

**RELACIÓN ENTRE LA DIETA DE SIETE ESPECIES DE GARZAS
(FAMILIA: ARDEIDAE) Y LA PESCA ARTESANAL EN LA ZONA
DELTAICO ESTUARINA DEL RÍO SINÚ, CARIBE COLOMBIANO**

Carlos Ruiz-Guerra

Maestría de Conservación y Uso de Biodiversidad

María Ángela Echeverry-Galvis, Ph.D.

Directora

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES

MAESTRIA CONSERVACIÓN Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

BOGOTÁ

2016

Reglamento de la Pontificia Universidad Javeriana

Artículo 23

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por los alumnos en sus trabajos de grado, solo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católicos y porque el trabajo no contenga ataques y polémicas puramente personales, antes bien, se vean en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

RELACIÓN ENTRE LA DIETA DE SIETE ESPECIES DE GARZAS (FAMILIA: ARDEIDAE) Y LA PESCA ARTESANAL EN LA ZONA DELTAICO ESTUARINA DEL RÍO SINÚ, CARIBE COLOMBIANO

Reglamento de la Pontificia Universidad Javeriana	2
PREYS CONSUMED BY WADING BIRDS IN MANGROVE SWAMPS OF COLOMBIA CARIBBEAN COAST.....	4
Abstract.....	4
Study area	6
Methods.....	8
Results	11
Discussion.....	13
Acknowledgments	20
Literature cited.....	20
Figures and Tables	26
INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE LA PESCA ARTESANAL Y GARZAS (ARDEIDAE) EN LA ZONA DELTAICO ESTUARINA DEL RÍO SINÚ	30
Resumen.....	30
Abstract.....	31
Introducción.....	31
Área de estudio	34
Materiales y métodos	35
Discusión	40
Agradecimientos.....	47
Bibliografía	47
Figuras y tablas	56
ANEXO 2.....	64
ANEXO 3.....	67

PREYS CONSUMED BY WADING BIRDS IN MANGROVE SWAMPS OF COLOMBIA CARIBBEAN COAST

CARLOS RUIZ-GUERRA & MARÍA ÁNGELA ECHEVERRY GALVIS

Carrera 24 # 4 – 20, Cali, Colombia

Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Rurales y Ambientales,

Transversal 4 #42-00, piso 8 Bogotá Colombia

Corresponding author; E-mail: c.ruizg@javeriana.edu.co

Abstract

The diet composition of wading birds was studied in mangrove swamps of Northwestern Caribbean coast of Colombia both non-breeding season for Little Blue Heron, Tricolored Heron and Snowy Egret and breeding season for Agami Heron, Cocoi Heron, Boat Billed Heron and Bare Throated Tiger Heron. These species except Little Blue Heron eat mostly fish. Guppies is the most important prey taken by Snowy Egret and Tricolored Heron. Agami Heron and Bare Throated Tiger Heron diet is still poorly known.

Key words- diet, egrets, estuary, fish, Neotropic, Sinú

Preys of wading birds in mangrove

Owing to their interactions with other organisms, wading birds and other waterbirds can provide indirect benefits for human and have a positive effect on biodiversity in general, e.g. by controlling fish populations or by cycling nutrients (Green and Elmberg 2014). Likewise, wading birds are among the most visible of wetland components and, occurring on almost all types of wetlands and all continents, therefore they have been the subject of many decades of intensive research (Hafner

1997). According to Kushlan (1992), wading birds have proven to be useful in addressing several biological questions of the trophic ecology because of their tendency to regurgitate food onto a waiting field worker. However, the diets of these species in the Neotropic are poorly known, particularly in mangrove forests (e.g., Ramo and Busto 1993; Miranda and Collazo 1997; Olmos *et al.* 2001).

Unlike Tricolored Heron (*Egretta tricolor*), Little Blue Heron (*Egretta caerulea*) and Snowy Egret (*Egretta thula*) whose diet have been widely studied in North America (e.g., Kushlan 1973; Willard 1977; Itzkowitz 1984; Kent 1986; Boyle *et al.* 2012), there remains a wide knowledge gap for species that occur exclusively in the Neotropical region such as Cocoi Heron (*Ardea cocoi*), Agami Heron (*Agamia agami*), Bare-throated Tiger-Heron (*Tigrisoma mexicanum*) and Boat-billed Heron (*Cochlearius cochlearius*). Olivares (1973) was the first to focus on describing natural history of wading birds in Colombia, including their feeding behavior. Subsequently, few studies on these birds were realized (e.g., Lehman 1959; Borrero and Cruz-Millán 1982; Alfaro and Russi 1986; Rodríguez-Barrios and Troncoso 2006; Olivero *et al.* 2013). The information of diet of wading birds in coastal sites is scant and only González and Patiño (1989) have documented preys consumed by these species of birds both coastal and inland sites in Colombia.

In Colombian Caribbean coast, the mangrove swamps are decreasing mainly due to the change in land use (Gómez-Cubillos *et al.* 2014). Located on this coast, the Sinú river deltaic estuary hosts the best conserved mangrove forest of the northern Colombia (Cortés-Castillo and Rangel 2011), which serves as habitat for 334 bird species,

including 29 wading birds. (Ruiz-Guerra in prep). Considering wading birds play important roles in this ecosystem, they can provide useful information on interactions occurring within food webs, and therefore energy-mater cycling. Accordingly, this knowledge can contribute to understand the effects of human modification at trophic levels in mangrove swamps. This becomes ever more relevant, since these species are closer to human settlements and anthropic pressure (Crozier and Gawlik 2003). Moreover, ensuring the knowledge of their dietary requirements will help in analyzing if there could present a conflict with humans or human activities in the estuary (Ruiz-Guerra & Echeverry-Galvis in prep.). Considering global change scenarios, information of preys consumed by wading birds could result useful in understanding how changes such as increase in sea level and variable precipitation could potentially introduce variation in reproductive performance by limiting wading bird access to feeding areas (Kushlan 1986; Frederick and Collopy 1989; Bildstein *et al.* 1990), with subsequent shifts in the timing and availability of wading bird prey (Butler *et al.* 1998a, 1998b). In this paper, we document the diet composition of seven wading birds in mangrove swamps of Northwestern Caribbean coast of Colombia: Tricolored Heron, Little Blue Heron, Snowy Egret, Cocoli Heron, Agami Heron, Bare-throated Tiger-Heron and Boat-billed Heron. We aim first at describing the species diet's, determine if there was size or weight selection for preys and to evaluate how much overlap was there in terms of content and importance.

Study area

Fieldwork was conducted at the Important Bird Area (IBA) “Zona deltaico-estuarina del Río Sinú” (ZDERS), located on the northwestern Caribbean coast of

Colombia, including the Sinú River deltaic estuary (Fig 1). The ZDERS has a mangrove forest of about 86 km² and is comprised by four species of mangroves: Red (*Rhizophora mangle*), Black (*Avicenia germinans*), White (*Laguncularia racemosa*) and Tea (*Pelliciera rhizophorae*). Data was collected on four mangrove swamps where wading birds congregate such as a nocturnal roost site, a breeding colony of one or several species and isolated nests of one species. Ciénaga Galo (9° 22' 8.87" N, 75° 49' 40.01" W), a swamp with a mangrove island of 2610 m² that is used all year round as a nocturnal roost site by Snowy Egret, Tricolored Heron, Little Blue Heron, Cattle Egret (*Bubulcus ibis*), Great Egret (*Ardea alba*), Striated Heron (*Butorides striata*), White Ibis (*Eudocimus albus*), Neotropical Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) and Great-tailed Grackle (*Quiscalus mexicanus*). Ciénaga Coroza (9° 22' 39.60" N, 75° 53' 29.65" W), is a mangrove island of 4,130 m² where several species breed between July to November: Agami Heron, Boat-billed Heron, Cattle Egret, Great Egret, Tricolored Heron, Snowy Egret, Black-crowned Night-Heron (*Nycticorax nycticorax*), Yellow-crowned Night-Heron (*Nyctanassa violacea*) White Ibis and Neotropical Cormorant. Caño Navío (9° 24' 12.53" N, 75° 51' 16.50" W), a bayou of 1,923 m in length where Cocoli Heron breeds from June to October. In addition, Caño Salado (9° 25' 0.13" N, 75° 50' 23.52" W), a bayou of 6,441 m in length used as a breeding area by Bare-throated Tiger-Heron and Common Black-Hawk (*Buteogallus anthracinus*) from May to December. Based on these four sites the approximated sample area was of about 1.70 km².

The ZDERS has a pluviometric unimodal regime with a dry period from December to April, a transitional period in May-July, and a rainy period (August-

November); with average yearly temperatures of 27 °C (Barreto *et al.* 1999). Crops and animal husbandry are the most important economic activities, but artisanal fishing and mangrove harvesting are also important for human communities living in ZDERS (CVS and INVEMAR 2010).

Methods

We collected regurgitations and stomach contents of seven species: Snowy Egret, Tricolored Heron, Agami Heron, Boat-billed Heron, Little Blue Heron, Cocoli Heron, and Bare-throated Tiger Heron. Of the 29 species of wading birds occurring at ZDERS we selected only seven considering, a nocturnal predator, Boat-billed Heron, two poorly known solitary predators, Agami and Bare-throated Tiger Heron; and four sociable wading birds Tricolored Heron, Little Blue Heron, Cocoli Heron and Snowy Egret. Precisely these four birds are the most abundant herons at mangrove swamps of ZDERS (Ruiz-Guerra in prep.) making possible to have a better idea about which preys could be consumed by the rest of the 22 wading birds. Individuals were carefully selected to not be sampled twice every capturing event.

We captured adults of Snowy Egrets and Tricolored Herons and 2 juveniles of Little Blue Herons at the roost located in Ciénaga Galo every two nights for four nights per month between May, June, September, October and December 2015. The wading birds were caught between 18:00 and 21:00 taking advantage of the sleeping herons in a mangrove island. We used a small boat, two persons disembarked to take individuals from branches and roots of the mangrove trees, to be placed in cloth bags for transportation. The birds were taken to INVEMAR (Instituto de Investigaciones

Marinas y Costeras), facilities located about 3 km from Ciénaga Galo. Once individuals regurgitated their preys were gathered, birds were freed close to their capture site, the same night of the capture. Regurgitations deposited in the transport cloth bag, were preserved in 70% ethanol for latter analysis. We also collected nine stomach contents of injured birds. For each of these samples, whether regurgitation or stomach content, we counted number of identifiable prey items, and also performed morphological measurement on them (later paragraphs).

We visited Ciénaga Coroza four days per month every two days between September and October 2015, which is the beginning of the breeding season of Agami Heron and Boat-billed Heron at Ciénaga Coroza. We captured 4 nestlings of Agami Heron and 4 nestlings of Boat-billed Heron but only one of Boat-billed Heron regurgitated its preys. Therefore, we looked for preys regurgitated on the nests; most of them were too digested. In October 2015, we found a colony of Cocoli Heron in Caño Navío where nests were located above 10 m of height mangrove trees. However, we collected some preys found on roots and floating on water after an attack of Capuchin monkey (*Cebus capucinus*). From May to October 2015, we looked for nests of Bare Throated Tiger Heron with nestlings at Caño Salado but we trapped only two nestlings of two nests because most nest found were above 10 m of height mangrove trees with branches over water.

Recognizable food items from all samples were identified and classified to genera or species, depending on decomposition level. All preys were counted and weighted with an Ohaus Scout ® SP202 analytical scale (accuracy of 0.01 g). We

measured fish from the tip of the snout to the posterior end of the last vertebra (standard length) and to the tip of the longer lobe of the caudal fin (total length), since some fishes did not have caudal fin.

The diet was analyzed by calculating for each prey taxon: the percentage of frequency of occurrence (%FO), percentage of weight (%W) and percentage of number of organisms (%N) (Hyslop 1980). An index of relative importance (IRI) (Pinkas *et al.* 1971) was also used to determine the most important food item. The index of relative importance (IRI) was calculated for all the prey items using the formula:

$$\text{IRI} = (\%N + \%W) \times \%FO$$

We used an ANOVA tests to assess differences between total lengths, standard length and weight of items consumed by birds. We considered normality tests previous to the ANOVA, as well as Tukey tests for posthoc comparisons, all using INFO STAT software. When transformed abundances were not normally distributed, measurements were analyzed using nonparametric ANOVA (Kruskal-Wallis). Significant ANOVAs at an alpha level of 0.05 were followed by post hoc tests.

We evaluated as well, diet overlap between species following Schoener (1970):

$$= 1 - (1/2) \sum_{i=1}^s |P_{ij} - P_{ik}|$$

In which s is the number of species type, P_{ij} and P_{ik} are relative abundance of prey i in species i and k . Values ≥ 0.6 indicate significant overlap and possible competition, if resources were limited (Martin 1984).

Results

A total of 129 individuals were trapped and we obtained nine stomach contents and 40 regurgitations from all seven species of wading birds. The most captured individuals were Snowy egrets and Tricolored herons with 63 and 57 respectively; regurgitations for Bare-throated Tiger Heron and Boat-billed Heron were only possible for one individual each.. We obtained 17 regurgitations and 4 stomach contents of Tricolored Herons, 13 regurgitations and 4 stomach contents of Snowy Egrets and 1 regurgitation of Little Blue Heron.

Four groups of preys were identified in regurgitations and stomach contents: spiders (Aracnida), insects (Insecta), crustaceans (Malacostraca) and fishes (Actinopterygii). Prey proportions for the seven species of wading birds combined were 85% fish, 14% crustaceans, 0.4% insects and 0.4 % spiders. Samples from Agami Heron, Cocoli Heron and Boat-billed Heron only contained fishes whereas the group of items taken by Bare-throated Tiger Heron, Snowy Egret and Tricolored Heron consisted of both fish and arthropods. The only bird that did not take any fish was the Little Blue Heron whose samples included spiders and isopods (Table 1).

Representatives of Poeciliidae family, gambusias (*Gambusia* sp.) and guppies (*Poecilia* sp.), and one representative of family Eleotridae, eleotrid (*Dormitator* sp.),

were items shared by three species: Snowy Egret, Tricolored Heron and Boat-billed Heron; whereas a rivuline (*Kryptolebias* sp.), belonging to Rivulidae family, was only taken by Snowy Egret and Tricolored Heron. The anchovies (*Anchoa* sp.) and Anchovetas (*Centengraulis* sp.), of the family Engraulidae were taken only by one species, Snowy Egret and Cocoli Heron respectively. Total length was obtained for 194 fishes in samples, ranging from 13 mm to 101.22 mm with an average of 35.49 mm. Standard length was recorded for 200 fishes and it ranged from 10.59 mm to 81.11 mm with an average of 29.74 mm. When comparing per fish taxa the standard length with the total length, there was significant difference (for 394 samples ANOVA; $F= 29.08$, $df=1$ $P=0.001$). Average weight for 570 samples was 0.65 g ranging from 0.01 g to 17.13 g (Table 1). Guppies were found in 70.7% of the 594 fishes found in all the samples, followed by gambusias (14.6%), eleotrids (6.6%), and rivulines (5.6%) while anchovies and unidentified fishes ranked at 1 or lower than 1%. For Snowy Egret, whose samples were abundant, guppies, eleotrids and isopods were the most important food source according to the IRI; whereas guppies and gambusias were key resources for Tricolored Heron (Table 2).

