



Adaptando los programas de mejoramiento genético a las circunstancias de producción

Bernardo Vargas Leitón, Ph.D.
Coordinador Maestría en Producción Animal Sostenible
PCVET, Universidad Nacional, Costa Rica

Ponencia para el Curso Internacional
“La Medicina Veterinaria en el Siglo XXI
Universidad Autónoma de Chiapas
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
02/10/2002



Objetivo

Discutir los principales pasos a seguir en la formulación de una estrategia de mejoramiento genético acorde a las condiciones particulares de un sistema de producción animal en una determinada región/país



Bases del mejoramiento genético /Selección

***Selección Artificial.** Manipulación de los procesos reproductivos dentro de una población zootécnica con el fin de favorecer la obtención de mayor número de progenie de aquellos individuos identificados como **genéticamente superiores**.*

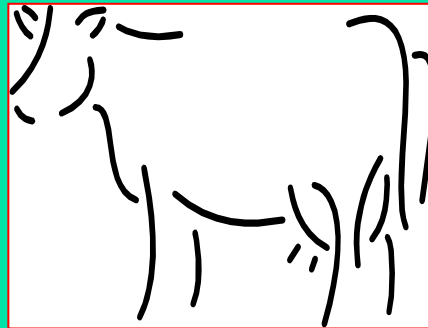


“Progreso” Genético

La frecuencia de los genes superiores aumenta en las generaciones siguientes

Bases del Mejoramiento Genético
/Genética vs Ambiente

Nutrición



Salud

Genética



Bases del Mejoramiento Genético

/Factores determinantes del progreso genético

1. *Variación: Grado de **diversidad** existente en los rasgos que queremos mejorar*
2. *Intervalo Generacional: Edad promedio de los progenitores al momento del nacimiento de las crías (**eficiencia reproductiva**)*
3. *Intensidad de Selección: **Proporción** de los individuos seleccionados con respecto a la población total que se mejora*
4. *Precisión/Confiabilidad: Grado de **certeza** que podemos tener en el estimado del Valor Genético de un individuo*



$$\text{Progreso genético} = \frac{(\text{intensidad de selección} * \text{confiabilidad} * \text{variación})}{\text{intervalo generacional}}$$



Bases del Mejoramiento Genético

/Componentes de la variación

$$\text{Fenotipo} = \text{Genotipo} + \text{Ambiente} + \text{Interacción GxA}$$

Genotipo= *Aditiva + Dominancia + Epistasis*

Aditivo: Se transmite entre generaciones (Heredabilidad)

Dominancia: Interacción entre alelos

Epistasis: Interacción entre genes

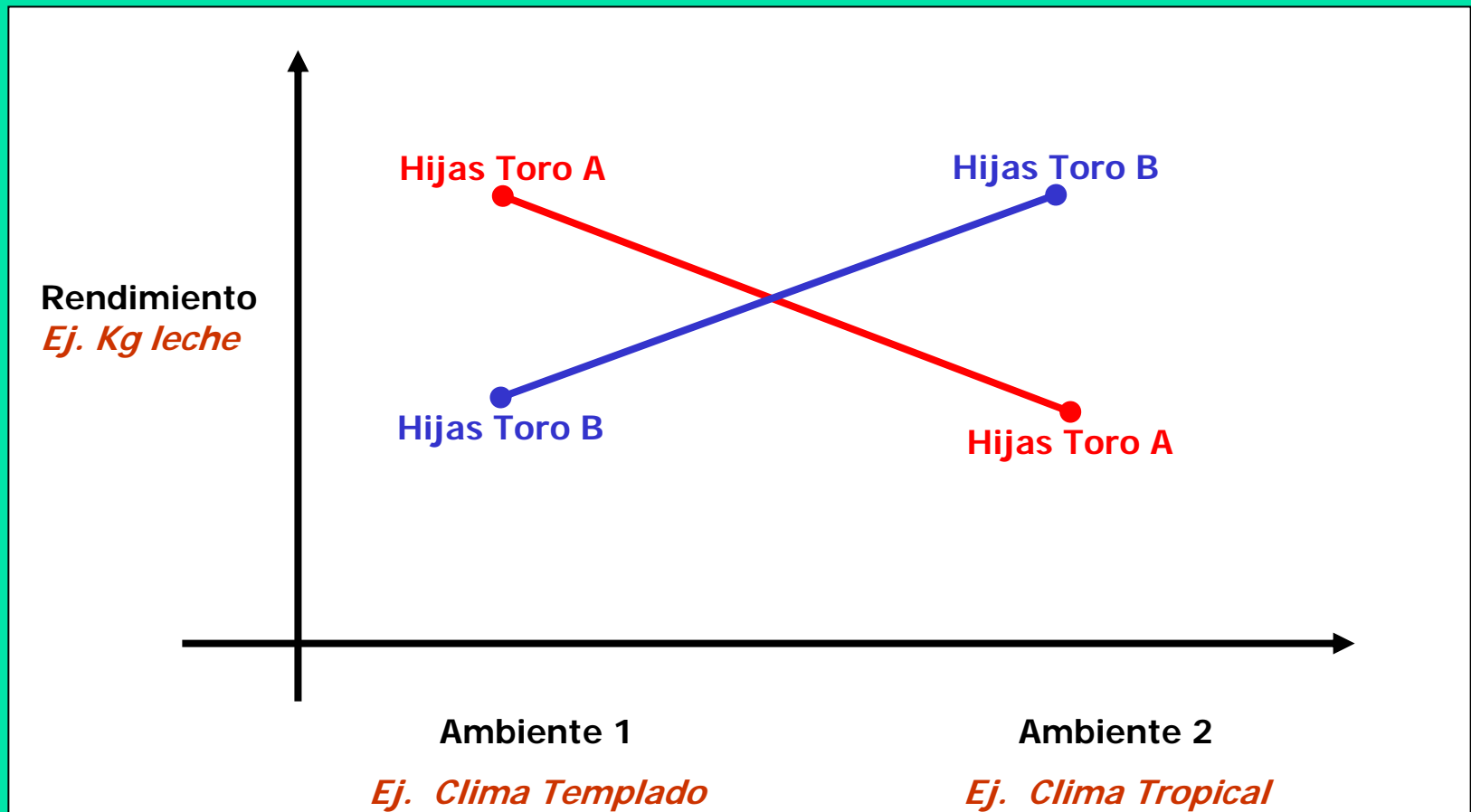
Ambiente= *Efectos externos que afectan el rendimiento*

