

COMPARACIÓN DE LA ALTURA Y UNIDADES DEL MEDIDOR DE PLACA COMO ESTIMADORES DE LA BIOMASA EN LOS PASTOS DE MONTAÑA DEL ÁREA DE GORBEIA (BIZKAIA)

I. ALBIZU¹, G. BESGA¹, C. GARBISU¹, S. MENDARTE¹, I. AMEZAGA², I. MIJANGOS¹, Y M. ONAINDIA².

¹NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Berreaga, 1. 48160 Derio. Bizkaia (España).

²Departamento de Biología Vegetal y Ecología. UPV/EHU. Apartado 644. 48080 Bilbao. Bizkaia (España).

RESUMEN

En las áreas de montaña del País Vasco la actividad primaria ha estado condicionada por las fuertes limitaciones del medio físico, lo que ha determinado una economía basada casi exclusivamente en la explotación ganadera, actividad muy arraigada con el 26% del territorio ocupado por pastos y matorrales. Estos pastos de montaña constituyen un complejo ecosistema y son el resultado de una interacción estrecha del ganado con la vegetación y sus características edáficas, siendo el ser humano el dinamizador de estos sistemas. En estas condiciones la valoración del potencial productivo de los pastos es clave para la gestión sostenible de los recursos naturales. En el presente trabajo el objetivo es comparar la eficacia de dos estimadores (altura y unidades del medidor de placa) de la biomasa del pasto y la identificación de factores determinantes en la relación estimador-biomasa en pastos sembrados y seminaturales de la zona del Macizo del Gorbeia (Bizkaia). Los resultados muestran que las relaciones que se establecen con ambos estimadores son de tipo lineal, con un mejor ajuste, en líneas generales, en los pastos sembrados que en los seminaturales. Destaca la variabilidad temporal en todos los pastos, aumentando la pendiente a medida que avanza el periodo de pastoreo. No se puede concluir que un estimador sea mejor que otro ya que es muy grande la casuística.

Palabras clave: Pastos extensivos, densidad, materia seca, dinámica temporal.

INTRODUCCIÓN

En las zonas de montaña de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) la actividad primaria ha estado condicionada por las fuertes limitaciones del medio físico, bien de orden topográfico con elevadas pendientes y altitudes medias altas (700-800 msnm), bien de orden climático con duros y largos inviernos. Todo ello determina una

economía basada casi exclusivamente en la explotación ganadera, actividad muy arraigada en el País Vasco. El 90% del territorio de la CAPV está catalogado como suelo rural, y de éste, el 26% está ocupado por pastos y matorrales, sólo superado por el arbolado con un 54% por delante del uso agrícola, que se sitúa en el tercer lugar con un 14% (Gobierno Vasco, 1998). En esta base territorial se desarrolla un sector ganadero con una producción final agraria del 41,3% (Gobierno Vasco, 1998). Su importancia económica justifica la larga tradición de esta actividad, que mantiene unos sistemas de producción integrados en su entorno físico.

La distribución de los pastos y matorrales se diferencia según un gradiente altitudinal. En torno al caserío, la banda de 0-400 msnm, se implantan los prados de fondo de valle destinados a uso mixto (siega y pastoreo), aunque la pendiente, fundamentalmente, condiciona su uso, que puede ser exclusivamente en pastoreo. Entre los 400-700 msnm destaca el uso forestal, especialmente plantaciones de *Pinus radiata*, donde se da un aprovechamiento del pasto bajo arbolado. Y por encima de los 700 msnm, se sitúan los pastos y matorrales de montaña con un aprovechamiento extensivo en un tiempo concreto (de mayo a noviembre, aproximadamente). Se da un gradiente de intensidad de uso en función de la altitud en el sentido de mayor altitud menor intensificación.

Dentro de los pastos de montaña, los pastos sembrados se sitúan en una banda intermedia de altitud (700 msnm) y los pastos seminaturales en una banda superior (>800 msnm). No obstante, el uso transtermitante del ganado (otoño-invierno en el valle, primavera-verano en la montaña) implica una conexión territorial.

Hoy en día es ampliamente reconocido que entre los factores determinantes para asegurar la competitividad y la rentabilidad de las explotaciones agropecuarias se encuentra el mantenimiento y la potenciación de la ganadería extensiva basada en la adecuación de los modos de explotación a las características ecológicas y productivas de los pastos (Ferrer *et al.*, 2000). Estos pastos tienen una gran importancia para el ganadero, ya que proporcionan alimento para el ganado a un coste muy bajo. El margen conseguido en los gastos de alimentación es determinante para que una explotación ganadera sea rentable y, por lo tanto, se pueda mantener como tal. El hecho de conseguir explotaciones agroganaderas viables además de beneficiar a título personal a los propietarios de dichas explotaciones, también genera un beneficio social, asentando una población rural mantenedora de estos sistemas.

Tradicionalmente, los métodos para la estimación de la biomasa se han clasificado como destructivos, si se corta el pasto y se elimina, o como no destructivos, si se miden las características del pasto y se relacionan directa o indirectamente con la biomasa. Un problema importante en las áreas pastadas es la variabilidad de la biomasa ofertada

(Michell, 1982) dependiendo de la heterogeneidad del área, diferencias entre zonas con hierba alta (zona de mayor concentración de deyecciones) y baja y la composición botánica. Por esta razón, hay que tomar un gran número de muestras que en la práctica no es posible siempre, por las restricciones de tiempo y labor (O'Sullivan *et al.*, 1987). Consecuentemente, se ha invertido un gran esfuerzo en desarrollar metodologías alternativas que sean precisas, rápidas y no destructivas (Frame, 1993).

El objetivo de este trabajo fue comparar la eficacia de dos estimadores (altura y unidades del medidor de placa) de la biomasa del pasto y la identificación de factores determinantes en la relación estimador- biomasa en los pastos de uso extensivo..

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica dentro de la comarca de Arratia-Nerbioi, situada al sur de la provincia de Bizkaia, en torno del macizo del Gorbeia (1482 msnm). Descendiendo en el detalle del marco geográfico y de gestión, gran parte del área de estudio, las zonas de mayor altitud, quedan incluidas dentro del Parque Natural (PN) de Gorbeia, aprobado como zona protegida en el Decreto 228/1994, BOPV de 21 de junio de 1994. El resto de las zonas, las de menor altitud, quedan ubicadas en las estribaciones de dicho Parque.

El PN de Gorbeia, con 21069 ha es el más extenso de la CAPV, y está situado en los Territorios Históricos de Bizkaia (7969 ha, 38%) y Araba (13100 ha, 62%), formando parte de la divisoria de aguas cántabro-mediterránea. Aunque ambos territorios, Bizkaia y Araba, integran una unidad declarada como zona protegida, la gestión queda repartida entre las correspondientes administraciones forales. En lo que se refiere al área de estudio ésta se sitúa en la parte vizcaína del parque.

El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación media anual en torno a los 1300 mm, siendo enero el mes más lluvioso (en torno a los 140 mm), y la época más seca el verano, siendo el mes con menores precipitaciones julio (en torno a los 50 mm). Las precipitaciones aunque disminuyen algo en verano, son abundantes y regulares durante la mayor parte del año. Son habituales las precipitaciones suaves y regulares ("sirimiri"). En cuanto a las precipitaciones en forma de nieve, se suelen dar a finales de otoño-invierno, permaneciendo la nieve en las cumbres hasta principios de primavera. Esto se ve favorecido por las continuas heladas. La temperatura media anual es de 12,6 °C, siendo 7,0 °C la media de las mínimas y 18,1 °C la media de las máximas. El mes más frío es enero con 6,5 °C de media y el más caluroso julio con 19,4 °C de media. El intervalo anual de la temperatura es de 12,9 °C.

Dentro del área de estudio se encuentran zonas asentadas sobre material silicatado y calizo, materiales geológicos representativos del PN de Gorbeia.

El hayedo acidófilo es la serie de vegetación más extendida en el área de estudio (Onaindia, 1986). El aprovechamiento ganadero realizado en Gorbeia desde antiguo articula una serie dinámica regresiva, donde los pastos y matorrales ocupan una parte importante del territorio.

En cuanto al aprovechamiento ganadero actual, los rebaños de ganado que pastan en el Macizo de Gorbeia son transtermitantes, es decir, en ellos se pueden distinguir dos fases en el ciclo productivo. La primera se desarrolla en el valle donde se sitúa la explotación y tiene lugar durante el invierno y parte o toda la primavera. La segunda fase se desarrolla en los pastos de montaña y se prolonga durante el resto del año, verano y otoño fundamentalmente (Oregui, 1992). La cabaña ganadera de la zona de estudio, según el Censo de las Campañas de Saneamiento de las Diputaciones Forales del año 1990 y el Censo Agrario de 1989, es de 3.500 cabezas de vacuno de carne, 1.400 yeguas y 33.000 ovejas. Aunque se aprecia la importancia del ganado ovino sobre el resto, se está dando una tendencia, que por otra parte, es general en todas las zonas de pastos de montaña de la CAPV, al aumento del ganado bovino.

Diseño experimental

Siguiendo criterios fundamentalmente altitudinales, geológicos y de manejo antrópico, se seleccionaron cuatro áreas de estudio representativas del macizo de Gorbeia, de las cuales, dos quedan incluidas dentro del Parque Natural (Algorta, Usotegieta), y las otras dos restantes, Altunoste y Arkaola, en la estribaciones del mismo.

- Pastos sobre material silíceo:
 - pastos en altitud media (650-750 msnm): Altunoste y Arkaola
 - pastos en altitud alta (800-1300 msnm): Algorta y Usotegieta

Altunoste y Arkaola son pastos sembrados (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*), mientras que los situados a mayor altura, Algorta y Usotegieta se consideran seminaturales dominados por las gramíneas *Agrostis capillaris*, *A. curtisii* y *Festuca gr. rubra*.

Con objeto de comparar la eficacia de la altura y las unidades del medidor de placa como estimadores de la biomasa del pasto, se emplearon la **regla** para la medición de la primera y el **medidor de placa** "plate meter" para la segunda. La regla tiene una lámina transparente móvil que al apoyarse en el primera hoja de contacto da la medida. El medidor de placa es un instrumento a modo de bastón con un placa ligera de dimensiones 0,33x0,33 m (superficie 0,1 m²) que se apoya sobre la masa de hierba (The Hammond Royce Corporation Pty Ltd., Victoria, Australia). Esta placa se desliza sobre el bastón por

un sistema de muescas que lleva acoplado un contador. La lectura se realiza al apoyar el extremo del bastón en la tierra y en función de la fitomasa, la placa que se asienta encima de ella, quedará más arriba o más abajo del bastón, lo que se traduce en un número mayor o menor de lectura de muescas. También dispone de otro contador de las lecturas que se realizan, es decir, las veces que el extremo del bastón toma contacto con el suelo.

