

DISEÑO PREDIAL Y COMPORTAMIENTO ECONÓMICO DE LECHERÍAS A PASTOREO*

Carlos Gana

Resumen

Con el fin de relacionar el diseño predial con el comportamiento económico y otras variables estructurales y funcionales de explotaciones lecheras basadas en pastoreo, se estudió en detalle tres lecherías en la X Región de Chile. Las producciones de leche en los casos 1 al 3 fueron de 0,59, 2,11 y 0,37 millones de litros al año, las que se realizan con 137; 370 y 100 vacas-masa, sobre 345; 194 y 78 ha, por predio, respectivamente. Se describió matemáticamente la ordenación del predio utilizando dos centros de interés: la lechería y el centro geográfico; dos tipos de unidades de producción de forraje o potreros: para pastoreo y para cosecha mecánica exclusiva; y tres tipos de distancias: la distancia A, entre la lechería y los potreros según el recorrido actual, ponderada por la superficie de cada potrero; la distancia B, entre ambas y también ponderada, pero en línea recta; y la distancia C, entre el centro geográfico y los potreros. La distancia media A fue de 1.470; 847 y 502 m y la distancia media C fue de 784, 610 y 410 m, para los casos 1, 2 y 3, respectivamente. La cuantificación del grado de cercanía entre la ordenación actual del predio y el "ideal" se hizo a base del cálculo de coeficientes de asimetría y coeficientes de correlación. La diferencia entre los coeficientes de asimetría de las distancias B y C fue de 80%, 4% y 2%, en tanto que los coeficientes de correlación entre las distancias A y C fueron 0,30; 0,98 y 0,61, para los casos 1 al 3, respectivamente. Finalmente, se realizó una valoración cualitativa del grado de alineamiento de los diseños actuales con los principios de diseño predial, arrojando valores de 64; 78 y 82%, respecto del óptimo teórico, en los casos 1, 2 y 3, respectivamente.

Palabras claves: diseño, apotreramiento, lechería, pastoreo, asimetría.

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	701
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	702
DESCRIPCIÓN DE CASOS	703
RELACIONES ESPACIALES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	705
CONCLUSIONES.....	709
BIBLIOGRAFÍA.....	710

INTRODUCCIÓN

Dada la naturaleza sistémica del predio, es factible dividir las decisiones que ahí se toman, en dos tipos: estructurales y funcionales. Las decisiones de tipo estructural consideran los objetivos de largo plazo del propietario. Esto es, qué producir y, en buena medida, cómo producir. Por lo general, toman en cuenta el potencial productivo del predio, destinando cada área a aquel uso o estilo de uso más adecuado. Bajo este prisma, la ordenación espacial del sistema de producción debería tender a ser consistente con los procesos operacionales que se realicen, en orden a maximizar la eficacia y la eficiencia. Dentro de las decisiones que afectan la estructura del predio, el diseño es la más relevante, pues determina su funcionamiento en forma permanente, al ubicar divisiones internas y estructuras en general inamovibles.

Cuando en la ordenación territorial de predios lecheros, las decisiones de ubicación de las estructuras fundamentales se toman en las etapas iniciales de la explotación, sin una adecuada planificación, el sistema se puede enfrentar a situaciones de desequilibrio económico o financiero. Esto ocurre cuando las decisiones

importantes se han tomado por razones circunstanciales, o porque no se ha considerado el crecimiento futuro de la empresa, o simplemente por la práctica habitual de la "prueba y error", dentro de la cual es común aplicar soluciones conocidas a través de la tradición o por la experiencia en el predio propio o en el ajeno. Al igual que una enfermedad crónica, es posible convivir con algunos de estos desequilibrios durante algún tiempo. Sin embargo, la permanencia de problemas estructurales sin solución termina afectando la productividad y el resultado económico de la empresa. Dependiendo de la magnitud del problema, el negocio puede dejar de ser rentable y la empresa podría tender a desaparecer.

La hipótesis de este trabajo es que la ordenación territorial de un sistema de producción agropecuario debería ser armónico con la arquitectura y con el funcionamiento del ecosistema-predio. En otras palabras, el diseño de la tecnoestructura, en especial el apotreramiento, la distribución de los caminos y la ubicación de las construcciones ganaderas, está condicionado por los sitios del predio (unidades de potencial productivo) y por las operaciones del sistema (unidades de proceso). En la medida en que no exista un diseño armónico en este sentido, la persistencia de la unidad económica en el tiempo tenderá a ser baja.

El objetivo de este trabajo fue mostrar la experiencia de tres casos y relacionar su resultado económico y otras variables con su ordenación territorial. Para tal efecto, se desarrolló una serie de variables técnico-espaciales y económico-espaciales, las que se describen y analizan.

* Gana, C. 2002. Diseño predial y comportamiento económico de lecherías a pastoreo. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde un punto de vista conceptual, la empresa agropecuaria puede definirse como la conjunción de tres fuerzas convergentes: los objetivos del propietario, el potencial productivo y el entorno económico (Gana, 1997). Esto significa que el resultado de una empresa dependerá de quién sea el dueño, de la expresión del potencial clima-suelo y del momento histórico en que se haga. En el caso de la ordenación territorial, las dos primeras fuerzas son especialmente importantes. El potencial del clima-suelo es tanto condicionante del uso de las unidades naturales del predio. Los objetivos del propietario en tanto condicionantes del uso y estilo de uso y, por extensión, de la operación interna del sistema.

A nivel predial, el concepto de totalidad desarrollado por Von Bertalanffy (1976) cobra especial relevancia. Se refiere a que cualquier cambio en la magnitud de una variable dependiente es función de las cantidades de todos los elementos; y cualquier cambio en un elemento no sólo altera a la variable dependiente, sino también a otras variables independientes. Esta noción, sumada a la de orden jerárquico de los sistemas, permite asumir, entre otras consideraciones, que un cambio u orden estructural del sistema deberá tener alguna incidencia en las variables de funcionamiento.