GxA= *Mismos genotipos pueden tener distintos rendimientos en distintos ambientes*

Genotipo → largo plazo

Ambiente → corto plazo

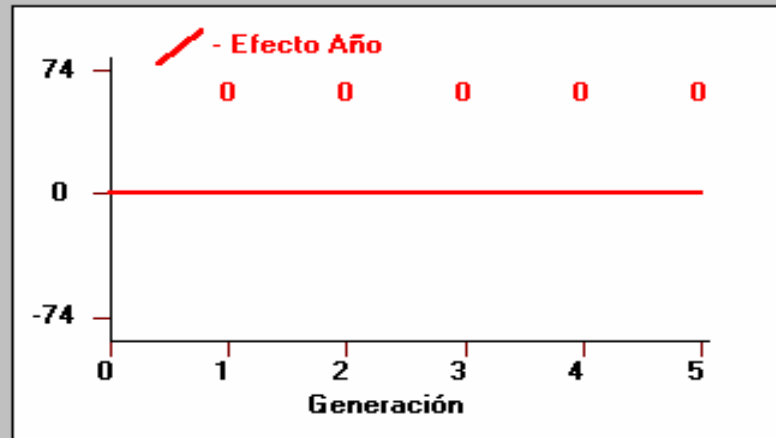
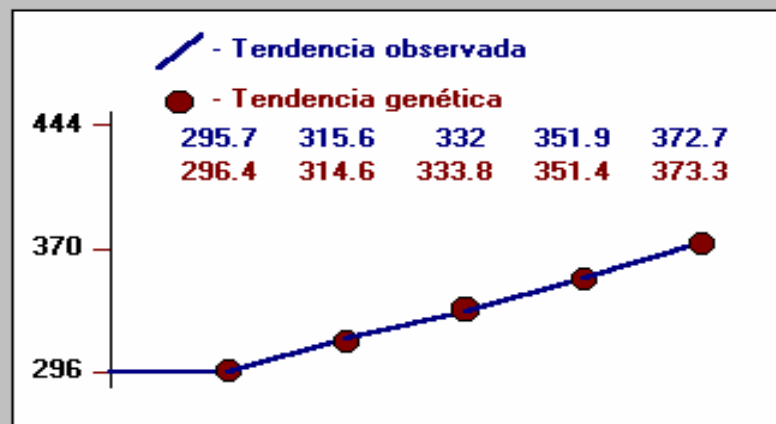
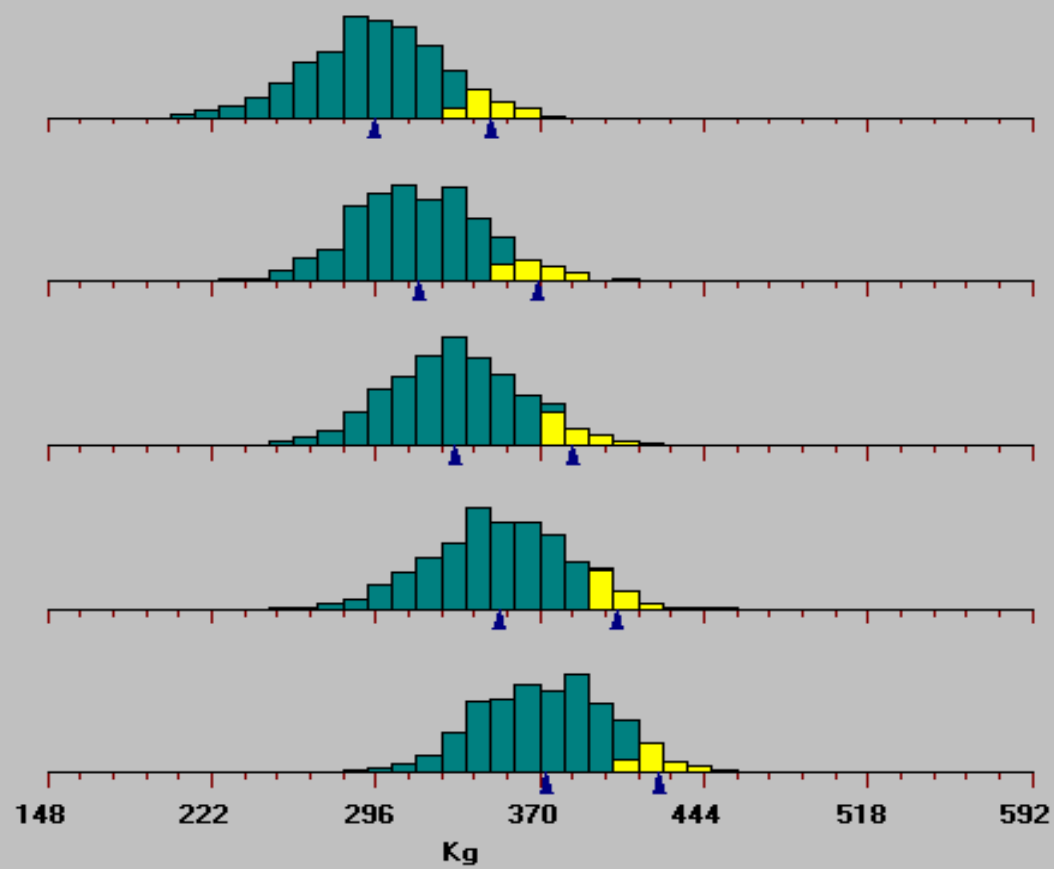
Bases del Mejoramiento Genético /Interacción Genética-Ambiente



