

## Factibilidad de cría de *Pteronymia zerlina* y *P. medellina* (Lepidoptera: Danainae: Ithomiini)

Breeding feasibility of *Pteronymia zerlina* and *P. medellina* (Lepidoptera: Danainae: Ithomiini)

IVÓN ANDREA BOLAÑOS-MARTÍNEZ<sup>1</sup> y GISELLE ZAMBRANO-GONZÁLEZ<sup>2</sup>

**Resumen:** El conocimiento de la biología de las diferentes especies de mariposas es de gran importancia para proponer planes de desarrollo sostenible, ecoturismo, educación ambiental y conservación de ecosistemas. En este estudio de factibilidad de cría se suministra información sobre la supervivencia bajo dos sistemas de cría, *in situ* y *ex situ*, de *Pteronymia zerlina* y *P. medellina*. Se realizó colección manual de los estados inmaduros de las mariposas. Para la cría *in situ*, se identificaron en el bosque plantas huésped con huevos y se realizó el seguimiento del ciclo de vida allí. Para la cría *ex situ* se coleccionaron huevos y se transportaron a un laboratorio de cría. La factibilidad de cría se determinó por medio de tasas de mortalidad y tasas de supervivencia. La cría *ex situ* de *P. zerlina* presentó el 64,7% de supervivencia, e *in situ* 22,9%. La cría *ex situ* de *P. medellina* presentó 63% y 42% bajo condiciones *in situ*. La cría *ex situ* mostró mayores probabilidades de cría.

**Palabras clave:** Conservación. Zoocría. Biocomercio. Cauca.

**Abstract:** Knowledge of the biology of the different species of butterflies is of great importance to propose plans of sustainable development, ecotourism, environmental education and conservation of ecosystems. In this study of breeding feasibility, information is provided on survivability under two breeding systems, *in situ* and *ex situ*, of *Pteronymia zerlina* and *P. medellina*. A manual collection of the immature butterfly stages was conducted. For the *in situ* breeding, host plants with eggs were identified in the forest and the life cycle was followed there. For the *ex situ* breeding, eggs were collected and transported to a breeding laboratory. The breeding feasibility was determined by means of mortality rates and survival rates. The *ex situ* breeding of *P. zerlina* presented 64.7% survival and the *in situ* 22.9%. The *ex situ* breeding of *P. medellina* presented 63% and 42% under *in situ* conditions. The *ex situ* breeding showed higher breeding probabilities.

**Key words:** Conservation. Zoocría. Bio-commerce. Cauca.

### Introducción

La zoocría señala un mecanismo ventajoso de aprovechamiento de la diversidad por la fuerte unión entre la conservación y el desarrollo sostenible (Claro 2005). Colombia es el segundo país más rico del mundo en mariposas diurnas (Amat *et al.* 1999), pero se tiene poca información sobre la biología, así como sobre las condiciones de cría de diferentes especies de interés comercial. Esto es preocupante puesto que no existe un protocolo que garantice el éxito de las crías que se van a realizar en cada zona de trabajo (Constantino 1997; Prieto *et al.* 1999; Fagua *et al.* 2002; Gómez-S. y Fagua 2002; Sánchez-López 2004; Vélez-Arango 2005).

Los itóminos (Danainae: Ithomiini) o mariposas alas de cristal, son diurnas de distribución Neotropical que presentan vuelo lento y se alimentan de néctar de flores de diversas plantas (Boraginaceae y Asteraceae) de las cuales adquieren alcaloides pirrolizílicos que después son usados para atraer a las hembras (Brown 1984; Brower *et al.* 2006). Durante los estados inmaduros sus plantas huésped son principalmente de la familia Solanaceae (Drummond y Brown 1987). La tribu Ithomiini es objeto de estudio taxonómico, pues la mayor parte de sus especies se ven envueltas en anillos de mimetismo (Joron y Mallet 1998; DeVries *et al.* 1999) y los estados inmaduros han permitido un mejor conocimiento sistemático de algunos géneros como *Hyalenna* (Willmott y Lamas

2006), *Pachacutia* (Willmott y Lamas 2007) y *Megoleria* (Willmott y Lamas 2008).