En agricultura, Gastó (1979) se refiere al ecosistema como el sistema natural sobre el que se desarrolla la actividad antrópica. El ecosistema se caracteriza por su arquitectura y su funcionamiento, existiendo una interdependencia entre ambos. De este modo, es posible actuar sobre la arquitectura y modificar el funcionamiento y viceversa.

Según Gastó (1979), la interdependencia entre funcionamiento y arquitectura se expresa en el cambio de estado del ecosistema. Von Bertalanffy (1976) plantea que en caso que un sistema se acerque a un estado estacionario, los cambios que se den pueden ser expresados no sólo en términos de condiciones reales sino también en términos de la distancia que los separa del estado de equilibrio. El sistema parece entonces tender a un equilibrio que será alcanzado en el porvenir, o bien, los acontecimientos pueden expresarse como dependientes de un estado futuro final. La dirección del proceso a este estado final está determinada por el desarrollo del propio sistema y su entorno. En otras palabras, la estructura y funcionamiento de una empresa agrícola, entendida como sistema, determinan en gran medida el grado de éxito o futuro de la misma, dado que condicionan su cambio de estado en el tiempo.

En forma complementaria a la arquitectura y el funcionamiento, Nava *et al.* (1979) incorporan el concepto de comportamiento, que corresponde a la respuesta del ecosistema predial frente a estímulos del medio. El

comportamiento se mide, por lo general, en términos de productividad, es decir, variación en el producto frente a variación del insumo. Sin embargo, no siempre el comportamiento se aprecia en la misma temporada en que ocurre el estímulo. Por una parte, hay respuestas de efecto retardado y por otra, hay efectos acumulativos que generan un problema crónico, el que a su vez, no es fácil de identificar desde dentro del mismo sistema. Adicionalmente, hay características propias de la arquitectura de los sistemas que hacen que un estímulo pueda sufrir una suerte de refracción en infinidad de respuestas, cada una de las cuales en apariencia carece de importancia. No obstante, al ser persistentes y sumarse en el tiempo, pueden contribuir en grado importante a explicar el éxito o fracaso de la empresa. Éste sería el caso del diseño predial.

El diseño del predio se refiere a la organización espacial y funcional que tiene la unidad productiva, existiendo tantos diseños como número de predios. Aún más, para cada predio existen varias opciones de diseño, las que pueden ser reflejadas en imágenes o modelos. De acuerdo con lo anterior, en teoría puede existir un modelo de ordenación espacial y funcional óptimo, el que debe satisfacer un conjunto de criterios que expresen los objetivos del propietario, el potencial natural del campo y las oportunidades del mercado, entendidas en el largo plazo.

El diseño predial tiene un fuerte componente práctico al momento de definir la ubicación de estructuras permanentes como caminos, fosos y canales, puentes y construcciones. Sin embargo, donde tal vez se refleja en mayor medida su impacto es en el apotreramiento y en la división de los espacios. Según Gastó *et al.* (1993), hay al menos 10 principios básicos que deben ser considerados al momento de diseñar (o rediseñar) un predio: naturalidad, simpleza, conectividad, principio canónico, diversidad, funcionalidad, congruencia, flexibilidad, unidad, e identidad. Muchos de los principios de diseño predial son antagónicos al intentar ponerlos en práctica, pues existen conflictos lógicos entre ellos. De hecho, la naturalidad de un predio de geomorfología diversa hará difícilmente aplicables los principios de simpleza, conectividad, canónico y flexibilidad. En este sentido, lo importante es lograr una solución de diseño en que la combinación de todos los principios optimice el resultado final a base de *satisfactum* de las respectivas partes.

Dado que el comportamiento del sistema de producción y de la empresa agrícola están condicionados en cierta medida por el diseño predial, deben existir variables que expliquen en algún grado la relación entre la arquitectura (ordenación espacial o diseño predial) y la respuesta o comportamiento del sistema (comportamiento productivo y económico) frente a un estímulo. El comportamiento productivo se mide, por lo general, en términos de volumen de producción y de producciones unitarias. Dentro de las dos producciones

más utilizadas se encuentran la producción por vaca y la producción por hectárea, ambas en un determinado período.

El comportamiento económico de las empresas agrícolas se mide por el cambio en su situación patrimonial, por el resultado de su ejercicio y por algunos índices de tipo económico y financiero. En el caso de las empresas agrícolas, no siempre ha sido fácil relacionar variables técnicas o físicas con resultados económicos, debido a la naturaleza de la propiedad de la empresa. En la agricultura existen motivaciones que son diferentes de las tradicionales motivaciones comerciales, llegando algunas a ser contrapuestas a la idea de generar utilidades. Tal es el caso del amor a la tierra, el sentido de pertenencia a un ambiente y tradición rural, la sensación de seguridad y la sensación de poder.

Esto hace que el grado de variación entre empresas sea alto y que la generalización sea difícil a la hora de buscar explicación para un determinado comportamiento productivo o económico. De acuerdo con un estudio de casos de 18 empresas lecheras en Chile, representativas de una muestra encuestada de casi 600 empresas, no existe ningún tipo de relación entre algún componente específico de costos (mano de obra, alimentación, administración, depreciación, u otros) y, la eficiencia productiva en general. Ni siquiera fue factible encontrar evidencias de economías de escala (Vargas, 1999).

Lo anterior, sumado a lo informado por otros autores que han estudiado casos aplicando métodos integrales (Gana y Cussen, 1996), permite suponer que el éxito de una empresa agropecuaria se explicaría fuertemente por aspectos socioculturales y de habilidad gerencial

para manejar el sistema de producción y/o el negocio. El nivel social y cultural del propietario determina en buena medida otras condicionantes estructurales y funcionales del sistema de producción. De ambos tipos de condicionantes, las estructurales son más importantes y relevantes en el éxito a largo plazo de la empresa. De hecho, el diseño predial y, por ende, la estructura espacial del sistema, es comúnmente definido por el productor lechero y su personal, el que rara vez tiene una sólida formación técnica. En cambio, el manejo del rebaño y del predio, es decir, el funcionamiento del sistema, muchas veces está fuertemente influido por el asesor de nivel profesional o técnico. Esta desalineación estructural–funcional explicaría en parte por qué la recomendación del asesor, aun cuando sea técnicamente adecuada y se ejecute según lo indicado, no siempre tiene impacto positivo en el sistema.