We compared total length, standard length and weight of guppies for Snowy Egret and Tricolored Heron (Table 3). There was a significant difference on guppies weight eaten by Snowy Egret and Tricolored Heron (ANOVA; $F= 24.68$, $df= 1$, $P= 0.001$), but no difference in standard length (ANOVA; $F= 0.18$, $df=1$ $P=0.67$) or total length (ANOVA; $F=1.40$, $df=1$, $P=0.24$). On the other hand, there was significant difference of the weight of gambusias eaten by both birds (Kruskal Wallis; $H= 5.13$, $P=0.023$), total and standard lengths were also different significantly (ANOVA;

$F=5.22$, $df=1$, $P=0.031$; $F=4.72$, $df=1$, $P=0.041$ respectively). Regarding eleotrids taken by both wading bird species, no difference was found in the items consumed (ANOVAs weight $F=0.13$, $df=1$, $P=0.720$; standard length $F=0.36$, $df=1$, $P=0.570$; total length $F=0.29$, $df=1$, $P=0.604$). The diet overlap observed by the Schoener's index, was 68% between Tricolored Heron and Snowy Egret.

Discussion

We were able to explore the diet of seven species of wading birds at ZDERS, with guppies as the most common prey, followed by gambusia; even in reduced samples for some egret species. Weight was the only prey attribute that differs between Snowy Egret and Tricolored Heron. Other wading birds that we attempted to study, like Agami Heron and Bare-Throated Tiger Heron, samples were too difficult to obtaining for both adults and nestlings, proving them still the most poorly known wading birds in the area and in general in the Neotropic for their diet (Kushlan 1992). Contrary to various other diet studies, which focus on the breeding period of wading birds because of a tendency to regurgitate food onto a waiting field worker (Kushlan 1992), most samples were obtained from non-breeding adults, especially Snowy Egret and Tricolored Heron. Hafner (1997) suggests it is essential to understand the ecological requirements of wading birds outside the breeding period since they could provide the key to many questions concerning the dynamics of several species in which population control or natural selection may take place during the least favorable season of the year.

The diet sample of an adult of Little Blue Heron, showed that fish might not be the key resource, with rather plenty of isopods. This is in line with other results, like

those of Miranda and Collazos (1997) who found that seven Little Blue Herons ate exclusively crabs (*Uca* spp.) in mangrove swamps in Brazil. Olmos *et al.* (2001) also considered it a specialist carcinophages during breeding season in mangrove swamps of Puerto Rico. Likewise, in Venezuela, Marin *et al.* (2003) found only shrimps (*Penaeus* sp.) in stomachs collected, and Kushlan *et al.* (1985) reports fishes and insects are consumed by this bird in Venezuela Llanos. In Panama, Wetmore (1981) reported this heron takes mole crabs (Decapoda). Gianuca *et al.* (2012), collecting nestling regurgitates, reported that shrimp was the most important item of Little Blue Heron diet but also took fishes, mullets (*Mugil* sp.), and members of family Characidae (*Astyanax* sp., *Cheirodon* sp. *Hyphessobrycon* sp.), and crabs in an estuary in Brazil. Throughout much of North American range, Little Blue Heron takes small fish such as anchovies (*Anchoa* spp.), mosquito fish (*Gambusia affinis*), sailfin molly (*Poecilia latipinna*), invertebrates like crayfish (Cambarinae), prawn (*Palaemonetes* spp.), isopods (*Ligia* sp.), crabs (*Sesarma*, *Aratus*, *Callinectes*, *Menippe*), insects (Coleoptera, Hemiptera, Odonata, Orthoptera, Diptera, Neuroptera) and amphibians (*Rana* spp. and *Hyla* spp.) (Kent 1986; Rodgers *et al.* 1995; Smith 1997). This lead to some authors (e.g., Jenni 1969; Rodgers 1983; Master *et al.* 1993), to conclude that Little Blue Herons is a generalists. At ZDERS, Little Blue Herons are a common and abundant bird inhabiting mangrove swamps and other types of habitats, such as rice fields and freshwater wetlands, so it would be likely that this heron could have a variety of preys, but more information must be collected, including the probable variation between rainy and dry periods, and their breeding colony location, which is yet to be found at the ZDERS.

Regarding Cocol herons, our data of the breeding season of this bird at ZDERS showed that their diet includes fish, similar to what was found in other locations of the Caribbean coast of Colombia, such as Ciénaga de Lorica, Córdoba department in October, feeding on netted prochilod (*Prochilodus reticulatus*) and parassi mullet (*Mugil incilis*) (Borrero and Millán 1982). In other areas, like Isla de Salamanca National Park (Colombia), blue land crab (*Cardiosoma guainumi*) and carcass of northern raccoon (*Procyon lotor*) and crab-eating raccoon (*Procyon cancrivorus*) were found in their stomach contents (Borrero and Millán 1982). According to Ducommun and Bletzer (2010), Cocol Herons took mainly fishes including streaked prochilod (*Prochilodus lineatus*) and trahira (*Hoplias malabaricus*), mammals and amphibians in the valley of the Paraná River, Argentina. With colonies of Brazilian coastal plains, eating fishes such as whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*), trahira (*H. malabaricus*) and pale catfish (*Rhamdia quelen*), crustaceans such as blue crab (*Callinectes* sp.), beetles (Coleoptera), reptiles such as yellow-bellied liophis (*Erythrolamprus poecilogyrus*) and rodents (Faria *et al.* 2016). Marin *et al.* (2003) reported as a prey of this heron only Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Even though no author reported eleotrids (*Dormitator* sp.) in the diet of this species, other items mentioned might be found at ZDERS, for example, mullets, prochilods and crabs. Our lack of records for this items could be due to the difficulties of obtaining regurgitates of this bird in ZDERS, since it nested at mangrove trees taller than 10 meters high and preys was found on roots heavily digested. This colony was found accidentally in October 2015, when few nests with nestlings remained after an attack of capuchin monkeys (*Cebus capucinus*).

According to Willard (1985), Agami Heron took prey primarily of 2 to 10 cm, and 52 percent of them were Characidae, particularly *Triportheus angulatus* and *Astyanax* sp., at Manu National Park, Department of Madre de Dios, Perú. This heron also takes Cichlids (*Aequidens*), but not much more is known about its prey (Stiers and Kushlan 2015). At the Pacuare Nature Reserve, Costa Rica, food included small (1-2 cm) fish and other items too small to identify, likely including water striders (Gerridae) (Kushlan and Hines 2016). At the ZDERS we found eleotrids (*Dormitator* sp.) are part of the diet, but more information is needed before we can clearly assess to which degree each food item contributes to the egrets diet. Nestlings did not regurgitate when handled and samples were found on the ground. A probe with saline solution (Calver and Porter 1986) was also used, but it did not work and no further manipulation was done.

In the Orinoco region of Colombia, González and Patiño (1989) reported Boat-billed Heron ate mainly atipa (*Hoplosternum littorale*), marbled swamp eel (*Symbranchus marmoratus*) and trahira (*H. malabaricus*). In Pacific coast of Guatemala, Biderman and Dickerman (1978) identified in stomach contents of adults of Boat-billed Heron fish, such as Pacific fat sleeper (*Dormitator latifrons*), Pacific molly (*Poecilia butleri*) and blue Sea catfish (*Ariopsis guatemalensis*), whiteleg shrimps (*Litopenaeus vannamei*) and freshwater prawn (*Macrobrachium tenellum*). In Mexico, nestling were fed shrimps whiteleg shrimps and prawns, fish catfish (*Ariidae* sp.) yellowfin snook (*Centropomus robalito*), Pacific fat sleeper, spotter sleeper (*Eleotris picta*), flathead grey mullet (*Mugil cephalus*), smoothbelly goby (*Sicydium gymnogaster*), sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*), goldspotted killifish (*Floridichthys carpio*), redfin needlefish (*Strongylura notata*); while adults took

shrimps and fish Pacific fat sleeper, Palenque priapella (*Priapella compressa*) (Tashian 1952; Dickerman and Juarez 1971; Mock 1975; Ramo and Busto 1993). In Panama, adults consumed shrimps and freshwater prawns and nestlings fed on marbled swamp eel (*Symbranchus marmoratus*) (Wetmore 1981). In Surinam, adults ate ants (Formicidae) and nestlings diet included fish yellowfin snooks and trahiras (*Erythinus erythinus*) (Haverschmidt 1969). At ZDERS, we obtained only guppies in its diet, however given this is a nocturnal hunter, other methods might be needed to assess its diet in fuller record involving both adults and nestlings during non-breeding and breeding season. We found two active nests of Bare-throated Tiger Herons in June 2014 that were not accessible. In May 2015, we found two other nests with 2 nestlings each, which had eleotrids and shrimps. To our knowledge, no previous information on its diet is known.

In mangrove swamps of the ZDERS, food habits of adults of Tricolored Herons and Snowy Egrets were very similar, with the most important prey being guppies. In July 2016, Tricolored Herons nests were first found in Ciénaga Coroza, and guppies were found in one nest with nestlings. In Cartagena (Caribbean coast of Colombia) nestlings of Snowy Egrets and Tricolored Heron ate both Poecilids (*Poecilia caucana*) and juveniles of parassi mullet (*M. incilis*) (González and Patiño 1989), shrimps were also part of the diet of nestlings of Snowy Egret (González and Patiño 1989). In the Llanos of Casanare, other items as blanquito (*Curimata* sp.), atipa (*H. littorale*) and insects are part of their diet (González and Patiño 1989). In Venezuela, Marin *et al.* (2003) found Snowy Egret ate crabs (*Uca* sp.), shrimps (*Penaeus* sp.) and fish such as *Cyprinodon dearborni* and Mozambique tilapia whereas Tricolored Heron took

Cyprinodon dearborni, shrimps (*Penaeus* sp.) and Mozambique tilapia; likewise in Venezuela Llanos, Snowy Egrets consume deep-bodied (*Markiana nigripinnis*) and compressed-bodied (*Ctenobrycon spirulus*) characins, blanquito (*Curimata* sp.), insects and crustaceans (Kushlan *et al.* 1985). In Brazil, the highest item of relative importance for Snowy Egret were shrimps, Poecilidae and Hemiptera (Gerridae) and for Tricolored Heron were Poecilidae, Centropomidae and Gobidae (Miranda and Collazo 1997). In Cuba nestlings of Snowy Egrets were fed with fishes crustaceans, insects and amphibians but Tricolored Heron nestlings fed only fishes of 18-30 mm in length (Denis 2006). In Puerto Rico, killifish (*Fundulus*) is part of the diet of Tricolored Heron (Palmer 1962). Mostly small-bodied fish, topminnows and killifishes are the most common food items of the Snowy Egret and Tricolored Heron in U.S. (Frederick 1997), coinciding some genera such as *Gambusia*, *Poecilia* and *Anchoa* (Kushlan 1973, Kent 1986; Parsons and Master 2000; Boyle *et al.* 2012), with fishes taken by nestlings of these birds at ZDERS. In addition, Smith (1997) reported nestlings of Snowy Egret fed on introduced fish whereas Tricolored Herons nestlings fed only native fish ranging from 1.8 to 3.0 cm (Kent 1986); including also amphibians, shrimps, crayfish, spiders and insects. In Mexico, Ramo and Busto (1993) reported fish was the most important component of the diet of nestlings of Snowy Egret and Tricolored Heron, especially sheepshead minnow and mangrove molly (*Poecilia orri*).

Even though few samples obtained from some species at ZDERS, it is possible to suggest that fish is the most important item for wading birds in this delta-estuary followed by crustaceans. Snowy Egret and Tricolored Heron share Poecilidae species with disregard of length, however weight did differ between both egrets. In spite that

our results revealed Tricolored Heron and Snowy Egret have similar prey importance, guppies, it is necessary to determine if this prey is also shared during breeding season, emphasizing that Snowy Egrets breed between September and November at ZDERS, with no information regarding breeding of Tricolored Heron at this location. Both species use the same nocturnal roosting site, Ciénaga Galo, and they feed in the same habitats likely where both Neotropical migratory populations and breeding population of these birds are together. The evidence of occurrence of migrant individuals of Snowy Egret is based on one bird banded in Virginia (US) was found at the ZDERS in 1975 (Ruiz-Guerra in prep.). The closest known breeding colony of Tricolored Heron is located in Isla Tesoro, situated 90 km from ZDERS (Duque-García and Franke-Ante 2011), but there is not a confirmed record of a migrant individual at ZDERS yet.

Further research should focus to fill the knowledge gaps of wading birds in Neotropical mangrove swamps to contribute to conservation strategies currently underway in this type of ecosystem, taking into account not only breeding colonies but roosting and feeding sites as well.

According to Butler and Vennesland (2000) considering wading birds deal with the cumulative impact of climate change and human population growth, we require information on how their habitats can sustain populations, since the main causes of population fluctuations of wading birds, are generally not related to shortages of nesting or foraging habitat, but instead are the result of food availability (Butler 1994).

Acknowledgments

We appreciate the support of Invemar and the fieldwork assistance of Robi Correa, Remberto De la Rosa, Yanira Cifuentes-Sarmiento, Diana Orozco, Camila Cifuentes-Sarmiento and Lorena Cabeza. Thanks to Fernando Castillo and Diana Eusse, Asociación Calidris and Copper River Migratory Birds Initiative for funding field work. Nicolás Urbina-Cardona and Felipe Estela for their provided comments on an early version of this manuscript.

Literature cited

- Alfaro, M. and D. Russi. 1986. Estimación del éxito de anidamiento de la garza morena *Egretta tricolor* (Gosse, 1847) en la laguna de San Lorenzo, Cartagena (Colombia). Boletín Ecotrópica 19: 3-15
- Barreto, M., R. Barrera, J. Benavides, E. Cardozo, H. Hernández, L. Marín, B. Posada, C. Salvatierra, P. Sierra and A. Villa. 1999. Diagnóstico ambiental del golfo de Morrosquillo (Punta Rada, Tolú). Una aplicación de sensores remotos y SIG como contribución al manejo integrado de zonas costeras. Editorial IGAC/CIAF. Tolú, Colombia. 217 p.
- Biderman, J. O. and R. W. Dickerman. 1978. Feeding behavior and food habits of the Boat-billed Heron (*Cochlearius cochlearius*). Biotropica 10: 33-37
- Borrero, J. I. and C. A. C. Millán. 1982. Notas sobre la historia de la garza morena *Ardea cocoi* (aves) en Colombia. Acta Biológica Colombiana 1: 51-75.
- Boyle, R. A., N. J. Dorn and M. I. Cook 2012. Nestling diet of three sympatrically nesting wading bird species in the Florida Everglades. Waterbirds, 35: 154-159.

