



Especies indicadoras de flora acompañante en campos experimentales de cultivos de beterraga, *Beta vulgaris*

Accompanying flora indicator species in experimental-fields crops of beet, *Beta vulgaris*

Félix Huaranga Moreno¹, Eduardo Méndez García², Vito Quilcat León² y Noe Costilla Sánchez²

¹Facultad de Ciencias Biológicas. ²Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

RESUMEN

Se presentan a las especies indicadoras acompañantes de campos de cultivo experimentales de *Beta vulgaris*, beterraga, en sistemas agronómicos orgánicos y de agricultura convencional. Se evaluaron los censos de doce parcelas en base a tres parámetros cuantitativos de factores ambientales. El ordenamiento de la tabla fitosociológica de malezas se ejecutó mediante el programa TWINSpan (Hill, 1979). La evaluación estadística se realizó con el programa CANOCO (Smilauer, 1992; Braak y Verdachot (1995) a través de los métodos de CCA (análisis de correspondencia canónica) y CA (análisis de correspondencia). En el primer ordenamiento por CCA se detectarán gradientes de relación con los factores ambientales con valores característicos. Los factores ambientales en comparación relacionados con el número individuos de flora acompañante y con el total de parcelas, demostraron una baja relación estadísticamente significativa, o bien indican primeras tendencias. La correlación más representativa de los factores ambientales a la primera gradiente del CCA se presentó a nivel de los parámetros fertilizante humus y compost. Del total de especies acompañantes, las especies con buena correlación para el factor fertilizante humus fue *Solanum americanum*, y para el factor compost *Cynodon dactylon* y *Cyperus rotundus*, mientras que para el fertilizante convencional no se encontró relación alguna.

Palabras clave: Especie indicadora, Factor ambiental, Fitosociología, Fertilizante, *Beta vulgaris*.

ABSTRACT

Indicator species accompanying experimental fields of *Beta vulgaris*, organic beet in agronomic systems and conventional agriculture were presented. Censuses were evaluated twelve plots on three quantitative parameters of environmental factors. The ordering of weed vegetation table was implemented through the program TWINSpan (Hill, 1979). Statistical evaluation was performed with the program CANOCO (Smilauer, 1992; Verdachot and Braak (1995) through the CCA methods (canonical correspondence analysis) and CA (correspondence analysis). At the first order gradients detected by CCA in relation to environmental factors with eigen values environmental factors related compared the number of individuals accompanying flora and total plots showed a statistically significant lower or first indicate trends. The most representative correlation factor environmental to first gradient CCA were presented to the parameters: fertilizer, humus, and compost level. From total accompanying species, wich with good correlation for factor humus-fertilizer was *Solanum americanum*, for the compost factor were *Cynodon dactylon* and *Cyperus rotundus*, while for the conventional fertilizer no relationship was found.

Keywords: Indicator species, Environmental factor, Phytosociology, Fertilizer, *Beta vulgaris*.

INTRODUCCIÓN

Las plantas indicadoras en el sentido de Ellenberg (1948, 1950, 1991) pueden ser consideradas como indicadores de sostenibilidad de la producción agronómica^{1,2}. Ellenberg propuso el uso del término plantas indicadoras de factores ecológicos, basándose en el reconocimiento de la relación íntima entre el medio ambiente de un sitio, sus especies y la composición florística de estas. Su investigación sobre plantas indicadoras se inició con comunidades de malezas en campos de cultivo al sur de Alemania. De igual manera, enfocó la tendencia de relación de la flora acompañante en campos de cultivo, partiendo de la idea que estas comunidades vegetales están íntimamente asociadas a la actividad agrícola, lo cual refleja los efectos del uso de la tierra y por tanto de la sostenibilidad del sistema de producción^{3,4}.