DESCRIPCIÓN DE CASOS

Los tres casos analizados corresponden a explotaciones agrícolas cuyo rubro principal es la producción de leche; están basadas en pastoreo y subsisten en condiciones de secano. La información del caso 1 se ha actualizado, pues hoy día la lechería no existe y el predio se arrendó. Sin embargo, se incluyó porque representa una situación claramente diferenciada de ordenación territorial que es de ocurrencia común en la zona.

Todos los casos tienen situaciones de potencial edafoclimático diferente (Cuadro 1). En los casos 1 y 2, la presencia de sectores mal drenados constituye la limitación fundamental, en tanto que el caso 3 no tiene limitaciones de suelo.

Cuadro 1. Descripción general de los predios: ubicación y suelos

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Provincia	Valdivia	Valdivia	Osorno
Distancia a ciudad	60 km	50 km	20 km
Distritos dominantes	Plano	Ondulado y Plano	Plano
Suelos	Trumaos/ñadis	Trumaos/ñadis	Trumaos
Riego/secano	Secano	Secano	Secano
Superficie total (ha)	670	390	105
Suelos bien drenados	20 %	76 %	98 %

Fuente: Panario *et al.* (1998)

En los casos 2 y 3 hay una amplia experiencia, de más de 15 años, en la actividad lechera; y la administración tiene al menos 10 años a cargo del predio (Cuadro 2). En los casos 2 y 3, el propietario vive de la actividad agrícola, en tanto que en el caso 1, puede prescindir de los flujos generados por el negocio. De hecho, el resultado operacional es negativo. Sólo los tres primeros casos cuentan con asesoría agronómica y veterinaria permanente. En el caso 1 se produce leche y ganado de crianza proveniente de la lechería y de un pequeño rebaño de vacas para carne. En el caso 2, además de la producción de leche, se cría a los machos hasta terminados como novillos gordos. En el caso 3, se crían los

machos sólo durante 6–8 meses, para luego venderlos como terneros para recría.

En todos los casos, no existe estacionalidad en las pariciones, aunque sí en la producción, en especial en los casos 1 y 3, en los cuales la mayor parte de la producción se genera en primavera y verano, debido a su mayor dependencia de los recursos forrajeros. El recurso forrajero principal en los casos 1 y 2 es la pradera mejorada, que alguna vez fue sembrada, principalmente con *Lolium perenne* (ballica perenne) y *Trifolium repens* (trébol blanco) de baja persistencia. Luego se han mantenido a base de fertilizaciones y pastoreo

intensivo. Ambos casos tienen una superficie inferior al 20% del total utilizable con praderas de alfalfa, ballica, u otras de alta producción y reciente establecimiento (menor a 3 años). El caso 3 basa la alimentación del ganado en praderas mejoradas, *Medicago sativa* (alfalfa), ballica y subproductos de campo de la remolacha y el trigo. El uso de concentrados, incluidas las sales minerales y subproductos industriales llevados a 90% de materia seca, es de 200 g/lit en el caso 2. En el caso 3, el uso es del orden de los 300 g/lit, y en el caso 4 es inferior a 100 g/lit.

La combinación y calidad de insumos utilizados, la raza actual, el nivel de inversión y los procedimientos usados, se traducen en determinados niveles de producción unitaria, los que determinan la intensidad de uso señalada en el Cuadro 2. La condición general del sistema es una variable que relaciona la situación actual del mismo con la situación teóricamente ideal, entendida como aquella que permite utilizar el máximo potencial natural del predio y cumplir a cabalidad los objetivos del propietario. De los tres casos, sólo el caso 2 se encuentra en buena condición. Ninguno de los casos está en condición excelente.

Cuadro 2. Propiedad, uso, estilo y condición

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Superficie propia	Total	Total	Total
Antigüedad de la explotación lechera	2 años	18 años	27 años
Antigüedad a cargo del predio (1)	3 años	18 años	27 años
Habita en el predio	no	si	no
Vive de la empresa	no	si	si
Asesoría agronómica permanente	si	si	no
Asesoría veterinaria permanente	si	si	no
Productos a la venta	leche y ganado de crianza	leche y novillo gordo	leche, crianza, trigo y remolacha
Sup. destinada a lechería-crianza (ha)	345,0	340,2	77,5
Superficie destinada a lechería (ha)	345,0	194,0	77,5
Recurso forrajero principal	pradera mejora.	pradera mejora.	ballica – alfalfa
Raza lechera	Varias	Frisón Negro	H. Europeo
Nivel de inversión	bajo	medio	alto
Intensidad de uso	baja	alta	media
Condición general del sistema (2)	mala	buena	regular

Fuente: El Autor.

(1) Años en que el actual propietario está a cargo del predio

(2) Se refiere a la relación entre la situación actual y la suma del potencial del campo y los objetivos del dueño. La condición contempla cuatro grados descriptivos: Excelente, Buena, Regular y Mala.

La caracterización productiva de los casos permite desagregar algunas variables que explican la intensidad de utilización y la condición del sistema (Cuadro 3). En el caso 1, tanto las razas utilizadas como el potencial natural son bajas, lo que hace que la producción unitaria sea baja. No obstante, existe además un problema de subutilización del recurso suelo. El caso 2 presenta un buen equilibrio entre intensidad de uso, potencial genético del rebaño y utilización del recurso suelo. En el caso 3, el alto potencial del recurso suelo permite una mayor carga animal y por lo tanto una mayor producción unitaria por hectárea. Sin embargo, la alimentación es baja en concentrado y la raza no es de alto potencial de producción de leche, lo que se traduce en una producción baja por animal.