- Calver, M. C. and B. D. Porter. 1986. Unravelling the food web: dietary analysis in modern ecology. *Journal of Biological Education*, 20: 42-46.
- Cortés-Castillo, D. V. and J. O. Rangel. 2011. Los bosques de mangle en un gradiente de salinidad en la bahía de Cispatá–Boca de Tinajones, Departamento de Córdoba–Colombia. *Caldasia* 33: 155-176.
- Crozier, G.E. and D.E. Gawlik. 2003. Wading Bird Nesting Effort as an Index to Wetland Ecosystem Integrity. *Waterbirds* 26: 303-324.
- Denis, D. 2006. Aves en los manglares: la complejidad de su reproducción pp 66-93. In Mugica, L., D. Denis, M. Acosta, A. Jimenez and A. Rodríguez. 2006. Aves en los humedales de Cuba. Ed. Científico-Técnica, La Habana, Cuba.
- Ducommun, M. D. L. P., A. H. Beltzer, A. R. L. Virgolini and M.A. Quiroga. 2010. Feeding ecology of Cocoli Heron (*Ardea cocoi*) in the flood valley of the Paraná River. *Avian Biology Research* 3: 115-121.
- Duque-García, D. and R. Franke-Ante. 2011. El entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo. E. Zarza-González (Editor). Cartagena de Indias, Colombia.
- Faria, F. A., Silva-Costa, A., Gianuca, D., and L. Bugoni, L. 2016. Cocoli Heron (*Ardea cocoi*) connects estuarine, coastal, limnetic and terrestrial environments: an assessment based on conventional dietary and stable isotope analysis. *Estuaries and Coasts*: 1-11.
- Frederick, P. C. 1997. Tricolored Heron (*Egretta tricolor*), *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/306doi:10.2173/bna.306>, accessed 3 April 2016.

- Gianuca, D., A. T. Gianuca and C. M. Vooren. 2012. Abundance, breeding and food of the Little Blue Heron *Egretta caerulea* (Aves, Ardeidae) in the Patos Lagoon estuary, a recently colonized area in southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia* 102:19-25.
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, J.A. Rodríguez, D. Romero, D. Ballesteros, D. Gómez, A. Melo, J. García, L. Chasqui, M. Bastidas, C. Ricaurte, L. Perdomo and D. Alonso. 2014. Asistir técnicamente en la implementación de los productos de restauración y monitoreo de ecosistemas marinos costeros: identificación de las áreas potenciales de restauración ecológica, No. 190, Santa Marta, Colombia, 286 p.
- González, H. and F. E. Patiño. 1989. Estudios comparativo del comportamiento reproductivo y la ecología de siete especies de aves Ciconiiformes colombianas en dos localidades: Cartagena, Caribe Colombiano y la Intendencia Nacional del Casanare, Llanos Orientales. Undergraduate thesis. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D. C.
- Green, A. J., and J. Elmberg. 2014. Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews*, 89(1), 105-122.
- Hafner, H. 1997. Ecology of wading birds. *Colonial Waterbirds*. 20: 115-120.
- Haverschmidt, F. 1969. Notes on the Boat-billed Heron in Surinam. *The Auk* 86: 130-131.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- Itzkowitz, M. 1984. Foraging behavior of the Snowy Egret (*Egretta thula*). *Biology of behaviour* 9: 357-370.

- Jenni, D. A. 1969. A study of the ecology of four species of herons during the breeding season at Lake Alice, Alachua County, Florida. *Ecological Monographs* 39: 245–270.
- Juarez, C. and R. W. Dickerman. 1972. Nestling Development of Boat-Billed Herons (*Cochlearius cochlearius*) at San Blas, Nayarit, Mexico. *The Wilson Bulletin* 84: 456-468.
- Kent, D. M. 1986. Behavior, habitat use, and food of three egrets in a marine habitat. *Colonial Waterbirds* 9: 25-30.
- Kushlan, J. A. 1973. Bill-vibrating: a prey attracting behavior of the Snowy Egret, *Leucophoyx thula*. *The American Midland Naturalist* 89: 509–512.
- Kushlan, J. A., G. Morales and P. C. Frohring. 1985. Foraging Niche Relations of Wading Birds in Tropical Wet Savannas. *Ornithological Monographs* 36: 663-682
- Kushlan, J. A. 1992. Population biology and conservation of colonial wading birds. *Colonial waterbirds* 15: 1-7.
- Kushlan, J. A. and K. Hines, 2016. Behavior of the Agami Heron (*Agamia agami*). *Waterbirds*, 39: 187-192.
- Lehmann, F. C. 1959. Observations on the cattle egret in Colombia. *The Condor* 61: 265-269.
- Marín, G., E. Guevara and L.V. Bastidas. 2003. Algunos componentes y aspectos ecológicos de la dieta de aves Ciconiiformes en ecosistemas marino-costeros del estado Sucre, Venezuela. *Revista Saber* 15: 99-105.
- Master, T. L., M. Frankel and M. Russell. 1993. Benefits of foraging in mixed-species wader aggregations in a southern New Jersey saltmarsh. *Colonial Waterbirds* 16: 149-157.

- Miranda, L. & J. A. Collazo. 1997. Food habits of 4 species of wading birds (Ardeidae) in a tropical mangrove swamp. *Colonial Waterbirds* 20: 413-418.
- Olivares, A. 1973. *Las Ciconiiformes Colombianas*. Proyser, Universidad Nacional de Colombia. Bogota, Colombia. 303p.
- Mock, D. W. 1975. Feeding methods of the Boat-billed Heron, a deductive hypothesis. *The Auk* 92: 590-592.
- Olivero-Verbel, J., D. Agudelo-Frias and K. Caballero-Gallardo. 2013. Morphometric parameters and total mercury in eggs of snowy egret (*Egretta thula*) from Cartagena Bay and Totumo Marsh, north of Colombia. *Marine pollution bulletin*, 69: 105-109.
- Olmos, F., R. S. E. Silva and A. Prado. 2001. Breeding season diet of Scarlet Ibises and Little Blue Herons in a Brazilian mangrove swamp. *Waterbirds* 24: 50-57.
- Palmer, R. S. 1962. *Handbook of North American birds*, Vol. I. Yale Univ. Press, New Haven, CT.
- Parsons, K. C. and T. L. Master. 2000. Snowy Egret (*Egretta thula*), *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/489doi:10.2173/bna.489>, accessed 3 April 2016
- Pinkas L, M.S. Oliphant and L.R. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fishery Bulletin* 152: 1-105.
- Ramo, C. and B. Busto. 1993. Resource use by herons in a Yucatan wetland during the breeding season. *The Wilson Bulletin* 105: 573-586.
- Rodgers, J. A., Jr. and H. T. Smith. 1995. Set-back distances to protect nesting bird colonies from human disturbance in Florida. *Conserv. Biol.* 9: 89-99.

- Rodríguez-Barrios, J. and F. Troncoso. 2006. Éxito de anidación de la garza real *egretta alba* (aves, Ardeidae) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 11: 111-121.
- Schoener, T.W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 51: 408-418.
- Smith, J. P. 1997. Nesting season food habits of 4 species of herons and egrets at Lake Okeechobee, Florida. *Colonial Waterbirds* 20: 198-220.
- Stier, A. and J. Kushlan. 2015. Agami Heron Conservation Plan (*Agamia agami*), GEPOG Association, Cayenne, French Guiana.
- Tashian, R. E. 1952. Some birds from the Palenque region of northeastern Chiapas, Mexico. *The Auk* 69: 60-66.
- Wetmore, A. 1981. The birds of the republic of Panama, part 1. Tinamidae (tinamous) to Rynchopidae (skimmers). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Willard, D. E. 1977. The feeding ecology and behavior of five species of herons in southeastern New Jersey. *The Condor* 79: 462-470.
- Willard, D. E. 1985. Comparative feeding ecology of twenty-two tropical piscivores. *Ornithological Monographs* 36: 788-797.

Figures and Tables

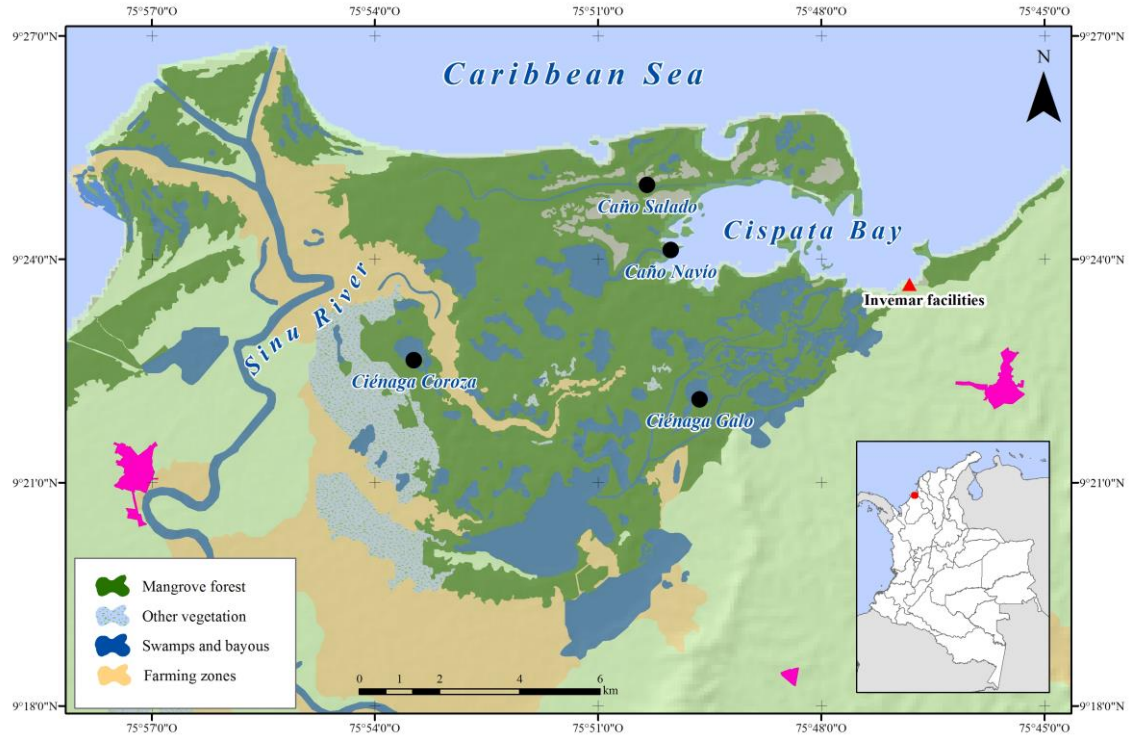


Figure 1. Map of the study area, ZDERS, black dots show sites where individuals of herons were captured.

Table 1. Measurements of fishes found in regurgitations and stomach contents.

Length (mm), weight (g), n indicates number of prey individuals measured, BBTH (Bare-throated Tiger Heron), COHE (Cocoi Heron), AGHE (Agami Heron), LBHE (Little Blue Heron), TRHE (Tricolored Heron), SNEG (Snowy Egret) and BBTH (Boat Billed Heron), in parenthesis the number of egret individuals sampled).

Item	Weight \bar{x} (max.-min.)	n	Standard length \bar{x} (max.-min.)	n	Total length \bar{x} (max.-min.)	n	By
Isopods (Isopoda)	-	-	-	-	-	-	LBHE (20), SNEG (61), TRHE (13)
Shrimp (<i>Litopenaeus</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	BBTH (1)
Mangrove tree crabs (<i>Aratus pisonii</i>)	-	-	-	-	-	-	TRHE (3)
Spiders (Trachaleidae)	-	-	-	-	-	-	LBHE (2)
Dragonflies (Aeshnidae)	-	-	-	-	-	-	SNEG (2), TRHE (1)
Anchovies (<i>Anchoa</i> sp.)	1.41 (1.77-0.09)	8	42.35 (59.80- 24.90)	2	69.40	1	SNEG (8)
Anchovetas (<i>Centengraulis</i> sp.)	8.21	1		0		0	COHE (1)
Eleotrids (<i>Dormitator</i> sp.)	5.25 (17.13-0.56)	27	50.00 (81.11- 28.86)	12	61.09 (101.22- 35.37)	11	AGHE (8), COHE (9), BBTH (2), SNEG (15), TRHE (5)
Gambusias (<i>Gambusia</i> sp.)	0.10 (0.86-0.01)	83	18.81 (34.41- 10.59)	24	22.52 (41.38- 13.00)	25	SNEG (5), TRHE (82)
Rivulines (<i>Kryptolebias</i> sp.)	0.18 (0.70-0.05)	33	32.00 (32.40- 31.60)	2	40.50 (41.60- 39.40)	2	SNEG (24), TRHE (9)
Guppies (<i>Poecilia</i> sp.)	0.47 (2.39-0.01)	416	29.67 (47.35- 15.53)	160	35.48 (55.10- 18.30)	155	BBHE (20), SNEG (160), TRHE (240)
Unidentified fish	-	-	-	-	-	-	COHE (3), SNEG (1), TRHE (2)
Total							697

Table 2. Prey composition of regurgitations from Snowy Egrets and Tricolored Herons using percentage values of the number (N), weight (W), frequency of occurrence (FO) and index of relative importance (IRI)

Item	Snowy Egret				Tricolored Heron			
	%FO	%N	%W	%IRI	%FO	%N	%W	%IRI
Guppies	64.71	57.97	52.47	76.22	85.71	67.61	77.90	86.08
Gambusias	23.53	1.81	0.96	0.69	52.38	23.10	5.65	10.39
Anchovies	11.76	2.90	7.59	1.32	-	-	-	-
Eleotrids	35.29	5.43	36.37	15.74	19.05	1.41	13.07	1.90
Rivulines	11.76	8.70	1.91	1.33	28.57	2.54	2.59	1.01
Unidentified fishes	5.88	0.36	0.67	0.06	4.76	0.56	0.33	0.03
Dragonflies	11.76	0.72	0.01	0.09	4.76	0.28	0.01	0.01
Isopods	17.65	22.10	2.02	4.54	19.05	3.66	0.46	0.54
Mangrove tree Crabs	-	-	-	-	4.76	0.85	0.01	0.03

Table 3. Measurements of fish genera found in regurgitates and stomach contents of Snowy Egret and Tricolored Heron

Species	Measurements	Anchovies	<i>n</i>	Eleotrids	<i>n</i>	Gambusias	<i>n</i>	Rivulines	<i>n</i>	Guppies	<i>n</i>
Snowy Egret	Weight \bar{x} (Max-Min)	1.41 (1.77-0.09)	8	3.60 (16.98-0.56)	15	0.36 (0.86-0.07)	4	0.12 (0.21-0.05)	24	0.51 (1.76-0.05)	156
	Standard	42.35		49.15		25.66				29.84	
	Length \bar{x} (Max-Min)	(59.80-24.90)	2	(81.11-28.86)	6	(34.41-19.68)	3		0	(43.51-15.53)	83
	Total Length \bar{x} (Max-Min)	69.40	1	(101.22-35.37)	5	(41.37-24.4)	3		0	(54.12-20.29)	80
Tricolored Heron	Weight \bar{x} (Max-Min)		0	3.21 (5.57-1.07)	5	0.09 (0.49-0.01)	79	0.35 (0.70-0.15)	9	0.40 (2.14-0.01)	240
	Standard			39.98		17.83		32.00		28.23	
	Length \bar{x} (Max-Min)		0	(51.30-32.92)	3	(28.72-10.59)	21	(32.40-31.60)	2	(47.35-15.90)	66
	Total Length \bar{x} (Max-Min)		0	(52.07-39.64)	3	(21.38-13.00)	22	(40.50-39.40)	2	(33.49-18.30)	64

INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE LA PESCA ARTESANAL Y GARZAS (ARDEIDAE) EN LA ZONA DELTAICO ESTUARINA DEL RÍO SINÚ

Carlos Ruiz-Guerra^{1,2} y María Ángela Echeverry-Galvis²

1 Asociación para el Estudio y Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia -Calidris.

Carrera 24 No. 4-20 Piso 2. Cali, Colombia. cjrui@calidris.org.co

2 Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Rurales y Ambientales. Tran. 4 #42-00, piso 8 Bogotá Colombia. ma.echeverryg@javeriana.edu.co

Resumen

El estudio de las interacciones existentes entre organismos que conforman una red trófica aporta en el entendimiento del complejo funcionamiento de ecosistemas, lo cual puede servir para evaluar su comportamiento ante factores como la perturbación. Tal es el caso de los deltas y estuarios, de los cuales dependen comunidades humanas para subsistir y donde la biodiversidad puede verse afectada por factores como la sobreexplotación pesquera. De ahí que resulta necesario evaluar las diferentes interacciones entre el consumo humano y el consumo animal sobre un recurso en común. En la Zona Deltaico Estuarina del Río Sinú se analizaron las interacciones tróficas entre el recurso íctico aprovechado por la pesca artesanal y las presas capturadas por siete especies de garzas. Se realizaron tres redes anidadas con información primaria y de literatura, en las que se encontró que parámetros como la conectancia varían en relación a la cantidad de elementos incluidos. Se encontró que el orden Crocodilia y los pescadores artesanales presentaron la mayor conectividad y la generalidad, mientras que las más vulnerables resultaron ser los peces de las familias Engraulidae y Poecilidae. A través de este análisis fue posible establecer que aún no se presenta una situación conflictiva entre la pesca de línea de mano y las especies de garzas,

aunque las carnadas usadas por los pescadores en su mayoría son representantes de las familias Engraulidae y Poecilidae, recurso que hace parte de la dieta de estas aves piscívoras.