GENUP para WINDOWS: C:\Archivos de programa\GENUP\Default.gnp [Default data set: Wool Sheep

Archivo Editar Módulos Ver Idioma Ventana Ayuda

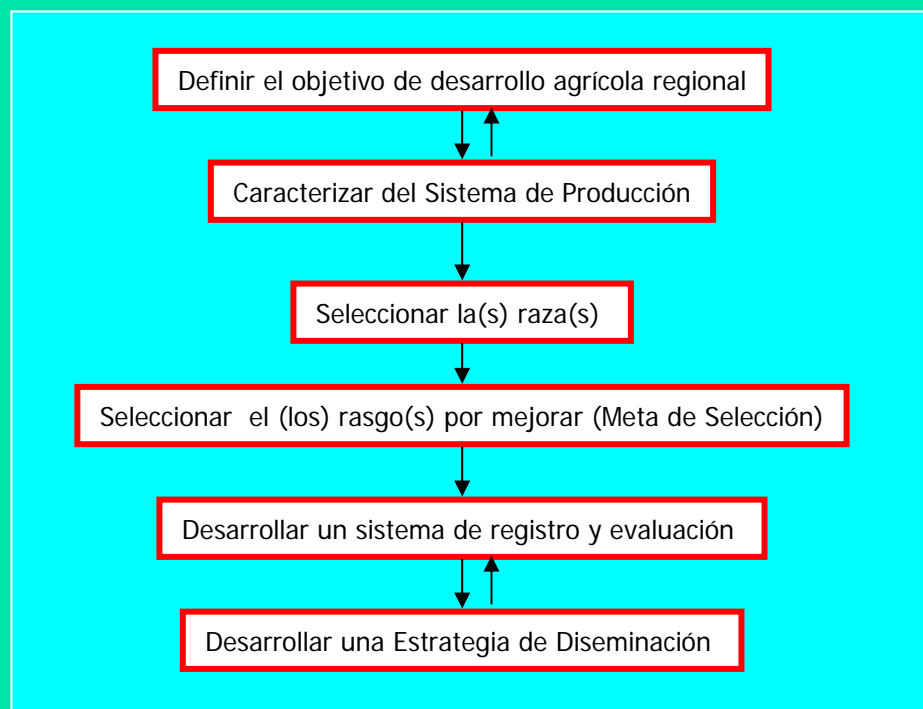
Repetir	Mostrar medias generac.	Proporción selec. : 1	Tamaño poblac. : 1000
	Cambiar raza y/o carác.	Heredabilidad : 35	Media inicial : 296
		Desv. típica : 30	Des. Típ. 'Efec. año' : 0



Formulación de Estrategias de Mejoramiento Genético

Objetivo:

Definir e Identificar los animales superiores para Utilizarlos de la manera más eficiente para producir la siguiente generación





Objetivo de desarrollo de la producción agrícola

El objetivo de desarrollo debe establecer la dirección deseada a seguir en los procesos de producción agrícola y en el sector específico involucrado

Interrogantes por plantear:

Tipo de Agricultura:

Agricultura Tradicional vs. Sostenible vs. Ecológica vs. Orgánica?

Nivel de Intensificación Alto? Medio ? Bajo?