El caso 1 correspondería, según la clasificación de Smith (1999), a un sistema tipo S-3 de la X Región norte (prov. de Valdivia), el que tiene en promedio una entrega a planta anual de 620.000 litros; 3.800 lt/VM y 2.500 lt/ha. El caso 2, en cambio, corresponde casi exactamente a la media del sistema S-4 de dicha Región, el que tiene una entrega media a planta de 2.027.000 litros anuales; 5.900 lt/VM/año y 6.200 lt/ha/año. El caso 3, por su parte, estaría dentro del tipo

S-4 de la X Región sur (provincias de Osorno y Llanquihue), que tiene una entrega anual media a planta de 677.000 litros; 4.300 lt/VM y 3.700 lt/ha. Los tres casos estaban en fases de crecimiento vegetativo del rebaño, con tasas del orden del 10% anual.

Los niveles de producción, en general, no guardan relación con el resultado (Cuadro 4). Los casos 2 y 3 son equilibrados en cuanto a su potencial y su resultado económico. El caso 1 también tiene un resultado económico esperable al potencial natural del predio, a la raza utilizada y a los procedimientos involucrados. Dentro de la evolución del sistema, en este caso, tampoco podría esperarse un mejor resultado en un período mayor, pues incrementar la intensidad de uso y la carga animal en suelos de bajo potencial no es un ejercicio rentable. En el caso 1, el inadecuado diseño predial podría explicar en parte la ineficiencia directa del sistema de producción, aun cuando puede existir una incidencia mayor de otras variables o factores de producción.

Cuadro 3. Caracterización productiva

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Vaca-Masa (VM) media anual	137,0	370,0	100,0
Vaca-Ordeña (VO) media	106,0	308,0	83,0
Vaca a pastoreo media	120,0	313,0	88,0
Entrega de leche a planta (kg/año)	588.087,0	2.106.250,0	369.200,0
Entrega por VM (kg/año)	4.293,0	5.693,0	3.692,0
Entrega diaria por VO (kg)	15,2	18,7	12,2
Entrega media por ha destinada a lechería y crianza (kg/ha)	1.705,0	6.191,0	4.890,0

Fuente: El Autor.

Nota: todos los valores corresponden a entrega de leche a planta y no a productividad total del sistema. Sin embargo, en todos los casos, la entrega a planta es superior al 95% de la producción total.

El hecho de no encontrar una relación contundente entre la productividad física y el resultado económico de explotaciones lecheras, ha sido descrita también en otras investigaciones. Andreo *et al.* (1997), después de encontrar un valor $r^2 = 0,40$ para la relación entre el ingreso neto y el nivel de productividad en 18 empresas lecheras, concluyeron que existen otras variables cualitativas de importancia en el resultado económico, tales como la gestión empresarial, la capacidad y eficiencia de la mano de obra y el tamaño de la explotación.

Cuadro 4. Resultado económico de lechería y crianza (M\$)

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Ingreso Bruto por venta de leche y carne	60.297	249.110	44.687
Costos Directos	54.147	163.040	21.730
Margen Bruto	6.151	86.070	22.957
Costos Indirectos	21.911	34.148	17.495
Resultado Operacional	-15.760	51.922	5.463

Fuente: El Autor.

Al analizar los resultados económicos unitarios, se comprueba lo señalado en cuanto a la eficiencia de uso de los recursos. Los casos 2 y 3 muestran un buen margen bruto por vaca-masa, por kg de leche y por hectárea. El caso 3 empeora ostensiblemente el resultado operacional, debido a que el tamaño de la explotación no es suficiente para pagar los costos de administración y generar, además, excedentes. Sin embargo, es eficiente en el uso de sus recursos. Según el Estudio de Competitividad de la Producción Lechera Nacional (Anrique y otros, 1999), los costos totales determinados en 18 casos entre la V y la X regiones, variaban entre 64,7 y 138,2 \$/lt. En los siete casos estudiados en la X Región norte (Valdivia), los costos variaron entre 71,6 y 111,9 \$/lt, con una media de 90,1 \$/lt. A su vez, en los 5 casos estudiados en la X Región sur (Osorno y Llanquihue), el costo total de producción variaba entre 64,7 y 94,8 \$/lt, con una media de 80,5 \$/lt.

De acuerdo con esto, el caso 2 estaría dentro de los rangos medios, en tanto que los casos 1 y 3 tendrían

costos de producción claramente mayores a los esperados en la zona respectiva.

Cuadro 5. Resultados económicos unitarios

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Ingreso por vaca-masa	440.126	673.270	446.872
Margen Bruto por vaca-masa	44.892	232.622	229.573
Resultado Operacional por vaca-masa	< 0	140.330	54.626
Ingreso ganadero por kg de leche	102,5	118,3	121,0
Margen Bruto por kg de leche	10,5	40,9	62,2
Resultado Operacional por kg	< 0	24,7	14,8
Costo Operacional Total por kg	129,3	93,6	106,2
Ingreso por kg/hectárea	174.775	732.246	458.331
Margen Bruto por hectárea	17.828	252.998	304.070
Resultado Operacional por hectárea	< 0	152.622	72.352

Fuente: El Autor.

RELACIONES ESPACIALES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En las figuras 1, 2 y 3 se presenta la distribución espacial de los casos respectivos. Con el fin de cuantificar la distribución de los espacios internos de los predios y de relacionarlos con la estructura y las funciones del sistema, se midió los caminos, deslindes y cercados internos, así como las distancias entre las unidades de producción de forraje y la unidad de operación (cuadros 6 y 7).