Algunos estudios indican que las mariposas son un valioso recurso de comercialización industrial en decoración y accesorios, puesto que tienen un amplio rango de distribución y se encuentran en diferentes condiciones ecológicas (Morris *et al.* 1991; Parsons 1992). Para establecer sistemas de cría se ha propuesto la cría *ex situ* e *in situ*, siendo la más usada la *ex situ* por ser un sistema intensivo artificial que implica alta productividad (Constantino 1996). Mientras que la cría *in situ* se puede implementar como un método de conservación de ecosistemas (Parson 1992).

En este estudio se recurrió a un sistema de cría *in situ* y *ex situ*. La cría *in situ* propuesta consiste en la identificación de la planta huésped que presente postura de huevos (solitaria o gregaria), para luego cubrirla con una malla de tela cuando los individuos estén en la fase pupal, realizando allí el seguimiento del ciclo hasta que los adultos emerjan. La cría *ex situ* aplicada es la combinación de la cría *ex situ* convencional (Gómez-S. 2006) y el rancho.

La determinación de la factibilidad de cría calculando las tasas de mortalidad y supervivencia mediante la técnica demográfica de tablas de vida (Begon *et al.* 1999), permite entender la dinámica poblacional de un grupo de organismos (Cividanes 2002) y estudiar algunos aspectos de la biología de los insectos, como tiempo de desarrollo y supervivencia

<sup>1</sup> Bióloga; Universidad del Cauca; Grupo de Investigación Biología Molecular Ambiental y Cáncer BIMAC: Cra. 4C N° 19BN-12 Popayán, Cauca, Colombia. [ivonand\\_30@hotmail.com](mailto:ivonand_30@hotmail.com). Autora para correspondencia. <sup>2</sup> M.Sc. Departamento de Biología Universidad del Cauca. Colombia. Grupo de estudios en Geología, Ecología y Conservación-GECO-UC. Casa 237 Aída Lucia Popayán Cauca, Colombia. [gzambranog@unicauca.edu.co](mailto:gzambranog@unicauca.edu.co)

(Kazak *et al.* 2002). Se presentan datos de la duración de los ciclos de vida y factibilidad de cría para dos especies del género *Pteronymia*, comparando la cría *in situ* y *ex situ*. Esta información es de utilidad para quien pretenda iniciar proyectos de zoocria y de conservación a corto y mediano plazo.

### Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Finca Bellavista (3,2°36'40, 35356"N 76°31'27N, 93483"W), ubicada en el municipio de Cajibío (Cauca) a una altitud de 1900 msnm, temperatura media anual de 18,5°C y precipitación media anual de 2260 msnm. Es clasificada como zona de vida de Bosque húmedo Premontano (bh-p) según el sistema de clasificación de Holdridge (1963). Los muestreos para coleccionar las diferentes fases de desarrollo se realizaron durante los meses de enero, febrero y marzo de 2009. Se hicieron 16 muestreos por mes, cada uno de 6h. Los huevos, larvas y pupas, al igual que las plantas huésped se coleccionaron de forma manual y se llevaron a condiciones *in situ* y *ex situ*, para el establecimiento del ciclo de vida e identificación en fase adulta.

El material se identificó a especie con la ayuda de claves, registros fotográficos y la colaboración de los especialistas Keith Willmott y Marianne Elias. Finalmente se etiquetaron los ejemplares y se depositaron en la colección de Entomología del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca (MHNUC EN 10.076- EN 10.080).

**Cría *in situ*:** Se escogieron las plantas que presentaron posturas para iniciar el seguimiento de los ciclos de vida. Una vez alcanzada la fase pupal, las plantas se cubrieron con una malla de tela para evitar el escape de los adultos. Se realizó registro fotográfico cuatro veces por día y se cuantificaron los individuos para determinar la mortalidad y duración de cada instar.