El utilizar los dos estimadores y comparar su eficacia en la estimación de la biomasa se debe a la búsqueda de un estimador eficiente. La diferencia entre ellos es que la regla mide la altura de las especies, es decir, se limita a dar la lectura en el eje vertical, mientras que el medidor de placa da una idea de la fitomasa, esto es, tiene en cuenta el eje vertical y horizontal.

Muestreos

Los muestreos se realizaron en el periodo comprendido entre 1994 y 1996 con una frecuencia mensual (aproximadamente) a lo largo de la época de actividad pastoral. Considerando el periodo de pastoreo de mayo a octubre, el número medio de cortes por año es de seis.

En cada área de estudio se realizó una zonificación según distintos criterios: pendiente: zona alta y baja de la ladera en las áreas de Altunoste y Arkaola, orientación (SO, N y cumbre) en el área de Usotegieta y gradiente de humedad en Algorta. En cada una de estas zonas se seleccionaron lugares donde el pasto presentaba tres alturas distintas: alta, media y baja. En cada uno de los lugares se realizaron lanzamientos al azar sobre el pasto de un rectángulo de 0,66 x 0,33 m de dimensiones (0,2 m²). La homogeneidad/heterogeneidad del pasto, así como la extensión de las zonas determinó el número de veces que se lanzó el rectángulo. Dentro de la superficie que abarca el rectángulo se realizaron 10 medidas con ayuda de la regla y dos lecturas con el medidor de placa. Posteriormente se cortó la hierba de la superficie del rectángulo. El material recogido se llevó al laboratorio, donde se pesó el material fresco y se introdujo, posteriormente, en una estufa a 70°C de aire forzado para poder obtener el peso seco y expresar la producción en kg MS ha⁻¹.

Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los datos se realizó con el programa informático Stat-View 4.5. (Abacus Concepts, 1996). La regresión lineal fue utilizada para describir la relación entre una variable independiente x (en el estudio han sido los indicadores de la biomasa: altura y unidades de medidor de placa) y una variable dependiente y (Biomasa) mediante una función matemática lineal. Las distintas rectas de regresión fueron comparadas con un análisis de covarianza (ANCOVA).

Se trabaja con la (a) altura y (b) las unidades del medidor de placa del pasto (“*platemeter*”) como estimadores de la biomasa presente en el pasto. Las relaciones que se establecen con ambos estimadores (x) y la biomasa (y) son de tipo lineal, como también se ha constatado en la bibliografía (Michell, 1982; Li *et al.*, 1998; O’Donovan *et al.*, 2002). En este caso, las rectas de regresión se han ajustado a cero, ya que con valores nulos de altura y unidades de medidor de placa no existen datos de biomasa. Con este ajuste se han alcanzado valores de coeficiente de regresión superiores.

RESULTADOS

Se consideran los tres periodos de pastoreo estudiados en el análisis de la productividad: primavera (inicio del pastoreo), verano (periodo intermedio) y otoño (final del pastoreo). Este esquema se repite en cada una de las áreas piloto estudiadas.

Altunoste: pasto sembrado sobre material silíceo

Se tratan todos los datos de la altura y biomasa aérea de forma conjunta obteniendo una única recta de regresión lineal con un buen ajuste ($R^2 = 0,763$) en el área de Altunoste (Fig. 1).

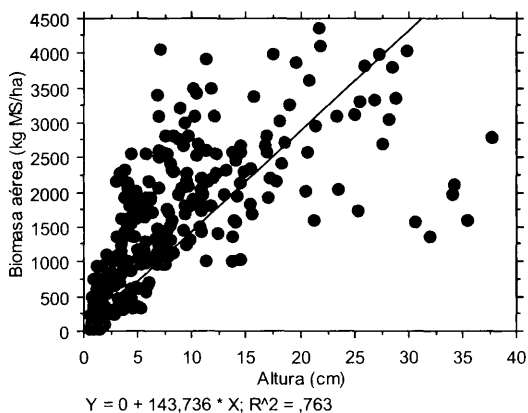


FIGURA 1

Relación entre la altura y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en el área de Altunoste

(El grado de significación es <0,001)

Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Altunoste

(degree of significance = 0.001)

En lo que se refiere a las unidades del medidor de placa, al igual que ocurría con el estimador altura, se procesan los datos conjuntamente con un buen ajuste lineal ($R^2=0,821$) (Fig. 2).

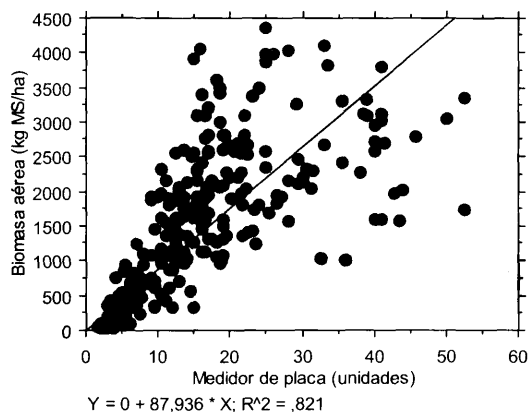


FIGURA 2

Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en el área de Altunoste (El grado de significación es <0,001)

Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Altunoste (degree of significance = 0.001)

En el área de Altunoste, a pesar de las diferencias estructurales del pasto, ambos estimadores de la biomasa aérea estudiados, altura y unidades del medidor de placa, no llegan a marcar diferencias en los ajustes lineales. Si bien, los valores de R^2 son más altos en la relación unidades del medidor de placa y biomasa.

Variabilidad temporal

En lo que se refiere a la variabilidad temporal de la relación entre la altura y la biomasa, las tres rectas, correspondientes a los tres periodos de pastoreo, presentan un valor de R^2 alto, con un grado de significación muy alto ($P<0,001$) en todas ellas (Fig. 3).

El análisis de la covarianza muestra diferencias significativas en la relación de la altura con la biomasa aérea según los periodos de pastoreo. Los tres periodos son distintos entre ellos para dicha relación: entre los periodos primavera y verano (ANCOVA, $F_{1,185} = 21,019$, $P<0,0001$), primavera y otoño (ANCOVA, $F_{1,187} = 48,853$, $P<0,0001$), así como entre el verano y otoño (ANCOVA, $F_{1,186} = 9,061$, $P= 0,0030$).

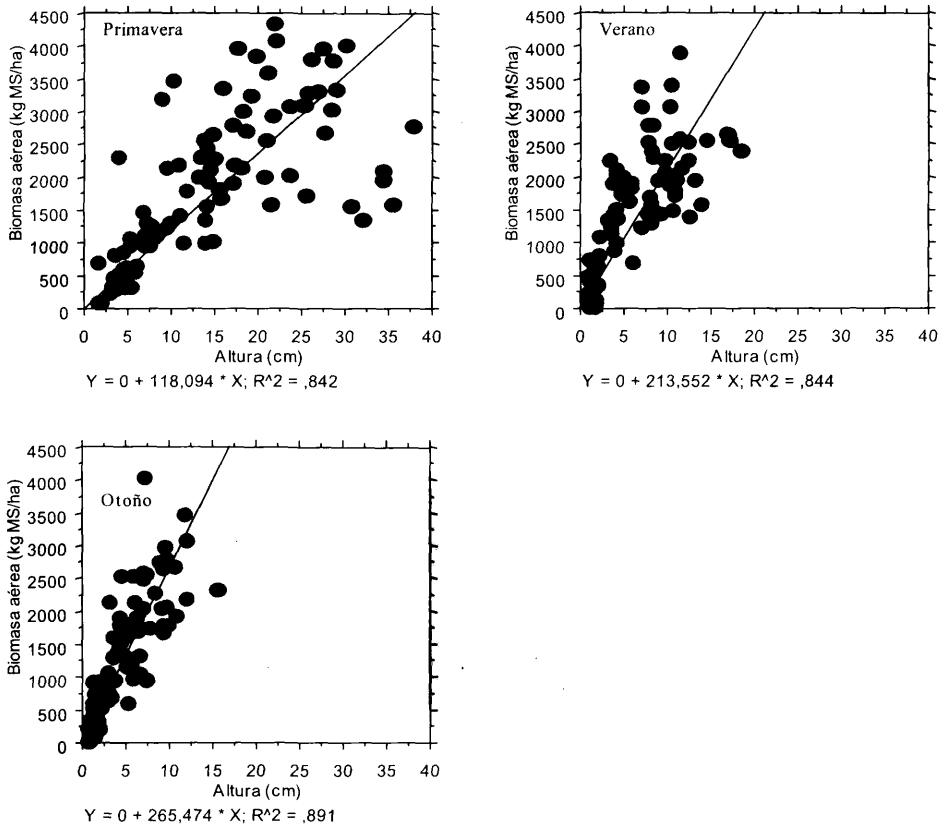


FIGURA 3

Relación entre la altura y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en Altunoste en los tres periodos de pastoreo estudiados (primavera, verano y otoño) (El grado de significación es <0,001 en los tres casos)

Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Altunoste corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

Las relaciones lineales de las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea son significativas en los tres periodos de pastoreo estudiados (Fig. 4). Al igual que en el análisis anterior, las pendientes de las regresiones lineales son significativamente distintas en función del periodo de pastoreo, de manera que la primavera se diferencia del verano (ANCOVA, $F_{1,185} = 12,350$, $P = 0,0006$) y del otoño (ANCOVA, $F_{1,187} = 44,653$, $P < 0,0001$), y el verano del otoño (ANCOVA, $F_{1,186} = 17,495$, $P < 0,0001$).