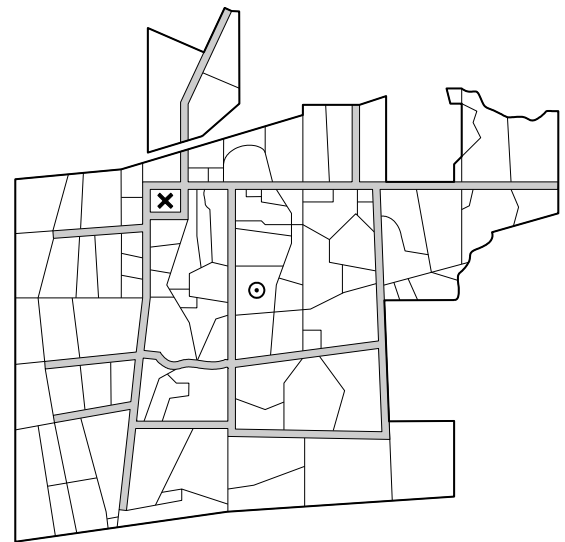


Figura 1. Apotreramiento del área destinada a producción animal en el caso 1. La cruz indica el actual centro de operaciones (CO) y el círculo con un punto indica el centro geográfico (CG) (Fuente: El Autor)

Todos los caminos interiores considerados en el estudio son de ripio estabilizado. No muestran una tendencia clara entre los valores absolutos y los unitarios que generan; y tampoco entre los unitarios entre sí (Cuadro 6). De hecho, el caso 3 tiene la menor cantidad de caminos absolutos, pero tiene uno de los mayores

índices de caminos por hectárea. Del mismo modo, está en un nivel medio de caminos por VO en pastoreo y tiene uno de los menores índices de caminos por tonelada de leche generada.

Los deslindes y los cercados interiores, en general, son estándar en su tipo; y están constituidos por postes de madera separados 3 m uno del otro; y con 5 hebras de alambre de púas. Presentan una situación similar entre los casos, pero la diferencia se hace menos importante que en los caminos. De hecho, la relación entre cercados interiores y caminos es igual a 4,7:1 en el caso 1; a 5,3:1 en el caso 2 y a 4,5:1 en el caso 3. Es destacable la similitud entre los últimos tres casos en la proporción entre cercados interiores y caminos.



Figura 2. Apotreramiento del predio en el caso 2. La cruz indica el actual centro de operaciones (CO) y el círculo con un punto indica el centro geográfico (CG) del predio (Fuente: El Autor)

Los deslindes guardan relación con el tamaño y la forma del predio, siendo mayores en la medida que aumenta el tamaño. De hecho, las diferencias entre casos son menores que en el caso de los caminos y los cercados interiores, con 45,8 m/ha el mayor y 28,5 m/ha el menor. La desviación del deslinde óptimo con el actual no muestra una tendencia clara respecto de problemas de ordenación interna, pues si bien el caso 3 tiene una desviación de un 28% en relación con el óptimo, los casos 1 y 2, a pesar de ser diferentes en su ordenación, tienen igual desviación respecto del óptimo. Por su parte, la desviación del cercado interior actual respecto del óptimo, también tiende a ser mayor en los predios de mala ordenación interna.

El cercado total y los caminos por vaca-ordeña (VO) tienen que ver con costos de inversión y mantención de dicha infraestructura. En este sentido, el caso 1 tiene costos unitarios por VO mayores que los casos 2 y 3. De hecho, el caso 1 tiene un costo teórico unitario

de mantención de cercos, 3,4 veces superior al caso 2 y 1,2 veces mayor que el caso 3.

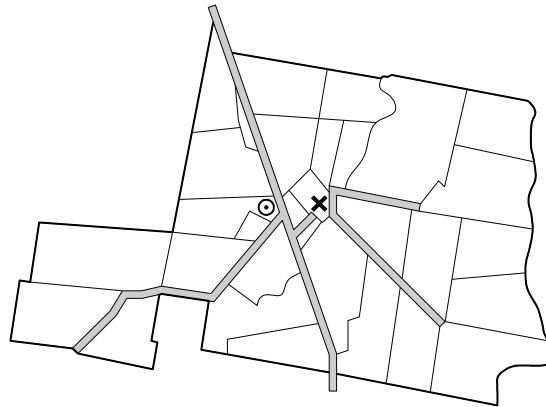


Figura 3. Apotreramiento del predio en el caso 3. La cruz indica el actual centro de operaciones (CO) y el círculo con un punto indica el centro geográfico (CG) del predio (Fuente: El Autor)

Al considerar cercado y caminos por unidad de producción (ton de leche) en lugar de vaca-ordeña, las diferencias entre casos aumentan y disminuyen. Antes que la relación de los caminos y cercos por unidad de superficie, es más relevante la relación entre caminos y cercados por vaca-ordeña o toneladas de producto.

Con el fin de realizar un análisis exhaustivo de la relación entre la estructura y la funcionalidad en los tres casos, se definió una serie de variables que relacionan la situación actual de ordenación, con una situación óptima teórica de ordenación funcional al pastoreo. Para tal efecto se definieron: dos centros geográficos: CO y CG; tres tipos de distancias: A, B y C; y dos tipos de unidades de producción o potreros: las de pastoreo (incluidas las de pastoreo y cosecha); y las de cosecha mecánica exclusiva. En el caso 1 se obvió parte de la superficie utilizada para producción forestal exclusiva, pues no se integraba dentro del sistema de producción animal. En el caso 2 se consideró solamente el predio destinado a lechería para el cálculo de estas variables, pues la crianza se realiza casi exclusivamente en otro predio que está a 5 km de distancia.

El centro de operaciones (CO) corresponde a la lechería y las unidades de producción a los potreros (p). La medida A se obtuvo tomando la distancia de recorrido por los caminos internos prediales, desde el centro de operaciones hasta el centro de cada uno de los potreros. La distancia media A se obtuvo ponderando la distancia desde el CO a cada potrero, por la superficie de cada unidad, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n (A_i \times Sp_i)$$

donde:

N: número de unidades de producción (potreros);
 A_i: distancia por el camino, desde CO hasta p_i;
 Sp_i: superficie del potrero i;
 S: superficie total productiva.

La distancia B se definió como la línea recta que une el CO y el centro de un potrero. Para obtener la línea B media, se realizó también una ponderación igual a la efectuada para obtener la A media.

Para evaluar numéricamente lo acertado o desacertado de la ubicación del CO en el predio, se ubicó el centro

geográfico (CG) del mismo, a través de triangulaciones manuales sobre la carta predial, de modo que la distancia desde tal punto a la línea demarcatoria de la propiedad o deslinde, fuese la menor. En los casos 2 y 3, esta ubicación era cercana a la ubicación actual del CO. De este modo, la medida C se definió tomando la distancia en línea recta entre el CG y cada uno de los potreros. La distancia C media, se obtuvo ponderando las C parciales por las superficies de cada potrero, al igual que la realizada para obtener las A y B medias.