**Cría *ex situ*:** La metodología *ex situ* (Prieto *et al.* 1999) consistió en coleccionar los parentales del medio natural y confinarlos en un vivario adecuado con plantas huésped para la ovoposición de las hembras, luego los huevos se trasladan a un laboratorio para realizar el seguimiento del ciclo y así determinar la duración exacta de cada fase. Sin embargo, no se obtuvieron posturas suficientes y se optó por combinarla con el ranqueo (Gómez-S. 2006).

Se coleccionaron en el bosque individuos en diferentes fases de desarrollo y se llevaron al laboratorio de cría donde se colocaron en recipientes plásticos tapados con malla de tela y con partes frescas de la planta huésped. Para evitar la desecación de la planta huésped se roció con agua y la base de las hojas se cubrió con algodones humedecidos. En el interior de los recipientes se colocaron servilletas para facilitar la limpieza diaria y evitar el crecimiento de hongos (Gómez-S. 2006). Una vez inicia la fase pupal se trasladaron a jaulas de empupado (Gómez-S. 2006). Este tipo de cría no requiere grandes inversiones en la construcción de invernaderos debido a que la abundancia de la planta huésped para las dos especies es alta en la zona de estudio.

Para establecer la duración de cada fase se tuvieron en cuenta los cambios morfológicos a través del tiempo tales como: longitud corporal, ancho de las cápsulas cefálicas, vestigios de corion y exuvias de piel y de cápsulas cefálicas.

Para determinar la factibilidad de cría *in situ* y *ex situ* se contabilizaron los individuos en cada fase, determinando la

cantidad inicial y final de huevos, larvas, pupas y adultos emergidos. Al finalizar cada fase se realizó el conteo de individuos que pasaban a la siguiente fase, de este modo se calcularon las tasas de mortalidad y supervivencia. Se procesaron datos de 435 individuos de *P. zerlina* (Hewitson, 1855) (217 *in situ* y 218 *ex situ*) y 200 de *P. medellina* (Haensch, 1905) (100 *in situ* y 100 *ex situ*).

### Resultados y Discusión

Se encontraron 200 posturas individuales de *P. medellina* y diez posturas gregarias de *P. zerlina* en el envés de las hojas de *Solanum aphodendron* (Knapp, 1985) (Solanaceae). Gracias a su característica gregaria las posturas de *P. zerlina*, adquieren mayor valor comercial puesto que generan mayor número de individuos a partir de una postura y según Gómez-S. (2006), al colocar más larvas por recipiente, se reduce el tiempo invertido en su cuidado, minimizando los costos.

**Duración de los ciclos de vida en cría *in situ* y *ex situ*:** La duración promedio del ciclo de vida bajo condiciones *in situ* de *P. zerlina* es de 37 días y de 38 días bajo condiciones *ex situ* (Tabla 1). Para *P. medellina* es de 43 días bajo condiciones *in situ* y de 44 días bajo condiciones *ex situ* (Tabla 1). Este tiempo del ciclo es conveniente para los criaderos que quieren obtener individuos rápidamente. Los datos muestran que los individuos criados bajo condiciones *ex situ* presentan mayor duración del ciclo.

Utilizando la metodología descrita por Prieto *et al.* (1999) las hembras no ovipositaron en las plantas huésped, esto ocurrió posiblemente debido a la sensibilidad que presentan estas especies frente a cambios en su hábitat y su asociación con fuentes de agua, estas condiciones representan un desafío para la cría pues los vivarios deben ser acondicionados para brindar las mínimas condiciones para la fecundación y ovoposición.

**Factibilidad y supervivencia:** De los 435 individuos de *P. zerlina* criados bajo condiciones *ex situ* sobrevivió el 64,7% mientras 22,9% sobrevivió bajo condiciones *in situ*. De los 200 individuos de *P. medellina* criados bajo condiciones *ex situ* sobrevivió el 63% y bajo condiciones *in situ* el 42%. Constantino (1996) estima que en la naturaleza alrededor del