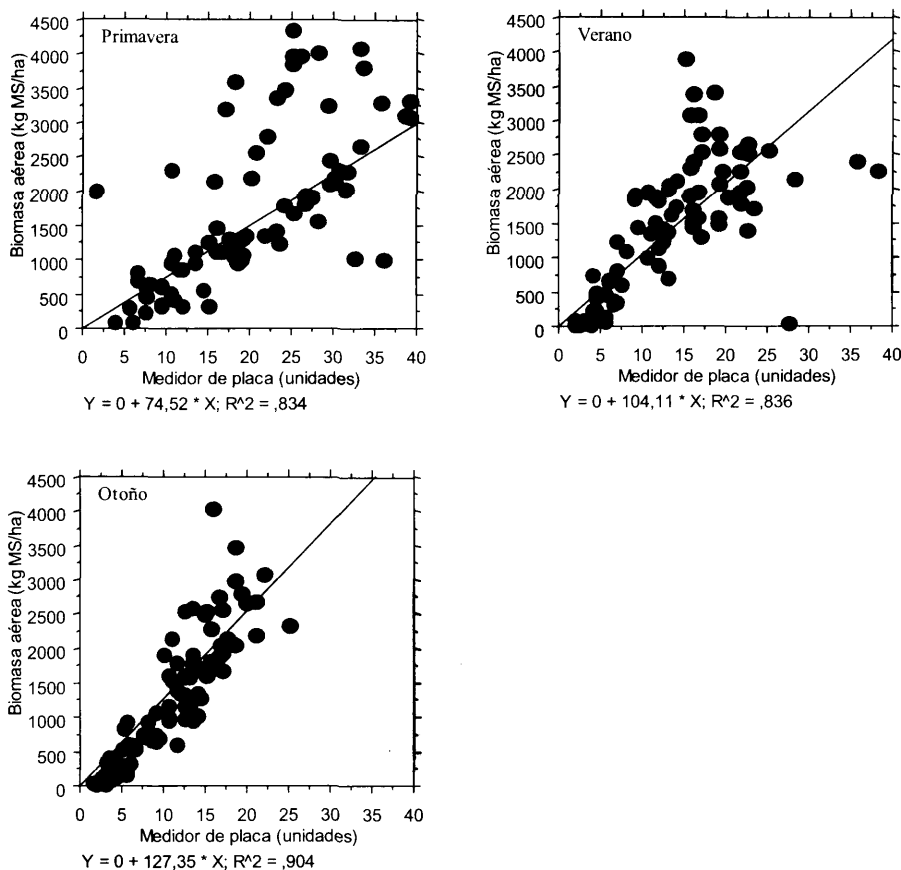


FIGURA 4

Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en el área de Altunoste en cada uno de los periodos de pastoreo estudiados (primavera, verano y otoño) (El grado de significación es <0,001 en los tres casos)

Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Altunoste corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

Los periodos de pastoreo se diferencian entre ellos en la relación de ambos estimadores con la biomasa, de manera que la pendiente de la recta de regresión va aumentando a medida que transcurre el periodo de estancia del ganado en los pastos. A una misma medida de altura o unidades del medidor de placa, la biomasa estimada es mayor en el otoño, que en el verano y por último, que la primavera.

Arkaola: pasto sembrado sobre material silíceo

Tal y como se hiciera para Altunoste, se tratan todos los datos de la altura y biomasa aérea de forma conjunta obteniendo una única recta de regresión lineal con un buen ajuste ($R^2 = 0,739$) en el área de Arkaola (Fig. 5). Continuando con el otro estimador, las unidades del medidor de placa, también se observa una relación significativa con la biomasa, siendo el valor R^2 mayor que con el estimador altura (Fig. 6).

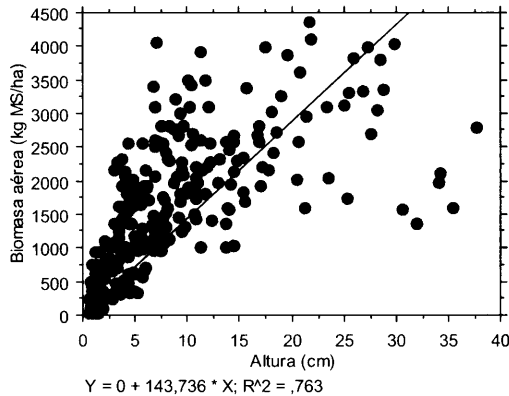


FIGURA 5

**Relación de la altura y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en el área de Arkaola
(El grado de significación es <0,001)**

*Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Arkaola
(degree of significance = 0.001)*

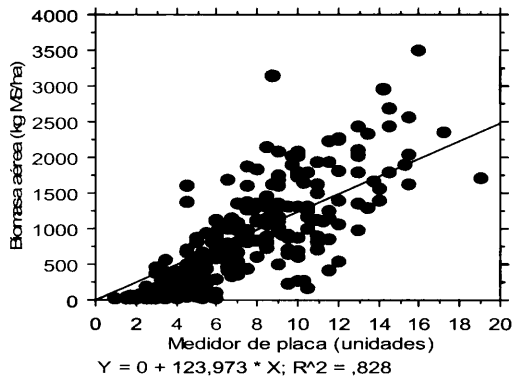


FIGURA 6

**Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en el
área de Arkaola (El grado de significación es <0,001)**

*Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Arkaola
(degree of significance = 0.001)*

Variabilidad temporal

La relación de la altura y la biomasa aérea en los tres periodos de estudio presentan un ajuste significativo estadísticamente (Fig. 7). El análisis de la covarianza muestra diferencias en las relaciones de la altura y la biomasa aérea según el factor periodo de pastoreo. Los tres periodos se diferencian en la relación altura y biomasa: primavera-verano (ANCOVA, $F_{1,185} = 16,319$, $P < 0,0001$), primavera-otoño (ANCOVA, $F_{1,187} = 61,021$, $P < 0,0001$) y verano-otoño (ANCOVA, $F_{1,186} = 18,768$, $P < 0,0001$). La pendiente de la relación entre la altura y la biomasa va siendo mayor a medida que transcurre el periodo de pastoreo (Fig. 7).

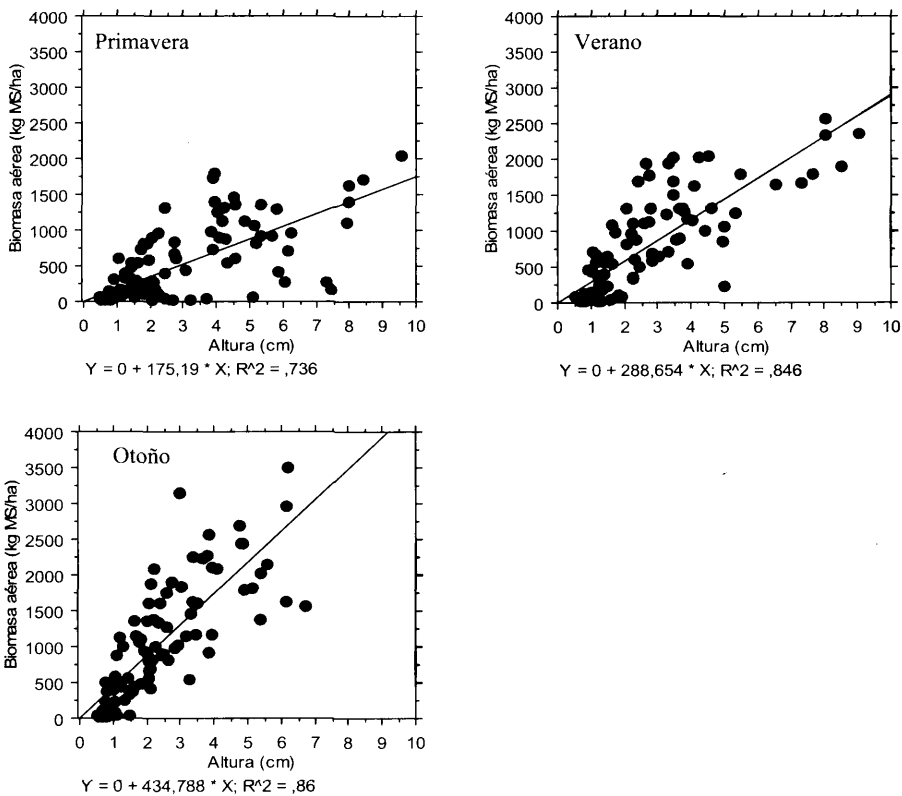


FIGURA 7

Relación entre la altura y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en los tres periodos de pastoreo estudiados (primavera, verano y otoño) en el área de Arkaola

(El grado de significación es <0,001 en los tres casos)

Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Arkaola corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

Si se procede al análisis de estadístico de la relación de las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea, al igual que con la altura, el ajuste lineal es altamente significativo en los tres periodos de pastoreo (Fig. 8), y también muestra diferencias en su relación con la biomasa, siendo, como ocurría en la relación altura y biomasa aérea, los tres periodos distintos: primavera-verano (ANCOVA, $F_{1,185} = 13,037$, $P = 0,0004$), primavera-otoño (ANCOVA, $F_{1,187} = 34,941$, $P < 0,0001$) y verano-otoño (ANCOVA, $F_{1,186} = 7,792$, $P = 0,0058$), aumentando, también, la pendiente de la recta a medida que transcurre el periodo de pastoreo.

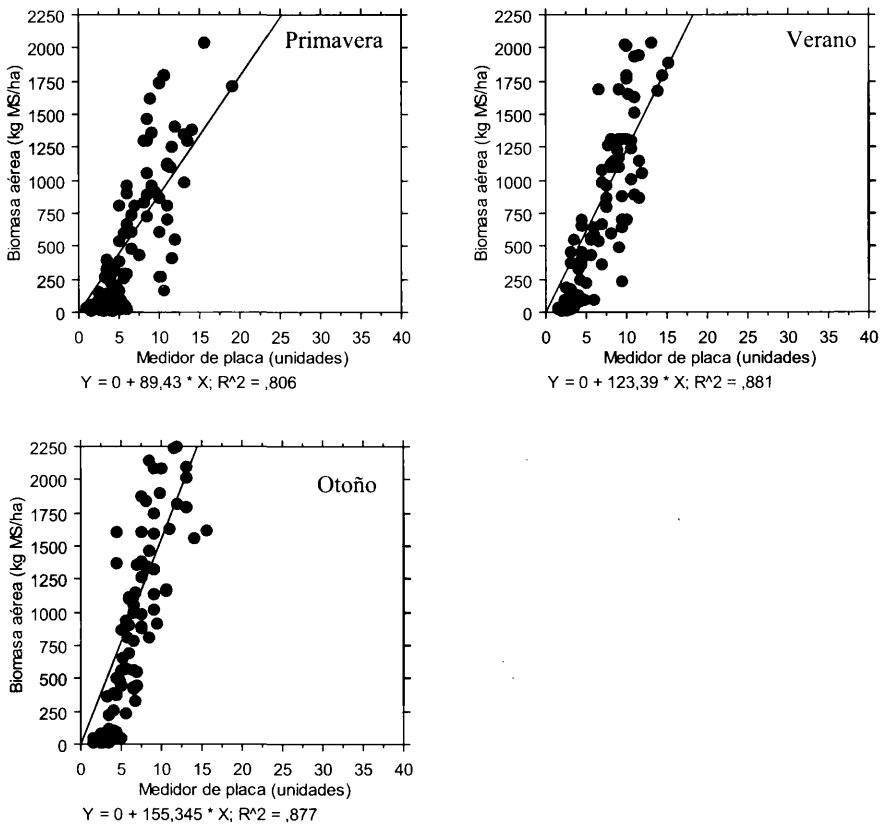


FIGURA 8

Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) en los tres periodos de pastoreo estudiados (primavera, verano y otoño) en el área de Arkaola (El grado de significación es <0,001 en los tres casos)

Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Arkaola corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

Algorta: pasto seminatural sobre material silíceo

De nuevo se tratan los datos en su conjunto dando un buen ajuste lineal ($R^2= 0,782$) entre la altura y la biomasa aérea en el área de Algorta (Fig. 9). Se procede del mismo modo con las unidades del medidor de placa, y también se da, al igual que con la altura, un buen ajuste lineal (Fig. 10).