Cuadro 6. Relaciones estructurales

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Caminos interiores (m)	4.340,0	2.840,0	1.740,0
Deslindes del campo (m)	9.840,0	7.430,0	4.470,0
Cercados interiores (m)	20.590,0	14.900,0	7.735,0
Cercados totales (m)	30.430,0	22.330,0	12.205,0
Núm de unidades espaciales o potreros dedicadas a la actividad lechera	27,0	27,0	14,0
Cercado total por unidades de superficie (m/ha)	88,0	115,0	125,0
Superficie media por unidad (ha/potrero)	12,8	6,9	7,0
Caminos por ú de superficie (m/ha)	12,6	14,6	22,5
Deslinde por superficie total (m/ha)	28,5	38,3	45,8
Deslinde óptimo para cada predio (1)	19,1	25,5	35,9
Desviación respecto del óptimo (relación)	1,49	1,50	1,28
Cercado total por potrero (m/unidad)	1.127,0	798,0	872,0
Cercado óptimo por potrero (m/unidad) (2)	853,0	629,0	669,0
Desviación respecto del óptimo (relación)	1,32	1,27	1,30
Superficie por Vaca-Masa (ha/VM)	2,52	0,92	0,76
Cercado total por VO a pastoreo (m/VO)	311,0	71,0	139,0
Caminos por VO a pastoreo (m/VO)	44,0	9,0	20,0
Cercado total por ton de leche (m/ton)	51,7	10,6	33,1
Caminos por ton de leche (m/ton)	7,4	1,3	4,7

Fuente: El Autor.

(1) Considera la superficie destinada a lechería y asume un perímetro circular para el total, dado que el círculo es la forma geométrica que minimiza la distancia desde el centro hacia c/u de los puntos que componen el perímetro.

(2) Considera el número total de potreros, pero los asume cuadrados y de igual superficie unitaria. En este caso la forma no es circular pues debe combinar la totalidad de potreros en la superficie global, sin dejar espacios libres entre ellos.

Para cuantificar la simetría de la ordenación territorial de los predios, se calculó los coeficientes de asimetría de las distancias ente los potreros y los CO y CG. En este caso no se tomaron las distancias ponderadas por superficie, sino que las distancias simples. Dicha función caracteriza la asimetría de una distribución con respecto a su media. La asimetría positiva indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más positivos, en tanto que una asimetría negativa indica lo contrario. La ecuación para la asimetría se define como:

$$\sum_{i=1}^n$$

donde:

n: número de observaciones
 x_i: distancia i
 x: distancia media
 S: desviación estándar

Dado que la asimetría guarda relación con la forma del predio, se calculó la diferencia entre los coeficientes de asimetría de la situación actual (a base de las distancias B) y la ideal (a base de las distancias C), medida que permite juzgar en justicia lo adecuado o inadecuado de un diseño predial para un sistema de producción con pastoreo.

Adicionalmente y con el fin de comparar la situación actual de recorrido de los animales al CO (distancias A), con la situación ideal de recorrido en línea recta al CG (distancias C), se calculó el coeficiente de correlación entre las distancias A y C.

En el Cuadro 7 se presentan las variables calculadas para todos los casos. La distancia A media de pastoreo es decreciente desde el caso 1 al caso 3. Esto hace que la distancia A total sea también decreciente. Las distancias B y las distancias C mantienen la misma tendencia, pero en menor proporción.

La desviación de A respecto de B señala cuán acertada fue la decisión de trazar los caminos, dados el apotreramiento y la ubicación del CO actuales. Sin embargo, no guarda relación con lo lógico o acertado del diseño de apotreramiento. Según esta variable, el caso 1 es claramente el más acertado y el caso 2 es el menos acertado. A modo de información, el diseño del predio 1 fue realizado por su dueño anterior, quien era propietario de una empresa de ingeniería dedicada a la construcción de caminos y movimientos de tierra.

La desviación de B respecto de C permite identificar cuán central fue ubicado el CO en cada diseño, asumiendo el tamaño y número actual de potreros. De acuerdo con esta relación, el caso 1 es el más alejado de una situación “ideal”. De hecho, la distancia entre el CO y el CG es de 1.160 metros. En el caso 2, en tanto, la ubicación del CO es casi coincidente con el CG, con una desviación entre B y C inferior al 1%. En dicho caso, la separación entre ambos puntos es de sólo 80 metros. En el caso 3, la situación es intermedia.

Cuadro 7. Apotreramiento y distribución espacio-funcional

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Núm. de unidades espaciales o potreros dedicadas a la actividad lechera	27	27	14
Distancia media desde Centro de Operaciones hasta el centro de c/u de las unidades espaciales, siguiendo los caminos (en metros) = A:			
Cosecha mecanizada	2.168	2.108	667
Pastoreo	998	791	454
TOTAL	1.470	847	502
Distancia media desde Centro de Operaciones hasta el centro de c/u de las unidades espaciales, en línea recta (en metros) = B:			
Cosecha mecanizada	1.916	1.200	551
Pastoreo	884	588	368
TOTAL	1.300	614	410
Distancia media desde Centro Geográfico hasta el centro de c/u de las unidades espaciales, en línea recta (en metros) = C:			
TOTAL	784	610	365
Desviación: A respecto de B (%)	13	38	22
Desviación: B respecto de C (%)	66	1	12
Coefficientes de asimetría de las distancias entre dos puntos, para el total de las unidades:			
Conjunto de puntos B	-0,54	0,69	0,45
Conjunto de puntos C	-0,09	0,66	0,44
Diferencia entre los coeficientes de asimetría C y B (%)	80	4	2
Coefficiente de correlación entre A y C	0,30	0,98	0,61
Distancia entre CO y CG (m)	1.160	80	110
Distancia media A por hectárea	4,3	4,4	6,5

Fuente: El Autor.