Cuando se desarrolló el concepto de plantas indicadoras⁵, aun no se contaba con instrumentos estadísticos adecuados para la evaluación matemática de los datos botánicos relacionados a los factores medio-ambientales. El método utilizado se basaba en la amplia experiencia e intuición de los investigadores, partiendo de conocimientos florísticos profundos de los sitios investigados. Por medio de un sistema de puntaje ("scoring") se valoraban las especies de acuerdo a sus hábitos preferidos^{6,7}. Gracias al desarrollo de instrumentos analíticos avanzados, actualmente se cuenta con medios para ampliar el concepto de plantas indicadoras a aquellos lugares donde el conocimiento florístico en relación al medio ambiente aun está adquiriéndose⁸.

A través del método de análisis canónico de correspondencia ("canonical correspondence analysis" (CCA) se correlacionó los datos de la incidencia de especies con los factores ambientales⁹. De este modo, se pueden detectar gradientes de factores ambientales en relación a las especies presentes y viceversa, y de aquellas especies que indican el comportamiento de ciertos factores ambientales.

En chacras representativas de la zona de La Encañada y de Cumbemayo (Cajamarca), según los criterios mencionados, se demostró la metodología aplicada y se apreció su potencial para integrar estos datos con los demás estudios básicos en este sitio piloto "benchmark site"¹⁰. El área de Cajamarca cuenta con la ventaja que los autores tienen varios años de experiencia en el estudio fitosociológico de su vegetación, incluyendo el establecimiento de un herbario de aproximadamente mil especies^{11,12}.

No encontrándose investigaciones en nuestro país sobre el particular en áreas terrestres costeras, como es el caso de la provincia de Trujillo, y representando las malezas un factor condicionante negativo que determina la productividad biológica total de los sistemas agronómicos de cultivos tradicionales y orgánicos, resultó de particular interés el diseño y ejecución de sistemas experimentales que permitan la identificación de las llamadas plantas indicadores ecológicas, resultados que luego serán replicados a nivel de campo. La presente investigación estuvo dirigida a determinar: (i) las especies acompañantes de malezas más preponderantes en número por parcela, (ii) la diferencia entre parcelas a nivel de especies acompañantes y (iii) el efecto del comportamiento de los parámetros ambientales temperatura, precipitación y evapotranspiración tomados y su relación con el número de individuos por especie acompañantes y el tipo de fertilizante: compost, humus y fertilizante convencional.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Cátedra de Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de Trujillo (Campus universitario: Av Juan Pablo II, s/n, Trujillo. Perú).

Se utilizaron semillas certificadas de beterraga *Beta vulgaris*, obtenida de la Subsidiaria Hortus, comercializadoras de semillas en Trujillo. Inicialmente, se realizó la preparación de almácigos en el área de hidroponía del campo experimental utilizando germinadores con la finalidad de obtener las plántulas, las que luego de alcanzar el tamaño óptimo de trasplante, fueron trasplantadas a parcelas experimentales 6 m x 5 m.

El diseño experimental estuvo constituido por tres repeticiones y un testigo para cada sistema (humus, compost y abonamiento tradicional). En cada parcela se estimó la abundancia de las especies indicadoras presentes. De igual forma, se tomaron la información de los parámetros ambientales:

temperatura, precipitación y evapotranspiración, cuya información fue proporcionada por la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Trujillo.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se observa el inventario de la flora acompañante del cultivo de *Beta vulgaris*, beterraga correspondiente al grupo control, donde la especie con mayor abundancia estuvo representada por *Portulaca oleracea* con una abundancia promedio de 91 individuos por parcela y con un 55,49% de presencia; seguida de *Amaranthus viridis* con 73 individuos y un 44,51%. Observando la Tabla 2, esta nos indica que de las dos especies indicadoras presente, ninguna guarda una relación significativa frente a los factores ambientales tomados en cuenta.

En la Tabla 3, con el grupo experimental con abonamiento con humus, la especie con mayor abundancia y biomasa fue *Portulaca oleracea* con 39 individuos y 40,21% de presencia y en segundo lugar *Solanum americanum* con 17 individuos y 17,53%; mientras que la flora acompañante con menor número de individuos fue *Bidens pilosa*, *Distichlis spicata*, *Heliotropium curassavicum* y *Sonchus oleraceus* cada uno con 1 individuo y 1,03%.