PALABRAS CLAVE: Aves, Caribe colombiano, carnada, manglar, pesca artesanal.

Abstract

Trophic interactions between artisanal fishery and wading birds (Ardeidae) in Delta Estuary of Sinu River. The research on interactions between species of a trophic network can contribute to understand the functioning of ecosystems facing perturbations such as deltas and estuaries of which human communities rely on and where several drivers such as overfishing can affect biodiversity. Therefore, it is necessary to study the interactions of humans and wildlife because of they use a shared limiting resource. We assessed the trophic interactions between fish used by artisanal fishery and preys eaten by seven wading bird species. We obtained three trophic networks using both primary and secondary information where connectance and vulnerability varied according to the amount of trophospecies included. We found fishermen and crocodiles showed the highest connectivity and generality whereas families Engraulidae and Poecilidae turned out to be the most vulnerable. With this analysis, we determined there is not yet a conflict situation between hook artisanal fishing and wading birds but the baits used by fishermen are Engraulidae and Poecilidae fishes that are also preys of those birds.

KEYWORDS: artisanal fishing, Birds, Colombia Caribbean coast, bait, mangrove.

Introducción

Las diferentes interacciones entre los diferentes componentes bióticos de ecosistemas acuáticos tales como las aves ictiófagas y la pesca artesanal han sido escasamente abordadas en

el Neotrópico, en parte por el desconocimiento sobre los requerimientos y dietas de las aves. Uno de los principales objetivos de la ecología es comprender los modelos y procesos de los ecosistemas, los cuales pueden albergar cientos o miles de especies (Yodzis & Winemiller, 1999). De ahí que una de las herramientas que permite describir de una manera simple la biodiversidad y las relaciones en los ecosistemas, es el análisis de redes tróficas, las cuales consisten en grupos de especies vinculadas a través de interacciones tróficas (Altena *et al.*, 2016). Una red trófica puede ser representada por una gráfica donde los vínculos muestran las interacciones tróficas y los nodos representan los actores de estas interacciones o taxones (Gauzens *et al.*, 2013). Comprender como estas interacciones tróficas afectan las dinámicas de la comunidad y el funcionamiento de un ecosistema es uno de los principales objetivos de la ecología (Gauzens *et al.*, 2013). De acuerdo con Dunne *et al.*, (2002), los métodos de análisis de redes tróficas pueden proporcionar representaciones complejas pero manejables de la biodiversidad, de las interacciones de las especies y de la función y estructura del ecosistema, a la vez que pueden contribuir a predecir la respuesta de los organismos ante las acciones del hombre. Los análisis de redes han sido ampliamente usados en estudios de interacciones ecológicas debido a que permiten obtener conclusiones acerca de la estructura, estabilidad y robustez de las interacciones ecológicas que involucran dos o más grupos de organismos (Montoya *et al.*, 2006; Hernández-Yáñez *et al.*, 2013).

Justamente, a escala global uno de los ecosistemas en los que una considerable cantidad de estudios se han llevado a cabo sobre las dinámicas de las redes tróficas son los estuarios (Vinagre & Costa,). Pese a que en Colombia, este tipo de análisis son escasos (*V.gr.*: Fernández & Angulo, 2000; Duarte & García, 2000, 2002 y 2004; Peña *et al.*, 2001; Criales-Hernández 2004, Torres-Sanabria 2009), uno de los estudios más destacados es el realizado por Bustos-Montes (2012) en el Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano, en el que describe como la pesca afecta la estructura del ecosistema. Cabe anotar que la sobreexplotación pesquera es cada vez más preocupante en Colombia y en especial en regiones como el Caribe colombiano (MADS y PNUD,

2014). De hecho, en esta región la zona deltaico estuarina del río Sinú (ZDERS), todas las poblaciones ícticas son sobreexplotadas debido al uso indiscriminado e ilegal de artes y aparejos de pesca, así como a las capturas por debajo de las tallas mínimas legales (Gutiérrez, 2011). El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR), ha desarrollado el Plan de Seguimiento y Monitoreo de la ZDERS desde noviembre de 2000 hasta 2016, el cual incluye el estudio de diferentes aspectos biológicos de manglares, aves, calidad de aguas, fitoplancton, comunidades ícticas y pesca artesanal (Ramos *et al.*, 2015), por lo cual se cuenta con información tanto del recurso íctico y su aprovechamiento por las comunidades humanas.

Según Gutiérrez (2011) el río Sinú posee descritas 148 especies de peces de las cuales se aprovechan comercialmente en alguna medida 39 especies, cifra que incluye 12 especies de hábitos marino-estuarinos y el resto dulceacuícolas (Lasso *et al.*, 2011). Debido a su bajo costo, la línea de mano es una de las artes más empleadas en la ZDERS, al compararla con otras artes de pesca utilizadas en la zona como las redes de enmalle, las artes de lance y las redes de arrastre que no requieren el uso de peces como carnadas (Sánchez-Páez *et al.*, 2005). A su vez, la ZDERS se destaca por albergar el bosque de mangle mejor conservado del Caribe colombiano (Sánchez-Páez *et al.*, 2005), por lo cual hace parte del Distrito de Manejo Integrado de Cispatá (CVS e INVEMAR, 2010) y ha sido también reconocida como un Área Importante para la Conservación de las Aves (AICA) (Franco y Bravo, 2005).

De acuerdo con Tasker *et al.*, (2000), se ha generado una creciente preocupación tanto por la conservación de las aves ictiófagas como por la sostenibilidad de los recursos pesqueros debido a la evidencia de efectos de la explotación pesquera en las poblaciones de las aves y viceversa. Sin embargo, la literatura relacionada con las interacciones entre aves y pesca es dispersa y contradictoria (Cowx, 2003). Según Borboen *et al.* (2013), la sobrepesca ha tenido impactos directos en las aves ictiófagas en diferentes sitios del mundo, evidenciado

principalmente en aves que dependen de peces de explotación comercial (Power *et al.*, 1995; Wootton, 1997), no obstante, la mayoría de las investigaciones sobre la relación entre la pesca y las aves ictiófagas han sido enfocadas en el impacto de las artes de pesca sobre las aves marinas, así como en estudiar el impacto de este grupo de aves en la acuicultura (Tasker *et al.*, 2000). Tales estudios muestran un marcado énfasis en las aves marinas y particularmente en representantes de la familia Phalacrocoracidae (cormoranes). En Colombia a excepción del estudio de Hennig (2001), sobre la relación entre la pesca y la dieta del cormorán Neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena), no se han llevado a cabo investigaciones que determinen si hay situación de conflicto entre lo que consumen las aves y la pesca artesanal. En este marco, los estuarios adquieren un papel importante como los del río Sinú, en donde es necesario determinar que interacciones existen en las cadenas socioecológicas basadas en interacciones tróficas, y así ahondar en el entendimiento de las dinámicas de las mismas (Vinagre y Costa, 2014).

Por consiguiente para evaluar la red de interacciones basadas en el recurso íctico consumido por las garzas, y que es aprovechado a su vez por un arte de pesca artesanal en la ZDERS, se realizó un análisis de redes que busca explorar las interacciones entre la dieta de las siete especies de garzas (Ardeidae), sus presas y la pesca artesanal de línea de mano. Se espera entonces responder si hay peces que son usadas tanto carnadas de pescadores como presas de las garzas, así como si existen diferencias en sus tallas y como varía la conectancia y vulnerabilidad tanto en redes simples como complejas de acuerdo con el número de taxones.

Área de estudio

La ZDERS está localizada entre 9°18' y 9°27' latitud norte y entre los 75°47' y 75°59' longitud oeste, en el departamento de Córdoba, Caribe colombiano (Figura 1). El régimen climático de la zona es moderadamente unimodal con un periodo seco que inicia a comienzos de

diciembre y se prolonga hasta marzo o abril, cuando las lluvias no sobrepasan los 50 mm al mes (IDEAM 1998). De esta manera, se puede diferenciar una época de lluvias entre agosto y diciembre y una época seca entre diciembre y abril (Barreto *et al.*, 1999).

La ZDERS cuenta con el 12,8 % (8600 ha) de las áreas de manglar del Caribe colombiano que abarca una extensión total de 27.808 ha (Villamil y Espinosa, 2008). Se encuentra bajo jurisdicción de los municipios de San Antero (36%), San Bernardo del Viento (46,2%) y Santa Cruz de Lorica (17,8%) (CVS e INVEMAR, 2010).

La composición de la ictiofauna de la ZDERS está definida por seis familias marino-costeras, Carangidae, Ariidae, Gerridae, Centropomidae, Mugilidae, Engraulidae y sobresalen las familias de ambientes dulceacuícolas Characidae, Curimatidae, Erythrinidae y Cichlidae, una familia reofílica, Prochilodontidae y otra diádroma, Megalopidae (Torres 2010). En cuanto a la avifauna de la ZDERS, cabe anotar que está constituida por 330 especies, de las cuales 112 son acuáticas, grupo que incluye a los representantes de la familia Ardeidae, especies que se caracterizan por ser principalmente ictiófagas que utilizan el bosque de mangle para buscar alimento, reproducirse y descansar (Estela & López-Victoria, 2005, Ruiz-Guerra en prep.)

Materiales y métodos

Entre octubre y diciembre de 2015, periodo que corresponde a la época de aguas altas en la ZDERS, se visitaron siete sitios de pesca Caño Navío (9° 23' 50'' N 75° 51' 09'' W), Caño Mocho (9°24'56.36"N 75°48'10.93" W), Ciénaga Garzal (9° 23' 43" N 75° 52' 09" W), Ciénaga Coroza (9° 23' 03'' N 75° 53' 35'' W), Caño Guerrero (9° 23' 41.4" N 75° 48' 6.81" W), Playa Blanca (9° 24'4,28" N 75° 46'17.8" W) y Ciénaga Remediapobres (9° 20' 50.5" N 75° 50'49.5" W), donde se contactaron pescadores que emplearan el arte de pesca de línea de mano para establecer que

carnadas utilizaban. En cada una de las visitas de campo se realizaron recorridos para ubicar pescadores en zonas aledañas a islas de mangle, caños y ciénagas que fueran usadas por garzas tanto para descanso nocturno como área de anidación; se invirtió en promedio cinco horas por cada recorrido para un total de 35 horas. En las cuales se ubicaron solo pescadores que se encontraran en faenas con arte de pesca línea de mano, que consiste en la extracción selectiva de peces con cuerdas de diferentes grosores y generalmente de plástico, provista de anzuelos, también de diferentes tamaños, cuyo atrayente es una carnada que puede ser un pez o camarón (Sánchez-Páez *et al.* 2005). Según estos mismos autores, los pescadores que utilizan este arte salen en canoas, solos o en parejas, desde Caño Lobo (9°23'15.9"N 75°48'06.3"W) y la bahía de Cispatá, en jornadas que inician a las 07:00 y finalizan a las 14:00 y realizan sus faenas a lo largo de los bordes de los caños y ciénagas. De acuerdo con lo mencionado previamente, los recorridos se llevaron a cabo entre las 07:00 y 11:00 los siete sitios de pesca para obtener un encuentro directo con pescadores de línea de mano, En cada encuentro con un pescador con línea de mano, se le indagó si contaba con carnadas, de esta manera, si la respuesta era afirmativa se le pedía proporcionar al menos una dos de sus carnadas, a las que se le midió longitud total y longitud estándar con un calibrador (precisión 0,02 mm) y el peso entero de cada individuo en gramos con una balanza con precisión de una décima (0,1). Debido a procesos penales, algunos de los pescadores de la zona son muy desconfiados con procesos e investigación y no permiten acceso sus carnadas o información de manera fácil, por lo cual dentro del encuentro y a partir de una entrevista abierta se solicitó información sobre la identificación de los peces usados como carnadas, se buscó poder fotografiarlos para ser posteriormente identificadas. Se procuró que la medición de las carnadas no superara los cinco minutos para no interrumpir considerablemente las faenas de pesca y cada carnada fue devuelta al pescador. También se tomó información sobre los peces que habían sido capturadas con la carnada pero no se midieron.

En cuanto a las presas consumidas por las garzas, estas fueron obtenidas a partir de capturas de polluelos y adultos de las especies garza colorada (*Agamia agami*), garza cucharón (*Cochlearius cochlearius*), garzón azul (*Ardea cocoi*), vaco mejicano (*Tigrisoma mexicanum*), garza patiamarilla (*Egretta thula*), garza azul (*Egretta caerulea*) y garza tricolor (*Egretta tricolor*) (Ruiz-Guerra y Echeverry-Galvis en prep.). Las capturas de las garzas fueron realizadas en las mismas fechas y lugares donde se llevó a cabo este estudio para la construcción de la red trófica. Para establecer si había diferencias significativas entre la longitud y el peso de los peces compartidos por pescadores y garzas, se llevó a cabo un análisis de varianza.