Los coeficientes de asimetría de las distancias B en los tres casos, son de similar magnitud, aunque el caso 1 presenta una distribución unilateral negativa y los otros dos, positiva. Los coeficientes de asimetría de las distancias C muestran, en cambio, una diferencia importante entre casos. En el caso 1, la distribución es casi perfecta, con un coeficiente de asimetría inferior a 0,1. En los casos 2 y 3, en cambio, los coeficientes de asimetría de C prácticamente se mantuvieron, respecto de los coeficientes de B. Esta situación señala que la distribución original (desde el CO), considerando las distancias sin ponderar por superficie, es similar a la distribución teóricamente ideal, es decir, desde el CG a cada uno de los potreros. De hecho, la diferencia entre ambos coeficientes de asimetría es menor a un 5% en los casos 2 y 3, en tanto que es de un 80% en el caso 1.

En un sistema de producción de leche a base de pastoreo, la ubicación del CO es clave para disminuir tiempos de caminata y costos energéticos. En este sentido, el caso 1 estaría más alejado de la ordenación ideal que los otros dos casos. De hecho, los coeficientes de correlación entre las distancias A (actual por caminos)

y las distancias C (ideal teórica para el apotreramiento actual), muestran que el caso 2 está muy cercano a la situación ideal. El caso 3, en tanto, no estaría muy alejado de la distribución ideal de potreros. El otro caso, sin embargo, sí está lejos de una distribución ideal.

La distribución espacial interna condiciona en gran medida la operación del sistema. En explotaciones lecheras basadas en pastoreo, esta situación puede llegar a ser de alta relevancia, por el costo energético del esfuerzo de caminata y el tiempo involucrado en el ir y venir del potrero, especialmente cuando se pastorea dos veces al día. En todos los otros casos, el período medio es superior a los 300 días y se hacen cuatro pastoreos diarios (Cuadro 8). En el caso 2 se pastorea todos los días del año.

El recorrido medio por vaca-ordeña por día muestra un costo energético mayor por vaca en el caso 1 y un costo energético total mayor en el caso 2, por la combinación distancia y número de vacas a pastoreo. En el caso 1, el costo energético en kg de leche equivale a

un 8,1 % de la producción total anual, en tanto que en los casos 2 y 3 representa un 7,3 y un 4,2 %, respectivamente. Si bien la cifra puede parecer muy alta, el resultado final debe evaluarse en cuanto a costos totales. Un sistema de producción sin movimiento de los animales para llegar al pastoreo, tiene costos mayores que uno en que sí se pastorea. Por otra parte, el beneficio depende de la calidad del forraje, en el sentido que una caminata para cosechar un forraje de alta calidad tiene un costo proporcionalmente menor en tiempo y energía, que una caminata para cosechar un forraje de baja calidad (Catrielo, 1981).

Asumiendo una velocidad media de desplazamiento de las vacas de 1,5 a 2 km/h, los casos variarían entre 55–73 minutos de caminata diaria en el caso 3, hasta 120–160 minutos de caminata diaria en el caso 1. Según Gregory (1995), una vaca media gasta 90 minutos en caminatas diarias en Nueva Zelanda. Sin embargo, también se dan casos de 150 minutos, en los cuales se aumentan considerablemente los problemas de patas y desgaste energético de los animales, debido a los largos recorridos y a la competencia con tiempos de alimentación. Según esto, los casos 1 y 2 tendrían tiempos de caminata más largos de lo aconsejable.

De acuerdo con lo discutido anteriormente, el caso 1 presenta un diseño de su tecnoestructura que lo alejaría de un óptimo teórico, debido principalmente a una mala ubicación de su actual centro de operaciones (CO) hecho demostrado objetivamente. Otras variables de interés, como el costo teórico unitario de mantenimiento de cercados y caminos, asociado a altos costos energéticos por desplazamiento de las vacas en ordeña, corroboraría este hecho y podría explicar parte del bajo resultado directo de ambos casos. Sin embargo, sobre la base de esta sola información no es factible justificar o no un determinado diseño, o bien, calificarlo de acuerdo con una escala objetiva.

Cuadro 8. Relaciones funcionales

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Días de pastoreo	309	365	301
Vacas en pastoreo, en período	106	308	83
Núm. de recorridos por día	4	4	4
Recorrido medio por VO/d (km)	3,99	3,16	1,82
Rec. medio por VO/año (km)	1.234	1.155	547
Recorrido total de VO (km/año)	120.886	355.697	45.369
Costo de caminar (kg leche/año)*	47.846	154.015	15.489

Fuente: El Autor.

(*) Asume que el requerimiento energético de mantención de vacas lecheras aumenta un 3% por kilómetro caminado (Brady, 1945).

Como un modo de englobar el análisis desarrollado, se hizo una aproximación cualitativa al grado de cercanía del diseño predial con su óptimo teórico, en los tres casos, el que estaría representado por el cumplimiento de los principios de diseño de Gastó *et al.* (1993). En el Cuadro 9 se presentan los puntajes parciales por grado de cercanía a cada principio, los que fueron asignados por el autor de acuerdo con su experiencia

como consultor en todos los casos. La puntuación final muestra un escalamiento progresivo desde el caso 3 al caso 1, y señala que los casos 2 y 3 estarían respectivamente un 22 y un 24 % más cerca de los principios de diseño predial que el caso 1.

Cuadro 9. Grado de cercanía a los principios del diseño predial de)*

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
1. Naturalidad	2	4	5
2. Simpleza	3	4	5
3. Conectividad	3	3	4
4. Canónico	5	2	1
5. Diversidad	2	4	3
6. Funcionalidad	2	4	5
7. Congruencia	4	5	5
8. Flexibilidad	5	3	3
9. Unidad	3	5	5
10. Identidad	3	5	5
Suma	32	39	41
Relativo al óptimo	64	78	82

Fuente: Gastó *et al.* (1993).

(*) Se consideró una puntuación entre 1 (más alejado del óptimo) y 5 (más cercano), según el conocimiento del autor de c/u de los casos.