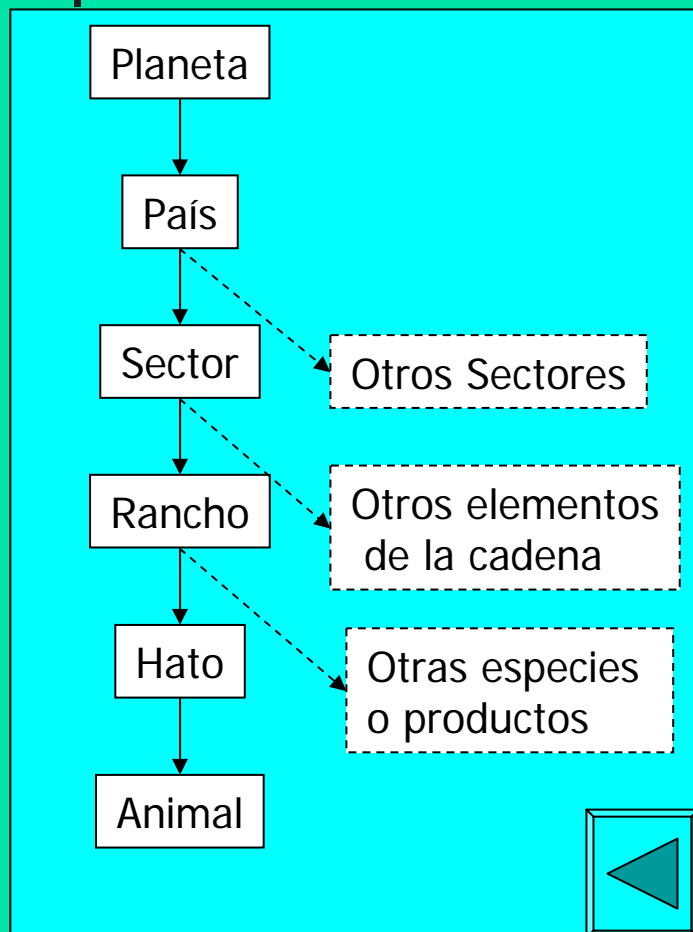
Social: Población meta (Local? Regional?)

Económico: Autosuficiencia?

Plazo: 10 ? 20? 30? Años. El mejoramiento genético es una tecnología a largo plazo

El programa de mejoramiento genético debe ser coherente con los objetivos de desarrollo del sector productivo involucrado y debe considerar no solamente las condiciones actuales de producción sino también las futuras

Objetivo de desarrollo de la producción agrícola /Nivel de Acción



Políticas Internacionales y estructura de mercado

Políticas Nacionales y estructura de mercado,
Elasticidad de precios, oferta/demanda, cuotas

Estructura de la cadena de producción, mercadeo

Políticas de manejo a nivel de rancho, recursos

Dinámica de población, tasas reproductivas y de
sobrevivencia

Regulación neuro-hormonal de procesos. Ej:
Consumo de alimento, reproducción, salud



Caracterización /Objetivos

- ⊕ *Identificar los sistemas prevalecientes*
- ⊕ *Identificar los factores limitantes exógenos y endógenos*
- ⊕ *Identificar recursos y opciones productivas o potencialmente productivas en el área bajo estudio*
- ⊕ *Entender las actitudes, motivos y aspiraciones de los productores*



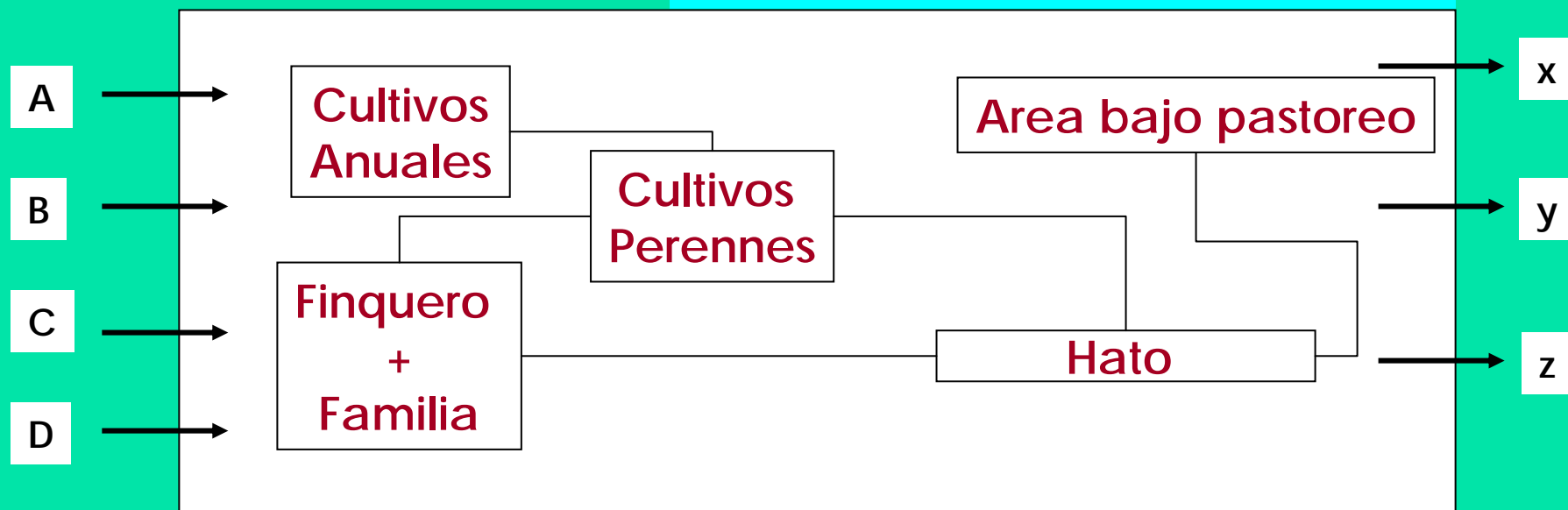
F.O.D.A

- ***F**ortalezas*
- ***O**portunidades*
- ***D**ebilidades*
- ***A**menazas*

*Un programa de mejoramiento genético debe **capitalizar** las fortalezas y oportunidades de un sector productivo, y al mismo tiempo **preveer** el posible efecto de las debilidades y amenazas presentes*