**Tabla 1.** Duración en días de los estadios del ciclo de vida de *P. zerlina* y *P. medellina*.

	<i>P. zerlina</i> (días)		<i>P. medellina</i> (días)	
	<i>in situ</i>	<i>ex situ</i>	<i>in situ</i>	<i>ex situ</i>
Huevo	8	9	9	9
Primer instar	5	5	4	4
Segundo instar	3	3	4	5
Tercer instar	3	3	4	4
Cuarto instar	3	3	4	4
Quinto instar	5	5	7	7
Prepupa	1	1	1	1
Pupa	9	9	10	10
Duración total del ciclo	37	38	43	44

**Tabla 2.** Tasas de supervivencia (sx) y mortalidad (mx) de *P. zerlina* y *P. medellina*

	<i>P. zerlina</i>				<i>P. medellina</i>			
	sx		mx		sx		mx	
	<i>in situ</i>	<i>ex situ</i>	<i>in situ</i>	<i>ex situ</i>	<i>in situ</i>	<i>ex situ</i>	<i>in situ</i>	<i>ex situ</i>
Huevo	0,93	0,94	0,07	0,66	0,9	0,7	0,1	0,3
Primer ínstar	0,8	0,88	0,2	0,12	0,88	0,92	0,12	0,08
Segundo ínstar	0,96	0,97	0,04	0,33	0,93	0,96	0,07	0,04
Tercer ínstar	0,84	0,92	0,16	0,08	0,8	1	0,2	0
Cuarto ínstar	0,68	0,97	0,32	0,03	0,88	1	0,12	0
Quinto ínstar	0,78	0,94	0,22	0,06	0,9	1	0,1	0
Pupa	0,69	0,92	0,31	0,08	0,87	1	0,13	0

La tasa de sobrevivencia se definió como la proporción de individuos sobrevivientes de cada estadio. La tasa de mortalidad se definió como la proporción de individuos que mueren de la edad  $x$  a la  $x+1$ .

5% de las mariposas alcanzan el estado adulto debido a enemigos naturales, pero con el sistema de cría rancheo (*ex situ*) se puede lograr que un 80% lleguen a la madurez.

Los individuos de *P. zerlina* y *P. medellina* presentan una reducción en la proporción de individuos vivos durante la fase de huevo y el primer y segundo ínstar. Este fenómeno se debe a los huevos no eclosionados o por la parasitación de las larvas. Una de las variables que más influye en la cría *ex situ* es la humedad, debido a que algunas de las larvas quedan atrapadas en las paredes de los recipientes de cría (humedad generada por rociar agua a la planta huésped); estos resultados concuerdan con lo registrado por Calvo (1999) en la cría de *Caligo atreus* (Kollar, 1849) (Nymphalidae).

De acuerdo con la tasa de mortalidad (mx) y supervivencia (sx) (Tabla 2) los individuos criados bajo condiciones *in situ* tienen menor probabilidad de sobrevivir frente a aquellos criados bajo condiciones *ex situ* debido a la presencia de enemigos naturales y parasitoides en el medio (Mazanec 1987). *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae, Microgastrine) se encontró como el principal parasitoide de larvas de *P. zerlina*. Boscán y Godoy (1982) y Anaya *et al.* (2005) mencionan a *Apanteles* como uno de los parásitos de larvas de *Stenoma catenifer* (Walshingham, 1912) (Stenomidae) y de *Leptophobia aripa* (Boisduval, 1836) (Pieridae). Además se encontraron individuos de la familia Chalcididae (Hymenoptera) parasitando pupas de *P. medellina*. Los parasitoides de *P. zerlina* y *P. medellina* se encontraron en larvas y pupas, por esto es recomendable coleccionar los individuos en la fase de huevo y si se coleccionan estados más avanzados mantenerlos alejados y vigilados para evitar la parasitación de todo el pie de cría (Gómez-S. 2006).

La tasa de mortalidad para la fase de pupa es baja para las dos especies (Tabla 2). La mayor parte de pupas no registraron defecto en su estructura, ni tampoco formación de hongos en su exterior; sólo el 7% de adultos presentaron malformaciones, pues no consiguieron extender las alas o no lograron emerger. De acuerdo con esto, las pupas obtenidas se podrían categorizar como sanas y convierte a *P. zerlina* y *P. medellina* en especies indicadas para la comercialización.

