el medio rural: problemática y propuestas*. UNAM, Programa Universitario de Alimentos. México D.F. México.
- Pyatt G. y Round J. 1979. Accounting and fixed price multipliers in a social accounting matrix framework. *Economic Journal*, 89: 850-873.
- Rodríguez M. 1995. Impactos de algunas reformas económicas en un pueblo de La Laguna: una aplicación del análisis de multiplicadores. Maestría en Economía. El Colegio de México. México D.F. México.
- Rodríguez M., Taylor J. E. y Yúnez-Naude A. 1995. Impactos de las reformas económicas en una población ejidal: una propuesta de análisis cuantitativo. In: Mhyre D. (Ed.). *Proceedings of the Ejido Research Project*, Universidad de California. San Diego C.A, EUA.
- Stone R. 1959. *Social Accounting and Economic Models*. Bowes & Bowes, London.
- Stone R. 1959. *Social Accounting and Economic Models*. Bowes & Bowes, London.
- Taylor J. E. y Adelman, I. 1996. *Village Economies: The design, estimation and use of village-wide economic models*. New York: Cambridge University Press.
- Taylor J. E. y Yúnez-Naude A. 1995. Impactos de las reformas económicas en el agro mexicano: un enfoque de equilibrio general aplicado a una población campesina. Documento de Trabajo. Centro de Estudios Económicos, El Colegio de México. México D.F. México.
- Yúnez-Naude A., Barceinas F. y Taylor E. 1994. Reflexiones sobre la biodiversidad genética de las semillas; problemas de análisis y el caso del maíz en México. In: Yúnez-Naude A. (Comp.). *Medio ambiente: Problemas y soluciones*. El Colegio de México. México D.F., México.
- Yúnez-Naude A. 1995. El sector agropecuario y los procesos de cambio estructural e integración: la experiencia de México. Seminario Internacional La Integración Regional y Hemisférica en Perspectiva. Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento Nacional de Planeación y Ministerio de Comercio Exterior. Santa Fé de Bogotá, Colombia.

Yúnez-Naude A. y Taylor J. E. 1995. Impacts of policy reforms on two ejidal towns: A comparative study. Towards a Continental Agricultural Policy, Conferencia Plenaria del North American Agricultural Policy Research Consortium. Universidad de Stanford, California, EUA.