Se empleó el modelo de nicho de Williams y Martínez (2000) para designar vínculos tróficos en una red trófica que incluye garzas, peces y pescadores artesanales. Este modelo de nicho es un algoritmo con dos parámetros de entrada: riqueza de especie (S) y conectancia ($C=L/S^2$, donde L es igual al número de vínculos tróficos). Se utilizó el programa de acceso libre Network 3D (Yoon *et al.*, 2004; Williams, 2010) para visualizar y calcular los siguientes parámetros de red: (1) vínculos por especie, (2) conectancia, (3) desviación estándar de la generalidad que indica el número de presas de cada taxón (4) desviación estándar de la vulnerabilidad, el cual representa el número de depredadores de cada taxa y (5) desviación estándar del vínculo, que estima los vínculos por cada taxon (Lazzaro *et al.*, 2009). Esta red trófica inicial fue complementada con información publicada sobre pesca artesanal de la ZDERS incluida en Torres (2010), Lasso *et al.* (2011) y Bustos (2012), que permitió la asignación de vínculos tróficos entre más taxones.

Se construyeron tres redes: una red simple con la inclusión de carnadas y garzas, denominada de ahora en adelante “red simple”; una red básica con la información de carnadas, garzas y que incluye al pescador con su arte de pesca de línea de mano, además de otra carnada

correspondiente a la lisa (*Mugilidae*) y que se denominará “red básica”. Por último, una red que incluye aparte de los elementos anteriores, información proveniente de estudios sobre dieta de invertebrados, peces y otros vertebrados realizados principalmente en la ZDERS o localidades cercanas como la Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena) y Cartagena (Bolívar). De esta manera, la lista de peces de la ZDERS fue tomada de Torres (2010), la cual se utilizó como referencia para red adicional que se denominó “red complementada”. La información sobre las diferentes interacciones tróficas provino de Arenas-Granados y Acero (1992), Peterson y Winemiller (1997), Froese y Pauly (1999), Duarte y García (1999), Cortés y Criales (1999), Criales-Hernández (2003), Duque y Acero (2003), Torres *et al.* (2004), Randall (2004), Atencio-García *et al.* (2005), Banquett-Cano *et al.* (2005), Olaya-Nieto *et al.* (2009), Morales y Quiroga (2009), Zandona *et al.* (2011), Lasso *et al.* (2011), Olaya-Nieto *et al.* (2012), Taylor (2012), Cogua *et al.* (2013), Gámez *et al.* (2014) y Olaya-Nieto *et al.* (2015).

Resultados

En la ciénaga Coroza y la ciénaga Garzal en los que se tuvo un encuentro con uno y dos pescadores respectivamente. En Caño Mocho donde se obtuvo información de cuatro encuentros con pescadores y en Remediapobres donde se obtuvieron doce encuentros; en los tres sitios restantes se pudo tener cinco encuentros con pescadores, para un total de información obtenida a partir de 32 pescadores con carnada.

Los peces capturados para carnadas por los pescadores artesanales presentaron en promedio 101,16 mm de longitud total (55,00 mm - 163,91 mm), una longitud estándar promedio de 83,87 mm (40,18 mm - 154,72 mm) y un peso promedio de 24,17 g (1 g - 58,00 g). Las carnadas

correspondieron tanto a peces de la familia Clupeidae, Eleotridae, Engraulidae, Mugilidae y Poecilidae como a camarones pertenecientes a la familia Penaeidae (). Las especies que los pescadores capturaron con tales carnadas fueron principalmente sábalo (*Tarpon atlanticus*), róballo (*Centropomus undecimalis*), pargo (*Lutjanus* sp.), chivo mapalé (*Cathorops mapale*), barbul (*Bagre* sp.) y picúa (*Sphryaena* sp.).

De los 61 grupos de carnadas utilizadas por los 32 pescadores, el 45,9% correspondió a Engraulidae, el 29,5% a Eleotridae, 19,7% a Poecilidae, 3,3% a Clupeidae, 3,3% a Penaeidae y 1,6% a Mugilidae. En cuanto a las garzas se encontró que de las 698 presas obtenidas, el 73% correspondió a representantes de la familia Poecilidae, el 13% al orden Malacostraca, el 6% a la familia Eleotridae, el 5% a la familia Rivulidae, el 1% a la familia Engraulidae, el 1% al orden Decapoda, 0,43 % al orden Araneae, 0,43% al orden Odonata y 1% a peces no identificables. Con esta información se construyó la red simple en la que se incluyeron los peces capturados por los pescadores y las presas consumidas por las garzas. Se encontró que representantes de las familias Poecilidae, Eleotridae, Rivulidae y Engraulidae son tanto presas de garzas como carnadas de pescadores, de modo que al examinar la longitud total, estándar y el peso de tales peces, se encontró que había diferencias significativas de la longitud total (248 peces ANOVA; $F= 426,50$, $df =1$ $P=0,001$), estándar (255 peces ANOVA; $F=444,21$ $df =1$ $P=0,001$) y peso (625 peces ANOVA; $F=519,06$ $df =1$ $P=0,001$) (Figura 2).

De acuerdo con los resultados del análisis de red, en la red simple los nodos con mayor generalidad correspondieron a dos aves la garza tricolor (*E. tricolor*) y la garza patiamarilla (*E. thula*), mientras que representantes de peces de las familias Poecilidae y Engraulidae presentaron la mayor vulnerabilidad (Figura 3, Tabla 1). Los poecilidos y las dos garzas mencionadas también presentaron la máxima conectividad. En cuanto a la red básica, (Figura 3, Tabla 1), se encontró

que el pescador presentó la generalidad y conectividad más alta; y nuevamente las familias de peces Poeciliidae y Engraulidae presentaron la más alta vulnerabilidad. La red complementada incluyó 63 taxones de los cuales el orden Crocodilia y los pescadores presentaron la mayor generalidad y conectividad mientras que los detritos y los insectos mostraron la mayor vulnerabilidad (Figura 3, Tabla 1 y Tabla 2).

Discusión

Con base a los datos colectados en campo, se diseñaron tres redes tróficas con diferente grado de complejidad. Se observaron que algunos de los parámetros contemplados para la comparación y caracterización de estas redes presentaron variaciones, mientras que otros no se modificaron. De las tres redes elaboradas, la que presentó mayor conectancia fue la complementada con un valor de 0,09 seguida por las otras dos redes con igual valor de conectancia de 0,06. De acuerdo con Dunne y Williams (2009), los valores de este parámetro oscilan entre 0,03 y 0,3, de menor a mayor conectancia, lo que reflejaría una baja tasa de uniones tróficas posibles en las tres redes elaboradas. Andramunio-Acero y Caraballo (2012) describieron una red trófica de 22 especies en un lago de inundación de la Amazonía colombiana en aguas bajas, en la que excluyeron a los pescadores artesanales y donde encontraron una conectancia de 0,08 que atribuyen a la inestabilidad del sistema lagunar debido a la variación en el nivel de agua propio de estos planos inundables. Probablemente, la inestabilidad o falta de constancia en los parámetros evaluados por los autores que trabajaron en el lago amazónico pueda compararse con la ZDERS donde la época de aguas altas ocurre entre agosto y noviembre (Barreto *et al.*, 1999), periodo en el que la presente investigación se llevó a cabo.

Los camarones y peces de cinco familias corresponden a las carnadas usadas en la línea de mano en la ZDERS, las cuales permiten la captura de al menos otras cinco especies de peces.

Precisamente una de las carnadas más usadas son los representantes de la familia Engraulidae, mientras que miembros de la familia Poeciliidae fueron las presas más frecuentemente encontradas en regurgitados de garzas (Ruiz-Guerra y Echeverry-Galvis en prep.), por lo cual al elaborar la red simple que incluye garzas, ítems de la dieta de tales taxones y carnadas, se encontró que justamente las familias Engraulidae y Poeciliidae presentaron la mayor vulnerabilidad, lo cual fue también observado en la red básica. La conectancia y la generalidad fueron proporcionales al número de taxones, caso contrario a la vulnerabilidad, que fue inversamente proporcional al número de taxones. En cuanto a la vulnerabilidad de los poecílicos y engráulidos en las tres redes, se encontró que estos peces resultaron ser únicamente los más vulnerables en la red básica y la red simple pues en la red complementada, los más vulnerables fueron los detritos y los insectos. May (1972, 1973), en su análisis para demostrar que un aumento en la complejidad de las redes, descrita en términos de conectancia, precisó que el número de especies e interacciones no necesariamente conlleva a un incremento de la estabilidad de las redes tróficas. Algunos autores han encontrado una relación positiva entre conectancia y estabilidad (De Angelis, 1975; Haydon, 2000; Dunne *et al.*, 2002), otros han evidenciado una relación negativa (Gardner y Ashby, 1970; May, 1972; Pimm, 1979; Chen y Cohen, 2001), mientras que otros estudios no han encontrado ninguna relación (van Altena, 2016). No obstante, en el presente estudio se ha relacionado la conectancia con la estabilidad de las redes elaboradas, debido a que las tres redes se diferencian en complejidad, lo cual coincide con MacArthur (1955) quien considera que la complejidad produce estabilidad.

En lo que respecta a los taxones vulnerables, cabe anotar que los peces que son presas de las garzas y también son usados como carnadas por pescadores de línea de mano, son representantes de las familias Poeciliidae, Eleotridae y Rivulidae, los cuales se caracterizan por estar presentes en sitios con condiciones de baja calidad de agua que impiden el establecimiento de otras especies de peces (Taylor, 2012). Este grupo de peces son considerados larvívoros de características neotónicas y se encuentran cerca de la superficie del agua por lo tanto, tales peces

pueden ser capturadas con relativa facilidad por los pescadores con canastos que sumergen en aguas someras dentro del manglar de la ZDERS (Ruiz-Guerra, obs. pers.). Probablemente, la facilidad de captura, la capacidad de mantenerlos vivos por horas o días con agua escasa dentro de su embarcación y el tamaño de los individuos son características que hacen de *Poecilia* spp., *Gambusia* spp., *Kryptolebias* spp. y *Dormitator* spp., las carnadas más empleadas en la ZDERS por el arte de línea de mano, sumado a que su importancia comercial es nula u ocasional cuando los pescadores las venden entre sí como carnada (Ruiz-Guerra, obs. pers.). Para las garzas tricolor (*E. tricolor*) y patiamarilla (*E. thula*), este grupo de peces fueron la presa más frecuentemente encontrada en regurgitados (Ruiz-Guerra y Echeverry-Galvis en prep.), lo cual puede guardar relación con una alta disponibilidad del recurso en la época de aguas altas en que se realizó este estudio. Cabe anotar también que el recurso compartido encontrado en esta investigación entre garzas y pescadores artesanales no es vulnerable de acuerdo con la red complementada analizada, la cual puede considerarse más estable que las redes básica y simple, si se tiene en cuenta la conectancia de las mismas.

En cuanto a las carnadas usadas en toda la región Caribe colombiana, García (2010) encontró un incremento en el número de especies que usaba el pescador como carnada entre 1997 y 2007, pasando de 48 a 57 especies, entre las que señala en orden descendente según el número relativo de menciones por parte de pescadores en entrevistas, a representantes de las familias Clupeidae, Elopidae, Mugilidae, Penaeidae y Engraulidae. Precisamente, el recurso Engraulidae, al cual pertenecen los géneros *Anchoa* sp. y *Anchovia* sp., son carnadas empleadas tanto en el arte de línea de mano como en el arte de nasa diseñado para capturar jaibas (Portunidae) en la ZDERS (Torres, 2010), donde tales géneros de peces cuentan con una baja importancia económica reconocida (Gutiérrez, 2011). Cabe anotar además que tales engraulidos presentaron una alta vulnerabilidad en las redes básica y simple, al ser las carnadas más empleadas por los pescadores durante el estudio. Mientras que representantes de la familia Poeciliidae presentaron un mayor porcentaje de presencia en la dieta de las garzas al compararlos con miembros de la familia

Engraulidae. En conclusión, al considerar que los representantes de las familias Poecilidae, Eleotridae, Rivulidae y Engraulidae son los principales recursos compartidos por garzas y pescadores artesanales, es necesario resaltar que la carnada es importante en la dinámica pesquera del Caribe colombiano, al ser empleada por la mayoría de los pescadores (García 2010). No obstante, según este mismo autor, tradicionalmente la carnada no es tomada en cuenta en modelos ecotróficos de la región caribe, es por ello que a partir de este estudio, se proponen las carnadas como objeto para incluir en la evaluación del estado del recurso íctico e hidrobiológico en la ZDERS.

Algunos interrogantes surgen relacionados con el tipo de presas consumidas por el grupo de garzas evaluados en la ZDERS, pues como se ha mencionado los representantes de las familias Poecilidae, Eleotridae y Rivulidae pueden encontrarse en sitios con baja calidad de aguas, por lo cual es importante considerar que la red encontrada en la ZDERS, puede ser una red que ya está afectada por condiciones de calidad de agua, como factor abiótico determinante. Se requieren estudios específicamente sobre preferencias alimenticias de estas garzas para establecer si el consumo de estas presas obedece particularmente a una disminución en la oferta de otros recursos para estas aves, dado que Gutiérrez (2011) señala que en la ZDERS, el recurso íctico ha sido afectado negativamente por el taponamiento de los caños que impide la migración de los peces, el envenenamiento de las aguas para facilitar la captura, la sobrepesca y la utilización indebida de artes y métodos de pesca. Así mismo, Gutiérrez (2011) señala otros factores como el vertimiento de aguas residuales, el excesivo uso de agroquímicos y el aumento de la frontera agrícola que trae como consecuencia la desecación de las ciénagas, los cuales pueden modificar las interacciones estudiadas en este trabajo.

Desde la perspectiva de las especies de garzas que fueron objeto de estudio, es relevante recordar que el vaco mejicano (*T. mexicanum*), la garza colorada (*A. agami*), la garza cucharón (*C. cochlearius*), el garzón azul (*A. cocoi*) y la garcita patiamarilla (*E. thula*) se encontraban en

época reproductiva. Por lo tanto, dentro del ciclo de vida es importante tener en mente las variaciones en dieta respecto a los requerimientos de cada evento (V.gr.: Lehtikoinen *et al.*, 2010; Maas *et al.*, 2013; Wolf *et al.*, 2015) y definir si en otros momentos del año los vínculos varían en composición o intensidad (Andramunio-Acero y Caraballo, 2012). Así mismo, especies como la garza tricolor (*E. tricolor*) y la garza patiamarilla (*E. thula*) cuentan con poblaciones migratorias y residentes durante la época de aguas altas que pueden tener o no una preferencia por un tipo determinado de presa o tallas.

Las redes tróficas estuarinas generalmente dependen de altos niveles de producción primaria, que están relacionados con una cadena de alimentos de detritos que a menudo soportan complejas redes tróficas (Vinagre y Costa, 2014). En el caso de la ZDERS, el manglar podría cumplir esta función. De acuerdo con Margalef (1983), los estuarios presentan una zonación o distribución diferencial de especies desde las áreas de contacto con el mar hasta los tramos de agua dulce, por lo cual las especies de peces diádromas y marinas se pueden encontrar cerca al mar, seguidas por aquellas de tolerancia eurihalina y finalmente las dulceacuícolas estrictas, dando lugar a una heterogeneidad en términos de salinidad, temperatura profundidad y sustrato, variables que definen la distribución de los organismos (Vinagre y Costa, 2014), y así mismo, limitan sus posibles interacciones y participación en determinadas redes. Debido a que las redes reflejan el estado de las relaciones de un grupo de especies en un momento dado (Wey *et al.*, 2008), Ramírez *et al.* (2010), proponen cautela al analizar redes tróficas, teniendo en cuenta el espacio que puede limitar las interacciones o vínculos de una red, al igual que el tiempo. En este sentido futuros estudios en la ZDERS, pueden desarrollar redes de acuerdo con variables abióticas tales como la salinidad, la temperatura y la profundidad para entender si es que la estructura y propiedades de la red trófica cambian a lo largo de gradientes en el estuario (Vinagre y Costa, 2014).