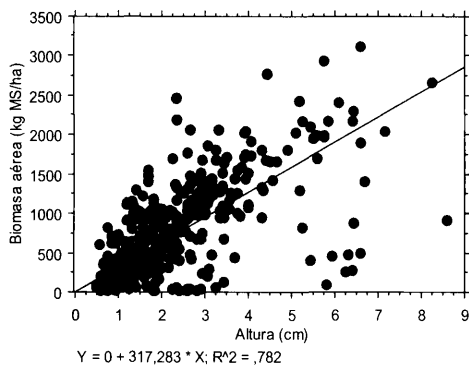


FIGURA 9

Relación entre la altura y la biomasa aérea (kg MS ha^{-1}) en el área de Algorta

(El grado de significación es $<0,001$)

Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha^{-1}) in Algorta

(degree of significance = 0.001)

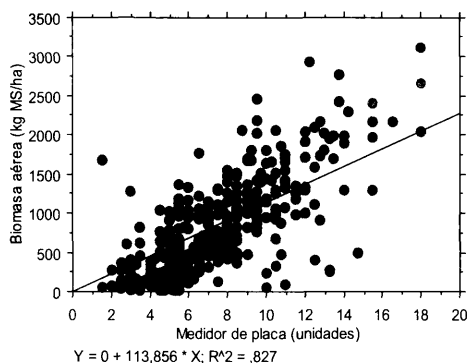


FIGURA 10

Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha^{-1}) en el área de Algorta (El grado de significación es $<0,001$)

Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha^{-1}) in Algorta

(degree of significance = 0.001)

Variabilidad temporal

La relación de la altura y la biomasa aérea en cada uno de los periodos es significativa, aunque la primavera presenta un valor de R^2 menor que los otros dos periodos (Fig. 11). La pendiente de las rectas de regresión es distinta según periodos, aumentando de forma significativa a medida que transcurre el periodo de pastoreo. Se diferencian las pendientes de las rectas correspondientes a la primavera y verano (ANCOVA, $F_{1,252} = 76,600$, $P < 0,0001$), primavera y otoño (ANCOVA, $F_{1,228} = 67,876$, $P < 0,0001$) y, finalmente, verano y otoño (ANCOVA, $F_{1,276} = 4,272$, $P = 0,0397$).

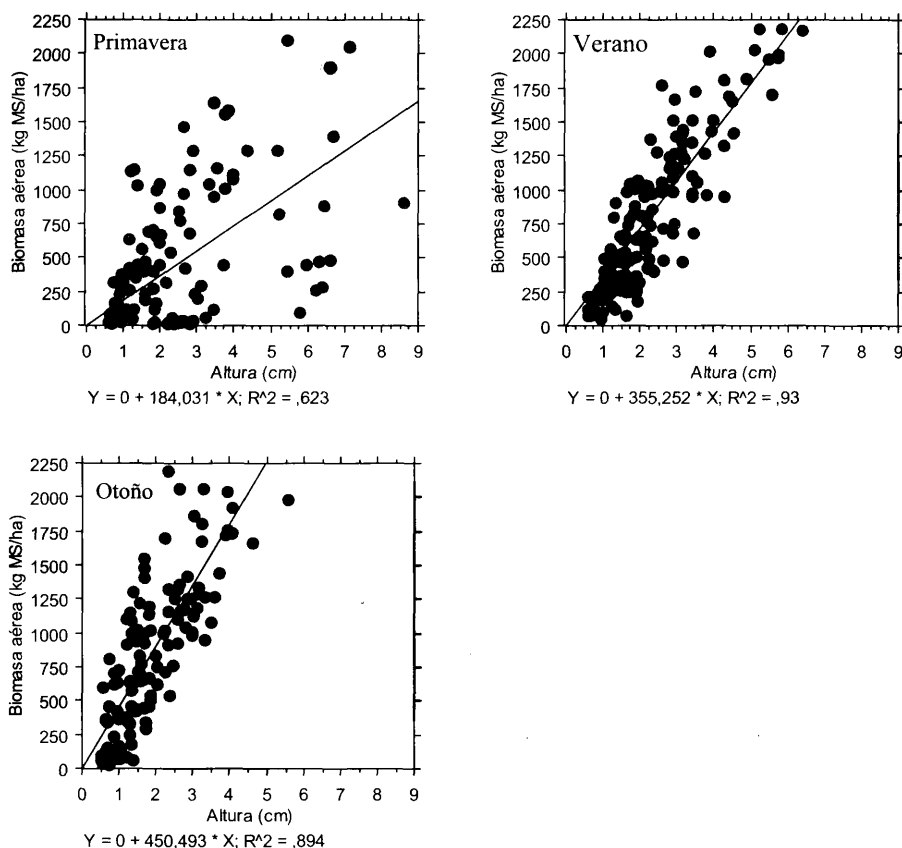


FIGURA 11

Relación entre la altura (cm) y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) con respecto al periodo de pastoreo (primavera, verano y otoño) en el área de Algorta

(El grado de significación es <0,001 en los tres casos)

Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Algorta corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

Si se procede con el mismo esquema para el otro estimador de la biomasa aérea, las unidades del medidor de placa, los resultados son similares a la altura (Fig. 12), siendo las rectas de regresión estadísticamente distintas en función del periodo de pastoreo, marcando diferencias la primavera con respecto al verano y el otoño (ANCOVA, $F_{1,252} = 11,796$, $P = 0,0007$; $F_{1,288} = 22,755$, $P < 0,0001$), y no existiendo estas diferencias entre el verano y el otoño (ANCOVA, $F_{1,276} = 2,981$, $P = 0,0854$).

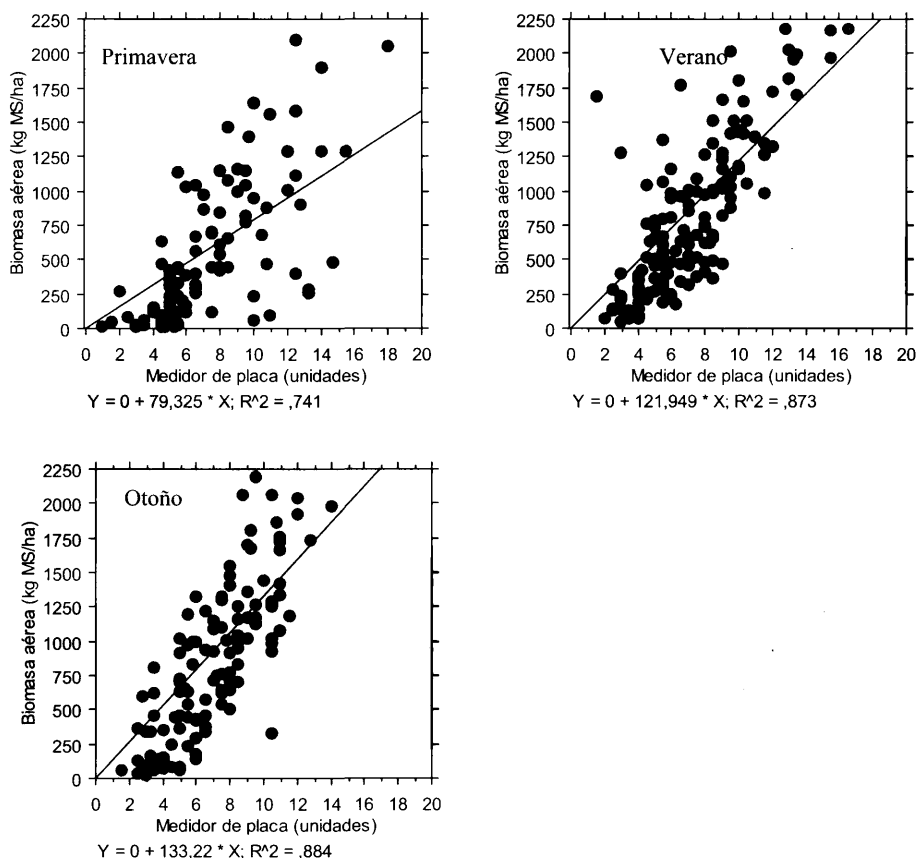


FIGURA 12

Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) con respecto al periodo de pastoreo (primavera, verano y otoño) en el área de Algorta (El grado de significación es <0,001 en los tres casos)

Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Algorta corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

Las relaciones, tanto de la altura como de las unidades del medidor de placa, con la biomasa aérea muestran un aumento de la pendiente de la recta de regresión a medida que transcurre el periodo de pastoreo. Otoño es el periodo en el que para una misma altura se estima una mayor biomasa aérea, mientras que con las unidades del medidor de placa ocurre en el otoño y el verano.

Usotegieta: pasto seminatural sobre material silíceo

En este área, al carecer de la serie completa de datos en los tres años de estudio, se trabaja con los datos referidos a 1994 y 1996, quedando excluido el año 1995. Al contrario de lo que ocurre con el resto de las áreas, en Usotegieta no se tratan los datos en su conjunto ya que el factor año se muestra significativamente distinto en la relación altura-biomasa (ANCOVA, $F_{1,342} = 80,804$, $P < 0,0001$) (Fig. 13) y en la relación unidades del medidor de placa-biomasa (ANCOVA, $F_{1,341} = 9,783$, $P = 0,0019$) (Fig. 14) por lo que en este caso se consideran los años por separado.