### Conclusiones

El sistema de cría *ex situ*-rancheo permitió la obtención de un mayor número de adultos, superior en un 42% para *P. zerli-*

*na* y 21% para *P. medellina* en comparación con el método *in situ*. Por tal razón es importante considerar este sistema de cría para proyectos de zoocría. Aunque las especies de la tribu Ithomiini son susceptibles a los cambios ambientales, *P. zerlina* y *P. medellina* pueden ser consideradas buenas candidatas para proyectos de zoocría, en especial *P. zerlina* por sus posturas gregarias.

### Agradecimientos

A el Doctor Keith Willmott (Universidad de Florida) y a la Doctora Marianne Elias (Universidad de Cambridge) por la identificación de los ejemplares, a los profesores Bernardo Ramírez y Diego Macías por la identificación de las especies vegetales, a Patricia Mosquera y la Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad del Cauca, a los grupos GECO y BIMAC por su apoyo, al Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca. A el señor Ivan Rebolledo y Alma Castro propietarios de la finca Bellavista. A la Doctora Patricia E. Vélez, al Doctor Liodegar Martínez y al M. Sc. Carlos E. Giraldo por sus valiosos aportes. Este trabajo se realizó con el apoyo financiero de la Sociedad Colombiana de Entomología por concepto de beca de apoyo a la investigación en las Universidades Colombianas.

### Literatura citada

- AMAT, G.; ANDRADE-C., M. G.; FERNÁNDEZ, F. 1999. Insectos de Colombia. Volumen II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras. No. 13. Editora Guadalupe Ltda. Bogotá. Colombia. 433 p.
- ANAYA, J. E.; SANHUEZA, A.; VIÑUELA, E.; GERRERO, A. F. 2005. "*Apanteles glomeratus*", parasitoide de larvas de la mariposa blanca de la col, "*Pieris brassicae*". Phytoma 169: 58-64.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. 1999. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega S.A., Barcelona. 886 p.
- BOSCÁN, N.; GODOY, F. 1982. *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) parásito del taladrador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae) en Venezuela. Agronomía Tropical 32(1-6): 319-321.
- BROWN, K. 1984. Adult-obtained pyrrolizidine alkaloids defend Ithomiinae butterflies against a spider predator. Nature 309: 707-709.