Los modelos de redes tróficas han sido criticados por parecer incompletos al no representar todas las especies y vínculos y por ignorar en ocasiones la variabilidad espacial y temporal (Ruiter *et al.*, 2005). Dichas limitaciones se encontraron en la construcción de las redes tróficas de la ZDERS principalmente en el hecho de que los modelos se construyeron con información de una época climática y dado a la naturaleza misma de la información de la dieta de especies involucradas (fuera de primera mano o por revisión de literatura complementaria); por lo cual es importante considerar estudios en otras épocas climáticas donde las dietas y requerimientos de los organismos pueden variar, alterando los vínculos por la mayor o menos accesibilidad, entre otros factores. Es clara la necesidad de realizar estudios sobre la dieta de otras especies de la ZDERS, como los mamíferos acuáticos que no pudieron ser incluidos en los análisis por falta de información, como por ejemplo la zorra manglera (*Procyon cancrivorus*) y la nutria de río (*Lontra longicaudis*) que fueron observados con frecuencia en el área de estudio, así como otros menos abundantes como el manatí antillano (*Trichechus manatus*), el delfín gris (*Sotalia fluviatilis*) y el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*).

Dentro de las aves piscívoras, las garzas son uno de los grupos más abundantes en la ZDERS (Ruiz-Guerra, en prep.) y por ello fueron seleccionadas siete especies de este grupo en esta investigación, pero sería provechoso conocer más profundamente aspectos de la dieta de otras aves ictiófagas abundantes en la zona como el cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*), el pelícano común (*Pelecanus occidentalis*), gaviotines y gaviotas (Laridae) como el gaviotín real (*Thalasseus maximus*) y el gaviotín picudo (*Phaetusa simplex*), martines pescadores (Alcedinidae) como el martín pescador mayor (*Megaceryle torquata*), entre otros grupos de aves asociadas al manglar de la ZDERS (Ruiz-Guerra, en prep.) cuyas interacciones permitirían tener un panorama más ajustado a las condiciones del área de estudio y localidades similares.

Con base en estos resultados, no se encontró una alta probabilidad de competencia por recursos ícticos de la ZDERS entre garzas y la pesca artesanal de línea de mano, al considerar que

los pescadores capturan peces para carnadas de mayor tamaño que las garzas, no obstante, es importante resaltar la necesidad de estudios posteriores que evalúen otros artes de pesca, otras épocas climáticas y condiciones abióticas, así como algunas de las consideraciones anteriormente expuestas, que contribuyan a un mayor conocimiento de las diferentes redes tróficas propias de este estuario. Así mismo, aunque el análisis realizado no evidencia una situación conflictiva entre garzas y pesca artesanal no dejan de ser preocupante los posibles efectos negativos del deterioro ambiental y la sobreexplotación pesquera en la biodiversidad de la ZDERS.

Agradecimientos

Se agradece a INVEMAR y a la empresa Urrá S.A. por permitir llevar a cabo esta investigación en la ZDERS, en especial a Lina Ramos y William Zubiría. Gracias al apoyo de la Asociación Calidris, especialmente a Diana Eusse y a Fernando Castillo. Muchas gracias a Yanira Cifuentes-Sarmiento, Robin Correa, Remberto de la Rosa, Lorena Cabeza, Diana Orozco y Camila Cifuentes por su apoyo incondicional y por toda la colaboración en campo. De igual forma se agradece a Felipe Estela y a Nicolás Urbina por sus valiosos comentarios. Finalmente los autores expresan su gratitud a los revisores y a los editores de este Boletín que contribuyeron con sus sugerencias a mejorar la calidad del artículo.

Bibliografía

- Agudelo, E., Ajiaco, R.E., Álvarez, L.E., Barreto, C.G., Borda, C.A., Bustamante, C.C., Caldas, J.P., De la Hoz, J., Diazgranados, M.C., Melo, G., Perucho, E., Puentes, V., Ramírez, A., Ramírez, A., Rueda, M., Salinas, J.C. y L.A. Zapata. 2011. Protocolo de captura de información pesquera, biológica y socio-económica en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de Pesca y Acuicultura - Subgerencia de Pesca y Acuicultura INCODER - Conservación Internacional. 80
- Andramunio-Acero, C. y P. Caraballo. 2012. Análisis de las relaciones tróficas en un lago de inundación de la Amazonia Colombiana. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 4(1):102-120
- Arenas-Granados, P. y A. Acero. 1992. Organización trófica de las mojarra (Pisces: Gerreidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano). *Rev. Biol. Trop.*, 40(3): 287-302
- Atencio-García, V.J., Kerguelén-Durango, E., Cura Dorado, E., Rosado Carcamo, R., Vallejo, A., M. Valderrama. 2005. Régimen alimentario de siete especies ícticas en el embalse de la Hidroeléctrica Urrá (Córdoba, Colombia). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

- Departamento de Ciencias Acuícolas. Centro de Investigación MVZ-Córdoba 2005; 10:(2), 614-622. *Dahlia-Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.* (2005) 8: 79-88
- Banquett-Cano, C., G. A. Juris-Torregrosa, C.W. Olaya-Nieto, F. F. Segura-Guevara, S. B. Bru-Cordero y G. Tordecilla-Petro. 2005. Hábitos alimenticios del moncholo, *Hoplias malabaricus* (Pisces: Erythrinidae), en la Ciénaga Grande De Lorica, Sistema Rio Sinú, Colombia
- Barreto, G. M., Barrera, O. R., Benavides, Q. J. Cardozo, G. E. Hernández, H. M. Marín, E. L. Posada, P. B., Salvaterra, C., Sierra, C. P. y A. Villa. 1999. Diagnóstico Ambiental del Golfo de Morrosquillo (Punta Rada-Tolú). Una aplicación de sensores remotos y SIG como contribución al manejo de zonas costeras. Curso AGS-6 (noviembre 25 de 1998 –julio 23 de 1999). ITC.
- Barreto, C. y C. Borda. 2008. Evaluación de recursos pesqueros colombianos. Instituto Colombiano Agropecuario- ICA. Subgerencia de Pesca y Acuicultura. Bogotá D. C. Colombia. 131 pp.
- Borboen, M., Liston, S., Lorenz, J., Korosy, M., Wraithmell, J. y A. Poday. 2013. Fins and Feathers: Why Small Fish are a Big Deal for Florida's Coastal Birds. Report to the Pew Charitable Trusts. Audubon Florida, Tallahassee FL.
- Bustos, D. 2012. Modelación trófica del golfo de Morrosquillo: aporte para un manejo pesquero. Presentada como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ciencias en Biología. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias y Centro de estudios en Ciencias del Mar. Santa Marta, D.T.C.H., Colombia
- Chen, X. I. N., y J. E. Cohen. 2001. Global stability, local stability and permanence in model food webs. *Journal of Theoretical Biology*, 212(2), 223-235.
- Cogua, P., M. F. Jiménez-Reyes y G. Duque 2013. Nota: relaciones tróficas de cinco especies de peces de interés comercial en la Bahía de Cartagena, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 42 (1) ISSN 0122-9761 Santa Marta, Colombia
- Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y del San Jorge – CVS e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR. (2010). Plan integral de manejo del Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de Cispatá - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños del

delta estuarino del río Sinú, departamento de Córdoba. Editores: Rojas, G. X y P. Sierra-Correa.
Serie de Publicaciones Especiales No. 18 de INVEMAR. Santa Marta. 141 p.

- Cortés, M.L. y M.M. Criales. 1990. Analysis of the stomach contents of the shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). An. Inst. Inv. Mar. Punta Betin, 19-20: 23-33
- Cowx I. G. 2003. Interactions between fish and birds: Implications for Management. Blackwell Science Ltd.
- Criales-Hernández, M.I. 2004. Flujos de energía en el ecosistema de surgencia tropical en la Península de la Guajira, Caribe colombiano. Tesis (Magister en Ciencias). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. 88p.
- De Angelis, D. L. 1975. Stability and connectance in food web models. Ecology, 238-243.
- Duarte, L. O. y C. B. García. 1999. Diet of the Mutton Snapper *Lutjanus analis* (Cuvier) from the gulf of Salamanca, Colombia, Caribbean Sea. Bulletin of Marine Science, 65(2): 453–465
- Duarte, L. O., y C. B. García. 2000. Modelo trófico preliminar de un sistema costero tropical. Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. En: Resúmenes del XX Congreso en Ciencias del Mar. Concepción. Sociedad chilena de ciencias del Mar, Universidad Católica de Santísima Concepción.
- Duarte, L. O., y C. B. García. 2002. Testing responses of a tropical shelf ecosystem to fisheries management strategies: A small -Scale fishery from the Colombian Caribbean Sea. Sea Fisheries Centre Research Reports 10 (2): 142 – 150.
- Duarte, L. O., y C. B. García. 2004. Trophic role of small pelagic fishes in a tropical upwelling ecosystem. Ecological Modelling 172:323 – 338.
- Dunne, J., A., Williams, R. J. y N. Martínez. 2002. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. Ecology Letters 5: 558-567.
- Dunne J. A y R. J. Williams. 2009. Cascading extinctions and community collapse in model food webs. Phil. Trans. R. Soc. B (2009) 364, 1711–1723

- Duque, G. y A. Acero P. 2003. Feeding Selectivity of *Anchovia clupeioides* (Pisces: Engraulidae) in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Gulf and Caribbean Research* 15 (1): 21-26.
- Fernández, C y J. A. Angulo. 2000. Contribution to the study of trophic interrelationships within the southern subarea of the Colombian Pacific neritic region. Northeastern South America. Disponible en (<http://www.ecopath.org>).
- Franco, A.M. y G. Bravo. 2005. Áreas importantes para la conservación de las aves en Colombia. 142-143. En: BirdLife y Conservación Internacional (Eds.). Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Serie de Conservación de BirdLife No. 14, BirdLife International, Quito. 769 p.
- Froese, R. y D. Pauly, Eds. 1999. FishBase 99: conceptos, estructura y fuentes de datos. ICLARM, Manila, Filipinas. 322p.
- Gómez Barrera, D., E. Morón Granados y J. Fuentes Reines. 2014. Descripción del hábito alimentario de doce especies de peces asociados a la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* • Vol. 43 (1) •
- García, C. 2010. Conocimiento tradicional: lo que los pescadores artesanales del Caribe colombiano tienen para decirnos. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(1): 78-90
- Gardner, M. R., y W. R. Ashby. 1970. Connectance of large dynamic (cybernetic) systems: critical values for stability. *Nature*, 228, 784.
- Gauzens, B., Legendre, S. Lazzaro, X. y G. Lacroix. 2013. Food-web aggregation, methodological and functional issues. *Oikos* 122 (11):1606-1615.
- Gutiérrez, F. 2011. Diagnóstico de la pesquería en las cuencas del Sinú y Canalete. P. 75-100. En: Lasso, C. A., F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Editores). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

- Haydon, D. T. 2000. Maximally stable model ecosystems can be highly connected. *Ecology*, 81(9), 2631-2636.
- Hennig, V. 2001. Die Ciénaga Grande de Santa Marta - Naturschutz - probleme eines RAMSAR Schutzgebietes in Kolumbien. *Seevögel (Zeit. Ver. Jord.)* 22: 7-12.
- Hernández-Yáñez, H, N. Lara-Rodríguez, C., Díaz-Castelazo, W. Dáttilo y V. Rico-Gray. 2013. Understanding the Complex Structure of a Plant-Floral Visitor Network from Different Perspectives in Coastal Veracruz, Mexico. *Sociobiology* 60 (3): 329-336.
- Lasso, C. A., Gutiérrez, F. de P., Morales-Betancourt, M. A., Agudelo, E. Ramírez –Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez (Editores). 2011. II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 304 pp.
- Lazzaro, X., Lacroix, G., Gauzens, B., Gignoux, J., y S. Legendre. 2009. Predator foraging behaviour drives food-web topological structure. *Journal of Animal Ecology*, 78(6): 1307-1317.
- Lehikoinen, A., Ranta, E., Pietiäinen, H., Byholm, P., Saurola, P., Valkama, J., Huitu, O., Henttonen, H. y E. Korpimäki. 2010. The impact of climate and cyclic food abundance on the timing of breeding and brood size in four boreal owl species. *Oecologia*, 1–7.
- Maas, B., Clough, Y. y T. Tschardtke. 2013. Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes (ed F Courchamp). *Ecology Letters*, 16, 1480–1487.
- MacArthur, R. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *ecology*, 36(3), 533-536.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega S.A. Barcelona, 1010 p.
- May, R.M. 1972. Will a large complex system be stable? *Nature* 238: 413–414
- May R.M. 1973. *Stability and complexity in model ecosystems*, 2nd edn. Princeton University Press, Princeton

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. 2014. Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., Colombia. 101 p.
- Montoya, J. M., Pimm, S. L., y R. V. Solé. 2006. Ecological networks and their fragility. *Nature*, 442(7100): 259-264.
- Morales, M. M y J. E. Quiroga. 2009. Hábitos alimenticios del Guabino (*Gobiomorus dormitor* Lacèpede, 1800) en el río Sinú, Colombia. Trabajo de grado. Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Lórica, Colombia.
- Olaya-Nieto, C. P. Soto-Fernández, Acuicult, y J. Barrera-Chica. 2009. Hábitos alimentarios de la mayupa (*Sternopygus macrurus* Bloch y Schneider, 1801) en el Río Sinú, Colombia. *Rev.MVZ Córdoba* 14(3):1787-1795.
- Olaya-Nieto, C. W., L. Pacheco-Orozco y J. Ochoa-Arteaga. 2012. Ecología trófica del Liso (*Rhamdia quelen* Quoy y Gaimard, 1824) en el río Sinú, Colombia *Rev.MVZ Córdoba* 17(3):3217-3223.
- Olaya-Nieto C., F. Segura-Guevara, A. Vergara-Paternina. 2015. Crecimiento y mortalidad de la Cachana (*Cynopotamus atratoensis*) en la ciénaga Grande de Lórica, Colombia *Rev.MVZ Córdoba* 20(Supl):5028-5036
- Peña J. R., J. R. Cantera y C. Orozco. 2001 Relaciones tróficas en el estuario del río Dagua. Costa Pacifica colombiana. XI Congreso Latinoamericano de Ciencias de Mar. 2001. Sesión Sistemas estuarinos, lagunas costeras y áreas protegidas: 471. San Andrés – Colombia.
- Peterson, C.C. y K. O. Winemiller. 1997. Ontogenic diet shifts and scale-eating in *Roeboides dayi*, a Neotropical characid. *Environmental Biology of Fishes* 49: 111–118, 1997. Ó 1997 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Pimm, S. L. 1979. The structure of food webs. *Theoretical Population Biology*, 16(2), 144-158.
- Power, M. E., Dudley, T. L. y S. D. Cooper. 1989. Grazing catfish, fishing birds, and attached algae in a Panamanian stream. *Environmental Biology of Fishes* 26: 285-294.