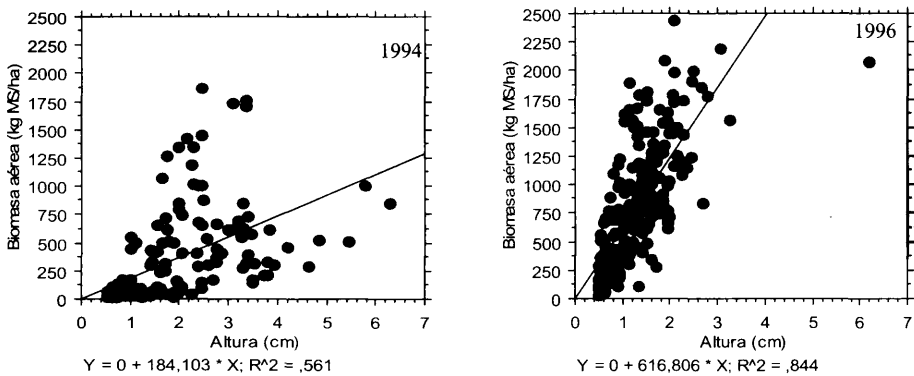


FIGURA 13

Relación entre la altura y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) con respecto al factor año en el área de Usotegieta (El grado de significación es <0,001 en los dos casos)

Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Usotegieta corresponding to the different years studied (degree of significance = 0.001)

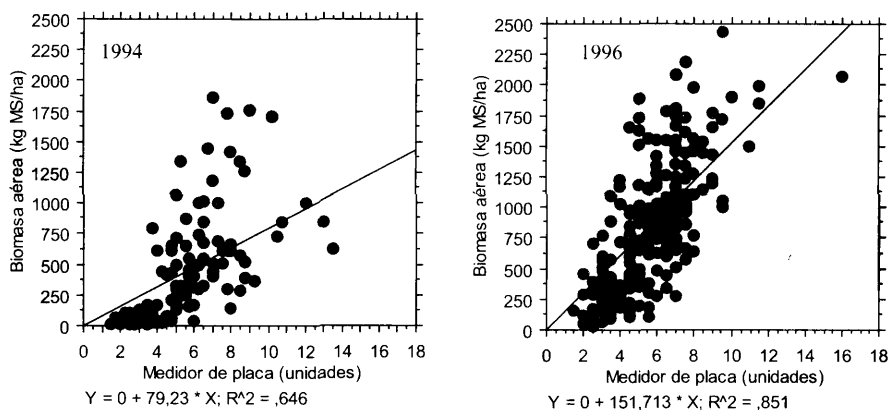


FIGURA 14

Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) con respecto al factor año en el área de Usotegieta (El grado de significación es <0,001 en los dos casos)

Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Usotegieta corresponding to the different years studied (degree of significance <0.001)

Variabilidad temporal

Considerando el área de Usotegieta como una única área de gestión, se analiza la variabilidad temporal en esta unidad, siendo el factor analizado periodo de pastoreo con respecto a la relación altura y biomasa (Fig. 15). Las relaciones que se establecen van mejorando su valor de R² a medida que transcurre el periodo de pastoreo, esto es, en el otoño se obtiene el ajuste mejor (Fig. 15). La altura en la primavera tiende a mostrar dos nubes de puntos, que se corresponden con 1994 (puntos más postrados hacia el eje X) y 1996 (puntos menos postrados al eje X). Para el verano también se observa esta disposición, aunque menos acusada, y ya para el otoño desaparece.

En la primavera la relación altura y biomasa es significativamente distinta según el año ($P < 0,0001$), siendo a una misma altura (x) la biomasa (y) menor en 1994 ($y = 0 + 97,911x$; $R^2 = 0,81$; $P < 0,0001$) que en 1996 ($y = 0 + 520,686x$; $R^2 = 0,892$; $P < 0,0001$). Destaca el hecho de que el valor máximo de la altura es 6,30 cm en 1994 y 2,45 cm en 1996. Tanto el verano como en el otoño esta separación de las dos nubes es menor, no siendo significativa según el factor año.

La interacción año y periodo de pastoreo, conduce a un análisis de covarianza por años, siendo en 1994 significativamente distintas las pendientes de las rectas de regresión en función de los periodos de pastoreo ($P < 0,0001$), así como en 1996

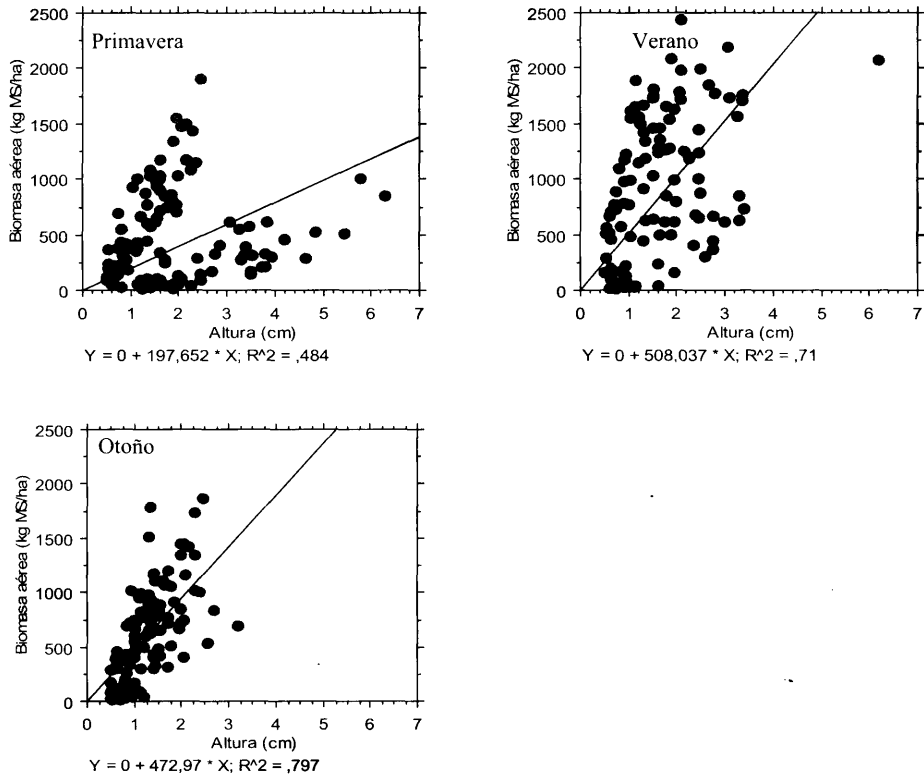


FIGURA 15

Relación entre la altura y la biomasa aérea (kg MS ha^{-1}) con respecto al periodo de pastoreo estudiado (primavera, verano y otoño) en el área de Usotegieta (El grado de significación es $<0,001$ en los tres casos)

Relationship between height and aerial biomass (kg DW ha^{-1}) in Usotegieta corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

($P < 0,0001$). En 1994, la primavera se muestra distinta al resto de los periodos ($P < 0,0001$) y en 1996 es el verano diferente a los demás periodos ($P < 0,05$). Las ecuaciones de regresión altura (x) y biomasa (y) se agrupan en función de los análisis descritos anteriormente de covarianza, siendo en todas ellas una relación altamente significativa ($P < 0,0001$). En 1994 la ecuación de la recta de regresión en primavera es $y = 0 + 97,911x$; $R^2 = 0,81$, mientras que en verano y otoño agrupados es $y = 0 + 314,724x$; $R^2 = 0,739$. En 1996 se pueden agrupar la primavera y el otoño, con una ecuación $y = 0 + 546,332x$; $R^2 = 0,882$, mientras que en verano es $y = 0 + 704,619x$; $R^2 = 0,839$. La altura se presenta como un estimador sensible a la variabilidad temporal, tanto por periodos de pastoreo como, especialmente, por años.

Las relaciones de las unidades del medidor de placa y la biomasa son significativas con respecto al periodo de pastoreo en el conjunto del área de Usotegieta (Fig. 16). En la primavera la relación unidades del medidor de placa y biomasa se muestra significativamente distinta según el año ($P < 0,0001$), siendo a una misma altura (x) la biomasa (y) menor en 1994 ($y = 0 + 49,653x$; $R^2 = 0,809$; $P < 0,0001$) que en 1996 ($y = 0 + 120,385x$; $R^2 = 0,853$; $P < 0,0001$).

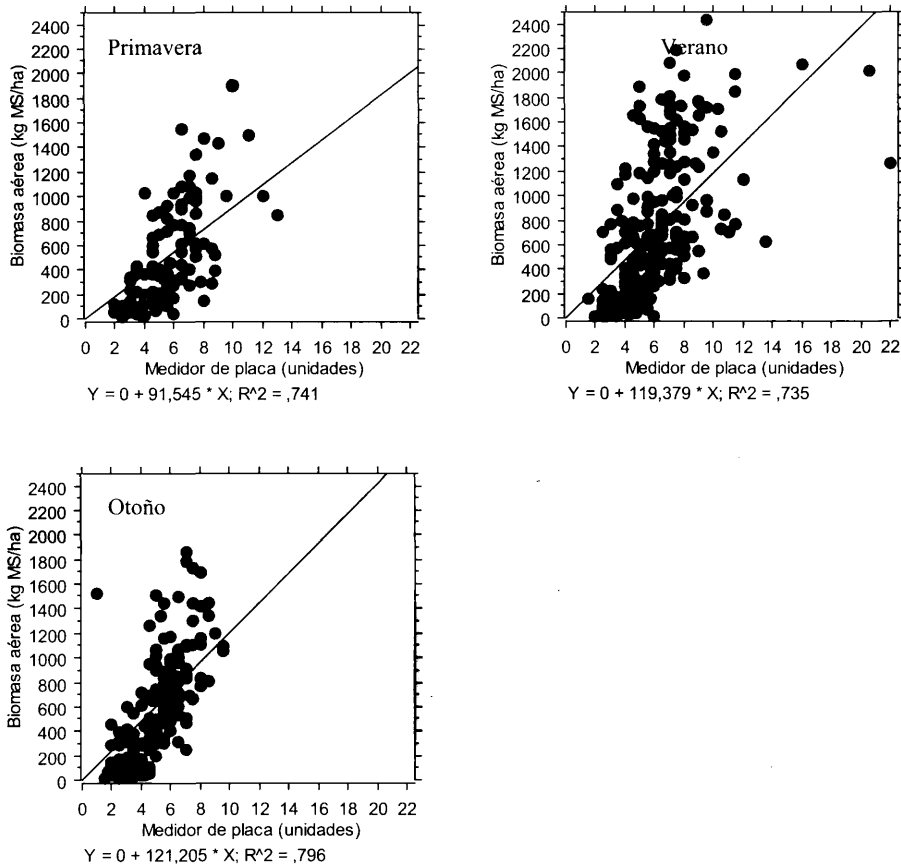


FIGURA 16

Relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) con respecto al periodo de pastoreo estudiado (primavera, verano y otoño) en el área de Usotegieta (El grado de significación es <0,001 en los tres casos)

Relationship between plate-meter values and aerial biomass (kg DW ha⁻¹) in Usotegieta corresponding to the three grazing periods studied (spring, summer, autumn) (degree of significance = 0.001)

En el verano esta separación de las dos nubes es menor, no siendo significativa, ni tampoco en otoño, aunque tiende a ser significativa la diferencia con respecto al año, siendo a una misma altura (x) la biomasa (y) menor en 1994 ($y = 0 + 103,322x$; $R^2 = 0,685$; $P < 0,0001$) que en 1996 ($y = 0 + 134,758x$; $R^2 = 0,877$; $P < 0,0001$). La interacción año y periodo de pastoreo, conduce a un análisis de covarianza por años, siendo en 1994 significativamente distintas las pendientes de las rectas de regresión en función de los periodos de pastoreo ($P < 0,0001$), no así en 1996. En 1994, los tres periodos son distintos entre ellos ($P < 0,05$), y las ecuaciones de regresión altura (x) y biomasa (y) en cada uno de los periodos de dicho año son altamente significativas ($P < 0,0001$); primavera: $y = 0 + 49,653x$ y $R^2 = 0,809$; en verano: $y = 0 + 92,566x$ y $R^2 = 0,689$; en otoño: $y = 0 + 103,322x$ y $R^2 = 0,685$.