- BROWER, A. V. Z.; FREITAS, A. V. L.; LEE, M.; SILVA-BRANDAO, K. L.; WHINNETT, A.; WILLMOTT, K. R. 2006. Phylogenetic relationships among the Ithomiini (Lepidoptera: Nymphalidae) inferred from one mitochondrial and two nuclear gene regions. *Systematic Entomology* 31(2): 288-301.
- CALVO, R. 1999. Éxito reproductivo de *Caligo atreus* (Lepidoptera: Nymphalidae) en condiciones de cultivo. *Revista de Biología Tropical* 47 (3): 539-544.
- CIVIDANES, F. J. 2002. Tabelas de vida de fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de campo. *Neotropical Entomology* 31(3): 419-427.
- CLARO, C. R. A. 2005. Manual Cría de mariposas. Una actividad rentable. Fundación Hogares Juveniles Campesinos, editorial San Pablo, Colombia. 112 p.
- CONSTANTINO, L. M. 1996. Ciclos de vida y plantas hospederas de lepidópteros diurnos de Colombia, con potencial en condiciones de Colinas bajas del Choco biogeográfico. p. 75-86. En: Libro de memorias II Seminario Investigación y manejo de fauna para la construcción de sistemas sostenible. INCIVA, Universidad Javeriana, IMCA, CIPAV, WWF, Instituto Alexander Von Humboldt. Cali. 237 p.
- CONSTANTINO, L. M. 1997. Conocimiento de los ciclos de vida y plantas hospederas de lepidópteros diurnos de Colombia, como estrategia para el manejo, uso y conservación de poblaciones silvestres. p. 57- 89. En: Libro de memorias I Seminario nacional Aconteceres Entomológicos. GEUN-Universidad Nacional. Medellín. 282 p.
- DeVRIES, P. J.; LANDE, R.; MURRAY, D. 1999. Associations of co mimetic Ithomiinae butterflies on small spatial and temporal scales in Neotropical forests. *Biological Journal of the Linnean Society* (67): 73-85.
- DRUMMOND, B. A.; BROWN, J. R. 1987. Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): summary of known larval food plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 341-358.
- FAGUA, G.; GÓMEZ, R.; GÓMEZ-MEJÍA, A. 2002. Estudio de viabilidad para la cría de mariposas y coleópteros como alternativa productiva para la regeneración del bosque en territorios dedicados a la siembra de cultivos ilícitos en San José del Guaviare (Colombia). *Aracnet 9 - Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* (30): 223-224.
- GÓMEZ-S., M. R. 2006. Plan de manejo propuesto para la cría de mariposas promisorias como alternativa productiva para comunidades indígenas de la Amazonía colombiana. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 1 (38): 451-460.
- GÓMEZ-S., M. R.; FAGUA, G. 2002. Ciclo de desarrollo y hospederas de *Heraclidas anchisiades* (Lepidoptera: Papilionidae) un modelo exploratorio para evaluar la sostenibilidad de la cría de mariposas ornamentales en la comunidad indígena de Peña Roja. *Revista Colombiana de Entomología* 28(1): 69-81.
- HOLDRIDGE, L. R. 1963. Memoria sobre el mapa geológico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 258p.
- JORON, M.; MALLETT, J. L. B. 1998. Diversity in mimicry: paradox or paradigm? *Trends in Ecology and Evolution* (13): 461-466.
- KAZAK, C.; YILDIZ, S.; SEKEROGU, E. 2002. Biological characteristics and life tables of *Neoseiulus umbraticus* Chant (Acari, Phytoseiidae) at three constant temperatures. *Anzeiger für Schadlingskunde* 75(5): 118-121.
- MAZANEC, Z. 1987. Enemigos naturales de *Perthida glyphopa* común (Lepidoptera: Incurvariidae). *Australian Journal of Entomology* 26(4):303-308.
- MORRIS, N. M.; COLLINS, N. M.; VANE-WRIGHT, R. T.; WANG, J. 1991. The utilisation and value of non-domesticated insects. p. 319-347. En: *The Conservation of Insects and their Habitats*. Royal Entomological Society of London. Academic press Ltd. London. 450 p.
- PARSONS, M. J. 1992. The Butterfly Farming and Trading Industry in the Indo-Australian Region and its role in Tropical Forest Conservation. Glandale, USA. *Tropical Lepidoptera* (1): 1-31.
- PRIETO, A. V.; CONSTANTINO, L. M.; CHACÓN, U. P. 1999. Estudios sobre cría de seis especies de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) del Bajo Anchicayá, Valle y contribución al conocimiento de su historia natural. *Revista Colombiana de Entomología* 25(1,2): 23-32.
- SÁNCHEZ-LOPEZ, R. 2004. Protocolo de cría para dos especies de mariposas *Asia monuste* y *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) bajo condiciones controladas en el municipio de la mesa Cundinamarca. Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 159 p.
- VÉLEZ-ARANGO, A. 2005. Ciclo de vida de la mariposa de "marcas metálicas" *Mesosemia mevania* (Lepidoptera: Riodinidae) en el Parque Ecológico Piedras Blancas Colombia. Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 62 p.
- WILLMOTT, K.; LAMAS, G. 2006. A phylogenetic reassessment of *Hyalenna* Forbes and *Dircenna* Doubleday, with a revision of *Hyalenna* (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae). *Systematic Entomology* 31(3): 419-468.
- WILLMOTT, K.; LAMAS, G. 2007. A revision of *Pachacutia*, a new genus of rare Andean Ithomiinae butterflies (Nymphalidae: Ithomiinae), with the description of two new species. *Annals of the Entomological Society of America* 100(4): 449-469.
- WILLMOTT, K.; LAMAS, G. 2008. A revision of the genus *Megoleria* (Lepidoptera: Nymphalidae, Ithomiinae). *Tropical Lepidoptera Research* 18(1):46-59.

Recibido: 8-may-2010 • Aceptado: 23-mar-2011