En la Tabla 4 del total de análisis de relación, solamente *Solanum americanum*, para los factores ambientales temperatura y evapotranspiración demuestran una relación significativa; lo que no sucede para el resto de especies.

En cambio en la Tabla 5 y con referencia al grupo con abonamiento con compost la especie con mayor abundancia fue *Amaranthus viridis* con 38 individuos y 23,75% de presencia, seguida muy de cerca de *Portulaca oleracea* con 37 individuos y 23,13%; siendo las especies con menor abundancia y biomasa las especies *Bidens pilosa* y *Sonchus oleraceus* con un 1 individuo de abundancia y 0,63% de presencia.

Asimismo, en la Tabla 6 se presenta casos de significancia a nivel del análisis de relación, pero en esta oportunidad son las especies *Cynodon dactylon* (temperatura y evapotranspiración) y *Cyperus rotundus* (Evapotranspiración) quienes presentan esta característica, no ocurriendo similar comportamiento en el resto de especies.

De igual modo, en la Tabla 7, se observa que la especie acompañante de mayor abundancia fue *Portulaca oleracea* con 42 individuos y 48,84%, así como *Amaranthus viridis* con 19 individuos y 22,09 %; mientras que la de menor abundancia fue *Solanum pinpinelifolium* con 1 individuo y 1,16% de presencia.

Finalmente, en la Tabla 8, del total de análisis de relación, a ninguna especie acompañante se le demuestra la existencia de relación significativa para los factores ambientales temperatura, precipitación y evapotranspiración.

Tabla 1. Inventario de malezas acompañantes en promedio en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, grupo control.

ESPECIES DE MALEZAS	NÚMERO PROMEDIO	PORCENTAJE
<i>Portulaca oleracea</i>	91	55,49
<i>Amaranthus viridis</i>	73	44,51
TOTAL	164	100,00

Tabla 2. Análisis de regresión y validación de la relación abundancia de flora acompañante de *Beta vulgaris* beterraga y factores ambientales, en parcelas experimentales, grupo control.

ESPECIE	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
<i>Portulaca oleracea</i>	0,3969	0,2380	0,3508
<i>Amaranthus viridis</i>	0,8906	0,3014	0,8858

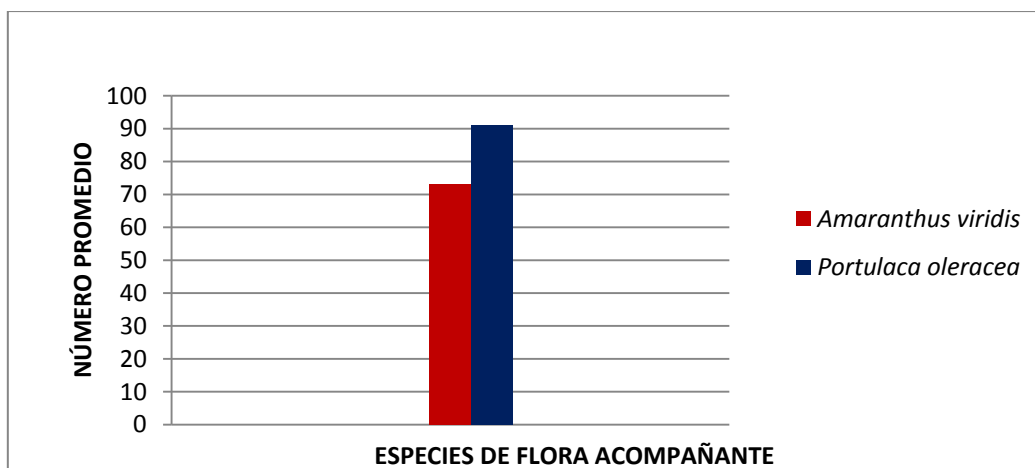


Fig. 1. Número promedio de malezas acompañantes en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, grupo control.

Tabla 3. Inventario de malezas acompañantes en promedio en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, grupo con abonamiento con humus.