Caracterización /Pasos

- ✦ Definir los límites
- ✦ Determinar los componentes
- ✦ Determinar el componente social
- ✦ Determinar las interacciones
- ✦ Determinar las entradas
- ✦ Determinar las salidas





Caracterización /Herramientas

- ⊕ **Sondeo Rural Rápido**
- ⊕ **Encuestas Estáticas**
- ⊕ **Encuestas Dinámicas**
- ⊕ **Registros históricos**



- ⊕ **Modelos conceptuales (ej. diagramas de flujo)**
- ⊕ **Modelos bio-económicos (ej. simulación y/o optimización)**

*Caracterización
/Ejemplo a Nivel de Sector*

Estructura de la producción de leche en Costa Rica

Llanuras secas

15%

Llanuras húmedas

50%

Tierras altas

35%

100% leche
600 000 000 kg
450 000 vacas
35 000 fincas

50%

Fábricas

40%

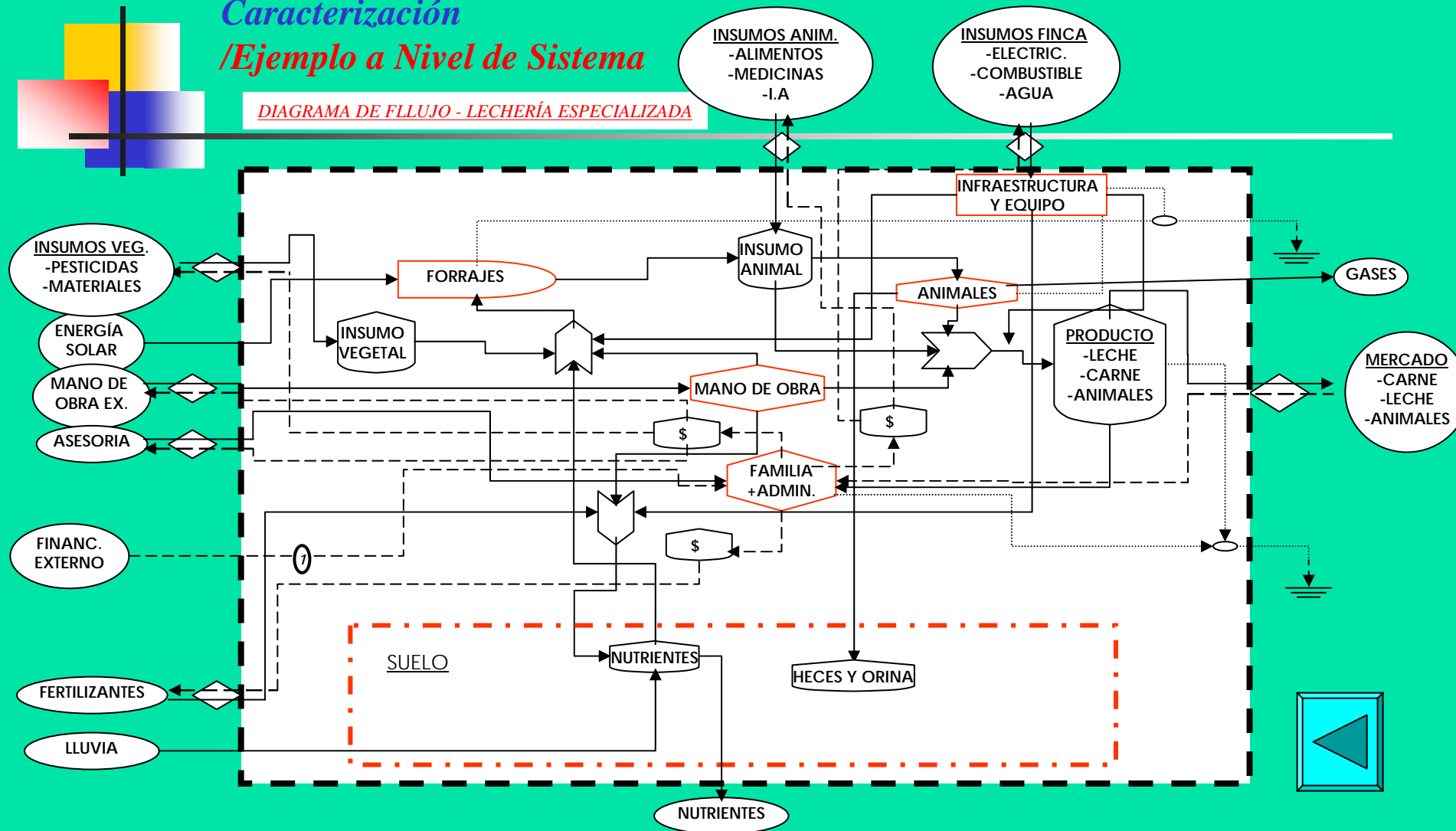
No procesada

10%

Auto consumo

Caracterización
/Ejemplo a Nivel de Sistema

DIAGRAMA DE FLUJO - LECHERÍA ESPECIALIZADA





Selección de la raza /Uso de Razas locales

Razas Locales

- *Listar las razas actualmente disponibles localmente*
- *Listar los posibles rasgos de interés para selección presentes en estas razas con base en el objetivo de desarrollo para la producción agrícola previamente establecido*
- *Caracterizar estas razas con base en los rasgos de interés identificados (ej. nivel de producción, nivel de resistencia a enfermedades, etc)*