DISCUSIÓN

Altunoste: pasto sembrado sobre material silíceo

En el área de Altunoste se detectan diferencias en la relación estimadores y biomasa en los distintos periodos de pastoreo (primavera, verano y otoño). La relación de la altura/unidades del medidor de placa y la biomasa aérea en la primavera presenta una pendiente menor que en el periodo de verano, siendo en este periodo también menor que en otoño. Ello se traduce en una estimación de la biomasa mayor según avanza la estancia del ganado en el pasto. Esto se puede explicar por el incremento de la densidad del pasto (Li *et al.*, 1998) a medida que transcurre el periodo de pastoreo, entendida como la relación altura y unidades del medidor de placa. A estas diferencias en la relación altura y unidades del medidor de placa contribuye la gran variabilidad de la altura del pasto en la primavera, en comparación con los otros dos periodos, siendo los valores máximos y mínimos en la primavera de 37,7 y 1,5 cm, respectivamente. Se trata del momento de pleno espigado de las gramíneas dominantes, siendo los valores más altos los correspondientes a la especie *Lolium perenne*. Ello determina una estructura vertical del pasto tal, que la superficie es más laxa y, según se va descendiendo, se cierra el pasto con especies de porte más bajo como *Trifolium repens*.

El estado fenológico y la estación de muestreo son factores que se consideran relevantes en la calibración de los estimadores, dado que están relacionados con la densidad del pasto, como se ha comentado anteriormente, así como con el porcentaje de materia seca del pasto (Li *et al.*, 1998). El análisis de varianza en función del periodo muestra diferencias significativas en el porcentaje de materia seca ($F_{2,282} = 17,844$,

$P < 0,0001$), siendo el verano el periodo con el porcentaje más alto (media y error estándar de $28,8 \pm 0,7\%$) en comparación con la primavera ($23,3 \pm 0,9\%$) y el otoño ($22,8 \pm 0,8\%$). A pesar de las diferencias en el porcentaje de materia seca entre periodos, la densidad del pasto es el factor más determinante en las relaciones estimadores y biomasa, especialmente importante en la interpretación de dichas relaciones en el verano y otoño, ya que en verano el pasto tiene un mayor porcentaje de materia seca y es menos denso que el pasto de otoño.

La estimación regular de la biomasa aérea de un pasto puede ser útil en la toma de decisiones para la gestión del pastoreo (O'Donovan *et al.*, 2000). La gran mayoría de los trabajos se han centrado en estimaciones pre-pastoreo y post-pastoreo en pastos dominados por *L. perenne* (Mitchell *et al.*, 1982; Murphy *et al.*, 1995), siendo en este sentido interesantes las ecuaciones de regresión correspondientes a los periodos de primavera (inicio) y otoño (final del pastoreo). El estimador de altura en primavera es más preciso ($R^2 = 0,842$) que el de las unidades del medidor de placa ($R^2 = 0,834$), aunque las diferencias no son muy grandes, no considerándose tampoco al medidor de placa un estimador inadecuado en pastos altos y senescentes (Michell y Large, 1983).

En prados de fondo de valle, dado que la primavera es el periodo donde se concentra más del 50% de la producción total de pasto, la estimación de la producción en este periodo, especialmente antes de la entrada del ganado en el pasto, puede permitir obtener recomendaciones orientadas a una utilización eficiente y óptima de la biomasa desde el punto de vista de la producción animal (O'Donovan *et al.*, 2000).

El otoño es el periodo donde ambos estimadores son más sensibles a la diferenciación estructural del pasto, hecho que permite valorar el aprovechamiento del ganado en las distintas zonas. Así, en las zonas menos pastadas el porcentaje de materia seca es mayor, estimándose una mayor biomasa para una misma unidad de estimador. Por otra parte, también se puede hacer una valoración general del estado en el que se finaliza el pastoreo. En concreto, en este periodo, es el medidor de placa, en general, el que mejor ajuste presenta en su relación con la biomasa.

Comparando los datos de biomasa estimada por los dos métodos (altura y medidor de placa) en los distintos periodos de pastoreo, se observa que los valores estimados con el medidor de placa son mayores que los estimados con la altura a partir de los valores medios de cada uno de ellos, de manera que el medidor de placa, en la primavera, sobreestima la biomasa en un 17% frente a la altura, un 5% en verano y un 11% en otoño.

Los ajustes de las rectas de regresión de las unidades del medidor de placa han sido superiores a los encontrados en la bibliografía en pastos dominados por *L. perenne*. Stockdale (1984) encontró un ajuste (R^2) de 0,71 y 0,74 antes y después de ser pastados,

respectivamente; Murphy *et al.* (1995) obtuvieron coeficientes de correlación de 0,72 para medidas pre pastoreo; Michell (1982) obtuvo coeficientes de correlación para la relación de la calibración de 0,8. También los ajustes encontrados en el presente trabajo en la relación altura y biomasa son mejores que los referidos en la bibliografía: Murphy *et al.* (1995) obtuvieron coeficientes de correlación lineal de 0,70 y 0,31 para medidas pre y post pastoreo, siendo más cercanos los coeficientes de correlación de L'Huillier y Thompson (1988) con $R^2=0,81$, así como los encontrados por Celaya (1998) $R^2=0,832$ y Mosquera *et al.* (1991) $R^2=0,784$.

Arkaola: pasto sembrado sobre material silíceo

La variabilidad temporal, que queda corroborada por las distintas calibraciones obtenidas para ambos estimadores en los tres periodos de pastoreo, se explica, al igual que en el área de Altunoste, por la densidad del pasto, así como por el distinto porcentaje de materia seca del pasto (Li *et al.*, 1998).

En referencia a la densidad del pasto (relación altura-unidades del medidor de placa), se detecta un incremento significativo de las unidades a una misma altura a lo largo del periodo de pastoreo (ANCOVA, $F_{2,279}=9,658$, $P<0,0001$) (**Fig. 4.4.33**): primavera-verano (ANCOVA, $F_{1,185}=4,172$, $P=0,0425$), primavera-otoño (ANCOVA, $F_{1,187}=18,359$, $P<0,0001$) y verano-otoño (ANCOVA, $F_{1,186}=6,532$, $P=0,0114$). Esto se debe a que en la primavera, espigan gran parte de las gramíneas dominantes del pasto, además de que florecen distintas especies dicotiledóneas, lo que se traduce en una menor resistencia a la placa del medidor causado por una variabilidad en la altura. A medida que el ganado va pastando, estas diferencias en altura se van eliminando, de manera que a una misma altura el valor de biomasa es mayor.

Esta relación altura y unidades del medidor de placa a lo largo del pastoreo da una idea de la distinta presión ganadera que soportan el área de Arkaola y Altunoste. Así, en Arkaola, con mayor carga ganadera, las diferencias de las pendientes de las rectas de regresión son mayores entre periodos de pastoreo, que en Altunoste.

En lo que se refiere al porcentaje de materia seca, como factor determinante en las diferencias temporales en las calibraciones de los estimadores, se han encontrado diferencias según el periodo de pastoreo (ANOVA $F_{2,282}=28,373$, $P<0,0001$), siendo el verano el periodo con un valor medio más alto ($29,4\pm 0,7\%$), seguido del otoño ($25,9\pm 1,2\%$) y, por último, la primavera $20,2\pm 0,6\%$ (separación de medias por el test de Fisher). Estas diferencias estacionales están relacionadas con la climatología, ya que al ser el verano más seco, los porcentajes de materia seca son más altos en el pasto que en la primavera, fundamentalmente, pero también en el otoño aunque en menor medida.

De esta manera, en primavera, con un pasto con menor porcentaje de materia seca y menos cerrado, para un determinado valor de unidades la biomasa es menor la cantidad de biomasa estimada, que en el verano, en que el porcentaje de materia seca es más alto. En el otoño, a pesar de ser menor el valor del porcentaje de materia seca que en verano, para un mismo número de unidades la biomasa estimada es mayor que en dicho periodo, por la mayor densidad del pasto.

En definitiva, la combinación de ambos factores, contenido de materia seca y densidad del pasto, explica las relaciones entre estimadores y biomasa, aunque la densidad del pasto se muestra más determinante en esta relación.

En el área de Arkaola el medidor de placa tiene un mejor ajuste que la altura en la estimación de la biomasa en los tres periodos de pastoreo analizados, mientras que en Altunoste no se diferenciaban ambos métodos de forma tan evidente. Este hecho coincide con trabajos de Michell (1982) y Michell y Large (1983) en los que el medidor de placa ha resultado ser un mejor estimador en pastos intensamente pastados frente a los no pastados.

Al igual que en el área de Altunoste, en la calibración de ambos estimadores la variabilidad temporal cobra una importancia mayor que la espacial. Al ser ambas áreas o pastos sembrados, la heterogeneidad no es tan determinante en la calibración, si bien la habilidad del observador puede mejorar esta calibración (Laca *et al.*, 1989).