Desde una perspectiva ecosistémica, el caso 1 presentaría una mayor vulnerabilidad asociada a su receptividad tecnológica, que los casos 2 y 3. Según Gastó *et al.* (1997), la receptividad tecnológica se define como la cantidad de tecnología que puede aplicarse a un ecosistema en términos de “inputs” y de estructuras de artificialización (o modificación de la arquitectura), para producir un “output”, sin deteriorar su sostenibilidad. El caso 1 es un ecosistema de bajo potencial natural, con alto nivel de “input” y bajo nivel de “output”. Debido a lo anterior, este caso tendría un grado de vulnerabilidad alto y podría tender al abandono.

CONCLUSIONES

Es factible determinar el grado de cercanía entre el diseño espacial actual y el diseño espacial “ideal” de un predio lechero, sobre la base de funciones matemáticas simples que relacionan las distancias de recorrido entre el centro de operaciones del predio (lechería) y las unidades de utilización (potreros). La información es consistente con la apreciación cualitativa que se tiene de la racionalidad de un determinado diseño. En tal sentido, tanto la diferencia entre los coeficientes de asimetría, como la correlación entre recorrido actual y recorrido “ideal”, son herramientas útiles para cuantificar lo acertado o desacertado de un determinado diseño.

La ordenación territorial de un sistema de producción lechero basado en pastoreo determina relaciones estructurales y funcionales que podrían ayudar a explicar parte de la eficiencia directa de sus operaciones y de su resultado económico. Las relaciones estructurales que guardan mayor relación con la eficiencia directa de las operaciones son las de producto (toneladas de

leche) y de unidad de producción (vaca-ordeña) en relación con la dotación de caminos y cercados del predio. En este sentido, en la medida que disminuyen los caminos y cercados en relación con la producción de leche y con las vacas del predio, el sistema será más eficiente y tendrá menos costos fijos por unidad de producto. Por lo tanto, la relación netamente estructural del tipo caminos por hectárea o cercados por hectárea, pierde relevancia.

En lo que concierne al costo energético a causa del desplazamiento de los animales, no es factible encontrar una relación clara de éste con la eficiencia técnica o económica de los costos estudiados.

En la medida que la ordenación territorial del predio tiende a tener mayor equilibrio y armonía entre su potencial productivo, su sistema de producción y sus operaciones internas, existe una tendencia lógica hacia una alineación con los principios de diseño predial. Del mismo modo, la receptividad tecnológica del sistema tiende a ser mayor y su vulnerabilidad menor.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREO, N., E. SCHILDER y E. COMERON. 1997. Relación entre el nivel de productividad y el resultado económico de explotaciones lecheras. En: *Temas de Producción Lechera*. Publicación Miscelánea N° 64. INTA, E.E.A. Rafaela. P 122:125. Argentina
- ANRIQUE, R., L. LATRILLE; O. BALOCCHI, D. ALOMAR, V. MOREIRA, R. SMITH, D. PINOCHET, y G. VARGAS. 1999. Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 2 vol.
- BRODY. 1945. *In: Nutrient requirement of dairy cattle*, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, Board of Agriculture, National Research Council. 1988. 6th rev. Ed. National Academy Press. Washington D.C.
- CATRILEO, A. 1981. Desarrollo de un modelo de simulación para el estudio del cambio de peso en novillos a pastoreo. Tesis M.S. Facultad de Agronomía, P. Universidad Católica de Chile.
- GALLARDO, S. y J. GASTÓ. 1997. Sistema de clasificación de pastizales. *Sistemas en Agricultura*, IISA-8714. P. Universidad Católica de Chile. 146 p.
- GANNA, C. A. y R. F. CUSSEN. 1996. Optimización Predial: un método eficiente. Libro de Resúmenes de la XXI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal, Sochipa A.G. pp:25-226. Coyhaique, Chile.
- GANNA, C. A.. 1997. Optimización Predial. Diplomado en Gestión de empresas Agrícolas. Instituto Agrario Adolfo Matthei. Osorno, Chile. 66 p. 2 tomos.
- GASTÓ, J. 1979. Ecología, el hombre y la transformación de la naturaleza. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 573 p.
- GASTÓ, J. C. GONZÁLEZ y P. RODRIGO. 1993. Bases para la planificación y desarrollo de ecosistemas prediales. *Ciencia e Inv. Agr.* 20(3): 149-159.
- GASTÓ, J., L. DARIO y C. D'ANGELO. 1997. Gestión de recursos vulnerables degradados. *In: Viglizzo, E. (c). Libro verde: elementos para una política agroambiental en el cono sur*. IICA - PROCISUR, Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola. Montevideo, Uruguay. pp: 77-116.
- GREGORY, N.G. 1995. Welfare of dairy cattle: How others see New Zealand. *Dairyfarming Annual 1995*: 130-139. Department of Animal Science, Massey University, New Zealand.
- NAVA, R., R. ARMIJO y J. GASTÓ. 1979. Ecosistema. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". México. 332 p.
- PANARIO, D., S. GALLARDO y J. GASTÓ. 1998. Unidades geomorfológicas en el sistema de clasificación de pastizales. *Sistemas en Agricultura*, IISA-8819. P. Universidad Católica de Chile. 52 p.
- SMITH, R. 1999. Caracterización de los sistemas productivos lecheros en Chile. *In: Anrique, R., Latrille, L.; Balocchi, O.; Alomar, D.; Moreira, V.; Smith, R.; Pinochet, D.; Vargas, G. Competitividad de la producción lechera nacional*. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Vol. 2. pp 149-220.
- VARGAS, G. 1999. Competitividad de la producción de leche en Chile. *In: Anrique, R., Latrille, L.; Balocchi, O.; Alomar, D.; Moreira, V.; Smith, R.; Pinochet, D.; Vargas, G. Competitividad de la producción lechera nacional*. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Vol. 2. pp 317-386.
- VON BERTALANFFY, L. 1976. Teoría General de los sistemas. Fondo de Cultura Económica, México. 311 p.