- Ramírez, D.; Abarca, L.; Valero-Pacheco, E. y C. Macswiney. 2010. Redes tróficas, una herramienta de estudios ecosistémicos. *Aleph Zero* 57: 32-43.
- Ramos, L., C.H. Giraldo, J. Beltrán, F. Herrera, C. Ruiz-Guerra y J. Bolaño. 2015. Plan de Seguimiento y Monitoreo de la Zona Deltaico Estuarina del Río Sinú (noviembre 2000 - diciembre 2015). INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Final, Fase XVII, para la empresa URRÁ S.A. E.S.P., Santa Marta.
- Randall, J.E. 2004. Food Habits of Reef Fishes of the West Indies. Hawaii Institute of Marine Biology. Bernice P. Bishop Museum, Honolulu. Converted to digital format by Thomas F. Barry (NOAA/RSMAS).
- Ruiter, P., V. Wolters, J. C. Moore y K.O. Winemiller. 2005. Food web ecology: playing jenga and beyond. *Science*, p. 68 Vol. 39.
- Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G., Tavera-Escobar, H. y W. Gil-Torres. 2005. Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible sector estuarino de la bahía de Cispatá departamento de córdoba. OIMT.CVS.CONIF. Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Bogotá D. C.
- Tasker, M. L., Camphuysen, C. J., Cooper, J., Garthe, S., Montevecchi, W. A. y S. J. M. Blaber. 2000. The impacts of fishing on marine birds— *ICES Journal of Marine Science*, 57: 531–547.
- Taylor, S. 2012. Twenty-Four Years in the Mud: What have we learned about the natural history and ecology of the Mangrove Rivulus, *Kryptolebias marmoratus*? *Integrative and Comparative Biology Integrative and Comparative Biology*, pp. 1–13 doi:10.1093/icb/ics062
- Torres, L., A. Acero y A. Santos: Ecología trófica de la Carrura *Bairdiella ronchus* (Pisces: Sciaenidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 28 (109): 529-534, 2004.
- Torres-Sanabria, C. 2009. Los balances tróficos y los desequilibrios económicos: aproximación a los lagos amazónicos colombianos. Bogotá, Colombia, *Ambiente y Desarrollo: volumen XIII* No. 25, julio-diciembre de 2009. P 39-61.

- Torres, C. 2010. Dinámica de la pesca artesanal en la Zona Deltaica Estuarina del Río Sinú (ZDERS) y su relación con el control del régimen hidrológico. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Centro de estudios en Ciencias del mar. Tesis de maestría. Santa Marta.
- van Altena C., L. Hemerik, J. A. P. Heesterbeek y P. C. de Ruiter. 2016. Patterns in intraspecific interaction strengths and the stability of food webs. *Theor Ecol* 9:95–106
- Villamil, C. y S. Espinosa (Editores). 2008. Estado del conocimiento de los manglares. 75-100. INVEMAR.
- Vinagre, C.M. y J. Costa. 2014. Estuarine-coastal gradient in food web network structure and properties. *Mar Ecol Prog Ser* 503: 11–21.
- Wey, T., D. T. Blumstein, W. Shen y F. Jordan. 2008. Social network analysis of animal behaviour: a promising tool for the study of sociality. *Animal behaviour*, 75, 333-344
- Williams, R.J. 2010. Network 3D Software: visualizing and modelling food webs and other complex networks. Microsoft Research, Cambridge
- Williams, R.J. y N.D. Martinez. 2000. Simple rules yield complex food webs. *Nature* 404: 180–183
- Wolfe, J.D., Ralph, C.J. y P. Elizondo. 2015. Changes in the apparent survival of a tropical bird in response to the El Niño Southern Oscillation in mature and young forest in Costa Rica. *Oecologia*, 1–7.
- Wootton, J. T. 1997. Estimates and tests of per capita inter-action strengths: diet, abundance, and impact of intertidally foraging birds. *Ecological Monographs* 67:45-64.
- Yodzis, P. y K. O. Winemiller. 1999. In search of operational trophospecies in a tropical aquatic food web. *Oikos*, 327-340
- Yoon I, Williams RJ, Levine E, Yoon S, Dunne J.A. y N.D. Martinez. 2004. Webs on the Web (WoW): 3D visualization of ecological networks on the www for collaborative research and education. *Proc SPIE* 5295 Visualization and Data Analysis 2004, 124 (June 4, 2004), doi:10.1117/12.526956
- Zandona, E., S. K. Auer, S. S. Kilham1, J. L. Howard, A. López-Sepulcre, M. P. O'Connor, R. D. Bassar, Arthela Osorio, C. M. Pringle y D. N. Reznick. 2011. Diet quality and prey selectivity

correlate with life histories and predation regime in Trinidadian guppies. *Functional Ecology*,
25, 964–973

Figuras y tablas

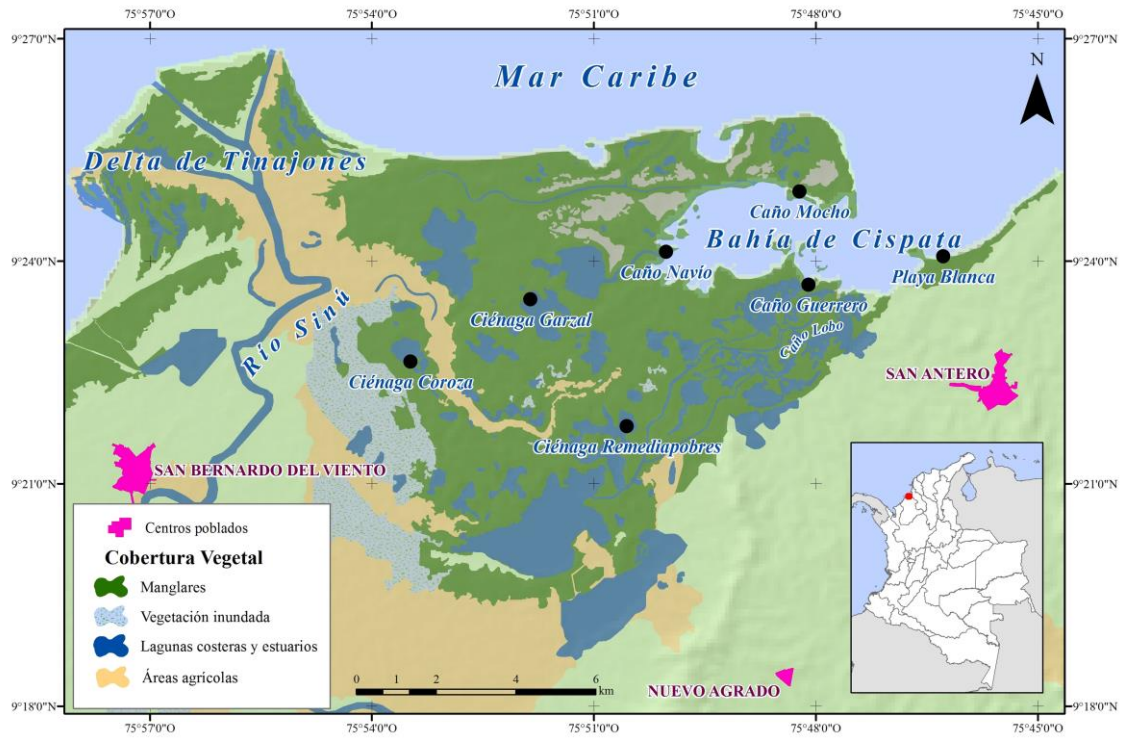
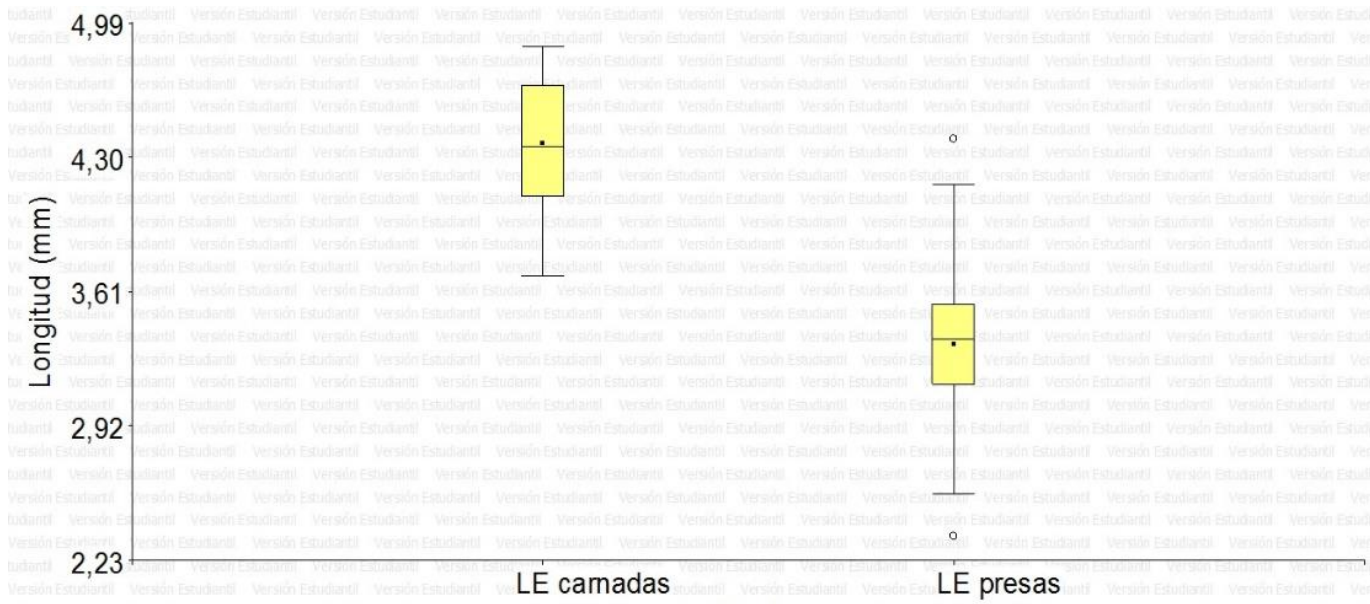


Figura 1 Mapa de la ZDERS. Los puntos negros señalan los sitios donde fueron buscados los pescadores que emplean el arte de línea de mano.

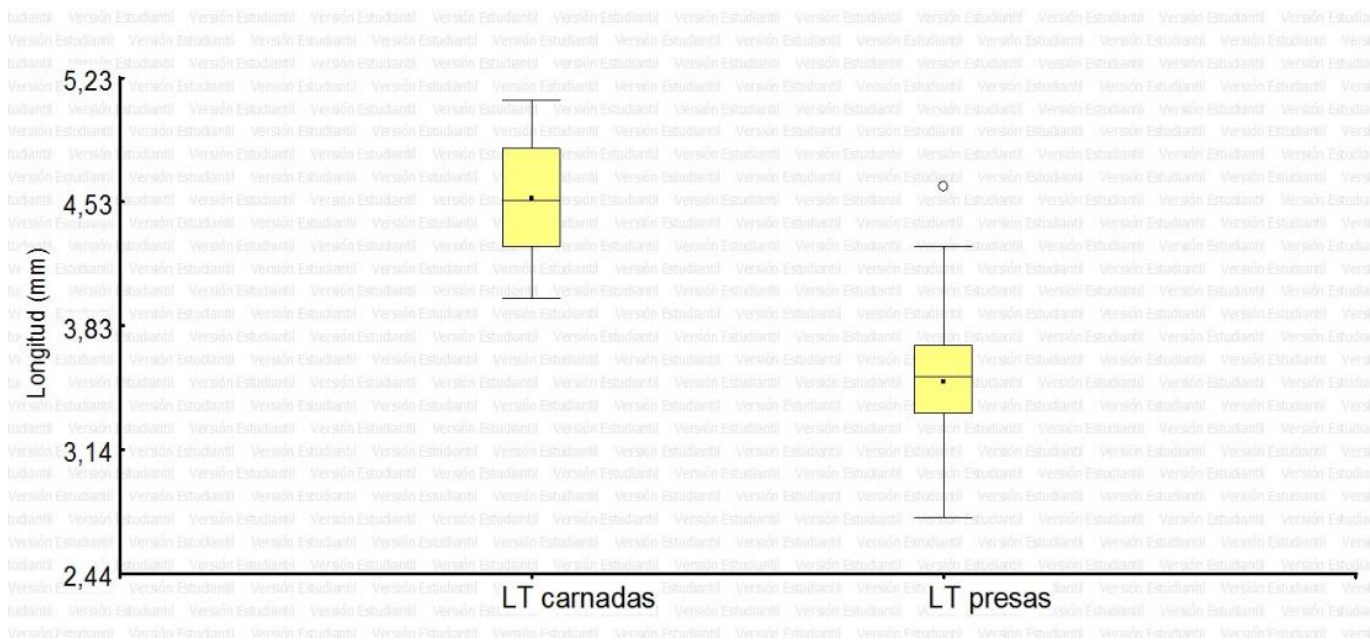
Tabla 1. Medidas de carnadas utilizadas por pescadores de línea de mano en la ZDERS

Medidas		Clupeidae	Eleotridae	Engraulidae	Mugilidae	Poeciilidae
Longitud total	Promedio	88,35	81,58	124		67,66
	Máximo	93,87	116,09	163,91		89,51
	Mínimo	82,83	55,62	82,71		53,72
Longitud estándar	Promedio	74,89	67,46	103,76	154,72	56,67
	Máximo	75,11	92,27	130,19	154,72	69,78
	Mínimo	74,66	40,18	70,2	154,72	45,75
Peso	Promedio	29,5	18,56	31,82	54,45	7,65
	Máximo	30	39	58	54,45	24
	Mínimo	29	3	5	54,45	1