Un programa de mejoramiento genético debe promover el uso de los recursos genéticos locales que han desarrollado naturalmente características de adaptabilidad a las condiciones imperantes

Selección de la raza y esquemas de mejoramiento /Uso de Razas Exóticas

Razas Exóticas

El uso de razas exóticas en un programa de mejoramiento genético se justifica cuando:

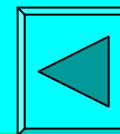
⊕ *Las Metas de Selección del país (región) de origen y del país(región) de destino son similares*

Cómo se mide? Correlación entre metas de selección

⊕ *Las razas exóticas son mejores que las locales para los rasgos que se quieren mejorar*

⊕ *La interacción Genotipo-Ambiente no es importante*

Cómo se mide? Correlación entre rasgos en distintos países



Un programa de mejoramiento genético puede hacer uso de razas (germoplasma) exótico cuando se compruebe su superioridad bajo condiciones locales y exista compatibilidad en las metas de selección del país de origen



Meta de Selección
/Rasgos por considerar

Qué es un animal superior?

*Presenta mejor comportamiento para un determinado rasgo
(o combinación de rasgos)*

Productivos

leche

carne

huevos

lana

Funcionales

Reproducción eficiente

Longitud de vida productiva

Rasgos de conformación

Rasgos de Comportamiento (docilidad, brío, etc)

Resistencia a enfermedades

Los rasgos a incluir en la Meta de Selección deben definir el tipo de animal óptimo según las condiciones de producción presentes y futuras.



Meta de Selección /Definición

La Meta de Selección es la lista de rasgos que el criador/productor quiere mejorar genéticamente

Esta lista debe estar basada en el objetivo de desarrollo del sector productivo involucrado y el análisis F.O.D.A de la fase de caracterización del sistema de producción animal

A cada rasgo dentro de la Meta de Selección se le debe asignar un ‘valor de ponderación’ (v) que representa su importancia relativa dentro de la Meta de Selección integral

$$G = v_1 A_1 + v_2 A_2 + v_3 A_3 + \dots$$



Meta de Selección */Cálculo de Valores de Ponderación*

Los valores ponderados (v) representan la importancia relativa que asignamos a cada rasgo dentro de la Meta de Selección.

Estos valores pueden asignarse por distintos métodos:

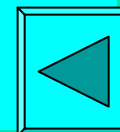
- 1. 'Intuitivamente' Ejemplo: Apreciación*
- 2. Mediante Modelos Bio-económicos de simulación con funciones objetivo claramente establecidas.*

Ejs de función objetivo:

Maximizar progreso genético

Minimizar costos de producción

Maximizar retorno económico





Desarrollar un sistema de registro y evaluación

Fuentes de información

Cómo se identifican los individuos genéticamente superiores?

Para identificar los individuos con mayor mérito genético necesitamos tener información con relación al rendimiento/comportamiento de todos los potenciales reproductores dentro de una población.

Esto requiere de:

1) Implementación de sistemas de registro de información

- Apreciación visual (barato pero subjetivo)*
- Mediciones precisas (confiable pero más caro)*
- Obtención de información de parientes (pedigree)*

2) Implementación de un sistema de comparación justo

- Debemos ser capaces de discernir entre las diferencias genéticas y las diferencias ambientales.*



Desarrollar un sistema de registro y evaluación

Fuentes de información

Índice de Información (Selección)

El Índice de Selección es una herramienta que combina toda la información disponible para tomar decisiones con respecto a la selección de individuos

En el Índice de Selección las observaciones son ponderadas mediante coeficientes

Estos coeficientes son calculados de manera que se maximiza el progreso genético para todos los rasgos que se desea mejorar

$$I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots$$

Los rasgos que deberían ser incluidos en el índice de selección deberán ser aquellos que puedan ser medidos con mayor facilidad y a un menor costo.

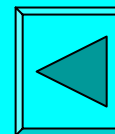


Desarrollar un sistema de registro y evaluación

Fuentes de información

Información necesaria para construir un índice de selección

- 1. Desviaciones estándares: Nos indican la variación existente (si no hay variación no puede haber selección)*
- 2. Heredabilidad: Proporción de la variación que puede ser transferida a posteriores generaciones*
- 3. Correlaciones genéticas y fenotípicas: Relación entre los rasgos*



Entre mayor información se incluya en el índice de selección mayor será la precisión de los estimados de valor genético. Sin embargo, debe encontrarse el punto de equilibrio entre el nivel de precisión deseado y el costo de las mediciones adicionales.