ESPECIES DE MALEZAS	NÚMERO PROMEDIO	PORCENTAJE
<i>Portulaca oleracea</i>	39	40,21
<i>Solanum americanum</i>	17	17,53
<i>Cenchrus echinatus</i>	12	12,37
<i>Cyperus rotundus</i>	10	10,31
<i>Amaranthus spinosus</i>	6	6,19
<i>Amaranthus viridis</i>	5	5,15
<i>Chenopodium album</i>	4	4,12
<i>Bidens pilosa</i>	1	1,03
<i>Distichlis spicata</i>	1	1,03
<i>Heliotropium curassavicum</i>	1	1,03
<i>Sonchus oleraceus</i>	1	1,03
TOTAL	97	100,00

Tabla 5. Inventario de malezas acompañantes en promedio en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, grupo con abonamiento con compost.

ESPECIES DE MALEZAS	NÚMERO PROMEDIO	PORCENTAJE
<i>Amaranthus viridis</i>	38	23,75
<i>Portulaca oleracea</i>	37	23,13
<i>Chenopodium album</i>	30	18,75
<i>Cenchrus echinatus</i>	22	13,75
<i>Cynodon dactylon</i>	13	8,12
<i>Cyperus rotundus</i>	5	3,12
<i>Spilantes liocarpa</i>	5	3,12
<i>Eleusine indica</i>	4	2,50
<i>Boerhavia erecta</i>	4	2,50
<i>Bidens pilosa</i>	1	0,63
<i>Sonchus oleraceus</i>	1	0,63
TOTAL	160	100,00

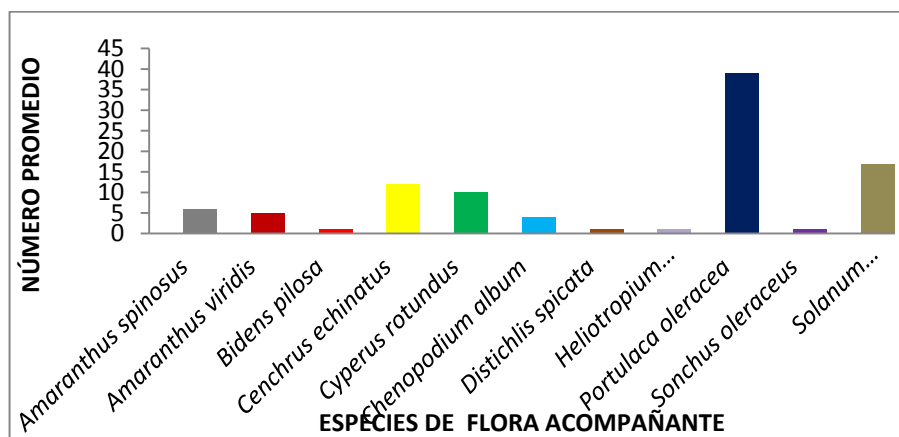


Fig. 2. Número promedio de malezas acompañantes en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, con abonamiento con humus.

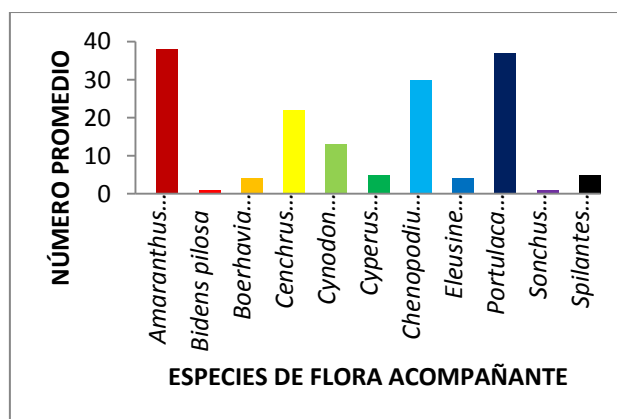


Fig. 3. Número promedio de malezas acompañantes en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, grupo con abonamiento con compost.