La variabilidad temporal se presenta como el factor clave para explicar la relación de los estimadores, tanto de altura como de unidades del medidor de placa, con la biomasa aérea. A pesar de que el ajuste de la relación estimador y biomasa es mejor con el medidor de placa que con la altura, éste no ha sido sensible a las diferencias estructurales más acusadas al finalizar el pastoreo. Por lo que desde un punto de vista de la gestión, al inicio de la primavera puede ser más eficaz el medidor de placa, mientras que la altura puede dar una idea más real del estado en el que queda el pasto, con el fin de planificar la gestión a medio-largo plazo (Frame, 1993).

Algorta: pasto seminatural sobre material silíceo

Se han encontrado diferencias en la calibración de los estimadores a lo largo del periodo de pastoreo. Tanto para la relación de la altura como la de las unidades del medidor de placa con la biomasa, aumenta la pendiente de la recta de regresión a medida que transcurre el periodo de pastoreo. Otoño es el periodo en que a una misma altura, el valor estimado de la biomasa aérea es mayor, y para las unidades del medidor de placa ésto sucede también en el verano, aunque la tendencia es que ambos periodos sean distintos ($P= 0,0854$).

Estas diferencias en las rectas de calibración se deben al estado fenológico, siendo uno de los factores que también influyen el porcentaje de materia seca (Li *et al.*, 1998). El porcentaje de materia seca es significativamente distinto según el periodo de pastoreo (ANOVA, $F_{2,379} = 3,348$; $P = 0,0362$). El test de Fisher diferencia el verano del otoño ($P = 0,0114$), no así entre los restantes periodos. Así, los porcentajes medios de materia seca en la primavera, verano y otoño son $28,7 \pm 0,01$, $26,2 \pm 0,01$ y $30,1 \pm 0,01$, respectivamente.

Por otra parte, otro factor determinante en la relación de los estimadores y la biomasa es la densidad del pasto (Li *et al.*, 1998). Por esta razón, siendo la relación altura y unidades del medidor de placa un reflejo de la densidad del pasto, se detectan diferencias en esta relación entre periodos (ANCOVA, $F_{2,378} = 15,224$, $P < 0,0001$). Así, dado que aumenta la densidad del pasto a medida que transcurre el periodo de pastoreo, se detectan diferencias de las relaciones altura y unidades del medidor de placa con la biomasa entre la primavera y el verano (ANCOVA, $F_{1,252} = 10,299$, $P = 0,0015$), la primavera y el otoño (ANCOVA, $F_{1,228} = 28,312$, $P < 0,0001$), y el verano y el otoño (ANCOVA, $F_{1,276} = 6,278$, $P = 0,0128$). Esta distinta densidad del pasto según periodos se debe a la dispersión de los valores de la altura del pasto, siendo esta dispersión mayor al inicio del pastoreo, y va haciéndose menor hacia el final.

La primavera y el verano con porcentajes de materia seca que no difieren estadísticamente, son el momento de máximo desarrollo de la especie dominante *A. capillaris*. Esto unido a la baja carga ganadera que soporta la zona, hace que en estos dos periodos el rango de los valores de altura del pasto sea amplio (en primavera el valor máximo es 8,6 cm y el mínimo 0,6 cm, y en verano el máximo es 8,3 cm y el mínimo 0,6 cm), mientras que en el otoño, tras el pastoreo, las alturas se igualan en el pasto (valor máximo de 6,6 cm y mínimo de 0,5 cm). Así, cuanto más amplio sea el rango de alturas, esto es, cuanto más heterogénea sea la estructura vertical, menor será la biomasa estimada, para un determinado valor de la altura.

Considerando los tres periodos de pastoreo, la eficacia de los estimadores ha variado según el periodo. Así, en la primavera, el ajuste de la relación unidades del medidor de placa y la biomasa es mejor ($R^2 = 0,741$) que la relación de ésta con la altura ($R^2 = 0,623$), sin embargo, en el resto de los periodos la altura se comporta como un estimador más eficaz, con coeficientes de regresión superiores ($R^2 = 0,930$ y $R^2 = 0,894$, verano y otoño, respectivamente) que los correspondientes a la relación entre las unidades del medidor de placa y la biomasa ($R^2 = 0,873$ y $R^2 = 0,884$, verano y otoño, respectivamente).

Desde el punto de vista de la gestión, los controles antes del pastoreo (primavera) y después del pastoreo (otoño) tienen una gran aplicación, el primero para la planificación del aprovechamiento óptimo del pasto (O'Donovan *et al.*, 2000) y el segundo para la

toma de decisiones a largo y medio plazo orientadas a la conservación y mejora de los pastos (Frame, 1993). Así, al inicio de la primavera puede ser más eficaz el medidor de placa, mientras que la altura puede dar una idea más real del estado en el que queda el pasto en el otoño, tanto por el mejor ajuste estimador-biomasa como por la tendencia a marcar diferencias espaciales (*Pasto abierto* y *Arbusto*) en el otoño, como también sucedía en Arkaola.

Considerando estas diferencias de los estimadores según periodos, en la primavera con un valor medio y error estándar de unidades del medidor de placa $7,31 \pm 0,33$ y de la altura de $2,63 \pm 0,18$, la biomasa estimada por el medidor de placa es $580 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y por la altura $484 \text{ kg MS ha}^{-1}$, por lo que la subestima de la altura es de un 17%.

En el otoño, con un valor medio y error estándar de unidades del medidor de placa $7,30 \pm 0,27$ y de altura $2,03 \pm 0,11$, la biomasa estimada por el medidor de placa es $973 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y por la altura $915 \text{ kg MS ha}^{-1}$, por lo que la sobrestima de las unidades del medidor de placa es del 6%.

Usotegieta: pasto seminatural sobre material silíceo

El área de Usotegieta se ha encontrado que es diferente al resto de las áreas estudiadas en cuanto a que el factor año es determinante en la explicación de las relaciones de los estimadores con la biomasa.

El porcentaje de materia seca del pasto muestra diferencias con respecto al factor año, siendo mayor el porcentaje en 1994 ($37,7 \pm 0,9$) que en 1996 ($30,9 \pm 0,5$), y con respecto al factor periodo de pastoreo, siendo la primavera distinta al verano (test de Fisher $P = 0,0057$) y al otoño ($P = 0,0350$), no así el verano y el otoño ($P = 0,4976$) con valores medios y error estándar de $35,5 \pm 0,9\%$, $32,2 \pm 1,0\%$ y $33,1 \pm 0,7\%$, respectivamente. La interacción año y periodo de pastoreo no ha sido significativa (ANOVA, $F_{2,349} = 2,311$, $P = 0,1007$).

El análisis de la covarianza de la pendiente de las rectas de regresión de la relación altura y unidades del medidor de placa, con la biomasa muestra una significación en la interacción año y periodo de pastoreo (ANCOVA, $F_{2,345} = 8,959$, $P = 0,0002$). Así, si se consideran los años por separado, en el año 1994 la primavera es distinta del verano (ANCOVA, $F_{1,91} = 14,182$, $P = 0,0003$) y el otoño (ANCOVA, $F_{1,91} = 4,854$, $P = 0,0301$), no así el verano y el otoño (ANCOVA, $F_{1,92} = 1,538$, $P = 0,2181$). En la primavera se estima a una misma altura (x) un menor número de unidades de medidor de placa (y) que el verano y el otoño. En 1996, el verano tiende a ser significativamente distinto de la primavera (ANCOVA, $F_{1,138} = 3,717$, $P = 0,0559$) y es distinto del otoño (ANCOVA, $F_{1,138} = 0,160$, $P = 0,6894$), no diferenciándose la primavera y el otoño (ANCOVA, $F_{1,140} = 1,538$, $P = 0,2181$).

Si se considera por periodos de pastoreo, el verano es el único periodo que no muestra diferencias en la densidad con respecto al factor año (ANCOVA, $F_{1,114}= 0,496$, $P= 0,4828$), no así la primavera (ANCOVA, $F_{1,115}= 21,174$, $P<0,0001$), ni el otoño (ANCOVA, $F_{1,116}= 7,579$, $P= 0,0069$).

Estas diferencias en la densidad del pasto, según el año y periodo de pastoreo, son las que explican, fundamentalmente, las diferencias temporales en las pendientes de las rectas de regresión de los estimadores y la biomasa, de manera que en la primavera del año 1996 con un pasto más denso que en 1994, se estima una mayor biomasa para una misma altura o número de unidades de medidor de placa.

El medidor de placa, como estimador, es más sensible a estas diferencias en la densidad del pasto que la altura, ya que se acerca a una diferencia significativa en el otoño con respecto a los años, siendo nuevamente en 1996 en el que mayor cantidad de biomasa se estima para un mismo valor de unidades del medidor de placa.

La ausencia de diferencias en la densidad del pasto en verano según el factor año determina, así mismo, la ausencia de diferencias en las rectas de regresión estimadores y biomasa. Esto se puede deber a que el verano es el momento de espigado de la especie *A. curtisii*, dominante en el área de Usotegieta, lo que hace que sea el periodo con el pasto más denso de los tres considerados, pero dado que es posiblemente el momento de máxima carga ganadera, esto hace que se anulen las diferencias interanuales. Dentro de cada año, las diferencias entre los periodos de pastoreo en las relaciones estimadores y biomasa vienen determinadas, nuevamente, por la densidad del pasto, ya que la primavera, siendo el periodo donde el pasto presenta un mayor porcentaje de materia seca, es también la que menor biomasa estima a una misma medida de estimador. El verano, el periodo donde la estimación es mayor a una misma medida, la densidad del pasto es mayor, siendo menor el porcentaje de materia seca.

El factor año, con lo que implica de distinta climatología, tiene una fuerte influencia en la primavera, de manera que en 1996, con una pluviometría mayor que en 1994, se observa una respuesta positiva en la producción, de manera que la biomasa estimada a una misma medida de estimador es mayor. Esta importancia del factor año sobre la biomasa en la primavera, pone en evidencia la variabilidad de la oferta pascícola ante una cabaña ganadera no tan variable en el tiempo. Los ajustes de las relaciones estimador-biomasa son similares, siendo para la altura: $R^2= 0,810$ y $R^2= 0,892$ en 1994 y 1996, respectivamente, y para las unidades del medidor de placa: $R^2= 0,809$ y $R^2= 0,853$ en los años 1994 y 1996, respectivamente. Entre un año favorable para la producción (1996) y uno menos favorable (1994) y con los valores medios de la altura en primavera ($2,74\pm 0,19$ cm y $1,26\pm 0,06$ cm, año 1994 y 1996 respectivamente), la biomasa estimada es de 656 kg MS ha⁻¹ y 268 kg MS ha⁻¹, respectivamente, lo que supone un 59% menos de producción en 1994.