Esquema de diseminación del mejoramiento genético

La definición de nuestra Meta de Selección y la identificación de individuos superiores mediante un Índice de Selección no garantizan una diseminación eficiente de los genes superiores en la población

Es necesario además definir un esquema de diseminación que nos permita lograr un máximo aprovechamiento de los recursos y una rápida expansión de los genes mejorados en la población meta



Esquemas de diseminación del mejoramiento genético /Participantes

Roles de los participantes

Criadores: Producen y seleccionan los reproductores de las nuevas generaciones

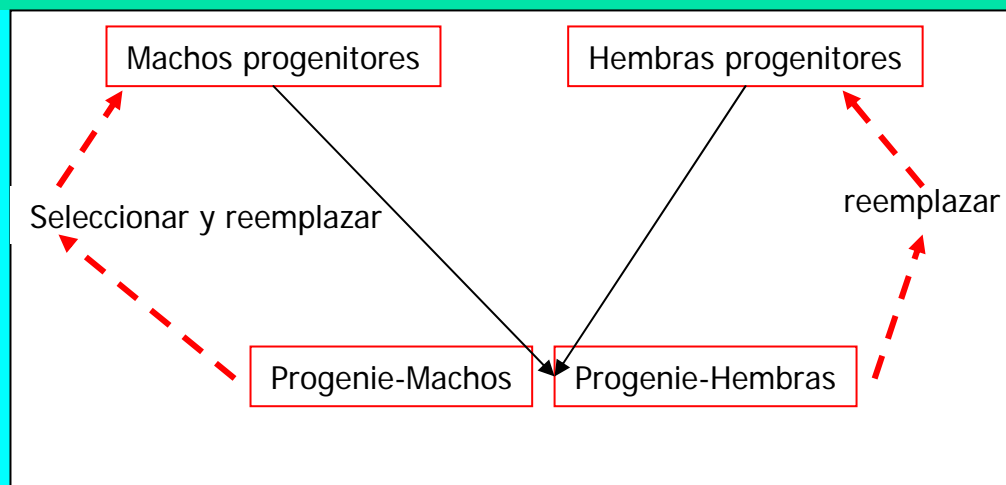
Productores: Obtienen el material genético mejorado de los criadores y lo utilizan en sus explotaciones

-Estos roles pueden ser ejecutados por las mismas o diferentes personas-

Esquemas de diseminación del mejoramiento genético /Esquemas de un nivel

Un nivel

- Los machos y las hembras de la población son reemplazados por su misma progenie
- Debido a que menos machos son necesarios, estos pueden ser seleccionados con mayor intensidad. Las hembras raramente pueden ser seleccionadas





Esquemas de diseminación del mejoramiento genético */Ejemplo: Programas de Prueba de Progenie (razas lecheras)*

Se seleccionan los sementales y vientres de mejor rendimiento directamente dentro de la población base para funcionar como reproductores

- 1. Los hijos de estos reproductores se crían en centros de I.A. donde se colecta semen*
- 2. Este semen se distribuye en las explotaciones comerciales (toros de prueba/"aventuras" genéticas:bajo precio)*
- 3. Se registra la producción de la progenie en las explotaciones*
- 4. Se clasifican los sementales (según valor genético) y se distribuyen masivamente dentro de la población base para producir las siguientes generaciones (precio acorde con su valor genético)*



Esquemas de diseminación del mejoramiento genético */Ejemplo: Programas de Prueba de Progenie (razas lecheras)*

Ventajas:

- No requiere la creación de estructuras adicionales de selección*
- La selección se hace directamente en las condiciones ambientales de producción*

Desventajas:

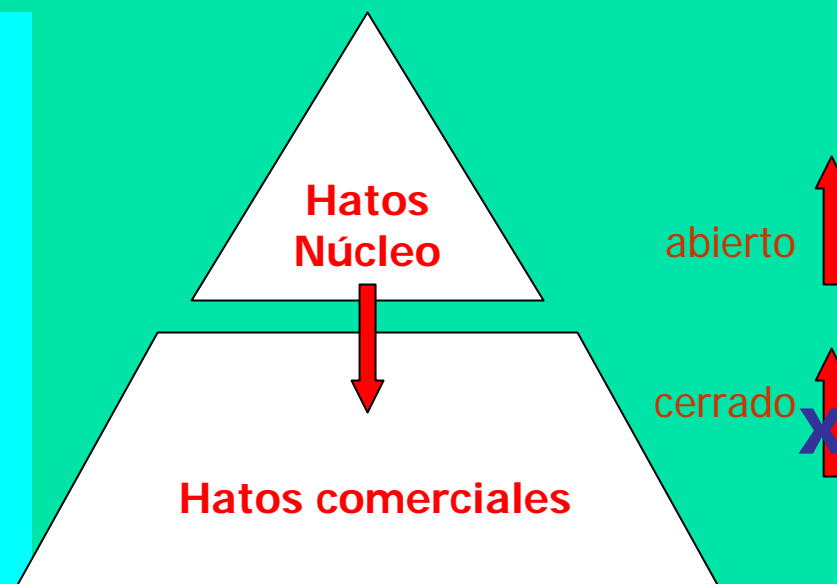
- Requiere de evaluaciones genéticas dentro de la población base*
- El progreso genético depende altamente del **tamaño** de la población base*