Tabla 6. Análisis de regresión y validación de la relación abundancia de flora acompañante de *Beta vulgaris* beterraga y factores ambientales, en parcelas experimentales, con abonamiento con compost.

ESPECIE	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)
<i>Amaranthus viridis</i>	0,1602	0,8630	0,1586
<i>Portulaca oleracea</i>	0,6229	0,5181	0,6245
<i>Chenopodium album</i>	0,3014	0,2255	0,2949
<i>Cenchrus echinatus</i>	0,7364	0,1817	0,7520
<i>Cynodon dactylon</i>	0,0512*	0,7514	0,0495*
<i>Cyperus rotundus</i>	0,0512	0,7574	0,0495*
<i>Spilantes liocarpa</i>	0,4325	0,5651	0,4349
<i>Eleusine indica</i>	0,1141	0,1449	0,1179
<i>Boerhavia erecta</i>	0,7685	0,1873	0,7597
<i>Bidens pilosa</i>	0,3841	0,6909	0,3839
<i>Sonchus oleraceus</i>	0,9207	0,4956	0,9266

Tabla 7. Inventario de malezas acompañantes en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, grupo con abonamiento con fertilizante tradicional.

ESPECIES DE MALEZAS	NÚMERO PROMEDIO	PORCENTAJE
<i>Portulaca oleracea</i>	42	48,84
<i>Amaranthus viridis</i>	19	22,09
<i>Solanum americanum</i>	11	12,79
<i>Cenchrus echinatus</i>	7	8,14
<i>Acacia revolata</i>	3	3,49
<i>Chenopodium album</i>	3	3,49
<i>Solanum pinpinelifolium</i>	1	1,16
TOTAL	86	100.00

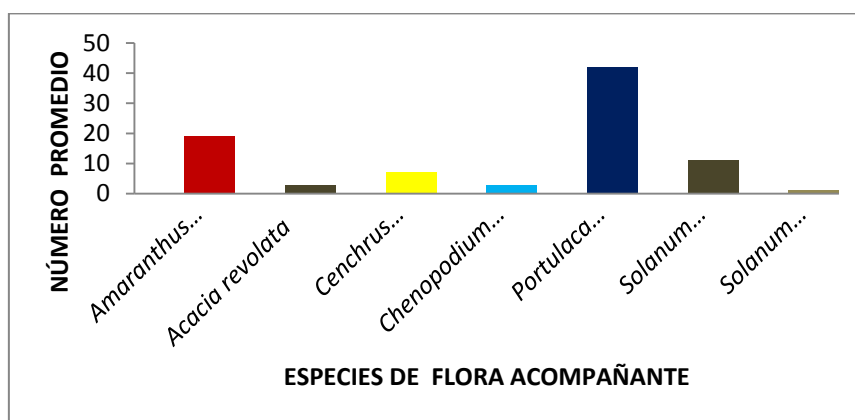


Fig. 4. Número promedio de malezas acompañantes en tres repeticiones en cultivos de *Beta vulgaris*, beterraga, en parcelas experimentales, con abonamiento con fertilizante tradicional.

Tabla 8. Análisis de regresión y validación de la relación abundancia de flora acompañante de *Beta vulgaris* beterraga y factores ambientales, en parcelas experimentales, abonados con fertilizante tradicional.

ESPECIE	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	EVAPOTRANSPIRACIÓN
	(°C)	(mm)	(mm)
<i>Portulaca oleracea</i>	0,2725	0,1873	0,2778
<i>Amaranthus viridis</i>	0,8285	0,1873	0,8341
<i>Solanum americanum</i>	0,5464	0,4270	0,5413
<i>Cenchrus echinatus</i>	0,8285	0,5311	0,8234
<i>Acacia revolata</i>	0,5459	0,5594	0,5402
<i>Chenopodium album</i>	0,7685	0,1873	0,7620
<i>Solanum pinpinelifolium</i>	0,4848	1,0000	0,4823

DISCUSIÓN

Restrepo & Saénz¹³, en un estudio sobre sitios, fertilidad y presencia de plantas indicadoras en áreas agrícolas, demostró que la presencia de especies indicadoras es el resultado de una determinada fertilidad y dicha presencia puede ser un criterio de clasificación en cuanto a la calidad del sitio. De acuerdo a los resultados encontrados en la presente investigación se confirma lo sostenido por los autores antes mencionados, en razón de que al haberse utilizado tres tipos de fertilidad en el trabajo experimental, y al haberse encontrado diferencias en abundancia de la flora indicadora acompañante, este puede ser tomado en cuenta como un criterio de clasificación.