Si se consideran los valores medios de las unidades del medidor de placa y se estima la biomasa en cada uno de los años, esto es, en el año 1994 con un valor medio y error estándar de $5,45 \pm 0,06$ se estima un valor de biomasa de $656 \text{ kg MS ha}^{-1}$, mientras que en el año 1996 con $5,49 \pm 0,23$ unidades se estima un valor de biomasa de $661 \text{ kg MS ha}^{-1}$. Es decir, que las unidades, en referencia a la altura, sobreestiman la biomasa en 1%.

Ante estas diferencias anuales de biomasa ofertada en primavera los ganaderos han sabido responder con una subida a los pastos que se hace de forma paulatina, alcanzando la máxima carga en el verano, que a su vez coincide con la máxima oferta de pasto. La ausencia de diferencias interanuales en este periodo, así como en el otoño, los hace propicios para el seguimiento y valoración del aprovechamiento ganadero.

Lo que sí se detecta, son diferencias en el ajuste de las relaciones de los estimadores con la altura en el verano, siendo el coeficiente de regresión más alto en las unidades del medidor-biomasa ($R^2 = 0,735$) que altura-biomasa ($R^2 = 0,710$), de manera que a un valor medio de unidades registradas en el pasto en el verano ($5,89 \pm 0,23$) se estima una biomasa de $703 \text{ kg MS ha}^{-1}$, mientras que a una altura media de $1,60 \pm 0,08 \text{ cm}$ la biomasa es de $813 \text{ kg MS ha}^{-1}$, lo que supone que la altura sobrestima un 16% la biomasa. En el otoño ambos estimadores se muestran igual de precisos, con coeficientes similares ($R^2 = 0,797$ y $R^2 = 0,796$ en la relación altura-biomasa y unidades-biomasa, respectivamente). Considerando más precisa la altura como estimador, las unidades del medidor sobrestimarían un 2% la biomasa. El verano es el periodo donde más diferencias se dan entre estimadores, resultando ser el medidor de placa más preciso. En la primavera y otoño no se diferencian los estimadores.

Cara a la gestión, independientemente de los mayores o menores valores de los coeficientes de regresión, es muy interesante poder detectar la heterogeneidad temporal, ya que ello permite tener una visión más amplia de la dinámica productiva del pasto. Por ello, las unidades del medidor de placa se consideran un estimador más apropiado que la altura para este área de Usotegieta.

Las unidades del medidor de placa en la primavera, como inicio del pastoreo, detectan diferencias anuales, de manera que en el año más lluvioso (1996) para un mismo número de unidades se estima una mayor biomasa que en el año menos lluvioso (1994). La respuesta productiva a las precipitaciones contribuye a una mayor pendiente de la relación altura (x) y unidades del medidor de placa (y) en el año 1996 ($y = 0 + 4,128x$; $R^2 = 0,953$; $P < 0,0001$) que el año 1994 ($y = 0 + 1,926x$; $R^2 = 0,945$; $P < 0,0001$), lo que explica esta distinta calibración, pues el porcentaje de materia seca, siendo estadísticamente distinto entre años (ANOVA, $F_{1,116} = 12,640$, $P = 0,0005$), es inferior en el año 1996 ($33,1 \pm 0,8$) que en el año 1994 ($39,1 \pm 1,7$).

En resumen, en el área de Usotegieta los estimadores de la biomasa aérea muestran diferencias con respecto al año únicamente al inicio del pastoreo (primavera). Las unidades de medidor de placa son más sensibles al factor año en los análisis de covarianza en el periodo correspondiente a la primavera que el estimador altura. Además, en el otoño los coeficientes de regresión son superiores en la relación unidades del medidor-biomasa que en la relación altura-biomasa. Estos resultados sugieren que este estimador es más apropiado para el área de Usotegieta.

CONCLUSIONES

- Las relaciones lineales que se establecen entre los estimadores (altura y unidades del medidor de placa) y la biomasa aérea presentan un buen ajuste, siendo mejor, en líneas generales, en los pastos sembrados que en los pastos seminaturales.
- La variabilidad temporal se presenta como clave en la relación lineal de los estimadores con la biomasa aérea, aumentando la pendiente a medida que avanza el periodo de pastoreo. El distinto porcentaje de materia seca entre periodos, pero especialmente el aumento de la densidad del pasto (relación altura-unidades del medidor de placa) debida al descenso de la variabilidad en la altura del pasto por el aprovechamiento ganadero, son las razones que explican estas diferencias temporales, llegando a ajustes mejores al final del periodo de pastoreo.
- La climatología asociada a cada año se muestra determinante en las relaciones estimadores-biomasa en el área de Usotegieta, en concreto en el periodo de primavera, de manera que la biomasa estimada en un año seco (1994) frente a uno más lluvioso (1996) en este periodo supone una diferencia del 59%. Estas diferencias se asocian fundamentalmente a una mayor densidad del pasto en un año más productivo como es 1996.
- En líneas generales no se puede concluir que un estimador sea mejor que el otro, ya que es muy grande la casuística.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABACUS CONCEPTS, 1996. Stat View 4.5. *Abacus Concepts, Inc.* Berkeley.
- CELAYA, R., 1998. *Dinámica vegetal de pastos y matorrales de la Montaña Cantábrica sometidos a diferentes estrategias de pastoreo por rumiantes*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. 280 pp. Oviedo (España).
- FERRER, V.; DONEZAR, M.; BARBERENA, A.; OSACAR, C., 2000. Valoración y cartografía del potencial forrajero de los recursos pastables de Navarra. Ejemplo del monte comunal de Sorogain (Valle de Ebro). En: *Actas de la III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 129-134. Bragança-A Coruña-Lugo.

- FRAME, J., 1993. Herbage mass. En: *Sward measurement handbook*, 39-69. Ed. A. J. Davies, R.D. Baker, S.A Grant y S. Laidlaw. 2ª edición: British Grassland Society. Reading (Inglaterra).
- GOBIERNO VASCO, 1998. *Plan estratégico Vasco de I+D Agropesquero 1998-2001*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 214 pp. Vitoria-Gasteiz.
- KENT, M.; COKER, P., 1992. *Vegetation Description and Analysis. A practical approach*. Short Run Press. Exeter.
- L'HUILLIER, P.J.; THOMPSON, N.A., 1988. Estimation of herbage mass in ryegrass/white clover dairy pastures. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, **49**, 117-122.
- LACA, E.A.; DEMMENT M.W.; WINCKEL, J.; KIE, J.G., 1989. Comparison of weight estimate and rising-plate meter methods to measure herbage mass of a mountain meadow. *Journal of Range Management*, **42**, 71-75.
- LI, G.D.; HELYAR K.R.; CASTLEMAN L.J.; NORTON G.; FISHER R.P., 1998. The implementation and limitations of using a falling plate meter to estimate pasture yield. En: *Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference*. Wagga Wagga. Australia. <http://www.regional.org.au/asa/1998/3/046li.htm#TopOfPage>.
- MICHELL, P., 1982. Value of a rising plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Science*, **37**, 81-87.
- MICHELL, P.; LARGE, V., 1983. The estimation of herbage mass of perennial ryegrass swards: a comparative evaluation of a rising-plate meter and a single-probe capacitance meter calibrated at and above ground level. *Grass and Forage Science*, **38**, 295-299.
- MOSQUERA, A., 1992. Transformación de terrenos de monte gallegos en praderas permanentes. Dosis óptimas de cal para su implantación y mantenimiento. En: *100 años de investigación agraria*, 375-382. Consellería de Agricultura. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- MURPHY, W.M.; SILMAN, J.P.; MENA BARRETO, A.D., 1995. A comparison of quadrat, capacitance meter, HFRO sward stick, and rising plate meter for estimating herbage mass in a smooth stalked, meadowgrass-dominant white clover swards. *Grass and Forage Science*, **50**, 452-455.
- O'DONOVAN, M.; DILLON, P.; RATH, M.; STAKELUM, G., 2002. A comparison of four methods of herbage mass estimation. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, **41**, 17-27.
- ONAINDIA, M., 1986. *Ecología Vegetal de las Encartaciones y Macizo del Gorbea (Vizcaya)*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. 375 pp. Leioa (España).
- OREGUI, L.M., 1992. *Estudio del manejo de la alimentación en los rebaños ovinos de raza latxa y su influencia sobre los resultados reproductivos y de producción de leche*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 318 pp. Madrid (España).
- O'SULLIVAN, M.; O'KEEFFE, W.F.; FLYNN, M.J., 1987. The value of pasture height in the measurement of dry matter yield. *Irish Journal of Agricultural Research*, **26**, 63-68.
- STOCKDALE, C.R., 1984. Evaluation of techniques for estimating the yield of irrigated pastures intensively grazed by dairy cows. (1) Visual assessment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **24**, 300-304.

**COMPARISON OF HEIGHT VS. PLATE-METER UNITS
AS TECHNIQUES TO ESTIMATE PLANT BIOMASS
IN RANGELANDS OF THE 'GORBEIA'
NATURAL PARK (BIZKAIA)**

SUMMARY

In the Basque Country (northern Spain), the primary activity in rangelands has always been conditioned by the strong limitations imposed by the environment, forcing the economy to be based, almost exclusively, on cattle raising. In fact, stockbreeding is certainly a deep-rooted activity in those areas, with 26% of the region being covered with pastures and scrublands. These rangelands constitute a highly complex ecosystem, as a result of the interactions between cattle, vegetation and soil characteristics, with humans acting as a revitalizing agent of these systems. In these conditions, and in order to reach a sustainable management of the natural resources available, it is essential to be able to accurately estimate the productivity potential of their mountain pastures. Methods to estimate plant (grass) biomass have been classified as: (i) destructive, if the pasture needs to be cut, and (ii) non-destructive. This work deals with the comparison of the efficiency of two non-destructive methods of plant biomass estimation in rangelands, i.e., height vs. units given by the plate-meter, as well as with the identification of determining factors in the relationship between method of estimation and biomass in sown and seminatural pastures of the Gorbeia Natural Park (Bizkaia). Our results indicate that the relationship between both methods of biomass estimation is of a linear nature, getting a better fit, in general terms, in sown than in seminatural pastures. Temporal variability is a characteristic that stands out in all studied rangelands, with increasing slopes being found as the period of grazing activity goes on. Due to a very large variability, it was not possible to conclude that one method of estimation was better than the other.

Key words: Pastures, plant biomass, density, dry matter, temporal dynamics.