Esquemas de diseminación del mejoramiento genético */Ejemplo de esquemas de Dos Niveles*

Dos niveles

-La selección y el mejoramiento se llevan a cabo dentro de núcleos de mejoramiento que corresponden a hatos con el más alto nivel genético

-Los productores comerciales compran los individuos (o el germoplasma) y lo utilizan en sus explotaciones sin necesidad de tener que realizar selección ellos mismos





Esquemas de diseminación del mejoramiento genético */Ejemplo de esquemas de Dos Niveles Cerrado*

El flujo de genes es solo hacia abajo → Los reemplazos son obtenidos dentro del mismo núcleo

Ventajas:

- Más barato (Solo requiere de evaluación genética dentro del núcleo)*
- Mayor control sobre el programa (operatividad)*
- Mayor aprovechamiento de la capacidad reproductiva de las hembras*

Desventajas:

- El tamaño efectivo de la población debe ser suficiente para mantener un nivel bajo de CONSANGUINIDAD!*
- Debe existir control estricto de enfermedades*
- Progreso genético más lento*



Esquemas de diseminación del mejoramiento genético */Ejemplo de esquemas de Dos Niveles Abierto*

También existe flujo de genes desde la población base hacia el núcleo

Ventajas:

- Progreso genético más acelerado*
- Menores niveles de consanguinidad*

Desventajas:

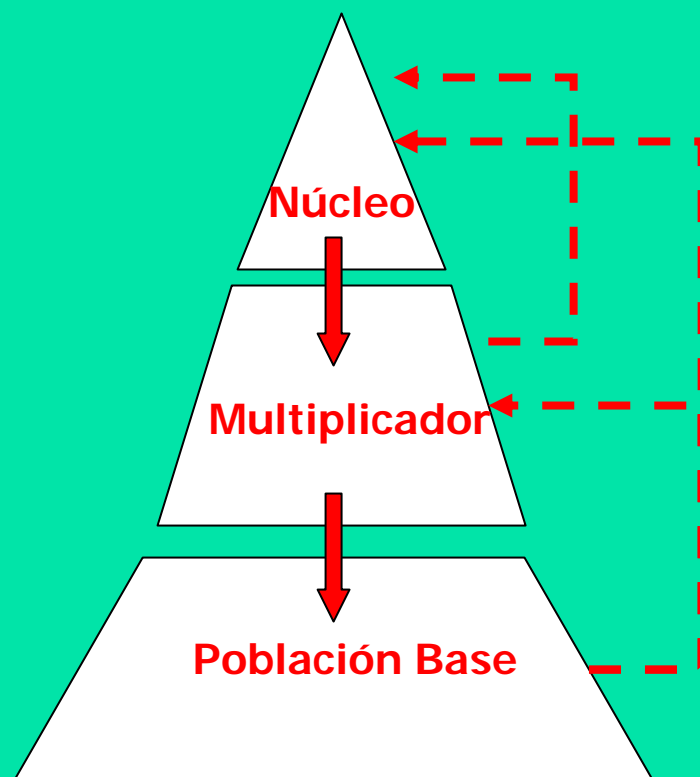
- Más caro (Requiere de evaluación genética en la población base)*
- Mayor probabilidad de ingreso de enfermedades*

Esquemas de diseminación del mejoramiento genético /Ejemplo de esquemas

Tres o + niveles

-En algunos casos existen eslabones intermedios en la pirámide, que generalmente se trata de hatos **multiplicadores** utilizados para lograr una diseminación más eficiente del germoplama

-El flujo de genes se realiza desde los eslabones superiores a los inferiores (núcleo-base), aunque también puede darse de abajo hacia arriba



La estructura de diseminación óptima para un programa de mejoramiento genético es la que logra un mejor equilibrio entre rapidez del mejoramiento genético vs. costo involucrado



/Mensajes

El programa de mejoramiento genético debe ser coherente con los objetivos de desarrollo del sector productivo involucrado y debe considerar no solamente las condiciones actuales de producción sino también las futuras

*Un programa de mejoramiento genético debe **capitalizar** las **fortalezas** y **oportunidades** de un sector productivo, y al mismo tiempo **preveer** el posible efecto de las **debilidades** y **amenazas** presentes*

Un programa de mejoramiento genético debe promover el uso de los recursos genéticos locales que han desarrollado naturalmente características de adaptabilidad a las condiciones imperantes

Un programa de mejoramiento genético puede hacer uso de razas (germoplasma) exótico cuando se compruebe su superioridad bajo condiciones locales y exista compatibilidad en las metas de selección del país de origen



/Mensajes

Los rasgos a incluir en la Meta de Selección deben definir el tipo de animal óptimo según las condiciones de producción presentes y futuras.

Los rasgos que deberían ser incluidos en el índice de selección deberán ser aquellos que puedan ser medidos con mayor facilidad y a un menor costo.

Entre mayor información se incluya en el índice de selección mayor será la precisión de los estimados de valor genético. Sin embargo, debe encontrarse el punto de equilibrio entre el nivel de precisión deseado y el costo de las mediciones adicionales.

La estructura de diseminación óptima para un programa de mejoramiento genético es la que logra un mejor equilibrio entre rapidez del mejoramiento genético vs. costo involucrado