A



B



C

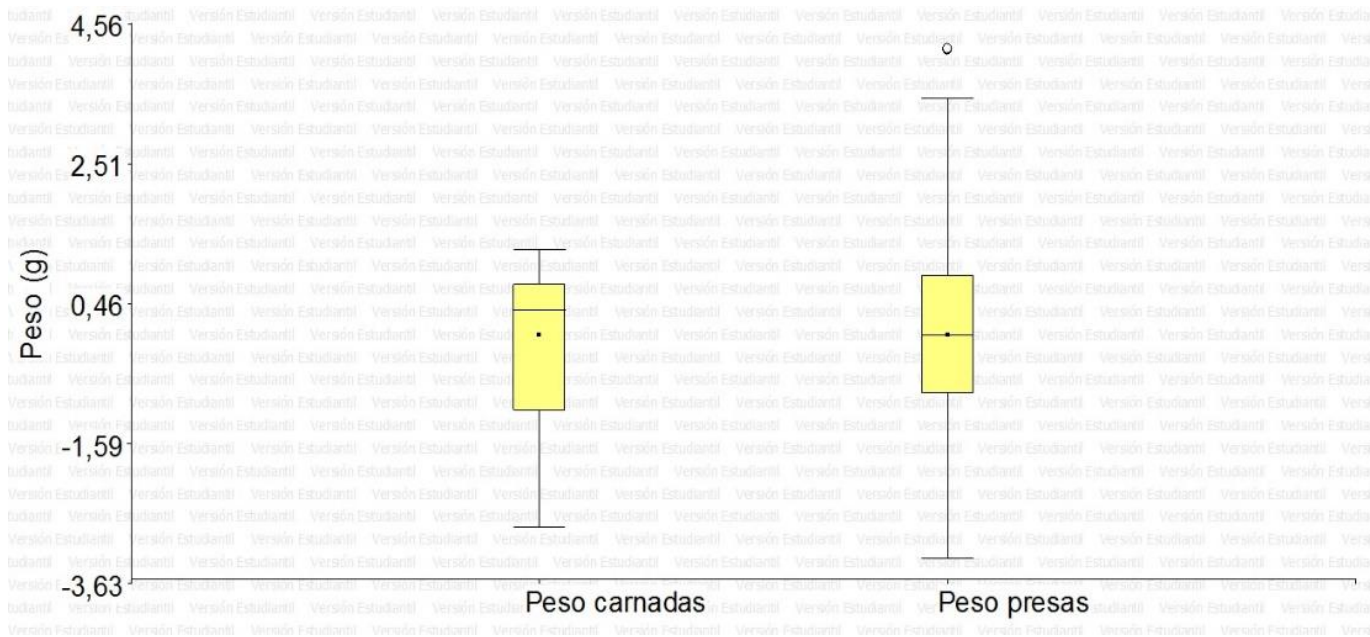
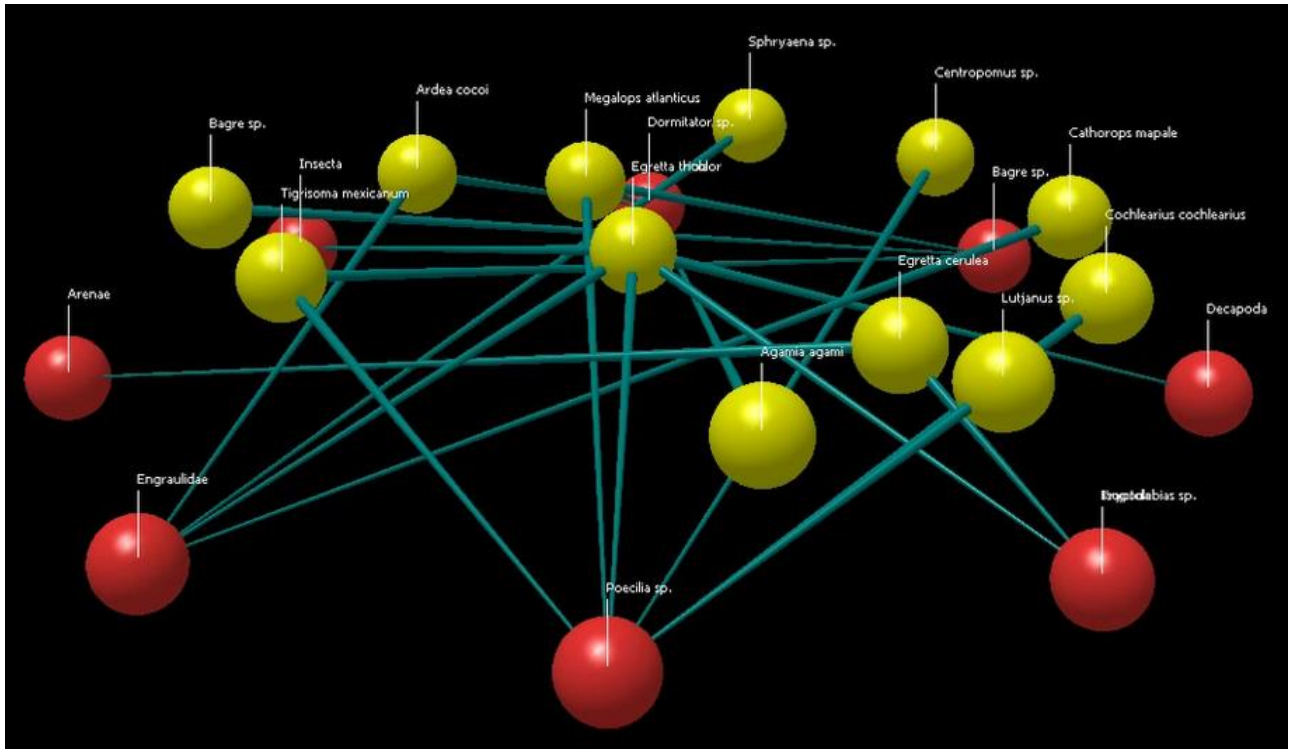
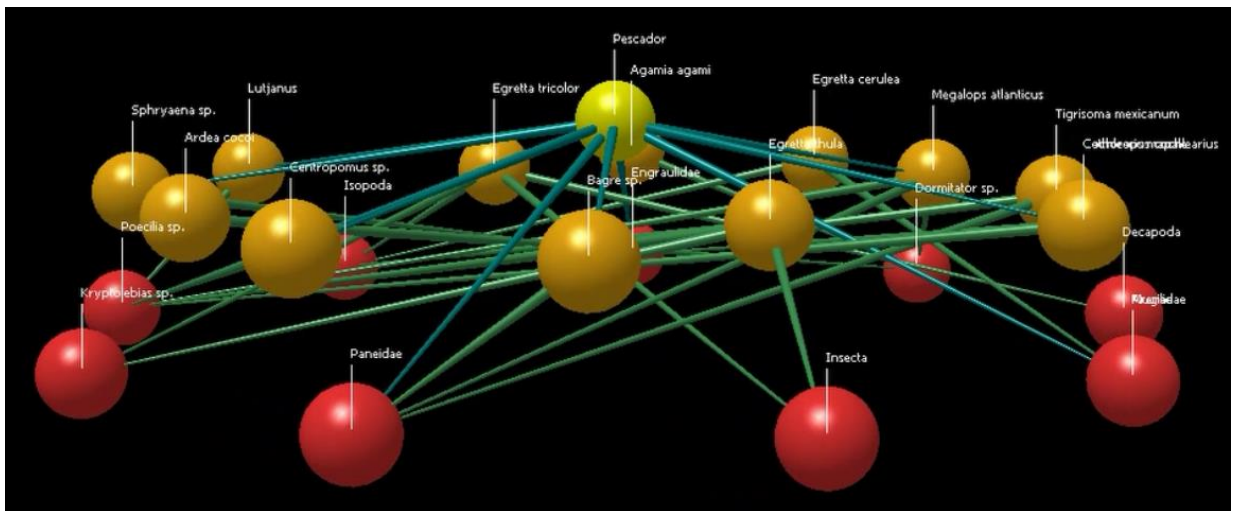


Figura 2. Box-plots de longitud estándar, longitud total y peso de tanto carnadas como presas de las siete garzas. Se encontraron diferencias significativas entre las medidas.

A



B



C

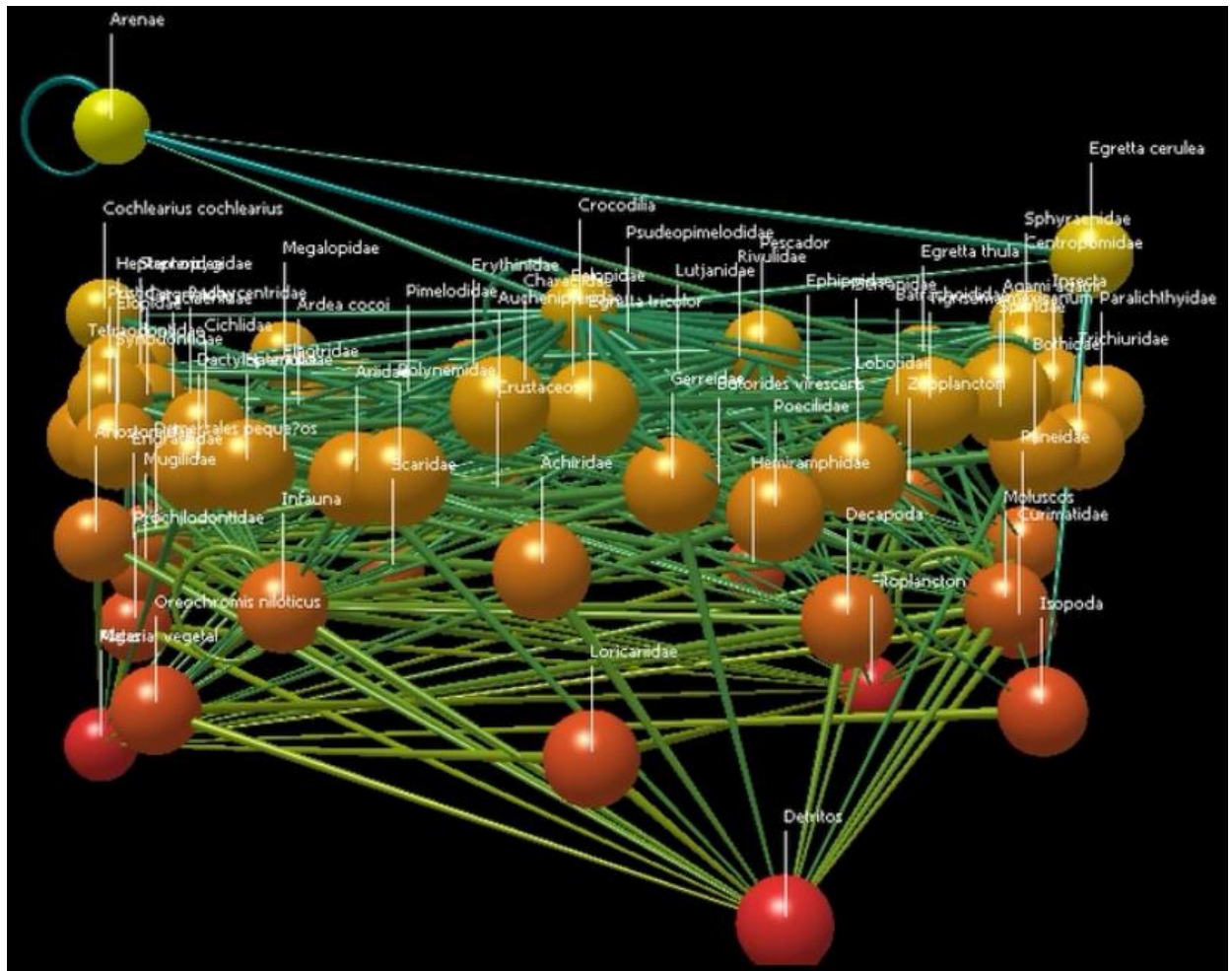


Figura 3. Representación del programa 3D Network de la red de ZDERS en aguas bajas que incluye garzas, sus presas y peces capturados con carnadas. Esferas representan taxa y las líneas representan vínculos tróficos a partir de datos de este estudio y de información complementada (ver métodos). A corresponde a la red simple, B corresponde a la red básica y C corresponde a la red complementada.

Tabla 2 Parámetros de las redes: Red 1: red simple, Red 2: red básica y Red 3: red complementada. En negrilla se muestran los valores más altos. El asterisco (*) señala taxones con información tomada de otros estudios.

Taxa	Generalidad			Vulnerabilidad			Conectividad		
	Red 1	Red 2	Red 3	Red 1	Red 2	Red 3	Red 1	Red 2	Red 3
Crocodylia*	-	-	9,47	-	-	0,17	-	-	4,82
Pescador	-	7,14	7,48	-	0,00	0,00	-	3,57	3,74
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	1,69	1,30	0,33	0,00	0,00	0,17	0,85	0,65	0,25
<i>Agamia agami</i>	0,85	0,65	0,17	0,00	0,00	0,17	0,42	0,32	0,17
<i>Ardea cocoi</i>	1,69	1,30	0,83	0,00	0,00	0,17	0,85	0,65	0,50
<i>Cochlearius cochlearius</i>	0,85	0,65	0,33	0,00	0,00	0,17	0,42	0,32	0,25
<i>Egretta tricolor</i>	4,23	3,24	1,00	0,00	0,00	0,17	2,12	1,62	0,58
<i>Egretta thula</i>	4,23	3,24	0,83	0,00	0,00	0,17	2,12	1,62	0,50
<i>Egretta cerulea</i>	1,69	1,30	0,50	0,00	0,00	0,17	0,85	0,65	0,33
<i>Megalops atlanticus</i>	2,54	1,95	1,16	0,00	0,65	0,33	1,27	1,30	0,75
Engraulidae	0,00	0,00	0,50	3,38	3,24	1,99	1,69	1,62	1,25
<i>Bagre</i> sp.	0,85	0,65	0,66	0,00	0,65	0,50	0,42	0,65	0,58
<i>Cathorops mapale</i>	0,85	0,65	1,00	0,00	0,65	0,33	0,42	0,65	0,66
<i>Poecilia</i> sp.	0,00	0,00	0,66	5,92	5,19	1,83	2,96	2,59	1,25
<i>Dormitator</i> sp.	0,00	0,00	0,83	2,54	2,59	1,33	1,27	1,30	1,08
<i>Kryptolebias</i> sp.	0,00	0,00	1,16	1,69	1,30	0,83	0,85	0,65	1,00

<i>Centropomus</i> sp.	0,85	0,65	1,33	0,00	0,65	0,33	0,42	0,65	0,83
<i>Lutjanus</i> sp.	0,85	0,65	2,33	0,00	0,65	0,50	0,42	0,65	1,41
Mugilidae	-	0,00	1,00	-	0,65	1,16	-	0,32	1,08
<i>Sphryaena</i> sp.	0,85	0,65	0,50	0,00	0,65	0,33	0,42	0,65	0,42
Insecta	0,00	0,00	0,50	1,69	1,30	3,82	0,85	0,65	2,16
Arenae	0,00	0,00	0,33	0,85	0,65	0,66	0,42	0,32	0,50
Decapoda	0,00	0,00	0,66	0,85	0,65	2,49	0,42	0,32	1,58
Paneidae	0,00	0,00	0,50	2,54	2,59	3,32	1,27	1,30	1,91
Isopoda	0,00	0,00	0,50	2,54	1,95	0,83	1,27	0,97	0,66
Detritos*	-	-	0,00	-	-	6,82	-	-	3,41
Máximo	4,23	7,14	9,47	5,92	5,19	6,82	2,96	3,57	4,82
Desviación estándar	1,27	1,61	1,45	1,56	1,28	1,19	0,70	0,78	0,82

Tabla 3 Parámetros de redes análisis de redes arrojados por el programa Network 3D para las tres redes evaluadas.

Parámetros	Red simple	Red básica	Red complementada
Especies	22	24	63
Vínculos por especies	1,18	1,54	6,02
Connectancia	0,05	0,06	0,10
Desviación estándar de la generalidad	1,24	1,58	1,45

Desviación estándar de la vulnerabilidad	1,52	1,26	1,18
Desviación estándar de los vínculos	0,68	0,77	0,81