Del mismo modo, se ha demostrado que la correlación existente entre plantas indicadoras y sitio, puede ser no aparente debido a que la diversidad de la vegetación acompañante también refleja los efectos de la competencia, enfermedades y muchos otros factores ambientales, como es el caso de lo encontrado en la parcela control donde sólo se encontró solo dos plantas acompañantes, *Portulaca oleracea* y *Amaranthus viridis*, sin embargo, se pueden generar listas de especies de plantas indicadoras, clasificadas de acuerdo a los sitios y al grado de fertilidad, hecho que guarda relación con lo encontrado en las parcelas fertilizadas con humus (11 especies), compost (11 especies) y fertilizante tradicional (7 especies)¹⁴. Similares resultados han sido encontrados por Becker² en experimentos en parcelas de producción de papa en la zona de Cajamarca, donde el número de especies encontradas fue de 10 especies con predominancia de *Polypogon* sp., *Poa annua*, *Calandrinia ciliata*, *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum*, *Drymaria engleriana*, *Sonchus oleraceus*, *Rubus robusta*, y *Medicago polymorpha*. De este grupo de especies con valor indicativo y que tendrán que ser más analizadas debido a su correlación con factores ambientales sobresalen *Pennisetum clandestinum*, *Poa annua*, *Drymaria engleriana*, *Sonchus oleraceus*, *Rubus* cf. *robusta*, y *Medicago polymorpha*.

El hecho de encontrar toda esta serie de plantas indicadoras en sitios o parcelas refleja, que como factor ambiental biótico tienen un efecto sobre la producción agrícola¹¹. Otros autores concuerdan con el postulado anterior, pero mencionando que los resultados son satisfactorios sólo en sitios poco alterados, dependiendo de la densidad del cultivo y por el manejo o historia que haya experimentado¹³.

Al mismo tiempo, se sostiene que las especies acompañantes de menor incidencia en los cultivos, poseen normalmente raíces superficiales y por consiguiente, no dan una indicación de las condiciones del suelo y de su comportamiento como plantas acompañantes¹¹. La utilización solamente de vegetación indicadora en zonas de cultivo como estimación de sitio, no parece ser un método confiable, sin embargo, se sabe que algunas especies pioneras comunes en bosques como *Ochroma lagopus* y *Trema micantha* son especialmente abundantes en sitios fértiles con relación a los suelos donde abunda *Visnia* sp. y varias Melastomataces. Esta situación es compatible con lo encontrado en la presente investigación especialmente a nivel de la fertilización con humus y compost.

Spurr & Westvell desarrollaron un método llamado espectro indicador provisional para sitios del Noroeste de los Estados Unidos y para especies indicadoras como *Picea* sp. y *Abies* sp. Consiste en ordenar las especies vegetales (incluyendo árboles, arbustos y hierbas) según sus requerimientos de fertilización y humedad, desde sitios de alta fertilidad y humedad, hasta sitios de baja fertilidad y

humedad; caracterizándose cada una de ellas por grupos de especies indicadoras acompañantes, como es el caso encontrado en la investigación presente, donde *Portulaca oleracea*, *Amaranthus viridis*, *Chenopodium álbum*, *Cenchrus echinatus*, *Solanum americanum* y *Cynodon dactylon* forman el espectro indicador provisional determinado en esta investigación.

En términos globales, cualquier factor del medio ambiente puede ser usado para determinar la calidad del sitio, siempre y cuando esta variable sea de fácil medición, como es el caso de la fertilización, sea económica y estar altamente correlacionada con la producción agrícola (Spurr, 1964; citado por Spatz, 1975).

CONCLUSIONES

- Las especies indicadoras de flora acompañante más determinantes por su abundancia en los cuatro sistemas: control, abonamiento con humus, compost y fertilizante tradicional son: *Portulaca oleracea* y *Amaranthus viridis*.
- *Portulaca oleracea*, *Amaranthus viridis*, *Chenopodium álbum*, *Cenchrus echinatus*, *Solanum americanum* y *Cynodon dactylon* forman el espectro indicador de especies indicadoras acompañantes de *Beta vulgaris*, beterraga provisional.
- La abundancia de flora indicadora acompañante de *Beta vulgaris*, beterraga, determinan la sostenibilidad del sistema experimental de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anonymous J. La Encañada - Caminos hacia la sostenibilidad. Proyecto PIDAE. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP). 1995.
2. Becker B. Degradation and rehabilitation of Andean ecosystems - an example from Cajamarca. *Angewandte Botanik* 1988; 62: 147-160
3. Becker B, Terrones F, Tapia M. Los pastizales y producción forrajera en la Sierra de Cajamarca. PPEA/PNUMA, Cajamarca, Perú. 1989.
4. Becker B. Indicator plants for sustainability assessment of tropical production systems. *J Appl Bot* 1995; 69 (3/4): 145-151.
5. Becker B. Sustainability Assessment - A Review of Values, Concepts and Methodological Approaches. *Issues in Agriculture* 10, CGIAR, Washington. 1996.
6. Becker B, Terrones F, Horchler P. Especies indicadoras de la flora acompañante en campos de cultivo de los andes. Edic. CEPES. 1996.
7. Braun-Blanquet J. *Plant Sociology: the Study of Plant Communities*. Hafner, New York and London. 1965.
8. Del Valle E. Normas sobre control de la degradación del suelo, la flora y la fauna. Informe final. Programa Desarrollo Institucional Ambiental. Bid-SRNYAH. 1991.
9. Ellenberg H. Unkrautgesellschaften als Maß für den Säuregrad, die Verdichtung und andere Eigenschaften des Ackerbodens. *Ber Landtechn* 1948; 4: 130-146
10. Ellenberg H. *Unkraut-Gemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden*. Ulmer, Ludwigsburg. 1950.
11. Ellenberg H. *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. *Scripta Geobotanica* 1991; 18(3): 1-248
12. Müller-Dombois D, Ellenberg H. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New York. 1974.
13. Hill M, Twinspan A. A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. *Cornell Univ., Ithaca, NY*, . 1979.
14. Landa E, Van Hoof C, Poma R, Mestanza N. Los Suelos de la Cuenca del Río Cajamarca (Estudio Semidetallado). Ministerio de Agricultura y Alimentación, Cajamarca, Peru. 1978.
15. Poma W. Estudio de suelos del área del Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos. PPEA, Cajamarca. 1989.
16. Pulido R. Monitoreo de la salinidad mediante sensores remotos. *Rev Terra Latinoam* 1971; 28: 15-26.
17. Restrepo V, Saénz C. Sitios, fertilidad y presencia de plantas indicadoras. Edit. Scribed. Colombia. 2002.
18. Sánchez V, Briones R, Murrugarra B, Guerra A. Catálogo de Géneros y Especies del Herbario del Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos. PPEA, Cajamarca, Perú, 1990.
19. Smilauer P. *Cano Draw User's Guide*, Microcomputer Power, Ithaca, NY. 1992.
20. Spatz G. Die direkte Gradienten-Analyse in der Vegetationskunde. *Angewandte Bot* 1975; 49: 209-221
21. Ter Braak C. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 1987; 69: 69-77

22. Ter Braak C. Update notes: CANOCO version 3.1. Agricultural Mathematics Group, Wageningen. 1990.
23. Braak C, Verdonschot P. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sci* 1995; 57(3): 255-258
24. Van Der Maarel E. Transformation of cover abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 1979; 39: 97-114